

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Přechod elektronových svazků z vakua do plazmatu při externím vstříknutí do brázdové vlny generované laserovým impulsem</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. David Gregocki</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová práce
<b>Fakulta:</b>	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
<b>Katedra:</b>	Katedra fyziky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Vojtěch Horný, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	ELI Nuclear Physics, Măgurele, Rumunsko

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>poměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání sestává ze čtyř bodů a je sepsáno v rámci tradice na fakultě, tj. (dle mého názoru až příliš) podrobný teoretický úvod, potom řešení úkolu a diskuse. Úkolem je optimalizace efektivity zachytu externě vstříknutého elektronového svazku do plazmové vlny za účelem jeho následného urychlení.	
<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posudte, 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>	
Úvodní rešeršní kapitoly věnující se prvním třem bodům zadání nejsou sepsány přístupným jazykem, nicméně požadované jevy a metody jsou popsány v dostatečné míře. Vlastní výzkum zadaný bodem 4 je proveden kvalitně.	
<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vhodný</b>
<i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení pomocí 2D a 3D PIC simulací se jeví vhodný. Přípravná fáze vyšetřuje základní trendy pomocí dostupných 2D simulací, přičemž tyto jsou později potvrzeny plnými 3D simulacemi.	
<b>Odborná úroveň</b>	<b>výborná</b>
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Teoretické kapitoly představují vhodně zvolené jevy z oblasti LWFA a PIC simulací. Praktické zkušenosti čerpané z literatury a z konzultací s vedoucími jsou vhodně aplikovány. Závěry jsou dobře podloženy a při dalším navazujícím výzkumu i publikovatelné.	
<b>Formální a jazyková úroveň</b>	<b>podprůměrná</b>
<i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce se velmi těžko čte. Autor užívá velmi komplikovaná souvětí necharakteristická pro odborný text v anglickém jazyce. Úvodní teoretické kapitoly jsou nekoherentní, struktura je neurčitá. V bibliografii se vyskutují české zkratky (roč., č.), navzdory tomu, že se jedná o anglický text. Autor je nekonzistentní v užívání plných či zkrácených jmen žurnálů (Phys. Rev. E vs Physical Review E).	
<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>výborné</b>
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, 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.</i>	

Autor cituje 131 záznamů, což se jeví jako velké množství, nicméně jsou dobře zařazeny v textu. Je zarážející, že pouze 41 z nich je novějších než deset let. Převzaté prvky jsou řádně odlišeny od vlastních úvah. Bibliografické citace jsou úplné a v souladu se zvyklostmi a normami.

#### **Další komentáře a hodnocení**

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

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

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

Předložená diplomová práce se zabývá atraktivním tématem urychlování elektronů pomocí brázdové vlny generované intenzivními laserovými impulsy (LWFA). Zaměřuje se na využití externího zdroje předurychlených elektronových svazků pro jejich následné významné urychlení na ultra-relativistické energie v plazmatu. Práce pečlivě představuje výhody i obtíže spojené s tímto přístupem. Konkrétní výzkumné téma přechodu laserového impulsu a elektronového svazku přes rozhraní mezi vakuem a plazmatem je velmi dobře zvoleno a odůvodněno.

Celkové hodnocení této práce vychází zejména z kapitoly 4, která představuje samotný výzkum studenta, zatímco úvodní tři teoretické části slouží převážně jako rešerše současného stavu v oboru, aniž by jej rozvíjely.

Výzkum sám byl proveden pomocí numerických simulací plazmatu metodou particle-in-cell (PIC) s využitím kódu SMILEI. Autor volí pro svou studii parametry laserového impulsu a plazmatu, které jsou standardní, nikde však není zcela jasně odůvodněn jejich výběr. Autor také stanovuje zpoždění mezi laserovým impulzem a elektronovým svazkem a zkoumá vliv několika charakteristických délek a profilů náběžné hustotní hrany na vlastnosti elektronových svazků během a po průchodu jimi.

V rámci výzkumu bylo pozorováno několik zajímavých efektů, které ovlivňují proces zachycení a urychlování elektronů, například pronikání elektronového svazku za první periodu plazmové vlny, což vede k nárůstu energetického rozptylu. Autor se vždy s těmito jevy správně vypořádává a navrhuje vhodná protipatření.

Jistým nedostatkem práce je opakované tvrzení, že LWFA je nová nebo inovativní metoda urychlování elektronů, i když významné experimentální studie na toto téma byly publikovány již v roce 2004 v časopise Nature. Bylo by vhodné přesněji formulovat, jaký přínos práce přináší vzhledem k existujícímu výzkumu v oboru.

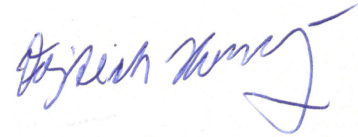
Hlavním závěrem práce je doporučení používat pro externí injekci delší parabolickou náběžnou hranu, i když to znamená drobnou ztrátu energie laseru a menší urychlovací gradient. Pokud by se dále pokračovalo v tomto výzkumu, zejména provedením delší simulace, která by zaznamenala i proces urychlování na velmi velké energie hlouběji v plazmatu, bylo by možné uvažovat o publikaci výsledků v odborné literatuře.

#### **Otázky:**

1. V práci se zabýváte vedením plazmové vlny a zachycením elektronového svazku v přechodovém rozhraní mezi vakuem a plazmatem. Volba parametrů laseru a plazmatu však vzbuzuje obavu, že

- by hlouběji v plazmatu mohlo dojít k samovolné injekci, která by znehodnotila vynikající vlastnosti externě vstříknutého svazku. Mohl byste to okomentovat a případně navrhnout protiopatření?
2. V obrázku 4.2 je pozorováno mírné snížení energie elektronového svazku v přechodové fázi mezi vakuem a plazmatem. Můžete objasnit příčinu?
  3. Uvažoval jste o využití simulací PIC s cylindrickou geometrií, tzv. kvazi-3D přístupem, vzhledem k symetrii studovaného problému? Jaké by to mělo výhody a nevýhody?
  4. V textu se zmiňujete, že jste prováděl simulace na IT4I v Ostravě. Můžete podrobněji popsat, jak jste získal přístup k těmto výpočetním zdrojům?
  5. Při simulacích předvídáte zachování vynikajících vlastností injektovaných elektronových svazků, pokud jsou přesně dodrženy parametry laseru, elektronového svazku a přechodového rozhraní mezi vakuem a plazmatem. Můžete odhadnout, jaké technologické limity by mohly ovlivnit zavedení této metody do reálných aplikací? Jaké další faktory by mohly ovlivnit její praktickou realizovatelnost a škálovatelnost?

Celkově hodnotím předloženou závěrečnou práci klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.



Datum: 19. května 2023 v Měgurele.

Podpis: