

Warszawa, 10 sierpnia 2011 r.

Prof. dr hab. Leszek Sirko
Instytut Fizyki PAN

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Tho Do Duc
pt. „Optyczne badanie dynamiki parowania pojedynczych mikrokropli cieczy”**

Rozprawa doktorska mgr. Tho Do Duc pt. „Optyczne badanie dynamiki parowania pojedynczych mikrokropli cieczy” poświęcona jest wyznaczaniu promienia pojedynczych mikrokropli cieczy umieszczonych w pułapce elektrodynamicznej. Rozprawa liczy 70 stron i składa się z czterech rozdziałów. Rozdziały I i II stanowią wprowadzenie do zagadnień rozpraszania światła na cząstkach oraz procesów parowania mikrokropli. W sposób szczegółowy omówiono teorię rozpraszania światła na obiektach sferycznych, która została rozwinięta przez Gustawa Mie oraz w dużym skrócie opisano metody badania rozpraszania światła na cząstkach niesferycznych. Przedstawiono m.in.: metodę T-macierzową, metodę separacji zmiennych oraz różne metody numeryczne, typu: Finite Element Method, Finite Difference Time Domain oraz Direct Dipole Approximation. Opisy te zrobione są kompetentnie, co pokazuje, że mgr Tho Do Duc jest dobrze obeznany z literaturą dotyczącą tej tematyki.

W zastosowanym w pracy literaturowym modelu parowania mikrokropli cieczy uwzględniono transport masy i wymianę ciepła pomiędzy cieczą a otoczeniem. Rozważono graniczne przypadki parowania mikrokropli takie jak: parowanie cieczy wolno parującej, mieszaniny cieczy wolno parujących oraz parowanie mikrokropli cieczy z inkluzjami. Wybór rodzaju i właściwości cieczy związany był bezpośrednio z badaniami doświadczalnymi opisanymi w tej rozprawie. W przedstawionym modelu parowania cieczy z inkluzjami założono, że oddziaływanie pomiędzy inkluzjami można opisać za pomocą potencjału Lennarda-Jonesa. Niestety, w rozprawie brakuje uzasadnienia stosowalności tego modelu do modelowania oddziaływania pomiędzy inkluzjami. W szczególności, w części doświadczalnej rozprawy, rozważane są inkluzje w postaci kuleczek SiO_2 , których wzajemne oddziaływanie nie jest opisane potencjałem Lennarda-Jonesa.

W rozdziale III rozprawy mgr Tho Do Duc opisuje układ doświadczalny oraz metodę interferometryczną pomiarów promienia mikrokropli. Sercem układu doświadczalnego jest elektrodynamiczna pułapka Paula. Obdarzone ładunkiem elektrycznym kropelki poruszają się wewnątrz pułapki. Po wyselekcjonowaniu pojedynczej kropli, kropla oświetlana była

z przeciwnych stron dwiema wiązkami laserowymi. Czerwoną wiązką 654,25 nm, pionowo spolaryzowaną oraz zieloną wiązką 532,07 nm, poziomo spolaryzowaną. Rejestracja światła rozproszonego na kropki po przejściu przez układ polaryzatorów odbywała się za pomocą kamery CCD. Rezultatem doświadczenia był film, który zawierał sekwencję obrazów interferencyjnych powstających w świetle rozproszonym. Większość wyników doświadczalnych dotyczących wyznaczenia promieni mikrokropki uzyskano za pomocą porównania doświadczalnych obrazów interferencyjnych z obliczonymi numerycznie obrazami uzyskanymi w modelu rozpraszania Mie. Autor pracy nazwał tę metodę „biblioteczną”. Należy podkreślić, że układ doświadczalny wykorzystywany do pomiarów promieni mikrokropki jest bardzo zaawansowany technicznie i jego obsługa wymagała dużej wiedzy doświadczalnej.

W rozdziale IV przedstawiono wyniki pomiarów promieni mikrokropki przy zastosowaniu głównie metody „bibliotecznnej”. W szczególności, wykonano pomiar ewolucji czasowej promienia kropki glikolu 2EG, rys. 4.5, której promień zmniejszył się 5000 nm do 1500 nm w czasie 100 s. Analiza metody „bibliotecznnej” pokazała, że jej dokładność zależy w sposób czuły od dokładności wyznaczenia współczynnika załamania cieczy, z której utworzona jest kropka. Autor twierdzi nawet, że jeśli względna dokładność wyznaczenia współczynnika załamania wynosi 10^{-4} , to można wyznaczyć promień mikrokropki z dokładnością względną 10^{-8} (str 34). Jest to bez wątpienia dokładność bardzo przeszacowana i fizycznie niedostępna, z czego autor powinien sobie zdawać sprawę. Ze względu na ruch oscylacyjny kropelki wewnątrz pułapki oraz możliwe oscylacje naładowanej powierzchni kropelki, powstające w wyniku oddziaływania kropelki z polem pułapki, za realny wydaje się pomiar z dokładnością względną 10^{-3} . Tego rzędu dokładność pomiarową osiągnięto zresztą w cytowanej w rozprawie pracy tego samego zespołu Jakubczyk et al., J. Phys. Chem. A 114, 3483 (2010).

W rozdziale IV analizowane są też wyniki uzyskane alternatywnymi metodami pomiarowymi, wykorzystującymi technikę szybkiej transformaty Fouriera (metoda „FFT”) oraz metodę wykorzystującą tzw. rezonanse morfologiczne. Mgr Tho Do Duc pokazuje, że w porównaniu do metody „bibliotecznnej”, obydwie metody są mniej dokładne i w związku z tym powinny być używane jedynie do wstępnego wyznaczenia promieni parujących kropli. Wykorzystując głównie metodę „biblioteczną” mgr Tho Do Duc wyznaczył ewolucje czasowe promienia mikrokropelek czystych cieczy takich jak: glikol dietylenowy (2EG), glikol trietylenowy (3EG) oraz glikol tetraetylenowy (4EG). Ciekawym wynikiem tego etapu

pracy jest zauważenie, że na początku ewolucji mikrokropki szybkość jej parowania jest istotnie większa niż przewidywana przez teorię. Zjawisko to nie zostało jeszcze wyjaśnione.

W przedstawionej rozprawie badano także ewolucje promieni mikrokropelek składających się z mieszaniny glikoli dietylenowego oraz trietylenowego, glikolu dietylenowego oraz inkluzji w postaci kulek SiO_2 a także mikrokropelek zawierających glikole z barwnikiem Rh 6G oraz kulkami SiO_2 .

Szczególnie ciekawy jest przypadek kropelek zawierających glikol dietylenowy oraz inkluzje w postaci kulek SiO_2 . W takiej sytuacji mgr Tho Do Duc zauważył, że ewolucja czasowa promienia kulki odbywa się w 3 etapach. W obszarze pierwszym parowanie jest, co prawda, ograniczane poprzez obecność inkluzji ale szybkość zmiany powierzchni kulki nie ulega zmianie w dużym przedziale zmiany jej promienia. Dopiero po znacznym odparowaniu glikolu, tzw. obszary 2 i 3, następuje istotne spowolnienie zmiany szybkości jej powierzchni.

Podsumowując, rozprawa doktorska mgr. Tho Do Duc zawiera wartościowe wyniki poznawcze oraz metodologiczne, dzięki którym będzie można badać zjawiska zachodzące w mikrokroplach oraz na ich powierzchniach. Praca napisana jest ogólnie poprawnym językiem polskim, co należy szczególnie podkreślić, ponieważ mgr Tho Do Duc jest obcokrajowcem. W związku z tym nie przytaczam nielicznych błędów językowych występujących w tej pracy.

Pomimo pewnych krytycznych uwag, stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim i w związku z tym wnoszę o dopuszczenie mgr. Tho Do Duc do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

