

Prof. dr hab. Magdalena Załuska-Kotur
Instytut Fizyki PAN

Warszawa 24.11.2014

Recenzja dorobku naukowego dr Daniela Jakubczyka w postępowaniu habilitacyjnym

Doktor Daniel Jakubczyk uzyskał tytuł doktora nauk fizycznych w roku 1997 w Instytucie Fizyki PAN. Po doktoracie od sierpnia 1998 do sierpnia 1999 odbył staż podoktorski w Photonics Research Laboratory kierowanym przez prof. Parasa N. Prasadę na Wydziale Chemii Uniwersytetu Stanu Nowy Jork w Buffalo. Badania, które prowadził od początku swojej pracy w Instytucie Fizyki PAN koncentrowały się wokół dynamiki małych kropeł. Początkowe, związane z doktoratem prace nad kondensacją par sodu w silnej wiązce lasera przekształciły się w późniejszym okresie w badania ewolucji pojedynczych kropeł sodu lewitujących w elektrooptycznych pułapkach. Kolejna generacja pułapek elektrodynamicznych pozwoliła na szerszą analizę termodynamiki procesów parowania wody i innych cieczy.

Parowanie odgrywa decydującą rolę w przebiegu naturalnych zjawisk, jak również podczas wielu procesów technologicznych. W wyniku wielu lat badań powstało wiele mniej lub bardziej skomplikowanych teorii opisujących to zjawisko. Każda z nich wymaga trochę innych założeń dotyczących przebiegu samego procesu, charakteru zachodzących w jego trakcie przemian, wartości wielu parametrów niezbędnych do konstrukcji modelu, jak również zachowania się tych parametrów na granicy ciecz – gaz. W przypadku małych układów, takich, jak drobne krople cieczy sytuacja komplikuje się jeszcze bardziej, ponieważ rozmiar badanego obiektu staje się porównywalny z innymi wielkościami kontrolnymi, takimi jak na przykład średnia droga swobodna cząstki w gazie. Aby zweryfikować poprawność różnych opisów procesu i ocenić zakres ich użyteczności dla danego układu potrzebne jest przeprowadzenie doświadczeń w dobrze kontrolowanych warunkach. Doktor Daniel Jakubczyk współtworzył udoskonalaną przez wiele lat aparaturę z przeznaczeniem do takich właśnie pomiarów. Powstała

pułapka, w której naładowane krople badanej cieczy są utrzymywane za pomocą zewnętrznego pola elektrycznego. Można wówczas badać dynamikę parowania takich kropeł na wiele różnych sposobów: optycznie analizując na różne sposoby światło rozproszone i ugięte na tym obiekcie lub ważąc tę kroplę polem elektrycznym. Wszystkie te metody wymagają bardzo precyzyjnych pomiarów kontrolowanych i sterowanych komputerowo i później dokładniej analizy zmierzonych wartości. Przez lata pracy całego zespołu aparatura do tego rodzaju pomiarów została stworzona, dopracowana i zastosowana do szeregu różnych badań.

Doktor Daniel Jakubczyk wybrał i przedstawił jako swój dorobek habilitacyjny cykl jedenastu publikacji zatytułowany: „**Badania termodynamiki parowania swobodnych, pojedynczych kropeł w skali mikro i nano**”: dotyczących termodynamiki parowania kropeł wody. Prace te pokazują ewolucję badań, od systematycznego sprawdzenia poprawności i dokładności pomiarów, przez określenie wartości i zależności temperaturowej tak zwanych masowego i temperaturowego współczynnika parowania na podstawie zmierzonych wielkości i w końcu analizę przebiegu procesu we współpracy z zajmującą się symulacjami grupą z ICHF.

Współczynniki parowania rozumiane jako prawdopodobieństwa przenikania parującej/kondensującej molekule przez powierzchnię stanowią istotne parametry modeli teoretycznych i jednocześnie są niezwykle trudne do doświadczalnego zmierzenia. Za pomocą stale ulepszanej aparatury pomiarowej zaczęto od wyników pomiarów zgodnych co do rzędu wielkości ze znanymi z literatury wynikami innych grup badawczych uzyskanymi odmiennymi metodami. Dokładna analiza stosowanych modeli pozwoliła na skorygowanie powszechnie przyjmowanych uproszczeń w obliczeniach, co wraz z dokładniejszymi pomiarami pozwoliło na znalezienie nowej, bardziej wiarygodnej zależności temperaturowej badanych współczynników, która rzuca nowe światło na cały problem. Rozwijając dalej możliwości układu, wprowadzono technikę ważenia kropli i połączono ją z dotychczas używanymi metodami optycznymi. Ważenie odbywa się przez pomiar odpowiednio skalibrowanego napięcia stałego, wykorzystywanego do stabilizacji położenia kropli. Taka kombinowana metoda umożliwia badanie kropeł, dla których przestają działać lub tracą dokładność metody optyczne, a zatem, na przykład, kropeł gęstych zawiesin lub kropeł bardzo małych. Kolejnym krokiem była jednoczesna analiza danych doświadczalnych i danych otrzymanych dla układów modelowanych za pomocą dynamiki

molekularnej przez grupę z Instytutu Chemii Fizycznej PAN. Dane doświadczalne, jak i te powstałe w wyniku symulacji dają się opisać ogólnym, uproszczonym modelem zależnym od dwóch parametrów. Porównanie wyników doświadczeń i symulacji pozwala dokładnie przeanalizować badane zjawisko. Dokładna analiza danych pozwoliła na stwierdzenie obecności skoku temperatury na granicy ośrodków, powstającej w trakcie parowania, jak również określić zależność współczynnika parowania od temperatury. Zbadano również termodynamikę powierzchni parującej kropli zawierającej zawieszinę nano-kulek. Zaobserwowano gwałtowne zmiany, przypominające przejścia fazowe dwuwymiarowych struktur jakie tworzą nano-kulki zlokalizowane na powierzchni. Wykonano też analizę maskującego efektu jaki obecność zanieczyszczeń wywiera na pomiar masowego współczynnika parowania.

Zagadnienia badane przez doktora Jakubczyka obejmują zjawiska nierównowagowe w obiektach o rozmiarach w nano- i mezo- skali. Jako takie są niezmiernie trudne do poprawnego opisu teoretycznego i badań eksperymentalnych. Stworzono bardzo skomplikowaną aparaturę do precyzyjnej kontroli i pomiarów promienia parujących kropli. Ukoronowaniem tak dużych wysiłków byłaby możliwość usystematyzowania otrzymywanych wyników wokół kilku, prostych i dobrze określonych reguł. Przeglądowy artykuł w Reports of Progress in Physics i później opublikowana praca w Journal of Physical Chemistry zawierają kilka takich ogólnych wniosków, aczkolwiek pozostawiają pewien niedosyt. Prawdopodobnie jest tu jeszcze duże pole do działania. Niemniej jednak na uwagę zasługuje sformułowanie uniwersalnego, dwuparametrowego modelu, który opisuje szeroki zakres mierzonych wielkości i daje szersze spojrzenie na problem. Dzięki wieloletniej pracy powstał również cały aparat doświadczalny i metodologia analizy procesu parowania kropli, które mogą teraz posłużyć do dalszych badań, ukierunkowanych na szukanie odpowiedzi na konkretne pytania. Szczególnie ciekawym kierunkiem badań wydaje się zagadnienie powierzchniowych przejść fazowych w trakcie parowania i zachowania się zawieszin różnych substancji w kroplach cieczy poruszone w jednym z artykułów z cyklu prac habilitacyjnych, oraz w kilku artykułach spoza tego cyklu.

Zespół badawczy pracujący przy tworzeniu aparatury, pomiarach i analizie danych był duży. Zgodnie z załączonymi do dorobku dokumentami doktor Daniel Jakubczyk odgrywał znaczącą rolę w formułowaniu kolejnych zadań badawczych układających się w cykl prac

przedstawionych jako dorobek habilitacyjny. Brał również aktywny udział w projektowaniu i tworzeniu nowych wersji aparatury. Opracował wyniki doświadczeń i pisał prace zawierające wyniki badań. Poza cyklem jedenastu artykułów wchodzących w skład jego dorobku habilitacyjnego jest współautorem piętnastu innych artykułów. Prace te były prowadzone w ramach kolejnych projektów badawczych KBN, Ministerstwa Nauki i NCN oraz międzynarodowego projektu Europejskiej Fundacji Nauki. Doktor Jakubczyk był kierownikiem grantów badawczych KBN w latach 1995-96, 2005-8 i wykonawcą w ośmiu innych. Przedstawiał wyniki swoich badań na wielu konferencjach. Na dwóch miał zaproszone referaty. Jego prace uzyskały ok 290 cytowań, a indeks Hirscha 8. Był recenzentem artykułów w wielu czasopismach. Prowadził zajęcia ze studentami, praktyki i był opiekunem pracy licencjackiej. Cykl prac przedstawiony jako dorobek habilitacyjny i inne obszary jego aktywności naukowej dają podstawę do nadania mu tytułu doktora habilitowanego.

M. Zelent