

Stan na: 23.07.2015

1) Proponowana tematyka (hasłowo):

fizyka kilku nukleonów, oddziaływanie nukleon-nukleon, siła trójciałowa, siły jądrowe oparte o chiralną efektywną teorię pola, efekty relatywistyczne i kulombowskie w reakcjach jądrowych z trzema nukleonami. Reakcje fotodezintegracji (rozszczipienia za pomocą fotonów) w układach kilku nukleonów.

2) Jak będzie wyglądała współpraca w ramach tutorialu ?

W dużym stopniu zależy to od chęci i czasu studenta; na pewno spotkania (minimum co dwa tygodnie, ale możliwe znacznie częstsze w razie potrzeby), spotkania w grupie i udział w seminariach (sporadycznie), praca indywidualna z moją pomocą. Na starszych latach możliwe, choć niekonieczne, wyjazdy do ośrodków z którymi współpracujemy (na początek głównie Niemcy – ośrodki w Bochum i Julich - patrz pkt.5)

3) Jakiego typu praca roczna może być wykonywana ?

Praca ma charakter teoretyczny, a więc składa się z etapów: wyprowadzenie wzorów, zaprogramowanie ich, przetestowanie programów, wykonanie obliczeń, analiza otrzymanych wyników i porównanie ich z danymi eksperymentalnymi. W ramach jednorocznej pracy lub pracy licencjackiej/magisterskiej zwykle trzeba ograniczyć się do jednego lub kilku etapów. Do których – to znowu zależy od preferencji studenta i od bieżących potrzeb. Najczęściej trzeba liczyć się z programowaniem i wykonaniem obliczeń; programujemy głównie w Fortranie, w tym czasami z użyciem bibliotek do programowania równoległego MPI i w programie Mathematica. Początkowa znajomość Fortranu i pakietu Mathematica nie jest konieczna.

4) Jaka jest proponowana przez tutora tematyka prac rocznych?

Najogólniej mówiąc zajmujemy się badaniem sił występujących w jądrach atomowych pomiędzy protonami i neutronami. Badamy zarówno siły dwuciałowe (np. neutron-neutron) jak i trzyciałowe (np. naraz oddziałują neutron-neutron-proton). W tym celu wykonujemy obliczenia reakcji jądrowych, np. rozszczepienia deuteronu ($\text{proton} + \text{deuteron} \rightarrow \text{proton} + \text{proton} + \text{neutron}$) lub fotodezintegracji ($\text{kwant gamma} + {}^3\text{H} \rightarrow \text{proton} + \text{neutron} + \text{neutron}$). Siły jądrowe, jako pochodzące z oddziaływania kwarków i gluonów, są bardzo skomplikowane i dlatego używamy różnych modeli tych sił, czasami pomagając w ich wyprowadzeniu. Dla danego modelu siły rozwiązujemy numerycznie odpowiednie równania (głównie równania Faddeeva) opisujące konkretne reakcje. Stąd potrafimy wyliczyć wielkości, które mogą być zmierzone w eksperymencie i przez porównanie z danymi eksperymentalnymi staramy się wnioskować o jakości danego modelu. Prace roczne mogą dotyczyć każdego z powyższych etapów, na pierwszym roku mogłoby to być np.:

a) analiza wpływu jakiegoś członu siły trójciałowej na obserwabie w reakcji elastycznego rozpraszania neutron-deuteron – mamy wykonane obliczenia przekrojów czynnych z i bez danego członu siły trójciałowej – należy w pracy porównać wyniki i np. znaleźć dla których obserwabli, kątów rozproszenia i energii efekty od danego członu siły trójciałowej są największe. Taka analiza pozwoliłaby zaproponować eksperyment, w którym dany człon siły trójciałowej mógłby być badany eksperymentalnie.

b) zaprogramowanie jakiegoś nowego członu siły trójciałowej – mamy wzory analityczne na siłę trójciałową, należałoby je dostosować do potrzeb naszego formalizmu (np. przepisać w innych zmiennych), zaprogramować i przetestować napisany program.

5) Jaka jest aktualna tematyka badań naukowych/współpracy międzygrupowej tutora?

Ogólna tematyka jest opisana powyżej. W szczególności najbardziej interesującymi modelami sił jądrowych, jakie są obecnie na rynku, to modele wyprowadzane w ramach chiralnej efektywnej

teorii pola (najnowsze pochodzą z 2014 roku). Wspólnie z grupami z Bochum, Julich, Bonn (Niemcy) i Fukuoki (Japonia) uczestniczymy w pracach nad wyprowadzeniem tych sił i zastosowaniem ich do obliczeń reakcji i struktury jąder. Aktualnie pracujemy również nad procesami elektrosłabymi w układach kilku nukleonów (np. rozpad atomów mionowych), gdzie chcemy badać siły elektromagnetyczne i słabe występujące w reakcjach jądrowych.

Współpraca naukowa naszej grupy z grupami zagranicznymi jest bardzo intensywna. Można ją podzielić na trzy części:

- a) bardzo ściśle współpracujemy z grupami z Ruhr-Universität w Bochum (Niemcy), Forschungszentrum Jülich w Julich (Niemcy), Kyushu Institute of Technology w Fukuoka (Japonia). Współpraca ta jest na tyle silna, że w literaturze spotyka się określenie „Cracow-Bochum group”.
- b) współpracujemy z innymi grupami teoretycznymi z Uniwersytetu w Bonn (Niemcy), Technical University of Darmstadt (Niemcy), Iowa State University (USA), Ohio State University (USA), Pisa University (Włochy) i kilkom innymi. W szczególności ostatnio zaangażowaliśmy się we współpracę LENPIC (www.lenpic.org), której celem jest testowanie chiralnych sił jądrowych równocześnie w reakcjach i strukturze cięższych jąder.
- c) współpracujemy z grupami eksperymentalnymi (przygotowanie teoretyczne i analiza wyników, proponowanie nowych eksperymentów) z Duke University i TUNL (USA), Tohoku University i RIKEN (Japonia), Johannes Gutenberg-Universität w Moguncji (Niemcy) i intensywnie z grupą krakowską (z UJ i IFJ w Bronowicach).

6) Jaka wiedza byłaby przydatna przed rozpoczęciem współpracy z tutorem? Czy tutor wymaga/zaleca odbycie konkretnych kursów, lub zdobycie konkretnych umiejętności przed/najwcześniejszym początkiem współpracy?

Zasadniczo nie jest wymagana wiedza wstępna, mile widziana jest chęć do nauki i pracy. Pomocna może być znajomość podstaw mechaniki kwantowej i programowania (preferowany Fortran lub C, C++ i Mathematica). Na początku (dwa-trzy miesiące) student będzie musiał zapoznać się z naszym formalizmem i prawdopodobnie podstawami programowania w Fortranie. Nic trudnego.

7) Jakie jest podejście tutora do ewentualnej współpracy ze studentem: nastawione na specjalizację w danej dziedzinie czy bardziej interdyscyplinarne? Czy tutor może podać przykłady swoich publikacji popularnonaukowych (ze szczególnym uwzględnieniem publikacji interdyscyplinarnych)?

Nasze badania są raczej nastawione na specjalizację, choć praca w naszej grupie daje możliwość łączenia fizyki jądrowej, fizyki cząstek elementarnych, matematyki i informatyki (w tym programowania równoległego i środowiska Mathematica). Jedną z prac magisterskich (na specjalizacji informatyka), którą prowadziłem w 2015 roku dotyczyła graficznej prezentacji funkcji wielu zmiennych w środowisku Java, więc są również możliwości użycia innych technik informatycznych. Ukierunkowanie zależy w pewnym stopniu od zainteresowań studenta. W związku ze specyfiką badań nie mam publikacji, które mógłbym nazwać interdyscyplinarnymi.

8) Informacje dodatkowe:

- a) Aktualnie na UJ pracuję w grupie prof. dr hab. Henryka Witały, w której oprócz mnie pracuje jeszcze prof. dr hab. Jacek Golak. Tak więc należy założyć, że student będzie miał kontakt naukowy również z tymi Panami.
- b) Część obliczeń numerycznych wykonujemy na jednych z najszybszych superkomputerach świata (np. Juqueen w Forschungszentrum Jülich – 9 na liście TOP500 z czerwca 2015) – stąd konieczność programowania równoległego.
- c) **Wybrane publikacje z 2014 roku:**

1. “Low-energy neutron-deuteron reactions with N³LO chiral forces”, J.Golak, R.Skibinski, K.Topolnicki, H.Witała, E. Epelbaum, et al., **Eur. Phys. Jour.** **A50** (2014) 177
2. “Measurement of double-polarization asymmetries in the quasielastic $3\text{He} \rightarrow (e^+, e'd)$ process”, M.Mihovilovic et al., **Phys.Rev.Lett.** 113 (2014) 23, 232505
3. “2N and 3N Systems in a Three Dimensional Formalism”, K.Topolnicki, J.Golak, R.Skibinski, A.E.Elmeshneb, H.Witała, A.Nogga, H.Kamada; **Few Body Syst.** 55 (2014) 835
4. “Break-up channels in muon capture on 3He ”, J.Golak, R.Skibiński, H.Witała, et al., **Phys.Rev.** **C90** (2014) 2, 024001
5. “Complete set of deuteron analyzing powers for dp elastic scattering at 250–294 MeV/nucleon and the three-nucleon force”, K.Sekiguchi, Y. Wada, J. Miyazaki, et al., **Phys.Rev.** **C89** (2014) 6, 064007
6. “Spin-dependent cross sections from the three-body photodisintegration of He^3 at incident energies of 12.8 and 14.7 MeV”, G.Laskaris, Q.Ye, B.Lalremruata, et al., **Phys.Rev.** **C89** (2014) 2, 024002
7. “Calculations of three-nucleon reactions with N³LO chiral forces: achievements and challenges”, H.Witała, J.Golak, R.Skibinski, K.Topolnicki, **J. Phys.** **G41** (2014) 094011

d) W razie pytań i wątpliwości zapraszam na rozmowę (pokój B-2-34).