

	<p>p. 275, p. 331.</p> <p>[7] Russell, H. N.: Relations between the spectra and other characteristics of the stars. Nature, 93, 1914, p. 252.</p> <p>[8] AV ČR.: Slovník spisovné češtiny. Academia, Praha 1998.</p> <p>[9] Grambal, J.: Analýza gymnaziální učebnice astrofyziky. Diplomová práce. PF MU, Brno 2002.</p> <p>[10] Mechlová, E a.j.: Vzdělávací standardy z fyziky pro střední školy s maturitou. Prometheus, Praha 1994.</p> <p>[11] Mechlová, E., Košťál, K., a.j.: Výkladový slovník fyziky. Prometheus, Praha 1999.</p> <p>[12] www.physics.muni.cz/astrodidaktika/</p> <p>[13] Grygar, J.: Hvězdná budoucnost jaderné energetiky. Školská fyzika roč. 6. Zvláštní číslo, s. 6. Plzeň 2000.</p>
--	---

Komentáře ke středoškolské učebnici fyziky

M. Macháček, Astrofyzika

Vladimír Štefl, ÚTFA, PF MU, Brno

Článek [1] podal obecně zaměřenou recenzi kladů i záporů prvního vydání učebnice **Fyzika pro gymnázia – Astrofyzika** z roku 1998. Přepracované vydání [2] učebnice vyšlo v loňském roce 2004. Nejprve proto provedu stručnou rekapitulaci, jak připomínky z [1] přispěly ke zlepšení obsahu učebnice.

Především na základě kritiky byla nově zpracována témata **Výklad vzniku čárových spekter hvězd, Pogsonova rovnice**. Jejich výklad je nyní odpovídající a srozumitelnější, učitel je může použít při přípravě na výuku.

U tématu **H – R diagram**, tradičně problematického při zpracování v učebnicích, byl autor v úpravách nedůsledný, na str. 88, obr. 3 – 8, interpretace H - R diagramu jako závislosti mezi absolutní hvězdnou velikostí a teplotou je pro žáky málo srozumitelná, v absolutní hvězdné velikosti je „skryta znalost“ vzdálenosti hvězd. **H – R diagram je klíčovým pojmem středoškolské astrofyziky**, oprávněně je zařazen do základní posloupnosti výkladového textu. Proto i veličiny vynášené na osy v diagramu musí být náležitě objasněny, včetně vztahu mezi absolutní hvězdnou velikostí a vzdáleností. Závislost absolutní hvězdné velikosti M , vynášené na ose y , na vzdálenosti r , $M = m - 5 \log r + 5$, je třeba explicitně ve výkladovém textu uvést. Na ose x je vynášena efektivní teplota a spektrální třída. Zatímco správná definice prvního pojmu v učebnici je, co se skrývá za označením spektrálních tříd $O - B - A - F - G - K - M$ nijak vysvětlováno není. Spektrální třídy $L - T$ zavedené pro hnědé trpaslíky, o kterých se text učebnice zmiňuje na str. 89, jsou postrádány vůbec.

Vhodnější a v zahraničí užívanější je interpretace H - R diagramu jako závislosti mezi **zářivým výkonem a efektivní povrchovou teplotou** hvězd, která je žákům pochopitelnější vzhledem ke vztahu $L = 4\pi r^2 F_{bol}$. Připomínáme, že zářivý výkon hvězd a jeho souvislost se Stefanovým – Boltzmannovým zákonem jsou v přepracovaném vydání učebnice zmiňovány v různých souvislostech, např. na stranách 80, 86, 89.

Žákům nemůžeme H – R diagram v učebnici interpretovat pouze jako sdělení hotového faktu, nezáživný statistický diagram, kterému je třeba se naučit z paměti. Nepostačuje proto jeho pouhé zařazení do výkladového textu. K zabránění nežádoucímu paměťovému biflování

žáky je nutné stavovou interpretaci diagramu procvičovat v různých souvislostech a v zjednodušené modelové formě ukázat, jak se sestrojuje.

Například tím, že žáci ze zadaných vnějších charakteristik hvězd sami sestaví diagram pro vybrané skupiny hvězd, pro nejjasnější hvězdy na obloze respektive pro hvězdy do vzdálenosti 5 pc od nás. Takto získané diagramy porovnají a učiní závěr o výběrových efektech promítajících se do sestavování H – R diagramu. Další možností je konstruování H – R diagramu pro pozorovatelné jasné hvězdy v určité roční době, např. v zimě lze použít hvězdy zimního šestiúhelníku, obsahující různé spektrální třídy. Právě takové samostatné práce jsou pro žáky přitažlivé a motivující, přičemž nejsou nijak časově náročné. V zahraničí se tyto postupy osvědčily a jsou používány.

S ohledem na výklad četnosti zastoupení hvězd v jednotlivých oblastech na H - R diagramu je nutné **upřesnit, pro jakou skupinu hvězd byl H – R diagram uváděný v přepracované učebnici [2] sestaven, jinak je bezcenný.**

Dále je **postrádána vývojová interpretace H – R diagramu**, přestože výkladový text popisuje typy hvězd z jeho jednotlivých oblastí (str. 89 – 93), diagram by tak logicky podporoval celkové shrnutí výkladu problematiky vývoje hvězd.

Některé věcné chyby byly v přepracovaném vydání [2] autorem upraveny. Text nově přiznává existenci a význam Hipparcha, pozorovatelnost absorpčních čar vodíku při teplotách pod 5 000 K, která končí při teplotách nižších než 3 000 K. Rovněž bylo opraveno nepravdivé tvrzení, že při zvětšení poloměru Slunce asi 1 000krát bude sahat někam k dráze Venuše.

Nepřesná věta str. 88, ř. 19: „*Nazývá se tak podle astronomů, kteří ho* (H - R diagram) *v r. 1913 poprvé nakreslili*“ v přepracovaném textu zůstala. Rozeberme proto stručně historii vzniku H - R diagramu. První práce [3], [4] týkající se rozdělení hvězd na dvě skupiny (hlavní posloupnost, obři) v tabulkové podobě byly napsány Hertzsprungem v letech 1905, 1907. Pokus o rozčlenění poloh hvězd na plochu diagramu, nikoliv však současné podobě, ale jako závislost $\lambda_{ef} = f(m_v)$, provedl Hertzsprung roku 1911 v [5]. Původně v astrofyzice používanou interpretaci diagramu jako závislosti mezi absolutní hvězdnou velikostí a spektrální třídou přinesl Russell až ve svých přednáškách roku 1913, publikace jsou však z roku 1914 [6], [7]. Posouzení, jak se **Hertzsprung v roce 1913 přímo podílel na nakreslení diagramu** ponechávám na čtenáři.

Nesprávný název základního Koperníkova spisu **O oběhu nebeských sfér** byl v přepracovaném vydání nahrazen diskutabilním *O otáčení nebeských sfér*. U nás zásluhou Dr. Z. Horského je spíše používán název **O obězích nebeských sfér**.

V přepracované učebnici bohužel nedošlo ke změnám ve **stylu výkladu**, text se stále vyznačuje na řadě míst nepečlivými formulacemi s pouze přibližným vymezováním pojmů. Postupně uvedeme vybrané typické příklady, začneme významem slova **několik** na různých místech učebnice.

Na str. 12, ř. 12...., *Okolo většiny planet obíhá jeden nebo **několik** měsíců.*“ U Jupitera či Saturna je v současnosti počet uváděných měsíců přibližně **50**, tedy v tomto případě **je několik minimálně 50**.

Velmi neurčité je tvrzení druhé části věty o počtu hvězd na str. 82, ř. –12 *„Měřením paralaxy ze Země můžeme tedy určovat pouze vzdálenosti hvězd bližších než 100 pc a takových hvězd je **několik** stovek.“ Katalog Hipparcos uvádí s přesností 10% do vzdálenosti 100 pc paralaxy více než 22 000 hvězd! Zde autor pod slovem **několik** rozumí dvě stě dvacet.*

V textu na str. 99, ř. – 3...., *Hubble zjistil, že známá mlhovina v Andromedě je od nás vzdálena **několik** stovek kiloparseků.*“ Zde je **několik** rovno **sedmi**, vzdálenost M 31 od nás je určena relativně přesně - 725 kpc.

Jakou si má žák vytvořit představu na základě uvedených příkladů o neurčité číslovce **několik**, je to **7 – 50 - 220?** Podle slovníku spisovné češtiny AV [8] neurčitá číslovka **několik** označuje **nevelký neurčitý** počet, nejbližší je tedy číslovka sedm. Vzdálenost je stanovena v případě galaxie M 31 relativně přesně - určitě, proto použití slova **několik** i v tomto případě ztrácí smysl.

Často v učebnici používanými slovy jsou **mnoho** a **mnohem**. Porovnejme jejich interpretaci na třech ukázkách. Na str. 52, ř. 9,, *při každém přiblížení ke Slunci ztrácí kometa **mnoho** své hmoty na vytvoření komy a ohonu...*“ Kolik je **mnoho**? Bližší údaj u Halleyovy komety při jejím posledním návratu činil denně 10^9 kg prachu a vody. Nemyslím, že by žáci měli tento údaj znát, problematiku lze popsat vhodnějším způsobem.

V text str. 78, ř. 3 je věta: *„Supernova zvýší svou jasnost ještě **mnohem** více než nova a je také **mnohem** vzácnějším úkazem.“* Supernovy i novy v astrofyzice používáme k určování vzdáleností, rozdíl jasností mezi typickými supernovami a novami je dobře znám, slovo mnohem lze vyjádřit přesněji.

Na str. 89/90, ř.-1 je věta pojednávající o hnědých trpaslících *„Protože jsou **mnohem** menší i **mnohem** chladnější než hvězdy...“*. Dnes známe poloměry a teploty typických hnědých trpaslíků spolehlivě, lze uvést jejich relativní srovnání s poloměrem např. Jupitera a teplotou hvězd hlavní posloupnosti. Bylo možné uvést typické hodnoty těchto charakteristik hnědých trpaslíků.

Dalším slovem často se v textu vyskytujícím je slovo **vysoký**. Na str. 91, ř. 10 text pojednává o **červených obrech**..., *díky bouřlivým pohybům své látky, vysoké teplotě, tlaku záření...*“.

Shodou okolností na téže str. 91, ř. 25 shora text charakterizuje **hvězdu - bílého trpaslíka**: *„Její povrchová teplota je sice vysoká, ale její povrch je malý...“* Podle učebnice tedy **červení obři i bílí trpaslíci mají stejné - vysoké povrchové teploty. To není pravda**, jak již napovídá **rozlišující název obou typů hvězd**. Povrchová teplota bílých trpaslíků může dosahovat i 100 000 K, zatímco červení obři se vyznačují teplotami pod 4 000 K. Nepředpokládám, že autor měl na mysli srovnání s běžnými teplotami, s kterými se setkáváme v každodenním životě. **V astrofyzice nemá smysl obecně o všech hvězdách konstatovat, že mají vysoké povrchové teploty.**

Podobně neurčité je vyjádření textu na str. 55, ř. –7 *„Slunce je hvězda – obrovská koule, v jejímž nitru...“* Termín **obrovská** je subjektivní, velmi relativní. O pštrosích vejcích se přece říká, že jsou také obrovská.

Dalším příkladem je text na str. 105, ř. – 11 *„stáří radioaktivních prvků o velmi dlouhém poločase rozpadu.“* V lidské společnosti je považováno dožití **100 roků za velmi dlouhou** dobu života. Takové vymezení doby však určitě neměl autor na mysli. Jen velmi malé procento žáků bude ochotno hledat skutečný údaj o poločasech rozpadu v tabulkách.

Takto lze provést analýzu významu i dalších slov v textu učebnice, např. **velký, nesmírně velký, malý** atd. Význam slov tohoto typu ve výkladovém textu učebnice kolísá, není jednoznačný, což je v učebnicích zcela nepřípustné. Jaký je správný význam výše rozebíraných slov, zeptá se přemýšlivý žák vedený autorem podle úvodu učebnice astrofyziky [2] **ke kritickému přístupu k informacím.**

Nepřesné vyjadřování v učebnici lze dokumentovat na následujících příkladech. V důležitém tématu **K čemu je nám astronomie a astrofyzika**, ve které je podáváno mimo jiné zdůvodnění, proč vynakládá lidstvo peníze na výzkum vesmíru, je věta na str. 6 ř. 21 *„Tak například astronomové se po několik tisíc let pokoušeli najít zákony pohybu planet po obloze; když se jim to podařilo, ukázalo se, že tyto zákony – Newtonovy pohybové zákony pohybu a gravitace – platí i pro pohyby na Zemi.“* **Newtonovy pohybové zákony byly nejprve zkoumány u jevů na Zemi a následně aplikovány na pohyb kosmických těles, nikoliv naopak!**

Upřesnění vyžaduje text posledního odstavce na str. 7, který uvádí..., *Fraunhofer rozložil sluneční světlo na spektrum a pozoroval spektrální čáry. Jeho objev dal astronomům možnost získávat ze světla nebeských těles mnohem a mnohem více informací než jen to, ze kterého*

směru přichází. Podle spektra se dnes dá poznat, jaké fyzikální poměry na těchto tělesech panují – jaká je tam teplota, tlak, chemické složení, magnetické pole apod.“ Fraunhoferův objev z roku 1814 ukázal způsob popisu čar v získaných spektrech, neznamenal však vytvoření vlastní metody určování fyzikálních a chemických vlastností kosmických těles. Cestu ke **spektrální analýze** postupně otevřely až později Kirchhoffovy zákony, Balmerova série ve spektru vodíku, Boltzmannova teorie excitace, Sahaova teorie ionizace atd.

Neomluvitelně špatná je věta na str. 9, ř. 7 shora „*Když však Galilei v 16. století pozoroval dalekohledem Venuši, zjistil, že...*“ **Je všeobecně známo, že Galilei začal dalekohledem pozorovat koncem roku 1609, tedy v 17. století!**

Názorným příkladem popularizačního novinářského stylu jsou vyjádření na str. 22, ř. 10: „*Ale poměry na Venuši jsou ještě o něco pekelnější.*“ Jaká je **fyzikální interpretace termínu pekelnější?** Text na str. 47. ř. 7 hovoří *o krvavé barvě Marsu*. Mezi základními barvami krvavá není.

Následují kritické věcné připomínky a zpřesnění. Na str. 14, ř. 7 je vyjádření...,*planeta obíhá okolo Slunce po elipse, je-li její hmotnost zanedbatelná proti hmotnosti Slunce...*“ Jde o věcně špatnou a nešťastnou formulaci. Především **planeta obíhá po eliptické dráze nikoliv elipse**, zejména však **její dráha by byla eliptická, i kdyby hmotnost nebyla zanedbatelná proti hmotnosti Slunce!**

U obr. 2-2 na str. 14 není zachováno prostorové měřítko, v poznámce je třeba upozornit na tuto skutečnost. Venuše obíhá kolem Slunce v průměrné vzdálenosti 0,7 AU, Země 1,0 AU, Uran 19 AU!

Zcela nepravdivé je tvrzení na straně 17, ř. 3 ...,*jedno z největších souhvězdí Velký vůz neboli Velká medvědice...*“ **V astronomii souhvězdí Velkého vozu není definováno, proto neexistuje ani totožnost „suhvězdí“ Velkého vozu a skutečného souhvězdí Velká medvědice!**

Věta v učebnici na str. 50, ř. 6...,*r. 1801 byla objevena malá planeta Ceres...*“ ..., *bylo objeveno mnoho dalších planetek...*“ je pro žáky **matoucí** a vyžaduje historické vysvětlení, nebo úpravu výkladového textu, v němž Ceres bude označena od počátku jejího historického objevení jako planetka. **Ceres není planetou!**

Za **zásadní nedostatek** výkladového textu termojaderných reakcí v nitru Slunce na str. 56, ř. 6 považuji explicitní neuvedení **původu energie v reakcích**, neobjasnění hmotnostního úbytku při syntéze vodík – helium. Žáci se ve výuce ptají, kde se bere v nitru hvězd energie? K výkladu lze využít vztah $\Delta E = \Delta mc^2$ ze speciální teorie relativity, je žákům znám.

Menší objasnění vyžaduje věta str. 81, ř. - 6, „*U hvězd nepřípadá pro jejich velkou vzdálenost radar v úvahu...*“ neboť odpověď, **proč nepoužíváme k určování vzdáleností hvězd radarovou metodu**, zůstala učebnice dlužná. Elektromagnetické záření se příliš neodráží od plazmatem tvořených objektů a také proto, že metoda vyžaduje dlouhou dobu realizace, např. jenom u hvězd do vzdálenosti 100 pc od nás jde o desítky až stovky roků, které signál potřebuje k uražení vzdálenosti ke hvězdám a zpět.

Téma 3.2.4. na str. 86 nese název **Další stavové veličiny hvězd**, mezi které autor zařazuje rychlost pohybu, která není stavovou veličinou. Připomínám, že stavová veličina určuje fyzikální stav hvězdy.

U úlohy č. 12 na str. 88 je uvedena nesprávná hodnota vzdálenosti hvězdy Pollux. Vzdálenosti hvězd je třeba uvádět podle katalogu Hipparcos, **Pollux je vzdálen 10 pc**.

Na str. 91 ř. 5 v prvním odstavci týkajícím se **červených obrů** je výkladový text: „*Postupně se zapálí i jaderné reakce, při kterých se napřed helium mění na uhlík a pak postupně vznikají i těžší jádra, v některých hvězdách až po železo.*“ Je nutné upřesnit, že železo vzniká ve hvězdách, jejichž **hmotnost převyšuje 8 M_{\odot}** , takové hvězdy však prochází stadiem **červených veleobrů nikoliv obrů**.

Následně na str. 91 třetí odstavec pojednává o **degenerovaném plynu**. Pokusy vyložit tento pojem na středoškolské úrovni řeší didaktika astrofyziky v zahraničí již delší dobu. Připomínám, že k popisu vlastností hvězdné látky v nitru hvězd hlavní posloupnosti používáme zákony ideálního plynu. Podle stavové rovnice je **tlak ideálního plynu závislý na teplotě**. **Vlastnosti degenerovaného plynu jsou popsány závislostí tlaku na hustotě nikoliv na teplotě**. Z tohoto podstatného rozdílu vyplývá **odlišnost stavby hvězd hlavní posloupnosti od stavby degenerovaných hvězd**, bílých trpaslíků či neutronových hvězd.

Rovněž na str. 91 poslední řádek: „*Ty (supernovy) ovšem nevidíme prostým okem, protože jiné galaxie jsou nesmírně daleko.*“ Zde je vhodné doplnění – **s výjimkou supernovy 1987A, která v maximu jasnosti byla pozorovatelná pouhým okem!**

Ve větě na str. 106, ř. 1..., „*kulové hvězdokupy vznikly přibližně před 11 až 17 miliardami roků...*“ stáří hvězdokup nemůže převyšovat **stáří vesmíru**, u kterého učebnice správně uvádí hodnotu **přibližně 13,8 miliard roků**.

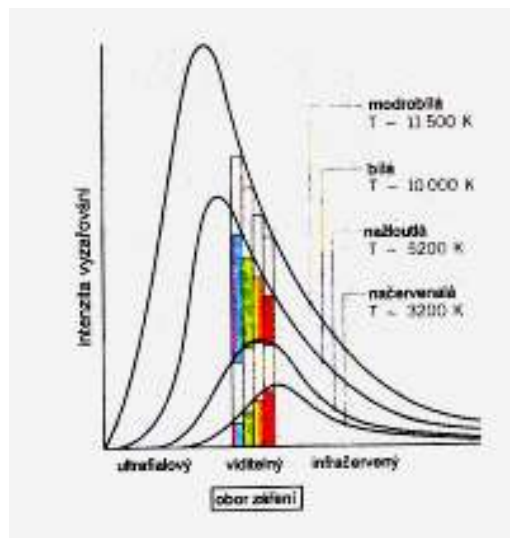
Obrázek 4-2 na str. 116 neodpovídá původní Aristarchově interpretaci **pozorování z povrchu Země**. Geocentrickou korekci zachycenou na obrázku provedl až později Archimedes.

Vysvětlení vyžaduje text na str. 122, ř. 19, který uvádí, že „*Edwin Hubble rozlišil hvězdy v Mlhovině v Andromedě, určil tím její vzdálenost...*“. **Z rozlišení hvězd v galaxii přímo**

neplyne jejich vzdálenost. Je třeba stanovit, o jaký typ hvězd jde a podle toho zvolit metodu. V tomto případě **cefeidy**, u kterých za pomoci periody pulsace určil Hubble vzdálenost galaxie.

Poslední připomínka se týká textu na str. 83, ř. 6, který uvádí, že „*spektrum je nejdůležitějším zdrojem informací...*“ Bohužel výklad pouze bez bližšího vysvětlení konstatuje, které parametry lze ze spektra stanovit. V celé výkladové části učebnice není jediný obrázek spektra hvězdy či některého jiného kosmického objektu. Pouze do přílohy je zařazeno spektrum Slunce, které je složité a není nejvhodnější pro demonstraci spekter hvězd. Nejvýznamnější astrofyzikální metoda není rozebírána, její stručné rozvedení je žádoucí. Už proto, že učebnice metodou získané výsledky, včetně mimooptických oborů spektra, podrobně uvádí. Např. na str. 97 je zmiňována řada vzorců organických molekul v mezihvězdných oblacích. Žáci by se neměli učit tyto vzorce z paměti, spíše by měli získat představu o prvcích, které je vytváří, což v učebnici je. Naopak o metodách jejich získávání se však žáci nemají možnost z učebnice poučit.

Výklad spojitého spektra na str. 83 je možné doplnit přímým uvedením Wienova



posunovacího zákona $\lambda_{\max} T = b$. Zabarvení hvězdy je určeno vlnovou délkou světla s největší intenzitou. Na snímku lze pozorovat, jak se liší zabarvením načervenalý veleobr Betelgeuze a modrobílý Rigel. Můžeme doplnit úlohou, určení teploty hvězdy Betelgeuze, jestliže víme, že maximum intenzity vyzařování ve spojitém spektru připadá na vlnovou délku 930 nm.

V druhé části článku se budeme **zamýšlet nad koncepcí učebnice** a možnostmi jejího vylepšení a využití ve výuce. Autor učebnice své záměry formuluje v úvodu takto...., *Proto je v učebnici kladen velký důraz na vztahy mezi různými fakty, na to, jak jeden jev vyplývá*

z druhého. „...,Fakta i jejich vysvětlení, která v učebnici najdete, jsou samozřejmě zjednodušená – učebnice není vědecký článek.“

Oprávněně Mgr. J. Grambal v [9] konstatuje, že učebnice pro gymnázia nemůže být knihou, která pouze informuje o vztazích mezi fakty. Tento přístup lze uplatnit v některých částech výkladového textu, nikoliv však v celé učebnici. Z astrofyziky se v učebnici paradoxně vytratila fyzikálně-matematická složka, která z ní dělá exaktní vědu, nikoliv disciplínu jevy pouze popisující. Snaha neodradit žáky od astrofyziky za každou cenu může být kontraproduktivní. Trvalejší vědomosti a dovednosti si přece osvojují žáci právě překonáváním obtíží, např. spojených s matematickými postupy. Jen tak se u nich dostavuje oprávněný psychologický pocit uspokojení.

Dalším důvodem k zařazení matematiky do astrofyzikálních výkladů je skutečnost, že matematické dovednosti je třeba procvičovat při každé příležitosti. Tím spíše pro žáky v motivačně přitažlivé astrofyzikální problematice. Např. často vyžadovaná znalost řešení rovnic o jedné neznámé, nejsou pro průměrné žáky přemrštěnými požadavky. Rozhodně mi nejde o trápení humanitně zaměřených dívek.

Do astrofyzikální učebnice patří ve větší míře matematické vztahy vyjadřující astrofyzikální zákony. Ve výkladovém textu nejsou zařazeny vzorce či matematická odvození, jejich umístění až za témata do úloh je dalším netradičním prvkem učebnice, který nemá u našich i zahraničních středoškolských učebnic fyziky pro vyšší ročníky obdoby. Většina potřebných vztahů a vzorců k pochopení výkladového textu je umístěna do problémů – úloh. **Žáci k poctivému sledování výkladového textu učebnice si je sami musí odvodit!** Vznikl tak **velký obtížnostní skok** mezi zjednodušujícím výkladovým textem a úlohami, které vyžadují v řadě případů hlubší úvahy, složitější myšlenkové postupy.

Za výkladový text jednotlivých témat je zařazen určitý počet úloh, zajímavého a nápaditého obsahu. K využití jejich značného vzdělávacího potenciálu, který jinak zůstává pro většinu žáků nevyužit, doporučuji vybrané z nich zařadit do výkladového textu. Např. lze k tomuto účelu použít úlohu 2 na str. 19, úlohu 5, str. 46, spojit úlohy 2 a 3 na str. 55, tedy zadání s údaji Halleyovy komety, tak aby úloha nebyla pouze teoretická, úlohu 5 na str. 75, úlohu 9 na str. 87, úlohu 4 na str. 94, úlohu 2 na str. 108 a úlohu 5 na str. 109.

Názor z původní recenze [1] zůstává. Text výkladové části nově přepracované učebnice zůstal bez pečlivějších formulací a vymezování pojmů, jde spíše o popularizační text. Výklad se stává místy nepřesným a neurčitým, ztrácí učebnicový charakter, který by měl být maximálně promyšlený a přesný. Kvalitativní vyjadřování je v učebnici podtrženo množstvím

náčrtů, u kterých nejsou uváděny jednotky vynášené na jednotlivých osách. Část z nich, zachycující kosmická tělesa a jejich rozložení v prostoru, přitom nezachovává měřítko.

Pro středoškolské učebnice astrofyziky je typické rychlé zařazování nových poznatků, na rozdíl od učebnic fyziky, které se opírají z velké části o výsledky klasické fyziky (17. – 19.) století. **Astrofyzika** je chápána ve výuce jako věda, která popisuje a **objasňuje především současné poznatky** o fyzikálních a chemických vlastnostech kosmických těles a jejich stavbě. Jedním z důvodů této okolnosti je, že s astrofyzikálními informacemi se učitelé i žáci velmi často setkávají v hromadných sdělovacích prostředcích, v denním tisku, knihách atd.

Získávání astrofyzikálních vědomostí pochopitelně probíhá v průběhu všech ročníků gymnaziálního studia nejen ve fyzice, ale i v jiných předmětech. Teprve v astrofyzice však z nich vzniká ucelená soustava, ve výuce musí být poznatky objasňovány, doplňovány a systemizovány. **Je na učiteli, který ve svém výkladu vychází z učebnice, aby prováděl korekce a odstraňování nesprávných či nevěrohodných poznatků (misconceptions).** Proto je také nutné co nejpřesnější vyjadřování a definování pojmů, nepostačuje pouze přibližné. Tento obecný požadavek byl obsažen ve všech postrecenzích učebnic fyziky pro gymnázia.

V učebnici jsou četné podrobné úvahy o životě na Marsu, na Venuši, ve sluneční soustavě, ve vesmíru, o mimozemšťanech, a to jak v průběžném výkladovém textu, tak na závěr v shrnujícím tématu. Umístění takových úvah do jednoho uceleného tématu v dodatcích, kde se problematika rozebírá širším způsobem je správné, z průběžného výkladového textu u jednotlivých těles (Venuše, Marsu atd.) bych je vypustil. Studenti velmi rádi o takových problémech diskutují, bohužel bez hlubší znalosti astrofyzikálních fakt, orientovat se v nich by jim mohla pomoci právě učebnice.

Výkladový text neodpovídá náročnosti posledního ročníku výběrové všeobecně vzdělávací školy – gymnázia i rozvoji abstraktního myšlení žáků v osmnácti letech. V posledním ročníku gymnázia je nutné, aby **výuka fyziky a v jejím rámci astrofyziky se opírala o co nejpřesnější vyjadřování**, k čemuž výrazně napomáhá učebnice. Přesné vyjadřování je teprve základem k dalšímu kroku - myšlení. Obojí budou koncem školního roku u maturity žáci potřebovat.

Samozřejmě mi nejde o přetěžování žáků pamětními údaji, ale minimum vědomostí a dovedností je třeba požadovat. Přiměřené adekvátní astrofyzikální požadavky pro gymnázium byly zpracovány v publikaci [10].

Celková koncepce obsahu výkladu zůstala v přepracované učebnici nedotčena, podle rozsahu je jejím základním nosným tématem **Sluneční soustava**. Tvrzení z úvodu učebnice

str. 8, ř. 8..., *že tato kniha se zabývá především astrofyzikou.*“ není pravda. Zopakujme si, čím se astrofyzika zabývá, podle doc. M. Wolfa [11] je **astrofyzika vědní obor, který zkoumá stavbu, fyzikální vlastnosti a chemické složení kosmických těles.** Tudíž nepatří do ní např. historie kosmonautiky, popis typů družic, geologických dob na Zemi, život ve vesmíru, kalendáře, historie astronomie atd.

Hloubka zpracování výkladového textu je v učebnici na různých místech rozdílná. Tematický celek **Sluneční soustava** je probírán velmi detailně, zatímco celek o hvězdách a galaxiích informativně, s hlubší astrofyzikální interpretací pouze v některých tématech. Problematika Země a sluneční soustavy je však v podstatě jen opakujícím a místy prohlubujícím shrnutím znalostí, které by již studenti měli znát z předcházející výuky zeměpisu, chemie, biologie a z fyziky – mechaniky.

Je otázkou, zda drahocenný čas před maturitou věnovat této problematice, nebo při omezené dotaci počtu hodin fyziky není účelnější výuku koncentrovat k vlastní astrofyzice. Tedy zda raději např. věnovat prostor v učebnici výkladu **rozlišovací schopnosti** či **principu aktivní a adaptivní optiky u velkých dalekohledů** používaných v současnosti, který v učebnici postrádám, než výkladu prokaryotických buněk, jejich vývoji a přeměny na eukaryotické, což v učebnici rozebíráno je, přestože žáci učivo již znají z biologie. Učitelům fyziky ponechávám na posouzení, co preferovat.

Jedním z hlavních cílů výuky astrofyziky, ne-li přímo hlavním, je přesvědčit žáky, že zákony fyziky jsou aplikovatelné na kosmických tělesech a v celém vesmíru. Ve třídě jakož i na nejvzdálenějších hvězdách.

Možností, jak přispět k naplnění toho cíle, je zařazení do obsahu závažných astrofyzikálních témat, **III. Keplerova zákon v přesném tvaru, fyzikálních podmínek v nitru hvězd, zdrojů energie hvězd, vývojové interpretace H - R diagramu.** Pochopitelně prostřednictvím fyzikálních úvah a zákonů, výpočtů dokládajících jejich platnost. Rovněž je možné do tématu **Dopplerův jev**, místo jeho odvozování, které žáci znají z fyziky, umístit fotografie spektrogramu hvězdy, ze kterého žáci změřením posuvu vlnových délek spektrálních čar vzhledem k laboratorním a menším výpočtem určí radiální rychlost. Tedy ukázat platnost Dopplerova jevu ve vesmíru. Jen podobnými postupy lze zabránit prázdnému sdělování faktů žákům.

Nejde o triviální přesvědčování žáků o platnosti zákonů na základě jejich pocitů, což můžeme realizovat pouze na Zemi, ale na základě aplikace fyzikálních zákonů. O existenci černých děr v jádrech galaxií se přesvědčuje astrofyzikální věda jenom aplikací známých

fyzikálních poznatků stejně jako jsme dosud přímo nepozorovali některé elementární částice, výpočty reakcí však dokazují jejich existenci.

U nejdůležitější fyzikální charakteristiky hvězd - hmotnosti je i v přepracovaném vydání učebnice postrádán výklad jediné metody jejího určování, tedy **III. Keplerova zákona v přesném tvaru**, je zařazen pouze do úloh! Připomínám, že není probírán v mechanice v I. ročníku.

Při určování fyzikálních podmínek v nitru hvězd mám na mysli stanovení centrálních hodnot teploty a tlaku, lze využít žákům známé zákony a vztahy, zákon všeobecné gravitace a stavovou rovnici. Zdůrazňuji bez použití diferenciálních rovnic stavby nitra hvězd. V tom je půvab astrofyziky, že lze získat řádově správný výsledek jednoduchým výpočtem na několika řádcích. Středoškolské učebnice v zahraničí různé takové postupy běžně používají, jedna z možností je uvedena v [12], doporučuji její zařazení.

Také proto, že v prvním vydání astrofyzikální učebnice byl proveden pokus o výklad důsledků závislosti centrálního tlaku hvězdy na hmotnosti a poloměru hvězdy - úvod tématu 3.3.3., byl však astrofyzikálně nesprávný. Do přepracovaného vydání [2] již nebyla tato problematika zařazena.

O nitru hvězd částečně pojednává výkladový text u Slunce, podrobný rozbor termonukleárních reakcí pp řetězce a u hvězd s větší hmotností CNO cyklu však chybí. Už i pro možné budoucí praktické souvislosti je téma účelné probírat. U nás např. Dr. J. Grygar v článku Hvězdná budoucnost jaderné energetiky [13] oprávněně vyzdvihuje souvislost výzkumu nitra hvězd a jaderné energetiky jako možného dlouhodobého zdroje energie lidstva v budoucnosti.

Myšlenka vývoje je jednou z ústředních v současné astrofyzice, neboť kosmická tělesa všech typů jakož i vesmír jako celek se neustále vyvíjejí. Základní změna chemického složení vesmíru probíhá v současné době v nitru hvězd. Proto má význam zachytit celkový vývoj hvězd pomocí H-R diagramu.

Kladně lze hodnotit, že text učebnice se snaží zachytit myšlenku popisu způsobů poznávání okolního vesmíru. Není však dotažena ve všech směrech do konce, viz např. již zmiňované hlubší rozvedení problematiky spektrální analýzy respektive činnosti moderních dalekohledů.

Kvalitativní popisné objasňování jevů bez matematického vyjadřování, jak je demonstruje výkladový text učebnice astrofyziky, patří spíše na základní školu respektive do nižších ročníků gymnázia. Tam je takový přístup žádoucí, o čemž svědčí nápaditý výklad učebnic fyziky Dr. M. Macháčka pro základní školu. Do posledního ročníku výběrové střední

všeobecně vzdělávací školy, kde je možné se u žáků opírat o určitý stupeň abstraktního myšlení, však již tento způsob výkladu příliš nepatří.

Přepracování učebnice astrofyziky tak zůstalo na půli cesty. Tvorba nové moderní učebnice trvá několik roků, jde o napsání experimentálního textu, jeho několikaleté ověřování, posléze korekce textu na základě výsledků pedagogického ověřování, připomínek a diskusí. Napsání první verze učebnice, její další ověřování a následné sepsání první varianty učebnice. Tento dlouhodobý proces nelze zkracovat přeskokováním uvedených etap už proto, že ve výuce astrofyziky, na rozdíl od fyziky, je třeba nové obsahy a postupy výkladu v mnoha případech teprve hledat. Pochopitelně je přitom třeba sledovat trendy v zahraniční, učebnice a zkušenosti s nimi, vývoj didaktiky astrofyziky atd. Zásadně důležité je, aby výběr obsahu, metod výkladu a jejich přiměřenost byly předmětem širší diskuse s učiteli, s odborníky na konferencích atd.

Při dostatečném časovém prostoru na astrofyziku ve fyzikální výuce, doporučuji využití učebnice u probíraných témat:

Slunce,

Pogsonova rovnice,

Charakteristiky hvězd,

Vzdálenost a spektrum hvězd,

H – R diagram, stavová a vývojová interpretace,

Zdroje energie hvězd,

Vnější galaxie,

Kosmologie.

Literatura:

[1] Štefl, V.: Postrecenze učebnice „Fyzika pro gymnázia, Astrofyzika“ . Školská fyzika, roč. 6, č. 3, s. 78. Plzeň 2000.

[2] Macháček, M.: Fyzika pro gymnázia, Astrofyzika. Prometheus, Praha 2004.

[3] Hertzsprung, E.: Zur Strahlung der Sterne. Zeitschrift für Wissenschaftliche Photographie 3, 1905.

[4] Hertzsprung, E.: Zur Bestimmung der photographischen Sternegrößen. Zeitschrift für Wissenschaftliche Photographie 5, 1907.

[5] Hertzsprung, E.: Über die Verwendung photographischer effektiver Wellenlaengen zur Bestimmung von Farbaequivalenten. Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam 22, 1911, 63.

- [6] Russell, H. N.: Relations between the spectra and other characteristics of the stars. Popular Astronomy 22, 1914, p. 275, p. 331.
- [7] Russell, H. N.: Relations between the spectra and other characteristics of the stars. Nature, 93, 1914, p. 252.
- [8] AV ČR.: Slovník spisovné češtiny. Academia, Praha 1998.
- [9] Grambal, J.: Analýza gymnaziální učebnice astrofyziky. Diplomová práce. PF MU, Brno 2002.
- [10] Mechlová, E a.j.: Vzdělávací standardy z fyziky pro střední školy s maturitou. Prometheus, Praha 1994.
- [11] Mechlová, E., Košťál, K., a.j.: Výkladový slovník fyziky. Prometheus, Praha 1999.
- [12] www.physics.muni.cz/astrodidaktika/
- [13] Grygar, J.: Hvězdná budoucnost jaderné energetiky. Školská fyzika roč. 6. Zvláštní číslo, s. 6. Plzeň 2000.