

Warszawa, 5 lutego 2018 r.

Prof. dr hab. Wojciech Satuła  
Instytut Fizyki Teoretycznej  
Wydział Fizyki UW  
ul. Pasteura 5  
02-093 Warszawa  
tel. +22-5532973  
e-mail: satula@fuw.edu.pl

## Recenzja rozprawy habilitacyjnej dr Agnieszki Korgul

### I. Ocena działalności naukowej:

Rozprawa habilitacyjna dr Agnieszki Korgul zatytułowana *Badanie własności neutrono-nadmiarowych nuklidów w okolicy jąder magicznych  $^{78}\text{Ni}$  oraz  $^{132}\text{Sn}$*  składa się z cyklu dziewięciu prac opublikowanych w renomowanych czasopismach z listy filadelfijskiej. Wspólnym mianownikiem cyklu jest badanie struktury powłokowej neutronowo nadmiarowych nuklidów wokół, jak się obecnie uważa, podwójnie magicznych jąder  $^{78}\text{Ni}$  i  $^{132}\text{Sn}$ . Podstawowym celem fizycznym jest precyzyjna kalibracja poziomów jednocząstkowych oraz elementów macierzowych efektywnych oddziaływań nukleon-nukleon (NN) używanych we współczesnych modelach powłokowych co, w konsekwencji, powinno zwiększyć ich wiarygodność w zastosowaniu do egzotycznych jąder atomowych i poprawić nasze rozumienie ich struktury. W szczególności, prace A. Korgul mają kapitalne znaczenie dla zrozumienia ewolucji (migracji) poziomów jednocząstkowych w jądrach egzotycznych w funkcji izospinu (liczby protonów/neutronów przy ustalonej liczbie neutronów/protonów). Efekt ten przypisuje się głównie tzw. składowej monopolowej oddziaływania tensorowego, ale może on także odzwierciedlać polaryzację rdzenia (zwłaszcza wokół  $^{78}\text{Ni}$ , choć dwa niezależne eksperymenty opublikowane w Phys. Rev. Lett. 119, 192501 (2017) i Phys. Rev. Lett. 119, 192502 (2017) wydają się potwierdzać podwójnie magiczny charakter tego jądra), a nawet sprzężenie z kontinuum. Ten ostatni argument jest często podnoszony w pracach dr Korgul jako bezpośrednia motywacja prowadzonych badań, ale wydaje się, że badane jądra są nadal zbyt daleko od linii oderwania nukleonu by obserwować zanik struktury powłokowej spowodowany sprzężeniem z kontinuum, przewidziany teoretycznie przez Dobaczewskiego i współpracowników w pracy Phys. Rev. Lett. 72, 981 (1994). Informacje strukturalne dotyczące poziomów jednocząstkowych mogą także okazać się bezcenne przy kalibracji funkcjonałów gęstości, a w efekcie przyczynić się do rozwoju tzw. wieloreferencyjnych metod funkcjonału gęstości, które mogą stanowić interesującą alternatywę dla modeli powłokowych. Spektroskopia wokół  $^{78}\text{Ni}$  ma także ważne implikacje astrofizyczne związane głównie z modelowaniem procesu  $r$  (proces szybkiego wychwytu neutronu) nukleosyntezy ciężkich pierwiastków.

Prace Pani dr Korgul są pracami doświadczalnymi. Warto jednak podkreślić, że habilitantka nie stroni od teorii. W kilku jej pracach, w tym w niektórych pracach habilitacyjnych, otrzymane wyniki doświadczalne są interpretowane przy pomocy obliczeń teoretycznych wykonanych samodzielnie przez habilitantkę przy użyciu kodu powłokowego wykorzystującego mikroskopowe oddziaływanie nukleon-nukleon. Jest to rzadka praktyka, świadcząca o chęci dogłębnego zrozumienia otrzymanych wyników eksperymentalnych.

Badania dr Korgul znakomicie wpisują się we współczesne trendy rozwojowe niskoenergetycznej fizyki jądrowej. Badane przez nią jądra atomowe, określane często mianem *jąder egzotycznych*, leżą bowiem daleko od ścieżki stabilności, a przesuwanie empirycznych granic poznania w kierunku linii oderwania nukleonu, a zwłaszcza neutronu, należy obecnie do wiodących kierunków badań nad strukturą jąder. Badania tego typu są jednak niezwykle złożone, wymagają zastosowania szeregu nowatorskich rozwiązań doświadczalnych i skoordynowanego wysiłku wielu badaczy. Prace dr Korgul były realizowane w grupach ok. 20-30 osobowych. Eksperymenty zostały wykonane przede wszystkim w Holifield Radioactive Ion beam Facility w Oak Ridge National Laboratory (ORNL) oraz na separatorze masowym OSIRIS w Studsvik w Szwecji. Użyte metody eksperymentalne wykorzystywały reakcję fragmentacji jąder aktynowców (uranu, kiuru etc.) połączoną z zaawansowanymi, często nowatorskimi, technikami separacji, pozwalającymi zoptymalizować proces selekcji interesujących nuklidów. Prace wieloautorskie rodzą naturalne pytanie o indywidualny wkład habilitanta w ich powstanie. W niniejszym przypadku nie mam najmniejszych wątpliwości, że dr Agnieszka Korgul odegrała wiodącą rolę na wszystkich etapach prac zgłoszonych do osiągnięcia habilitacyjnego o czym świadczą zarówno oświadczenia współpracowników jak i fakt, że we wszystkich dziewięciu przedstawionych pracach jest ona, wbrew porządkowi alfabetycznemu, pierwszym autorem.

W przeprowadzonych eksperymentach uzyskano szereg bardzo oryginalnych i wartościowych wyników. W pracach H1-H6 zsyntetyzowano i zmierzono własności szeregu egzotycznych nuklidów w okolicy  $^{78}\text{Ni}$ . W pracy H1 zbadano rozpady  $\beta-\gamma$ ,  $\beta-n\gamma$  jąder  $^{77,79}\text{Cu}$  co, w zestawieniu z istniejącymi już wynikami, pozwoliło między innymi przebadać ewolucję poziomów protonowych ( $\pi p_{1/2}$ ,  $\pi p_{3/2}$ ,  $\pi f_{5/2}$ ) w funkcji wypełnienia powłoki  $vg_{9/2}$ . Wyznaczone prawdopodobieństwa emisji opóźnionych neutronów pozwoliły wyznaczyć spin i parzystość stanów podstawowych jąder  $^{77,79}\text{Cu}$  i potwierdzić inwersję poziomów  $\pi p_{3/2}$  i  $\pi f_{5/2}$  zachodzącą pomiędzy izotopami  $^{75}\text{Cu}$  i  $^{77}\text{Cu}$ .

W pracach H2 oraz H4-H6 zbadano rozpady  $\beta-\gamma$ ,  $\beta-n\gamma$  nieco bardziej złożonych nuklidów:  $^{85}\text{Ga}$ ,  $^{84,85}\text{Ge}$  oraz  $^{87}\text{As}$ , które umożliwiły uzupełnienie informacji dotyczącej izotonów  $N=51,52$ , i  $53$  jąder Ge, As i Se. Nuklidy te, ze względu na swoją strukturalną prostotę stanowią znakomite laboratorium do testowania modelu powłokowego. Porównanie wyników doświadczalnych z obliczeniami modelu powłokowego wykonanymi przez habilitantkę pokazuje, że zgodność jest w wielu przypadkach niesatysfakcjonująca nawet dla tak, wydawałoby się, prostych jąder. Porównania tego typu uwypuklają niedostatki teorii w tym rejonie masowym, podkreślając wagę prowadzonych przez habilitantkę badań.

Ze względu na różną parzystość protonowych i neutronowych orbitali jednocząstkowych rozpady  $\beta$  do nisko leżących stanów zachodzą poprzez przejścia wzbronione. Obserwacja, w pracy H4, dwóch stanów o  $I^\pi=(1^+)$  w  $^{84}\text{As}$  i energiach wzbudzenia, odpowiednio, 2565keV i 2964keV zasilanych przejściami dozwolonymi stwarza dość unikalną możliwość próbkowania orbitali jednocząstkowych o dodatniej parzystości zwłaszcza, że stany  $I^\pi=1^+$  są systematycznie

obserwowane w izotonach  $N=51$ . Wypada tylko żałować, że habilitantka nie pokusiła się w pracy H4 o pogłębioną analizę teoretyczną ich struktury w oparciu o stosowany tamże model powłokowy i wykonane rachunki. Czyżby nic się nie zgadzało?

Prace H8 i H9 dotyczą pomiaru stanu  $I^\pi=(5/2^+)$  w antymonie  $^{135}\text{Sb}$ . Celem było zrozumienie drastycznej zmiany energii wzbudzenia stanu  $I^\pi=5/2^+$  względem  $I^\pi=7/2^+$  z 962keV w  $^{133}\text{Sb}$  do 282keV w  $^{135}\text{Sb}$ . Anomalia ta jest niewątpliwie związana z migracją stanów jednocząstkowych  $\pi d_{5/2}$  i  $\pi g_{7/2}$  ale jej mechanizm nie jest do końca rozpoznany. Pomiary dostarczyły czasu życia stanu  $5/2^+$  oraz górnych ograniczeń na zredukowane prawdopodobieństwa przejść B(M1) i B(E2). Otrzymane wyniki nie pozwoliły jednak wyjaśnić jaki mechanizm fizyczny kryje się za wspomnianą wyżej anomalią. Zauważono natomiast interesujące podobieństwa pomiędzy strukturą  $^{135}\text{Sb}$  i  $^{211}\text{Bi}$ . Tego typu podobieństwa są podstawą hipotezy skalowania własności strukturalnych w obszarach wokół  $^{132}\text{Sn}$  i  $^{208}\text{Pb}$ . Ta hipoteza posłużyła habilitantce do przeprowadzenia ciekawej analizy położenia poziomu jednocząstkowego  $\nu i_{13/2}$  w obszarze  $^{132}\text{Sn}$  wykonanej w pracy H9. Otrzymany wynik  $e(\nu i_{13/2})=2669(70)\text{keV}$  jest konsystentny z wcześniejszymi analizami, ale obarczony mniejszym błędem. Prace w tym kierunku są kontynuowane. Habilitantka wraz ze współpracownikami analizuje pod tym kątem wyniki pomiarów w  $^{133}\text{Sn}$  z eksperymentu CERN'owskiego wykonanego pod jej kierunkiem.

Należy podkreślić, że wchodzące w skład rozprawy prace i uzyskane rezultaty stanowią niewielki fragment dorobku naukowego dr Agnieszki Korgul. Na dorobek ten składa się 78 prac indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR) oraz 28 prac, głównie pokonferencyjnych, nieindeksowanych w tejże bazie. Prace te ukazały się w najbardziej renomowanych pismach branżowych jak Physical Review Letters, Physical Review C czy Physics Letters. Sumaryczny *impact factor* czasopism wynosi ok. 225. Według bazy Web of Science prace habilitantki były cytowane łącznie ponad 1500 razy, zaś jej indeks Hirscha wynosi 22. Są to wskaźniki znacznie przewyższające typowe wymagania stawiane habilitantom w Polsce. Warto podkreślić, że spośród 78 prac indeksowanych w bazie JCR aż 60 ukazało się po doktoracie, co świadczy o właściwej dynamice rozwoju naukowego dr Korgul i jej rosnącej rozpoznawalności w międzynarodowym środowisku fizyków jądrowych. Konkluzję tą nieco osłabia, moim zdaniem raczej przeciętna aktywność habilitantki w promowaniu swoich rezultatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych. Dr Korgul brała co prawda aktywny udział w 10 takich wydarzeniach, na których wygłosiła kilka referatów ustnych oraz zaprezentowała 6 plakatów, jednak tylko trzy z jej wystąpień były wykładami wygłoszonymi na zaproszenie organizatorów. Pomijając II Forum Edukacyjne Energetyki Jądrowej zorganizowane w ubiegłym roku w Warszawie, udział w którym powinno się zaliczyć na poczet, moim zdaniem, znakomitej działalności dydaktycznej habilitantki, wspomniane wykłady zaproszone wygłosiła ona na konferencjach w Sanibel Island w 2012r. oraz w Lizbonie w 2007r., a więc przed wieloma laty.

O solidności i dojrzałości naukowej habilitantki świadczy przede wszystkim jej dorobek naukowy, ale również bogata współpraca naukowa z uczonymi z wiodących ośrodków w dziedzinie fizyki jądrowej. Jest ona członkiem konsorcjów Polska@ISOLDE i EAGLE. Przebywała na stażach naukowych w Oak Ridge National Laboratory i na Uniwersytecie Stanu Tennessee w Knoxville. Kierowała siedmioma projektami realizowanymi w wiodących ośrodkach naukowych na świecie, w tym w: ISOLDE CERN, Institut Laue-Langevin (ILL) w

Grenoble, Oak Ridge National Laboratory oraz Studsvik's Neutron Research Facility w Szwecji. Za swą działalność naukową otrzymała nagrody indywidualne i zbiorowe Rektora Uniwersytetu Warszawskiego. Była też laureatką stypendium *Start* Fundacji na rzecz Nauki Polskiej. Jest także aktywna w pozyskiwaniu funduszy zewnętrznych na działalność naukową w ramach projektów finansowanych przez NCN, FNP czy też w ramach współpracy Polsko-Rosyjskiej z Joint Institute for Nuclear Research (JINR).

## II. Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej:

Działalność dydaktyczną, organizacyjną i popularyzatorską dr Agnieszki Korgul uważam za znakomitą. Trudno jest wymienić jej wszystkie sukcesy na tym polu. Dr Korgul jest przede wszystkim opoką kierunku Energetyka i Chemia Jądrowa (EChJ) współprowadzonego przez Wydział Fizyki i Chemii UW. Od 2010r. jest członkiem Rady Programowej tegoż kierunku, a od 2014r. jego opiekunką. Dzięki jej pracy i zaangażowaniu studenci EChJ mają unikalną możliwość wyjazdów studyjnych do takich ośrodków jak CERN, ILL, JINR czy elektrowni jądrowej w Leibstadt.

Jej talent i ogromne zaangażowanie w pozyskiwanie zewnętrznych źródeł finansowania z Programów Operacyjnych *Kapitał Ludzki* oraz *Funduszu inicjatyw dydaktycznych* zaowocowały licznymi *innowacjami dydaktycznymi* w ramach *Pracowni dla zaawansowanych*. Pozyskane środki pozwoliły na utworzenie 9 (!) nowych ćwiczeń i zmodernizowanie 6(!) istniejących stanowisk pomiarowych oraz zorganizowanie *Kursu ochrony radiologicznej i radiometrii w medycynie*, który dr Korgul koordynowała, i w ramach którego prowadziła szkolenie.

Dr Korgul prowadziła (koordynowała) wykłady, ćwiczenia rachunkowe, zajęcia laboratoryjne oraz warsztaty i projekty studenckie na Wydziale Fizyki i w ramach wspomnianego wyżej kursu ochrony radiologicznej. O ich poziomie merytorycznym świadczą uzyskane Dyplomy Dziekana otrzymane za wyróżniające się prowadzenie ćwiczeń i zajęć w ramach Pracowni fizycznej. Na Wydziale Fizyki UW, gdzie poziom dydaktyki jest niezwykle wysoki, niewielu było dane dostąpić takiego zaszczytu. Dr Korgul jest także bardzo aktywna w kształceniu młodej kadry - wypromowała czworo magistrantów i dziesięcioro licencjuszy. Warto podkreślić, że prace trzech licencjuszy dr Korgul uzyskały nagrody Polskiego Towarzystwa Nukleonowego za najlepsze prace licencjackie. Dr Korgul zrecenzowała łącznie 24 prace licencjackie i magisterskie.

Agnieszka Korgul jest znakomitym popularyzatorem nauki. Uczestniczy aktywnie w wielu inicjatywach od konkursu fizycznego dla uczniów *Poszukiwanie talentów*, poprzez pikniki naukowe, Festiwal Nauki, po organizację Dni Otwartych Wydziału. Sprawuje także opiekę nad stypendystami *Krajowego Funduszu na rzecz Dzieci* i *Fundacji przyszłość w nauce*. Ponownie, o jakości jej pracy najlepiej świadczą liczne wyróżnienia i prestiżowe nagrody jakie zdobyli jej podopieczni.

O działalności organizacyjnej dr Korgul związanej ze ścieżką dydaktyczną wspomniałem wyżej. Podkreślę tutaj dodatkowo znakomitą pracę jaką wykonuje jako Sekretarz Kapituły Nagrody im. Zdzisława Szymańskiego. Jako członek Kapituły mogę to ocenić osobiście i nie ukrywam, że jestem pod ogromnym wrażeniem jej operatywności i zaangażowania.

### III. Ocena końcowa:

Osiągnięcia dr Agnieszki Korgul na niwie naukowej świadczą niezbicie, że jest ona dojrzałym, w pełni ukształtowanym, samodzielnym badaczem. Dr Korgul posiada zarówno kompetencje naukowe jak i umiejętność kierowania dużymi zespołami badawczymi, która jest niezbędna przy planowaniu i realizacji eksperymentów z fizyki jądrowej. Jej dotychczasowy dorobek naukowy jest bardzo dobry, plany naukowe dobrze nakreślone, a dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski uważam za wyróżniający. W mojej ocenie kandydatka spełnia z nawiązką wszelkie ustawowe i zwyczajowe kryteria wymagane do uzyskania habilitacji. Wnoszę zatem o dopuszczenie dr Korgul do kolejnych etapów przewodu, zmierzających do nadania jej stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Wojciech Satuła

