

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Miroslav Svoboda

Poznatky žáků gymnázia z učiva „Stavba pevných látek“ a „Vedení elektrického proudu v polovodičích“

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 26 (1981), No. 2, 105--111

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138653>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1981

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>

- [1] *Student Science Training Program in Mathematics, Physics and Computer Science, Final report to the National Science Foundation*. AI Memo 393, LOGO Memo 29 (MIT) 1976.
 - [2] *Interim Report of the LOGO Project in the Brookline Public Schools: An Assessment and Documentation of a Children's Computer Laboratory*. AI Memo 484, LOGO Memo 49 (MIT) 1978.
 - [3] *Proposal to the National Science Foundation: An Evaluative Study of Modern Technology in Education*. AI Memo 371, LOGO Memo 26 (MIT) 1976.
 - [4] S. PAPERT: *Niektoré poetické a spoločenské kritériá pri návrhu výuky*. (Uveřejněno v tomto čísle Pokroků.)
 - [5] A. P. JERŠOV A KOL.: *Škol'naja informatika (konceptii, so stojanie, perspektivy)*. Preprint 152, Novosibirsk 1979.
 - [6] J. HVORECKÝ, J. KELEMEN: *Programovací jazyk STAVITEĽ*. *Matematické obzory* 12 (1978), 13–34.
-

vyučování

POZNATKY ŽÁKŮ GYMNÁZIA
Z UČIVA „STAVBA PEVNÝCH LÁTEK“
A „VEDENÍ ELEKTRICKÉHO PROUDU
V POLOVODIČÍCH“.

Miroslav Svoboda, Praha

V letech 1975–1978 probíhal na katedře didaktiky fyziky na matematicko-fyzikální fakultě UK výzkum znalostí žáků gymnázia z uvedeného učiva. Výběr zkoumaného učiva vycházel z těchto faktů.

1. Na gymnáziu se zavádí nový předmět základy techniky a ekonomiky, jehož součástí jsou i základy strojírenství a základy sdělovací techniky.
2. V nastupující vědeckotechnické revoluci mají velký význam polovodičové elektrotechnické prvky. Je důležité, aby do úplného středoškolského vzdělání patřila i znalost principu činnosti jednoduchých diskretních polovodičových

součástek (dioda, tranzistor). Na základě znalosti činnosti těchto součástek lze pochopit i funkci integrovaných obvodů, které v současné době jsou stále důležitější.

Využívání a prosazování těchto polovodičových součástek v praktickém životě má velký význam i pro úsporu energie a zvýšení spolehlivosti elektronických zařízení.

Po prvním roce byl výzkum zařazen do státního plánu VIII-5-4/2.

Výzkum byl zatím organizován v těchto etapách:

I. etapa

Zjištění stavu vědomostí v uvedených oblastech u žáků. Stav vědomostí byl zjišťován didaktickým testem s alternativními odpověďmi.

II. etapa

Na základě analýzy stavu vědomostí

byly navrženy učební pokusné texty, kde byla snaha přesněji nebo jiným způsobem vysvětlit děje nebo pojmy, jejichž pochopení dělá žákům potíže (jak ukázal test). Podle těchto pokusných textů se vyučovalo na několika gymnáziích.

III. etapa

Opět byl zjišťován stav vědomostí, a to jednak ve třídách, kde se vyučovalo podle pokusných textů (výzkumné třídy), jednak ve třídách, kde se vyučovalo podle platných učebnic (srovnávací třídy), a výsledky byly porovnány.

Podrobnější údaje o jednotlivých etapách výzkumu

I. etapa

a) Data výzkumu

Učivo: Stavba a vlastnosti pevných látek
Typ školy: gymnázium – přírodovědná větev

Ročník: druhý Věk žáků: 17 let

Doba: duben – květen 1976

Místo: Středočeský kraj a Praha

Počet škol: 17 Počet tříd: 22

Počet žáků: 595

Počet otázek: 23

Trvání zkoušky: 30 minut

Odstup od probírané látky: asi 3 měsíce

Výzkum byl prováděn pouze ve třídách přírodovědné větve. Pro žáky humanitní větve není fyzika stěžejním předmětem. Tříd se zaměřením na fyziku je málo a vyučují nadané žáky podle jiných osnov. Výzkum provedený v těchto třídách by nevystihoval stav vědomostí žáků gymnázia. Třídy přírodovědné větve představují největší počet žáků gymnázia u nás.

V žádné třídě nebyla látka s žáky před zadáním testu opakována, žáci nebyli na test připraveni.

Probráním tématu „Stavba pevných látek“ by si žáci měli osvojit poznatky, které tvoří základní strukturu učiva: typy vazeb, typy mřížek, poruchy v krystalu, pružná (elastická deformace), Hookův zákon, plastická deformace. Rozborem výsledků testu se zjistilo, že tohoto cíle se dosáhlo pouze částečně. Žáci dobře znali např. Hookův zákon, pojem plastické deformace a vakance i mechanismus pružné deformace. Méně uspokojivá byla už znalost pojmu dislokace. Neuspokojivá byla znalost krystalových struktur vůbec, znalost pojmu mez pružnosti a pevnosti, mechanismus plastické deformace a pojem anizotropie krystalu. Dále bylo zcela neuspokojivé řešení úloh (např. i jednoduchá aplikace Hookova zákona, který zná většina žáků).

Důvody malého počtu správných odpovědí na většinu otázek byly pravděpodobně ve formálních znalostech žáků. Důvody těchto formálních znalostí mohly být různé. Jedním z důvodů byl malý počet hodin (v učebních osnovách uvedeno 7 hodin), které jsou této partii v daném rozsahu učiva vyhrazeny. Při tak obsáhlém množství látky nezbude pak mnoho času na procvičování učiva.

Vzhledem k obtížnější prostorové představivosti některých poruch i mřížek, je třeba zajistit prostorové modely, filmy, diafilmy.

Velmi malý počet správných odpovědí při řešení úloh svědčil také o malém počtu hodin určených k probrání obsáhlé partie. Úlohy v testu byly analogické nebo shodné s úkoly uvedenými v učebnici. Překvapivá byla také „nechut“ řešit úlohy, tj. více než polovina odpovědí byla „nevím“. Podrobněji je rozbor testu uveden v [1].

b) Data výzkumu:

Učivo: Elektrické vlastnosti polovodičů

Ročník: třetí Věk žáků: 18 let

Místo: Středočeský kraj a Praha

Počet škol: 17 Počet tříd: 26

Počet žáků: 685

Počet otázek testu: 17

Trvání testu: 25 minut

Odstup od probírané látky: 5 měsíců

Pro vyhodnocení testu byly otázky rozděleny do dvou skupin. První skupina otázek vyžadovala od žáka jen znalosti faktů. Druhá skupina otázek byly otázky úvahové.

Rozbor výsledků testu ukázal, že žáci v první skupině odpověděli celkem dobře na otázku o teplotní závislosti odporu termistoru (80%), závislosti koncentrace nosičů náboje na teplotě u vlastního polovodiče (65%), jak se mění odpor vlastního polovodiče s teplotou (58%). Méně uspokojivá byla znalost schematických značek diody (71%) a tranzistoru (42%). Pokud šlo o znalost V–A charakteristiky polovodičové diody, odpovědělo správně 53% žáků, polovodič typu N zná jen 41% žáků.

Ve druhé skupině otázek znalo správně aplikaci schematické značky polovodičové diody ve schématu 56% žáků, princip činnosti tranzistoru znalo 46% žáků, ze schématu rozhodlo správně o zapojení tranzistoru 18% žáků. Využit znalosti o teplotní závislosti odporu termistoru v jednoduchém obvodu dovedlo správně 60% žáků.

Probráním tematu „Elektrický proud v polovodičích“ by si žáci měli osvojit tyto poznatky, které tvoří základní strukturu učiva: znát teplotní závislost měrného odporu termistoru, pojem vlastní a nevlastní vodivost polovodiče, funkce příměsí u příměsového polovodiče, teplotní závislost vodivosti a koncentrace nosičů

náboje u těchto polovodičů, P–typ, N–typ, princip činnosti PN přechodu, V–A charakteristiku polovodičové diody a princip činnosti tranzistoru.

Z rozboru výsledků plyne závěr, že tohoto cíle se dosáhlo pouze částečně. Žáci znali celkem dobře vlastnosti termistoru a jeho funkci, znali také, v které části dochází u diody k usměrnění. Méně uspokojivá byla znalost schematické značky polovodičové diody a znalost funkce příměsí u příměsového polovodiče, u vlastního polovodiče nebyla dobrá znalost závislosti měrného odporu a koncentrace volných nosičů náboje na teplotě. Rozhodně se však nelze spokojit s počty správných odpovědí na otázky týkající se tranzistoru a znalosti V–A charakteristiky polovodičové diody.

Příčinou malého počtu správných odpovědí byly opět pravděpodobně formální znalosti žáků, jejichž důvody mohly být různé.

Jedním z důvodů byl opět malý počet hodin v učebních osnovách (4 hod), které jsou této partii v daném rozsahu učiva vyhrazeny.

Dále ani v [2] ani v [3] nebyl uveden obvod s polovodičovou diodou a schéma obvodu chybělo i při výkladu polovodičových usměrňovačů. Dále by bylo účelné při výkladu činnosti tranzistoru podle obr. 4–14 v [3] nakreslit stejný obvod se schematickou značkou tranzistoru. Bylo třeba více zdůraznit zapojení jednotlivých přechodů a věnovat více pozornosti vysvětlení činnosti tranzistoru.

Podrobnější údaje o výsledcích testu viz [4].

II. etapa

Jak bylo řešeno výše, jedním z důvodů malých znalostí a dovedností žáků byl

v obou zkoumaných oblastech malý počet hodin. Počet hodin věnovaný v učebních osnovách těmto oblastem však nelze zvyšovat z tohoto důvodu: Dá se očekávat, že stejné výsledky by pravděpodobně zjistil výzkum i v jiných oblastech fyziky. Znamenalo by to zvýšit celkový počet hodin fyziky, což není možné.

a) Stať „Stavba a vlastnosti pevných látek“

Vzhledem k dlouhé době potřebné k výrobě filmu nebo smyčky, bylo v 1. fázi výzkumu upuštěno od jejich výroby.

Na základě zjištěných nedostatků byl vypracován pokusný text [5]. Jeho cílem bylo zjistit, zda všechny pojmy a jevy jsou pro žáky pochopitelné a zda budou umět využít získaných znalostí k řešení úloh.

Při výkladu plastické deformace pomocí pohybu dislokací byl proveden výklad podrobněji a k názornější představě bylo využito více obrázků v textu.

V pokusném textu „Stavba a vlastnosti pevných látek“ [5] byly podstatně přepracovány pouze některé kapitoly, jiné byly pozměněny málo, některé byly zkráceny. Celkový počet hodin na výklad se nezměnil. Text byl zpracován jako celek, aby žáci i učitel při výkladu této části fyziky mohli používat pouze učební text. Je zde podrobněji než v [6] a [7] vysvětlena diamantová struktura vzhledem k pozdějšímu využití při výkladu polovodičů a pojem anizotropie fyzikálních vlastností krystalu. U bodových poruch byla větší pozornost věnována příměsím vzhledem k pozdějšímu výkladu jejich vlivu na elektrické vlastnosti polovodičů.

Z křivky deformace byly vysvětleny mez pružnosti a pevnosti. Výklad plastické deformace byl proveden jednak pro dokonalý krystal a jednak pro krystal s čárovými poruchami. Na závěr jsou pomocí dislokací fyzikálně vysvětleny obě oblasti

plastické deformace a stručně zdůvodněn technologický postup při zvyšování pevnosti kovů.

Na konci každé kapitoly bylo v [5] uvedeno několik otázek, úkolů a úloh týkajících se probraného učiva. Odpovědi i řešení bylo uvedeno na zvláštním listě. Tento list byl podle úvahy vyučujícího předán žákům v průběhu výuky nebo na závěr.

b) Stať „Vedení elektrického proudu v polovodičích“

Na základě zjištěných nedostatků byl vypracován pokusný text [8]. Jeho cílem bylo stejně jako u [5] zjistit, zda všechny pojmy a jevy v této části učiva byly pro žáky srozumitelné a zda dovedli použít získaných znalostí při aplikaci.

Členění učiva bylo opět podobné jako v [3]. V této první fázi výzkumu byl proveden výklad vedení proudu na základě elektronově korpuskulárního modelu. Mělo se zjistit, zda je možno získat lepší znalosti žáků i při tomto „klasickém“ výkladu učiva.

V textu byla zařazena kapitola „Společné a rozdílné znaky vodivosti kovů a polovodičů“, která shrnovala poznatky o vedení proudu v kovech a polovodičích.

Hlavní důraz v [8] byl kladen na dobré pochopení principu činnosti diodového a tranzistorového jevu a bylo naznačeno na základě zjištěných vlastností jejich fyzikální využití.

Opět na závěr každé kapitoly byly zařazeny úlohy a otázky a na zvláštním listě řešení a odpovědi.

Celkový počet hodin potřebných k výuce této části učiva se nezměnil.

III. etapa

K hodnocení vědomostí žáků byl opět

zvolen test s alternativními odpověďmi a výsledky vyhodnoceny. Otázky v testu byly pouze z látky probírané v [3], [6], [7]. Stejný test byl zadán totiž i ve třídách, kde se vyučovalo podle [3], [6], [7] a bylo provedeno srovnání.

a) Stať „Stavba a vlastnosti pevných látek“

Data výzkumu:

Ročník: druhý Věk: 16–17 let

Doba zadání testu: Květen – červen 1978

Místo: Středočeský kraj a Praha

Počet škol: 8 škol výzkumných a 8 škol srovnávacích

Počet testovaných žáků: 269 žáků ve třídách výzkumných a 252 žáků ve třídách srovnávacích

Počet otázek: 22

Doba trvání testu: 35 minut

Odstup od probírané látky: 3–4 měsíce

K vyhodnocení testu byly otázky rozděleny do tří skupin

A: pamětní – 9 otázek

B: úvahové – 8 otázek

C: početní – 5 otázek

Z rozboru testu vyplynuly tyto závěry o znalostech žáků (v závorce uvedeny údaje týkající se srovnávací skupiny):

Ve skupině pamětních otázek se pohyboval počet správných odpovědí s výjimkou otázky týkající se znalostí vlastností dislokace od 99% do 78% (od 78% do 52%). U skupiny otázek úvahových byly (opět s výjimkou otázky zkoumající mechanismus plastické deformace) počty správných odpovědí 85%–60% (80%–33%). V obou skupinách byly dobré výsledky u výzkumných tříd.

Ve třetí skupině (početní otázky) byly výsledky slabé. Správné řešení se pohybuje

od 55% do 18% (od 35% do 4%). Přitom otázky nebyly nijak obtížné. Dalo se prakticky dosadit do určitého vztahu a danou veličinu vypočítat. Ukázala se malá sběhlost při řešení úloh zřejmě vlivem nedostatku času na procvičování.

Průměrný počet správných odpovědí byl 14, 98 (10, 66). Vzhledem k tomu, že v testu se vyskytovalo 9 otázek pamětního typu, znamenalo to, že průměrný žák druhého ročníku gymnázia zodpoví v průměru jen dvě otázky početní nebo úvahové. Z toho se dá usuzovat, že při současném stavu vyučování v této části učiva je velmi málo žáků schopných dělat i jednoduché úvahy nebo využívat získané poznatky. Mají tedy žáci ve zkoumaném tématu převážně formální znalosti. Z rozboru také plyne, že k získání třetího klasifikačního stupně stačí, aby žák zodpověděl jen 10 otázek, tj. stačí jen jedna otázka úvahová nebo početní.

Ve skupině výzkumné zodpověděl průměrný žák v průměru 6 úvahových otázek nebo otázek početních, tj. zodpověděl téměř polovinu těchto otázek. Průměrný žák ve skupině výzkumné by podle klasifikační normy srovnávacích tříd získal první klasifikační stupeň.

Z rozboru výsledků tedy plyne, že žáci, kteří ve vyučování používali [5], znali lépe pojmy, zákony a jevy než žáci ve srovnávací skupině a dovedli lépe aplikovat získané poznatky jak při řešení otázek úvahových, tak i početních.

Pojmy dislokace a hlavně jejich pohyb v krystalu jsou pro žáky i přes snahu o názornější výklad obtížné, mají-li je pochopit. Ukazuje se tedy nutné užítí prostorových modelů, filmů nebo smyček. Druhá z možností je upustit od výkladu plastické deformace pohybu pomocí dislokací, což však není nejvhodnější vzhledem k předmětu základy strojírenství.

Test popsaný v [1] obsahoval i některé otázky shodné s otázkami v testu [9]. Relativní počty správných odpovědí na tyto stejné otázky jsou v obou letech přibližně stejné.

Podrobněji o testu i didaktickém rozboru výsledků viz [9].

b) Stať „Vedení elektrického proudu v polovodičích“

Data výzkumu:

Ročník: třetí Věk žáků: 18 let

Doba zadání: březen 1977

Místo: Středočeský kraj a Praha

Počet škol: 6 škol ve výzkumné skupině a 10 ve srovnávací

Počet tříd: 10 ve výzkumné skupině a 12 ve srovnávací skupině

Počet žáků: 249 ve výzkumné skupině a 317 ve srovnávací

Počet otázek: 24

Doba trvání testu: 35 minut

Odstup od probírané látky: 3–4 měsíce

K rozboru získaných výsledků byly otázky testu rozděleny do tří skupin.

A: otázky pamětní

B: otázky pamětně úvahové

C: otázky úvahové

Všechny otázky byly ve skupině výzkumné zodpověděny lépe než ve skupině srovnávací.

Počty správných odpovědí se u skupiny otázek pamětních pohybovaly od 90% do 77% (82%–47%), tj. v průměru 82% (62%). Pro otázky pamětně úvahové se počet správných odpovědí pohyboval od 80% do 31% (71%–13%), tj. v průměru 63% (47%). Pro úvahové otázky se počty správných odpovědí pohybovaly od 72% do 41% (53%–14%), tj. v průměru 52% (40%).

U obou testů III. etapy bylo kromě toho zjištěno, že mezi vzájemně odpovídajícími

skupinami otázek existuje statisticky významný rozdíl mezi skupinou výzkumnou a srovnávací (na 5% hladině významnosti) a že výsledky ve skupině výzkumné jsou lepší.

Bylo tedy i zde vidět, že žáci tříd, kde se vyučovalo podle [8], vykazovali lepší znalosti pojmů a zákonitostí i lepší připravenost k řešení otázek úvahových, tj. i ke zvládnutí aplikací na složitější případy.

Výzkum také ukázal, že pochopení principu činnosti tranzistoru je pro žáky obtížné i přes podrobnější výklad v pokusném textu. Bylo by tedy vhodné uvažovat, zda by výklad neměl být proveden na tranzistorech řízených elektrickým polem, který je pro pochopení jednodušší.

Test [4] obsahoval některé otázky shodné s otázkami testu [10]. Relativní počty správných odpovědí na tyto otázky ve skupině srovnávací byly v obou letech přibližně stejné a vědomosti žáků tedy nevykazovaly v průběhu několika let velké změny.

Podrobněji o testu a výsledcích hodnocení viz [10].

Literatura

- [1] SVOBODA M.: *Výzkum znalostí učiva „Stavba pevných látek“ na gymnáziu*. MFvŠ 9 (6), 1979, str. 468.
- [2] FUKA J., KLIMEŠ B., LEPIL O., RUDOLF O., ŠIROKÝ J., VANÝSEK V.: *Fyzika pro III. ročník střední všeobecně vzdělávací školy*.
- [3] LEPIL O., CHYTILOVÁ M.: *Doplněk k učivu fyziky pro třetí ročník gymnázia*. SPN Praha 1973.
- [4] SVOBODA M.: *Význam znalostí učiva „Elektrický proud v polovodičích“ na gymnáziu*. MFvŠ 7, (5), 1977 str. 380.
- [5] SVOBODA M.: *Pokusný text Stavba a vlastnosti pevných látek*. Praha 1977.
- [6] VANOVÍČ J., SOKOL E., THERN L., VLACH

B.: *Fyzika pro II. ročník střední všeobecně vzdělávací školy*. Praha SPN 1969.

- [7] VLACH B.: *Doplňk k učivu fyziky pro II. ročník gymnázia*. SPN Praha 1974.
- [8] SVOBODA M.: *Pokusný text Vedení proudu v polovodičích*, Praha 1976.
- [9] SVOBODA M.: *Fyzika pevných látek ve vyučování na gymnáziu*. Zasláno do časopisu MFvŠ.
- [10] SVOBODA M.: „*Vedení elektrického proudu v polovodičích*“ ve vyučování na gymnáziu. Zasláno do časopisu MFvŠ.

K FYZIKÁLNÍMU POJETÍ VÝUKY ASTRONOMIE NA GYMNÁZIU

Vladimír Štefl, Brno

Pod pojmem astronomická výuka na gymnáziu budeme dále rozumět výuku partií učiva zabývajících se nebeskou mechanikou, sférickou astronomií, astrofyzikou, stelární astronomií a kosmologií. Jedním z velmi důležitých předpokladů úspěšnosti této astronomické výuky na gymnáziu je fyzikálnost jejího pojetí.

Požadavek těsného sepětí výuky astronomie s výukou fyziky vyplývá z těsného vztahu obou věd. Obě vědy vycházejí ze společných výzkumných metod a výzkumných prostředků společného objektu svého zkoumání – hmoty (jejího rozložení a fyzikálního stavu), jak je podrobně rozvedeno v práci [1]. Při zkoumání veškeré hmoty ve vesmíru vychází astronomie z objektivních zákonitostí – fyzikálních zákonů, jejichž použití umožňuje podávat pravdivé informace o zkoumaných kosmických objektech.

Proto nová koncepce pojetí výuky astronomie na gymnáziu, formulovaná Vanýskem v [2], vychází z těsného sepětí

astronomie a fyziky. Vanýsek uvádí: „Astrofyziku je nutno začlenit tak, aby lépe vynikla logická struktura fyzikálního poznávání kosmického prostoru a vesmíru vůbec“... „není účelem nového pojetí astronomie a astrofyziky na gymnáziu informovat studenta o všech hlavních výsledcích, kterých tyto vědy dosáhly, ale na vybraných příkladech ukázat na fyzikální podstatu celého vesmíru“.

V souladu s takto zvoleným pojetím lze vyčlenit základní astronomické jevy a na ně soustředit gymnaziální výuku astronomie. K těmto jevům patří například proces expanze a smršťování při vývoji kosmických objektů různých typů. Výkladem fyzikálních zákonitostí vybraných základních jevů je možno objasnit široký okruh astronomických jevů rozličných měřítek, ale společné fyzikální podstaty. Koncentrace výuky na témata obsahující vybrané základní astronomické jevy umožňuje hlubší aplikaci fyziky a hlubší fyzikální pohled na astronomii.

Nové fyzikální pojetí výuky astronomie předpokládá návaznost jak na klasickou fyziku (mechaniku, molekulovou fyziku, elektřinu a magnetismus, optiku), tak – a to především – na moderní obory fyziky (atomovou fyzikou, kvantovou fyzikou, teorii relativity). Vztahy a souvislosti v astronomii lze získávat novou organizací a transformací dosavadních poznatků z fyziky, tedy návazností na již vybudované vědomostní struktury z fyziky.

Změna pojetí výuky astronomie vyžaduje také změnu výukových metod. K osvojení složitějšího, fyzikálně pojatého astronomického učiva je třeba používat především deduktivní postup výkladu, který vychází z matematicko-fyzikálních výzkumných (badatelských) metod astronomické vědy. To je plně v souladu s obecnými požadavky modernizace vý-