

Prof. dr hab. Jerzy Garbarczyk
Wydział Fizyki
Politechnika Warszawska

Warszawa 2 lutego 2024

Ocena osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej dr. Johannesesa Roberta Bindera w związku z postępowaniem o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego

1. Wstęp

Johannes Robert Binder ukończył w roku 2010 studia magisterskie z zakresu fizyki na Uniwersytecie w Tybindze (Niemcy). Opiekunem jego pracy dyplomowej pt. „Electron source with carbon nanotube as field emitters” był prof. Dieter Kern. Następnie, Johannes Binder, w ramach stypendium Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, przebywał na Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, gdzie w roku 2015 obronił z wyróżnieniem pracę doktorską pt. „Carbon based nanostructures for detectors and biosensors”. Promotorem w przewodzie doktorskim był prof. dr hab. Andrzej Wysmołek, a promotorem pomocniczym dr Marta Borysiewicz.

Od maja 2015 do kwietnia 2016 roku, dr Binder odbywał staż podoktorski w Narodowym Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych w Grenoble (w grupie prof. Marka Potemskiego) zaś od czerwca 2016 roku jest zatrudniony na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego na Wydziale Fizyki UW.

2. Ocena osiągnięcia naukowego zgłoszonego do habilitacji

Osiągnięcie naukowe, które jest przedmiotem wniosku habilitacyjnego nosi tytuł: **„Efekty fizyczne na interfejsach między i wewnątrz materiałów warstwowych”**. Rezultaty badań, stanowiących podstawę habilitacji, zostały opublikowane w latach 2017-2023 w cyklu **6 powiązanych tematycznie współautorskich artykułów naukowych**.

Trzy prace z lat 2017, 2023, 2022 opublikowane w *Nano Letters* (w notacji Habilitanta są to prace: [H1], [H4] i [H6]). Pozostałe prace z lat 2019, 2021, 2020 opublikowano odpowiednio w *Nature Communications* ([H2]), *2D Materials* ([H3]) oraz w *Solid State Communications* ([H5]). Oprócz dr. Bindera, łączna liczba różnych współautorów tych sześciu publikacji wynosi 29. Są wśród nich znani polscy i zagraniczni fizycy, a wśród nich laureaci Nagrody Nobla z fizyki - Andriej Gejm oraz Konstantin Nowosiołow (w pracach [H1] i [H2]). Duża liczba współautorów publikacji zbiorowych jest coraz częstszą cechą charakterystyczną prac opartych na współpracy międzynarodowej, które nierzadko wykonywane są w znanych europejskich laboratoriach badawczych. Mimo, że w pracach dr. J. Bindera występuje wielu współautorów, wyodrębnienie jego

indywidualnego wkładu do publikacji [H1]– [H6] nie stanowi, moim zdaniem, większego problemu.

W publikacjach [H1], [H3] i [H4] dr Binder jest pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym. W pracy [H2] jest pierwszym autorem. W pracy [H5] jest autorem korespondencyjnym i opiekunem studentki oraz współopiekunem doktorantki, które są pierwszymi autorkami tej publikacji. W pracy [H6] był współopiekunem doktorantki – pierwszej autorki tej publikacji. Z powyższego wykazu oraz z deklaracji dr. Bindera zamieszczonej we wniosku a także deklaracji współautorów wynika, że wkład dr. Johannesesa Bindera do załączonego cyklu publikacji, zarówno jeśli chodzi o przeprowadzenie pomiarów, interpretację wyników a także redakcję tekstów, był na tyle indywidualny i duży, że można to uznać za jego dorobek habilitacyjny.

Będące przedmiotem habilitacji prace naukowe dr. Johannesesa Bindera dotyczą zjawisk fizycznych występujących między interfejsami materiałów warstwowych 2D z innymi materiałami (2D lub objętościowymi półprzewodnikami) oraz interfejsami występującymi w pojedynczym materiale warstwowym, który może zawierać różne fazy. Nowa wiedza o tych zjawiskach ma zarówno znaczenie czysto poznawcze, jak i aplikacyjne jeśli wziąć pod uwagę potencjalne wykorzystanie heterostruktur van der Waalsa (vdW) w różnych urządzeniach.

W tym miejscu warto może przypomnieć, że zanim rozwinęła się fizyka materiałów 2D, objętościowe materiały warstwowe (3D), takie jak np. grafit oraz chalcogenki metali (TiS_2 , TiSe_2 , MoS_2) były przedmiotem dużego zainteresowania z racji ich potencjalnych zastosowań w elektrodach baterii typu *Li-ion*. Występujące między warstwami tych związków wiązania *van der Waalsa* ułatwiają bowiem interkalację/deinterkalację jonów litu, która zachodzi podczas ładowania/rozładowania baterii litowej. Powstanie fizyki materiałów 2D znacznie poszerzyło możliwości aplikacyjne materiałów warstwowych.

Jak wiadomo, materiały o obniżonej wymiarowości takie, jak struktury 2D są podatne na właściwości fizyczne ich otoczenia z czego wynika, że zrozumienie zjawisk zachodzących na interfejsach pozwoli na badanie nowych zjawisk fizycznych i opracowanie nowych koncepcji urządzeń (np. optoelektronicznych).

Przechodząc do bardziej szczegółowego opisu zjawisk opisanych we wniosku habilitacyjnym, należy wydzielić następujące klasy problemów:

W pracach [H1] i [H2] badane były interfejsy materiału 2D (półprzewodnika WSe_2) z innymi materiałami 2D (heksagonalnym hBN po obu stronach) oraz z monowarstwami grafenu, który spełniał rolę elektrod. Proces wytwarzania heterostruktur, został opracowany w zespole prof. Novoselova na Uniwersytecie w Manchester. Heterostruktury były badane pod kątem ich zastosowań w diodach elektroluminescencyjnych. W publikacjach [H1] i [H2] dr J. Binder był pierwszym autorem, przeprowadził pomiary optoelektroniczne, przeanalizował i zinterpretował wyniki, opracował modele matematyczne oraz napisał wersję roboczą prac.

W pracy [H3] badany był interfejs grafenu (materiału 2D) z germanem (półprzewodnikiem objętościowym). Badanie takich interfejsów budzi zainteresowanie

z punktu widzenia integracji technologii grafenowej z klasycznymi półprzewodnikami, takimi jak german i krzem. Praca została wykonywana przy współpracy z Wydziałem Fizyki PW. W publikacji [H3] dr Binder jest pierwszym i korespondencyjnym autorem, wymyślił i przeprowadził eksperymenty, napisał pierwszą wersję pracy i wniosek patentowy oraz opracował model wyjaśniający wyniki.

W pracy [H4] badano interfejs materiału 2D (hBN wyhodowany metodą epitaksji na szafirze w laboratorium WF UW) z gazami i cieczami (H_2 , H_2O/D_2O). Motywacją był fakt że materiały 2D są często narażone na kontakt gazów lub cieczy w warunkach atmosferycznych. W publikacji [H4] dr J. Binder jest pierwszym autorem, wykonał obrazowanie SEM, napisał pierwszą wersję pracy i wysłał ją jako autor korespondencyjny.

Prace [H5] i [H6] poświęcone są zjawiskom na interfejsach różnych faz tego samego materiału warstwowego. Badanym związkiem był dwusiarczek tantal TaS₂ typu 1T, który wykazuje dużą różnorodność fazową. W publikacji [H5] dr Binder jest autorem korespondencyjnym, uczestniczył w pomiarach, był współopiekunem studentki i doktorantki, interpretował dane i uczestniczył w pisaniu manuskryptu. W pracy [H6] dr Binder uczestniczył w pomiarach optycznych, interpretował dane, był współopiekunem doktorantki oraz współuczestniczył w pisaniu artykułu.

Czasopisma, w których opublikowano wyniki badań dr. Bindera i współautorów charakteryzuje wysoki lub bardzo wysoki pięcioletni *Impact Factor* IF. Jego wartości wynoszą: 11.2 (*Nano Letters*), 17.0 (*Nature Communications*), 6.2 (*2D Materials*) oraz 1.6 (*Solid State Communications*).

Przedstawione prace umożliwiły zaobserwowanie, zbadanie i zinterpretowanie w analizowanych heterostrukturach następujących efektów:

- odkryto oscylacje elektroluminescencji w polu magnetycznym spowodowane kwantyzacją poziomów Landaua w grafenowych elektrodach struktur vdW;
- zaobserwowano tunelowanie nośników ładunku elektrycznego do stanów ekscytonowych;
- w badanych heterostrukturach vdW zaobserwowano ekscytony międzywarstwowe;
- dla ekscytonów międzywarstwowych odkryto konwersję energii emisji elektroluminescencji w górę poprzez zjawisko Augera;
- odkryto podtrawianie materiałów 2D w wyniku fotokorozji germanu oraz wygaszanie sygnału ramanowskiego dla grafenu na germanie;
- zaobserwowano radiolizę wody i powstawanie wodoru na interfejsie grafen/hBN;
- w materiale 1T-TaS₂ stwierdzono obecność metastabilnych stanów fali gęstości ładunku oraz możliwość ich przestrzennego mapowania za pomocą indukowanego światłem zjawiska Seebecka;
- odkryto możliwość tworzenia indukowanych światłem interfejsów i potwierdzenie chiralności materiału 1T-TaS₂.

Uznając wagę tych osiągnięć i biorąc pod uwagę fakt, że indywidualny wkład dr. Johannesesa Bindera do publikacji [H1]-[H6] jest duży i został dokładnie wyodrębniony,

oceniam jego dorobek habilitacyjny jako bardzo dobry, stanowiący znaczny wkład w rozwój fizyki.

3. Ocena istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej instytucji naukowej

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora, Johannes Binder był aktywny na 4 uniwersytetach: Uniwersytecie w Tybindze (gdzie uzyskał magisterium), na Uniwersytecie Warszawskim (gdzie obronił doktorat), na Australijskim Uniwersytecie Narodowym w Canberze (gdzie odbył 5-miesięczny staż naukowy) oraz w Narodowym Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych w Grenoble (gdzie odbył 3-miesięczny staż).

Po uzyskaniu stopnia doktora Johannes Binder odbył 12-miesięczny staż podoktorski w Narodowym Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych w Grenoble. Był to bardzo ważny okres jego aktywności naukowej - badania finansowane były przez projekt UE *Graphene Flagship*. Pracował wtedy w zespole prof. Marka Potemskiego nad elektroluminescencją nowych heterostruktur van der Waalsa, a badania były prowadzone we współpracy z grupą laureata Nagrody Nobla prof. Novoselowa z Uniwersytetu w Manchester. W tym czasie zaobserwowano kilka nowych zjawisk opisanych w pracach [H1] i [H2], zgłoszonych do dorobku habilitacyjnego.

Liczba prac naukowych (z listy JCR), których współautorem jest dr. J. Binder, wynosi **33** (nie licząc prac zgłoszonych do dorobku habilitacyjnego). Osiem z tych prac opublikowano przed uzyskaniem przez J. Bindera stopnia doktora, a **25** – po uzyskaniu tego stopnia. Większość prac poświęcona jest materiałom i heterostrukturom 2D, ale innym niż te o których mowa w pakiecie habilitacyjnym (np. grafen na GaN, WS₂ oraz Au/MoS₂). Świadczy to o dużej aktywności naukowej i różnorodności prowadzonych badań.

Liczby plakatów z udziałem dr. Bindera, prezentowanych na międzynarodowych i krajowych konferencjach wynoszą: 6 (przed doktoratem) i 4 (po doktoracie).

Liczby ustnych prezentacji konferencyjnych dr. Bindera wynoszą: 1 (przed doktoratem) oraz **18** (po doktoracie). Należy przy tym dodać, że 6 wystąpień miało charakter wykładów zaproszonych a jedno było wykładem plenarnym na konferencji „Grafen i inne materiały 2D” (Szczecin 2016).

Dr Johannes Binder ma spore doświadczenie w pozyskiwaniu funduszy na badania naukowe oraz w kierowaniu projektami naukowymi, co świadczy o jego dojrzałości w samodzielnym organizowaniu i prowadzeniu prac naukowych.

W latach 2015-2018, przed uzyskaniem stopnia doktora, był kierownikiem grantu PRELDIUM. Ponadto uczestniczył jako wykonawca w projektach: NCBiR (2012) oraz *Graphene Flagship* (w latach 2015/16, w 7. Ramowym Programie UE).

Po doktoracie dr Binder kierował i nadal kieruje projektami SPUB (2022-2024) oraz SONATA (2021-2025). Ponadto, jako wykonawca, uczestniczy w grantie NCN w ramach konkursu OPUS (2020-2024). Dr Binder ma zatem duże doświadczenie w zespołowych pracach badawczych.

Badania naukowe Dr. J. Bindera są blisko związane z potencjalnymi zastosowaniami praktycznymi. Jest on współautorem dwóch krajowych zgłoszeń patentowych uzyskanych w latach 2020 oraz 2021. Pierwsze z nich powiązane jest tematycznie z pracą [H3] z jego dorobku habilitacyjnego.

Warto dodać, że dr Binder jest często powoływany jako recenzent artykułów naukowych zgłaszanych do prestiżowych czasopism naukowych, takich jak *ASC Nano* (IF=17,1), *Applied Interfaces and Materials* (IF=9,6), *Scientific Reports* (IF=4,9) i innych. W roku 2021 otrzymał nagrodę czasopisma *2D Materials* dla wybitnego recenzenta. Wszystko to świadczy o uznaniu środowiska naukowego dla dr Bindera jako kompetentnego specjalisty naukowego.

Na dzień 13 lipca 2023 dane naukometryczne Kandydata były następujące:

- Liczba cytowań (bez autocytowań): **329** (wg bazy WoS), **350** (wg bazy Scopus);
- Indeks Hirsha: **h=9** (wg WoS), **h=10** (wg Scopus);
- Łączny Impact Factor publikacji z dorobku naukowego: **160**.

Są to dobre parametry, a biorąc pod uwagę, że od lipca 2023 minęło już pół roku i że wiele prac opublikowano niedawno, należy przypuszczać, że dane naukometryczne dr. Bindera będą szybko rosnąć.

Moja ocena aktywności naukowej dr Bindera oraz jego współpracy z międzynarodową i krajową społecznością naukową jest jednoznacznie pozytywna.

4. Ocena pracy dydaktycznej oraz aktywności w zakresie szkolenia młodej kadry naukowej

Będąc adiunktem na Wydziale Fizyki UW, dr J. Binder był promotorem pomocniczym w 2 zakończonych przewodach doktorskich. W toku są 4 dalsze doktoraty, w których Johannes Binder pełni funkcję promotora pomocniczego. Oprócz tego dr Binder był opiekunem lub współopiekunem 7 prac magisterskich oraz trzech prac licencjackich.

Od 2016 roku Habilitant prowadził lub prowadzi na Wydziale Fizyki UW różnorodne zajęcia dydaktyczne. Na studiach I stopnia są to wykłady i ćwiczenia ze *Wstępu do optyki i fizyki materii skondensowanej*, wykłady z *Fizykochemii w kryminalistyce* oraz ćwiczenia do wykładu *Fizyka z matematyką*. Na studiach II stopnia prowadzi nadzór nad studentami uczestniczącymi w proseminarium *Fizyka półprzewodników* oraz ćwiczenia do przedmiotu *Low-dimensional systems and nanostructures*. Ponadto, pracuje w laboratoriach studenckich na studiach I i II stopnia oraz przygotowuje pokazy do wykładów z *Podstaw fizyki*. Warto nadmienić, że dr Binder uczestniczy także w wydarzeniach promujących i popularyzujących fizykę, zarówno na swoim rodzimym wydziale, jak i poza nim.

Aktywność dydaktyczną dr. Bindera oceniam wysoko. Na wyróżnienie zasługuje jego współdziałanie jako promotora pomocniczego, aż w 6 przewodach doktorskich. Jest to dobry wstęp do jego przyszłej aktywności jako samodzielnego pracownika naukowego oraz lidera zespołu badawczego.

5. Konkluzja

Uważam, że dr Johannes Binder posiada w swoim dorobku, poparte danymi naukowymi, osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój fizyki. Biorąc pod uwagę wartość naukową prac zgłoszonych do habilitacji, znaczną aktywność dr. Johannesesa Bindera w pozyskiwaniu grantów naukowych, współpracy międzynarodowej a także w szkoleniu młodej kadry naukowej, uważam, że spełnia on wszelkie ustawowe oraz zwyczajowe kryteria wymagane przy nadawaniu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych, w dyscyplinie fizyka. **W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie dr. Johannesesa Bindera do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.**

Jerzy Garbarczyk

