

K MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCI VE VÝUCE ASTROFYZIKY NA STŘEDNÍCH ŠKOLÁCH

Vladimír ŠTEFL, Lenka ZYCHOVÁ

Abstrakt

Nejprve bude stručně charakterizován srovnávací průzkum astrofyzikálních vědomostí a dovedností žáků středních škol u nás, v Polsku, v Rusku a v dalších státech. Shrnujícím způsobem budou připomenuty hlavní výsledky. Dále se příspěvek zabývá současným stavem výuky astrofyziky na gymnáziích u nás, připomínkami k platné učebnici. Následně jsou uváděny důvody, proč astrofyziku vyučovat, jak provádět její motivaci. Těžištěm bude problematika výuky astrofyziky na středních školách, obsažená především ve spolupráci s Dr. Domańskim z Toruně. Podstatnou částí jsou vybrané ukázkové náměty na interpretaci fyzikálního obsahu a pojetí výuky astrofyziky, vycházející z publikovaných článků.

TO THE INTERNATIONAL COLLABORATION IN TEACHING OF ASTROPHYSICS AT HIGH SCHOOLS

Abstract

A comparative survey of astrophysical knowledge and skills of secondary school pupils in the Czech Republic, Poland, Russia and other countries will be briefly described. In summary, the main results will be highlighted. The paper deals with the current state of the teaching of astrophysics at grammar schools in our country, with comments on a valid textbook. There are reasons why to teach to astrophysics and how to motivate it. The emphasis will be on the teaching of astrophysics at secondary schools, mainly in cooperation with Dr. Domańskim from Toruń. Essential parts are selected sample of ideas on the interpretation of physical content and the concept of teaching astrophysics based on published articles.

Úvod příspěvku je věnován závěrům analýzy výsledků didaktického testu z astrofyziky, realizovaného v letech 1989–1993 ve středních školách Česka, Polska a Ruska, které byly v souhrnné podobě publikovány v řadě publikací, u nás například v [1], v Rusku [2], jakož i ve zpravodaji IAU [3]. Nejlepší vědomosti a dovednosti prokázali žáci v lyceích, následovala gymnázia a posléze střední školy. Nejslabší znalosti na gymnáziích byly v položce ověřující závislost spektra hvězd na fyzikálních a chemických podmínkách. Standardní středoškolská interpretace vychází z původní harvardské spektrální klasifikace založené na teplotních souvislostech. Žáci nepochopili, že vzhled spektra je určen teplotou, v menší míře tlakem a teprve následně chemickým složením. Pozdější doplňující didaktický test odhalil vznik nesprávných představ již v předcházející fyzikální výuce.

Zjištěný postupný pokles astrofyzikálních znalostí žáků u nás měla pomoci zastavit nová učebnice [4]. Určuje hloubku a úroveň zpracování výkladu, opírají se o ni zejména začínající učitelé. Z detailního rozboru jejího obsahu např. [5], [6] vyplývá, že v ní chybí závažná témata, např. III. Keplerův zákon v přesném tvaru, fyzikální podmínky v nitru hvězd, zdroje energie hvězd, vývojová interpretace H–R diagramu atd. Styl výkladového

textu je spíše popularizující, převládá popisnost. Svou úrovní odpovídá zpracování textu učebnic základní školy, nikoliv poslednímu ročníku výběrové všeobecně vzdělávací školy – gymnázia, kdy žáci jsou již připraveni k rozvoji abstraktního myšlení. Z astrofyziky se v učebnici paradoxně vytratila fyzikálně-matematická složka. Trvalejší vědomosti a dovednosti žáci získávají právě překonáváním obtíží, spojených např. s matematickými postupy. Jen tak se u nich dostavuje oprávněný psychologický pocit uspokojení. Nezvykle je v textu na učebnice větší množství nepřesností a chyb, je postrádáno přesné vyjadřování a definování pojmů. To je základem k dalšímu kroku – myšlení. Obojí budou žáci koncem školního roku u maturity prokazovat a v celém životě potřebovat.

Restrikce dotace počtu vyučovacích hodin fyziky vyplývající z RVPG nutí učitele k úvahám o minimalizaci učiva fyziky, a tudíž i astrofyziky. Proto si kladou otázku, proč vyučovat astrofyziku na gymnáziích? Podrobný rozklad důvodů pro kladnou odpověď je v [7]. Učitelé si na rozdíl od autorů RVPG uvědomují, že žáci projevují velký zájem o astrofyzikální problematiku, neboť se s novými informacemi z této vědy setkávají velmi často v hromadných sdělovacích prostředcích, v denním tisku, v časopisech. Cítí vnitřní potřebu si je ujasnit a utřídit. Už také proto, že jednotlivé dílčí astrofyzikální poznatky získávané útržkovitě nepravidelně v různých předmětech je třeba upřesnit, systematizovat a vytvořit z nich ucelený systém. K tomuto účelu právě sloužil astrofyzikální celek, zařazovaný v závěru gymnaziální fyzikální výuky.

V situaci minimálního počtu hodin, k naplnění především hlavního cíle – přesvědčit žáky, že fyzikální zákony platí jak ve škole, tak i na nejbzdálenějších kosmických objektech, je účelné pouze na vybraných příkladech ukázat fyzikální podstatu kosmických těles a jevů s nimi spojených. Lze tak demonstrovat aplikaci základních fyzikálních pojmů a zákonů v atraktivních astrofyzikálních podmínkách. Rozpracované náměty takových postupů byly publikovány v řadě článků autorem samotným či ve spolupráci s Dr. Domaňským z Toruně. Nejde o triviální přesvědčování žáků o platnosti zákonů ve vesmíru na základě jejich pocitů, což můžeme realizovat pouze na Zemi, ale o aplikaci fyzikálních zákonů a matematických výpočtů, například na existenci černých děr v jádrech galaxií, na výpočet centrální teploty a tlaku v nitru hvězd či na průběh termonukleárních reakcí v nich probíhajících.

K obtížnějším abstraktnějším postupům je vhodná motivace ve výuce, je rozebírána v [8]. Konkrétně k ní patří rozbor aktuálních astronomických jevů, například přechod Venuše přes sluneční disk [9], významnějších změn v nomenklatuře sluneční soustavy – vyřazení Pluta ze seznamu planet [10] či využití celosvětově známých děl Julesa Vernea [11]. Pro rozbor reálnosti jím popsaných astronomických metod a posouzení uvedených hodnot byl zvolen text knih „Námořní kapitáni XVIII. století“, „Zelený paprsek“, „Na kometě“, „Tajuplný ostrov“, „Cesta na Měsíc“.

Pro pochopení aplikovatelnosti zákonů fyziky v celém vesmíru je důležité fyzikální pojetí výuky astrofyziky. Opírá se o uplatnění vzájemné souvislosti fyziky a astrofyziky. Proto jsou podstatnou částí příspěvku vybrané ukázkové náměty zařaditelné do fyzikálních celků v RVPG „Pohyb těles a jejich vzájemné působení“, „Stavba a vlastnosti látek“, „Elektromagnetické jevy, světlo“. Konkrétně v dílčích tématech jde o gravitační pole, zákon zachování mechanické energie, Keplerovy zákony, základy termodynamiky, elektromagnetické spektrum.

V prvním tématu jde o rozbor pohybu těles v gravitačním poli, klasicky rozpracovaný v [12] prostřednictvím zákona zachování mechanické energie pro pohyb po eliptických drahách v případě umělých družic Země či periodických komet.

K pochopení paradoxních vlastností hvězd v hydrostatické a tepelné rovnováze je nezbytné osvojení astrofyzikální gravitační termodynamiky. Ta se zabývá soubory částic držených pohromadě gravitační silou, tedy hvězdami. Můžeme srozumitelně vyložit například zápornou měrnou tepelnou kapacitu hvězd jako celku na hlavní posloupnosti či nemožnost ochlazování jejich nitra, podrobněji viz [13].

Další široce využitelnou jednoduchou a účinnou metodou poznávání vlastností kosmických těles v astrofyzikální výuce je rozměrová analýza [14]. Aplikujeme ji při shromáždění rozsáhlejšího statistického materiálu respektive při znalostech astrofyzikálních procesů ležících v základech zkoumaných jevů. Na zvolených příkladech je demonstrováno odvození vztahů pro centrální teplotu v nitru hvězd, periodu pulsace pulsujících hvězd, určení plochy horizontu událostí černých děr a její souvislost s entropií.

Nezastupitelný význam pro existenci a vývoj života na Zemi má nejbližší kosmické těleso – Měsíc. Výklad gravitační interakce v soustavě Země–Měsíc opírající se o platnost zákona zachování momentu hybnosti umožňuje objasnění slapů i pozorovaného vzdalování Měsíce od Země, viz [15].

Fyzikální interpretace základních myšlenek spojených s problematikou výuky Měsíce, včetně odpovědí žákům na jejich nejčastější otázky a odstraňování miskonceptů, je zachycena v [16]. Rovněž jsou rozebírány vybrané fyzikální a chemické vlastnosti Měsíce včetně námětů na jednoduchá i složitější pozorování Měsíce.

Přehled vzájemné návaznosti fyzikálních a astrofyzikálních témat je rozveden v [17]. Dosud otevřeným a nedořešeným problémem je srozumitelné zapojení moderní fyziky – kvantové, statistické do výkladu závěrečných stadií vývoje hvězd na středoškolské úrovni.

Podstatným prostředkem procvičování znalostí jsou úlohy. Proto jsou v [18] uváděny aplikační úlohy týkající se problematiky Hubbleova kosmického dalekohledu, jeho pohybu, rozlišovací schopnosti, pozorování WFPC, určení rychlosti vyvrhovaného materiálu ze sopky na měsíci Io, stanovení hmotnosti černé díry v jádře galaxie M 87 atd. Vedle toho výklad seznamuje s nově vyvinutými metodami zpracování pozorovacího materiálu.

Úlohy s historickými náměty, založené na původních metodách a hodnotách, od starověku až po dvacáté století, byly shromážděny v článku [19]. Podstatnou roli při výkladu problematiky Saturnu mohou mít úlohy – objasnění podstaty prstenců, určení povrchové teploty, hmotnosti a hustoty planety či stanovení decelerace modulu Huygens při jeho přistání na povrchu Titanu, viz rozbor v [20].

V novém tisíciletí se změnila astrofyzika jako věda i její vzdělávání na gymnáziích, ke zlepšení nevyhovujícího postavení ve výuce však nedošlo. Přesun astrofyzikálního vzdělávání mimo školy problematiku neřeší. Jenom školní výuka může zabezpečit systémovost poznatkových struktur, ověřování vědomostí, uzavření výukového cyklu a zejména dostatečné zapojení matematiky a fyziky. Snaha prosazovat metodu rozptylové loučky astrofyzikálních poznatků do jiných předmětů vede k naplnění hesla integrace → degradace, není promyšlena a je nevhodným řešením.

Rozhodujícím činitelem úspěšnosti výuky je fundovaný učitel fyziky se vztahem k astrofyzice a žákům, nepotřebující neustálé reformy. U učitelského studia fyziky je nezbytná příprava na vysoké škole, minimálně povinná přednáška s cvičením z astrofyziky, dále možnost volby astrofyzikálních výběrových předmětů, repetitorií atd.

Literatura

- [1] ŠTEFL, V., DOMAŇSKI, J., ZINKOVSKIJ, V. I. Results of the test of astrophysics at secondary schools in Czechoslovakia, Poland and Russia. Scripta FAC.SCI.NAT. UNIV. MAS. BRUN. Brno, MU Brno, vol. **23**, 1994. s. 59–66. ISBN 80-210-1063-0.
- [2] DOMAŇSKI, J., ZINKOVSKIJ, V.I., ŠTEFL, V. Kak znajut astronomiju školniki raznyh stran. Zemlja i Vselennaja. Moskva, Nauka, 1992, XXVIII, č. 2, s. 78–80. ISSN 0044-3948.
- [3] ŠTEFL, V., DOMAŇSKI, J. Pupils' Knowledge of Astrophysics at Secondary Schools in Czech Republic, Poland and Russia. Newsletter IAU Commission 46. Toronto, University of Toronto, **38**, (1993), s. 9–10.
- [4] MACHÁČEK, M. Fyzika pro gymnázia, Astrofyzika. Prometheus, Praha 1998. ISBN 80-7196-091-8.
- [5] ŠTEFL, V. Postrecenze učebnice „Fyzika pro gymnázia – Astrofyzika“. Školská fyzika. Plzeň, FPE ZČU v Plzni, 2000, roč. **6**, č. 3, s. 78–80. ISSN 1211-1511.
- [6] ŠTEFL, V. Výuka astrofyziky na gymnáziích v České republice. Inovácia obsahu fyzikálneho vzdelávania, zborník referátov z 13. medzinárodnej konferencie DIDFYZ 2002. Nitra, FPV UKF, 2003. s. 61–65. ISBN 80-8050-581-0.
- [7] ŠTEFL, V. Proč vyučovat astrofyziku na gymnáziích? Matematika – fyzika – informatika. Praha, Prometheus, 2007, roč. **16**, č. 9, s. 538–546. ISSN 1210-1761.
- [8] ŠTEFL, V. Motivace ve výuce astrofyziky na gymnáziu. Matematika a fyzika ve škole. Praha, SPN, 1990, roč. **20**, č. 5, s. 326–329.
- [9] ŠTEFL, V., DOMAŇSKI, J. Bogini po przejsiach. Fyzika w Szkole. Warszawa, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, 2004, roč. **50**, č. 4, s. 231–234. ISSN 0426-3383.
- [10] ŠTEFL, V., DOMAŇSKI, J. Pożegnanie z dziewiątą planetą. Fyzika w Szkole. Warszawa: EDU PRESS, 2006, roč. **52**, č. 5, s. 17–19. ISSN 0426-3383.
- [11] DOMAŇSKI, J., ŠTEFL, V. Astronomia w dziełach Juliusza Verne'a. Fyzika w Szkole. Warszawa: EDU PRESS, 2008, roč. **54**, č. 4, s. 40–43. ISSN 0426-3383.
- [12] DOMAŇSKI, J., ŠTEFL, V. Predkość na orbicie eliptycznej. Fyzika w Szkole. Warszawa, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, 1993, Vol. **39**, No.1, s. 50–52. ISSN 0426-3383.
- [13] ŠTEFL, V. Astrofyzikální termodynamika ve výuce fyziky na středních školách. Matematika – fyzika – informatika. Praha, Prometheus, 2014, roč. **23**, č. 4, s. 286–294. ISSN 1210-1761.
- [14] ŠTEFL, V. Rozměrová analýza v astrofyzikální výuce na středních školách. Matematika – fyzika – informatika. Praha, Prometheus, 2010, roč. **19**, č. 6, s. 348–355. ISSN 1210-1761.
- [15] ŠTEFL, V., DOMAŇSKI, J. Dlaczego Księżyc oddala się od Ziemi? Fyzika w Szkole. Warszawa, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, 1995, roč. **41**, č. 2, s. 51–53. ISSN 0426-3383.
- [16] ŠTEFL, V. Měsíc ve školní výuce. Matematika – fyzika – informatika. Praha, Prometheus, 2015, roč. **24**, č. 5, s. 357–370. ISSN 1210-1761.
- [17] ŠTEFL, V. The Relation of Physics and Astronomy in Secondary School Teaching. JENAM 2000 Colloquium Astronomical Education. Moscow, MGU Moscow, 2002. s. 19–23.
- [18] ŠTEFL, V., DOMAŇSKI, J. Hubbleův kosmický dalekohled ve výuce fyziky na středních školách. Matematika – fyzika – informatika. Praha, Prometheus, 2012, roč. **21**, č. 5, s. 274–286. ISSN 1210-1761.

- [19] ŠTEFL, V. Astronomické úlohy s historickými náměty. Československý časopis pro fyziku. Praha, FÚ AV ČR, 2012, roč. **62**, č. 5–6, s. 441–447. ISSN 0009-0700.
- [20] ŠTEFL, V. Nejkrásnější planeta sluneční soustavy Saturn v úlohách. Matematika – fyzika – informatika. Praha, Prometheus, 2014, roč. **23**, č. 1, s. 27–40. ISSN 1210-1761.
- [21] ŠTEFL, V., NAVRÁTIL, Z. Krabí mlhovina ve fyzikální výuce na gymnáziu. Matematika – fyzika – informatika. Praha, Prometheus, 2009, roč. **19**, č. 1, s. 32–39. ISSN 1210-1761.

Kontaktní adresa

doc. RNDr. Vladimír Štefl, CSc.

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita
Kotlářská 267/2, 611 37 Brno

Telefon: +420 549 49 7515

E-mail: stefl@astro.sci.muni.cz

Mgr. Lenka Zychová

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita
Kotlářská 267/2, 611 37 Brno

E-mail: zychova@physics.muni.cz