

## O p o n e n t s k ý   p o s u d e k

disertační práce Mgr. Tomáše France: **Vybrané gravitační jevy ve vesmíru a jejich  
přiblížení středoškolákům**

Předložená disertační práce se zabývá problematikou slapových jevů a gravitačního manévru ve výuce na gymnáziích. Vedle vlastního důsledně fyzikálního výkladu obou témat je v ní proveden i vstupní výzkum znalostí žáků o nich. Využití obsahu disertační práce nepochybně přispěje ke zkvalitnění výuky a zvýšení dlouhodobé motivace ve fyzice. Z toho důvodu považuji téma za aktuální.

Po obsahové stránce je práce rozdělena na tři základní části. První podává systematický korektní výklad působení slapových sil především na Zemi, vychází přitom z Newtony statické teorie slapů. Objasnění zmiňovaného tématu není pro žáky a studenty ve fyzikálních a zejména zeměpisných učebnicích základních, středních i vysokých škol zpravidla příliš jasné a konkrétní. Interpretace fyzikálních příčin je v nich často nepřesná, neúplná a v některých případech dokonce i zcela chybná. Známou skutečností je nevhodný výklad slapů na Zemi obsažený v I. díle Feynmanova fyzikálního kursu. Proto pokládám autorem podávaný názorný výklad citovaného jevu za důležitý a přínosný pro školní výuku. Rovněž aplikační rozšíření slapových jevů, především na kosmická tělesa ve sluneční soustavě, může žáky zaujmout a přispět tak k demonstraci fyzikální podstaty pozorovaných astronomických úkazů.

Druhá část disertační práce je věnována problematice gravitačního manévru. Jde o zajímavou aplikaci uplatnění zákonů všeobecné gravitace a zachování energie při průletu sondy kolem planet. Autor podává na středoškolské úrovni vhodný detailní výklad jevu, doplněný četnými obrázky, grafy a animacemi.

V poslední třetí části autor analyzuje, na základě rozsáhlého dotazníkového průzkumu obsahujícího 11 otázek ze zvolené problematiky, výsledky znalostí 800 gymnaziálních žáků. Vzhledem k dostatečnému odstupu od probíraného učiva o gravitačním poli lze předpokládat, že byly u většiny žáků zkoumány již jejich trvalé znalosti. Položené otázky byly částečně informativní povahy, zejména však založené na fyzikálních respektive astronomických úvahách především kvalitativního charakteru. Výsledky vesměs otevřených otázek jsou podrobně rozebírány a komentovány, včetně závěrečného shrnutí miskonceptů odhalených výzkumem.

Za až hrozivý považuji závěr v souvislosti s dotazníkovou otázkou č. 4, na str. 98, ř. 25 - 27, „že žáci považují gravitační pole za **konečné**...že gravitační pole mají pouze některá vesmírná

*tělesa.*“ Tedy nemají správné představy o gravitačním poli kosmických těles, postrádají základní znalosti o gravitačním poli, o gravitačním zákoně. S ostychem proto navrhuji, zda by do dotazníku nebylo vhodné pro žáky s fyzikálním zaujetím zařadit i otázky přímo se týkající vlastností gravitačního pole, či dokonce průběhu intenzity gravitačního pole s rostoucí vzdáleností od zdroje.

Vyzdvihuji otázku č. 5, které je velmi podnětná z pohledu získávání informací o představách žáků o trajektoriích kosmických sondy při letu k Jupiteru.

Malá úspěšnost odpovědí na otázku č. 6 spjatou s interpretací slapového působení Měsíce na Zemi a její deformací se dala očekávat vzhledem k okolnostem v práci rozebíraným.

Realizovaný dotazník považuji za vstupní. Následovat by měl testový průzkum získaných znalostí žáků, po uskutečnění výuky podle autorem vytvořených materiálů.

Posuzovaná disertační práce obsahuje celkem 148 strany, 128 stran textu. V příloze je dodatek s fyzikálními hodnotami, menší slovník anglicko - český z terminologie slapových jevů a gravitačního manévru a manuál k sedmnácti animacím. Z nich vyzdvihuji přímo v školní výuce využitelné a klíčové pro pochopení slapů animace - **Perioda slapů, Pohyb Země kolem barycentra, Slapové síly**. Příkladně posledně jmenovaná znázorňuje slapové síly Měsíce a Slunce, při měnící se poloze Měsíce a vzdálenosti Země - Měsíce respektive Země - Slunce. Další autorem vytvořené animace zachycují lety kosmických sond, kinematiku pohyb sond a planet. Oceňuji skutečnost, že důsledně vychází z původních dat, nejde tak o modelové příklady.

Rozsah a zpracování práce, jakož i její jazyková úroveň, odpovídají plně požadavkům. Téměř se v ní nevyskytují překlepy a nepozornosti, což je při rozsahu práce obdivuhodné.

V práci jsem našel tyto nepřesnosti respektive nejasnosti:

- str. 3, ř.+ 8, téma Newtonův gravitační zákon nezařazujeme do astrofyziky, spíše se jedná o nebeskou mechaniku či klasickou astronomii, jde o chybu autorů RVP pro gymnázia. Výkladový astronomický slovníček na internetu správně uvádí - „*astrofyzika je vědní obor zkoumající stavbu, fyzikální a chemické vlastnosti kosmických těles*“...

- str. 55, ř. - 11, v práci postrádám definici pojmu *sféra gravitačního vlivu - sphere of influence*. Snad i proto je v textu interpretován různě. Na výše zmiňované straně je uváděno *...oblast, kde výrazně převládá gravitační síla planety nad gravitační silou Slunce, gravitační sílu Slunce můžeme proto zanedbat...* což je ještě přijatelné přiblížení. Na str. 70, ř. - (15 - 16) je již význam posunut....*ve sféře gravitačního vlivu planety ovlivňuje let sondy pouze planeta*“... Vztah pro poloměr „*sféry*“ uváděný v práci je pouze přibližný.

Oblast není sférou, nýbrž zploštělým sféroidem. I proto je pro školní výuku vhodnější termín *oblast aktivity planet*. Například v polštině se používá termín *strefy oddziaływania planet* - oblasti působení planet.

- str. 61, ř. + 5, sondy „*se pohybují ve vakuu*“... Autor určitě ví, že meziplanetární prostor není vakuum - obsahuje sluneční vítr, meziplanetární hmotu, gravitační a elektromagnetická pole atd. Tvrzení o vakuu je na různých místech textu práce. Proto by byla na místě vysvětlující poznámka, že příliš neovlivňuje lety kosmických sond.

- str. 88, ř. + 16, u kódu K0.4 zřejmě patří ČT 2.


- str. 114, ř.- 14, dotazníková otázka č. 10, je vhodná z hlediska zkoumaného jevu. Z pohledu působení gravitačních sil by byla zajímavější otázka, které z těles Země nebo Slunce působí větší silou na Měsíc, proč Měsíc obíhá kolem Země?

Při zpracování disertační práce autor prostudoval na 64 odborných pramenů. Postrádám mezi nimi větší zastoupení didaktické časopisecké nebo knižní literatury, u nás respektive v zahraničí, zabývající se zkoumanými gravitačními jevy z pohledu středoškolské výuky. Příkladně publikace **Domański, J.: Astronomija i grawitacja, poradnik dla nauczycieli, Toruń 1993**, obsahuje mimo jiných fyzikální rozbor obou sledovaných jevů na vybraných úlohách, jakož i poznámky ke způsobům jejich výuky.

V návaznosti na výše uvedené, při využití autorovy erudice, získaných znalostí a zkušeností, pokládám k obhajobě otázku: Jaká by byla jeho osnova tématu **Slapové síly na Zemi**, které pojmy by nezbytně musel zavést ve výkladu žákům gymnázií při omezeném počtu jedné či dvou vyučovacích hodin?

Výše uvedené připomínky pokládám za nepodstatné, nesnižují velmi dobrou úroveň předložené disertační práce. V ní autor splnil vytčený cíl, objasnil fyzikálně správně slapové jevy, vyložil gravitační manévry, provedl vstupní výzkum znalostí, které žáci gymnázií o uvedených jevech mají. Konstatuji, že Mgr. Tomáš Franc z Astronomického ústavu MFF Karlovy Univerzity v Praze prokázal přehled ve zpracovávané problematice a tvůrčí schopnosti, práce splňuje požadavky kladené na disertační práce ve studijním oboru didaktika fyziky a obecné otázky fyziky. Doporučuji, aby po úspěšné obhajobě byl autorovi udělen titul Ph.D.

V Brně dne 28. 8. 2014.

  
doc. dr. Vladimír Štefl, CSc.  
ÚTFA, PF, MU, Brno