

## Posudek školitele pro diplomovou práci

### **„Statistická analýza měření fúzních neutronů a fotoneutronů na tokamaku COMPASS“**

(“Statistical analysis of measurements of fusion neutrons and photoneutrons at the COMPASS tokamak”)

Student: Bc. Lukáš Lobko

Obor: Fyzika a technika termojaderné fúze

Školitel: Ing. Ondřej Ficker

Diplomová práce studenta Bc. Lukáše Lobko se věnuje měření a zpracování měřených signálů z detektorů neutronů v prostředí fúzních reaktorů typu tokamak. Ke vzniku neutronů v těchto zařízeních může dojít v důsledku dvou procesů – průběhu kýžených fúzních reakcí, ale také v důsledku “havarijního stavu” s přítomností relativistických elektronů, které mohou prostřednictvím brzdného záření iniciovat vznik fotoneutronů. Student se věnuje studiu obou těchto jevů v rámci dvou sekcí diplomové práce, která obsahuje přibližně 70 stran textu a 36 referencí a je psána v anglickém jazyce.

Dvě sekce věnované neutronům a fotoneutronům jsou dále systematicky členěny vždy na několik kapitol, které pokrývají teoretické pozadí problematiky, popis použitého hardware, zpracování signálů a výsledky s diskusí.

Teoretický úvod k oběma sekcím je zpracován stručným a pro potřeby práce naprosto dostačujícím způsobem, včetně vhodných referencí. To platí i pro popis použitých detektorů, který by ale místy mohl být ještě názornější.

Student se také některých experimentálních kampaní na počátku svého magisterského studia účastnil a obsluhoval dedikovaný systém sběru dat, nicméně vzhledem k pandemii byla později přímá účast studenta na kampani obtížně realizovatelná.

Těžiště práce spočívá v selekci a klasifikaci vhodných výbojů na základě funkčnosti jednotlivých detektorů a typu výboje/cílů daných experimentálních kampaní. S takto vybudovanou databází může dále pracovat sám student nebo vědci v ÚFP.

K nejvýznamnějším výsledkům v první sekci věnované fúzním neutronům patří jak poměrně očekávatelná jasná závislost produkce neutronů na energii svazku neutrálních částic vstříknuté do plazmatu, tak především zjištění, že H-mod zvyšuje udržení rychlých iontů a s tím i neutronový výtěžek přibližně o 25% oproti modu s nižším udržení energie částic. Tento kvantitativní výsledek může být dále studován a položit základ pro zajímavou publikaci.

Samotná analýza databáze pak mohla být ještě dále rozvedena například studiem časového vývoje během výbojů nebo použitím pokročilejších statistických metod, nicméně tím by značně narostl rozsah již relativně objemné práce.

Čtvrtá kapitola práce popisuje technickou aplikaci různých detektorů pro určení účinnosti stínění haly tokamaku COMPASS – jedná se o zajímavou aplikaci a výsledky jsou v přibližné shodě s dozimetrickými měřeními.

Pro analýzu fotoneutronů bylo třeba nejprve ověřit, zda použité detektory správně rozlišují pulsy vysokoenergetických fotonů a neutronů. Student prokázal, že scintilační detektor na bázi 6-Li, lze s rychlým datovým sběrem použít k současné detekci fotonů i neutronů a diskriminace je vzhledem k velmi odlišné době trvání píku poměrně snadná, což bylo příjemné překvapení i pro výrobce těchto detektorů.

Na základě detekce fotoneutronů a hypotézy jejich původu v grafitových dlaždicích první stěny tokamaku COMPASS, lze usuzovat, že značná část populace svazku ubíhajících elektronů dosahuje velkých energií přes 5 MeV. Často opomíjená produkce fotoneutronů se tak ukázala jako vhodná doplňující diagnostická metoda pro stadium ubíhajících elektronů.

První tři body zadání byly splněny výborně a v širším měřítku, než jsme při zadávání práce očekávali, čtvrtý bod – srovnání s relevantními modely - by tak vydal na širší navazující práci a nakonec nebyl zahrnut, byť například analýza účinnosti stínění by mohla být vhodně doplněna jednoduchým modelem transportu neutronů v rámci software openMC.

Pátý bod – důsledky pro návrh diagnostiky pro COMPASS-U – není v práci explicitně popsán, nicméně práce studenta vedla ke zlepšení znalostí o fungování jednotlivých typů detektorů v rámci našeho vědeckého týmu, což umožní zvolit vhodnější design pro neutronovou diagnostiku na tokamaku COMPASS-U.

Vzhledem ke všem výše popsaným skutečnostem navrhuji práci ohodnotit známkou **A (výborně)**.

V Praze dne 20. května 2022

Ondřej Ficker