

Oponentský posudek disertační práce

Theory of Relativity – How to Develop its Understanding at a Secondary School Level

Autor: Mgr. Matěj Ryston

Školitel: doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Didaktika fyziky a obecné otázky fyziky

Disertační práce Mgr. Matěje Rystona se zabývá tématem výuky teorie relativity (speciální i obecné) na střední škole. Předložená práce v rozsahu 96 stran textu je doplněna třemi přílohami. Těžiště práce pak představuje vytvořený webový studijní materiál pro střední školy, který čtenáře seznamuje s klasickou, speciální a obecnou relativitou (a který by k celkovému rozsahu práce přidal dalších cca 200 stran, pokud by byl vysázen k tisku).

Volbu tématu je zapotřebí vysoce hodnotit, protože např. současná učebnice speciální teorie relativity pro gymnázia je přibližně šedesátistránková brožurka, přičemž část jejího obsahu tvoří ještě životopis Alberta Einsteina a soubor jeho citátů. Je tedy jasné, že na takovém půdorysu neobsahuje učebnice žádná odvození, pouze soubor vzorců pro jednotlivé relativistické jevy. Pro nadané studenty, kteří chtějí popisovaným jevům rozumět (a kterým není zatěžko sledovat matematická odvození), je takový přístup naprosto nevhodný. K výuce obecné teorie relativity pak neexistují žádné standardní materiály, přestože např. gravitační vlny, zakřivení časoprostoru či gravitační čočkování jsou pro žáky atraktivními tématy. Nejen žáci, ale i jejich učitelé tak musejí vhodné materiály hledat např. na internetu, kde lze o teorii relativity najít jak materiály velmi kvalitní, tak např. stránky, které speciální i obecnou teorii relativity vyvracejí (viz např. Teorie času, kterou i knižně vlastním nákladem publikoval prezident České stomatologické akademie Tomáš Košumberský). Učiteli orientace v takových materiálech obvykle nečiní problém, ale žák, který s teorií relativity začíná, může být snadno zmaten. Bylo by tedy nanejvýš vhodné mít k dispozici vhodný ucelený materiál, který by bylo možné použít ve výuce, autoritativní v obsahu a dostatečně podrobný i pro nadané žáky.

V teoretické části se autor věnuje analýze kurikulárních dokumentů, dostupných studijních textů v českém a anglickém jazyce, návrhu a vyhodnocení dotazníku a testování hypotéz, čímž prokázal, že je schopen vědecké činnosti v oboru didaktiky fyziky. Ze závěrů tohoto průzkumu plyne, že by učitelé skutečně ocenili ucelený materiál, který by bylo možné využít ve výuce. V kapitolách 3.1 a 3.2 pak autor popisuje, jakým způsobem takový materiál vytvořil. Pedagogicky velmi cenná je i přímá zkušenost autora s provedením relativistického workshopu a reakce studentů (kvantifikované Likertovou škálou), popsané v kapitole 4.1.5. Tento workshop využívá autorem navržené metody, které mohou být využity k podpoře výuky obecné teorie relativity, resp. neeuklidovské geometrie s užitím jednoduchých pomůcek. Velmi se mi líbí použití tvarů vytištěných na 3D tiskárně a on-line appletů.

Jediná větší výtka směřuje k tomu, že je práce napsána anglicky. Tím je sice dostupnější pro zahraniční učitele, ale bohužel méně dostupná pro učitele české a slovenské. To lze ale snadno napravit tím, že autor publikuje své výsledky v některém z časopisů zaměřených na výuku fyziky (což již autor činí; např. relativistický workshop již byl popsán v Československém časopisu pro fyziku) nebo přidáním metodických materiálů pro učitele na web. Angličtina práce je na dobré úrovni, pouze některá slova jsou na konci řádku nesprávně rozdělena (např. rel-ativity hned na str. 3, gen-eral na str. 5 a další). Autor v práci cituje přes

120 pramenů, z nichž je nadpoloviční většina recentních (to je slušný výkon vzhledem k tomu, že autor cituje např. analyzované učebnice, které recentní nejsou).

Formální stránka práce je na výborné úrovni, stejně jako formální stránka vytvořených webových materiálů, což je pro jejich nasazení důležité. Webové stránky jsou přehledné, dobře čitelné a to i na mobilním telefonu, což je věc, se kterou se při tvorbě materiálů pro žáky musí počítat... U obrázků bych pouze doporučil sázet matematiku kurzivou. Díky využití knihovny MathJax je na dobré úrovni i zobrazení matematiky, což ve webových materiálech nebývá zvykem. Pouze bych v souladu s územ doporučil sázet vektory nikoliv s šipkou, ale tučným bezpatkovým písmem, např. příkazem $\renewcommand{\vec}[1]{\mathbf{\mathsfit{#1}}}$.

U takto velkého projektu (který se navíc bude jistě stále vyvíjet) se samozřejmě může stát, že občas nefunguje nějaký obrázek nebo odkaz. Tyto drobnosti byly konzultovány přímo s autorem a nejsou součástí tohoto posudku.

Disertační práce je velmi slibným počinem pro následování a příslušné rozšiřování uvedené problematiky. Výuce obecné teorie relativity zatím nebyla v posledních letech v české odborné literatuře věnována velká pozornost a o nevýhodách současné učebnice speciální teorie relativity pro gymnázia píše výše. Vytvořený materiál je tak významným příspěvkem k výuce teorie relativity, stejně jako metody popsané v kapitole o relativistickém workshopu.

Výsledky práce disertanta jsou uvedeny na str. 96, je k nim však zapotřebí ještě přičíst sérii článků v češtině, které vyšly v Československém časopisu pro fyziku.

Cílem práce bylo podle autora najít a implementovat možné způsoby, jak žákům středních škol usnadnit pochopení teorie relativity. Tyto způsoby autor našel a úspěšně implementoval, což je zřejmé z kapitoly 4.1.5. Mohu tedy na závěr konstatovat, že Mgr. Matěj Ryston jednoznačně prokázal, že je schopen samostatné vědecké činnosti a že jeho práce splňuje požadavky na disertační práce v studijním programu/oboru Fyzika/Didaktika fyziky a obecné otázky fyziky a **doporučuji** ji k obhajobě.

Otázky k obhajobě:

1. V části věnované speciální teorii relativity se zabýváte relativistickou kinematikou. Plánujete studijní materiál rozšířit i o relativistickou dynamiku? Podle grafu na obr. 2.7 to rozhodně stojí za úvahu. Můžete stručně načrtnout, jaké klíčové jevy a pojmy byste v takovém případě zpracoval?
2. Jakou časovou dotaci považujete pro výuku obecné teorie relativity ve fyzikálním semináři všeobecně-vzdělávací školy za adekvátní, příp. ideální? Porovnejte s histogramem na obr. 2.13.
3. Mezi důkazy relativistické kinematiky v oddíle 3.3 vytvořeného materiálu uvádíte v zásadě jen případ relativistickým mionů. V části věnované OTR pak uvádíte Hafeleho–Keatingův pokus s tím, že výsledný časový rozdíl má složku způsobenou STR. Uvažujete o zmínce i v materiálu o STR? Je možné zanedbat Sagnacův jev? A je možné jej zanedbat v případě systému GPS?

V Hradci Králové dne 20. 8. 2022

Doc. RNDr. Jan Šlégr, Ph.D.
oponent disertační práce