

Dr hab. Michał Zieliński, prof. UMK
Instytut Fizyki
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

**Ocena osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych dr Joanny Jadczak
ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych
w dyscyplinie fizyka**

Dr inż. Joanna Jadczak w 2012 roku obroniła wyróżnioną na Politechnice Wrocławskiej pracę doktorską pod tytułem „Badania magnetoptyczne dodatnio naładowanych ekscytonów w dwuwymiarowych strukturach półprzewodnikowych.” Promotorem tej pracy był dr hab. Leszek Bryja.

W kolejnych latach dr inż. Joanna Jadczak kontynuowała pracę naukową na licznych stażach podoktorskich, w tym na półrocznym stażu w Taipei na Tajwanie na National Taiwan University of Science and Technology oraz na nieco dłuższym stażu w Tuluzie w Francji na LNCMI/CNRS. W okresie po doktoracie przebywała łącznie na kilkunastu stażach zagranicznych co na pewno świadczy o dynamicznym rozwoju naukowym.

Od 2012 roku jest zatrudniona jako asystent na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej, a od 2012 roku w charakterze adiunkta.

Kariera dr inż. Joanny Jadczak rozwija się w sposób bardzo dobry. Obecnie kieruje grantem badawczym w ramach projektu Beethoven Narodowego Centrum Nauki. Była także wykonawcą w czterech innych grantach (NCN/NCBiR/MNiSW). Jej praca naukowa została doceniona przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej w formie stypendium *Start* przyznanego w 2015 roku oraz w postaci dwóch nagród Rektora Politechniki Wrocławskiej (w 2013 oraz 2017 roku).

W zakresie zainteresowań badawczych dr Joanny Jadczak znajdują się zagadnienia fizyki układów kwazi-dwuwymiarowych ze szczególnym naciskiem na spektroskopię optyczną kompleksów ekscytonowych w dichalkogenkach metali przejściowych. W osiągnięciu habilitacyjnym pt. „*Natura kompleksów ekscytonowych oraz dynamika sieci w dwuwymiarowych kryształach dichalkogenków metali przejściowych*” dr Joanna Jadczak przedstawia cykl sześciu powiązanych tematycznie publikacji [H1-H6]. W pięciu z tych publikacji dr inż. Joanna Jadczak jest pierwszym autorem, przy czym jedna z prac jest jednoautorska. We wszystkich wieloautorskich pracach z cyklu dr inż. Joanna Jadczak określa swój wkład jako zasadniczy (tj. szacuje go w zakresie od 45% w jednej z prac, aż do 65% w pozostałych czterech pracach wieloautorskich). Wysoki wkład własny znajduje potwierdzenie w oświadczeniach współautorów oraz w tym, że niemal we wszystkich pracach (z wyjątkiem jednej, w której najwyraźniej nie wybrano autora korespondencyjnego) dr inż. Joanna Jadczak

JL

jest autorem korespondencyjnym. Przedstawione prace opublikowane zostały w zdecydowanej większości w dobrych i bardzo dobrych czasopismach międzynarodowych, a uwagę zwraca pierwsza z prac w cyklu opublikowana w prestiżowym *Nature Communications*.

Publikacje z cyklu habilitacyjnego koncentrują się na doświadczalnym badaniu widm dwuwymiarowych kryształów dichalkogenków metali przejściowych, w szczególności pojedynczych warstw MoS₂, MoSe₂, WS₂, WSe₂, a także ReS₂ i nie budzą najmniejszych wątpliwości co do powiązania tematycznych artykułów w cyklu.

W pracy [H1] autorka wraz ze współpracownikami zademonstrowała wielofononowy proces „up-konwersji” fotoluminescencji w WS₂ z zależnym od temperatury zyskiem sięgającym aż 150 meV. Praca ta powstała we współpracy międzynarodowej z renomowanymi grupami badawczymi z Tajwanu i Kanady. Umożliwiający ten efekt silne sprzężenie fonon-ekscyton było obserwowane w warstwach na różnych podłożach, a samo zjawisko „up-konwersji” ma potencjalne zastosowania w tzn. chłodzeniu laserem.

W pracy [H2] badano własności emisyjne i absorpcyjne tak kryształu objętościowego ReS₂, jak i warstw tego materiału o różnej (kilku, kilkunastu monowarstw) grubości, aż do pojedynczej monowarstwy włącznie. Redukcji grubości warstw towarzyszyło silne przesunięcie widm w kierunku wyższych energii, przy czym układy zachowywały prostą przerwę energetyczną. Przede wszystkim jednak, zaobserwowano serię linii ekscytonów Rydbergowskich o strukturze widmowej charakterystycznej dla układów trójwymiarowych. Podano również szerokość przerwy energii wzbudzonej dla objętościowego kryształu ReS₂ oraz potwierdzono wysokie energie wiązania kompleksów ekscytonowych. Praca ta powstała we współpracy międzynarodowej z grupą z Tajwanu oraz we współpracy krajowej z Uniwersytetem Warszawskim.

Z kolei w pracy [H3] zaprezentowano wyniki rezonansowego rozpraszania Ramanowskiego dla monowarstwy MoS₂ dla różnych energii lasera wzbudzającego oraz dla szerokiego zakresu temperatur. W pracy tej pokazano, że tzw. pasmo (mod) *b* powstaje w rezultacie procesów drugiego rzędu w obecności fotonów akustycznych. Wskazano również na istotną rolę dwuwymiarowego gazu elektronowego w oddziałujących układach ekscytonowo-fononowych.

Następnie w pracach [H4] oraz [H5] badano układy kryształów mieszanych (stopów) Mo(S_ySe_{1-y})₂. W pracy [H4] pokazano m.in. silną zależność wzajemnych intensywności linii trionu i ekscytonu w funkcji zawartości molowej siarki. Wyniki te interpretowane są m.in. poprzez silny wpływ atomów siarki na gęstość (koncentrację) gazu elektronowego. Praca [H4] jest pracą jednoautorską, co jest ważnym wyznacznikiem samodzielności naukowej dr inż. Joanny Jadcza.

Podobnie jak w [H4], tak w pracy [H5] badano wpływ składu molowego oraz temperatury na emisję trionu w układach o mieszanym składzie. Emisja tak okazuje się być silna i stabilna także w temperaturze pokojowej. W niektórych aspektach prace [H4] oraz [H5] sprawiają wrażenie podobnych, z tymże praca [H4] jest pracą konferencyjną, a praca

[H5] powstała w współpracy z grupami z Tajwanu i Kanady. Współpraca ta w szczególności umożliwiła uzupełnienie wyników doświadczalnych o ciekawy model teoretyczny. Jednym z zasadniczych wyników pracy [H5] jest sugestia, że silny wzrost intensywności emisji trionu dla układów o większej zawartości siarki związany jest (obok zwiększonej koncentracji elektronów) ze wzrostem sprzężenia ekscyton-trion, którego mediatorem jest fonon optyczny.

W ostatniej z prac z cyklu [H6] omówiono spektroskopowe badania monowarstw MoS_2 , MoSe_2 , WS_2 , WSe_2 umieszczonych na tym samym podłożu krystalicznym, tj. w obrębie jednej próbki. Badania te, co charakterystyczne dla innych prac z cyklu, prowadzono w szerokim zakresie temperatur od 7 do 295 Kelvinów. Z informacji zawartych we wniosku wynika, że jest to możliwe m.in. dzięki uruchomieniu przez dr inż. Joannę Jadcza k kriostatu helowego pracującego w obiegu zamkniętym. W pracy [H6] pokazano m.in. silną zależność amplitud przejść trionów i ekscytonów od temperatury. W oparciu o uzyskane wyniki doświadczalne zasugerowano, że tzw. rezonans L_0 (WS_2) jest elementem struktury subtelnej trionu. Zaproponowano też alternatywną interpretację przejścia bieksytonowego dla WSe_2 oraz WS_2 . W pracy tej analizowano również stopień przestrzennej lokalizacji nośników, w tym kompleksów prawie swobodnych oraz tych silnie zlokalizowanych na defektach.

Podsumowując, przedstawiony cykl publikacji zwraca uwagę bogactwem treści oraz wysoką jakością naukową. W pracach z cyklu badana jest natura kompleksów ekscytonowych m.in. w samodzielnie eksfoliowanych przez autorkę monowarstwach MoS_2 , MoSe_2 , WS_2 , WSe_2 . Badane są procesy „up-konwersji” fotoluminescencji w pojedynczych warstwach WS_2 oraz heterostrukturach WS_2/hBN (podłoże z heksagonalnego azotku boru). Badane są własności optyczne kryształów mieszanych $\text{Mo}(\text{S}_y\text{Se}_{1-y})_2$ oraz rezonansowe widma rozpraszania w pojedynczych warstwach MoS_2 . Wreszcie badane są także energie wiązania ekscytonu oraz serie Rydbergowskie w kryształach ReS_2 .

Co ważne i bardzo cenne w pracach z omawianego cyklu publikacji dr Joanna Jadcza k była odpowiedzialna zarówno za zaplanowanie i wykonanie eksperymentu, w tym przygotowanie próbek, a następnie za analizę i interpretację wyników doświadczalnych, jak i przygotowanie manuskryptów. Przedstawianie wkładu do pracy w formie procentowej jest obarczone szeregiem wad, ale wskazany przez habilitantkę zakres zadań świadczy o dużej dojrzałości i samodzielności naukowej dr inż. Joanny Jadcza k.

Obok osiągnięcia habilitacyjnego, uwagę zwraca zbudowanie nowego układu pomiarowego do optycznej spektroskopii nanostruktur. Układ ten umożliwia pomiary m.in. widm fotoluminescencji, odbicia oraz rozpraszania Ramanowskiego z dobrą rozdzielczością przestrzenną oraz w szerokim zakresie temperatur. Uwagę zwraca również pozostały dorobek naukowy [P1-P17] habilitantki. Są to liczne i ciekawe prace (m.in. druga praca w *Nature Communications* oraz przede wszystkim pierwszoautorska praca w wysoko punktowanym *Nano Letters*). Przy czym zarówno osiągnięcia habilitacyjne, jak i pozostały dorobek naukowy należy uznać z całą pewnością za bardzo dobry.

Podsumowując osiągnięcia publikacyjne dodam, że h-index dr Joanny Jadcza k jest równy 8, co należy uznać (podobnie jak inne wskaźniki bibliometryczne) za wynik dość typowy dla tego etapu kariery naukowej. Na korzyść habilitantki przemawia niska liczba

autocytowań w stosunku do ogólnej liczby cytowań. Mam nadzieję i przekonanie, że tak liczba cytowań, jak i h-index istotnie wzrosną na dalszych etapach kariery dr inż. Joanny Jadczak.

Omawiając publikacje dr inż. Joanny Jadczak muszę jednak dodać, że zdecydowana większość jej prac naukowych powstała we współpracy z promotorem doktoratu dr. hab. Leszkiem Bryją. Nie traktuję tego jednak jako zarzutu, ale jako rezultat koniecznego w dzisiejszych czasach funkcjonowania w dobrym zespole naukowym. Lektura wniosku, artykułów z cyklu oraz wysłuchanie przeze mnie (z przyjemnością!) kilku referatów naukowych prowadzonych przez dr inż. Joannę Jadczak upewnia mnie w przekonaniu, że wysokiej jakości wyników naukowych towarzyszy duża samodzielność naukowa.

Obok bogatej aktywności publikacyjnej i grantowej dr inż. Joanna Jadczak jest zapraszana do innych ośrodków naukowych celem wygłaszania seminariów, a także aktywnie uczestniczy w konferencjach międzynarodowych.

Bogata jest również aktywność dydaktyczna dr inż. Joanny Jadczak: wypromowała ona kilkunastu inżynierów oraz pięciu magistrów. Co ważne jest obecnie promotorem pomocniczym dwojga doktorantów. Prowadziła, bądź współprowadziła zajęcia dydaktyczne z kilku przedmiotów, w tym wykłady z Fizyki Ciała Stałego oraz autorskie zajęcia laboratoryjne w języku angielskim. Działalność dydaktyczną uzupełniała popularyzowaniem nauki w formie wykładów w ramach Dolnośląskiego Festiwalu Nauki.

Podsumowując stwierdzam z całym przekonaniem, że dorobek i osiągnięcia naukowe, organizacyjne oraz dydaktyczne dr Joanny Jadczak w stopniu bardzo dobrym odpowiadają wymogom prawnym i zwyczajowym stawianym habilitantom w dyscyplinie fizyka w dziedzinie nauk fizycznych. Jednocześnie wnioskuję o dopuszczenie dr Joanny Jadczak do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Anna Zumi'.