

## Oponentský posudek habilitační práce Mgr. Antonína Černocho, Ph.D. „Kvantové kopírování“

Předložená habilitační práce pojednává o kvantovém klonování (kopírování) jednak z pohledu teorie kvantové informace, jednak přehledně shrnuje experimenty, které umožnily ověřit a kvantifikovat úspěšnost různých klonovacích technik. Studovanou problematiku považuji za vysoce aktuální, mající význam jak v kvantové teorii, tak při řešení současných problémů týkajících se např. kyberbezpečnosti, zabezpečení elektronického bankovníctví či spolehlivosti přenosu velkého objemu dat. Z výčtu citovaných publikací uchazeče je zřejmé, že je erudovaným odborníkem na danou problematiku, které se věnuje dlouhodobě ve spolupráci zejména s kolegy ze Společné laboratoře optiky PŘF UP v Olomouci a Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR a též s kolegy z Katedry optiky PŘF UP. Jak je známo, tato pracoviště disponují vynikajícím know-how v oblasti kvantové optiky jak z hlediska teoretického, tak z hlediska experimentálního s velmi dobrým laboratorním vybavením. Přestože je v práci prezentován výzkum kolektivu pracovníků a doktorských studentů, z výčtu publikací uchazeče je zřejmé, že se na výzkumu podílel zásadním způsobem.

Text habilitační práce je pěkně přehledně a logicky strukturován. V úvodní kapitole jsou představeny a definovány základní pojmy a veličiny jako qubit, polarizační kódování, fidelita klonů, kvantová kryptografie a další. Druhá kapitola je věnovaná teorii klonování a klasifikaci klonovacích zařízení. Další dvě kapitoly pojednávají o různých experimentálních sestavách pro kvantové klonování včetně vyhodnocení a porovnání jejich úspěšnosti. Závěrečná pátá kapitola prezentuje aplikace kvantového klonování. Některé pasáže této kapitoly (zejména 5.2 Zesilovač) mohly být rozepsány detailněji, popř. mohly být obohaceny nějakými ilustračními obrázky. Text habilitační práce je doprovázen názornými obrázky a grafy (schémata experimentálních sestav, Blochovy sféry, závislosti fidelit). Práce se opírá o celkem 11 publikací, které vyšly v období od roku 2006 do roku 2019, přičemž u čtyřech z nich je uchazeč prvním nebo druhým autorem. Určitě stálo za zvážení zahrnout plné texty některých z těchto publikací jako přílohy habilitační práce. Textu práce lze v podstatě vytknout jen výskyt několika překlepů a gramatických chyb v textu, čemuž se dalo předejít pečlivou finální korekturou. Naproti tomu za příjemné zpestření při čtení práce považuji vtipné vsuvky jako např. „Jako experimentátor musím poděkovat teoretikům za to, že dokáží upravit své výpočty tak, aby odpovídaly naměřeným hodnotám“ nebo „...při zautomatizování dalších volných parametrů a jejich zahrnutí do optimalizačního procesu bychom po určité době mohli propustit šikovného experimentátora pro nadbytečnost“. Domnívám se, že práce je svým pojetím dobře přístupná i širší odborné veřejnosti včetně studentů fyzikálních oborů.

Do diskuze při obhajobě habilitační práce před Vědeckou radou PŘF UP mám následující dotazy:

- 1) Lze v teorii klonování do jisté míry aplikovat nástroje a veličiny klasické teorie informace, jako např. informační entropie, střední vzájemná informace a další?
- 2) V habilitační práci jsou prezentovány veličiny fidelita, pravděpodobnost úspěchu klonování a vizibilita. Prosím uchazeče o názornou prezentaci vztahů či korelací mezi těmito veličinami. Například proč s rostoucí fidelitou klesá pravděpodobnost úspěchu klonování a obráceně (platí tato relace vždy)?
- 3) Jak by bylo možné názorně prezentovat limitní hodnotu fidelity univerzálního klonování  $5/6$ , která plyne z teoretických vztahů, kdy o vstupních stavech nemáme žádnou informaci?
- 4) Obrázky 3.4, 4.9 a 4.17 ukazují nevýrazné závislosti fidelity na úhlu  $\varphi$  pro rovníkové stavy. Dají se z těchto závislostí vyvodit nějaké závěry nebo jsou fluktuace hodnot v rámci nejistot a lze tedy konstatovat, že fidelita na úhlu  $\varphi$  nezávisí?

5) Jakými dalšími směry se výzkum v dané oblasti bude vyvíjet, zejména s ohledem na rychle se vyvíjející a zdokonalující technologie?

Na základě výše uvedených skutečností habilitační práci Mgr. Antonína Černocho, Ph.D. jednoznačně doporučuji k obhajobě před Vědeckou radou PŘF UP v Olomouci a v případě úspěšné obhajoby navrhuji udělení titulu docent v oboru Aplikovaná fyzika.

V Olomouci, 25.10.2023

doc. RNDr. Libor Machala, Ph.D.

Katedra experimentální fyziky

PŘF UP v Olomouci