

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Charakterizace scintilačních detektorů na tokamaku GOLEM pro studium ubíhajících elektronů
Jméno autora:	Jakub Vinklárek
Typ práce:	bakalářská práce
Fakulta:	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
Katedra:	Katedra fyziky
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Čeřovský
Pracoviště vedoucího práce:	DS FJFI ČVUT a Ústav fyziky plazmatu AV ČR

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání a motivace k jeho vypsání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce a krátké průvodní slovo k motivaci pro zadání práce.</i>	
<p>Problematika ubíhající elektronů, která dříve nebyla v popředí zájmů fúzní komunity, hraje v současné době důležitou roli v rámci výzkumu termojaderné fúze v tokamacích. Zmíněné ubíhající elektrony jsou relativistické částice, které mohou být generovány za určitých podmínek během výboje v tokamaku a jejich dopad na první stěnu zařízení může způsobit velké škody, které mohou vést k vyřazení experimentálního zařízení z provozu. Jedním z tradičních a nejjednodušších nástrojů k výzkumu ubíhajících elektronů v tokamacích je v současné době scintilační detektor (fotonásobič osazený scintilačním krystalem). Pro výzkum ubíhajících elektronů a pro odhad jejich parametrů (např. energie) je nutné znát vlastnosti a limity použitých scintilačních detektorů. V minulosti byly detektory z tokamaku GOLEM zapůjčeny na tokamaky COMPASS (ÚFP v Praze) a TCV (EPFL v Lausanne), kde hrály důležitou roli pro určení vlastností ubíhajících elektronů na těchto zařízeních. Pro správné vyhodnocení proběhlých experimentů a také pro nadcházející další vývoj diagnostik na zmíněných zařízeních je nutné tyto detektory charakterizovat. Charakterizace scintilačních detektorů na tokamaku GOLEM – spočívající zejména v jejich energetické kalibraci, implementace automatické energetické kalibrace a automatického vyhodnocování naměřených dat během výboje na tokamaku GOLEM byly předmětem hodnocené práce.</p>	

Splnění zadání	splněno
<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>	
<p>Student se seznámil s problematikou ubíhajících elektronů v tokamacích a osvojil si základní znalosti týkající se detekce tvrdého rentgenového záření pomocí scintilačních detektorů. Provedl energetickou kalibraci detektorů na tokamaku GOLEM s dostupnými zdroji ionizujícího záření a úspěšně se mu povedlo tuto experimentální činnost zautomatizovat. Dále se mu podařilo vytvořit skript v jazyce Python, který je schopen připravit diagnostiku tvrdého rentgenového záření na tokamaku GOLEM pro měření během plazmatického výboje a posléze automaticky provést základní analýzu naměřených dat. Analýza dat zahrnuje zjednodušený odhad maximální energie ubíhajících elektronů během výboje. Student splnil všechny body zadání, ale je škoda, že mu nezbylo více času, který mohl věnovat analýze většího počtu výbojů s již vytvořenými nástroji, které by analýzu velkého souboru dat značně usnadnili.</p>	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	výborná
<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 přistupoval k plnění své bakalářské práce svědomitě. Systematicky studoval doporučenou literaturu. Konzultace probíhaly průběžně a student docházel připraven a projevoval zájem konzultovat konkrétní problematiku, která mu nebyla po samostudiu zřejmá. Po krátkém zaškolení v obsluze scintilačních detektorů</p>	

byl schopen samostatné práce. Díky infrastruktuře na tokamaku GOLEM dokázal provádět kalibrace detektorů částečně vzdáleně. Vzhledem k časové náročnosti úlohy se toto řešení ukázalo jako nutnost.

Odborná úroveň

průměrná

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Odborná úroveň posuzované práce odpovídá úrovni bakalářského stupni studia. Student byl schopný aplikovat znalosti získané studiem odborné literatury a správně je využít v praktické části své bakalářské práce. Prokázal schopnost systematicky pracovat na zadaném úkolu. Práci by se dalo vytknout, že dostatečně nepopisuje, v jakém experimentálním uspořádání byla kalibrace prováděna, což by potenciálně mohlo ztížit opakovatelnost měření, která by mohla být nutná pro vyhodnocení stálosti kalibrace. Je také škoda, že stálost kalibrace nebyla v práci adresována.

Formální a jazyková úroveň

průměrná

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

Celkovou formální a jazykovou úroveň bakalářské práce bych označil jako dobrou a odpovídající bakalářskému stupni studia. Studentovi se bohužel zcela nepodařilo vyvarovat se použití zbytečných anglicismů a některé formulace působí kostrbatě, i přesto zmíněné nedokonalosti nebrání pochopení textu. Bakalářská práce je vhodně konstruována. V teoretické části je čtenář nejprve seznámen s problematikou diagnostiky tvrdého rentgenového záření a dále se práce věnuje popisu ubíhajících elektronů. Na teoretickou část navazuje část praktická, která popisuje experimentální práci studenta a získané výsledky.

Výběr zdrojů, korektnost citací

výborné

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.

Vedle doporučené literatury student během vypracování své bakalářské práce využil prameny charakteristické pro problematiku ubíhajících elektronů v tokamacích, či využití scintilačních detektorů v zařízeních s magnetickým udržením. Výběr by se dal označit za tradiční, ale za dobře vystihující zmiňované pole výzkumu. Využil dostatečného počtu zdrojů, které byly vhodným způsobem zakomponovaný do těla práce. V nadcházející studentově kariéře bych doporučil klást větší důraz na stylistickou úroveň uvedených citací.

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.

Výsledky předložené práce studenta spočívají zejména v kalibraci scintilačních detektorů z tokamaku GOLEM a určení kalibračních vztahů pro různá nastavení scintilačního detektoru. Naměřená a zpracovaná data dále studentovi umožnila naprogramování automatické analýzy dat ze scintilačních detektorů, která díky tomu může být provedena po každém výboji bez ohledu na nastavení detektoru. Jedním z dalších studentových výstupů je skript usnadňující kalibraci detektorů na tokamaku GOLEM. Student vyzkoušel více technických řešení, a nakonec přišel s funkčním přístupem, který vedl k úspěšnému řešení úlohy. Bohužel se mu tuto úlohu nepovedlo dále rozvinout a například obohatit o automatickou detekci píků plné absorpce v měřeném spektru tvrdého rentgenového záření. Implementace dalších funkcionalit by udělala z kalibrace snadno proveditelnou rutinní záležitost. Studentovi se podařilo implementovat zjednodušenou automatickou analýzu dat ze scintilačních detektorů, která byla úspěšně demonstrována na analýze jednoho výboje. Jak již bylo zmíněno výše, je škoda, že student nevěnoval více času studiu více výbojů. Takováto analýza by přidala na kvalitě předkládané práce. Naměřené kalibrační křivky společně s určením energetického rozlišení detektorů dále

poslouží k dalšímu podrobnějšímu studiu funkčnosti scintilačních detektorů, protože jsou jedním ze vstupních experimentálních dat, která jsou nutná pro správnou interpretaci výsledků Monte Carlo simulací snažících se popsat odezvu detektoru na fotony tvrdého rentgenového záření.

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.

Student splnil všechny body zadání své bakalářské práce. V průběhu přípravy bakalářské práce si osvojil základy experimentální práce a prokázal samostatnost při řešení vědeckých úloh pod vedením školitele. Projevoval zájem o problematiku a sám navrhoval možná řešení vyvstalých problémů. Úspěšně se mu podařilo zautomatizovat činnosti, které bylo dříve nutné realizovat manuálně. Je nutné dodat, že přidáním dalších užitečných funkcionalit a aplikací robustnějšího přístupu k datům by vytvořil nástroj, který by mohl sloužit k dlouhodobému užívání a spolehlivější analýze dat na tokamaku GOLEM. I přesto tuto výtku je studentova práce velmi solidní a bylo by možné na ni v budoucnosti navázat.

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

Datum: 30.1.2024

Podpis:

