

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

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

Název práce: Využití her pro pochopení základních principů kvantového popisu světa

Jméno, příjmení a tituly autora práce: Bc. Jaroslav Kafka

Studijní program: Fyzika se zaměřením na vzdělávání

Rok odevzdání: 2024

Jméno a tituly oponenta/oponentky: Mgr. Jana Legerská

Pracoviště: KDF MFF UK

E-mail: jana.legerska@matfyz.cuni.cz

| Hodnocená oblast | Hodnocení |
|--|-------------------------------------|
| Oborová úroveň (zejména fyzikální) | Velmi dobrá |
| Didaktická úroveň (zejména metody sběru a analýzy dat v didaktickém výzkumu, přiměřenost vzniklých materiálů) | Průměrná |
| 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 | Částečně splněny, bez vysvětlení |

Slovní hodnocení:

Cílem předkládané práce je na základě rešerše literatury nalézt a vybrat vhodné hry či aktivity, jejichž principy jsou založeny na principech kvantové fyziky. Autor vybral čtyři kvantové hry, které v práci podrobně popisuje. Použitelnost těchto her ve výuce autor otestoval s několika skupinami žáků středních škol a shledal, že jsou vhodnými nástroji pro představování myšlenek kvantové fyziky.

V první kapitole autor stručně vymezuje pojem hra, didaktická hra a kvantová hra a odkazuje se na relevantní odbornou literaturu.

Ve druhé kapitole autor uvádí odstavec týkající se rešerše literatury a dále následuje podrobný popis čtyř kvantových her vybraných na základě této rešerše.

Z množství, povahy zdrojů a způsobu jejich používání při diskutování různých aspektů her je vidět, že se autor během provádění rešerše s těmito zdroji patřičně seznámil a věnoval pozornost nalezení relevantní odborné literatury (v devíti případech jde o články v odborných časopisech, dále např. sborníky konferencí či vzdělávací portály). V rámci rešerše autor našel 68 her, jejichž seznam je uveden v příloze 1.

Za nedostatečné však považuji zaznamenání výsledků rešerše (pouhým jedním odstavcem) a zdůvodnění výběru uvedených her. Pro čtenáře je matoucí, že autor uvádí 12 zdrojů, ze kterých vybral čtyři hry, níže v textu se však vyskytují odkazy na 14 různých zdrojů. Ke zdůvodnění výběru her autor pouze uvádí, že vybrané hry jsou dle citovaných zdrojů hojně využívány a jejich fyzikální korektnost byla již vícekrát ověřena. Z tohoto popisu není jasné, jestli ostatní nalezené hry nebyly shledány fyzikálně korektní, nebo nejsou vhodné z jiných důvodů, a proto nebyly vybrány. Ocenila bych zde kritéria, podle kterých byly hry vybírány (např. fyzikální správnost, vhodnost znázornění fyzikálních principů, grafická stránka, ...). Dále bych v rámci rešerše ocenila rozdělení nalezených her do několika kategorií a jejich stručnou charakterizaci, např. podle fyzikálních principů, které se ve hře představeny.

V dalším textu autor podrobně popisuje čtyři vybrané hry: deskovou hru Entaglion a počítačové hry Quantum Odyssey, Psi and Delta a Quantum Game and Virtual Lab by Quantum Flytrap. Popis her má jasnou a srozumitelnou strukturu, kde se autor zaměřuje na cíl hry a popis jejích jednotlivých částí, text je doprovázen názornými vysvětlujícími obrázky, případně matematickým vysvětlením. Jedinou výjimkou je popis hry Entaglion, kde je srozumitelnost pravidel mírně narušena používáním pojmů, které jsou vysvětleny až v následujících částech. Zároveň je v této sekci nízká kvalita obrázků, na něž se pravidla odkazují. Na nastavení správného rozlišení bude dobré pamatovat při tvorbě materiálů pro učitele.

Na konci každého oddílu autor věcně a stručně komentuje souvislost hry s kvantovou fyzikou a shrnuje její výhody a nevýhody, přičemž si všímá jak grafického znázornění hry, tak názornosti zobrazení konceptů kvantové fyziky. Oceňuji, že autor u všech her ověřil také jejich fyzikální správnost.

Třetí kapitola je věnována praktické části, ve které autor ověřil použitelnost čtyř vybraných her ve výuce se skupinami žáků středních škol. Testování se zúčastnilo celkem 172 žáků. Je

nutno zdůraznit časovou náročnost testování a ocenit autorovu pečlivost, protože každou hru testoval se dvěma skupinami, což dohromady zabralo 14 vyučovacích hodin. Autor také provedl polostrukturované rozhovory s vyučujícími, kteří zhodnotili průběh hodin, v nichž testování probíhalo, a vyjádřili se ke kladům a záporům testovaných her.

V praktické části autor přehledně shrnuje metody použité při testování a popisuje jeho průběh. U jednotlivých her podrobně analyzuje výsledky žákovských dotazníků a rozhovoru s jejich vyučujícími. Autor na začátku oprávněně podotýká, že výsledky dvou skupin, s nimiž byla daná hra testována, nemohou být kvůli odlišným podmínkám testování uspokojivě porovnány, navíc se jejich výsledky nijak zásadně neliší. V analýze však autor tyto skupiny mezi sebou poměrně podrobně porovnává. Připadalo by mi smysluplnější, kdyby byly výsledky obou skupin sloučeny a okomentovány jako celek.

Struktura získaných dat je u všech her velmi podobná a přístup, který autor k prezentování výsledků zvolil, vede k rutinnímu opakování formulací (např. popisu Likertovy škály použité analogicky u všech her, vysvětlivek k tabulkám atd.). Rovněž celkové vyhodnocení šetření má charakter čtyř téměř totožných odstavců, ve kterých autor shrnuje výstupy testování pro každou hru odděleně. Upřednostnila bych kompaktnější zápis, který by umožnil také podrobnější porovnání jednotlivých aspektů her mezi sebou. Stručné a přehledné porovnání by bylo přínosné zejména pro učitele, kteří by volili, kterou hru do své výuky zařadit.

V praktické části autor kromě ověření použitelnosti her získal také osobní zkušenost s těmito hrami a jejich nasazením ve výuce, kterou bude moci využít při své další práci.

Zásady pro vypracování práce byly splněny s výjimkou bodu 7), který mluví o reflektování výsledků získaných během testování a jejich zahrnutí do materiálů vytvářených pro učitele. O těchto materiálech jsem v práci nenalezla žádnou zmínku a z jejího textu není jasné, jestli se za tyto materiály považuje kapitola popisující jednotlivé hry, nebo vznikají mimo její rámec.

Text práce obsahuje minimum překlepů a typografických chyb, práce má celkově jasnou a přehlednou strukturu, k níž lze vyslovit dvě drobné výtky:

- Srozumitelnost některých částí snižuje to, že se autor v textu odkazuje na pasáže, které jsou popsány až později (např. porovnávání hry s dosud nepopsanou hrou, používání dosud nevysvětlených pojmů při vysvětlování pravidel).
- Na začátku kapitoly, v níž se popisují jednotlivé hry, bych uvítala krátký přehled, který by čtenáři představil, o jaké hry jde a čeho se týkají.

Předložená práce obsahem i formou splňuje požadavky kladené na diplomovou práci na MFF UK, proto ji doporučuji uznat jako práci diplomovou.

Případné otázky k obhajobě:

- 1) Autor na základě rešerše vybral čtyři kvantové hry, jimž se dále věnoval. Proč byly ze všech nalezených her vybrány zrovna tyto?
- 2) Ve hře Psi and Delta se mluví o vlnových funkcích a diskretních energetických hladinách elektronu – je ve hře nějak okomentováno, jestli se jedná o elektron v konkrétním vázaném systému, nebo jde jen o „vymyšlené“ příklady hustoty pravděpodobnosti?
- 3) V zásadách vypracování práce se hovoří o zahrnutí reflexe výsledků testování do materiálů vytvářených pro učitele. Jaké jsou autorovy plány ohledně tvorby těchto materiálů?

Předloženou práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako práci diplomovou.

Předloženou práci hodnotím stupněm: **Velmi dobře**

Datum a místo: 3. 9. 2024, Praha

Podpis: