

**Proponowane tematy prac licencjackich  
dla studentów kierunku Energetyka i chemia jądrowa  
w roku akademickim 2018/19**

**1. Obliczenia widm energii neutronów produkowanych w reakcji  ${}^9\text{Be}(\alpha, n)$   
na grubej tarczy**

Opiekun: prof. dr hab. Zenon Janas ([Zenon.Janas@fuw.edu.pl](mailto:Zenon.Janas@fuw.edu.pl))

Reakcja  ${}^9\text{Be}(\alpha, n)$  jest powszechnie wykorzystywana w radioizotopowych źródłach neutronów. Celem pracy będzie opracowanie programu umożliwiającego obliczenie widma energii neutronów produkowanych w reakcji  ${}^9\text{Be} + \alpha$  na grubej tarczy berylowej. Praca wymaga elementarnej umiejętności programowania.

**2. Badanie właściwości segmentowanego detektora centralnego do układu  
MTAS**

Opiekun: dr hab. Marek Karny, prof. UW ([marek.karny@fuw.edu.pl](mailto:marek.karny@fuw.edu.pl))

Układ MTAS (Modular Total Absorption Spectrometer) jest układem 19 dużych detektorów scyntylacyjnych (NaI(Tl)) służących do badania rozpadu beta z wykorzystaniem techniki pełnej absorpcji. Dostawa nowego ulepszonego detektora Centralnego jest spodziewana na marzec 2019. Celem licencjatu będzie dokładne przebadanie właściwości nowego detektora.

**3. Poszukiwanie optymalnych algorytmów do cyfrowej analizy sygnałów  
z detektora scyntylacyjnego typu NaI(Tl)**

Opiekun: dr hab. Marek Karny, prof. UW ([marek.karny@fuw.edu.pl](mailto:marek.karny@fuw.edu.pl))

Wymagane: podstawy programowania w języku C++

Celem pracy licencjackiej będzie znalezienie optymalnego algorytmu do analizy cyfrowych sygnałów pochodzących z modułów DRS4 podłączonych do scyntylatora NaI(Tl) i następnie napisanie oprogramowania umożliwiającego zbieranie widm energetycznych.

## **4. Rozpady beta egzotycznych fragmentów rozszczepienia uranu**

Opiekun: dr hab. Jan Kurpeta ([jkurpeta@fuw.edu.pl](mailto:jkurpeta@fuw.edu.pl))

Poznanie struktury jąder atomowych, z których zbudowana jest otaczająca nas materia, wymaga badania nuklidów, które nie występują w naturze. Wytwarza się je w warunkach laboratoryjnych, a następnie bada promieniowanie, które emitują ulegając rozpadom promieniotwórczym. Wykonanie proponowanej pracy licencjackiej będzie polegało na analizie danych zawierających informacje o koincydencjach kwantów gamma i cząstek beta wysyłanych przez wybrane krótkożyciowe fragmenty rozszczepienia naturalnego uranu. Dane do analizy pochodzą z unikalnego układu doświadczalnego, który jest połączeniem magnetycznego separatora masowego z pułapką jonową typu Penning'a.

## **5. Naturalne tło promieniowania gamma w warunkach laboratoryjnych**

Opiekun: dr hab. Jan Kurpeta ([jkurpeta@fuw.edu.pl](mailto:jkurpeta@fuw.edu.pl))

W naszym środowisku występują naturalne źródła promieniowania jonizującego. Są to głównie długożyciowe pierwiastki promieniotwórcze wytworzone w procesach nukleosyntezy, stanowiące teraz składnik skorupy ziemskiej. Radioaktywne produkty ich rozpadu znajdują się w powietrzu, glebie, materiałach budowlanych i innych składnikach naszego otoczenia. Znajomość naturalnego tła promieniowania gamma jest niezbędna dla badań wymagających precyzyjnej identyfikacji izotopów radioaktywnych. Proponowana praca polega na analizie widm tła promieniowania gamma uzyskanych w rzeczywistych pomiarach. Określimy modyfikacje naturalnego tła promieniowania spowodowane przez otoczenie laboratoryjne.

## **6. Badanie promieniotwórczości naturalnej próbek skał z rejonu miasta Kowary w Sudetach**

Opiekun: prof.dr hab. Tomasz Matulewicz ([Tomasz.Matulewicz@fuw.edu.pl](mailto:Tomasz.Matulewicz@fuw.edu.pl)),

## **7. Badanie rozpadu beta $^{57}\text{Zn}$**

Opiekunowie: dr hab. Chiara Mazzocchi ([chiara.mazzocchi@fuw.edu.pl](mailto:chiara.mazzocchi@fuw.edu.pl)),  
prof. dr hab. Marek Pfützner ([marek.pfutzner@fuw.edu.pl](mailto:marek.pfutzner@fuw.edu.pl))

Jądra egzotyczne w pobliżu linii odpadania protonu charakteryzują się dużą wartością energii rozpadu. Umożliwia to obsadzanie stanów niezwiązanych w jądrze - córce o dużej energii wzbudzenia, z których może nastąpić emisja protonów opóźnionych po rozpadzie beta.

Zjawisko to zaobserwowano po raz pierwszy 40 lat temu, a w 1983 roku odkryto emisję dwóch protonów opóźnionych. Badania nad tak rzadkimi kanałami rozpadu dostarczają ważnych informacji o strukturze neutrono-deficytowych jąder położonych daleko od ścieżki stabilności. W roku 2014 przeprowadzono eksperyment, w którym badano przemianę beta  $^{57}\text{Zn}$  pod kątem emisji protonów opóźnionych z pomocą detektora komora projekcji czasu z odczytem optycznym (OTPC). Celem pracy magisterskiej jest analiza danych zebranych w eksperymencie i wyznaczenie stosunku rozgałęzień dla różnych kanałów rozpadu.

(Requirements: programming in Python and preferably basics of LabView, good English)

## 8. Pomiar zawartości uranu w skałach

Opiekun: dr hab. Krzysztof Miernik ([krzysztof.miernik@fuw.edu.pl](mailto:krzysztof.miernik@fuw.edu.pl))

Uran jest naturalnie występującym pierwiastkiem na Ziemi. Można go znaleźć w większości skał, glebie czy wodzie. Pod względem rozpowszechnienia w ziemskiej skorupie zdecydowanie przewyższa takie pierwiastki jak srebro, rtęć, platynę czy złoto. Średnia zawartość uranu to około 2 - 3 mg / kg. Zadaniem jest pomiar zawartości uranu w wybranych przez siebie próbkach skał lub innych materiałów metodami spektroskopii gamma. Praca będzie wykonana w Zakładzie Fizyki Jądrowej przy użyciu detektorów germanowych oraz specjalnych ołowianych domków niskotłowych.

## 9. Czulość neutronowej analizy aktywacyjnej

Opiekun: dr hab. Krzysztof Miernik ([krzysztof.miernik@fuw.edu.pl](mailto:krzysztof.miernik@fuw.edu.pl))

Neutronową analizę aktywacyjną (NAA) przeprowadza się zwykle za pomocą reaktorów lub specjalnych źródeł neutronów, gdzie mamy do czynienia ze strumieniami neutronów rzędu  $10^9$ - $10^{14}$   $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Na Wydziale Fizyki dysponujemy źródłem plutonowo-berylowym o strumieniu około 2000 neutronów  $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Do jakich celów można wykorzystać tak niewielkie źródło? Jaka jest jego czulość, w zależności od badanego pierwiastka? Czy można zaproponować jakąś modyfikację tej metody w naszych warunkach, aby uzyskać lepsze wyniki? Praca składa się z pomiarów doświadczalnych, weryfikujących wydajność detektorów, wielkość strumienia i innych czynników, oraz z części obliczeniowej, w której trzeba skorzystać z baz danych, aby wyznaczyć czulość NAA w warunkach wydziałowych.

## 10. Pomiar widma neutronów metodą aktywacyjną

Opiekun: dr hab. Krzysztof Miernik ([krzysztof.miernik@fuw.edu.pl](mailto:krzysztof.miernik@fuw.edu.pl))

Jedną z metod wyznaczania widma energetycznego neutronów jest pomiar aktywacyjny. Do strumienia wkładamy specjalnie dobrane izotopy, które ulegają reakcji wychwytu neutronów

z największym prawdopodobieństwem tylko w pewnych wybranych przedziałach energii neutronów. Dodatkowo pomiary można wykonać ekranując niektóre materiały np. przez izotopy wychwytyjące neutrony termiczne. W pracy postaramy się wykorzystać tę metodę do ustalenia profilu strumienia neutronów w źródle używanym na Wydziale Fizyki.

## 11. Poszukiwanie mezonu $K^+$ w zderzeniach jądrowych przy wysokich energiach

Opiekun: dr hab. Krzysztof Piasecki ([krzysztof.piasecki@fuw.edu.pl](mailto:krzysztof.piasecki@fuw.edu.pl))

Wymagane: podstawy programowania w języku C++.

Uniwersytet Warszawski uzyskał po raz pierwszy dostęp do nowoczesnego układu badawczego HADES [1], zainstalowanego przy akceleratorze w ośrodku GSI w Darmstadt. Jednym z pierwszych zadań jest wyszukanie sygnału pochodzącego od mezonów  $K^+$  emitowanych ze zderzeń Au + Au przy energii 1,23 GeV na nukleon.

W trwających niezwykle krótko (ok. 10–22 s) zderzeniach ciężkich jonów przy wysokich energiach, materia jądrowa podgrzewa się do temperatury ok. 105 krotnie wyższej, niż we wnętrzu Słońca. Gorąca i gęsta strefa zderzenia jest źródłem produkcji nowych cząstek, w tym hadronów z kwarkiem s, takich jak mezony K.

Dzięki pracy w naszej grupie i przy naszym instruktażu Licencjant:

- pozna podstawy ROOT, cernowskiego środowiska analizy danych, opartego o C++
- opanuje podstawy kinematyki relatywistycznej i wiedzy o zderzeniach ciężkich jonów, w szczególności produkcji cząstek z kwarkiem dziwnym
- zapozna się z podstawami układu HADES
- wdroży się w obsługę wieloparametrycznej bazy danych do wyszukania sygnału i jego optymalizacji

---

[1] <http://hades.gsi.de>

## 12. Symulacje emisji cząstek powstających w zderzeniach jądrowych przy wysokich energiach

Opiekun: dr hab. Krzysztof Piasecki ([krzysztof.piasecki@fuw.edu.pl](mailto:krzysztof.piasecki@fuw.edu.pl))

Wymagane: podstawy programowania w języku C++.

W zderzeniach jądrowych przy wysokich energiach dochodzi do podgrzania materii do temperatur  $10^5$  razy wyższych od temperatury wnętrza Słońca. Mimo iż trwają one niezwykle krótko (ok.  $10^{-22}$  s), to są źródłem nowych, nieistniejących wcześniej cząstek, w tym hadronów z kwarkiem dziwnym. Cząstki te rejestrujemy w detektorach: albo bezpośrednio, albo – jeśli się szybko rozpadają – dzięki skojarzeniu produktów ich rozpadu. Obecność tych

produktów zaburza pierwotne rozkłady kinematyczne cząstek o tym samym typie, pochodzących wprost ze strefy zderzenia ciężkich jonów.

Zadaniem Licencjanta będzie prześledzenie (pod opieką i instruktażem opiekuna) wybranych z gamy takich przypadków, m.in. rozpadów  $\phi \rightarrow K^+K^-$ ,  $\Lambda(1520) \rightarrow pK^-$ ,  $\Delta \rightarrow p\pi$ ,  $K \rightarrow \mu\nu$ . Zderzenia, których dotyczy zadanie, dotyczą akceleratorów w ośrodku GSI w Darmstadt (Niemcy) i energii 1 – 10 GeV na nukleon. Są one rejestrowane w układach badawczych HADES i FOPI oraz będą rejestrowane w budowanym układzie CBM – wszystkie detektory dotyczą akceleratorów w ośrodku GSI w Darmstadt, Niemcy. Licencjant zbada, jaki procent danych produktów rozpadu będzie mieć szansę rejestracji w danym układzie.

Dzięki pracy w naszej grupie i przy naszym instruktażu Licencjant:

- pozna podstawy ROOT – środowiska analizy danych pochodzącego z CERN’u i opartego o C++ ;
- opanuje podstawy PLUTO, generatora emisji cząstek i ich rozpadów;
- opanuje podstawy kinematyki relatywistycznej zapozna się z podstawami układów badawczych HADES, CBM i FOPI;
- wdroży się w obsługę wieloparametrycznej bazy danych.

### **13. Spektroskopia gamma**

Opiekun: prof. dr hab. Waldemar Urban ([urban@fuw.edu.pl](mailto:urban@fuw.edu.pl))

Proponowana praca polega na analizie danych związanych ze spektroskopią gamma. Ostateczny zakres, warunki i sposób wykonania pracy ustalane są z opiekunem, proszę o kontakt na adres [urban@fuw.edu.pl](mailto:urban@fuw.edu.pl)

### **14. Analiza odporności na uszkodzenie radiacyjne detektorów cząstek naładowanych typu pin dioda**

Opiekunowie: dr Katarzyna Wrzosek-Lipska (SLCJ) oraz dr hab. Agnieszka Korgul ([korgul@fuw.edu.pl](mailto:korgul@fuw.edu.pl))

Praca polega na szczegółowym pomiarze własności spektroskopowych wybranych detektorów cząstek typu pin dioda o różnej wartości prądu ciemnego. Następnie przy wykorzystaniu dedykowanego stanowiska do napromieniania dokonane zostanie kontrolowane uszkodzenia radiacyjne jednej z wybranych pin diod. Celem pracy będzie weryfikacja kryteriów uszkodzenia radiacyjnego detektorów typu pin dioda (prądu ciemnego, liczby zaimplantowanych cząstek) i wpływu uszkodzenia radiacyjnego na własności spektroskopowe detektora. Praca będzie wykonana przy użyciu wiązki ciężkich jonów

dostarczonej z warszawskiego cyklotronu znajdującego się w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów UW.

## **15. Optymalizacja układu eksperymentalnego do badania własności stanów wzbudzonych jądra atomowego w pomiarach wzbudzeń kulombowskich**

Opiekunowie: dr Katarzyna Wrzosek-Lipska (SLCJ) oraz dr hab. Agnieszka Korgul ([korgul@fuw.edu.pl](mailto:korgul@fuw.edu.pl))

W eksperymentach wzbudzeń kulombowskich stany wzbudzone w jądrze atomowym populowane są w wyniku nieelastycznego rozpraszania jonów pocisku na jądrach tarczy. Populacja danego stanu jądrowego zależy m.in. od prawdopodobieństwa przejścia (struktury jądra atomowego), energii jonów pocisku, liczb masowych i atomowych partnerów reakcji oraz kąta rozproszenia jonów pocisku. Celem pracy będzie określenie optymalnego ustawienia detektora cząstek naładowanych w eksperymencie wzbudzenia kulombowskiego ze względu na badanie określonych własności elektromagnetycznych danego stanu jądrowego. Praca polega na wykonaniu symulacji różnych dostępnych układów detektorów i znalezieniu ich optymalnej konfiguracji, przy której pomiar zadanej wielkości byłby obciążony najmniejszą niepewnością. W pracy wykorzystany będzie dedykowany do tego typu analiz program GOSIA.

## **16. Charakterystyka podstawowych własności spektrometrycznych fotopowielaczy krzemowych w układzie ze scyntylatorem $\text{LaBr}_3/\text{CeBr}_3$**

Opiekunowie: dr Sławomir Mianowski (NCBJ) oraz dr hab. Agnieszka Korgul ([korgul@fuw.edu.pl](mailto:korgul@fuw.edu.pl))

Od wielu lat są prowadzone badania własności różnych materiałów scyntylacyjnych, które mają szerokie zastosowanie w fizyce jądrowej zarówno aplikacyjnej jak i w zakresie badań podstawowych. Celem pracy będzie wyznaczenie optymalnych parametrów pomiaru dla dwóch kryształów wykorzystując nowoczesne fotopowielacze krzemowe w porównaniu ze standardowymi powielaczami. Pomiarzy będą realizowane w laboratorium NCBJ (około 1-2 tygodnie).

## **17. Badanie różnego typu scyntylatorów i fotodetektorów**

Opiekunowie: dr hab. Łukasz Świdorski, profesor NCBJ (NCBJ) oraz dr hab. Agnieszka Korgul ([korgul@fuw.edu.pl](mailto:korgul@fuw.edu.pl))

Zakład Fizyki Detektorów i Diagnostyki Plazmy prowadzi badania scyntylatorów i fotodetektorów wykorzystywanych do detekcji promieniowania jonizującego. Badana jest odpowiedź detektorów na promieniowanie gamma, alfa, elektrony, neutrony oraz miony. Detektory są charakteryzowane ze względu na ilość światła wytworzoną podczas detekcji promieniowania, liniowość odpowiedzi na zdeponowaną energię, energetyczną i czasową zdolność rozdzielczą, czas zaniku scyntylacji, czy też widmo emisyjne. Wielkości te badane są również w funkcji temperatury. Pomiarów są wykonywane aparaturą analogową oraz cyfrową. Przykładowe bieżące tematy obejmują:

- pomiar ilości fotoelektronów przy pomocy akwizycji analogowej i cyfrowej,
- rejestracja kształtów zaniku impulsów w funkcji temperatury,
- rejestracja mionów kosmicznych w scyntylatorach plastikowych,
- diagnostyka gorącej plazmy przy pomocy pomiaru elektronów diamentowymi detektorami promieniowania Czerenkowa,
- pomiar neutronów emitowanych z plazmy termojądrowej przy pomocy detektorów śladowych.

## **18. Wpływ wypalających się trucizn reaktorowych (np. Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) na reaktywność kasety paliwowej reaktora PWR**

Opiekunowie: mgr Łukasz Koszuc (NCBJ) oraz dr hab. Agnieszka Korgul ([korgul@fuw.edu.pl](mailto:korgul@fuw.edu.pl))

Praca polega na wykonaniu modelu typowej kasety paliwowej reaktora wodnego ciśnieniowego w kodzie TRITON/SCALE lub POLARIS/SCALE i wykonanie obliczeń wypaleniowych ze zmiennym materiałem wypalającej się trucizny reaktorowej, np. Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Celem pracy jest porównanie wpływu różnych typów stosowanych trucizn na reaktywność paliwa w zależności od głębokości jego wypalenia.

## **19. Badanie temperaturowych efektów reaktywnościowych paliwa i moderatora kasyty paliwowej reaktora PWR w zależności od głębokości jej wypalenia**

Opiekunowie: mgr Łukasz Koszuk (NCBJ) oraz dr hab. Agnieszka Korgul  
([korgul@fuw.edu.pl](mailto:korgul@fuw.edu.pl))

Praca polega na wykonaniu modelu typowej kasyty paliwowej reaktora wodnego ciśnieniowego w kodzie TRITON/SCALE lub POLARIS/SCALE i wykonanie obliczeń wypaleniowych. Jej celem jest zbadanie zależności wartości współczynników temperaturowych paliwa i moderatora w zależności od głębokości wypalenia kasyty paliwowej.

## **20. Model jednego z zestawów krytycznych opisanych w bazie benchmarków NEA OECD International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments w programie Monte Carlo KENO-VI/SCALE**

Opiekunowie: mgr Łukasz Koszuk (NCBJ) oraz dr hab. Agnieszka Korgul  
([korgul@fuw.edu.pl](mailto:korgul@fuw.edu.pl))

Praca polega na wykonaniu modelu jednego z zestawów krytycznych opisanych w bazie benchmarków NEA OECD International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments, wykonaniu obliczeń efektywnego współczynnika mnożenia jego układów krytycznych i porównanie ich z wynikiem pomiarów.