

Z zagadnieniem Rayleigha–Bénarda mamy do czynienia na co dzień, na przykład gdy gotujemy w czajniku wodę na herbatę. Woda znajdująca się blisko dna czajnika nagrzewa się, a w związku z tym i rozszerza się, co w efekcie sprawia, że siła wyporu unosi ją ku górze. Natomiast woda znajdująca się blisko powierzchni ochładza się i, jako że jej gęstość rośnie, przemieszcza się w stronę dna. Zjawisko to zwane jest konwekcją i zachodzi tylko, gdy różnica między temperaturą, z jaką podgrzewamy wodę, a temperaturą powietrza jest odpowiednio duża. Jeśli ta różnica jest mała to woda w czajniku nie będzie płynąć w ogóle, natomiast jeśli jest bardzo duża to przepływ będzie sprawiał wrażenie niespokojnego i nieuporządkowanego.

Zastosowania zagadnienia Rayleigha–Bénarda nie ograniczają się tylko do czajnika z wodą. Można je zastosować także do matematycznego opisu zjawisk zachodzących w urządzeniach takich jak chłodnice, wymienniki ciepła czy pompy ciepłe. Pozwala ono także lepiej zrozumieć procesy odbywające się w skorupie ziemskiej albo w oceanach. Ale jest ono ważne także z czysto matematycznego punktu widzenia gdyż pozwala przybliżyć się do zrozumienia zjawiska turbulencji w cieczech. Badania nad zagadnieniem Rayleigha–Bénarda doprowadziły matematyków do konkluzji, że ilość parametrów potrzebnych do opisu przepływu turbulentnego, czyli wirowego, jest skończona, a nawet pozwoliły określić jaka dokładnie liczba parametrów wystarcza do opisu turbulencji.

W ramach projektu będziemy zajmować się procesami cieplnymi w cieczech opisanych modelami typu Rayleigha–Bénarda. Projekt ma dwa podstawowe cele. Pierwszym z nich jest badanie przepływów cieczy mikropolarnych, czyli takich, w których znajdują się małe cząstki które mogą się obracać, a obracając się trą o siebie nawzajem. Model cieczy mikropolarnej może być wykorzystany na przykład do opisu przepływu krwi w tętnicach, albo przepływów cieczy które są zawiesinami.

Fizycy podejrzewali, że skoro w cieczech mikropolarnych występuje dodatkowe tarcie wewnętrzne (obracających się cząstek) to więcej energii jest rozpraszaną i wskutek tego przepływ takiej cieczy jest bardziej stabilny. Oznacza to, że w sytuacji gdy w zwykłej wodzie pojawiają się wiry, ciecz mikropolarna pozostaje wciąż spokojna. W ramach projektu przedstawimy precyzyjny matematyczny dowód tego faktu i odpowiemy na pytanie o ile dokładnie konkretna ciecz mikropolarna jest bardziej stabilna od zwykłej wody.

Drugim tematem projektu jest zagadnienie Rayleigha–Bénarda z niefourierowskim równaniem ciepła. Okazuje się, że najczęściej wykorzystywane i najlepiej znane równanie służące do opisu rozprzestrzeniania się ciepła prowadzi do paradoksu polegającym na tym że mała zmiana temperatury w jednym miejscu po dowolnie małym czasie wpłynie na wartość temperatury dowolnie daleko od tego miejsca. Zastąpimy ten najbardziej znany model innym modelem opierającym się na prawie Maxwella–Cattaneo, które nie ma już tej niefizycznej własności równania ciepła. Zbadamy model Rayleigha–Bénarda z prawem Maxwella–Cattaneo i odniesiemy go, znów ilościowo a nie tylko jakościowo, do klasycznego modelu opartego na prawie Fouriera.

Badania proponowane w projekcie są częścią bardzo żywego nurtu w teorii zrównań fizyki matematycznej skupiającego się na badaniu konwekcji w płynach. Będziemy wykorzystywać najnowsze metody matematyczne, w razie niemożności uzyskania wyniku którymiś ze znanych metod, będziemy starać się opracować nowe techniki dowodowe. Przykładowo nieomal wszystkie znane nam wyniki dotyczące dynamiki dla zagadnienia Rayleigha–Bénarda korzystają z tak zwanej zasady maksimum która nie zachodzi dla zmienionej wersji równania ciepła. Będziemy więc się starać uzyskać analogiczne wyniki dla niefourierowskiego równania ciepła bez użycia tej zasady, co, jak się spodziewamy, będzie wymagało wprowadzenia nowych technik.