

## Nieperturbacyjna teoria renormalizacji dla układów wielu oddziałujących ciał

### Popularne streszczenie projektu

Fizyka statystyczna podejmuje generalny problem powiązania układu fizycznego obserwowanego w skali mikroskopowej z jego własnościami makroskopowymi. W skali mikroskopowej patrzymy na poszczególne cząstki i oddziaływania między nimi; w skali makroskopowej zaś widzimy układ jako „jednorodną całość”. Na przykład: kawałek metalu składa się z bardzo wielu jonów tworzących sieć krystaliczną i swobodnych elektronów (a więc cząstek „mikroskopowych”), w skali makroskopowej natomiast widzimy po prostu „kawałek metalu” (na przykład klucz do drzwi). Z praktycznego punktu widzenia znajomość mikroskopowego stanu układu (na przykład położenia i prędkości cząstek w dowolnej chwili czasu) jest całkowicie bezużyteczna. Interesuje nas natomiast podstawowe pytanie: jaki makroskopowy stan materii otrzymamy doprowadzając do kontaktu wielu ciał (opisanych mikroskopowo) w danym otoczeniu (na przykład przy zadanej temperaturze i ciśnieniu). Czy będzie to gaz, ciecz, kryształ, przewodnik, izolator, nadprzewodnik, ferromagnetyk, czy właściwie co? I jak własności „tego czegoś” będą ewoluowały na przykład przy zmianie temperatury otoczenia? Takie pytania stawiane były oczywiście już wiele lat temu, lecz w ogólności odpowiedź na nie można uzyskać jedynie w ramach przybliżonych metod, które nie zawsze działają.

Od lat 70-tych XX wieku rozwijany jest sposób spojrzenia na ten problem zwany „teorią renormalizacji”. Uwypukla on znaczenie skali  $\Lambda$ , na jakiej obserwujemy układ i która może zmieniać się w sposób ciągły pomiędzy skalą mikroskopową a makroskopową. Możemy rozważać rodzinę równoważnych (to znaczy odpowiadających temu samemu układowi fizycznemu) opisów, z których każdy przypisany jest do innej wartości  $\Lambda$ . Zmieniając  $\Lambda$  w sposób ciągły możemy przejść pomiędzy znanym w naszym problemie poziomem mikroskopowym a szukanym opisem makroskopowym. Taki sposób myślenia doprowadził do rozwiązania długo nie poddającego się problemu fizyki materii skondensowanej (opisu tak zwanych zjawisk krytycznych) i ujawnił zadziwiające powiązania pomiędzy fizyką statystyczną a teorią cząstek elementarnych.

W przedstawianym projekcie zamierzamy rozwijać opis oparty na tego rodzaju filozofii w odniesieniu do dwóch typów układów, dla których w pełni zadowalająca teoria nie została do tej pory sformułowana. Należą do nich kondensaty Bosego-Einsteina z silnymi oddziaływaniami oraz niekonwencjonalne nadprzewodniki znane jako stany FFLO (Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov). Obie te rodziny układów przeżywają obecnie renesans zainteresowania zarówno ze strony teoretyków, jak i fizyków doświadczalnych w związku z dynamicznym rozwojem technik eksperymentalnych oraz metod komputerowych symulacji. Istniejące dla nich teorie zdecydowanie nie są jednakże wolne od mankamentów i ograniczeń, co przedstawia szerokie pole do popisu dla nowych, alternatywnych podejść teoretycznych.