

Prof. dr hab. Włodzimierz Jastrzębski  
Instytut Fizyki PAN

**Recenzja dorobku naukowego dra inż. Sławomira Drobczyńskiego oraz ocena osiągnięcia naukowego**  
*p.t. „Pęseta optyczna do pomiaru wybranych wielkości fizycznych w skali mikro”*  
**w związku z postępowaniem habilitacyjnym.**

**Przebieg kariery naukowej.**

Pan dr inż. Sławomir Drobczyński ukończył studia na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki na Politechnice Wrocławskiej w 2002r, na kierunku fizyka techniczna, w specjalność inżynieria biomedyczna. Tematem jego pracy dyplomowej była konstrukcja i wykonanie układu do interferometrii plamkowej z wykorzystaniem lasera półprzewodnikowego z wiązką wyzwalaną impulsowo. Następnie, również na Politechnice Wrocławskiej odbył studia doktoranckie zakończone obroną w 2006r. pracą doktorską zatytułowaną „Polarymetria obrazowa z częstością nośną i możliwości jej zastosowania w biomedycynie”. Tematyka podejmowanych zadań już na studiach, w ramach pracy magisterskiej wskazuje jednoznacznie na zainteresowanie dra Drobczyńskiego technicznymi zastosowaniami (m.in. w biologii i biomedycynie) różnych metod wykorzystujących zjawiska optyczne. Te zainteresowania dr Drobczyński kontynuował będąc zatrudnionym w latach 2006-2008 jako asystent, następnie w latach 2008-2014 jako adiunkt w Instytucie Fizyki, a od 2014r. jako adiunkt w Katedrze Optyki i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej.

Wynikiem jego półtorarocznego stażu podoktorskiego na Uniwersytecie w Strasburgu jest m.in. zainteresowanie optycznym pułapkowaniem mikroobiektów, które są przedmiotem jego habilitacji.

Nie sposób też nie dostrzec - oczywiście przypadkowej, ale bardzo fortunnej - korelacji obecnego wniosku habilitacyjnego dr Drobczyńskiego z właśnie przyznaną Nagrodą Nobla dla Arthura Ashkina, który w latach 70' zainicjował rozwój metod i zastosowań optycznego pułapkowania przy pomocy pęset optycznych. Ta dziedzina dziedzina była i jest rozwijana przez najbardziej liczące się i najzamożniejsze laboratoria, a to oznacza, że zaistnienie naukowe w tym gronie nie jest łatwe.

**Ocena osiągnięcia naukowego**

Przedstawione przez Habilitanta osiągnięcie naukowe stanowi cykl 10 publikacji opatrzonych wspólnym tytułem „Pęseta optyczna do pomiaru wybranych wielkości fizycznych w skali mikro”. Elementem spinającym wybrane przez Habilitanta publikacje jest to, że dotyczą one, bądź zostały wykonane przy użyciu

pęsety optycznej, co moim zdaniem nadaje im charakter jednotematycznego cyklu. Dla ułatwienia dalszej oceny przedstawionego zestawu publikacji podzieliłbym je na dwie grupy: publikacje techniczne, w których autor przedstawił własne ulepszenia stanowiska eksperymentalnego (pęsety optycznej) oraz publikacje, w których wykorzystał układ pęsety do wykonania oryginalnych pomiarów. Do grupy pierwszej (i) zaliczyłbym publikacje H1, H2, H4, H5, H6, H9 natomiast pozostałe (H3, H8, H7, H10) do grupy drugiej (ii). Celem prac z grupy (i) było głównie scharakteryzowanie wybudowanego układu pęsety optycznej poprzez wykorzystanie do pułapkowania testowych mikroobektów, którymi często są kilkumikrometrowe kulki polistyrenowe. Natomiast w publikacjach grupy (ii) przedstawione są oryginalne badania różnych obiektów z wykorzystaniem wybudowanego i scharakteryzowanego przez Habilitanta układu doświadczalnego. Badania z grupy (ii) prowadzone są w większości we współpracy z naukowcami z Wrocławskiego Uniwersytetu Medycznego, co jest zrozumiałe gdyż dotyczą one badań obiektów biologicznych, komórek i niezbędne jest posiadanie specjalistycznej wiedzy wykraczającej poza zrozumienie fizycznych zjawisk opisujących działanie pęsety optycznej czy też sprawne operowanie nią.

Przechodząc do omówienia prac grupy (i) chciałem zauważyć, że praca H1 z 2009r. nie przystaje do cyklu habilitacyjnego, być może ma dla Habilitanta wartość historyczną, gdyż została wykonana przez dra Drobczyńskiego podczas jego stażu podoktorskiego na Uniwersytecie w Strasburgu. W odróżnieniu od dalszych prac wykorzystujących pęsety optyczne wytwarzane holograficznie, w pracy H1 autor przedstawił pewne modyfikacje układu „klasycznej” pęsety optycznej polegające m.in. na wykorzystaniu obrazów z niedrogich kamer CCD do długoczasowej, przestrzennej stabilizacji potencjału pułapkującego. Według mojej oceny w żadnej z dalszych prac Autor nie odniósł się do tych wyników i nie wykorzystał ich bezpośrednio.

Podstawę cyklu habilitacyjnego stanowi budowa i wykorzystanie pęset optycznych wytwarzanych holograficznie za pomocą ciekłokrystalicznych przestrzennych modulatorów światła i w tej dziedzinie Habilitant jest moim zdaniem krajowym liderem. Pomysł aby holograficznie wytwarzać pułapkujące pola optyczne znany był z literatury od co najmniej 2005r. i dynamicznie się rozwija m.in. ze względu na coraz doskonalsze odbiciowe przestrzenne modulatory światła. Habilitant w swoich pracach w pełni docenił zalety takiej konfiguracji pęsety optycznej, a w szczególności możliwość jednoczesnego wytwarzania nawet kilkudziesięciu pęset/pułapek w t.zw. reżimie *time-sharing*, możliwość zróżnicowania ich sztywności, możliwość komputerowo sterowanej zmiany położenia pułapek oraz wykorzystanie kamer CCD zarówno do obrazowania mikroobektów, analizy trajektorii ich przemieszczania się, jak i stabilizacji położenia. W publikacji H2 przedstawił m.in. szczegóły opracowanej przez siebie procedury komputerowej i autorskiego oprogramowania do analizy obrazów z kamer, które musi być odpowiednio szybkie - nieporównywalnie efektywniejsze niż stosowane wcześniej do przetwarzania sygnałów z fotodiod czteropolowych. Pokazał, że nawet zastosowanie niedrogich kamer pozwala na obserwacje ruchu termicznego pułapkowanych obiektów. Chciałbym podkreślić, że w tych rozwiązaniach dr Drobczyński stara się stworzyć niedrogi system przyjazny dla użytkownika bo np. kontrolowany przez operatora poprzez ekran dotykowy. To niewątpliwie zwiększa potencjalne zainteresowanie biologów, medyków przyszłymi badaniami z wykorzystaniem układu pęsety. W

poszukiwaniu własnych, niedrogich rozwiązań konstrukcyjnych pęset optycznych w pracy H4 pokazał zastosowanie różnych typów laserów diodowych do skonfigurowania pęsety, zademonstrował – pomimo znanych niedoskonałości profilu wiązki z laserów diodowych – że można z ich wykorzystaniem efektywnie spulapkować kulki polistyrenowe oraz testowe komórki nowotworowe. Natomiast ze względu na małą moc światła liczba pułapek jaką można jednocześnie wygenerować holograficznie jest ograniczona. Te wnioski nie są zbyt odkrywcze i zapewne dlatego opublikowane są w niefiladelfijskim czasopiśmie (Photonics Letters of Poland). Z kolei bardzo zmatematyzowane, wykonane ze współpracownikiem z Centrum Hugo Steinhausa Politechniki Wrocławskiej prace H5 i H6 dotyczą pomiarów trajektorii pułapkowanych obiektów, co z jednej strony jest ważne dla przemieszczania (manipulowania) obiektami, z drugiej dostarcza informacji o oddziaływaniu obiektów z otoczeniem (np. o siłach lepkości), o oddziaływaniu z samą pułapką (o jej sztywności związanej z tzw. częstością zagięcia) oraz pozwala na analizę właściwości statystycznych rejestrowanych sygnałów przemieszczeń w warunkach szumu i niedoskonałości przetwornika CCD. Bardzo interesujący i wymownie ukazujący możliwości holograficznie generowanych pęset jest pomysł wykorzystania dwóch laserów (o różnych długościach fali) do wytworzenia dwóch pęset oddalonych o 5 do 10  $\mu\text{m}$ , umieszczenie pomiędzy nimi kulki polistyrenowej i obserwacja periodycznego ruchu kulki pomiędzy pułapkami na podstawie którego można wnioskować np. o lepkości ośrodka, w którym porusza się obiekt (w publikacji H9 był to glikol). Uniwersalność wybudowanego układu to również możliwość wytworzenia dwóch różnych rodzajów pułapek: zarówno z wiązką gaussowską jak i typu doughnut, co daje imponujące możliwości aranżacji całej gamy oddziaływań, w zależności od potrzeb oraz oczywiście możliwości, coraz bardziej złożonej, interpretacji.

Druga grupa prac (ii) w cyklu habilitacyjnym to opis badań nie tyle dotyczących samej pęsety optycznej ale jej wykorzystaniem do badań nad wybranymi mikroobiettami. Te prace są moim zdaniem ukoronowaniem konstrukcyjnych wysiłków Habilitanta. W pracy H8 pokazano jak z wykorzystaniem hybrydowego, trzy-laserowego układu pęsety optycznej możliwe było przechwycenie pojedynczej komórki chłoniaka, wprowadzenie w jej pobliże mikrokulki krzemowej, która po podgrzaniu za pomocą drugiego lasera do ok. 100°C, doprowadziła do obumarcia komórki nowotworowej. Poza grzałką - jaką jest podgrzewana laserem mikronowa kulka krzemowa - w pobliżu komórki wprowadzony jest dodatkowo za pomocą kolejnej pęsety optycznej nanokryształ Yb-Er, którego świecenie w wyniku up-konwersji pozwala wyznaczyć temperaturę. Bardzo mi się podoba ten pomysł mikro-termometru zrealizowany przez Habilitanta. Badania przedstawione w H8 mogą dostarczać biologom informacji niezbędnych do opracowywania terapii termicznie niszczących niepożądane komórki i nie dziwi mnie fakt opublikowania tych badań w wysokoimpaktowym czasopiśmie American Physical Society (Photonics). Podobnie duże znaczenie dla przyszłych terapii mogą mieć badania przedstawione w publikacji w Biomedicine & Pharmacotherapy (H10) dotyczące pomiaru parametrów biomechanicznych nici DNA oraz komórek białaczki szpikowej w obecności substancji stosowanych w chemioterapii. Wyniki tych badań prowadzonych wspólnie z biologami, histopatologami i oczywiście przez nich zinterpretowane mogą w przyszłości doprowadzić do ulepszenia i zmniejszenia szkodliwości metod chemioterapeutycznych. Nie ulega dla mnie wątpliwości, że powyżej opisane badania mogą być prowadzone

jedynie w bardzo bliskiej współpracy właśnie z biologami, histopatologami a udział dra Drobczyńskiego w powstanie publikacji uważam za znaczący i kluczowy, niezależnie od wycen procentowych. Uważam, że nawiązanie tej interdyscyplinarnej współpracy to duży sukces dra Drobczyńskiego, prawie z pewnością przyniesie dalsze wyniki naukowe. Natomiast jestem trochę rozczarowany podejściem Habilitanta do bardzo interesujących obserwacji przedstawionych w pracy H3 (Cluster formation in ferrofluids induced by holographic optical tweezers), które moim zdaniem mógłby rozwijać samodzielnie lub ze swoimi studentami, gdyż nie wymagają specjalistycznej wiedzy biologicznej. Tu chciałbym zauważyć, że właśnie ta praca jest najlepiej cytowaną z całego cyklu habilitacyjnego (9 cytowań obcych + 2 własne). A zdanie kończące tę publikację „*At the present stage we do not offer any clear physical model for the observed effects. Our main goal was to communicate these interesting phenomena to a wider scientific audience. There is also a question if the effects reported in this letter can be observed in nanofluids consisting non magnetic particles.*” wskazuje na to, że dr Drobczyński stawia się w roli konstruktora i operatora układu pęsety optycznej – i to mnie trochę niepokoi, ponieważ ubiega się on o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie fizyki.

Podsumowując ocenę osiągnięcia habilitacyjnego stwierdzam, że przedstawiony cykl prac jest wartościowym, oryginalnym i jednotematycznym zestawem publikacji opisujących program badań wykonanych przez dra inż. Sławomira Dobraczyńskiego. W mojej ocenie większość tych prac ma charakter inżynierski – w najlepszym znaczeniu tego określenia. W rezultacie prac Habilitanta powstał unikatowy w skali krajowej, wielofunkcyjny manipulator optyczny a Autor jak i jego współpracownicy nabyli wprawy i doświadczenia w operowaniu i wykorzystaniu tego układu. Ponadto Habilitant wykonał przy pomocy skonstruowanego układu doświadczalnego i we współpracy z naukowcami z Wrocławskiego Uniwersytetu Medycznego szereg badań i obserwacji dotyczących komórek nowotworowych poddanych działaniu podwyższonej temperatury, działaniu substancji używanych w chemioterapii oraz innych badań z dziedziny biologii komórkowej.

Oświadczenia współautorów oraz własna ocena dra Drobczyńskiego jego wkładu w publikacje stanowiące cykl habilitacyjny są spójne, rzetelnie uwzględniają wkład wszystkich współautorów również w przypadku wieloautorskich badań interdyscyplinarnych. Uważam, że dr inż. Sławomir Dobraczyński ma pełne prawo przedstawić załączony cykl prac pod tytułem „*Pęseta optyczna do pomiaru wybranych wielkości fizycznych w skali mikro*” jako swoje osiągnięcie habilitacyjne.

#### **Ocena pozostałego dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego.**

Poza 10 artykułami składającymi się na osiągnięcie habilitacyjne, dr Drobczyński jest współautorem 14 recenzowanych publikacji (w tym 8 po doktoracie) w dobrze notowanych czasopismach m.in. w Optics Express (2), Appl. Optics (6). Tematyka tych prac obejmuje zastosowania metod optycznych w inżynierii biomedycznej.

Dotychczasowe prace dra Drobczyńskiego były cytowane 150 razy (w tym 124 cytowań obcych), indeks h wynosi 9. To nie są wyróżniające się parametry bibliometryczne ale są akceptowalne na tym etapie kariery naukowej.

Dr Drobczyński jest współautorem 18 prezentacji konferencyjnych, które znalazły też wyraz w 10 publikacjach pokonferencyjnych, głównie w Proc. SPIE.

Bardzo wysoko oceniam fakt uzyskania czterech patentów w tym aż dwóch jednoautorskich, związanych z tematem habilitacji. Nie całkiem jest dla mnie jasne zróżnicowanie pomiędzy tymi dwoma patentami, gdyż ich tytuły różnią się jedynie szykiem dwóch pierwszych wyrazów. Żałuję, że w autoreferacie Habilitant nie poświęcił kilku zdań wprowadzających recenzenta w ten obszar swojej działalności, moim zdaniem niesłychanie ważnej w przypadku prac prowadzonych na uczelniach technicznych.

Dydaktycznie dr Drobczyński realizuje się głównie poprzez autorskie wykłady specjalistyczne oraz prowadzenie laboratoriów dla studentów kierunków inżynierii kwantowej oraz inżynierii optycznej. Pod jego kierunkiem wykonano 15 prac inżynierskich oraz magisterskich, z których ostatnich pięć jest związanych z tematyką cyklu habilitacyjnego (wnioskuję po tytułach prac). Ponadto był promotorem pomocniczym w jednym z przewodów doktorskich. Moim zdaniem to z nadatkiem spełnia oczekiwania w stosunku do habilitanta.

Jako kierownik dr Drobczyński uzyskał w 2010r. grant badawczy MNiSW oraz w 2017r. grant OPUS NCN oraz był wykonawcą w kilku innych projektach. Zbudowany przez niego układ pęsety optycznej był niezbędnym elementem w realizacji dwóch innych grantów przeznaczonych dla młodszych naukowców: grantu Preludium NCNu oraz diamentowego grantu MNiSW, co uznaję za ważny, pośredni wkład prac dra Drobczyńskiego w kształcenie młodej kadry macierzystej uczelni.

Chciałbym też mocno wyróżnić – moim zdaniem - bardzo ważne osiągnięcie jakim jest zainteresowanie metodami optycznymi medyków, fizjologów, biologów i współpraca z nimi, która przyniosła już wyniki publikacyjne i mam nadzieję, że przełoży się w przyszłości na nowe metody diagnostyki i terapii na poziomie komórkowym.

**Podsumowując, wyrażam pozytywną ocenę o osiągnięciu habilitacyjnym oraz pozostałym dorobku naukowym i dydaktycznym Habilitanta. Uważam wystąpienie dra inż. Sławomira Drobczyńskiego o nadanie stopnia doktora habilitowanego za uzasadnione i spełniające wymagania ustawowe, w związku z czym wnoszę o nadanie dr inż. Sławomirowi Drobczyńskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie fizyki przez Radę Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej**