

*Oponentský posudek bakalářské práce na téma***„Měření délky elektronového svazku urychleného laserem generovanými plazmovými vlnami“**

Autor práce:	Patrik Puškáš
Studijní obor:	Experimentální jaderná a částicová fyzika
Katedra:	Katedra fyziky
Fakulta:	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze
Školní rok:	2020/2021
Školitelka:	Ing. Dominika Mašlárová (ÚFP AV ČR v.v.i.)
Konzultant:	Ing. Miroslav Krůs, Ph.D. (ÚFP AV ČR v.v.i.)

Předložená bakalářská práce se věnuje laserovému urychlování elektronů a měření délky elektronových impulzů generovaných tímto způsobem.

První dvě kapitoly jsou rešerší na téma generace intenzivních laserových impulzů a elektronového urychlování v laserovém plazmatu. Autor se s touto, dle mého názoru obtížnou, problematikou vypořádal obstojně, přestože se dopustil řady chyb a nepřesností, které jsou zmíněny v závěru posudku. Pečlivější revize těchto kapitol před odevzdáním práce by textu jediné prospěla. Třetí kapitola práce popisuje měření spektra koherentního přechodového záření jako jedinou vhodnou metodu pro určení délky femtosekundových elektronových impulzů, které je možné v laserových urychlovačích generovat. Poslední, čtvrtá kapitola obsahuje porovnání numerických simulací spekter CTR záření generovaného elektronovými impulzy s různými časovými průběhy, na kterém autor ukazuje citlivost metody. Autor tuto kapitolu nazývá jako „Návrh diagnostiky,“ přestože v ní chybí jakékoliv experimentální schéma.

Práce je dobře členěna, grafy i obrázky mají odpovídající kvalitu, což přispívá k dobré čitelnosti celého textu.

Rád bych, aby student v rámci obhajoby odpověděl na následující doplňující otázky:

- 1) Zkuste přiblížit základní fyzikální principy zodpovědné za vznik koherentního tranzientního záření. Jaký vliv má materiál folie? Dal by se použít dielektrický materiál namísto kovu?
- 2) Okomentujte form-faktor (3.3) - na levé straně vztahu je funkce frekvence a úhlu a napravo funkce vlnového vektoru  $\mathbf{k}$ .
- 3) V celé práci byly zvolené elektronové impulzy dlouhé 1,5 fs a tento parametr nebyl měněn, což je zářející vzhledem k samotnému názvu práce. Jak se změní spektrum vláčku impulzů z Obr. 4.6 (tedy v oblasti spektra 3-4 mikrony) pokud bude délka impulzů 2 fs? Jak se změní ta samá spektrální oblast, pokud se zpoždění impulzů sníží z 98 fs na 93 fs? Je tedy tvrzení v závěru práce o přesnosti měření v řádu desetin femtosekund správné?

Domnívám se, že předložená bakalářská práce svým obsahem i kvalitou naplňuje nároky na tento typ práce a zároveň splňuje cíle uvedené v jejím zadání, proto práci doporučuji k obhajobě a

v případě její úspěšné prezentace a uspokojivého zodpovězení dodatečných otázek navrhuji klasifikační stupeň C (dobře).

Výhrady k rešeršní části textu:

- 1) Odstavec 1.3, obr. 1.3 : správné by bylo počítat elektrická pole, nikoliv intenzity jednotlivých podélných módů rezonátoru laseru.
- 2) Pojmy negativní vs. pozitivní disperze jsou správně normální a anomální disperze. Předpokládám, že autor měl na mysli negativní a pozitivní čirp.
- 3) U vztahu (2.5) chápu, že šíření paprsku v prostředí s gradientem indexu lomu je nad rámec bakalářského studia, nicméně by si autor mohl uvědomovat nedostatečnost vysvětlení jevu samofokusace laseru v plazmatu pomocí Snellova zákona a raději tento vztah neuvádět.
- 4) Vztah (2.8), tedy disperzní relace EM vlny v plazmatu, je chybně uveden jako disperzní relace plazmové vlny.
- 5) U přechodu mezi vztahy pro ponderomotorickou sílu by (obecnější) relativistický vztah (2.10) měl být platný i pro nerelativistický případ, který platí pro malé rychlosti elektronů. V práci jsou oba tyto vztahy prezentovány jako přiblížení pro různé rychlosti.
- 6) V odstavci 2.5 by pro efektivní buzení vlny měla být délka laserového impulsu přibližně  $1/2$  periody plazmových oscilací, nikoliv celá perioda. Autor nejprve píše, že obě doby by měly být přibližně stejné a v témže odstavci dokonce zmiňuje, že doba trvání laseru má být přibližně dvojnásobek periody plazmových oscilací!
- 7) V praktickém vyjádření vztahu (1.3) chybí jednotky intenzity, ve vztahu (2.13) pak jednotky elektronové hustoty.
- 8) Vektory je v tištěném textu vhodnější označovat tučně, nikoliv šipkami.
- 9) Obr. 4.9 a 4.12: vlnová délka by měla být v  $\mu\text{m}$  (namísto fs).

V Dolních Břežanech dne 23. 8. 2021

.....

Ing. Jaroslav Nejd, Ph.D.