



Uniwersytet Warszawski
Wydział Fizyki
Instytut Fizyki Doświadczalnej
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

Prof. dr hab. Czesław Radzewicz
tel. 553 2737, e-mail:radzewic@fuw.edu.pl

Warszawa, 10 grudnia 2018.

Recenzja dorobku naukowego dr Sławomira Drobczyńskiego
na potrzeby procedury nadania stopnia dr habilitowanego

Osiągnięcie naukowe przedstawione jako podstawa do ewentualnego nadania stopnia dr habilitowanego nauk fizycznych dr Sławomirowi Drobczyńskiemu stanowi cykl 10 publikacji, które ukazały się w międzynarodowych czasopismach naukowych w latach 2009-2017. Wzmiankowane osiągnięcie spełnia ustawowy warunek w zakresie spójności – jest to cykl powiązanych tematycznie publikacji dotyczących dobrze zdefiniowanego zagadnienia, jakim jest rozwój technologii pęset optycznych oraz zastosowania tych urządzeń do badań fizycznych i biologicznych. Warto zauważyć, że waga tej tematyki zostało ostatnio doceniona - w bieżącym roku ½ Nagrody Nobla z fizyki została przyznana Arthur'owi Ashkin'owi właśnie za wynalezienie pęsety optycznej. Wszystkie prace są wieloautorskie przy czym liczba autorów mieści się w przedziale 2-12, ze średnią dla całego cyklu trochę powyżej 4. Klasa czasopism, w których opublikowano prace jest bardzo zróżnicowana od takich, które nie posiadają parametru IF (Photonics Letters of Poland) do ACS Photonics z IF=6.76. W 6 publikacjach dr Sławomir Drobczyński jest pierwszym autorem. Autor wniosku o nadanie stopnia dr habilitowanego sam ocenił swój udział w powstaniu tych prac na 10-60%. Oświadczenia współautorów, poza jednym wyjątkiem (dr hab. Jan Masajada), nie zawierają ilościowej oceny ich wkładu do publikacji. W przypadku publikacji oznaczonej H10 brakuje oświadczeń 3 współautorów. Ponieważ jednak jest to praca z 12 autorami a dr Drobczyński ocenia swój wkład do tej pracy na 10% brak ten, w mojej ocenie, nie dyskwalifikuje wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Cykl prac stanowiących oceniane osiągnięcie naukowe można podzielić na 3 grupy. W pierwszej dotyczącej technologii pęsety optycznej umieściłem prace H1, H2, H4, H7 i H9. Grupa druga składająca się z prac H5 i H6 dotyczy modelowania matematycznego procesów stochastycznych odpowiedzialnych za ruch termiczny obiektów pułapkowanych w pęsecie

optycznej oraz wpływu konstrukcji pęsety na rejestrowaną trajektorię spułapkowanego obiektu. Grupa 3 to prace H8 i H10 opisujące zastosowanie pęsety zbudowanej przez dr Sławomira Drobczyńskiego do badań nad żywymi komórkami z tkanek ludzkich. Zupełnie oddzielnie trzeba oceniać pracę H3, która dotyczy odrębnego zagadnienia fizycznego choć obserwowanego także przy pomocy pęsety optycznej.

Źródło zainteresowania dr Sławomira Drobczyńskiego tematyką pęsety optycznej wiąże się z jego stażem podoktorskim w Instytucie Fizyki i Chemii Materiałów na Uniwersytecie w Strasburgu. Wynikiem pracy dr Sławomira Drobczyńskiego na Uniwersytecie w Strasburgu jest praca H1 poświęcona konstrukcji pęsety optycznej o wysokiej stabilności długoterminowej. Celem było skontrolowanie układu sprzężenia zwrotnego, który analizując obrazy z kamery sprzężonej z mikroskopem optycznym pozwala wyznaczyć aktualne położenie spułapkowanego obiektu, porównać je do położenia innego obiektu przymocowanego do szkiełka podkładowego i skorygować dryf wzajemnego położenia. Skonstruowany przy udziale dr Drobczyńskiego układ stabilizował położenie mikrokulki z dokładnością 1.5 nm w kierunku radialnym i 5 nm w kierunku wzdłużnym w czasach rzędu kilkudziesięciu minut. Inspiracją do pracy H2 były względy ekonomiczne. Autorzy pracy postawili sobie pytanie czy da się skonstruować funkcjonalną pęsetę optyczną korzystając z podzespołów tańszych ale o gorszych parametrach. Rzecz dotyczyła lasera, którego zogniskowana wiązka tworzy pułapkę gradientową oraz kamery wykorzystywanej do obserwacji spułapkowanego obiektu. W miejsce lasera Nd:YAG zastosowali laser półprzewodnikowy a zamiast drogiej szybkiej kamery użyli kamerę z mniejszą liczbą klatek na sekundę. Pomiar pokazały, że korzystając z tańszych podzespołów można zbudować funkcjonalne urządzenie o niewielkiej sztywności pułapki optycznej zdolne jednak do pułapkowania mikroobektów biologicznych. Praca H4 jest, w swoim zamyśle, bardzo podobna do pracy H2. Tym razem celem autorów jest sprawdzenie czy można zbudować pęsetę optyczną w oparciu o kilka różnych laserów półprzewodnikowych: jednomodowego, wielomodowego oraz jednomodowego sprzężonego do światłowodu. I tutaj, podobnie jak w pracy H2 odpowiedź jest twierdząca – pęseta wyposażona w którykolwiek z tych laserów działa i pozwala pułapkować komórki. Motywem przewodnim pracy H7 jest pomiar, w czasie rzeczywistym, sztywności pułapki gradientowej. Zagadnienie ma charakter techniczny; z różnych powodów pęseta optyczna ma różną sztywność (współczynnik siły elastycznej działającej na pułapkowany obiekt) w różnych częściach pola widzenia mikroskopu. Autorzy pracy zaproponowali i doświadczalnie przetestowali oryginalną metodę tworzenia mapy sztywności pęsety optycznej. Metoda ta nie jest oparta na pomiarze widma

mocy położenia obiektu w pułapce tak jak ma to miejsce w przypadku standardowego sposobu wyznaczania sztywności pułapki. Tym razem autorzy wykorzystali szybkie przesunięcie położenia centrum pęsety aby zarejestrować ruch spułapkowanej mikrokulki, która przemieszcza się podążając za położeniem centrum pęsety. Korzystając z trajektorii mikrokulki można wyznaczyć sztywność pułapki. Praca H9 dotyczy podwójnej pęsety optycznej opartej na dwóch laserach. Głębokości położonych blisko siebie pułapek mają bardzo różne wartości bo użyte do ich wytworzenia lasery różnią się mocą o, w przybliżeniu, jeden rząd wielkości. W rezultacie kiedy oba lasery są włączone mikrokulka znajduje się w pobliżu centrum głębszej pułapki. Wyłączenie silnego lasera powoduje, że mikrokulka przemieszcza się, ze skończoną szybkością, do płytszej pułapki. Jeżeli silny laser jest włączany i wyłączany periodycznie to obserwujemy periodyczny ruch mikrokulki. Pozwala to wyznaczyć dwie wielkości: sztywność płytszej pułapki oraz lepkość ośrodka, w którym porusza się mikrokulka. Typowa amplituda ruchu to kilka μm zatem pomiar lepkości cieczy można wykonywać z taką rozdzielczością przestrzenną.

Prace H5 i H6 są, w zasadzie, pracami teoretycznymi. Rola doświadczenia sprowadza się w nich do zarejestrowania z odpowiednią rozdzielczością czasową trajektorii mikrokulki spułapkowanej w pęsecie optycznej. Dane te są następnie analizowane pod kątem zgodności ze standardowym modelem fizycznym uwzględniającym pułapkę optyczną, tarcie wynikające z lepkości cieczy, w której porusza się mikrokulka oraz ruch dyfuzyjny wynikający ze zderzeń z cząsteczkami rozpuszczalnika o określonej temperaturze. Zdaniem autorów tych dwóch prac model standardowy powinien być poprawiony żeby dobrze opisywać dane doświadczalne. Jako główną przyczynę rozbieżności autorzy podają skończoną szybkość próbkowania położenia spułapkowanej mikrokulki ograniczoną przez szybkość rejestracji obrazów przez kamerę. Dodatkowo, w pracy H6 udało się autorom podzielić rejestrowane dane na część wynikająca wprost z obserwowanego procesu fizycznego oraz część aparaturową co ułatwia analizę i pozwala projektować lepsze układy doświadczalne. Nie potrafię ocenić skali trudności ani poprawności przedstawionych modeli matematycznych. Wydaje się jednak, że proponowane udoskonalenie modelu teoretycznego jest poprawką a jego praktycznego znaczenia dla działania pęsety optycznej jest ograniczone.

Spośród 10 omawianych tu prac najwyżej oceniam prace H8 i H10. Obie opisują badania wykonane na żywych komórkach, w których zastosowano dwulaserową pęsetę optyczną zbudowaną przez dr Sławomira Drobczyńskiego. Zastosowanie dwóch różnych laserów i,

dotychczas, dwóch odrębnych systemów pozycjonowania pułapki (metoda holograficzna oraz skaner galvo) istotnie zwiększa funkcjonalność układu doświadczalnego dając, z jednej strony głęboką pojedynczą pułapkę (laser Nd:YAG oraz skaner galvo) z drugiej zaś możliwość tworzenia kilku płytkich pułapek (laser diodowy oraz przestrzenny modulator światła). Z punktu widzenia oceny osiągnięcia naukowego dużo większe znaczenie ma praca H8, której głównym celem było opisanie instrumentarium wykorzystanego do badań laserowej hipertermii komórek. Poza wspomnianą już wcześniej hybrydową pęsetą optyczną służącą do pułapkowania komórki, zastosowano dwa dodatkowe elementy: mikrogrzałkę oraz mikrotermometr. Pierwszy to mikronowych rozmiarów mezoporowaty kryształ krzemu, który absorbując promieniowanie lasera Nd:YAG ogrzewa się i, pośrednio, ogrzewa otoczenie. Drugi to nanokryształ domieszkowany jonami erbu i iterbu zamknięty w mikrokapsule krzemionkowej. Absorpcja promieniowania na długości fali 976 nm w nanokryształe skutkuje luminescencją w obszarze widzialnym przy czym z kształtu pasma luminescencji można wyznaczyć temperaturę nanokryształu. Oba te elementy umożliwiają kontrolę lokalnej temperatury w próbce z rozdzielczością mikrometryczną. W połączeniu z możliwością unieruchomienia badanej komórki daje to dobre instrumentarium do obserwacji i badań hipertermii pojedynczych komórek.

Oddzielnego omówienia wymaga praca H3, w której autorzy obserwowali zachowanie cieczy ferromagnetycznej poddanej działaniu światła laserowego pęsety optycznej. Zauważyli i opisali oni zjawisko polegające na usuwaniu nanocząstek magnetycznych z obszaru zogniskowanej wiązki laserowej powyżej pewnego progu natężenia lasera. Efekt ten jest odwracalny – po wyłączeniu lasera gęstość nanokryształów wraca do jednorodnego rozkładu w polu obserwacji. W przypadku więcej niż jednej pułapki autorzy obserwowali także jasne pierścienie łączące sąsiednie pułapki. Praca ma charakter czysto obserwacyjny – nie ma w niej żadnych hipotez dotyczących mechanizmów fizycznych obserwowanych efektów.

Całkowity formalny dorobek naukowy dr Sławomira Drobczyńskiego oceniam jako umiarkowanie dobry. Na dzień dzisiejszy portal WebofKnowledge.com wykazuje 34 publikacje z jego udziałem, 124 cytowania bez autocytowań oraz indeks Hirsha 9. Trzeba uwzględnić fakt, że 6 publikacji jest wynikiem jego badań w ramach studiów doktoranckich oraz to, że od uzyskania stopnia doktora upłynęło 12 lat. Z drugiej strony nie można nie zauważyć, że w ostatnich 3 latach dr Drobczyński opublikował 12 prac co może świadczyć o

przekroczeniu określonego poziomu dojrzałości oraz zasobów instrumentalnych niezbędnego do wydajnej doświadczalnej pracy naukowej.

Reasumując, uważam, że przedstawiony do oceny cykl 10 publikacji dr Sławomira Drobczyńskiego spełnia wymagania *Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 z późniejszymi zmianami i wnioskuje o skierowanie sprawy do dalszego postępowania.

C. Rad