

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Vladimír Vanýsek

Astronomie a astrofyzika v novém pojetí vyučování fyzice na gymnasiu

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 19 (1974), No. 3, 163--166

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139686>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1974

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>

se může — u žáků dobře připravovaných od 6. třídy — přistoupit v předposledním ročníku gymnasia k integrálnímu počtu, aniž se setkáme s psychologickými překážkami.) Potom čtyři první kapitoly této knihy, které jsou při dnešních osnovách vyučování v prvním ročníku pouze obvykle vynechávanými doplňky zmíněné látky, bychom mohli s výhodou zařadit do úvodního kursu a zbytek by mohl být probrán ve druhém roce vysokoškolského studia. Student, který si látku dobře osvojí, bude podle mého soudu dobře připraven, aby použil svých matematických znalostí buď ke konkrétním úkolům, nebo aby si navykl na vyšší abstraktní úroveň a mohl se specializovat v čisté matematice.

Pro knihu jsem užil velmi pečlivý záznam přednášek, který pořídila pí C. LASSALLEOVÁ, asistentka na přírodovědecké fakultě v Nice; pomohla mi velmi ochotně také s korekturou. Je mi potěšením, že jí mohu poděkovat na tomto místě.

Přeložili M. Jasný a K. Žitný

Příloha:

Názvy kapitol knihy Jean Dieudonné: *Calcul infinitésimal*, Hermann - Paris, 1968.

1. Odhady shora a zdola (majorer, minorer).
2. Aproximace kořenů rovnice.
3. Asymptotické rozvoje.
4. Integrály závislé na parametru.
5. Stejněměrná aproximace.
6. Analytické funkce.
7. Teorie Cauchyho.
8. Singulární body analytických funkcí. Rezi-dua.
9. Aplikace analytických funkcí na úlohy aproximace.
10. Konformní zobrazení.
11. Diferenciální rovnice.
12. Diferenciální rovnice lineární.
13. Diferenciální rovnice lineární druhého řádu.
14. Besselovy funkce.

Astronomie a astrofyzika v novém pojetí vyučování fyzice na gymnasiu

Vladimír Vanýsek, Praha

Nové poznatky o vesmíru a zejména o kosmickém prostoru v okolí Země se staly za posledních patnáct let běžnou součástí denních informací, které v nej-různější formě — tiskem, rozhlasem a televizí — dostává občan moderního vyspělého státu. Způsob, jak tyto informace přijímá a jak dalece se stávají součástí jeho celkového rozhledu, závisí v podstatné míře nejen na objemu konkrétních vědomostí, ale i na tom, do jaké míry pochopí souvislosti mezi jednotlivými poznatky přírodních věd a fyziky zvláště.

Z příčin, které tkví spíše v tradičním pojetí astronomie, jsou astronomické a astrofyzikální partie fyziky dosud probírány v rámci fyziky jako zvláštní připojená disciplína. Astrofyzika se vykládá spíše faktograficky v posledním ročníku, ačkoli právě tam by matematický aparát i aplikace fyzikálních problémů byly na místě.

Zatím nelze jednoznačně říci, zda tento způsob výkladu je skutečně nevyhovující, je však jisté, že astronomii a zejména astrofyziku je nutno začlenit do výuky tak, aby lépe vynikla logická struktura fyzikálního poznávání kosmického prostoru a vesmíru vůbec.

Cílem astronomie na střední škole je ukázat na fyzikální podstatu světa v makroskopickém měřítku; lze toho dosáhnout především tím, že fyzikální poznatky osvojené v průběhu studia se ve výkladu astrofyziky budou skutečně používat.

Dosud se astronomie v gymnaziální fyzice člení na dva v podstatě uzavřené celky.

První dosti dobře navazuje na poznatky

mechaniky a dynamiky a poměrně plynule se přechází z pojmu gravitačního zákona na zákony pohybu kosmických těles přirozených i umělých. Výklad astronomických souřadnic tvoří jakýsi skok ve stylu výkladu, neboť klade zcela jiné požadavky na žákovu představu. Stručná kapitola z časomíry je toliko logickým zakončením této „geometrické“ astronomické partie. Výklad souřadnic je spojen s jistým metodickým problémem, neboť učitel naráží na bariéru malé prostorové představivosti žáka. Je pravda, že by bylo docela dobře možno vykládat tyto partie v úvodních kapitolách fyzikálního zeměpisu za předpokladu, že učitel zeměpisu má potřebnou přípravu k tomu, aby vyložil problém zeměpisných i astronomických souřadnic tak, aby žák pochopil jejich odvození z obecného pojmu souřadnic běžných v matematice nebo ve fyzice. Poněvadž to není možné bez jisté metodické průpravy příslušného učitele, je rozhodně vhodnější ponechat tuto partii v rámci fyziky, zařadit ji však již do úvodní kapitoly, kde je probírán pojem prostoru a času.

Celkově možno říci, že návaznost dynamiky sluneční soustavy na mechaniku hmotného bodu a výklad gravitačního pole je sice tradičním, avšak nejlepším začleněním astronomie do výkladu fyziky. Nicméně i zde by bylo možné jisté rozšíření, které by demonstrovalo obecnou platnost gravitačního zákona (pohyb dvojhvězd a určení hmotností), zejména jestliže by bylo užito konkrétního příkladu a zajímavé úlohy v cvičení. Zavedení pojmu dvojhvězda není obtížné a nemusí být na škodu, jestliže se opakuje v posledním ročníku. Stálo by též za úvahu vyložit bez náročného matematického aparátu stabilitu systému n těles zavedením pojmu „vnitřní energie soustavy“, neboť žáci již znají pojmy jako hybnost, zachování hybnosti,

pohybová (kinetická) energie apod. Žák by měl možnost nenásilným způsobem pochopit logiku věty o viriálu, aniž by se tímto pojmem explicitně zatěžoval. Pokud by se takový krok zdál příliš odvážný, bylo by možno se omezit na soustavu dvou těles a přeměny mechanické energie uvnitř této soustavy.

Ostatně přeměna gravitační energie v kinetickou, a tedy i tepelnou, se uplatňuje i v astrofyzice. Může se použít velmi konkrétní klasický případ malé družice s hmotností m obíhající ve vzdálenosti r kolem tělesa velkého o hmotnosti M (například Země). Kinetická energie družice je $\frac{1}{2}mv^2$, potenciální energie $-GMmr^{-1}$, dostředivé zrychlení udržující družici na dráze v^2r^{-1} , a tedy $GMr^{-2} = v^2r^{-1}$. Pak lze snadno nalézt, že kinetická energie se rovná $-1/2$ potenciální energie, tedy $mv^2 = GMmr^{-1}$. Bez velkých nároků na matematickou obratnost žáků lze ukázat, že jestliže se z nějakého důvodu (např. brzdícím účinkem zemské atmosféry) vzdálenost r zmenší o dr , pak se ve zvýšení kinetické energie uplatní jen polovina hodnoty, o kterou poklesla potenciální energie. Aby byla zachována celková energie $W_{\text{tot}} = \text{potenciální} + \text{kinetická}$, musí polovina hodnoty, o kterou poklesla potenciální energie, nutně přejít v nějakou jinou formu energie, například na zvýšení teploty (čili kinetické energie) molekul zemského ovzduší, kterým je družice brzděna — dále zahřívání povrchu družice apod. Předpokládá se ovšem, že dráha družice je vždy kruhová.

Analogie tohoto příkladu může být různě použita, např. při výkladu o možných zdrojích energie ve hvězdách.

Odbourat dosavadní faktografický způsob výkladu astronomie — nebo spíše astrofyziky — v závěru fyziky na gymnasiu

vyžaduje, aby žák v různých kombinacích používal znalosti dříve nabyté.

Jako příklad uveďme Slunce a jeho stavbu. Vedle několika základních dat je možno ihned přejít k výkladu o vnitřní stavbě Slunce a hvězd vůbec. Žák z jednoduchého názorného výkladu snadno pochopí jeden z hlavních principů, který musí platit pro stabilní hvězdu (hydrostatická rovnováha), tj. že vnitřní tlak nutně musí vyrovnat „váhu“ vrstev hvězdné hmoty. Jednoduchým užitím gravitačního zákona a stavové rovnice pro ideální plyn, tedy poznatků ze dvou různých partií fyziky, lze alespoň kvalitativně ukázat na souvislost mezi teplotou a tlakem uvnitř Slunce nebo hvězdy. Student není pak nucen toliko přijmout tvrzení, že uvnitř Slunce je teplota řádově 10^7 K, ale již pochopí, že k tomuto číslu lze dospět logickým použitím obecnějších fyzikálních poznatků.

Použitím pojmu gravitační energie a principu zachování energie (viz příklad družice) lze opět bez náročného matematického aparátu ukázat, že přeměna gravitační energie hroustícího se Slunce v energii tepelnou by nevystačila na příliš dlouhou dobu a naopak z úbytku hmotnosti (tj. hmotnostního schodku) při reakci $H \rightarrow He$ vyplývá, že jedině jaderné reakce mohou být zdrojem hvězdné i sluneční energie. Zde se například objeví vztah $E = mc^2$ v konkrétní formě. V poznámce lze též poukázat na význam radioaktivity hornin při určování stáří Země, a tím osvěžit pojem poločasu radioaktivního rozpadu.

Při seznamování s hvězdnými spektry si žák musí uvědomit kvantové vlastnosti světla a znovu použít alespoň jednoduchý model atomu vodíku (podmínky pro vznik Balmerovy série čar). Pomocí školního spektroskopu možno předvést experiment vzniku absorpčního sodíkového dubletu ve spojitém světle výkonné žárovky pro-

cházejícím chladnějším plamenem a současně demonstrovat sodíkový dublet ve slunečním světle a vyložit fyzikální podmínky, při kterých absorpční čáry vznikají.

Při výkladu záření kosmických těles narážíme však na problém pojmu záření černého tělesa a skutečnost, o které ví žák velmi málo. Elektromagnetické záření je ve výkladu fyziky „roztrženo“ do kapitol „Elektrina a magnetismus“ a „Optika“. Stefanův-Boltzmannův zákon pro vyzářenou energii σT^4 je základem pro názorný výklad celé řady astrofyzikálních poznatků, právě tak jako Wiennův posouvací zákon a Planckovo rozdělení energie ve spektru. Tyto zákony jsou například nezbytné pro výklad fyzikální podstaty vztahu spektrum-teplota hvězd, bez kterého se diagram teplota-svítilivost hvězd, tak důležitý pro pochopení vývoje hvězd, může snadno proměnit v nic neříkající pojem.

Způsob výkladu termodynamiky a partie o záření je rozhodující pro vlastní zaměření výkladu středoškolské astrofyziky.

V té souvislosti se domnívám, že učivo z teorie záření (a patrně i některé partie optiky) by mělo být v novém obsahu a struktuře středoškolské fyziky pečlivě promyšleno. Skutečnost, že ve výkladu optiky se přechází z „kvazifyzikální“ optiky do geometrické a opět do fyzikálního výkladu o světle (a ještě později k pojmu kvant), klade na žáka značné nároky, chce-li alespoň částečně pochopit vnitřní souvislosti. Ve fyzikálním výkladu astronomických poznatků však tyto vnitřní souvislosti vystupují do popředí.

Astronomie i astrofyzika jsou skutečně „aplikovanou“ fyzikou ve vesmíru a mohou při výuce fyziky sehrát důležitou úlohu při vytváření jednotčího pohledu na fyzikální problémy. V tom smyslu by měly být zpracovány ve středoškolských učebnicích

fyziky nejen kapitoly týkající se astronomie nebo astrofyziky, ale také do jisté míry i kapitoly ostatní.

V tomto článku, který je jen hrubým náčrtem nového pojetí astronomie na střední škole, není možno podrobně rozebírat jednotlivé uvedené příklady. Jejich konkrétní rozpracování by v podstatě představovalo sepsání jednotlivých partií či dokonce kapitol nějaké budoucí učebnice. Uvedené příklady jsou vybrány namátkově a pochopitelně nemohou plně ilustrovat začlenění astronomie do jednotlivých partií fyziky. Jak snad je z tohoto výkladu patrné, není účelem nového pojetí astronomie a astrofyziky na gymnasiu informovat studenta o všech hlavních výsledcích, kterých tyto vědy v posledních desetiletích dosáhly, ale na vybraných příkladech ukázat na fyzikální podstatu celého vesmíru. Jde také o to odpoutat se od představy, že fyzikální proces vzniká teprve uspořádáním pokusu, a pochopit, že tyto procesy probíhají v přírodě neustále, nebo dokonce

v rozsahu, měřítku a za podmínek v laboratoři neuskutečnitelných.

Souběžně s tímto problémem souvisí i otázka přípravy učitelů středních škol během universitního postgraduálního studia. Dosavadní závěry, které je možno učinit o přestavbě obsahu astronomie ve výuce budoucích učitelů na MFF KU, jsou zatím velice předběžné, ale již během tří let se podařilo zásadně změnit pojetí vykládané látky. Zatím však není uspokojivě propracována *metodika* výkladu na střední škole. Zde jsou zkušenosti velice malé. V tom směru by však bylo možno částečně využít postgraduální kursy učitelů jako prostředek „zpětné vazby“ vysokoškolský učitel ↔ středoškolský učitel.

Astronomie se dnes považuje za jeden z oborů, které mohou rozvoji fyziky přinést nové podněty pro objevy základního významu. Je tedy nezbytné, aby se tento vývoj plně ohrázel v modernizaci fyziky v soustavě všeobecného středoškolského vzdělání.

Vědec musí být vždy informován o tom, co se děje okolo něho, jinak jeho práce zůstane bez opravdových výsledků. Měl by žít ve světě, kde vědecká činnost mu zajistí možnost existovat, kde jsou kolegové, se kterými může besedovat a zdokonalovat tak svoje znalosti. Je zcela pravděpodobné, že 95% originálních vědeckých prací bylo vytvořeno méně než 5% profesionálních vědců. Ale většina z nich by vůbec nebyla napsána, kdyby ostatních 95% vědců nenapo-

máhalo vybudování dostatečně vysoké úrovně vědy.

N. Wiener

Mnozí, kteří nikdy neměli možnost poznat blíže matematiku, si ji představují jako suchou vědu. Ve skutečnosti je to však věda, která vyžaduje nejvíce fantazie a má úplnou pravdu jeden z největších matematiků našeho století, že nelze být matematikem a nebyt současně básníkem.

S. V. Kovalevská