

# ZAGADNIENIA DO EGZAMINU Z FIZYKI DLA ELEKTRONIKI

## Semestr letni 2010/2011 – Fizyka współczesna

### 0. Początki fizyki współczesnej

Promieniowanie ciała doskonale czarnego, funkcja Kirchhoffa, prawo przesunięć Wien'a, prawo Boltzmanna, wzór Planck'a, udział Einsteina w opisie promieniowania ciała doskonale czarnego, pojęcie kwantu promieniowania, pęd i energia fotonu, dualizm korpuskularno-falowy, efekt fotoelektryczny, efekt Comptona

### 1. Fale materii

Hipoteza de Broglie'a, doświadczenie Davissona-Germera, zasada komplementarności Bohra, bieżąca fala materii - analogia do fali elektromagnetycznej, zasada nieoznaczoności Heisenberga, mikroskop Heisenberga, interpretacja eksperymentu interferencyjnego z dwoma szczelinami, nieoznaczoność czasu i energii wraz z konsekwencjami

### 2. Równanie Schrödingera

Założenia mechaniki kwantowej prowadzące do równania Schrödingera, własności funkcji falowej, opis interferencji fal materii, zależne od czasu równanie Schrödingera w jednym i trzech wymiarach, probabilistyczna interpretacja funkcji falowej, stacjonarne (niezależne od czasu) równanie Schrödingera, separacja zmiennych w równaniu Schrödingera, interpretacja stałej separacji, **problem własny** – wartości własne i funkcje własne operatora, Hamiltonian, rozwiązanie równania Schrödingera dla cząstki swobodna (fala płaska) oraz dla nieskończonej studni potencjału (fale stojące), warunki brzegowe, kwantyzacja energii, relacja dyspersji dla swobodnego elektronu i elektronu związanego w studni nieskończonego potencjału

### 3. Studnie i bariery

Skończona prostokątna bariera potencjału, rozwiązanie równania Schrödingera, funkcje falowe, warunki ciągłości funkcji falowych i ich pochodnych, tunelowanie, przykłady tunelowania: rozpad alfa, synteza jądrowa, skaningowy mikroskop tunelowy STM, studnia skończonego potencjału – stany związane, pułapki elektronowe: nanokrystaliny, kropki kwantowe, kwantowe zagrody, uogólnienie na 2 i 3 wymiary przestrzeni, stany zdegenerowane

### 4. Struktura energetyczna ciał stałych

Opis struktury krystalicznej przy pomocy wektorów translacji, sieć+baza, komórka prosta, komórka elementarna, pięć dwuwymiarowych sieci Bravais'go, czternaście rodzajów sieci krystalicznych w trzech wymiarach, energia potencjalna elektronu w kryształach, pasmowy model ciała stałego: model Kröniga-Penneya, struktura energetyczna metali, półprzewodników, izolatorów, pasmo przewodnictwa, pasmo walencyjne, przerwa energetyczna, funkcje Blocha, warunki brzegowe ciągłości i periodyczności funkcji falowych i ich pierwszych pochodnych, relacja dyspersji dla elektronu w modelu Kröniga-Penneya, wyjaśnienie występowania przerwy energetycznej, analiza skrajnych przypadków w modelu Kröniga-Penneya, strefy Brillouina, masa efektywna elektronu w kryształach

## **5. Wczesne modele atomu**

Koncepcje atomu (Demokryt, Thomson, model planetarny-problem stabilności atomu), eksperyment Rutherforda, model Bohra dla atomu wodoru, postulaty Bohra, kwantyzacja momentu pędu, skwantowane poziomy energetyczne, interpretacja widm emisyjnych i absorpcyjnych atomów, energia jonizacji, stała Rydberga, kwantyzacja promienia orbity i prędkości elektronu na orbicie, zasada odpowiedniości, zalety i wady modelu Bohra, interpretacja reguł kwantowania na podstawie modelu Sommerfelda i postulatu de Broglie'a

## **6. Atom wodoru w mechanice kwantowej**

Rozwiązanie równania Schrödingera dla elektronu w centralnym polu potencjału kulombowskiego, przypomnienie zasady zachowania pędu, separacja równania Schrödingera we współrzędnych sferycznych, radialne funkcje falowe atomu wodoru, harmoniki sferyczne, liczby kwantowe, wartości własne energii dla atomu wodoru, degeneracja, powłoki i podpowłoki, operator pędu i momentu pędu w mechanice kwantowej, kwantyzacja kwadratu momentu pędu i jego składowej z-owej, orbitalny dipolowy moment magnetyczny, spin elektronu, magnetyczny rezonans jądrowy NMR

## **7. Statystyki kwantowe i klasyczne**

Problem wielu cząstek, elementy fizyki statystycznej, obliczanie wartości średnich, funkcja gęstości prawdopodobieństwa, klasyczne rozkłady: rozkład Maxwell'a prędkości cząsteczek w gazie, rozkład Boltzmana, statystyki kwantowe: Fermiego-Dirac'a i Bosego-Einsteina, nierozróżnialność cząstek w mechanice kwantowej, symetryczne i antysymetryczne funkcje falowe, bozony i fermiony, zakaz Pauli'ego i jego konsekwencje, przykłady materii zdegenerowanej w przyrodzie, pojęcie energii Fermiego, wyprowadzenie zależności energii Fermiego od koncentracji elektronów w jednym i trzech wymiarach, kula Fermiego, zastosowania teorii: elektronowe ciepło właściwe w metalach, kondensacja Bosego-Einsteina, ciekły hel i nadciekłość

## **8. Przewodnictwo elektryczne ciał stałych –półprzewodniki i urządzenia półprzewodnikowe**

Uporządkowanie pierwiastków, prosty model cząsteczki  $H_2$ , energia wiązania, wiązania chemiczne, kryształy jonowe, wiązanie kowalencyjne, wiązanie metaliczne, oddziaływanie van der Waalsa, wiązania wodorowe, poziomy wibracyjne i rotacyjne, charakterystyka izolatorów, metali i półprzewodników, struktura pasmowa ciał stałych, niedomieszkowane i domieszkowane półprzewodniki, temperaturowa zależność przewodnictwa elektrycznego, definicja ruchliwości nośników, mechanizm rozpraszania nośników w półprzewodnikach, reguła Matthiessen'a, złącze p-n, większościowe i mniejszościowe nośniki ładunku, prąd dyfuzji i unoszenia (dryfu), wybrane zastosowania półprzewodników – urządzenia półprzewodnikowe: złącze prostujące, dioda świecąca - LED, fotodioda, laser złączowy, tranzystor polowy FET