

# Stan stacjonarny sedymentującej zawiesiny przy małej liczbie Reynoldsa i dużej liczbie Pecleta

Paweł Sznajder

## Streszczenie

Rozprawa dotyczy zjawiska sedymentacji monodispersyjnej zawiesiny sferycznych cząstek. Rozpatrywany układ opisywany jest przez liczbę Reynoldsa dążącą do zera oraz liczbę Pecleta dążącą do nieskończoności. Ta pierwsza określa wpływ efektów bezwładnościowych. Im jest mniejsza, tym szybciej przepływ dostosowuje się do warunków brzegowych. Granica zerowej liczby Reynoldsa odpowiada przepływowi Stokesa. Nieskończona wartość liczby Pecleta oznacza, że drobiny nie wykonują ruchów Browna.

Celem rozprawy jest systematyczne wyprowadzenie równań, które rządzą funkcjami korelacji w jednorodnym stanie stacjonarnym. Jest to istotny, a zarazem ciekawy problem, który jest badany od wielu lat. Sprawia on wiele trudności, ponieważ zerowa liczba Reynoldsa prowadzi do oddziaływań hydrodynamicznych o nieskończonym zasięgu i wielociałowym charakterze, co skutkuje rozbieżnościami wyrażen na średnią prędkość opadania i na fluktuacje tej prędkości. Natomiast brak ruchów Browna skutkuje tym, że nie można stosować rozwinięcia wokół stanu równowagi.

W niniejszej pracy przedstawione są podstawy teoretyczne potrzebne do skonstruowania pełnego opisu statystycznego dla jednorodnego stanu stacjonarnego sedymentującej zawiesiny cząstek sferycznych. Zaprezentowane są ściśle wyrażenia na fluktuacje prędkości sedymentacji oraz ich systematyczna analiza przy pomocy diagramów. Pozwoliła ona na sklasyfikowanie wszystkich potencjalnie rozbieżnych wyrazów, które zostały podzielone na klasy. Dla każdej z nich sformułowano warunki konieczne dla zachowania zbieżności otrzymanych wyrażen na fluktuacje.

Potem przedstawiona jest analiza nierównowagowej hierarchii równań BBGKY dla tego układu. Najpierw badane były fragmenty hierarchii, które zawierają wyrażenia dalekiego zasięgu. Pokazano, że warunki, które są wystarczające do zapewnienia zbieżności wyrażen na fluktuacje nie rozwiązują problemów z niecałkowalnością funkcji korelacji.

Kolejna część to analiza propozycji rozwiązań Batchelora, Cichockiego i Sadleja. Pokazano, że Batchelor otrzymał nie tylko rozwiązanie niejednoznaczne, ale i sprzeczne z założeniem istnienia rozwinięcia w koncentracji. Zostało też pokazane, że równanie Cichockiego i Sadleja, przez schemat, w którym zostało umieszczone, ma bardzo ograniczone zastosowanie oraz nie rozwiązuje wszystkich problemów, które pojawiają się w ich hierarchii.

Ostatnią część stanowi główny wynik pracy, którym jest wyprowadzenie nowej hierarchii równań. Nie zawiera ona wyrazów dalekiego zasięgu, co zostało osiągnięte dzięki wnioskowi z analizy rozwiązania Batchelora. Nowa hierarchia opiera się na idei zapewnienia korelacjom krótkiego zasięgu przez odpowiedź cząstek na liniowe pole przepływu, co odpowiada mechanizmowi zaproponowanemu przez Cichockiego i Sadleja. Korelacje, które zachowują się zgodnie z wyprowadzonymi równaniami, są izotropowe i rozwiązują problem struktury zawiesiny w jednorodnym stanie stacjonarnym. Pozwala to na poprawne policzenie współczynników sedymentacji dla przypadków mono i polidispersyjnego. Otrzymane wyniki są również zgodne z danymi doświadczalnymi oraz z symulacjami w periodycznych warunkach brzegowych. Wynik ten wraz z wykonanymi analizami skalowania świadczy o tym, że w sytuacji jednorodnej, zawiesina osiąga stan stacjonarny o korelacjach krótkiego zasięgu podczas gdy wyrażenia na fluktuacje pozostaną rozbieżne w granicy termodynamicznej.