

Dr hab. Michał Gierlik, prof. NCBJ

Konkluzja

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgr. inż. Łukasza Modzelewskiego pod tytułem „Monitoring radiacyjny środowiska w oparciu o spektrometr promieniowania gamma z detektorem LaBr₃(Ce)” oceniam, że praca **nie wypełnia** warunków art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Uzasadnienie tej opinii znajduje się poniżej.

Recenzja

Art.187. ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce precyzuje iż:

1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.
2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.

Moim zadaniem było ustalenie czy i w jakim stopniu rozprawa doktorska mgr. inż. Łukasza Modzelewskiego, zatytułowana „Monitoring radiacyjny środowiska w oparciu o spektrometr promieniowania gamma z detektorem LaBr₃(Ce)” spełnia ustawowe wymagania.

Mgr inż. Modzelewski aspiruje do stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwa i energetyka, i na podstawie tytułu rozprawy wyrobiłem sobie pewne oczekiwania w stosunku do zaprezentowanego zakresu owej wiedzy ogólnej. Spodziewałem się, że dowiem się coś na temat celów i technik monitoringu radiacyjnego w kraju i na świecie. Poznam typowe oraz nietypowe instrumenty, z których korzystają instytucje prowadzone rzeczony monitoring. Odświeżę swoją wiedzę na temat wielkości pomiarowych szczególnie istotnych z punktu widzenia monitoringu radiacyjnego. Byłem ciekaw w jaki sposób dość specyficzny detektor promieniowania gamma, jakim jest detektor scyntylacyjny z kryształem bromku lantanu domieszkowanego cerem, może być wykorzystany w monitoringu. W których konkretnie przyrządach może być zastosowany, i czy jego szczególne cechy dają mu jakąś przewagę, bądź stanowią obciążenie, w zestawieniu z innymi detektorami scyntylacyjnymi, innymi spektrometrami bądź innymi technikami rejestracji promieniowania w omawianym zastosowaniu.

Jeśli chodzi o punkt drugi, to spodziewałem się, że doktorant miał co najmniej istotny udział w budowie prototypu urządzenia, którego właściwości pod kątem przydatności dla celów monitoringu wszechstronnie zbadał i opisał.

Opis rozprawy

Już w pierwszym rozdziale doktorant definiuje swoje cele, które zrozumiąłem jako:

- Opracowanie założeń teoretycznych, jakie musi spełniać prototyp autonomicznego stanowiska do monitoringu radiacyjnego środowiska,
- Zbadanie właściwości instrumentu,
- Zbudowanie systemu analitycznego umożliwiającego bieżącą interpretację wyników pracy instrumentu pod kątem potrzeb monitoringu radiacyjnego - ocenę narażenia radiacyjnego.

Pewien niepokój wzbudził brak jasnej deklaracji budowy i zakresu funkcjonalności prototypu. Doktorant posłużył się sformułowaniem „(...) opracowano założenia i konstrukcje prototypowego, autonomicznego, stanowiska (...)”, co w szczególności mogło oznaczać model komputerowy, istniejący jedynie w postaci projektu w środowisku typu CAD. Nie mniej, poprawnie przeprowadzona symulacja działania instrumentu, z wykorzystaniem metod i oprogramowania Monte-Carlo, poparta solidną weryfikacją doświadczalną wypełniałaby warunki ustawowe. Z drugiej strony autor rozprawy wspomina o „(...) wykonaniu prototypu stanowiska do prowadzenia permanentnego monitoringu radiacyjnego środowiska in situ”, co może znaczyć zarówno kompletny prototyp środowiskowej stacji dozymetrycznej, jak i laboratoryjne stanowisko do testowania jej elementów składowych. Dodatkowy opis 'in situ' świadczy, że nawet pozostając w laboratorium, prototyp został poddany testowi, bądź testom związanym z pracą na wolnym powietrzu. Autor pracy nie zdefiniował zakresu warunków rzeczonych 'in situ', ale opisał potencjalne środowiska pracy instrumentu mieszczące się w zakresie zainteresowań służb i instytucji zajmujących się monitoringiem radiacyjnym.

I w tym momencie dotknę pierwszego z poważnych zarzutów, jakie mam do recenzowanej pracy. Gramatyka i styl, w jakim została napisana praca świadczy o poważnych brakach autora w formułowaniu dłuższych wypowiedzi pisemnych. Sposób prowadzenia narracji utrudnia zrozumienie i śledzenie wątku, który potrafi się urwać nawet wewnątrz akapitu. Na przykład zdanie „Obecnie istnieją komercyjnie dostępne metody szacowania m.in. wydajności rejestracji fotonów przez detektory, które dają precyzyjne rezultaty.” wymaga chwili głębszego zastanowienia, czy chodzi o metody, czy też o detektory, które dają precyzyjne rezultaty. Uderza swobodna żonglerka czasami. W trakcie wywodu autor potrafi posłużyć się jednocześnie czasem przeszłym, teraźniejszym i przyszłym. Na przykład w rozdziale pierwszym pojawiają się sformułowania „Celem pracy jest (...)”, „Na podstawie założeń opracowano (...)”, „Osiągnięcie opisanego celu nastąpi (...)”. Kwiecistość języka, jak najbardziej właściwa dla utworu literackiego, jest nie na miejscu w rozprawie naukowej. Zdania typu „29 radionuklidów uznaje się za starszych niż Świat.” nic nie wnoszą do meritum sprawy, a niepotrzebnie pompują objętość rozprawy, która, nota bene, liczy sobie ponad 160 stron! Autor pozwala sobie również wielokrotnie na nieuzasadnione generalizacje, w których, co gorsza, niekiedy mija się z prawdą. A to już jest nie tylko absolutnie niedopuszczalne, ale wręcz dyskwalifikujące.

Przykłady:

- „Wśród nich preferowany jest germanowy detektor półprzewodnikowy wysokiej czystości (HPGe – ang.: High Purity Germanium) ze względu na wysoką rozdzielczość energetyczną (zdolność rozdzielczą) i wydajność detekcji.” Byłbym niezwykle ostrożny przy tworzeniu rankingu preferencji, bez doprecyzowania zakresu zastosowania detektora. Ponadto zestawienie detektora HpGe z 'wysoką wydajnością detekcji' wydaje się być, przynajmniej w moim mniemaniu, nader ryzykowne.
- „Pierwiastki promieniotwórcze pochodzenia naturalnego (pierwotnego) istniejące od chwili powstania Ziemi. Charakteryzują się one w dużej mierze, okresem (czasem) połowicznego rozpadu $T_{1/2}$ porównywalnym z wiekiem Ziemi, to jest około $4,6 \times 10^9$ lat.” W 'dużej mierze', czyli w jakiej? 10%, 50% czy 80%? Rzut oka na zestawienie naturalnych pierwiastków promieniotwórczych wskazuje, że ich czasy życia są najróżniejsze. Czemu właściwie ma służyć takie zdanie, poza sztucznym zwiększeniem objętości rozdziału? Czy rozpiętość czasów życia, bądź według autora ich jednolitość, ma jakieś istotne znaczenie dla monitoringu, bądź tematu, który porusza autor?
- „Do zliczenia błysków świetlnych (scyntytacji) wykorzystuje się fotopowielacze, które jednocześnie zwielokrotniają ich ilość.” Fotopowielacze nie służą do zliczania błysków świetlnych, i z całą pewnością ich nie zwielokrotniają. Fotopowielacz służy do konwersji światła na ładunek elektryczny. Kondensator w dzielniku napięcia fotopowielacza zamienia ładunek na skok napięcia, który trafia do układu akwizycji. Dopiero to, co znajduje się na samym końcu; licznik w najprostszym lub wielokanałowy analizator amplitudy w najbardziej złożonym przypadku zlicza rzeczony błyski. Zdania tego typu nie są nawet rażącym uproszczeniem. Są wyraźnym sygnałem, że autor nie rozumie o czym pisze.

- „Radionuklidy znajdujące się w skorupie Ziemi powodują ekspozycje żyjących na powierzchni ziemi organizmów, głównie poprzez promieniowanie gamma. Promienie beta i alfa są w większości pochłaniane.” Pochłaniane przez co? Te żyjące na powierzchni ziemi organizmy? A promieniowanie gamma nie jest pochłaniane? Przecież w monitoringu radiacyjnym nawet rozróżnia się dwie osobne wielkości pomiarowe: dawkę ekspozycyjną i dawkę pochłoniętą. Jak to się ma do tego zdania? Ja oczywiście rozumiem, co miał autor na myśli, i dostrzegam głęboki skrót myślowy którego dokonał, ale tylko dlatego, że temat jest mi nieobcy. Fragmenty pracy obejmujące materiał, którego musiałem się nauczyć z innych źródeł, stanowiły dla mnie prawdziwe wyzwanie intelektualne, głównie ze względu na niedbałe i nieściśle formułowanie zdań.

Wymienione przykłady stanowią jedynie reprezentatywną próbkę stylu autora i pełnią rolę ilustracji mojego zarzutu. Wprawdzie niedbalstwo formy nie podlega ocenie ustawowej, jednakże może się okazać istotne przy subiektywnej, jak by nie było, ocenie recenzenta, czy doktoranta, pomimo posiadania dostatecznej wiedzy teoretycznej, podołał zadaniu jej zaprezentowania w rozprawie.

Aby spełnić wymagania formalne zaprezentowania owej ogólnej wiedzy teoretycznej, o której mówi ustawa, dysertacje, w odróżnieniu od publikacji naukowej, charakteryzują się rozbudowanym wstępem teoretycznym. W dobrze skomponowanej pracy taki wstęp pełni rolę przewodnika pozwalającego czytelnikowi ocenić i docenić poziom wyzwania, jaki wyznaczył sobie doktorant. Zdolność do wyselekcjonowania bardziej zaawansowanych elementów wiedzy, niezbędnej do zrozumienia właściwej części rozprawy, a także umiejętność jej wyłożenia czytelnikowi w przystępny, a jednocześnie zwięzły sposób wymaga od doktoranta nie tylko dogłębnego zrozumienia istoty studiowanego zagadnienia, ale również jego ogólnego osadzenia w swojej dyscyplinie. Temu zadaniu moim zdaniem mgr. inż. Modzelewski nie podołał. Rozdział pierwszy wydaje się być złożeniem kilku elementów, luźno powiązanych tematycznie, bez żadnego wyjaśnienia czemu właściwie mają służyć i jaka jest ich rola w osiągnięciu wyznaczonego celu. I tak mamy podrozdział o naturalnym promieniowaniu tła, o monitoringu radiacyjnym środowiska, o detektorach promieniowania gamma, oraz z jakiegoś powodu dedykowany podrozdział o wpływie temperatury na działanie instrumentów pomiarowych. Na poziomie ogólnym moje rozczarowanie wynika z faktu, że nie znalazłem żadnej z informacji, których się tam spodziewałem, a o których wspominałem na początku recenzji. W rozdziale autor miesza informacje bardzo ogólne z bardzo szczegółowymi, bez wyjaśnień czemu miałyby służyć. Poniżej pozwoliłem sobie zestawić najbardziej charakterystyczne elementy Wprowadzenia, które utwierdziły mnie w mojej opinii.

- „Znamy 117 pierwiastków i około 3000 pierwiastków promieniotwórczych.” - Na tym etapie edukacji wypadałoby znać różnicę pomiędzy pierwiastkiem a izotopem, i wprawnie posługiwać się tymi terminami.
- „Opisane procesy w większości nie zależą od energii zdeponowanej przez promieniowanie w detektorze ani siły sygnału optycznego dla fotodetektorów.” - Co to jest 'siła sygnału optycznego'? Czy jest to liczba fotonów na 1 MeV, średnia liczba elektronów wybitych z fotokatody, czy może chodzi o wzmocnienie fotopowielacza? Ten i poprzedni przykład wzbudziły we mnie podejrzenie, że dość ekscentryczny dobór stosowanej w pracy terminologii wynika nie tyle ze specyfiki dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, ale z niewiedzy doktoranta.
- Podrozdział 1.2 prezentuje wartości aktywności (Bq) uwolnionych w wyniku katastrof radiacyjnych, a następujący po nim podrozdział 1.3 operuje dawkami (Sv). Brak tutaj dość istotnego wkładu, jakim byłaby prezentacja wielkości pomiarowych wykorzystywanych w monitoringu środowiska.
- Rys. 3 i tekst wiodący: „Rysunek 3 przedstawia aktualnie stosowane metody sprawowania monitoringu radiacyjnego środowiska w Polsce i na Świecie. Od lewej z numerem (1) przedstawiono sondę scyntylacyjną z detektorem $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$, która jest przedmiotem badań w niniejszej pracy.” Skoro opisany w pracy detektor LaBr_3 zalicza się do 'aktualnie stosowanych metod sprawowania monitoringu', to jak to się ma do oryginalności rozwiązania problemu naukowego ujętego w temacie rozprawy?
- W Podrozdziale 1.4 uderza kontrast pomiędzy bardziej niż lakonicznym opisem procesu rejestracji energii promieniowania przez detektor scyntylacyjny, a niezwykle rozbudowanym opisem zasady działania

fotopowielacza. O budowie fotopowielacza uczono mnie w szkole średniej. Zamieszczanie takiego opisu w rozprawie doktorskiej, przy jednoczesnym prześlizgiwaniu się po znacznie bardziej złożonych zagadnieniach budzi uzasadnione podejrzenie, że autor nie ma wycucia, co w jego pracy było trudne i istotne, a co zalicza się do, nazwijmy to, wiedzy powszechnej, którą na tym etapie edukacji po prostu się posiada. Owo podejrzenie jest dodatkowo wzmacniane przez zamieszczony Rys. 6. O ile zaczerpnięty ze strony Wikipedii schemat jest bez zarzutu, o tyle sąsiadujący z nim, autorski wykres świadczy o tym, że autor nigdy nie zadał sobie trudu obejrzenia sygnału z badanego detektora na oscyloskopie.

- Detektor, który został wykorzystany w pracy nie jest jakimś tam domyślnym detektorem scyntylicyjnym, ale bardzo konkretnym, kalibrowanym modelem LABR-1.5x1.5 firmy Canberra, a ściślej Mirion Technologies. Informację tę można uzyskać wyłącznie oglądając w dużym powiększeniu zamieszczone w rozprawie zdjęcie. Biorąc pod uwagę fakt, że część eksperymentalna doktoratu była związana z wykorzystaniem dokładnie tego modelu, uważam że brak informacji o jego producencie za dość poważne niedociągnięcie. Jestem przekonany, że Canberra jest w posiadaniu wielu informacji na temat właściwości tego detektora, które autor rozprawy mógł zestawzić z otrzymanymi przez siebie wynikami.
- W podrozdziale 1.5 autor poświęca intrygująco dużo miejsca zjawisku zmiany wzmocnienia układu pomiarowego w funkcji temperatury, które nazywa 'dryftem temperaturowym'. Efekt ten jest całkiem dobrze poznany i istnieje wiele zgrabnych i porządnie udokumentowanych rozwiązań, dobieranych odpowiednio do sposobu zastosowania detektora. Jak się mogą domyślać, bo autor o tym nie pisze, w monitoringu środowiskowym istnieje konieczność pomiaru bardzo słabych aktywności na otwartym powietrzu. W trakcie długotrwałego cyklu pomiarowego detektor jest narażony na dobowe zmiany temperatury, i w konsekwencji na płynną i niekontrolowaną zmianę wzmocnienia sygnału. W takich przypadkach najczęściej stosuje się proste i skuteczne układy kompensujące, sterujące na przykład zasilaniem fotopowielacza. W przypadku cyfrowej akwizycji sprawa jest jeszcze prostsza, bo można to robić programowo. Nic z tego z rozprawy się nie dowiemy. Autor proponuje jedynie bliżej nieokreśloną technikę 'unfoldingu': „Innym rozwiązaniem jest zbadanie dryftu temperaturowego i jego późniejsze uwzględnienie w analizach ilościowych i jakościowych, czyli przeprowadzenie tzw. rozkładania lub rozłożenia.” Moje zrozumienie tego co zrobił, bądź zamierzał zrobić autor nie wzrosło znacząco nawet po przestudiowaniu całego, dedykowanego rzeczonemu rozkładaniu rozdziału 4.3.

Kolejne rozdziały rozprawy dotyczą tego, co doktorant faktycznie zrobił i stanowią podstawę do oceny wypełnienia drugiego warunku nakładanego przez ustawę. Po przestudiowaniu pracy doszedłem do następującej konstatacji. Doktorant dysponował kalibrowanym, komercyjnym detektorem scyntylicyjnym z calowym kryształem bromku lantanu. Termin kalibrowany oznacza, że producent wraz z instrumentem dostarczył informację na temat bezwzględnej wydajności detektora, czyli bezwzględne prawdopodobieństwo rejestracji kwantu gamma, który trafił w kryształ scyntylicyjny, w funkcji energii. Opcjonalnie taką charakterystykę można próbować wyznaczyć samemu, co samo w sobie byłoby imponującym dokonaniem, ale o niczym takim autor pracy nie pisze. Ponadto, producent oprogramowania winien dostarczyć opis budowy - geometrii detektora, w postaci umożliwiające bezpośrednie wykorzystanie jej do symulacji Monte Carlo w celu wyznaczenia funkcji odpowiedzi detektora na rejestrowane promieniowanie. W istocie Canberra dostarcza gotowe środowisko pracy, w którym opisuje się jedynie geometrię i rodzaj źródła promieniowania oraz geometrię samego pomiaru, a system przeprowadza konieczne obliczenia. Tak przygotowane środowisko pozwala nie tylko identyfikować w widmie linie promieniowania i przyporządkowywać je do znanych izotopów, ale wyznaczać bezwzględne aktywności tych ostatnich. Niektóre fragmenty pracy, patrz rozdziały 2.2.5.5 i 2.2.5.6 wydają się sugerować, że takim właśnie narzędziem autor dysponował, choć nie używał go do doświadczalnego wyznaczania bezwzględnej aktywności źródeł.

W rozprawie autor zajmuje się zasadniczo badaniem właściwości opisanego detektora, co w świetle faktu, że jest to seryjnie produkowany i prawdopodobnie dobrze przebadany model, stanowi kolejny, po wspomnianym wcześniej rysunku 3, przyczynek do wątpliwości co do oryginalności rozwiązania problemu. Wśród

badanych właściwości znalazły się zależność energetycznej zdolności rozdzielczej i wydajności detektora od energii. Tę ostatnią, jak się wydaje, autor wyznaczał głównie numerycznie, za pomocą symulacji. Dużo uwagi autor poświęcił analizie wydajności detektora w zależności od orientacji względem rozciągniętego źródła. Rozważał to zagadnienie zarówno od strony doświadczalnej jak i za pomocą symulacji, natomiast pominął stronę czysto teoretyczną. Gdyby był to zrobił, to by natychmiast był skonstatował, że dla konkretnego detektora najbardziej optymalną geometrią jest ta, w której promieniowanie ma największą szansę interakcji z materiałem czynnym detektora. Dla z grubsza symetrycznego scyntylatora, jakim jest walec o średnicy równej wysokości, nie ma większego znaczenia z której strony dochodzi promieniowanie. Oczywiście z dokładnością do obudowy i elementów elektroniki detektora, na których rejestrowane promieniowanie będzie się rozpraszać. Nie było więc większej niespodzianki, że taki też wynik otrzymał doktorant, co w sumie dobrze świadczy o poprawności wykonanych testów, natomiast niezbyt dobrze o sensie postawionego problemu badawczego.

Istotna część pracy dotyczyła obserwacji zmian, bądź ich braku, wydajności, energetycznej zdolności rozdzielczej i wzmocnienia w funkcji temperatury. W rozdziale 4.4.1 autor rozprawy opisuje swój program do wyliczania, na podstawie wyznaczonych doświadczalnie charakterystyk detektora, położenia i kształtu piku pełnej absorpcji dla wybranej energii, w funkcji zmian temperatury zachodzących w trakcie pomiaru. Nie wydaje mi się, a autor tego tematu w ogóle nie porusza, czy taki proces analityczny jest do czegokolwiek przydatny. Intuicja i doświadczenie podpowiadają mi, że użyteczny byłby proces odwrotny, to znaczy procedura pozwalająca odtworzyć energie przejść gamma (linii) z widma, będącego kombinacją liniową funkcji odpowiedzi detektora na pomiar promieniowania o różnych energiach, w warunkach nieliniowych zmian temperatury. Ale to wymagałoby operowania pełnymi funkcjami odpowiedzi detektora, takimi które uwzględniają wszystkie procesy oddziaływania kwantów promieniowania z scyntylatorem.

Ostatnim elementem zaprezentowanych w rozprawie prac było wykalibrowanie detektora na stanowisku do kalibracji w jednostkach (mocy) przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$ dla czterech różnych energii (rozdziały 2.4.2.1, 3.3 i 4.4). Stanowi to pierwszy krok do budowy dozymetru na bazie detektora spektrometrycznego. Niestety, na tym kroku doktorant się zatrzymał. W szczególności zabrakło:

- wyznaczenia zależności przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$ od energii rejestrowanego promieniowania,
- wyznaczenie innych, pochodnych wielkości, takich jak kierunkowy równoważnik dawki $H'(d,\Omega)$ i indywidualny równoważnik dawki $H_p(d)$,
- doświadczalnego wykazania poprawności tych zależności dla interpolowanych i ekstrapolowanych energii,
- napisania programu, który automatycznie wyliczałby właściwe wielkości dozymetryczne na podstawie akumulowanego widma.

Gdyby taki program uwzględniał w swoim działaniu wartości rejestrowane przez czujnik temperatury, to kompletny układ pomiarowy, wraz z detektorem, elektroniką akwizycji i komputerem, na zasilaniu baterijnym można by wystawić na zewnątrz. Tamże, wyniki jego pracy można by porównać z działaniem standardowej stacji dozymetrycznej. Dopiero tak zestawiony układ doświadczalny można by nazwać „(...) prototypem stanowiska do prowadzenia permanentnego monitoringu radiacyjnego środowiska in situ”, o którym mowa w celach recenzowanej rozprawy. Celem tego doktorant nie zrealizował. Pozostałe cele, czyli opracowanie założeń teoretycznych, jakie musi spełniać prototyp autonomicznego stanowiska do monitoringu radiacyjnego środowiska oraz zbadanie właściwości instrumentu, w takim zakresie, w jakim zostały zaprezentowane w rozprawie, nie spełniają, w moim mniemaniu, warunku oryginalności.

Pozostałe uwagi

Powyższy wywód, odnoszący się do istoty faktycznie zrealizowanych prac, zawiera kardynalny zarzut wobec recenzowanej rozprawy. Poza nim mam do przeprowadzonych prac, ich celowości oraz sposobów prezentacji jeszcze szereg uwag i zarzutów cząstkowych. Uwagi te mają różny ciężar gatunkowy, odnoszą się do

elementów pracy poczynając od rozdziału 2 i uporządkowane są w porządku czytania rozprawy (w kolejności, w jakiej pojawiają się w rozdziałach). Poniższe uwagi służą wyłącznie jako przykłady i w żadnym wypadku nie należy traktować ich jako kompletnej i wyczerpującej listy mankamentów, których usunięcie odmieniłoby znacząco ogólny obraz całości manuskryptu.

- „Wydajność rejestracji fotonów w pikie całkowitego pochłaniania energii (...) jest to parametr o największym znaczeniu w praktycznej spektrometrii promieniowania gamma.” Pojęcie jest zdefiniowane jako wzór 6. W jaki sposób wielkość zależna od geometrii pomiarowej może mieć ‘największe znaczenie praktyczne’? Termin Absolute Efficiency sugeruje, że jednak chodzi o prawdopodobieństwo rejestracji kwantu gamma, który przeszedł przez scyntylator, ale wówczas będzie niezgodny z formułą 6.
- Czemu służy rozbieżność prostego zagadnienia kalibracji energetycznej na dwa rozdziały 2.2.1 i 2.2.4?
- Czemu służy rozdział 2.2.5? Czy autor korzystał z metody innej niż dopasowanie funkcji Gaussa?
- Czy Rys. 10 jest wykonany samodzielnie, czy skopiowany z jakiegoś źródła? Dlaczego wszystkie wykresy w pracy mają postać bitmap, czyli zostały skopiowane skądś inąd, co rodzi podejrzenie, że nie zostały wykonane samodzielnie. Czemu wykres doświadczalny nie ma naniesionych punktów doświadczalnych? Czym jest błąd względny na rysunkach 9, 10? Opisy rysunków w pracach naukowych powinny być kompletne w tym sensie, że do ich zrozumienia czytelnik nie musi sięgać do tekstu wiodącego.
- „(...) weryfikując model detektora za precyzyjnych źródeł kalibracyjnych” Styl. Co to są 'precyzyjne źródła kalibracyjne' i czym odróżniają się od tych nieprecyzyjnych?
- „Oprogramowanie Genie 2000 produkcji Canberra jest podstawowym narzędziem wykorzystywanym w spektrometrii.” Nieuzasadniona generalizacja. Na przykład ja zajmuję się spektrometrią gamma od lat 25 i nigdy nie korzystałem z tego oprogramowania.
- Autor opisuje instrument, który stanowi oś doktoratu, i którego właściwości są znane od co najmniej kilkunastu lat. W rozdziale jednakże nie odwołuje się do żadnej z pozycji z bogatego materiału publikacyjnego dostępnego na ten temat.
- „Jak wynika ze schematu około 65,5 % atomów rozpada się poprzez wychwyt elektronu (...)”. Styl. To, o czym pisze autor, wynika z właściwości izotopu, a nie z zamieszczonego schematu. Zmiana schematu nie wpłynie w najmniejszym stopniu na współczynniki rozgałęzienia przemiany.
- Rys. 13. Kopiowanie rysunków z innych źródeł jest wygodne, ale niesie ze sobą konieczność opisanie wszystkich elementów, które się na nim znajdują.
- Rozdział 2.3. „Rysunek 14 przedstawia bieg własny sondy (...)” Styl. Sondy nie biegają.
- Rozdział 2.3. „Promieniowanie elektromagnetyczne towarzyszące rozpadowi lantanu (^{138}La) jest rejestrowane przez detektor zbudowany z bromku lantanu w koincydencji z promieniowaniem beta.” W spektrometrii gamma pojęcie pomiaru koincydencyjnego ma inne znaczenie niż to, w jakim używa go autor. Tu chodziło o jednoczesną rejestrację i sumowanie sygnałów, i to trzeba było jednoznacznie wyjaśnić.
- Rys. 14. Opis rysunku jest po angielsku. Czy to kopia z jakiejś pracy, bo podpis twierdzi, iż jest to ‘opracowanie własne’? Dlaczego widmo urywa się na 2 MeV? Dlaczego pik o energii 1436 keV ma niesymetryczny kształt i dlaczego jest opisany jako 32 keV? Skąd się biorą struktury powyżej 1,5 MeV? Brak wyjaśnienia natury owej ‘koincydencji’ z promieniowaniem beta i jego związku z efektami widocznymi w widmie. W szczególności, do czego konkretnie odnosi się podpis β -continuum? To są pytania, na które czytelnik pracy odpowiedzi nie znajdzie.
- „Źródło promieniotwórcze zostało sporządzone w identyczny sposób jak przygotowuje się filtr do badań spektrometrycznych.” A co to jest filtr spektrometryczny i jak się go przygotowuje? Nota bene, istnieje

bardzo poważny powód, dla którego tworzy się takie zintegrowane, wieloizotopowe źródła, ale o tym w pracy nie znajdziemy nawet najmniejszej wzmianki.

- 2.4.2. Na czym właściwie polega wzorcowanie sprzętu dozymetrycznego?
- 2.4.2. "Daje pewność zapewnienia jakości i spójności pomiarowej uzyskiwanych wyników pomiarów" Styl. Na czym polega zapewnienie jakości i spójności pomiarowej, i skąd płynie ta pewność?
- 2.4.2. "Jej odpowiedź energetyczna jest niemalże płaska." Styl. Na czym polega płaskość odpowiedzi?
- W rozdziale 2 wymieniono i opisano kilka instrumentów, których zastosowania nie odnalazłem w części doświadczalnej pracy. Po co więc zostały wspomniane?
- Rozdział 3. „Nie ma jednak dowodów na to, że jest ona lepsza niż orientacja horyzontalna (pozioma).” Generalizacja. Producenci nie bez powodu zalecają pewne geometrie pomiarowe. W pierwszej kolejności wynika to z konstrukcji detektora – okno z jednej strony jest cieńsze. Z drugiej wynika z kształtu materiału czynnego detektora. Im bardziej odbiega on od idealnego kształtu kuli, tym wyraźniejsze są efekty.
- Rozdział 3.1.1. Czy podane funkcje wydajności są funkcjami fenomenologicznymi, czy też stoją za nimi jakieś fizyczne właściwości budowy detektorów? Innymi słowy, czy parametry dopasowania mają sens fizyczny?
- Równania 14 i 15. Jakie są granice całkowania i czemu właściwie służy wprowadzanie takich konstruktów matematycznych, zwłaszcza w świetle mojego wcześniejszy komentarza dotyczącego definicji funkcji $eff(E)$? Funkcja wydajności w postaci zdefiniowanej przez autora zmieni się w przypadku zmiany geometrii. Można ją pomnożyć przez długość stołu laboratoryjnego, albo podzielić przez π , ale to nie nada jej żadnego nowego sensu fizycznego, a już na pewno nie spowoduje, że będzie się nadawała do „(...) śledzenia zmian wydajności rejestracji”.
- Rozdziały 3.1.2 i 3.1.3. Matematyka jest narzędziem bardzo elastycznym i pozwala na tworzenie bardzo różnych konstruktów, ale zanim się przejdzie do ich stosowania, należy wykazać, że mają sens.
- Rozdział 3.2.1, „Kalibrację wydajnościową wykonywano zmieniając stopień wielomianu interpolacyjnego, którym opisywano przebieg krzywej kalibracji wydajnościowej.” Niejasne. A nie była to po prostu metoda regresji?
- Rozdział 3.2.3, „Wykonane badanie doświadczalne miało na celu zweryfikowanie zjawiska dryftu temperaturowego sondy z detektorem scyntylacyjnym $LaBr_3(Ce)$.” Na czym polegała weryfikacja? Na zaobserwowaniu, że rzeczywiście wynik działania układu pomiarowego zależy od temperatury?
- Rysunek 29 jest nieczytelny. Niejasne są też intencje autora. Co to znaczy, że widmo się przemieszcza? Skąd i dokąd się przemieszcza? Jeżeli autor chciał zademonstrować zmianę wzmocnienia układu pomiarowego, to trzeba było to zrobić pokazując na wykresie zmiany amplitudy wybranego pików w funkcji temperatury.
- Rozdział 3.2.4.1 jest kompletnie niezrozumiały.
- Rozdziały 3.2.4.2 oraz 3.2.4.3 wydają się być bardzo skomplikowanym i zawiłym sposobem stwierdzenia, że wywołana skokami temperatury zmiana wzmocnienia wymaga zaktualizowania kalibracji energetycznej.
- Rozdział 4. Wydaje mi się, że tak ściśle rozseparowanie pracy na część opisującą wyłącznie warsztat pomiarowy i analityczny, a część prezentującą uzyskane wyniki nie było najszcześniejszym rozwiązaniem. W trakcie lektury rozdziału 3 męczyło mnie pytanie „I co wyszło?”. Natomiast rozdział 4 zmuszał mnie do nieustannego wertowania pracy w celu odszukania miejsca, w którym autor opisał metodę pomiaru i/lub analizy. Już w pierwszym zdaniu autor na 83 stronie odwołuje się do rysunku, który znajduje się na stronie 47, a wersja elektroniczna pracy, którą dysponowałem miała nieaktywne lub uszkodzone odwołania.
- Rys. 32. Co właściwie znajduje się na rysunku i co z tego wynika?

- Rys. 33. Czy to pomiar, czy symulacja? Chyba symulacja, ale to wymaga analizy tekstu metodą eliminacji hipotez. Co jest na osi rzędnych? $\ln(\text{eff}(E))$? A czym podyktowana jest taka forma i czym jest lepsza od skali przyjętej na rys. 10?
- Rozdział 4.2.1 i tabela 9. Skąd ten archaiczny system notacji z epoki sprzed edytorów graficznych? Chyba jednak $\ln(\text{Eff}) = -1,11 + 0,9973x + 0,02559x^2 - 0,007452x^3$ wygląda znacznie lepiej?
- Tabela 9. Tak jak już wcześniej wspominałem, każda zmiana geometrii spowoduje zmianę funkcji $\text{eff}(E)$ wydajności detektora. Czemu właściwie służy ta symulacja i zestawienie współczynników?
- Rozdział 4.2.2. Nie potrzeba trójwymiarowej mapy, żeby wiedzieć, że strumień promieniowania przechodzącego przez wycinek sfery spada z kwadratem odległości.
- Rozdział 4.2.3. Parametr IAFEPE, przynajmniej w takiej postaci, w jakiej go zdefiniowano w pracy, jest pozbawiony sensu fizycznego.
- Rozdział 4.2.4. Badanie zmienności współczynników dopasowania? Po co?
- Rozdział 4.2.5. Pomiar radionuklidów przy usytuowaniu poziomym i pionowym. Można się było kogoś zapytać, że wyjdzie tak samo. Rys. 40 prezentuje widmo promieniowania własnego kryształu scyntylacyjnego. Brak różnic świadczy przede wszystkim o tym, że fotopowielacz został poprawnie zaekranowany materiałem o wysokim współczynniku przenikalności magnetycznej. W przeciwnym wypadku zaobserwowano by wyraźne zmiany wzmocnienia spowodowane oddziaływaniem ziemskiego pola magnetycznego z elektronami przyśpieszonymi w fotopowielaczu. Natomiast nie wpłynęłoby to na wydajność, bo geometria detektora względem źródła pozostałaby niezmienną.
- Rozdział 4.3 w zasadzie powtarza na różne sposoby to, co już było wcześniej, czyli że zmiana temperatury wpływa na wzmocnienie układu pomiarowego.
- Rozdział 4.3.3. Ten rozdział zawiera cztery strony tekstu, cztery rysunki oraz trzy tabele, a mimo to nie daje jasnej odpowiedzi czy, i w jaki sposób energetyczna zdolność rozdzielcza detektora zależy od temperatury. W szczególności, nie odpowiada na pytanie, czy pozorne zmiany $\text{fwhm}(E)$ wynikają ze zmiany wzmocnienia układu, czy są rezultatem fizycznych zmian zachodzących w scyntylatorze.
- Rozdział 4.3.4 ma bardzo podobny charakter do poprzedniego. Dotyczy wpływu temperatury na wydajność detektora i przynajmniej zawiera jakąś konkluzję, chociaż nie bardzo widać w jaki sposób przeprowadzone rozumowanie i pomiary do niej prowadzą. Tabele i rysunki prezentują dane pozbawione sensu. Tabele 22, 23, 24 i 25 są w dodatku redundantne (prezentują te same dane). Rys. 54 podpisany jest jako dopasowanie do danych doświadczalnych, ale brak na nim punktów doświadczalnych. Uderzająca jest lakoniczność podanych informacji dotyczącej pomiaru wydajności, rozdział 3.2.2, str. 74 i rozdział 2.2.3, str. 43, zwłaszcza w zestawieniu z poziomem szczegółowości innych opisów. Brak analizy błędów pomiarowych. Nie wiadomo nawet, czy zastosowane przez autora procedury dopasowania krzywych do punktów doświadczalnych w ogóle uwzględniały niepewności pomiarowe tych ostatnich.
- Rozdział 4.4 bardzo szczegółowo opisuje proces liniowego dodawania funkcji odpowiedzi detektora na monoenergetyczne promieniowanie rejestrowane w różnych temperaturach. Przy czym, nie jest to *sensu stricto* pełna funkcja odpowiedzi, a jedynie efekt pełnej rejestracji energii promieniowania, czyli tzw. pik pełnej absorpcji lub pełnego pochłaniania. Autor nie tłumaczy, jaki jest sens lub cel procedury, zwłaszcza w kontekście dozymetrii środowiskowej. Sensowny, i zgodny z angielskim terminem 'unfolding' byłby proces odwrotny, o którym wspominałem na 5-tej stronie recenzji.
- Rozdział 4.6 jest zatytułowany „Analiza niepewności pomiarowej” i zdradza bardzo powierzchowną wiedzę autora na temat analizy błędów pomiarowych.

- W ostatnim rozdziale autor wycofuje się z ambitnych celów, które postawił sobie na początku rozprawy i już nie pisze o budowie prototypu. Ale nawet te, które pozostawił w podsumowaniu, są albo niewypełnione, albo moim zdaniem zbyt banalne, i nie spełniają wymagań ustawowych dotyczących oryginalności rozwiązania postawionego problemu badawczego.
 - „1. Opracowanie założeń teoretycznych dotyczących metod oceny wydajności rejestracji fotonów emitowanych z pierwiastków promieniotwórczych.” – Na dobrą sprawę nadal nie wiem, w jaki sposób autor wykonywał pomiary, ani który element w pracy jest owym założeniem teoretycznym. We wstępie autor pisze o „(...) założeniach i konstrukcji prototypowego, autonomicznego, stanowiska do monitoringu radiacyjnego (...)”, które w zasadzie można zestawić analizując specyfikacje podobnych przyrządów w publicznych postępowaniach przetargowych. Istnieje nawet norma ISO 17025, która precyzuje i ujednolica procedury postępowania w tego typu pomiarach.
 - „2. Weryfikacja doświadczalna metod badania wydajności rejestracji fotonów emitowanych z radionuklidów obecnych w przyziemnej warstwie powietrza oraz na powierzchni ziemi w zależności od orientacji detektora.” – Z mojego punktu widzenia doktorant sprawdzał doświadczalnie rzecz oczywistą i na dobrą sprawę banalną. W rozprawie nie wyjaśnił, dlaczego jego zdaniem temat zasługiwał na miano problemu badawczego, ani jakich rezultatów i na jakiej podstawie się spodziewał.
 - „3. Określenie wpływu temperatury otoczenia na kalibrację energetyczną i wydajnościową spektrometru gamma oraz na jego rozdzielczość.” – Doktorant potwierdził, że ten pierwszy efekt istnieje, a ten drugi nie, co samo w sobie nie jest niczym odkrywczym. Przy czym mam wątpliwości, czy w tym drugim przypadku interpretacja danych może być tak jednoznaczna, jak zrobił to autor rozprawy. Czyżby jednak wiedział z góry, co ma wyjść?
 - „4. Przeprowadzenie rozłożenia (unfoldingu) dryftu temperaturowego widma spektrometrycznego promieniowania gamma.” – Niewątpliwie autor dość szczegółowo przedstawił procedurę, którą nazwał ‘unfoldingiem’. Natomiast na podstawie rozprawy nie sposób ocenić do czego i w jaki właściwie sposób miałyby ona służyć.
 - „5. Zbadanie możliwości pomiaru za pomocą spektrometru gamma mocy przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$ ” – Biorąc pod uwagę dostępność tego typu przyrządów na rynku oraz liczbę napisanych na ten temat publikacji, tak sformułowany cel, jak na doktorat, jest za mało ambitny i zbyt odtwórczy. Przy czym w rozprawie zademonstrowano jedynie procedurę kalibracji detektora, natomiast nic nie napisano jakie założenia musi przyrząd spełnić, aby taka kalibracja w ogóle miała sens. Doktorant nie podjął też wysiłku, żeby w jakikolwiek sposób, na przykład przez zestawienie z innymi, dedykowanymi do pomiaru dawek przyrządami wykazać poprawność działania swojego instrumentu.

Podsumowanie

Recenzowana rozprawa autorstwa mgr. inż. Łukasza Modzelewskiego, pt. „Monitoring radiacyjny środowiska w oparciu o spektrometr promieniowania gamma z detektorem $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ ” **nie wypełnia** warunków art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Autor znacząco zawęził zakres interpretacji sformułowanego w tytule problemu badawczego, przez co ten ostatni stał się banalny i odtwórczy, a w szczególności jego rozwiązanie przestało spełniać warunek oryginalności. Sposób spisania rozprawy zdradza poważne braki warsztatowe w dziedzinie języka, technik relacjonowania badań naukowych, a przede wszystkim wiedzy merytorycznej. Znaczące fragmenty pracy opisują działania i wyniki pozbawione sensu, ewentualnie takie, których sensu autor pracy nie potrafił przekonująco wyłuszczyć. Jest napisana niestarannie i niechlujnie, co w zestawieniu z jej objętością nie jest zaskoczeniem. Zachowanie spójności narracji i wywodu naukowego na 162 stronach jest wyzwaniem nawet dla doświadczonych naukowców. Rozprawa pana mgr. inż. Łukasza Modzelewskiego **nie daje podstaw** do kontynuacji przewodu doktorskiego.

Michał Gierlik

str. 9