

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Kvantové počítače pro fyziku vysokých energií</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Ondřej Brož</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská práce
<b>Fakulta:</b>	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
<b>Katedra:</b>	Katedra fyziky
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Bc. Michal Křelina, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Katedra fyziky, FJFI

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání a motivace k jeho vyspání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce a krátké průvodní slovo k motivaci pro zadání práce.</i>	
<p>Zadaná práce je v jistém smyslu pionýrská v českých krajinách, neboť kombinuje dvě odvětví, která vévodí fyzice a to kvantové počítání a částicovou a jadernou fyziku (občas zvanou jako fyzika vysokých energií). Kvantové počítače by nám měly především pomoci se simulacemi ideálně jiných kvantových systémů. A fyzika vysokých energií je primárně o kvantových systémech. Proto je přirozené se ptát, zda nám kvantové počítače mohou nějak pomoci. Tato práce by měla představovat úvod do této problematiky a měla by se stát odrazovým můstkem pro další práce, které se kombinací těchto dvou odvětví budou věnovat.</p> <p>Z pohledu náročnosti bych práci označil jako středně obtížnou. Zatímco část o kvantových počítačích je poměrně přístupná a student třetího ročníku by bez problémů měl zvládnout základy kvantové informatiky, tak na druhou stranu popsat možné využití kvantových počítačů ve fyzice vysokých energií je poměrně dost obtížné hlavně k přihlídnutím k v podstatě základním či počátečním znalostem v částicové a jaderné fyzice.</p>	
<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Student splnil základní zadání práce.	
<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>průměrná</b>
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
<p>Student pracoval vesměs samostatně s tím, že společné schůzky byly většinou každé dva týdny osobně nebo online. Na jednu stranu oceňuji, jak student pronikl do oblasti kvantové informatiky a když jsme diskutovaly kvantové obvody, tak byl schopný dobře reagovat a přijít i s vlastním vstupem.</p> <p>Na druhou stranu je škoda, že největší aktivita na BP a hlavně praktické části byla až ke konci (již o půl roku prodlouženého) období. Te znemožnilo jít v praktické části ještě do větší hloubky, což je škoda s ohledem na zajímavost praktické části, například hlubší modifikace algoritmu, či vyzkoušení výpočtu se šumem.</p>	
<b>Odborná úroveň</b>	<b>výborná</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Textová/rešeršní část BP je pojatá spíše vyprávěcím stylem. S ohledem na to, že se nejedná o práci v oblasti matematické fyziky nebo v oblasti kvantové informatiky, považuji to jako vhodný přístup. Naopak, pro nováčky v oboru (kvantové počítače) to může být poměrně dost příjemný úvod, aby se sžili s tematikou a až pak později se mohou pustit do rigoróznějšího matematického podání. Nicméně jisté pojmy by zasloužily vysvětlit lépe</p>	

nebo více do hloubky, například formální vyjádření kvantového provázání, popis co kvantové brány musí splňovat, nestandardní zavedení BELL operátoru, atd.

Obzvláště oceňuji, jak po několika iteracích student zvládl kapitolu 4, která popisuje možná uplatnění kvantových počítačů v jaderné a částicové fyzice. S přihlédnutím k bakalářskému stupni, jsem velice spokojen, jak student zvládnul tuto obtížnou pasáž.

Výhrady bych měl k úvodu, který by mohl být rozšířenější a lépe uvést do problematiky.

Také lze v textu najít různé nepřesnosti, např. „...Shorovým algoritmem [83] vynalezeným Peterem Shorem v roce 1994, který využívá schopnosti kvantového počítače pomocí superpozice zkoumat více stavů zároveň,...“, kde stejně důležité je kvantové provázání při kvantové Fourierově transformaci. Nicméně s ohledem, že se jedná o studenta na bakalářské úrovni, nelze očekávat, že student všechny tyto nuance postřehne nebo má o nich přehled.

### Formální a jazyková úroveň

### průměrná

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Typografie:

- odstavce by si zasloužily mezeru mezi sebou pro větší přehlednost a lepší čitelnost
- zalamování řádků nefunguje ideálně
- občas rovnice v textu by si spíše zasloužily být samostatně
- občas je citace za tečkou, jindy před
- někdy reference na jiné kapitoly jsou klikatelné, jindy ne

Jazyková stránka:

- musím ocenit, že se student snažil psát čistou češtinou s minimem anglickanismů
- občasné nesoulady termínů, například jednou je použito CNOT a jindy C-NOT

### Výběr zdrojů, korektnost citací

### průměrné

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

- Bylo by příjemnější, kdyby číslování citací bylo vstupné.
- Když je tam hodně autorů, měl by být uveden jen jeden + et al / a kol.
- citace [6,11,19] jsou nedostatečné – chybí odkaz nebo označení journalu
- citace [31] a [32] se opakují
- citace [85] mají podivný formát

### Další komentáře a hodnocení

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Samotná praktická část je zopakování již existujícího výpočtu a jeho rozšíření. Zde student musel nastudovat příslušný odborný článek a výpočet dle něj provést. S ohledem na novost tématu – jak z pohledu kvantové informatiky, tak i z pohledu částicové fyziky byla práce odvedena dobře. Nicméně dalo by se udělat více, a to více je jen otázkou času, nikoliv vyšší náročnosti. Rovněž diskuse výsledků by mohla být širší. Po technické stránce byla praktická část zvládnutá dobře.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Případně uveďte otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

Pozitivní:

- Dobré zvládnutí a provedení částmi zaměřenými na kvantové počítání (s přihlédnutím, že se jedná o práci o částicové fyzice)
- Obzvláště dobře zvládnutá kapitola 4 popisující využití kvantových počítačů v částicové fyzice
- Zvládnutí zopakovat kvantový výpočet dle vědeckého článku

Negativní:

- Typografie by mohla být lepší.
- Menší nedostatky v citacích, nepřesnosti v pojmech a některé pojmy z kvantové informatiky by měly být vysvětleny lépe
- Praktická část byla dělána na poslední chvíli. Základní zadání se splnilo, ale kdyby bylo více času, dalo by se udělat více výzkumu na daném, problému.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 15.1.2024

Podpis:

