

Jacek Wojtkiewicz
Katedra Metod Matematycznych Fizyki

Propozycja zajęć w ramach programu 'Fizyka Plus'

Tytuł roboczy:

KURS DOKSZTAŁCAJĄCY DLA MECHANIKÓW KWANTOWYCH

Celem zajęć jest uzupełnienie standardowego kursu mechaniki kwantowej przez analizę prostych ale ważnych problemów, pojawiających się w różnych dziedzinach fizyki, przede wszystkim ciała stałego. Niektóre z tych problemów to: tunelowanie, rozchodzenie się paczek falowych, widma energetyczne w potencjale periodycznym. Problemy takie zazwyczaj nie pojawiają się (lub pojawiają się w ograniczonym stopniu) w standardowych kursach mechaniki kwantowej. Niektóre z przedstawianych problemów dadzą się przeanalizować ściśle, do innych konieczne będzie zastosowanie prostych metod numerycznych.

Zajęcia planuję w formie wykładu z ćwiczeniami, przy czym ćwiczenia będą miały charakter zarówno rachunkowy, jak i pracowni komputerowej, gdzie student będzie musiał sam napisać prosty program bądź zmodyfikować już istniejący.

Zakładana wiedza uczestnika zajęć to:

- Standardowe kursy analizy i algebry,
- umiejętność programowania w C lub C++.

W związku z tym, że chciałbym na bieżąco śledzić uruchamianie programów, liczba studentów nie może być zbyt duża – górne ograniczenie to 10 osób.

Zamierzam opracować notatki z wykładu oraz programy komputerowe, w taki sposób, aby możliwie łatwe było ich uruchomienie przez osoby 'z zewnątrz'. Oba zbiory zamierzam zamieszczać na stronie internetowej wykładu.

Nie zakładam znajomości mechaniki kwantowej. Niezbędne jej elementy zostaną podane w trakcie kursu (równanie Schroedingera bez czasu i z czasem, wartości własne i funkcje własne, ich własności); oczywiście wiedza z mechaniki kwantowej pozwoli na szybsze wyrabianie intuicji fizycznej przy analizie problemów.

W czasie kursu pragnę przeanalizować następujące tematy:

1. Przypomnienie podstawowych pojęć mechaniki kwantowej. Równanie Schrödingera bez czasu i z czasem. Wartości własne i funkcje własne, ich własności.
2. Stany związane lub ich brak w $d=1,2,3$ dla wybranych potencjałów (jama prostokątna, potencjał Morse'a). Numeryczne rozwiązywanie równania Schrödingera metodą 'strzelania'.
3. Podwójne studnie potencjału -- przypadek symetryczny. Potencjał dwóch studni prostokątnych (ściśle), połączonych potencjałów Morse'a (numerycznie). Widma energetyczne, rozszczepienie energii dwóch najniższych leżących stanów, tunelowanie, stała szybkości tunelowania.
4. Podwójne studnie potencjału -- przypadek asymetryczny. Problemy jw. *Zastosowania*: magnetyki molekularne.
5. Rozchodzenie się paczki falowej -- swobodne i w obecności bariery potencjału. Rozwiązywanie równania Schroedingera z czasem przez transformatę Fouriera.

6. Ucieczka cząstki kwantowej z obszaru ograniczonego barierą potencjału -- przykład stanu 'rezonansowego'.
7. Sieć periodyczna: Od równania (Schroedingera) ciągłego do dyskretnych analogonów -- przybliżenie ciasnego wiązania.
8. Cząstka swobodna w potencjale periodycznym na sieci. Pasma energetyczne, gęstości stanów na różnych sieciach i w różnych potencjałach. Przykłady przejścia metal – izolator.
9. *(jeśli czas pozwoli)* Model Hubbarda -- cząstki silnie skorelowane. Analiza układów kilkuwęzłowych. Korelacje antyferromagnetyczne dla half-filling na sieci kwadratowej. Ferromagnetyczny stan podstawowy w przypadku sfrustrowanym.