

**Posudek práce předložené k obhajobě
na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy**

- posudek vedoucí/vedoucího posudek oponentky/oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Název práce: **Úlohy pro práci s aplety – jednodimenzionální a dvoudimenzionální jednoduché problémy v kvantové mechanice**

Jméno, příjmení a tituly autorky/autora práce: Štěpán Janoušek

Studijní program: Fyzika se zaměřením na vzdělávání

Rok odevzdání: 2024

Jméno a tituly vedoucí/ho nebo oponentky/-ta: doc. RNDr. Jiří Dolejší, CSc.

Pracoviště: ÚČJF MFF UK

E-mail: jiri.dolejsi@matfyz.cuni.cz

Hodnocená oblast	Hodnocení
Oborová úroveň (zejména fyzikální)	Průměrná
Didaktická úroveň (zejména metody sběru a analýzy dat v didaktickém výzkumu, přiměřenost vzniklých materiálů)	Velmi dobrá
Práce s literaturou	Průměrná
Jazyková úroveň práce (srozumitelnost textu, členění textu, stylistika, pravopis)	Velmi dobrá
Grafická úroveň práce (formátování textu, typografie, přehlednost tabulek, kvalita obrázků, videí)	Velmi dobrá
Zásady pro vypracování práce	Splněny

Slovní hodnocení (včetně upřesnění případných výhrad; mj. lze posoudit originalitu a kreativitu zvolených řešení, náročnost tématu apod.):

Práce předkládá pracovní listy, podporující řízenou práci s dvěma aplety pro simulaci jednoduchých systémů v kvantové mechanice, odpovědi na otázky v pracovních listech a list vedoucí řešitele ke kreslení vrstevnicových grafů. Vedle těchto faktických výsledků najdeme v práci text, který tyto komponenty komentuje a přidává reakci několika studentů, kteří listy vyzkoušeli.

Práci považuji za užitečnou a přínosnou, ale při čtení jsem narážel na mnohé otázky a problémy. Prvním problémem je organizace předložené práce: stručný text práce mi poskytoval o připravených pracovních listech velmi chabou představu, takže jsem se hned obrátil na přílohy, kde jsem si zkoušel úlohy plnit a pak srovnávat s autorovým řešením. Poznámky k tomu mám dále. Ale když jsem se vrátil k základnímu textu, přišel mi většinou jako už skoro zbytečný. Nebylo by tedy lepší práci zorganizovat zcela jinak, např. napsat na úvod to, co autor chce obecně říci, a pak prezentovat pracovní listy doplněné zřetelně odlišenými poznámkami pro čtenáře bakalářské práce, které samozřejmě nejsou v listech pro cílové posluchače? Také nevidím účel seznamu obrázků.

A teď ke konkrétním pozorováním: Nechybí trochu v úvodu „O apletech“ jasné upozornění, že aplety představují naprogramovanou vizualizaci výsledků kvantově mechanických výpočtů, tedy nikoli experimenty nebo např. alternativní způsoby výpočtu. Takže mi přijde podivné vyzývat řešitele, aby například objevil nebo ověřil, že energetické spektrum LHO je ekvidistantní, zvláště když by si měl zopakovat, co o LHO v kvantové mechanice ví. V apletu by se spíš měl dívat, jak to vypadá. Někde se s autorem neshoduji ve významu slov – například když mluví o „správném“ nastavení apletu. To bych spíš nazval nastavením pro účely dané úlohy. V komentáři k použití apletu PhET autor komentuje nastavení parametru „offset“ a vyzývá ke studiu závislosti časového vývoje na tomto parametru. To mne vede k prosbě, aby autor na obhajobě okomentoval fyzikální význam tohoto parametru.

Autor uvádí na začátku str. 25 vztah pro potenciál harmonického oscilátoru v podobě $V(x)=m\omega^2x^2$ a pak mluví o závislosti na hmotnosti. To mi přijde trochu jako nepatřičná pedagogická zkratka: Potenciál souvisí se silou, která oscilátor vrací do rovnovážné polohy, ta na hmotnosti může a nemusí záviset. Uvedený tvar používá ve výrazu pro potenciál frekvenci, která je výsledkem klasického řešení, třeba s „tuhostí pružiny“ k : $\omega^2=k/m$. Takže jaký má vlastně význam věta „Z tohoto vztahu je vidět, že čím větší bude hmotnost částice, tím bude graf potenciální energie užší.“ (str. 25 nahoře)? Dávalo by to smysl ve specifické situaci, kdy znám hmotnost, neznám potenciál a měřím frekvenci.

Doufám, že si řešitelé úloh odnesou povědomí o souvislosti počtů maxim hustoty pravděpodobnosti na kvantových číslech. Nehodilo by se připomenout, že rozdíl mezi „vzorečky“ svazující počty maxim a kvantová čísla pro nekonečnou jámu a harmonický oscilátor leží v tom, že v jámě se počítá od 1 a v harmonickém oscilátoru od 0? Nevzniká tu otázka, jestli to není nějaká obecná vlastnost jednodimenzionální vlnové funkce?

Ke kreslení vrstevnicových grafů: To považuji za skvělé a velmi potřebné cvičení s rysy výtvarné výchovy, jen mi tam chybí námět k použití jiných, relativně snadno dostupných

informatických nástrojů – například volně na webu dostupné Wolfram Alpha vedle placeného software Mathematica, použití běžného Excelu (3D grafy, podmíněné formátování...) a třeba i dalších. Jen bych navrhol, aby „výtvarné“ obrázky, např. 5.3, 5.5, 5.8, byly v práci tonálně upraveny tak, aby podklad byl bílý jako papír, a ne jak to vyjde z fotografie mířící na střední šedou bez vyvážení bílé.

Na závěr bych chtěl dodat jednu velmi subjektivní poznámku: v práci vidím potenciální nebezpečí „učitelského tunelového vidění“, tedy situace, kdy učitel jde úporně za svým pojetím výkladu nebo cvičení a nezdržuje se okolím, alternativami, souvislostmi. Např. když jde o energii částice v ideálním vězení, tedy v nekonečné jámě, není v závislosti energie na rozměru jámy nějak schována relace neurčitosti? Počítáme-li někde s čísly, pro jaký reálný systém mohou být navrhované hodnoty relevantní? Když se díváme na grafy vlnových funkcí a hustoty pravděpodobnosti harmonického oscilátoru a pak na časový vývoj, není tu nějaká souvislost s klasickou fyzikou, třeba kýváním kyvadla? Bakalářská práce je asi jedna z prvních trochu komplexnějších prací, které posluchač tvoří; proto mi jde především o to, aby ty další práce, a hlavně jeho další pedagogické působení byly bohatší o širší pohledu.

Případné otázky k obhajobě:

Autor může samozřejmě reagovat na jakoukoli z mých poznámek, nadhozených otázek a zvláště výtek výše napsaných, vedle toho bych uvítal vysvětlení fyzikálního významu parametru „Offset“ v apletu PhET.

Předloženou práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako práci bakalářskou.

Předloženou práci hodnotím stupněm: **Velmi dobře**

Datum a místo: 10. 6. 2024, Praha

Podpis: