

Moderní astrofyzikální poznatky a jejich zařazování do výuky na středních školách

**Vladimír Štefl, Ústav teoretické fyziky a astrofyziky
Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Brno**

Ve výuce astrofyziky na středních školách a zejména na gymnáziích v ČR v současné době existuje paradoxní situace, postupná restrinkce celkové dotace počtu vyučovacích hodin fyziky a následně i obsahu učiva, je doprovázena nárůstem zájmu žáků samotných o astrofyzikální problematiku. Velmi často se mohou dočíst v denním tisku, v časopisech, dozvědět v rozhlase, v televizi či na internetu o nových projektech výzkumu vesmíru. Uvádím některé příklady:

- a) Záslouhou detekce záření v celém rozsahu spektra může astrofyzika provádět komplexní výzkum kosmických těles, jejich vzniku např. hvězd.**
- b) Hubbleův dalekohled sleduje velmi vzdálená hluboká pole galaxií.**
- c) Systematický průzkum Marsu kosmickými sondami Pathfinder, Odysseus zjišťuje podmínky, pro expedici kosmické lodí s lidskou posádkou, která se má uskutečnit po roce 2015.**
- d) Vznik a rozvoj nové disciplíny - planetární astronomie potvrzuje přes sto padesát objevených extrasolárních planet.**
- e) Výzkum supernov opravuje scénář závěrečných stadií vývoje hvězd.**
- f) Astrofyzikální metody potvrzují existenci černých děr v dvojhvězdách, v jádrech galaxií.**

Hlubavější žáci si v této souvislosti kladou otázky:

- a) Jaké existují metody určování vzdáleností kosmických těles?*
- b) Co všechno můžeme zjišťovat prostřednictvím spektrální analýzy?*
- c) Používáme při výzkumu vesmíru stejné zákony jako na Zemi?*
- d) Kde se nachází v současné době na Marsu voda?*
- e) Jak zjišťujeme přítomnost planet kolem hvězd?*
- f) Za jakých podmínek vznikají hvězdy v současné době?*
- g) Lze pozorovat černé díry ve vesmíru?*
- h) Které nové poznatky přinesl výzkum supernov?*

Pochopitelně není cílem školní výuky jen odpovědět na takové otázky, ale především vytvořit u žáků současný astrofyzikální obraz vesmíru.

Zamysleme se nad tím, co z nových astrofyzikálních poznatků zařadit do obsahu učiva a co ponechat pouze na případnou odpověď žákům při jejich dotazu.

Z učebnic fyziky pro základní školy [1], [2], [3] splňuje svým obsahem a zpracováním textu požadavky posledně uvedená učebnice, jejíž astronomický tematický celek vypracoval stručně a věcně správně M. Wolf. Text podává vyvážený přehled současné astronomie i astrofyziky.

Na gymnáziích je situace ve výuce astrofyziky složitější, v učebnici [4] právě moderní astrofyzikální problematika zastoupena ve větší míře není. Spíše je preferováno zaměření na klasickou astronomii, obsah vychází z tradičního principu od blízkého ke vzdálenějšímu:

Úvod

Sluneční soustava

Hvězdy a Galaxie

Dodatky.

Hvězdy jsou ústředními astrofyzikálními tématy středoškolských kursů v Evropě. Proto je třeba základní pozornost věnovat objasnění fyzikální podstaty hvězd, jejich vzniku, vývoji a zániku. Pojem hvězda je budován postupně, jeho vytváření začíná na základní škole - svítící bod s určitými fyzikálními vlastnostmi a končí na gymnaziální úrovni, kdy hvězdy zkoumáme jako zjednodušený rovnovážný termodynamický systém. Na obsah astrofyzikální učiva nemůžeme pohlížet prizmatem praktické využitelnosti. Příkladně problematiku nitra hvězd nelze považovat za abstraktní odtržené a nijak nepotřebné téma.

V gymnaziální učebnici astrofyziky je třeba změnit strukturu a rozsah tematických celků i jednotlivých kapitol. Je nutno zvýšit důraz na vlastní astrofyziku, přičemž nemůže být cílem výuky dát žákům přehled o všech nových poznatcích této vědy.

Shrnuto, učitel má k dispozici jen malý počet hodin. Proto je nezbytné vybrat ohraničený počet témat a v nich vybraných příkladů, na kterých můžeme demonstrovat fyzikální podstatu kosmických těles a jevů s nimi spojených. Jen tak lze využít značný vzdělávací potenciál, který astrofyzika má. Pokusme se navrhnout některé možné příklady:

Sluneční soustava

Co je zdrojem energie Slunce?

Co jsou sluneční skvrny?

Proč se Měsíc vzdaluje od Země?

Proč některé měsíce ve sluneční soustavě, např. Titan si uchovávají atmosféru, zatímco Merkur nikoliv?

Proč existují na Marsu vyšší hory než na Zemi?

Jak určíme hmotnost nejvzdálenější planety Pluta?

Hvězdy

Vznikají hvězdy i v současné době a můžeme tento proces pozorovat?

Proč mají hvězdy a planety sférický tvar?

Proč můžeme pozorovat některé hvězdy s různými barvami a jiné nikoliv?

Co je příčinou vývoje hvězd?

Čím vysvětlujeme rychlou rotaci neutronových hvězd – pulsarů?

Při hledání nových způsobů výuky je užitečné přejímat zahraniční zkušenosti z oblasti astrofyzikálního vzdělávání. Široké možnosti pro zvýšení efektivity výuky umožňuje používání internetu, které je efektivním způsobem poznávací samostatné práce žáků. Jako ideální simulace vědeckovýzkumných metod astrofyziky v modelové podobě, slouží v USA

vyprodukované programy společnosti CLEA určené mimo jiné i pro žáky high schools. Na adrese <http://www.gettysburg.edu/academics/physics/clea/CLEAhome.html> lze najít nyní již 11 úloh, s tématy **Spektrální klasifikace hvězd**, **Hubbleův zákon**, **Astrometrie asteroidů** atd.

Příkladně v tématu **Spektrální klasifikace hvězd** se žáci postupně seznamují, jak získávat spektra hvězd v digitální podobě při využití dalekohledů o různém průměru v kombinaci se spektrografem vybaveným CCD technikou. V datech programu je uloženo přes 200 spekter hvězd včetně spektrálních standardů, vše v podobě intenzitních záznamů. Výklad vede žáky k pochopení teplotní podstaty spektrální klasifikace hvězd, při využití demonstrací jednotlivých spektrálních tříd. Sami provádějí klasifikační proces získaných spekter hvězd podle relativní mohutnosti klasifikačních čar. Vyspělejší žáci se mohou seznámit s metodou určování vzdáleností hvězd metodou spektrální paralaxy.

Pro žáky zajímavé je téma - úloha ilustrující **Hubbleův zákon**. V něm nejprve simulačně otevírají kopuli dalekohledu, vybírají galaktické pole ze dvou možností, nastaví objekt – vnější galaxii v zorném poli dalekohledu, pomocí spektrografu získají spektrum vnější galaxie. Proměření posuvu spektrálních čar Ca II H a K vzhledem k čarám v srovnávacím spektru umožňuje žákům určení radiální rychlosti. Při známé vzdálenosti galaxií obdrží klasický Hubbleův vztah kosmologický rudý posuv – vzdálenost, pro 5 – 10 galaxií v různých vzdálenostech. Následně stanoví rovněž hodnotu Hubbleovy konstanty.

Obdobně evropská mezinárodní astronomická organizace ESO na svých webovských stránkách průběžně připravuje aktuální materiály pro výuky astronomie. Zajímavý je soubor úloh na adrese <http://www.astroex.org/english/>, s tématy například **Určování vzdálenosti supernovy 1987A**, **Stanovení vzdálenosti galaxie M 100 pomocí cefeid**, **Určování vzdálenosti a stáří kulové hvězdokupy**.

Motivačně přitažlivá pro žáky je úloha **Stanovení vzdálenosti galaxie M 100 pomocí cefeid**, která vychází z pozorovacích údajů získaných koncem minulého století prostřednictvím HST. V klíčovém projektu byly objeveny v galaxii M 100 klasické cefeidy se změnou jasnosti až 2 mag. Žáci postupně v jednotlivých krocích reprodukují postup původního výzkumu, mají k dispozici snímky hvězdného pole s cefeidami v časových odstupech a sledují tak změnu jejich jasnosti. Pro určení periody pulsace P mají k dispozici světelné křivky dvanácti vybraných cefeid. Ze vztahu $M = -2,78 \log P - 1,35$ stanoví absolutní hvězdnou velikost. Následně při znalosti pozorované hvězdné velikosti cefeid m určují ze známého vztahu $\log r = 0,2 (m - M) + 1$ jejich vzdálenost r , tím i vnější galaxie M 100 a potažmo celé kupy galaxií v souhvězdí Panny. Upřesnění vzdálenosti kupy galaxií v Panně je základním krokem při budování celkové stupnice vzdáleností ve vesmíru.

V naší republice na stránkách <http://astro.pef.zcu.cz/> je velmi podrobně zpracován výkladový text a rozsáhlý obrazový materiál k problematice sluneční soustavy, mlhovin, galaxií a hvězd. Rovněž stránky <http://www.aldebaran.cz/> obsahují pečlivě zpracovaný astrofyzikální výklad. Na adrese <http://www.physics.muni.cz/astrolohy/> je uvedena sbírka moderních úloh z astrofyziky, určená vysokoškolským studentům učitelských kombinací s fyzikou. Didaktika astrofyziky je na adrese <http://www.physics.muni.cz/astrodidaktika/>.

Literatura:

- [1] Macháček, M.: Fyzika pro základní školy a víceletá gymnázia. Prometheus, Praha 2000.
- [2] Jáchim, F., Tesař, J.: Fyzika pro 9. ročník základní školy. SPN, Praha 2000.
- [3] Kolářová, R., aj.: M.: Fyzika pro 9. ročník základní školy. Prometheus, Praha 2000.
- [4] Macháček, M.: Astrofyzika. Prometheus, Praha 2004.

doc. RNDr. Vladimír Štefl, CSc. ÚTFA, PF MU, 611 37 Brno, Česká republika
stefl@physics.sci.muni.cz