



Dr hab. Katarzyna Mazurek

16.08.2024, Kraków

Instytut Fizyki Jądrowej
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk
ul. Radzikowskiego 152
31-342 Kraków

Recenzja rozprawy doktorskiej

mrg Przemysława Kuliga

**“Modelling of the signal induced by the charged particle s in silicon detector by
Gaussian clouds dynamics method”**

Rozprawa doktorska **“Modelling of the signal induced by the charged particle s in silicon detector by Gaussian clouds dynamics method”** autorstwa mgr Przemysława Kuliga została wykonana na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie pod kierunkiem dr hab. Tomasza Kozika, prof. UJ. Treść rozprawy napisanej w języku angielskim została zawarta na 82 stronach w 9 rozdziałach, jest zakończona podsumowaniem oraz bibliografią.

Uwagi ogólne:

Badanie otaczającego nas świata oraz praw nim rządzących wymaga rozwoju zarówno modeli teoretycznych jak i technik detekcyjnych, dzięki którym dzisiejsze eksperymenty mogą w pełni korzystać z najnowszych rozwiązań a także być inspiracją do poszukiwań nowych metod badawczych. W fizyce jądrowej a także w fizyce wysokich energii, dużą wagę przykładą się do rozwoju metod pozwalających na coraz wydajniejszą identyfikację rejestrowanych cząstek, ich ładunek, energię czy pozycję. Detektory silikonowe są używane w wielu laboratoriach na świecie takich jak GANIL, Francja, GSI, Niemcy, RIKEN, Japonia czy FRIB, USA, gdzie stanowią podstawę wielu układów detekcyjnych.

Przedmiotem rozprawy stanowią badania dotyczące metody analizy kształtu impulsów generowanych przez cząski rejestrowane w detektorach silikonowych.



Zawartość oraz wartość naukowa rozprawy:

Dysertację otwiera wprowadzenie z przedstawieniem motywacji badań. W **rozdziale 2** przedstawione są modele teoretyczne opisujące oddziaływanie cząstek naładowanych z materią w tym pik Bragga i formuła Bethego-Blocha.

Rozdział 3 pracy mgra Kuliga dotyczy opisu metod identyfikacji cząstek naładowanych w detektorach. Przedstawiona jest technika deltaE-E a także analizy kształtu impulsu (PSA). Autor przedstawia także porównanie wpływu miejsca detekcji cząstki, czy jest to przód czy tył kryształu oraz ilustruje to odpowiednimi przykładami.

W **4 rozdziale** przedstawiono podstawy modelu Dynamiki Chmur Gausowskich (Gaussian Clouds Dynamics), która była rozwijana przez wiele lat przez dra Z. Sosina. Bazuje ona na twierdzeniu Ramo-Schackleya i uwzględnia oddziaływanie kulombowskie pomiędzy chmurami elektronów i dziur w polu elektrycznym detektora krzemowego. Opisany został także zakres działań jakie zostały wykonane w trakcie przygotowania pracy doktorskiej.

Rozdział 5 i kolejne dysertacji zawierają właściwą część wyników, jakie mgr Kulig otrzymał podczas swoich badań. Autor przedstawia symulacje wykonane dla izotopów węgla i boronu, przy założeniu realistycznych parametrów detektora krzemowego. Pokazany jest wpływ różnych parametrów modelu GCD na czas zbierania nośników: elektronów i dziur.

Rozdział 6 rozprawy dotyczy optymalizacji fizycznych parametrów modelu takich jak mobilność elektronów i dziur, ich współczynniki dyfuzji a także rozkłady przestrzenne chmury tych nośników. Efekt lustra także został przedyskutowany.

W **Rozdziale 7** Autor przedstawia podstawy teorii Ramo-Shockley'a a także pokrótce pokazuje metodę rekonstrukcji kształtu impulsu, uwzględniając funkcję odpowiedzi przedwzmacniacza.

Wpływ temperatury detektora na wykonane symulacje jest zaprezentowany w **Rozdziale 8** dla 10C a ruchliwość elektronów jest pokazana w przypadku modelu Arora.



Praca, w której znajdują się 42 rysunki i 4 tabele, zakończona jest krótkim lecz treściwym **podsumowaniem i spisem literatury** zawierającym 41 pozycji.

Język naukowy oraz strona edytorska rozprawy:

Język naukowy jest staranny a opisane przez Autora zagadnienia nie budzą wątpliwości co do ich zrozumienia. Oprawa graficzna jest rzetelna a rysunki w większości bardzo czytelne. Jednakże pomimo rzetelnie przygotowanej rozprawy nie obyło się bez drobnych błędów edytorskich:

1. błędy drukarskie: elecron (str. 73), Figure 3.3 (str.25), calculating calculate (str. 64)
2. niecodzienne sformułowania: rationale (motivation?), juncture (reference?)

Uwagi i pytania:

1. We wstępie Autor pisze, że w rozprawie będzie się skupiał na “microscopic modelling of current pulse” więc chciałabym się dowiedzieć co należy traktować jako modelowanie makroskopowe impulsu?
2. W rozdziale 2 jest rysunek 2.3 przedstawiający poprawki do formuły Bethe-Blocha dla mionów dodatnich. Czy wykresy i wnioski są podobne dla innych cząstek naładowanych takich jak protony czy alfy, piony?
3. Rozdział 3 przedstawia porównanie dwóch metod identyfikacji cząstek naładowanych w detektorze. Dużo łatwiej byłoby dokonać porównania gdyby pary rysunków 3.3 i 3.4 oraz 3.6 i 3.7 a także kolejne był na jednej stronie.
4. W rozdziale 5 i następnych jest pokazana duża różnica jeśli chodzi o czas zbierania (collection time) dla elektronów i dziur (np. rys. 5.3 i 5.4) ale późniejsze porównania (np w rozdziale 6) są wykonywane dla jednego typu nośników czy są jakoś uśrednione?
5. Rysunki w rozdziale 7 ukazują różną ewolucję czasową dla elektronów i dziur. Jaki jest tego powód?
6. Rysunek 7.5 przedstawia porównanie z danymi doświadczalnymi, które nie wygląda zbyt zachęcająco. Jest widoczna różnica czasowa między maksimum dla symulacji a impulsem zmierzonym. Czy można zgodność poprawić?



Wnioski końcowe:

Podsumowując, jednoznacznie stwierdzam, że przedstawiona przez Pana mgr. Przemysława Kuliga rozprawa p.t. **“Modelling of the signal induced by the charged particle s in silicon detector by Gaussian clouds dynamics method”** stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje wiedzę teoretyczną Kandydata oraz potwierdza umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w zakresie nauk fizycznych. Spełnia zatem wszystkie wymagania stawiane przez ustawę z zgodnie z artykułem 187 ustawy “Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 roku (Dziennik Ustaw z 2021 roku, poz. 478). Wnoszę zatem o przyjęcie rozprawy oraz o dopuszczenie Pana mgr. Przemysława Kuliga do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Wnioski końcowe:

Podsumowując, jednoznacznie stwierdzam, że przedstawiona przez Pana mgr. Przemysława Kuliga rozprawa p.t. **“Modelling of the signal induced by the charged particle s in silicon detector by Gaussian clouds dynamics method”** stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje wiedzę teoretyczną Kandydata oraz potwierdza umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w zakresie nauk fizycznych. Spełnia zatem wszystkie wymagania stawiane przez ustawę z zgodnie z artykułem 187 ustawy “Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 roku (Dziennik Ustaw z 2021 roku, poz. 478). Wnoszę zatem o przyjęcie rozprawy oraz o dopuszczenie Pana mgr. Przemysława Kuliga do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Krzysztof Mazurek