

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: Bc. František Zach
Název práce: Studium záření gama v rozpadu $^{83}\text{Rb}/^{83\text{m}}\text{Kr}$
Studijní program a obor: Fyzika, Jaderná a subjaderná fyzika (FJF)
Rok odevzdání: 2023

Jméno a tituly oponenta: Mgr. Stanislav Valenta, Ph.D.
Pracoviště: Ústav částicové a jaderné fyziky, MFF UK
Kontaktní e-mail: stanislav.valenta@mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky oponenta:

Diplomová práce navazuje na autorovu bakalářskou práci. Náplní práce je měření a analýza gamma spekter, s cílem použití $^{83}\text{Rb}/^{83\text{m}}\text{Kr}$ jako dobře charakterizovaného kalibračního zářiče, v kontextu práce zejména pro potřeby experimentu KATRIN.

Ve zdařilém Úvodu autor popisuje základní charakteristiky studovaných isotopů, z kterých vyplývá jejich vhodnost pro kalibrace. Jasně definuje motivaci práce. Dále uvádí konkrétní detaily použití v experimentu KATRIN a také přehled dalších experimentů používajících tento kalibrační zářič (osobně bych ocenil upřesnění typů detektorů, které jednotlivé experimenty používají). Do jisté míry subjektivní poznámka: Úvod začíná odstavcem, kterým by měl spíše končit. Selektivní reference na jednu podkapitolu působí zvláště, pokud chce autor popsat strukturu práce, tak plně.

Na Úvod autor navazuje velmi stručnou Kap. 1, ve které shrnuje dosavadní znalosti o rozpadu $^{83}\text{Rb}/^{83\text{m}}\text{Kr}$ a krátce vysvětluje další aspekt vhodnosti tohoto isotopu pro kalibrace. Pokud jsem správně pochopil cíle práce, tak jedním z nich je zpřesnění a/nebo doplnění a/nebo vymezení se vůči Ref. [8], tedy – jak sám autor píše – vůči zmiňovaným (ale necitovaným) pracem z let 1964 a 1976. Očekával bych vypíchnutí základních atributů těchto prací a později porovnání těchto atributů s prací autora. K této kapitole mám otázky 1 a 2.

Práce pokračuje popisem mechanismu a metody detekce gamma záření v Kap. 2, která dále obsahuje informace o použitých kalibračních zdrojích gamma záření a popis výroby samotného rubidiového zdroje. Kapitola končí informacemi o přístrojích použitých pro měření dat.

Těžištěm práce je Kap. 3, v jejíž první podkapitole autor představuje software DEIMOS použitý pro zpracování gamma spekter. S touto podkapitolou souvisí otázky 3 a 4. Dále v Kap. 3.2 autor kvantifikuje stínění kalibračních zdrojů způsobené pouzdry. K této kapitole mám otázky 5-7. V Kap. 3.3 autor popisuje fitování efektivit. Dovolím si odhadnout, že nejistota efektivit, uvedená na konci Kap. 3.3, je jedním z důležitých zdrojů systematické nejistoty finálních výsledků prezentovaných v Tab. 11. Proto mám k této kapitole několik otázek, vizte 8-10. Měření potenciální únik Kr z kalibračního zdroje je popsáno v Kap. 3.4.

Následují dvě podkapitoly, v kterých autor prezentuje výsledky měření energií a intenzit gamma přechodů. Z popisu v Kap. 3.5 mi není jasné, jak přesně měření probíhalo a v čem spočívá výhodnost použitého postupu. Z textu dále není jasné, jak byly určeny nejistoty v Tab. 10 a osobně mi chybí přehledné porovnání s energiemi z Ref. [8]. Analogický problém mám s následující podkapitolou, resp. s Tab. 11. Do širší diskuse bych si dovolil přispět otázkou 11, a poprosil bych autora o objasnění situace ohledně nejistot v Tab. 10 a 11.

V Závěru autor rekapituluje svou práci a provádí elementární diskusi některých výsledků. Pro mne překvapivě až zde píše, že přechod o energii 237 keV, který je v Ref. [8] přiřazen měřenému rozpadu, pochází z pozadí. Toto tvrzení není v práci rozebráno a není ukázáno na základě čeho k němu autor došel. Dovolím si podotknout, že mi není znám běžný zdroj takového pozadí, a upozornit, že evaluátoři jsou často extrémně konzervativní a odmítají opravovat evidentní překlepy v originální práci staršího data a nekriticky přebírají hodnoty s těmito překlepy. Dále autor mmjn. konstatuje, že jím měřené intenzity jsou ve shodě s Ref. [8], což je jistě pravda díky relativně vysokým nejistotám evaluovaných intenzit. Autor ale v Tab. 11 uvádí nejistoty významně nižší než evaluované, proto bych čekal okomentování jednak tohoto faktu a také následného promítnutí těchto zlepšení v kontextu kalibrací (nejen) na experimentu KATRIN.

Na základě výše uvedeného a vzhledem k dalším přešlapům (nejsou číslovány rovnice; parametry fitovaných závislostí, např. parametru stínění P nebo efektivit detekce η , jsou uváděny bez nejistot; nejasná citování, např. v popisku Tab. 2; velmi mírně řečeno diskutabilní výroky ohledně statistiky, např. v druhém odstavci Kap. 2.2) jsem dospěl k názoru, že předložená práce může být v nejlepším případě hodnocena stupněm dobře.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

1. Autor uvádí, že "... krypton je inertní plyn, což je výhodné pro jeho použití jako kalibračního zdroje, ...". V čem spočívá ona výhodnost, ať už obecněji, nebo konkrétně pro potřeby kalibrace experimentu KATRIN?
2. Prosím autora o vysvětlení původu hodnot v Tab. 1 – v autorově bakalářské práci v Tab. 3 jsou hodnoty přesně dle Ref. [8], v předkládané práci ale doznaly změn, přestože je uveden stejný zdroj.
3. V Kap. 3.1 autor uvádí, že program DEIMOS používá Gaussovský tvar γ linek. Předpokládám, že v horní části Obr. 5 jsou vyneseny residuály a žluté horizontály odpovídají ± 3 . Jsou odchylky od Gaussovského tvaru nějak prospány do nejistot v Tab. 4 a 6? Proběhly pokusy o vylepšení situace, ať už v nastavení hardware (např. vyladěním pole zero), nebo v softwarovém zpracování?
4. V souvislosti s předchozí otázkou a s dobami měření v řádu nejméně vyšších hodin, uvedenými v Tab. 3, by mne zajímalo jak byl kontrolován tzv. gain drift a kolik činil.
5. V Kap. 3.2 používá autor parametr stínění P ve tvaru $a \left(1 - b \cdot e^{-E/c} \right)$, kde E je energie γ a a, b, c jsou fitované parametry. Mohl by autor objasnit původ této závislosti?
6. Jaké tloušťce PMMA odpovídá parametr stínění $P = 97.80(6)\%$ na 60 keV? Byla tato tloušťka měřena i jinak než pomocí útlumu γ linek?
7. Proč je v Tab. 4 uvedeno méně přechodů pro zdroj ^{152}Eu než v Tab. 2?
8. Proč autor přistoupil k odhadu nejistoty efektivity tak, jak prezentuje na konci Kap. 3.3? S čím souvisí tak dramaticky skoková změna (téměř na třetinu) nejistoty efektivity?
9. Autor se pro popis efektivity HPGe uchyluje k použití tzv. Willettovi formule (mimochodem v jiném tvaru než publikoval Willett [1], Ref. [20] uváděnou autorem se mi nepodařilo dohledat), kterou modifikuje zejména i) přidáním energetického posunu a ii) použitím dvou "sešitých" parametrizací formule. Poprosil bych autora o detailní komentář k tomuto fitu. Zejména by mne zajímalo proč je použito tolik volných parametrů (až 13 – pokud nebyly kladeny podmínky na spojitost a hladkost – na 24 datových bodech), zda se nejedná o tzv. overfitting. V literatuře, vizte např. Ref. [2], je k nalezení několik dalších parametrizací efektivity. V praxi se používají tyto formule nebo jejich lehké modifikace, které jsou typicky za pomoci 5-6 parametrů schopny popsat závislost efektivity na energii v celém relevantním intervalu energií.
10. Jak bylo zacházeno s energií rozdělující dvě oblasti výše zmíněného fitu, tedy 224 keV? Má toto dělení nějaký fyzikální důvod nebo interpretaci? Jak autor kontroluje potenciální bias způsobený tímto parametrem?
11. Na konci Kap. 3.5 autor zmiňuje nově pozorovaný přechod o energii asi 227 keV. Je možné nějak potvrdit navržený původ a umístění do rozpadového schématu?

Práci:

- doporučuji
 nedoporučuji

uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně velmi dobře dobře neprospěl

Místo, datum a podpis oponenta:

Lowell, MA, 2. června 2023

Mgr. Stanislav Valenta, Ph.D.

**Reference**

- [1] J. Willett, *A method for the high precision measurement of relative intensities and internal conversion coefficients*, Nuclear Instruments and Methods **84** (1970) 157–167,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0029554X70902570>.
- [2] Z. Kis, B. Fazekas, J. Östör, Z. Révay, T. Belgya, G. Molnár, and L. Koltay, *Comparison of efficiency functions for Ge gamma-ray detectors in a wide energy range*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment **418** (1998) 374–386,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168900298007785>.