

Podsumowanie wykładu z Podstaw Fizyki Współczesnej II (2005-06)

1. Efekty falowe w propagacji cząstek:

- przechodzenie cząstek przez przesłonę z jedną szczeliną: ugięcie wiązki;
- przechodzenie cząstek przez przesłonę z dwiema szczelinami: interferencja, rozkład cząstek w funkcji kąta odchylenia od osi układu;
- model teoretyczny dla zjawiska interferencji na układzie dwóch szczelin: funkcja falowa, zasada superpozycji, interpretacja probabilistyczna funkcji falowej, położenie maksimów i minimów rozkładu cząstek, relacja de Broglie'a między długością fali i pędem cząstki;

2. Równanie falowe dla cząstki swobodnej:

- propagacja cząstek swobodnych: superpozycja fal płaskich, paczki falowe, prędkość grupowa paczki falowej, związek dyspersyjny dla fal de Broglie'a;
- równanie Schrödingera dla cząstki swobodnej;
- rozwiązywanie zagadnienia początkowego – odczytywanie profilu paczki falowej z zadanych warunków początkowych (transformacja Fouriera);
- rozkład prawdopodobieństwa w przestrzeni pędów;
- operator pędu;

3. Równanie falowe dla cząstki w polu siły o potencjale V :

- postulowana postać równania falowego;
- sprawdzenie poprawności postulowanej postaci przez porównanie z klasycznym opisem propagacji cząstki – twierdzenie Ehrenfesta;
- wektor gęstości prądu prawdopodobieństwa;

4. Ruch w jednym wymiarze – rozpraszanie cząstki na schodku potencjału:

- rozwiązanie dla ruchu cząstki jako superpozycja rozwiązań stacjonarnych;
- warunki zszycia dla funkcji falowej na skoku potencjału;
- postać rozwiązań stacjonarnych z uwzględnieniem warunków zszycia;
- współczynniki przejścia i odbicia;

5. Cząstka w jednowymiarowej, nieskończenie głębokiej studni potencjału:

- funkcje własne hamiltonianu: energie własne, funkcje własne, normalizacja, ortogonalność;
- rozwiązania stacjonarne, rozkład gęstości prawdopodobieństwa;
- proste rozwiązania niestacjonarne, rozkład gęstości prawdopodobieństwa;
- przykład rozwiązania zagadnienia początkowego dla ruchu w studni przy nietrywialnych warunkach początkowych;

6. Cząstka w trójwymiarowej, nieskończenie głębokiej studni potencjału:

- funkcje własne hamiltonianu – metoda separacji zmiennych; energie własne;
- rozwiązania stacjonarne i niestacjonarne;

7. Postulaty mechaniki kwantowej:

- opis stanu kwantowego;
- reprezentacja wielkości obserwowalnych: operatory hermitowskie;
- możliwe wyniki pomiarów i prawdopodobieństwo ich uzyskania;
- komutator operatorów; twierdzenie o funkcjach własnych komutujących obserwabli;

- postulat o ewolucji stanu kwantowego w czasie;
- wnioski: ewolucja w czasie wartości średnich wielkości fizycznych;

8. Kwantowa teoria oscylatora harmonicznego:

- hamiltonian oscylatora jednowymiarowego, operatory kreacji i anihilacji;
- energie własne i funkcje własne;
- energie własne i funkcje własne anizotropowego oscylatora dwuwymiarowego – metoda separacji zmiennych;

9. Rachunek zaburzeń dla energii własnych:

- przypadek bez degeneracji – przykład: zaburzony oscylator harmoniczny;
- przypadek z degeneracją

10. Zasada nieoznaczoności.

11. Operator momentu pędu:

- podstawowe komutatory;
- operatory drabinkowe, algebraiczne wyprowadzenie ogólnych właściwości wartości własnych operatora momentu pędu;
- jawna postać funkcji własnych operatora orbitalnego momentu pędu we współrzędnych kulistych;

12. Spinowy moment pędu:

- macierz operatorów składowych momentu pędu dla przypadku $j = 1/2$; macierze Pauliego;
- funkcja falowa dla cząstki o spinie $1/2$;

13. Spinowy moment magnetyczny:

- operator spinowego momentu magnetycznego;
- hamiltonian oddziaływania spinowego momentu magnetycznego z zewnętrznym polem magnetycznym dla cząstki o spinie $1/2$;
- cząstka o spinie $1/2$ i niezerowym momencie magnetycznym, uwięziona w węźle sieci – precesja spinu;
- dwójłomność wiązki neutronów przy przejściu przez „ściankę magnetyczną”;

14. Cząstka w potencjale o symetrii sferycznej – rozważania ogólne:

- równanie falowe we współrzędnych kulistych;
- separacja zmiennych;

15. Energie własne i funkcje własne elektronu w potencjale kulombowskim:

- postać funkcji falowej dla małych i dużych r ;
- ogólna postać funkcji falowej z uwzględnieniem asymptotyki, warunek urywania szeregu, radialna liczba kwantowa, energie własne;
- struktura widma w potencjale kulombowskim, dopuszczalne liczby kwantowe, degeneracja stanów;
- postać funkcji własnych, radialny rozkład prawdopodobieństwa, rozkłady kątowe;

16. Półklasyczny model emisji promieniowania przez elektron w potencjale kulombowskim.

17. Kwantowy opis ruchu układu wielu cząstek:

- układ dwóch cząstek o spinie równym zeru: funkcja falowa, równanie falowe;
- układ dwóch cząstek o spinie $1/2$: funkcja falowa, równanie falowe;
- układ dowolnej liczby cząstek o dowolnych spinach: funkcja falowa, równanie falowe;
- układy cząstek identycznych – postulat o związku spinu z właściwościami symetrii funkcji falowej;

18. Przybliżony opis stanów własnych atomu helu:

- stan podstawowy – przestrzenna funkcja falowa, spinowa funkcja falowa;
- stany wzbudzone – przestrzenna funkcja falowa, spinowa funkcja falowa, stany singletowe, trypletowe;

19. Prymitywny model funkcji falowej stanu podstawowego atomów wieloelektronowych:

- antysymetryzacja funkcji falowych – wyznacznik Slatera;
- stan podstawowy atomu litu;
- schemat obsadzania powłok w atomach o większej liczbie atomowej; układ okresowy pierwiastków;

20. Elementy fizyki statystycznej:

- dynamika układów bardzo wielu ciał: pojęcie równowagi termodynamicznej, mikrostan, makrostan,
- związek między średnimi po czasie a średnimi po zespole statystycznym;
- hipoteza ergodyczna;
- postulat równych prawdopodobieństw a priori;
- przykład: najbardziej prawdopodobna liczba cząstek w części naczynia;
- oddziaływanie układów makroskopowych: liczba stanów w przedziale energii, najbardziej prawdopodobny podział energii między układy, temperatura bezwzględna, entropia;