

RNDr. Ing. Petr Chudoba, Ph.D.
Ústav jaderné fyziky AV ČR v.v.i.
Hlavní 130
Řež 250 68
30.4.2020

prof. RNDr. Vladimír Aubrecht, CSc.
Děkan/předseda zkušební komise
Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT
Technická 3058/10
Brno 616 00

Věc: Oponentní posudek disertační práce Ing. Miroslava Zemana

Vážený pane profesore,

níže předkládám posudek disertační práce Ing. Miroslava Zemana (dále jen autor), který jsem vypracoval z titulu člena komise v pozici oponenta práce.

Autor vypracoval disertační práci s názvem *Experimentální studium pole neutronů v podkritickém urychlovačem řízeném jaderném reaktoru*. Tato práce je rozdělena do pěti hlavních částí + závěr: představení konceptu urychlovačem řízených systému, jejich motivace a vyčerpávající přehled historického i současného stavu výzkumu v této oblasti; témata následujících dvou kapitol do jisté míry splývají a autor se zde zabývá zejména jadernou γ -spektroskopií jakožto analytickou metodou použitou k získání experimentálních dat; v předposlední kapitole se autor věnuje popisu konkrétních experimentů, jichž se účastnil a jejich provedení; v poslední kapitole autor prezentuje výsledky a doplňuje je komentáři a diskusí; v závěru autor přehledně a jasně shrnuje získané výsledky a v širších souvislostech diskutuje pozorované efekty. V následujících odstavcích se krátce vyjádřím k jednotlivým kapitolám.

K úvodní kapitole nemám podstatných námitek, a naopak oceňuji vyčerpávající rešerši, kterou autor provedl. Jediná věc, která upoutala mou pozornost byla věta na straně 31: „Obecně platí, že plutonium a vyšší aktinoidy, které nemohou být snadno štěpeny v lehkovodním reaktoru...“. Zde autor opomněl zmínit, že důvodem špatné štěpitelnosti tepelnými neutrony jsou párovací efekty a že takto neštěpitelné jsou sudé izotopy. Nemyslím si však, že by to bylo projevem autorovy neznalosti, nýbrž opomenutí ve snaze o kompaktní a jasný text.

V kapitolách 2 a 3 se autor věnuje fyzikálním aspektům procesů souvisejících s γ -spektroskopií a dále nutnými korekcemi pro dosažení přesných výsledků. Celkově jsou efekty a korekce popsány, ač stručně, tak korektně. Pomínám z mého pohledu zbytečně komplikovanou korekci

nelinearity energetické odezvy detektoru, kdy autor vychází z lineární kalibrace a pokračuje zbytečně komplikovanými korekcemi pro dosažení kvadratického popisu energetické kalibrace navíc pouze pro dvě energie. Mnohem jednodušší a přesnější by bylo vycházet již od počátku s kvadratickým popisem a pro energetickou kalibraci použít celou sérii γ -přechodů např. z rozpadů ^{152}Eu , což je jeden z nejběžnějších kalibračních etalonů. Toto ovšem ve smyslu prováděných experimentů nemá žádný vliv na výsledky a považuji to za zavedený postup, pravděpodobně motivovaný používanými nástroji. Zásadnější problém mám však s tvrzeními v podkapitole 3.3.5, kterým se budu věnovat v jedné z otázek, které by během obhajoby bylo vhodné zodpovědět.

V kapitole 5 se autor věnuje získaným výsledkům reakčních rychlostí a také získanému popisu neutronového pole generovaného v experimentální sestavě. Autor zde vhodně popisuje jednotlivé získané výsledky a postupně popisuje a diskutuje viditelné efekty. Jeden z nejvýznamnějších pozorovaných efektů, kterému i autor věnuje velkou pozornost, je neočekávaná fluktuace reakčních rychlostí pro různé pozice vzorků pro reakci $^{59}\text{Co}(n,\gamma)^{60}\text{Co}$. Autor ji dává za příčinu chybnou kalibraci jednoho z detektorů. Toto tvrzení se mi jeví nepravděpodobné a ocenil bych, pokud by se k tomuto tématu mohl autor vrátit i během obhajoby. Níže se budu věnovat důvodům, proč se mi toto vysvětlení nezdá správné v rámci otázek. Další věcí, která mě v textu zaujala a kterou předkládám autorovi k zamyšlení je neintuitivní chování poměrů reakčních rychlostí v čelních sekcích (1 a 2) na pozicích blízko středu (0 a 40 mm) pro prahové reakce. Pro tyto reakce vyvolané rychlými neutrony bych čekal na zmíněných pozicích poměr blízký jedné. Avšak pro sekci 1 a pozici 0 mm vidíme poměr 0.47 a 0.59 pro reakce $^{59}\text{Co}(n,p)^{59}\text{Fe}$ a $^{59}\text{Co}(n,2n)^{58}\text{Co}$. A tedy vyšší hodnoty reakčních rychlostí pro provedení bez olověného stínění. Je možné, aby protonový svazek před vstupem do sestavy QUINTA částečně zasahoval i olověné stínění nebo nějakou část jeho podpůrné konstrukce? V případě, že by k tomuto rozptýlení primárního svazku skutečně docházelo, mohlo by jít i o vysvětlení případů vyšších výtěžků reakcí $^{59}\text{Co}(n,4n)$ oproti $^{59}\text{Co}(n,3n)$.

Závěr práce, jak již bylo naznačeno dříve, je pojat koncepčně velmi dobře a v kontextu shrnuje získané výsledky a jejich diskusi.

Otázky k obhajobě:

1)

Autor na str. 71 v subsekcí 3.3.5 píše: „Vylétající fotony mají energii nižší o anihilační energii 511 keV nebo 1022 keV než původní radionuklid.“ Toto tvrzení neodpovídá realitě. V sekci 2.3 se autor věnuje popisu interakce γ -kvanta s hmotou za vzniku e^-+e^+ páru. Tento popis, ač pouze kvalitativně popisuje daný proces korektně. Avšak v kombinaci s tvrzením v 3.3.5 bych rád autora požádal o celkový kvalitativní popis všech tří interakcí γ -kvanta s hmotou a popis výsledných efektů pozorovatelných v získaném γ -spektru. Tímto dostane autor příležitost dokázat, že se skutečně v dané problematice dobře orientuje a uvést popis efektů na pravou míru i pro budoucí čtenáře z řad dalších generací studentů.

2)

Pro reakci $^{59}\text{Co}(n,\gamma)^{60}\text{Co}$ autor zmiňuje fluktuaci pro sekce 1 a 4 na pozici 40 mm, pro sekce 2 a 5 na pozici 80 mm a pro sekci na pozici 120 mm. Toto snížení zdůvodňuje chybnou kalibrací detektoru F – Canberra GC3018. Při porovnání stejných sekcí a pozic pro reakci $^{59}\text{Co}(n,p)^{59}\text{Fe}$ však zmíněné fluktuace nejsou pozorovatelné. Vzhledem k podobnosti energií γ -přechodů pro ^{60}Co a ^{59}Fe by se musela chyba v kalibraci projevit i zde a vysvětlení pomocí chybné kalibrace se jeví jako nepravděpodobné. Jako pravděpodobnější se v tomto směru jeví narušení průběhu (odstínění/absorpce) nízkoenergetické části neutronového spektra pro dané fluktuující pozice. Mohl by se autor navrhnout, čím by mohlo být spektrum v daných pozicích narušeno oproti pozicím jiným nebo oproti experimentu bez olověného stínění? Pokud se autor s touto teorií neztotožní, tak bych ho požádal o krátké zdůvodnění a navržení alternativní teorie případně o obhajobu původního vysvětlení v podobě chybné kalibrace.

Celkově práci hodnotím jako dobrou a nevidím překážky k jejímu uznání jako disertační práce. Po úspěšné obhajobě navrhuji udělit Ing. Miroslavu Zemanovi titul Ph.D.

RNDr. Ing. Petr Chudoba, Ph.D.