

Aplikace práškových scintilačních materiálů v Mössbauerově spektroskopii

Školitel: doc. Mgr. Vít Procházka, Ph.D., Konzultant: Mgr. Petr Novák, Ph.D., březen 2023

Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra experimentální fyziky

obor Aplikovaná fyzika

Předkládaná dizertační práce z oboru Mössbauerovy spektroskopie je dominantně zaměřena experimentálně, a to na vývoj a uplatnění detektorů ionizujícího záření. Ve specializovaných sestavách Mössbauerových spektrometrů jsou pak zjišťovány, analyzovány a detailně diskutovány parametry těchto detektorů. Práce se konkrétně zabývá aplikací práškových scintilačních materiálů YAP:Ce ($\text{YAlO}_3\text{:Ce}^{3+}$, yttrito-hlinitý perovskit aktivovaný cerem) a CeBr_3 (bromid ceritý). Pomocí těchto materiálů byly vyvinuty tzv. semi-transparentní detektory pro charakterizaci svazku záření v energetické a časové doméně, kdy část záření je detekována a část prochází skrz detektor k dalšímu uplatnění. Provedené experimenty a publikované výsledky prokazují úspěšnost realizace práce.

Na pracovišti katedry experimentální fyziky dlouhodobě probíhá výzkum a vývoj specializovaných detektorů. Studentem vyvinuté detektory zapadají do tohoto kontextu a umožňují i realizaci nových experimentů v mnohem složitějších konfiguracích pro vícekanálová měření.

Předkládaná práce je psaná srozumitelně, uceleně, je členěna přehledně a její kvalita vypovídá o porozumění předkladatele diskutované problematice. V práci je uveden dostatečný teoretický úvod se zaměřením na v experimentální části diskutované body. Uváděný postup experimentálního řešení práce poukazuje na schopnost cílené práce studenta na tématu s vědomím uplatnění výsledků. Použité metody konstrukce a vývoje specifických detektorů ionizujícího záření jsou vhodně zvoleny. Cíle vývoje uváděných detektorů a jejich nasazení v experimentech považují za splněné.

Komentáře

K formální úrovni práce a její jazykové úrovni níže uvádím v bodech komentáře, které považuji za nevýznamné vzhledem k samotné obhajobě, ale tyto nepřesnosti mohly být eliminovány. Uvedené komentáře tedy nepovažuji za důvod snížení kvality odbornosti a přínosu práce v oboru.

1. V práci bych uvítal seznam zkratk a symbolů.
2. Str 4, v seznamu příloh je u přílohy II (B) špatné pořadí autorů.
3. Str. 8, při prvním uvedení označení scintilačních materiálů a dalších chemických sloučenin bych uvítal hned uvést slovní český název, nebo pak v seznamu zkratk a symbolů. Např. YAP:Ce je uveden až na str. 33.
4. Str. 10, ve větě je navíc „o“ ... foton o hybnost...
5. Str. 11, v obrázku 1 a) není mezera před jednotkou 122,1 keV; v tabulce na obrázku 1 b) jsou používány desetinné tečky.
6. Symboly pro hranice uzavřeného intervalu jsou zde symboly „menší“, „větší“, nikoliv $\langle \text{ } \rangle$, to je v celém textu práce.
7. Občas v textu práce chybí tečka na konci věty, např. u „...apod.)“.
8. Str. 16, u obrázku 2 bych uvítal větší písmo v popisku os a jejich hodnot.

9. Str. 18, uprostřed, u veličiny Γ by měl být index „0“; níže je mezera v „Lam b-Mössbauerova“...
10. Str. 19, u obrázku 3 je špatně vidět označení gama kvant; veličina v_{z-k} je různě uváděna s a bez „“ za k, viz str. 20 nahoře i dole.
11. Str. 20, je někde zavedena veličina v_{z-v} ? Nevšiml jsem si.
12. Str. 22, dole, v textu práce je různě používáno označení páru elektron-díra s nebo bez pomlčky.
13. Str. 23 první věta „...k transferu...“.
14. Chemický prvek se značkou Tl je v české terminologii uváděn jako thallium, s dvěma „l“; prvek s označením Ce pak jako cer, nikoliv cerium. Toto je v celém textu práce. Prvky uvádět s malým počátečním písmenem. Později v textu už je i malé poč. písmeno.
15. Str. 25, uprostřed, symbol γ není u energie kvanta E_γ indexem; uprostřed je navíc ve větě „je“, nad vz. (11).
16. Str. 29, ve větě pod vz. (16) je navíc slovo „být“.
17. Str. 33, nahoře, chybí mezera u „70 %“; v názvu tabulky 2 je uvedeno malé b „...Cebr₃...“; v tabulce 2 jsou používány desetinné tečky.
18. Str. 10, v obrázku 10 v legendě je několikrát „fitr“ místo „filtr“.
19. Str. 38, ...“byla naměřena amplitudová spektra...”.
20. Str. 40, dole „V amplitudovém spektru ...“.
21. Str. 41, v legendě modré křivky u obrázku 13 je chybně uvedeno „zářičem“.
22. Str. 42, dole věta „Scintilátor by v práškového...“, z.
23. Str. 50, nahoře, u označení poznámky je „1*“; dole v poznámce je jen „*“ a dále „... nebyla použita optimální metodika...“.
24. Str. 51, v legendě obrázku 21 jsou závorky u označení „Epoxy(450)“, ale v textu zavedeny nejsou.
25. Str. 53, nahoře, „... zaručuje nevyšší ...“, chybí „j“; dole ve větě „...a fotonásobičem je upraven...“ je navíc „je“.
26. Str. 58, dole, je použito označení STR bez předchozího vysvětlení.
27. Str. 60, je zde pro symbol délky „palec“ uveden znak „““, tedy stopa, nikoliv „““.
28. Str. 61, nahoře, viz věta „...hygroskopická scintilátoru znemožňuje nalepení prášku na scintilátor...“, na detektor?
29. Str. 62, 63, 64..., různé označení scintilátoru CEBR900 a dalších, s/bez mezery po CEBR.
30. Str. 64, tabulka 4, jsou zde desetinné tečky.
31. Str. 66, osa x grafu na obrázku 30 není Počet detekcí, ale „Kanál“.
32. Str. 68, v tabulce 6 jsou u čísel desetinné tečky; uprostřed, v odrážkách nejsou tečky na koci některých vět.
33. Str. 70, dole, ve větě „...kde je z grafu je patrné...“, je navíc „je“.
34. Str. 76, obrázek 38, v pravém grafu (SRD) nejsou hodnoty na ose x.
35. Str. 77, nahoře, uvedení obrázku 40 je dříve než obrázku 39.
36. V textu i v příloze A je kombinovaně (nejednotně) uváděno označení NaI:Tl vs. NaI(Tl).
37. Vícekrát je v textu práce zmíněno tzv. kvantové provázání, ale není nikde popsán jev. Uvítal bych aspoň odkazy na doporučené zdroje.
38. V seznamu použité literatury
 - a. u některých odkazů na knihy chybí vydavatel [2], nebo místo vydání [50],
 - b. u některých odkazů na vědecké články chybí uvedení stran [14,34,42,55,66,68],
 - c. u některých zdrojů chybí uvozovky pro název příspěvku [19,28,30,31,36] pro zachování jednotného formátu citací.

Dotazy:

1. Viz str 18 dole, můžete uvést i referenční zdroj pro odkaz na „nerezavějící ocel“ použitou jako konverzní materiál do rezonančního detektoru?
2. Viz spektrum na str. 21 na obrázku 6 a kraje rezonančních spekter s minimy četností:
 - a. Můžete odhadnout, proč toto nebylo také pozorováno v článku níže (oponentův spoluautorský článek)?
 - M. Mashlan, A. Kholmetskii, V. Yevdokimov, J. Pechousek, O. Verich, R. Zboril, R. Tsonchev: Mössbauer spectrometer with resonant detector, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B 243(1) (2006) 241–246, <http://dx.doi.org/10.1016/j.nimb.2005.07.208>.
 - b. I takovéto spektrum bylo složeno v SW MossWinn, příp. jak bylo analyzováno?
3. Viz str. 42 nahoře, proč je tloušťka 400 μm scintilátoru YAP:Ce „příliš velká“ v geometrii zpětného odrazu MS? Dále v práci byl vyroben a testován (práškový) scintilátor s tl. 450 μm . Tím, že to není už kompaktní disk, tak je toto vhodné?
4. Na str. 54 se uvádí „hliníkem povrstvené mylarové folie“. Jde o komerční folii, nebo byla pokovena laboratorně?
5. Na straně 76 se uvádí „Implementací konverzního materiálu do SRD došlo ke zvětšení šířky čáry z 0,31 mm/s na 0,42 mm/s, což bylo způsobeno větší efektivní tloušťkou vzorku a způsobem uchycení konverzního materiálu v detektoru, kdy se ve spektru více projevují parazitní vibrace.“. Je prosím možné prezentovat výsledky fitování zdrojových dat, jako výstup MossWinn (či jiného SW) včetně tzv. chyby fitu? A to i pro oba grafy NAITL i SRD. Při pohledu na data z detektoru SRD mi přijde, že u paty singletu je na pravé straně mírný „nedofitovaný“ signál, možná se jedná o dublet překrývající se s dominantním singletem. A při nezapočítání tohoto signálu pak dojde k rozšíření čáry fitu singletu. Může být už tato „signálová“ nečistota přímo v konverzním materiálu způsobena přípravou, stárnutím, nebo vznikla až manipulací materiálu do matrice? Nebo to tedy souvisí jen se zmíněnými vibracemi?

Závěr:

V práci jsou použity výsledky celkem tří prvoautorských publikací autora publikovaných v impaktovaném časopise (Q1), což považuji za výrazný odborný přínos a demonstraci získaných znalostí. Zejména výsledky uváděné na straně 57 dizertační práce o vývoji semi-transparentního detektoru STD [68] využitím práškového scintilátoru považuji za přínos výzkumu a vývoje v oblasti Mössbauerovy spektroskopie, a s tím navazující uplatnění zařízení a metodiky. Dále vývoj semi-transparentního rezonančního detektoru SRD je plně v souladu s aktuálním výzkumem a vývojem dle ref. [83], což je potvrzeno diskuzí na str. 79 dizertační práce.

Předloženou dizertační práci doporučuji k obhajobě.

V Olomouci dne 18. 5. 2023

oponent

doc. RNDr. Jiří Pechoušek, Ph.D.
Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra experimentální fyziky
585 634 167 | 585 631 415
jiri.pechousek@upol.cz