

Recenzja
pracy doktorskiej mgr G. Derkachova pt. „Badanie rozpraszania światła na mikrodrogach wody zawierających inkluzje”

Praca doktorska została wykonana w Instytucie Fizyki PAN pod kierunkiem prof. dr hab. Macieja Kolwasa.

Liczne zjawiska meteorologiczne zachodzące w atmosferze są zależne od procesów kondensacji pary wodnej. Poza procesami termodynamicznymi, zanieczyszczenia kropel pary wodnej odgrywają ważną rolę w kondensacji. Zbadanie wpływu inkluzji na dynamikę procesów związanych z kondensacją pary wodnej jest bardzo ważnym problemem.

Zagadnienia te są głównym motywem podjęcia badań przez mgr Derkachova w przedstawionej rozprawie doktorskiej. Analizę kinetyki kulistych kropeł wody zawierających inkluzje przeprowadzono badając rozproszenie światła laserowego. Teoretyczną podstawę opisu rozpraszania stanowi teoria Mie określająca rozpraszanie elektromagnetycznej harmonicznej fali płaskiej przez jednorodną dielektryczną kulę.

W doświadczeniach objętych rozprawą badano rozpraszanie na pojedynczej mini-kropki wody z wprowadzonymi inkluzjami krzemionkowymi, polistyrenowymi i fullerenowymi. Krople były umieszczone w pułapce elektrodynamicznej Paula umożliwiającej śledzenie rozproszonego promieniowania w długim (kilkudziesięciu sekundowym) okresie czasu. Wykorzystywana aparatura umożliwia wprowadzenie badanej kropki w kontrolowany sposób w obszar oddziaływania z rozpraszającymi wiązkami promieniowania laserów He-Ne i ND:YAG. Rozproszone promieniowania, w kierunkach bliskich prostopadłym do wiązek padających, z uwzględnieniem różnych polaryzacji padającego i rozproszonego promieniowania, rejestrowano przy pomocy kamery CCD, umożliwiającej komputerową analizę rejestrowanych sygnałów w funkcji kątów, polaryzacji i czasu.

Założony model teoretyczny zjawiska, dostosowany do teorii Mie jest bardzo uproszczony. Mgr Derkachov zakłada jednorodny, sferycznie symetryczny, rozkład inkluzji w kropki. W ramach tego przybliżenia wyznaczono zmiany parametrów kropli w czasie odpowiadające obserwowanym obrazom promieniowania rozproszonego. Przeprowadzona analiza wymagała jednoczesnego określenia współczynnika załamania i promienia kuli. Jest to bardzo trudne zadanie ze względu na złożone – szybkozmienne charakterystyki rozpraszania.

Uzyskane wyniki dotyczące układów spełniających założenia teorii Mie mają dosyć dobre podstawy teoretyczne. Dotyczy to tylko fragmentu ewoluujących kropełek; niezbyt małych z jednorodnym rozkładem inkluzji. Obserwacje mgr Derkachova wskazują, że pod koniec ewolucji kropli założenia przyjętego modelu nie są spełnione i charakterystyki rozpraszających kropeł są bardziej spekulacyjne.

Komentarz i uwagi do przedstawionej analizy teoretycznej, pomiaru oraz jego wykonania:

1. Teoria Mie dotyczy sferycznego układu jednorodnego. Liczne wnioski przedstawiane w pracy dotyczą układu niejednorodnego. O niejednorodności rozpraszających układów świadczy występowanie polaryzacji krzyżowej w obserwowanym promieniowaniu rozproszonym.
2. Ocena średnicy kulki dokonywana jest w oparciu o metodę „biblioteczną”, która wymaga dokładnych danych doświadczalnych i dostatecznie gęstej siatki obliczeń teoretycznych. Nie scharakteryzowano schematu obliczeń teoretycznych prowadzących do danych wykorzystywanych do porównania. Przedstawiane zdjęcia wykazują szумы, mogące obniżyć dokładność metody. Wydaje się, że podawana dokładność 1nm przy średnicy 5000nm jest oceniana zbyt optymistycznie.
3. Podawane hipotetyczne rozkłady inkluzji w chwilach gdy przestają być spełnione założenia teorii Mie są zbyt dowolne. Brak informacji o zasadzie działania programu symulacyjnego, jego zgodności z badanym zjawiskiem itp.
4. Na wstępie badań należałoby określić rozkład średnicy kulek produkowanych przez układ wstrzykiwania wykorzystywany w badaniu.
5. Należałoby określić rozmiar obszaru pułapki, jej głębokość oraz wielkości i częstotliwości pól używanych w pułapce.
6. W pracy nie podano szerszej analizy wpływu obiektywu kamery na związek kąta rozpraszania z rejestrowanym obrazem w kamerze.
7. Korzystnym byłby niezależny pomiar współczynnika załamania poza układem doświadczalnym dla różnych stężeń inkluzji. Wyniki te powinny podlegać konfrontacji z wynikami otrzymywanymi w pracy.

Proponowane dalsze badania, możliwe do wykonania w ramach wykorzystywanego układu:

1. Określenie współczynnika załamania mogłoby być dużo łatwiejsze gdyby można było badać kąty rozproszenia około 130 – 160 stopni. Intensywne rozproszone promieniowanie związane ze zjawiskiem tęczy bezpośrednio wyznaczałoby współczynnik załamania. Wprowadzenie szczelin umożliwiających takie obserwacje nie naruszyłoby konstrukcji pułapki Paula.
2. Ciekawymi obserwacjami mogłyby być obserwacje rozproszenia „do przodu” w kierunku laserowej wiązki padającej. Ich obraz niesie bogatą informację o rozpraszającym układzie. Jej analiza wymagałaby rozszerzenia teorii Mie stanowiąc ciekawe uzupełnienie tej fundamentalnej teorii.

Wykonane doświadczalne wyniki i ich interpretacja jest ciekawym wkładem w poznanie ewolucji zjawiska kondensacji kropel pary wodnej zawierającej inkluzje. Uważam uzyskane wyniki i przyjęte oszacowania za ciekawe i w związku z tym stwierdzam, że praca spełnia wymagania stawiane rozprawie doktorskiej i wnoszę o dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

H. Zakawa