

Posudek oponenta bakalářské práce předložené na Přírodovědecké fakultě JU

Autor práce: Ondřej Diviš

Název práce: Historický vývoj názoru na povahu světla a současné využití laserů při pokusech na SŠ

Školitel: Mgr. Václav Šebelík, Ph.D.

Konzultantka: Mgr. Ivana Šímová

Oponent: RNDr. Radek Litvín, Ph.D.

Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita

Katedra chemie

Branišovská 1760

370 05 České Budějovice

Posudek bakalářské práce **Historický vývoj názoru na povahu světla a současné využití laserů při pokusech na SŠ** od **Ondřeje Divíše**.

Předložená práce se zabývá stručným souhrnem historického vývoje názorů na povahu světla a navrhuje několik experimentů k doplnění tématu světla a jeho vlastností při výuce na středních školách. Práce je psaná česky a má na bakalářskou práci adekvátní rozsah 53 číslovaných stran, z toho 49 stran textu a 4 strany referencí. Práce je bohatě ilustrovaná (42 číslovaných obrázků). Text je doplněn seznamem obrázků a tabulek. Práce je po grafické a jazykové stránce velmi dobrá, s jednotným stylem a s minimem překlepů. Obrázky jsou až na několik výjimek originální a mají obecně pěkné provedení a styl, byť v některých případech je možné argumentovat nadbytkem formy nad správností (např. na Obr. 8 jsou diskrétní hladiny intenzity světla v interferenčním obrazci Youngova pokusu) nebo nižší kvalitou (např. příliš malý font a tenké linie os v Obr. 9 a 10). Strukturou je práce dobře vyvážená, obsahuje teoretický úvod na 19 stranách, 23 stran praktické části a jednu stranu závěru. Obsahově je práce průměrná, místy podprůměrná až neuspokojivá. Reference jsou rozděleny na Literaturu a Internetové zdroje a jsou výběrem i zpracováním neuspokojivé (viz níže).

Kapitola 2 s historickým vývojem názorů na povahu světla a přehledem klíčových experimentů nejde za rámec běžných učebnic, což je škoda, protože komplexita znalostí konkrétní doby je vidět teprve při podrobnějším pohledu. Čtenář znalý středoškolského učiva fyziky se nedozví moc nového. Tematika je přitom bohatá a lze snadno najít možnosti rozšíření či nezvyklé úhly pohledu. Obsah mohl být například místy rozšířen o historické pozadí doby. Toto by napomohlo propojení dosud fixně oddělovaných předmětů vyučovaných na SŠ. Případají v úvahu třeba vojenské aplikace Römerových měření či zmínka o Janu Markovi Marci v souvislosti s diskutovanými názory a pokusy Newtonovými a Grimaldiovými. Veskrze konvenční podkapitola 2.3.3 (Einsteinova kvantová teorie) pouze mimochodem zmiňuje atomová čárová spektra. To zřejmě vychází z tradičního pojetí výuky fyziky na SŠ, kde k atomové fyzice dojde až těsně před maturitou. S tím kontrastuje výuka chemie, kde jsou zcela nepřipravení studenti v prvním ročníku postaveni před orbitaly a kvantová čísla. Měření atomových spekter bylo zjevně klíčové pro vývoj moderní fyziky a chemie. Zde by tedy alespoň pokus o vysvětlení atomových spekter v zájmu modernizace výuky a propojení tragicky „škatulkovaných“ předmětů byl zcela na místě.

Navzdory konvenčnosti a obecné známosti obsahu kapitoly 2 se autor nevyvaroval menších i větších faktických chyb. Uvedu např. tyto: „Slunce a jiné hvězdy považujeme za absolutně černá tělesa.“, „do atomu narazí foton“ či „Koherence světla znamená, že se jeho světelný paprsek skládá z vln se stejnou fází a amplitudou.“ Text je poměrně málo a místy nekvalitně

ozdrojován (Maxwellova práce je citována webovou stránkou [Fowler]), některé části s odlišným autorským stylem působí dojmem, že byly opsány, zejména jde kapitoly 2.3.4 a 2.3.5. Kapitola 2.3.5 dokonce používá jako jediný zdroj video z Youtube a obsahuje nijak nezdůvodněnou a snad až zarážející větu „Význam světla ale sahá ještě dál, až za hranice našeho chápání, za hranice naší představivosti.“ Do kvalifikačních prací podobný přístup rozhodně nepatří.

Praktická kapitola 3 obsahuje úvodní sekce o bezpečnosti práce s laserem a popis pěti experimentů včetně související teorie a diskuze. Zařazení kapitoly o bezpečnosti práce s laserem je velmi dobrý nápad, bohužel výsledek považuji za problematický. Autor tvrdí, že v práci používal zelený laser o výkonu 1 W, patřící do nejnebezpečnější třídy 4. Ačkoliv laser této třídy je nebezpečný i ve formě difuzního odrazu, práce obsahuje pouze mírná doporučení jako „je vhodné se vyvarovat“. Tuto pasáž považuji za vysloveně nebezpečnou, protože snahy pokusy zopakovat bez dozoru znalého a opatrného vedení mohou vést k poškození zdraví. Pokud by snad někdo na základě této práce pokusy prováděl ve výuce, mohlo by to mít za následek i trestní odpovědnost. Až na drobnou výjimku v kapitole 3.3 není v popisu experimentů diskutován vliv použití slabšího laseru ani jeho případná jiná barva. Čtenář tedy jen těžko posoudí, zda má smysl pokus zkoušet např. s bezpečným laserovým ukazovátkem.

Popisy experimentů v kapitole 3 jsou doplněny dobrým obrazovým materiálem, ale i k této kapitole lze mít množství komentářů a námitek, v dalším textu uvedu jen příklady. Teorie je obecně probrána poměrně dobře, ale bylo by vhodné lépe z ní přecházet do praktické části např. stručným popisem následujícího experimentu a očekávaným výsledkem. Příklad z textu (str. 25): „Pro konstruktivní interferenci platí rovnice ... Upevněte vlas do držáku.“ Občas se vyskytují nevhodné formulace, kterých by se student učitelství fyziky měl vyvarovat, nejhorší je asi „Vzdálenost se dá vyjádřit jako rychlost za čas“ (str. 29). Samotným návodům na experimenty chybí často detaily, takže zopakování nebude jednoduché. Několikrát se v textu vyskytuje blíže nespecifikovaný „optický filtr“, u pokusu 3.2 není uvedena vhodná vzdálenost stínítka (výpočtem cca 1 metr?), u pokusu 3.3 chybí objem akvária, takže informace, že bylo použito 2 kg soli není příliš užitečná. U experimentu 3.6 (zobrazení vibrací) není uvedena velikost obrazců (milimetry? centimetry?) a u souvisejícího Obrázku 41 nejsou uvedeny frekvence, použité při jejich vytváření. Není ani zřejmé, zda byl použit úzký rozsah frekvencí nebo jsou obrázky reprezentativní pro celé slyšitelné spektrum.

Diskuse výsledků pokusů je proměnlivé kvality. U pokusu 3.2 (tloušťka vlasu) se zjištěné tloušťky systematicky mění podle řádu difrakce použitého k výpočtu, autor tuto zjevnou chybu experimentu nijak nekomentuje. Samotné údaje tloušťky jsou uvedeny na čtyři platné číslice, i když polohy maxim byly měřeny na dvě platné číslice, což je nevhodný postup—schopnost kriticky hodnotit údaje a jejich přesnost patří k základním dovednostem získávaným ve škole, ve fyzice zvlášť. Získané hodnoty nejsou diskutovány, i když tloušťku vlasu lze nezávisle změřit např. školním mikroskopem. U pokusu 3.3 (ohyb paprsku v solném roztoku) chybí kvantitativní vyhodnocení. Kromě počítačového modelu výsledku lze navrhnout např. i diskuzi očekávaného výsledku před provedením experimentu (lze se zeptat třeba spolužáků a vyučujících, jaký výsledek by očekávali). Experiment s tekoucím proudem vody hodnotím jako nejzajímavější (s použitým laserem ale i nejnebezpečnější!), naopak kapkový mikroskop (kapitola 3.5) mi nepřipadá příliš zajímavý. Kapkou generované zvětšené obrazy objektů je obtížné odlišit od artefaktů, difrakčních obrazců nebo jejich částí atp. Použití jako „mikroskop“ si lze těžko představit, i když jistý „cool“ efekt pokusu nelze odepřít.

Pravděpodobně nejslabší částí předložené práce je kvalita a zpracování citací. Zdrojů je jednak poměrně málo a jednak jsou částečně nekvalitní. Kapitoly v knihách jsou citovány nesprávně (Brunner, Dainty, Haglund). U článků v časopisech chybí ročník a čísla stránek (Gross & Herman, Hecht 2010, Passon, Planinsic). Některé internetové zdroje jsou prezentovány jako

tištěné (Pauk & Krčmář, Williams). Místo nové české a kvalitní knihy o laserech (Malý & Trojánek, 2022) autor raději cituje historii laserů z časopisu *World Journal of Urology* (Gross & Herman). Z kvality zdrojů plynou asi i některé faktické nedostatky textu (*camera obscura* rozhodně nebyla poprvé použita zmíněným Alhacénem; přesná hodnota rychlosti světla nebyla stanovena Maxwellem). Zmíněné vady citací považuji za velmi zásadní, autor se kvalitě zdrojů a jejich citací zjevně příliš nevěnoval.

V následující části je několik **otázek**, které by student měl zodpovědět v průběhu obhajoby:

- 1) Na str. 21 píšete u popisu laserového záření, že „Koherence světla znamená, že se jeho světelný paprsek skládá z vln se stejnou fází a amplitudou.“ - Tato informace není správná, ačkoliv vlastnosti laserového záření již správně, byť roztroušeně, v textu popisujete. Prosím o opravu tvrzení a o vysvětlení, které vlastnosti laseru stojí za mnoha praktickými aplikacemi, jak je uvedeno v prvním odstavci kapitoly 2.4. Mohu oponovat, že úzký spektrální profil a tedy i relativně delší koherenci lze dosáhnout také výbojkami se zředěným plynem.
- 2) Vysvětlete prosím vlastnosti použitého optického filtru, důvod jeho použití, čím je možné jej nahradit ve školním prostředí a případně za jakých okolností není potřeba.
- 3) Diskutujte prosím možnosti použití běžných 1 mW laserových ukazovátek ve Vašich pokusech, proveditelnost pokusů a případný vliv použití jiného než zeleného světla.
- 4) Vysvětlete prosím, proč se změřené tloušťky vlasu systematicky liší podle použitého difrakčního řádu (Tab. 2).

Závěrem konstatuji, že předložená práce je graficky zdařilá, obsahuje zajímavé a po doplnění i snadno proveditelné příklady experimentů, které vhodně doplní středoškolskou výuku a je nadprůměrně dobře ilustrovaná. Na druhou stranu text práce má obsahové nedostatky, občasné nepřesnosti a zejména nekvalitně pracuje s literaturou a jejími citacemi. Přesto jsem toho názoru, že předložená práce splnila minimální požadavky kladené na bakalářskou práci, **doporučuji práci k obhajobě** a navrhuji známku *dobře*.

V Českých Budějovicích, 10. května 2023.

Radek Litvín