



UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Instytut Fizyki

imienia

Mariana Smoluchowskiego

Zakład Fotoniki

## Recenzja rozprawy doktorskiej Mgr. Łukasza Sobolewskiego pt. *Badanie parametrów spektroskopowych metali ciężkich*

Rozprawa doktorska Mgr. Łukasza Sobolewskiego zatytułowana *Badanie parametrów spektroskopowych metali ciężkich* przedstawiona została jako spójny tematycznie zbiór dziewięciu artykułów opublikowanych w czasopismach z bazy Journal Citation Reports JCR: *Journal of the Optical Society of America B - Optical Physics*, *European Physical Journal D*, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* i *Atomic Data and Nuclear Data Tables*. Zbiorowi artykułów towarzyszy napisany w języku polskim 41-stronicowy przewodnik, poprzedzony jednostronicowym streszczeniem w języku angielskim.

Rozprawa doktorska Mgr. Łukasza Sobolewskiego została napisana pod kierunkiem Dr. hab. Jerzego Kweli, prof. UG (Promotor) i Dr. Sławomira Werbowego (Promotor pomocniczy). Jest wynikiem pracy naukowej prowadzonej przez Mgr. Sobolewskiego w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego w Gdańsku, a jej celem było wykorzystanie trzech metod pomiarowych, tj. klasycznej metody emisyjnej wysokiej zdolności rozdzielczej oraz dwóch metod spektroskopii laserowej: spektroskopii optogalwanicznej i laserowo indukowanej fluorescencji, do wyznaczenia stałych spektroskopowych metali ciężkich, w celu uzupełnienia bazy danych spektroskopowych, a w szczególności

- stałych struktury nadsubtelnej bizmutu i antymonu,
- współczynników  $g_J$  - Landégo w lantanie, prazeodymie, bizmucie, antymonie i talu,
- energii nieznanymi wcześniej poziomów energetycznych lantanu wraz z ustaleniem przyporządkowania poziomów energetycznych atomów lantanu, prazeodymu, bizmutu, antymonu i talu,
- wartości przesunięć izotopowych w liniach atomowych antymonu.

Pomiary do swojej rozprawy Mgr Sobolewski przeprowadził w laboratorium rodzimej grupy kierowanej przez Promotora w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Gdańskiego oraz w laboratorium kierowanym przez prof. Laurentiusa Windholza w Instytucie Fizyki Eksperymentalnej Uniwersytetu Technicznego w Grazu.

W przedkładanym zbiorze artykułów spektroskopii lantanu poświęconych jest najwięcej, bo cztery artykuły, spektroskopii antymonu dwa i po jednym artykule spektroskopii bizmutu, prazeodymu i talu. W ośmiu artykułach (sześciu trójautorskich, i po jednym czteroautorskim i sześćoautorskim) Mgr Łukasz Sobolewski jest pierwszym autorem (ze złamaniem porządku alfabetycznego), natomiast w jednym artykule jest drugim spośród całkowitej liczby trzech autorów.

Z dołączonych do rozprawy oświadczeń współautorów artykułów wynika, że (posługując się oryginalną numeracją z rozprawy) w artykułach [2,3,9] S. Buazza wykonał obliczenia *ab initio* do analizy struktury subtelnej; w artykułach [1-6] L. Windholz przygotował katodę antymonową do lampy wnękowej [3], pomagał w obsłudze lampy wnękowej [4-8], dostrajał i pomagał w obsłudze laserów barwnikowych [3-8], nadzorował wykonanie eksperymentów w laboratorium w Grazu [3-8] oraz brał udział w analizie danych doświadczalnych [4], tj. w wyznaczaniu stałych struktury nadsubtelnej i energii nowo zarejestrowanych poziomów struktury subtelnej; w artykule [4] T. Binder, w ramach swojej pracy

ul. prof. Stanisława

Łojasiewicza 11

30-348 Kraków

tel. +48(12) 664-46-75

e-mail:

jaroslaw.koperski@uj.edu.pl

dyplomowej (Diploma thesis I), pracował razem z Autorem w doświadczalnym poszukiwaniu nieznanymi poziomów energetycznych lantanu; także w artykule [4] B. Gamper, w ramach swojej pracy doktorskiej (Doctoral thesis), pracowała razem z Autorem i realizowała wstępne doświadczenia poszukując nieznanymi poziomów energetycznych lantanu; wreszcie w artykułach [1-9] J. Kwela brał udział w opracowaniu wyników i przygotowaniu ich do publikacji, a w artykule [4] S. Werbowy udzielił Autorowi konsultacji naukowej i wsparł merytorycznie odnośnie działania aparatury. Sam Autor również złożył oświadczenie, odnośnie swojego wkładu do sześćoautorowego artykułu [4], stwierdzając wykonanie wspólnych (z C. Güney) pomiarów w poszukiwaniu nieznanymi poziomów energetycznych lantanu i ich struktury nadsubtelnej oraz samodzielnego wykonania drugiej części eksperymentu polegającego na wyznaczeniu współczynników  $g_J$ -Landégo, brał również udział we wspólnej (z J. Kwelą) redakcji artykułu [4]. Należy zauważyć, że C. Güney, nie dostarczył oświadczenia odnośnie własnego wkładu do artykułu [4]. Podsumowując, z powyżej przytoczonych oświadczeń prawie wszystkich (tj. za wyjątkiem jednego) współautorów można wnioskować, że stwierdzenie o dużej, pierwszoplanowej roli Mgr. Łukasza Sobolewskiego we wszystkich dziewięciu artykułach, stanowiących przedkładany w rozprawie zbiór, jest uzasadnione.

Przechodząc do analizy przewodnika po zbiorze artykułów, składa się on z dziewięciu części, zawiera 16 ilustracji (rysunków i zdjęć) oraz spis bibliograficzny (15 pozycji) i spis publikacji, będący powieleniem części spisu bibliograficznego. Po *Streszczeniu* (str. 5-6) i *Wstępie* (str. 7-11) Autor umieścił opis trzech stosowanych technik: *Techniki spektroskopii optogalwanicznej* (str. 12-16), *Techniki laserowo indukowanej fluorescencji (LIF)* (str. 17-19) i *Spektroskopii emisyjnej wysokiej zdolności rozdzielczej* (str. 20-22). W kolejnych trzech częściach Autor zawarł: *Zastosowania techniki LIF oraz spektroskopii optogalwanicznej do klasyfikacji linii widmowych oraz poszukiwania nowych, wcześniej nieznanymi poziomów energetycznych* (str. 23-25), *Opis oprogramowania* (str. 26-30) oraz *Opis zawartości poszczególnych prac wchodzących w skład rozprawy doktorskiej* (str. 31-35). Przewodnik kończy *Podsumowanie* (str. 36-37).

Do szczegółowego omówienia zbioru artykułów czytelnik jest wprowadzony we *Wstępie*, w którym, w bardzo ciekawy sposób, począwszy od badań prowadzonych przez Sir Isaaca Newtona, Autor „w pigułce” przedstawia historię badań spektroskopowych widm atomowych prowadzonych przez najważniejszych badaczy (wymienia ich tu 26). Wielka szkoda, że Autor nie uzupełnił tego interesującego opisu odnośnikami do literatury i nie zbudował w ten sposób bardziej kompletnego źródła informacji, również o wpływie rozwoju mechaniki kwantowej na sposób opisu widm atomowych.

W kolejnych trzech częściach przewodnika Autor wykorzystuje możliwość bardziej szczegółowego, niż w załączonych artykułach, opisu trzech stosowanych technik pomiarowych: spektroskopii optogalwanicznej, laserowo indukowanej fluorescencji oraz spektroskopii emisyjnej wysokiej zdolności rozdzielczej. W opisie techniki spektroskopii optogalwanicznej podkreśla ciekawą modyfikację umożliwiającą pomiary struktury zeemanowskiej: umieszczenie neodymowych magnesów wytwarzających stałe pole magnetyczne w zbiorniku z ciekłym azotem blisko obszaru wyładowania w lampie wnękowej (co jednocześnie wprowadza utrudnienia w stabilnej pracy lampy). Autor opisuje również sposoby radzenia sobie z trudnościami pojawiającymi się w związku z modyfikującymi technikę

pomiarową rozwiązaniami, wykazując umiejętności eksperymentatorskie. W opisie techniki laserowo indukowanej fluorescencji w sposób zrozumiały wyjaśnia modyfikację układu doświadczalnego w stosunku do techniki optogalwanicznej i tłumaczy różnicę pomiędzy przejściami fluorescencyjnymi wzmacnianymi a przejściami fluorescencyjnymi osłabianymi. Opisując technikę spektroskopii emisyjnej wysokiej zdolności rozdzielczej Autor wskazał na jej niewątpliwą zaletę w stosunku do dwóch poprzednich technik tj. możliwość obserwacji linii poza zakresem promieniowania emitowanego przez dostępne lasery. W tych fragmentach przewodnika wykorzystuje sposobność umieszczenia zdjęć fragmentów układu doświadczalnego, choć, aby spełniły one w pełni swoją rolę, wskazanym byłoby opisanie elementów aparatury na nich widocznych.

Część szоста przewodnika to wyjaśnienie łącznego zastosowania techniki LIF i spektroskopii optogalwanicznej do poszukiwania nowych (wcześniej nieznanymi) poziomów energetycznych oraz do klasyfikacji linii widmowych. Autor szczegółowo, krok po kroku, opisuje sposób podejścia do metody pomiaru i opracowania wyników, ilustrując opis przykładem określenia położenia nieznanego wcześniej poziomu energetycznego La I o energii  $42108.6 \text{ cm}^{-1}$  (obszar UV). Muszę podkreślić, że opis ten jest bardzo przydatny i pomaga w zrozumieniu, skądinąd skróconych, objaśnień zamieszczonych w artykułach.

W kolejnej części przewodnika następują szczegółowe opisy programów komputerowych użytych do opracowania danych pomiarowych. Jak podkreśla Autor, umożliwiały one: klasyfikację linii atomowych, analizę zarejestrowanych widm, wyznaczanie wartości stałych struktury nadsubtelnej, wyznaczanie współczynników  $g_J$ , symulowanie nadsubtelnej i zeemanowskiej struktury linii i dopasowywanie ich do profili doświadczalnych. Opisy ilustrują rysunki pokazujące interfejsy kilku programów. Można się tu dowiedzieć, że wszystkie, oprócz jednego, programy użyte w pracach nad rozprawą były udostępnione Autorowi przez grupę z Grazu, jeden pochodził z rodzimego laboratorium. Nie zawarto informacji o ewentualnym wkładzie własnym Autora w modyfikacje używanych programów, ale być może nie były konieczne.

Przewodnik kończą krótkie opisy zawartości poszczególnych artykułów wchodzących w skład rozprawy doktorskiej i *Podsumowanie*, w którym Autor stwierdza, że osiągnął cel pracy uzupełniając bazy danych spektroskopowych dla badanych pierwiastków. I tak, w ramach prac nad rozprawą doktorską Mgr Łukasz Sobolewski

- wyznaczył współczynniki A struktury nadsubtelnej dla 10 poziomów atomowych  $^{209}\text{Bi}$  (w tym 3 nowe) oraz 18 poziomów atomowych  $^{123}\text{Sb}$  (w tym 7 nowych); wyniki pomiarów zostały użyte do analizy struktury energetycznej Sb,
- znalazł 14 nowych poziomów energetycznych w strukturze atomowej  $^{139}\text{La}$ ,
- wykonał pomiary przesunięcia izotopowego dla 8 linii atomowych  $^{121}\text{Sb}$  i  $^{123}\text{Sb}$ ; wyniki zostały użyte w obliczeniach wkładów do przesunięcia pochodzących od efektu pola i efektu masy,
- wyznaczył 10 współczynników  $g_J$  (w tym 5 nowych) dla poziomów atomowych Bi, 18 współczynników  $g_J$  (w tym 7 nowych) dla poziomów Sb i 18 nowych współczynników  $g_J$  dla poziomów Tl; wyniki pomiarów  $g_J$  dla Sb i Tl zostały wykorzystane do teoretycznej analizy ich struktury energetycznej,
- wyznaczył 78 nowych współczynników  $g_J$  dla poziomów energetycznych La,

- wyznaczył 87 współczynników  $g_J$  (w tym 78 nowych) dla poziomów energetycznych Pr.

Konkludując *Podsumowanie* przewodnika można wnioskować, jak Autor zresztą sugeruje, że otrzymane przez niego wyniki zostaną wykorzystane w celu dokładniejszego opisu teoretycznego struktur atomowych, jak również w badaniach astrofizycznych.

Przechodząc do samego zbioru dziewięciu artykułów [1-9] przedkładanego jako rozprawa doktorska, każdy z nich przeszedł własny proces recenzji i szczegółowej oceny edytorskiej. Nie ma tu więc zasadniczego znaczenia moja osobista ocena. Jednak za kryterium wartościowego wkładu poszczególnych artykułów do literatury dotyczącej spektroskopii metali ciężkich przyjąłem fakt opublikowania ich w ważnych czasopismach, które stanowią bazę literaturową dla badaczy zajmujących się teoretyczną i doświadczalną spektroskopią atomową (wg Web of Science 2018 indeksy cytowań, tzw. *impact factors*, czasopism, w których opublikowano artykuły zawierają się w zakresie od 1.288, dla *European Physical Journal D*, do 2.419, dla *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*).

Kolej na uwagi krytyczne i związane z nimi pytania i sugestie, które nasunęły mi się podczas lektury przewodnika do zbioru artykułów.

Przede wszystkim, brak jest **dokładnego określenia wkładu Autora** w rozwój (rozbudowę) stosowanych układów doświadczalnych w Gdańsku i Grazu, w rozwój (udoskonalenie) stosowanego w pracy oprogramowania, własny wkład koncepcyjny w metody badawcze i opracowanie wyników pomiarów, być może nawet w ogólną koncepcję całego przedsięwzięcia. Tym bardziej wydaje się to potrzebne, gdyż ocenę wystawia się zbiorowi artykułów, gdzie, z racji formy i ograniczenia miejsca, nie ma możliwości na dokonanie takiego bilansu. Wystarczyłoby zapewne jeden akapit w *Podsumowaniu*, który dokładnie punktowałby wszystkie aspekty wkładu Autora w zastane przez siebie (w obu laboratoriach) procedury badawcze, układy doświadczalne i programy do opracowania danych. Bez tego odnoszę wrażenie (być może błędne?), że Autor został „zanurzony” w nurt badań prowadzonych w grupie Promotora i podążył nim, nie wnosząc istotnego *novum* i nie odciskając własnego piętna, a „przy okazji” jednak osiągając wyniki wchodzące w ramy rozprawy. Proszę o ustosunkowanie się Autora do tej uwagi.

Mimo, że przewodnik służył do przeprowadzenia czytelnika przez zbiór artykułów i pełnił rolę swoistego uzupełnienia treści tam zawartych, to jednak wymaga się, aby prezentował on formę dopracowaną, wolną od błędów i niedociągnięć.

I tak, pomocna byłaby informacja zbiorcza, które pomiary prowadzone jedną z trzech technik i dla pięciu różnych pierwiastków były wykonywane w laboratorium w Gdańsku, a które w Grazu? Można to było bardzo jasno opisać w przewodniku, wyszczególniając wady i zalety układów polskiego i austriackiego, powody i cele ich użycia oraz ich komplementarność lub jej brak tak, by czytelnik nie musiał się domyślać i (czasami) wyciągać błędne wnioski. Proszę Autora o uzupełnienie i podanie takiego podsumowania.

Uwagi dotyczące spisu *Bibliografia*. Jak już wspomniałem wyżej, spis ten cierpi na swoistą ograniczoność; zbyt mała liczba pozycji bibliograficznych czyni, choćby *Wstęp* przewodnika, mniej kompletnym źródłem wiadomości. Wielka szkoda.

Uwagi dotyczące diagramów i ilustracji. Brak opisu osi - Rys. 3.1, 7.5; brak jednostek na względnej skali energetycznej - Rys. 4.3; praktycznie niewidoczne opisy na interfejsach programów - Rys. 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.6 (korzystniej byłoby przedstawić jeden interfejs na jednej stronie); brak oznaczeń najważniejszych (przynajmniej) elementów widocznych na Rys. 3.3, 3.4, 5.2.

Uwagi dotyczące notacji. Zarówno w przewodniku, jak i w załączonych artykułach notacja symboli pierwiastków i ich izotopów jest niejednorodna i, moim zdaniem, czytelnik skorzystałby po jej ujednoczeniu. I tak, postulowałbym, aby wszystkie symbole pierwiastków podawane były z zaznaczeniem liczby masowej, np. w [9] poświęconym spektroskopii izotopowi talu-205 notacja z i bez użycia liczby masowej jest używana równolegle, co biorąc pod uwagę istnienia drugiego stabilnego izotopu talu-203, jest myląca.

Inne drobne nieścisłości i pomniejsze błędy (z pominięciem nielicznych błędów stylistycznych i interpunkcyjnych) dostrzeżone w trakcie lektury przewodnika:

- użycie wyrażen nieprecyzyjnych i żargonowych, np. „...laser barwnikowy pracował na barwniku...” (str. 14, 34); „...długość etalonu była tak dobrana, aby dawać impulsy...” (str. 14); „...gaz buforowy rozdziela poszczególne atomy...” (str. 15); „Rejestracja widma... odbywała się za pomocą komputera.” (str. 16); „...natężenie światła fluorescencji...” (str. 18); „...mocniej widoczne stają się linie dozwolone.” (str. 22); „...natrafiać na linię...” (str. 23, 24); „desygnacja poziomów” (str. 32, 34);
- błędy w notacji, w spisie publikacji wchodzących w skład rozprawy (str. 40-41): pozycja 3. - zbędne „99”; pozycja 7. - powtórzenie nazwiska jednego z autorów.

Konkludując uważam, że rozprawa doktorska Mgr. Łukasza Sobolewskiego *Badanie parametrów spektroskopowych metali ciężkich* przedstawiona jako spójny tematycznie zbiór dziewięciu artykułów opatrzonej przewodnikiem przedstawia dużą wartość naukową, biorąc pod uwagę postawiony problem naukowy, sposób jego rozwiązania, wkład pracy doświadczalnej oraz osiągnięte wyniki. Stanowi istotny wkład do rozwoju badań spektroskopowych metali ciężkich, również od strony teoretycznej, oraz wypełniania braków w bazach danych stałych spektroskopowych.

Przedstawione powyżej uwagi krytyczne, wymienione z obowiązku recenzenckiego, nie umniejszają mojej bardzo dobrej oceny rozprawy.

Stwierdzam, że rozprawa Pana Mgr. Łukasza Sobolewskiego zatytułowana *Badanie parametrów spektroskopowych metali ciężkich* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* i wnoszę o dopuszczenie Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Prof. dr hab. Jarosław Koperski  
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Kraków, 20 kwietnia 2018 roku