

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

György Marx

Přírodovědné vzdělávání v Maďarsku

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 24 (1979), No. 6, 339--350

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138986>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1979

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

Přírodovědné vzdělávání v Maďarsku*)

György Marx, Budapest

Římský klub a jiné odborné instituce upozornily na nebezpečí, jež hrozí lidské společnosti v nejbližší budoucnosti, a vylouly zájem o tuto problematiku u širší veřejnosti. První úvahy vycházely z názoru, že příčinou všech potíží je ubývání surovin a fosilních paliv. Vývoj z poslední doby však ukázal, že potíže jsou spíše povahy morální a sociální. Země, které se s opravdovostí zamýšlejí nad lepší a šťastnější budoucností, považují vzdělání za hlavní prostředek k usměrňování společenského

*) Překlad brožury G. MARX: *Science Education in Hungary*. Department of Atomic Physics, Roland Eötvös University, Budapest, 1977. 76 p. Přeložil MARTIN ČERNOHORSKÝ.

Poznámka redakce: Předkládáme čtenářům tuto ukázkou inovace vzdělávacího procesu, ojedinělou nejen svým obsahem, ale i tím, jak pohoťově se po několikaletém operativním prověřování na poměrně rozsáhlých reprezentativních vzorcích žáků uvádějí nové myšlenky do školské praxe. Práce na projektu, iniciované a podporované ústředními stranickými orgány a Maďarskou akademií věd, probíhají od počátku sedmdesátých let. Projekt vchází už nyní více než dvěma třetinami svého obsahu do celostátních učebních osnov. Rozhovor s prof. Marxem, vedoucí osobností projektu, přinesl nedávno *Československý časopis pro fyziku ČČF* (A) 28 No. 6 (1978) 598—603.

Po první, obecné části, kterou přinášíme v tomto čísle, uveřejníme v následujících číslech část druhou (přírodovědné vzdělávání na základní škole) a třetí (přírodovědné vzdělávání na střední škole).

vývoje k jasným cílům. Školské reformy se proto staly předmětem zvýšeného veřejného zájmu.

Přírodní vědy jsou mezi školními předměty asi v nejkritičtější situaci.

- (A) Množství vědeckých informací roste stále rychleji. Za deset let nebo za dobu ještě kratší se zdvojnásobuje.
- (B) Pokrok v rozvoji průmyslové a zemědělské výroby a urbanizace života si vynucují zvýšení úrovně přírodovědného vzdělání.
- (C) Výsledky přírodovědného vyučování jsou nevalné. Většina mládeže vychází ze základní nebo střední školy bez schopnosti aplikovat přírodovědné poznatky a postoje s takovou přirozeností, s jakou používá čtení, psaní a počítání.
- (D) Zájem mládeže o přírodní vědy je celkově na sestupu. Mládež považuje přírodní vědy za suché, nepochopitelné, nehumánní, apolitické, ba dokonce za nebezpečné.

Jaká je v této situaci naše povinnost? Je zřejmě třeba postupovat tak, aby se zvládalo více, přitom na vyšší úrovni a přitažlivějším způsobem než dosud.

V Maďarsku požádalo ministerstvo školství v roce 1972 Maďarskou akademii věd, aby doporučila formy a obsah přírodovědného vzdělávání. Projekt vypracovaný vědci různých oborů v období čtyř let byl ve značném rozsahu experimentálně ověřován ve školách za účasti tisíců žáků. Náš elaborát se opírá o závěry tohoto průzkumu.

Maďarská soustava přírodovědného vzdělávání odpovídá evropskému standardu. Na úroveň výsledků přírodovědného vzdělávání lze do jisté míry usuzovat podle údajů zveřejněných Mezinárodní

asociací pro vyhodnocování výsledků vzdělávání (IAEEA – International Association for the Evaluation of Educational Achievements). Tato instituce provedla ve spolupráci s UNESCO v roce 1970 průzkum přírodovědného vzdělání v 17 zemích. U čtrnáctiletých žáků, tj. při ukončení jejich základního vzdělávání, byly maďarské děti v biologii na prvním místě, ve fyzice a v chemii na druhém místě za Japonskem. S tímto povšečným výsledkem se však nelze spokojit. Maďarští osmnáctiletí středoškoláci byli v přírodních vědách na sedmém místě po Novém Zélandu, Spolkové republice Německa, Austrálii, Nizozemí, Anglii a Skotsku; ukázalo se, že oblíbenost fyziky je u maďarských středoškoláků velmi nízká; a tak dále.

V uvedené situaci se začalo pracovat na projektu Maďarské akademie věd. Vycházeli jsme ze skutečnosti, že v současné době se uplatňují integrační tendence týkající se fyziky, chemie, biologie a geologie, tj. disciplín, které se rozvíjely na sobě nezávisle. Přes tyto tendence přistupují obvyklé učební osnovy k jednotlivým přírodovědným disciplínám jako k navzájem izolovaným částem lidského vědění. Protože studium učitelství je v Maďarsku vysoce specializované, bylo nutno fyziku, chemii, biologii a geografii ponechat jako samostatné školní předměty, avšak pro přírodovědné vzdělávání jako celek jsme stanovili tyto obecné cíle:

I. Zvýšit zájem o přírodní vědy, předkládat je jako organickou součást obecné kultury. (Důraz se musí klást především na motivaci. Děti mají považovat přírodu za něco krásného, přírodní vědy mají být v jejich očích vzrušující činností, bezprostředně spjatou s jejich vlastními zájmy.)

II. Naučit se užívat vědecké metody k chápání přírody. (Základní kroky jsou:

pozorování, nalezení podstatného hlediska, tvorba modelu, předpovídání nových jevů, experimentální prověřování modelu, užití.)

III. Poznat obecné principy, které se v přírodě uplatňují. (S těmito principy se mají žáci setkávat v objevných situacích a mají být s to je používat v situacích jiných.)

IV. Orientovat se v různých situacích pomocí vědeckých metod založených na základních principech. (Zvláštní případy se uvádějí jen jako příklady, které se prodiskutují, nikoli jako pravidla, jimž je třeba se naučit. Budoucí modernizace obsahu vyučování má znamenat jen občasnou změnu příkladů. Ve většině případů je orientace jen kvalitativní; postačuje však k tomu, aby se zabránilo odcizování, ke kterému může docházet v průběhu prudkých přírodních a technologických změn životního prostředí.)

V. Vytvořit si vědecký světový názor. (Člověk je dítětem přírody a společnosti. Naše životní prostředí můžeme měnit k lepšímu nikoli odporováním zákonům hmoty, ale tím, že tyto zákony pochopíme a využijeme.)

Projekt je založen na přísně koordinované soustavě sylabů, která umožňuje konstruktivní souhru fyziky, chemie a biologie. Rámcový obsah je naznačen v tab. 1.

V konvenční škole se vyučuje jednotlivým předmětům bez vzájemné souvislosti. Pojítkem obsahu celého vyučování je jen rozvrh hodin. Jedinou výjimkou je snad jen užívání matematických dovedností v hodinách fyziky. Projekt Maďarské akademie věd se zaměřuje na využití vzájemné podpory fyziky, chemie a biologie. Získá se tak čas pro splnění požadavků A až D, uvedených v úvodu. Hledisko učení (čemu se vyučuje v témž ročníku v jiných předmě-

Tabulka 1. Rozvržení přírodovědného vzdělávání.

| Ročník | Věk | Předmět — Obsah INTEGRAČNÍ PRVEK | Ročník | Věk | Předmět — Obsah INTEGRAČNÍ PRVEK |
|--------|-----|--|--------|-----|---|
| 1. | 6 | <i>Přírodověda:</i> Pozorovatelné vlastnosti hmoty. POZOROVÁNÍ. | | | <i>Chemie:</i> Anorganické a organické sloučeniny. |
| 2. | 7 | <i>Přírodověda:</i> Kvantitativní vlastnosti hmoty. MĚŘENÍ. | | | <i>Biologie:</i> Taxonomie a vývoj. Člověk. ORGANIZACE. |
| 3. | 8 | <i>Přírodověda:</i> Interakce hmotných soustav. POKUS. | I. | 14 | <i>Struktura hmoty:</i> Částicový a vlnový model. TVORBA MODELU. TVAR, STRUKTURNÍ VZOREK, SYMETRIE. |
| 4. | 9 | <i>Přírodověda:</i> Poloha, pohyb, orientace. RELATIVNOST. | II. | 15 | <i>Fyzika:</i> Dynamika. |
| 5. | 10 | <i>Přírodověda:</i> Oblasti země z geografického a biologického hlediska. ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ. | | | <i>Chemie:</i> Organické sloučeniny; vlastnosti sloučenin jako důsledky struktury. KAUZALITA, PŘEDPOVÍDÁNÍ, PLÁNOVÁNÍ. |
| 6. | 11 | <i>Fyzika:</i> Energie (práce, teplo, spalování, světlo). <i>Biologie:</i> Metabolismus, zpracování potravy, ekologie. ZACHOVÁNÍ A PŘEMĚNA. | III. | 16 | <i>Fyzika:</i> Elektromagnetické pole. <i>Chemie:</i> Elektrochemie, kovové sloučeniny. <i>Biologie:</i> Buňky, orgány, organismus, nervový systém. ZPĚTNÁ VAZBA, ŘÍZENÍ. VYSOKÉ STUPNĚ VOLNOSTI. |
| 7. | 12 | <i>Fyzika:</i> Elektrický náboj a proud. <i>Chemie:</i> Molekuly, atomy, elektrony. <i>Biologie:</i> Od buňky k organismu. TRANSPORT. PRINCIP BLOKOVÉ VÝSTAVBY. | IV. | 17 | <i>Fyzika:</i> Statistická termodynamika. Od elektronu ke galaxii. <i>Biologie:</i> Od buňky k člověku, od individua ke společnosti. Biosféra. HIERARCHIE ORGANIZACE. VÝVOJ. |
| 8. | 13 | <i>Fyzika:</i> Setrvačnost, hybnost, přenos hybnosti. | | | |

tech?) se považuje za závažnější než hledisko vyučování (jaký je tradiční obsah a struktura oborů přednášených izolovaně na ústavech a katedrách vysokých škol?).

Avšak pokoušíme se nabídnout ještě něco víc: navozovat vědecký přístup k problémům v duchu obecných cílů přírodovědného vzdělávání I až V. Prvky vědeckého

myšlení jsou v podstatě stejné ve všech přírodních vědách a měly by se proto v různých školských předmětech uplatňovat obdobným způsobem. V rozvržení přírodovědného vzdělávání (tab. 1) jsou uvedeny u jednotlivých ročníků kapitálkami. Toto obecné pojetí vědeckého přístupu vytváří „horizontální“ vazby mezi různými předměty. Souběžné uplatňování těchto metodologických pojmů v různých předmětech poskytne dostatek času k jejich hlubšímu zakořenění. „Vertikální“ uspořádání uvnitř jednotlivých disciplín a „horizontální“ metodologické vazby mezi nimi vytvářejí texturu, která napomáhá pochopit a realizovat jednotu přírodních věd. Intelkt žáků je pravým místem integrace.

„Horizontální“ pojmy tištěné v tab. 1 kapitálkami nabízejí ještě něco. Otevírají přímou návaznost na další oblasti vzdělávání. Cesta od přírodních věd k matematice nevede přes zjišťování počtu noh zvířat, ale přes symetrie v přírodě. Není to etymologie názvů zvířat, ale tvorba modelů a užívání kódů, co plodně propojuje biologii a lingvistiku. A tak dále.

* * *

Uvedme jen jeden příklad, jak dobře zvolené a ve zjednodušené formě řešené problémy mohou osvětlit celou řadu jevů spadajících do různých přírodovědných oblastí.

V chemii jednoduchých sloučenin a v kinetické teorii plynů se používá částicový model látky: atomy jsou tuhé, stabilní objekty (drobounké kuličky); atomy určitého prvku, například vodíku, jsou všechny úplně stejné. Je to model velmi účinný. Pomáhá nám pochopit vlastnosti plynů, stabilitu chemických prvků a totožnost určité chemické sloučeniny, ať vznikla

jakkoli. Tento jednoduchý DALTONŮV stabilní model odráží obyčejné chování atomů mnohem lépe než složitější (a velmi nestabilní) model RUTHERFORDŮV s kladně nabitým jádrem a obalovými elektrony. Na druhé straně se však nedá přítomnost elektronů v atomu popřít (fotoelektrický jev, vznik iontů, vodivost, polarizovatelnost atd.).

Rozpornost obou modelů znamenala pro přírodovědce začátku našeho století velmi vážné dilema, ve vědě dnes už dávno kvantovou mechanikou překonané. Modely používané v běžných učebnicích fyziky na straně jedné a v učebnicích chemie na straně druhé svou rozdílností žáka matou. V naší ukázce naznačíme, jak i ve školské fyzice existuje schůdná cesta k výkladu kvantově mechanického modelu atomu.

Mládež středoškolského věku zná velmi dobře kytaru. Je snadné demonstrovat, že základní tón (vlnová délka λ_0 , kmitočet ν_0) a svrchní tóny ($\lambda_1, \nu_1; \lambda_2, \nu_2; \dots$) souvisí s délkou struny a . Vztah mezi délkou struny a vlnovou délkou, bezprostředně patrný z obr. 1, uvádí za pomoci vztahu $c = \nu\lambda$ v souvislost i délku struny a kmitočet; c je rychlost šíření zvuku ve struně.

Poměr vlastních kmitočtů struny je dán poměrem malých celých čísel. To je základ stupnice: ν_1 je oktávou ν_0 , ν_2 je kvintou ν_1 atd. Index základních tónů je celé číslo; je to počet uzlů na kmitající struně. Vztahy mezi délkou struny, počtem uzlů n , vlnovou délkou a kmitočtem mají obecně tvar

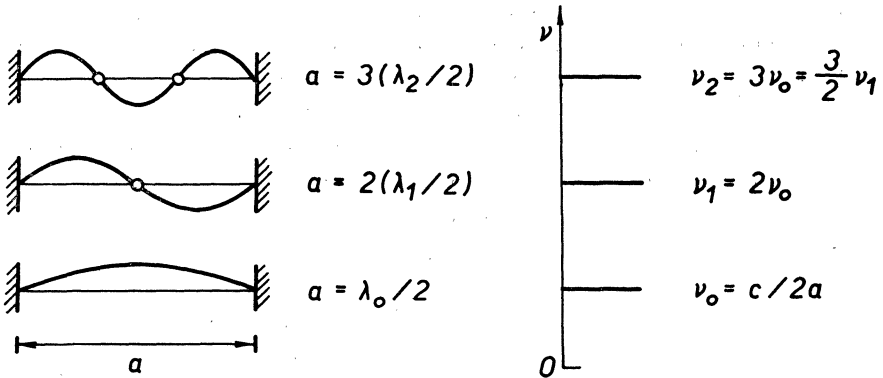
$$(1) \quad a = (n + 1) \lambda_n / 2,$$

$$(2) \quad \nu_n = (n + 1) \nu_0$$

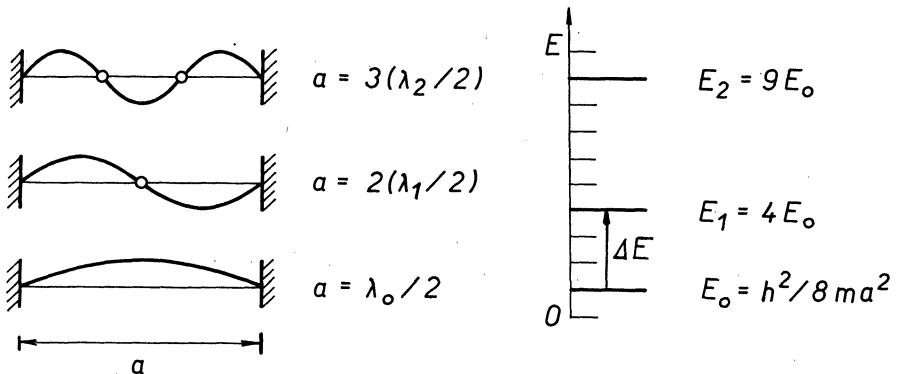
$$\text{resp. } \nu_n = \frac{n + 1}{n} \nu_{n-1}.$$

Většímu počtu uzlů odpovídá vyšší tón. Podobně můžeme uvažovat i o vnímání

Obr. 1. Vlnové délky a kmitočty struny.



Obr. 2. Vlnové délky a energie elektronu.



tónů uchem, které je rovněž rezonátorem. Tónová analýza probíhá v našem uchu podle shodného schématu: tak jako jsou v poměru celých čísel vlastní kmitočty struny, tak jsou v poměru celých čísel i vlastní kmitočty našeho ucha – rezonátoru. Málokdo však má schopnost udat absolutní výšku tónu. Struna může mít zcela libovolnou délku, a proto absolutní kmitočty tónů nemá pro nás takovou důležitost, jakou by měl, kdyby struny mohly mít jen zcela určité délky. Rozdílu mezi sluchem a zrakem si ještě z tohoto hlediska všimneme.

Se školními demonstračními pomůckami můžeme předvést žákům pokusy, které prokazují, že jak světlem, tak svazkem

elektronů lze vytvořit interferenční obrazce, a že tedy jak u světla, tak u svazku elektronů se setkáváme s procesy vlnové povahy. Systematickým experimentováním zjistíme, že vlnová délka elektronového svazku je nepřímo úměrná druhé odmocnině z napětí na difrakční trubici, a že tedy vztah mezi energií E elektronu a jeho vlnovou délkou λ , tj. $E \sim 1/\lambda^2$, je v souladu s de Broglieho vztahem

$$(3) \quad \lambda = h/mv.$$

De Broglieho vztah (3) umožňuje vyjádřit energii elektronu pomocí vlnové délky:

$$(4) \quad E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(h/m\lambda)^2 = \frac{1}{2}h^2/m\lambda^2.$$

Uvažujme nyní o elektronu, který je uzavřen do coulombovské krabice atomu nebo molekuly. Elektron vytvoří stojatou vlnu (obr. 2), jejíž vlnová délka je charakterizována počtem uzlů n . Toto celé číslo se nazývá kvantové číslo.

Pomocí vztahu (1) můžeme energii elektronu (4) vyjádřit výrazem s kvantovým číslem:

$$(5) \quad E_n = (n + 1)^2 h^2 / 8ma^2 .$$

Tak dostáváme diskrétní energiové spektrum (obr. 2). Většímu počtu uzlů, resp. vyššímu kvantovému číslu odpovídá vyšší energiová hladina. Základní stav atomu má jednoznačně definovanou energii, kterou nelze libovolně měnit (v tom je rozdíl od případu struny, jejíž základní kmitočet dovedeme libovolně měnit, například změnou délky struny).

Minimální budící energie je dána vzdáleností energiové hladiny prvního vzbuzeného stavu od energiové hladiny základního stavu elektronu:

$$(6) \quad \Delta E = E_1 - E_0 = 3h^2 / 8ma^2 .$$

Je-li a malé, je ΔE veliké. Atomy jsou malé, a tedy stabilní. Srážky při tepelném pohybu je nemožno za normálních podmínek nabudit. Dalton vystihl nejpodstatnější vlastnost atomu naprosto správně!

Jestliže se a zvětšuje, E_0 i ΔE se zmenšuje. Při přiblížení dvou atomových jader k sobě se oblasti jejich elektrického působení vnoří částečně do sebe a elektron má pro svůj pohyb větší prostor (délka „struny“ se zvětšila). Energie elektronu se proto zmenší. Snížení energie nějaké konfigurace znamená zvýšení její stability. Tím je vysvětlen vznik molekuly (chemická vazba).

Velikost atomové „struny“ (veličina a) není libovolná. Veličina a má pro každý atom zcela určitou hodnotu, danou výra-

zem obsahujícím e^2 (Coulombova síla) a m , h (vztah neurčitosti). Pro průměr atomu vodíku vychází $a = 2\hbar^2 / me^2$, tj. řádově 10^{-10} m.

Takto vypočtené úrovně energiových hladin jsou tedy dány absolutně, a proto i kmitočty záření vysílaného atomem podle Bohrova vztahu

$$(7) \quad hv = E_n - E_m .$$

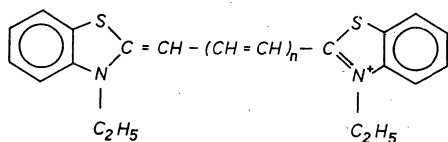
mají u každého atomu zcela určité, pevné hodnoty.

Barva pevných těles má trvale absolutní význam, proto má naše vidění absolutní charakter (například kmitočet červeného světla má zcela určitou, pevnou hodnotu) na rozdíl od relativní povahy slyšení (interval oktávy je na absolutní kmitočtové stupnici na kterémkoli jejím místě).

Položíme-li ve vztahu (6) pro budící energii za délku atomové „struny“ hodnotu $a = 10^{-10}$ m, dostaneme energiové kvantum, které leží v ultrafialové oblasti. Tělesa z atomů (diamanty), iontů (kamená sůl) nebo malých molekul (led) nemají tedy schopnost pohlcovat viditelné světlo. Jsou proto transparentní, bezbarvá nebo bílá.

Existence života na Zemi je podmíněna zářením Slunce. Živá příroda musí pohlcovat a využívat malá (barevná) kvanta slunečního záření. Například naše oči se vyvinuly tak, že jsou na tato kvanta citlivé, a proto mluvíme o viditelném světle; jsme schopni tato kvanta vnímat a rozlišovat je podle jejich barev. Aby mohlo k pohlcování dojít, musí být hodnoty ΔE dostatečně malé, jinak řečeno, délka „struny“ a musí být dostatečně velká. Rostliny vytvářejí rozsáhlé molekuly (velké a , malé ΔE), aby zachytily hojná červená kvanta slunečního záření. Tak došlo k tomu, že je tráva zelená. Dlouhé „struny“ mají i naše oči.

Při prohlížení organických sloučenin se stejnou strukturou, ale s různým počtem atomů uhlíku v jejich řetězci, se mohou naši žáci přesvědčit, jak se „výška“ optického „tónu“ posune, jestliže délka molekulové „struny“ vzroste. Zvětšíme-li v řetězci cyaninového barviva počet atomů uhlíku ze 4 postupně na 6, 8 a 10 (obr. 3),



Obr. 3. Strukturní vzorec cyaninových barviv.

posune se barva absorbovaného světla od modré postupně k zelené, oranžové a červené. To odpovídá našemu vztahu (6) pro „strunu“, když se v něm pro délku vazby použije konvenční hodnota $1,4 \cdot 10^{-10}$ m.

Za barevnost našeho světa vděčíme hlavně organickým látkám s velkými molekulami. Anorganické látky jsou většinou bezbarvé. Měsíc je černý a bílý, protože je mrtvý. Země je plná „živých“ barev, protože je na ní život.

Na začátku čtyřicátých let našeho století se začal ERWIN SCHRÖDINGER zabývat základem problémem biologie. Život je pohyb, a to pohyb ve smyslu koordinovaného systému chemických reakcí. Je zřejmé, že genetická informace, která celý systém ovládá, musí být zaznamenána na vysoce trvanlivém podkladě, jestliže přetrvává tolik generací. Genetická informace je obsažena v mikroskopických chromozómech. Jak může tak ohromné množství informací být uloženo v tak nepatrném kousku hmoty a jak v něm může být uchováno tak trvale? Co je vlastně život? Tak se ptal Schrödinger. Na první

otázku lze odpovědět jedině tak, že genetickou informaci uchovává v sobě molekulární systém, který má kvantovou stabilitu. Schrödinger předpověděl, že geny musí být v podstatě aperiodické krystaly. Tento závěr byl v padesátých letech potvrzen WATSONOVÝM-CRICKOVÝM objevem dvoušroubovice DNK (kyselina dezoxiribonukleová). Ukázalo se, že mutace jsou vzácně řídké kvantové skoky v molekule DNK, jak to Schrödinger předpověděl. Moderní učebnice molekulární biochemie se právem odvolávají na Schrödingera jako na průkopníka molekulární biologie.

V úvodu jsme zdůraznili důležitost motivace přírodovědného vzdělávání a podmíněnost jeho ekonomie souhrou jednotlivých disciplín. Připomeňme, co řekl VICTOR WEISSKOPF ve své přednášce na konferenci o fyzikálním vzdělávání v Edinburghu v roce 1975: „Klasická školská fyzika se zabývá podivnými nezajímavými laboratorními předměty. To vyúsťuje v odcizení. Do přírodovědného vzdělávání je možno vrátit život zavedením kvantové mechaniky.“ (Tato otázka je diskutována podrobněji ve Sborníku z mezinárodního Dunajského semináře 1975 *Atomy ve škole*, publikovaném Maďarskou fyzikální společností.)

Je náš učební program přetížen? Nemyslím. Je možné mluvit i o hlubokých a závažných problémech jednoduše a zajímavě, jak jsem se pokusil ukázat na shora uvedeném příkladě. Běžné učebnice jsou přetíženy podrobnostmi, které nejsou pro nikoho důležité — vyjma staromódní školomety.

Fyzika byla v maďarských školách tradičně neoblíbeným, obtížným a nudným předmětem. Náš nový předmět *Struktura hmoty* se však vyhoupl v pořadí oblíbenosti na první místo. Podle mého názoru

je nový přístup k přírodovědnému vzdělávání možná postrachem pro konzervativně založené dospělé; je však osvěžující vzpruhou pro naše mladé žáky. A škola je pro žáky.

NÁVRH

PŘÍRODOVĚDNÉHO VZDĚLÁVÁNÍ PŘEDLOŽENÝ

MAĎARSKOU AKADEMIÍ VĚD

Přírodovědný intelekt je z hlediska praxe, ideologie a obecných životních podmínek právě tak důležitý a právě tak nedílný jako mateřský jazyk, matematika nebo historie. Přírodní vědy umožňují orientovat se a předvídat v široké oblasti přírodních jevů a technologických procesů. A právě to společnost od přírodních věd požaduje.

Společnost budoucnosti se rodí v éře vědecké revoluce a bude se opírat o její produkty. Základy technologií, jejichž náročnost stále prudčeji roste, mají svůj původ ve znalostech a dovednostech přejatých z přírodních věd. Mládež by se měla vyznat v rychle se měnící přírodě a ve vlastním životním prostředí proniknutém technologií. Měly by se v ní rozvíjet také schopnosti k záměrnému přeměňování životního prostředí.

Celková doba věnovaná vyučování všem přírodním vědám v základní a střední škole je přibližně stejná jako doba věnovaná mateřskému jazyku nebo matematice. Obecné cíle přírodovědného vzdělávání byly podnětem k vypracování tohoto pro-

jektu koordinovaného vzdělávání v přírodních vědách. Tradiční systém předmětů biologie, fyzika, geografie a chemie se přitom ponechává ve vyšších ročnících nedotčen. Bylo třeba postarat se, aby tyto předměty vyučované současně nebo po sobě obsahově do sebe zapadaly a navzájem se podporovaly. Znalosti získané v jednom předmětu musí být později využívány v druhém. Takový systém prodlužuje jinak omezenou dobu k osvojování a vyzrávání pojmů.

Při reformě přírodovědného vzdělávání je třeba vzít v úvahu tři hlediska:

(a) Znalosti je třeba prohloubit. To, co je v předmětu skutečně důležité, je třeba pozvednout z úrovně dočasného slovního namemorování na úroveň uvědomělých trvalých znalostí.

(b) Do učebních osnov se musí zařadit velké objevy tohoto století s jejich novodobými průmyslovými, zemědělskými, přírodovědnými, filozofickými a společenskými následky, a to v rozsahu srovnatelném s rozsahem tradičního učiva.

(c) Je třeba vyvarovat se přetěžování žáků. Přetěžování je na překážku hlubšímu porozumění učivu, harmonické výchově mládeže a podchycení dětí, které jsou sociálně v horším postavení.

V podmínkách běžných vyučovacích soustav jsou tyto požadavky navzájem protichůdné. Musí se najít odpověď na otázku, z jaké obecné koncepce je třeba vyjít a jaké cílevědomé kroky je třeba učinit, aby se dosáhlo optimálního řešení. Vůdčí postavení mají tyto body:

1. Základní škola se považuje za otevřený systém. Děti, které z ní vycházejí a které chtějí pracovat v náročnějších oborech, pokračují v nějaké formě ve vzdělávání. Proto není cílem základní školy dát obsa-

Tabulka I. Navrhovaný učební plán přírodovědných předmětů.

| Ročník | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | I. | II. | III. | IV. |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|-----|
| Přírodověda | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | — | — | — | — | — | — | — |
| Fyzika | | | | | | 2 | 2 | 2 | — | 3 | 3 | 3 |
| Struktura hmoty | | | | | | — | — | — | 4 | — | — | — |
| Chemie | | | | | | — | 2 | 2 | — | 3 | 2 | — |
| Geografie | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | — | — |
| Biologie | | | | | | 2 | 2 | 2 | — | — | 4 | 3 |
| Celkový počet povinných hodin | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 6 | 8 | 8 | 6 | 8 | 9 | 6 |
| Laboratorní práce (nepovinné) | | | | | | | | | | | 6 | 6 |

hově úplné přírodovědné vzdělání. Úkolem základní školy je spíše výcvik zaměřený na získání přírodovědného rozhledu hlubším rozбором vybraných problémů. Pro výběr problémů jsou určující také praktické zřetele každodenního života.

2. Na gymnáziu je třeba dovést žáky k ucelenému přírodovědnému pohledu na svět. Tomuto cíli musí ustoupit tradiční předávání historicky vzniklých souborů poznatků jednotlivých přírodních věd. Jde o to vyloučit vzájemné odtržení „školské“ fyziky, chemie, biologie a geografie. Účinná kooperace vyučovacích předmětů zmenší zatížení, kterému jsou žáci vystaveni, jestliže se jim předávají nesouvislé úseky informací.

3. Novodobé kapitoly přírodních věd zapadají velmi dobře do uceleného obrazu světa a vyplňují dřívější mezery. Pohled na svět, jak jej podávají přírodní vědy, pronikl do společenských oblastí.

4. V současné době se věnuje přírodním vědám 15% vyučovacího času. Náš návrh tento stav akceptuje. Pro účely našich pedagogických experimentů se provedly uvážené přesuny v počtu vyučovacích hodin; upravený učební plán (tab. I) už dovoluje uskutečnit naše záměry.

Následující část *Obsah přírodovědného vzdělání* specifikuje cíl přírodovědného vzdělávání a podává přehled o složkách základního přírodovědného vzdělání, kterého by mělo být ve školách dosaženo. Tento základ je pak podrobně rozpracován v částech *Základní škola** a *Střední škola (gymnázium)***, v nichž jsou nastíněny metody vyučování a uvedeny cíle jednotlivých předmětů. Hlavní hesla učebních osnov podávají základní obsahovou charakteristiku předmětu. Konkrétní jednotlivosti, které jsou ke každému hlavnímu heslu připojeny, se uvádějí jen pro ilustraci a nemají být ani v budoucnu konečným, jednoznačně závazným předpisem. Teprve v samotné praxi je třeba případ od případu rozhodovat podle zájmu žáků i podle uvážení učitelů a autorů učebnic, v jakém sledu se mají probírat jednotlivé části a jaké konkrétní příklady se mají rozebírat, aby se pomocí nich objevovaly základní přírodovědné souvislosti a objasňovaly základní vztahy.

V průběhu naší práce jsme prostudovali školskou praxi a učební osnovy řady zemí

*) Bude otištěno v 1. čísle PMFA 1980.

**) Bude otištěno v 2. a 3. čísle PMFA 1980.

a získané závěry jsme uplatnili v našem návrhu. Realnost projektu, který zde předkládáme, je zaručena úspěšnými výsledky experimentů, které probíhaly po řadu let v experimentálních třídách, jimiž prošlo několik tisíc žáků bez předchozího výběru. Pokusné učebnice jsou již z podstatné části připraveny a v praxi se již používají.

Naše práce vzbudila pozornost a kritiku mnoha pedagogů, přírodovědců i rodičů. Získané praktické zkušenosti jsme při vypracování tohoto návrhu vzali v úvahu. Hlavní myšlenky nově navrhované koncepce přírodovědného vzdělávání budou vtěleny do nových celostátních učebních osnov, které se zavádějí ve všech maďarských školách v roce 1979.

Obsah přírodovědného vzdělání

Poznávání přírody musí vycházet z přímého pozorování a pokusů. To musí být základem i pro přírodovědné vzdělávání ve školách. Do věku 14 let je možné dát dětem základy přírodovědného vzdělání, v první řadě osvojení metod objektivního poznávání přírody na úrovni dovedností. Ucelený vědecký světový názor, už se značnými nároky na přesnost, je možné vybudovat do věku 18 let. Souběžně lze také rozvinout velmi dobře schopnost k tvořivé činnosti.

Podle našeho názoru má přírodovědné vzdělání tyto čtyři základní složky:

- I. Zákony pohybu.
- II. Struktura hmoty.
- III. Charakteristiky živých organismů.
- IV. Vývoj vesmíru.

Prvky těchto složek, které mají být získány školským vzděláváním, uvedeme nyní podrobněji. V soupisech hesel nejde ani

o třídění podle předmětů ani o časový sled. Hesla, která patří i do základní školy, jsou vytištěna kapitálkami.

I. ZÁKONY POHYBU

Studium obecných zákonů pohybu je prvořadým tématem přírodních věd (zejména fyziky). Odtud lze vycházet, když chceme dospět k exaktnímu pochopení a k aktivnímu přetváření přírody.

OBJEKTIVNOST A POZNATELNOST HMOTY. MĚŘENÍ VLASTNOSTÍ LÁTEK. ŽIVÉ A NEŽIVÉ SYSTÉMY.

POPIS POLOHY A POHYBU. VZTAŽNÁ SOUSTAVA. RELATIVNOST POLOHY A RYCHLOSTI. CHARAKTERISTIKA POHYBU ŽIVÝCH ORGANISMŮ. PROSTOR A ČAS. Souvislost mezi hmotou a prostoročasem.

ZÁKONY ZACHOVÁNÍ: ZACHOVÁNÍ HYBNOSTI, ZACHOVÁNÍ ENERGIE. Moment hybnosti (točivost), rychlost hmotného středu tělesa. Ekvivalence energie a hmotnosti. Zachování elektrického a baryonového náboje. Platnost zákonů zachování energie pro živou hmotu.

INTERAKCE MEZI PODSYSTÉMY, PRINCIP VZÁJEMNÉHO PŮSOBNÍ. PŘENOS HYBNOSTI = IMPULS SÍLY. PŘENOS ENERGIE = PRÁCE, TERMICKÝ PŘENOS ENERGIE (TEPLO). Přenos točivosti = impuls momentu síly. PRINCIP KAUZALITY. INTERAKCE ŽIVÉHO A NEŽIVÉHO, INTERAKCE ŽIVÉHO A ŽIVÉHO.

GRAVITAČNÍ INTERAKCE. ELEKTRICKÁ INTERAKCE: působení elektrického pole na nabitě částice, působení nabitých částic na elektromagnetické pole. Jaderné interakce: jaderné síly. Radioaktivita.

OPAKOVATELNÉ A OPAKUJÍCÍ SE (PERIODICKÉ) JEVY. Kmitavý pohyb. VLNOVÝ POHYB. Buzení, šíření a superpozice vln. Elektromagnetické vlny. Elektronové vlny. Princip neurčitosti. Pravděpodobnostní interpretace. Pauliův princip.

VRATNÉ A NEVRATNÉ PROCESY. Teplota jako střední energie nahodilého pohybu pro jeden stupeň volnosti v systémech s mnoha stupni volnosti. Termický přenos energie (teplo) jako souhrn statisticky neuspořádaných prací. Zákon rovnoměrného rozdělení energie. Statistická pravděpodobnost stavu. Princip rostoucí statistické neuspořádanosti. PROGRESIVNÍ A REGRESIVNÍ, VRATNÉ A NEVRATNÉ PROCESY V ŽIVÉ HMOTĚ, NA ÚROVNÍCH INDIVIDUÍ A SYSTÉMŮ.

II. STRUKTURA HMOTY

Látkové částice vytvářejí různými interakcemi složitější a složitější struktury. Energie vazeb se navzájem co do velikosti liší. To umožňuje třídít struktury do různých úrovní a zabývat se každou úrovní zvlášť. V našem pozemském prostředí mají mimořádnou praktickou důležitost interakce atomů. Studium této úrovně je především úkolem chemie.

ELEMENTÁRNÍ FORMY HMOTY. Elektromagnetické pole, ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ, SVĚTLO. Gravitační pole. ELEKTRON, proton, neutron.

PRINCIP BLOKOVÉ VÝSTAVBY.

JÁDRA jako vysoce stabilní systémy držené pohromadě mohutnými jadernými silami. Protonové číslo, nukleonové číslo. Izotopy. Stabilita (relativní) chemických prvků. Přeměny jader, jaderná energie.

ATOMY JAKO SYSTÉMY DRŽENÉ POHROMADĚ ELEKTRICKOU PŘITAŽLIVOSTÍ. Stabilita atomů, základní stav. Vzbuzené stavy, kvantová čísla. Periodická soustava prvků, její výklad na základě Pauliova principu.

MOLEKULY jako vázané systémy jader a elektronů. Přeměna atomových orbitál na molekulové orbitály. KOVALENTNÍ VAZBA, MOCENSTVÍ, DISOCIÁČNÍ energie, rozměr a tvar molekul. Násobné vazby, polarita vazeb. Některé důležité typy sloučenin. Nepolární a polární grupy. Redoxní procesy. Typy vazeb zvlášť důležité z biologických hledisek. Přeskupení vazeb, reakční teplo, časový průběh chemických reakcí. Katalýza. Biokatalýza. Enzymy. Podmínka reakce a podmínka rovnováhy, záporná zpětná vazba, zpětná vazba v živých organismech. BIOLOGICKÁ ÚLOHA ORGANICKÝCH SLOUČENIN, její molekulární výklad. Korelace makroskopických vlastností a molekulové struktury. Makromolekuly.

SKUPENSTVÍ (seskupení částic). Van der Waalsovy síly, vodíková vazba. PLYNY, jejich kinetická teorie. Kondenzace, KAPALINY. Struktura vody, roztok, rozpustnost. Acidobazické jevy. Povrchové napětí. PEVNÉ LÁTKY, typy jejich vazeb v krystalech. Typ vazby a struktura jako základ vlastností látky (teplota tání, teplota varu, skupenské teplo tání, skupenské teplo varu, měrné teplo, tvrdost, elektrická vodivost, tepelná vodivost, polarizovatelnost). Biologická úloha

vody. BUNĚČNÁ STRUKTURA. STRUKTURY V INDIVIDUÍCH A STRUKTURY NA ÚROVNI NADINDIVIDUÁLNÍ.

III. CHARAKTERISTIKA ŽIVÉ HMOTY

Na poznatky týkající se charakteristik živé hmoty se díváme jako na biologickou složku všeobecného vzdělání. Tyto poznatky

- (a) ukazují neomezenou platnost zákonů fyziky a chemie včetně způsobů jejich projevů, a tím ucelují jednotný obraz přírody;
- (b) jsou dokladem speciálních interakcí jednak uvnitř živých organismů, jednak mezi nimi; neomezují rozsah platnosti fyzikálních a chemických zákonů, ale doplňují je pro případy velmi složitých, vysoce organizovaných struktur;
- (c) ukazují vývoj dnešního živého světa.

Složky biologického intelektu jsou tedy tyto:

ŽIVÉ SYSTÉMY JSOU OTEVŘENÉ AUTOREGULAČNÍ SYSTÉMY. ŽIVÉ BYTOSTI EXISTUJÍ INDIVIDUÁLNĚ (každé individuum má svou historii, má svůj začátek i konec), ZÁROVEŇ VŠAK ZACHOVÁVAJÍ FYLOGENEZÍ KONTINUITU SVÉ EXISTENCE na Zemi. (Proto je nutné znát některé druhy, jisté taxonomické kategorie a určitá společenstva mikroorganismů, rostlin a živočichů, důležitá z hledisek vývojových nebo z důvodů ekonomických a výrobních. Žák musí být obeznámen také s používáním příruček pro určování rostlin a zvířat.) **VŠECHNY ZÁKONY FYZIKY A CHEMIE VČETNĚ ZÁKONA ZACHOVÁNÍ ENERGIE PLATÍ PLNĚ I U ŽIVÝCH ORGANISMŮ.** Charakteristické vlastnosti živých organismů jsou dány chemickými reakcemi, které v nich probíhají, a konečně jejich molekulární strukturou, která tvoří živou hmotu. Jde o tento řetězec: charakteristická vlastnost ← chemická reakce ← protein ← RNK (ribonukleová kyselina) ← DNK (deoxyribonukleová kyselina). V tom je základ FUNKCE BUNĚK, TKÁŇÍ A ORGÁNŮ. Biologická autoregulace má různé úrovně: enzymatickou, genetickou, hormonální, nervovou a ekologickou. Žáci by měli znát pod-

mínky rovnováh. Je třeba, aby pochopili základy etologie.

ŽIVÉ BYTOSTI SE PŘÍZPŮSOBUJÍ SVĚMU PROSTŘEDÍ. Na každé organizační úrovni je možné pozorovat rozličné formy přizpůsobování.

ŽIVÉ BYTOSTI JSOU AUTOREPRODUKČNÍ SYSTÉMY. Všechna živá individua a společenstva mají systémy pro ukládání informací. Některé informace se získávají geneticky, jiné informace se získávají z životního prostředí v průběhu života. Žák musí znát úlohu DNK a RNK při ukládání informací ve vztahu k procesům dědičnosti a jiným procesům, musí mu být známé pojmy GENY A CHROMOZÓMY, MENDELOVSKÉ ZÁKONY, JEV MUTACE A PŘIROZENÉHO VÝBĚRU. Rovněž musí získat základní znalosti REPRODUKČNÍ BIOLOGIE.

Historie přeměny druhů v čase se nazývá vývoj. ŽIVÁ PŘÍRODA JE SYSTÉM, KTERÝ SE VYVÍJÍ. Musí být pochopen původ člověka a přírodní a společenské pozadí vývoje vedoucího k existenci dnešního člověka.

ČLOVĚK JE BIOLOGICKÁ A SPOLEČENSKÁ BYTOST. Potřebné jsou i základy psychologie. MYSLÍČÍ ČLOVĚK SE UČÍ POZNÁVAT MATERIÁLNÍ SVĚT A SEBE SAMA. Utváří prostředí, ve kterém žije. Někdy si počíná z hlediska lidského rodu jako celku prospěšně, někdy škodlivě. Žák musí pochopit, jakou úlohu má OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ pro budoucnost lidstva.

IV. VÝVOJ VESMÍRU

Současný stav vesmíru lze vysvětlit zákony pohybu a zvláštními podmínkami, které se historicky vyvíjely. Avšak v podstatě i historický vývoj lze pochopit na základě zákonů pohybu. Jestliže tedy zaměříme pozornost nejen na dnešní stav, ale i na vývoj světa, můžeme získat jeho

ucelenější obraz. To také umožňuje odhalit tendence skryté v současném stavu světa.

Hmota se vyvíjela počínajíc od elementárních částic až k velmi složitým strukturám řadou kroků probíhajících podle obecných zákonů pohybu a zákonů platných pro různé interakce. Struktura a povrchové vlastnosti Země jsou rovněž výsledkem dlouhého historického vývoje, který trvale ovlivňoval život a lidskou společnost. Ale i obráceně, životní prostředí člověka je „humanizovanou“ přírodou ovlivněnou člověkem.

HVĚZDY. Gravitační kontrakce vodíkových mraků; vývoj hvězd. Vznik atomových jader ve hvězdách, uvolňování jaderné energie a vznik chemických prvků. Slunce.

PLANETÁRNÍ SYSTÉM. Vznik planet (gravitační kontrakce omezená zachováním točivosti). Výklad a srovnání strukturálních vlastností atmosfér planet a Měsíce na základě úniku plynů v závislosti na povrchové teplotě dané především vzdáleností od Slunce. VÝJIMEČNOST HOJNOSTI KAPALNÉ VODY NA ZEMI.

HISTORIE ZEMĚ. Stavba zemského tělesa. Dynamismus Země: přesuny v litosféře, vznik a zánik oceánů, PONOŘOVÁNÍ ČÁSTÍ LITOSFÉRY DO ZEMSKÉHO PLÁŠTĚ, HOROTVORNÉ PROCESY. Vývoj hydrosféry a atmosféry. ÚLOHA VODY při tvorbě usazených hornin. Koncentrace prvků v horninách. LOŽISKA ENERGETICKÝCH SUROVIN. Periodičnost v geologické historii.

Biologický vývoj. Vznik života. Vztah atmosféry k životu, vznik atmosférického kyslíku a následný rychlý růst počtu druhů. Biologický vývoj a jeho závislost na geologických obdobích. Vývoj člověka. Možnost života na jiných vesmírných tělesech.

Každá veda, ktorá má byť od základu rozpracovaná, potrebuje využívať vyššiu matematiku.

L. Euler

Vedecky učíť, to znamená iba priviesť človeka k tomu, aby vedecky myslel.

F. Klein