

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
Oponent práce:	Ing. Ondřej Ficker, Ph. D.
Pracoviště oponenta práce:	KF FJFI ČVUT v Praze a Ústav fyziky plazmatu AV ČR

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Zadání práce respektuje aktuální problémy v detekci tvrdého rentgenového záření v prostředí tokamaku, což je téma velmi důležité pro studium tzv. ubíhajících elektronů – relativistických nabitých částic, které mohou být v tokamaku generovány v intenzitách nesrovnatelných s jakýmikoliv jinými zařízeními. Tento jev v současnosti představuje asi největší hrozbu pro bezproblémový provoz budoucích fúzních reaktorů v magnetické konfiguraci typu tokamak.</p> <p>Náročnost zadání odpovídá bakalářské úrovni, v něčem ji lehce přesahu, takže by po drobném rozšíření bylo vhodné i pro práci magisterskou. Zadání směřuje k tomu, aby měla práce výstupy užitečné pro další generace studentů a jiné uživatele fakultního tokamaku Golem a rovněž k tomu, aby si student osvojil znalosti a metody experimentální fyziky, které bude moci použít na jiných experimentech s udržením plazmatu.</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>Zadání sestává z pěti hlavních bodů, dvou teoretických/rešeršních a tří praktických. Student se dle textu práce a citovaných referencí pečlivě seznámil jak s problematikou ubíhajících elektronů v tokamacích, tak s principy detekce tvrdého rentgenového záření. Teoretická část je přímočará, ale výstižná. Pokud jde o experimentální body zadání, student pečlivě zpracoval kalibraci 4 detektorů a tuto úlohu do značné míry automatizoval. Měření při experimentálních výbojích na tokamaku Golem bylo taktéž automatizováno a to pro objektivně nejlepší ze 4 diskutovaných detektorů. Poslední bod zadání, tj. pořízení spekter z výboje a jeho interpretace byl splněn částečně. Interpretace je totiž velmi stručná, v podstatě se jedná o odůvodnění tvaru spektra v rámci jednoho odstavce. Nicméně interpretace jakéhokoliv měření ubíhajících elektronů je složitá i pro mnohem zkušenější studenty a vědecké pracovníky a tak považují zadání za splněné.</p>	

Zvolený postup řešení	vhodný s výhradami
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Student zvolil vhodnou formu a organizaci rešeršních kapitol. U samotných měření potom srovnal dvě metody sběru dat, přičemž využil jak analýzu provedenou kompletně pomocí vlastních skriptů, tak pokročilé funkce velmi kvalitního osciloskopu, který je na tokamaku Golem k dispozici. Tento přístup si zaslouží pochvalu a studentovi umožnil zvolit optimální metodu sběru dat. Fitování píků v kalibračních spektrech bylo rovněž vhodně provedeno s využitím prověřených knihoven v jazyce Python. K fitování kalibračních funkcí bych ovšem měl drobné výhrady. Za prvé, fitování poměrně malého počtu bodů ve dvou proměnných zvyšuje nepřesnost a i vzhledem k většině aplikací (kdy napětí je volitelné, ale poté se nemění) by možná bylo vhodnější mít k dispozici sadu jednorozměrných kalibračních funkcí pouze v energii. Bylo by zajímavé srovnat přesnosti těchto metod. Dále je překvapivá kvadratická závislost na napětí zdroje místo exponenciální, které je pro fotonásobiče typická,</p>	

pokud ale ve zvoleném rozsahu fit dobře funguje, neměl by to být problém. V případě fitování pouze v proměnné napětí je nevhodnější metodou fitovat logaritmovanou závislost lineárně. U detektoru typu NaI(Tl) by vzhledem k výsledkům bylo vhodné použít pro kalibraci ještě několik bodů s vyšším napětím, dříve bylo možné s detektorem píky Co-60 naměřit, nicméně uvedené radiační poškození může mít vliv.

Dále, pokud text chápu dobře, kalibrace stále vyžaduje několik manuálních úkolů, například zapsání hodnot fitovacích parametrů. Všechny kroky kalibrace by už nemělo být těžké propojit dohromady. Měření během výboje, včetně nalezení odhadu maximální energie pomocí nejjednodušší možné metody se zdá zpracováno velmi vhodně. Jeho stabilitu a dlouhodobou použitelnost ukáže čas. K metodě zpracování mám tedy několik drobných výhrad.

Odborná úroveň

výborná

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

Práce je odborně na velmi dobré úrovni, nezabíhá do zbytečných detailů a drží se linie vytyčené zadáním. Může představovat velmi zajímavou základní referenci pro další studenty pracující na podobné problematice.

Formální a jazyková úroveň

průměrná

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

Práce je vhodně a logicky členěna na kapitoly a podkapitoly. Obrázky, schémata a grafy jsou čitelné a jejich grafika jednoduchá, obecně je text práce čtivý. V práci se vyskytuje poměrně málo překlepů, ale bohužel lze nalézt řadu pravopisných chyb typu shoda podmětu s přísudkem a občas lze narazit na větu napsanou zkratkovitě a syntakticky naprosto nevhodně. Narazil jsem také na chybné jednotky/umístění desetinné čárky u rozměru krystalu nebo na chybně uvedené nukleonové číslo izotopu kobaltu konzistentně v celém textu (jedná se o Co-60 ne o Co-68). Tyto nedostatky bohužel pro čtenáře působí dost rušivě a práci trochu srážejí. Studentovi poskytnu překlepy vyznačené v .pdf pro možnost korektury.

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.

Práce obsahuje 37 referencí, typově od monografií, přes články až po webovou dokumentaci přístrojů, naprostá většina předkládaných netriviálních faktů je opatřena citací. Citace obsahují nezbytné bibliografické informace. Výběr zdrojů a citací tedy hodnotím kladně. Pouze formát referencí by v některých případech bylo vhodné doladit a sjednotit.

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.

Navíc k již výše zmíněným komentářům bych rád znovu zdůraznil, že především programový výstup této bakalářské práce přispěje k rozvoji systému zpracování dat na tokamaku Golem. To znamená, že student dokázal přispět k dlouhodobějším výzkumným cílům skupiny fyziky plazmatu a termojaderné fúze na FJFI. Dle provedené analýzy a automatizace student rovněž prokázal velmi dobrou schopnost programování, která je v současném fyzikálním výzkumu zásadní.

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.

Celkově hodnotím práci kladně, student vypracoval kvalitní a stručnou rešerši fyzikální problematiky a charakteristiky scintilačních detektorů, provedl kalibraci, měření fyzikálního jevu v tokamaku a automatizaci těchto měření. Těžiště práce je v programování a ve zvolení vhodných metod zpracování dat. Menšími nedostatky jsou pouze: velmi stručná interpretace a diskuze fyzikálních výsledků, ne úplné dotažení automatizace a jazykové nebo velmi drobné faktické chyby v textu práce.

U obhajoby bych studentovi rád položil tyto otázky:

1) Přineslo by fitování pouze v jedné proměnné (pro kalibraci v energii, s tím že by se volila varianta křivky podle napětí zdroje), zásadní rozdíly pro koeficienty a kalibraci? Bylo by možné provést srovnání na vhodném příkladu?

2) V práci není příliš diskutován pokles detekční účinnosti pro vyšší energie kvůli rozměrům krystalu, pro jaké energie začne být pro zvolené krystaly zásadní? Mohl se nějak projevit například v ne příliš dobrých výsledcích detektoru YAP?

3) Mohl by student nastínit, jak by se při automatickém zpracování dala analyzovat a případně korigovat postupná degradace krystalu vlivem velkých dávek ionizujícího záření, která je v práci zmíněna?

4) Jaké jsou další plány studenta – čemu se by se rád věnoval ve výzkumném úkolu a diplomové práci?

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

Datum: 30.1.2024

Podpis:

