

**Właściwości optyczne kropek kwantowych (QD)
na przykładzie koloidalnych nanokryształów CdTe**

A. Zagadnienia teoretyczne do przypomnienia i opanowania:

I – Modele uwięzienia cząstek (elektronów)

- cząstka w studni potencjału [1]
 - 1D, bariera nieskończona i skończona *)
 - 3D pudło sześciennie i sferyczne
 - oscylator harmoniczny (1D i 3D)
 - podwójna studnia potencjału
 - atom wodoru

II – Elementy teorii ciała stałego (kryształów)

- Potencjały periodyczne [2]
 - operator translacji; wartości własne, wektor falowy, twierdzenie Blocha *)
 - potencjał periodyczny Kroniga-Penney’a
 - metoda ciasnego wiązania dla łańcucha 1D z jednym orbitalem na atom
 - powstawanie pasm
 - pojęcie masy efektywnej
 - pojęcie cząstki efektywnej, elektronu i dziury
- Sieci krystaliczne i wiązania chemiczne [2,4]
 - proste struktury krystaliczne (sieci: kubiczna, fcc, bcc, sieci z bazą)
 - wiązanie kowalencyjne (kowalencyjno-jonowe) sp³ (diamant, GaAs, CdTe, itp.)

III – Od sieci krystalicznych do nanokryształów

- Nanostruktury [5,6,7]
 - kwantowy efekt rozmiarowy – dyskretyzacja pasm energetycznych
 - studnie kwantowe – modele jedno i dwu-pasmowe (elektrony-dziury)
 - gęstość stanów w układach 3D, 2D, 1D
 - kropki kwantowe – nanokryształy – układy zero-wymiarowe

IV - Optyka

- Przejścia optyczne [1,5,6,7]
 - przybliżenie dipolowe; prawdopodobieństwa przejść;
 - absorpcja, emisja, widma fotoluminecencji (PL)
 - zależność i statystyka widm nanokryształów od rozmiarów

B. Zagadnienia do opracowania na seminarium

1. Proste układy z potencjałem ograniczającym: studnie 1D, studnie 3D, geometrie prostokątne i sferyczne; potencjał harmoniczny, potencjał kulombowski
2. Rodzaje kropek kwantowych i metody fabrykacji
3. Lite kryształy – cząstki efektywne (elektrony i dziury), masa efektywna
4. Metody opisu struktury elektronowej kryształów w zastosowaniu do nanokryształów – jednopasmowy model masy efektywnej
5. Przejścia optyczne w układach niskowymiarowych (w modelu masy efektywnej), statystyka widm koloidalnych QD w roztworze

Literatura:

- [1] Dowolny podręcznik z mechaniki kwantowej
- [2] Dowolny podręcznik z fizyki ciała stałego
- [3] dowolny podręcznik z fizyki atomowo-molekularnej (np. Woodgate – Struktura atomu)
- [4] dowolny podręcznik z chemii kwantowej (Kołos, Piela,...)
- [5] G. Bastard „*Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures*”,
Les edit. de physique 1990 [BIF IV.C. 1858]
- [6] C. Weisbuch, B. Vinter, „*Quantum semiconductor structures*”,
Academic Press 1991 [BIF IV.C. 1953]
- [7] www.fizyka.umk.pl/~wj/EDU/KSP ,
- [8] www.fizyka.umk.pl/~wj/EDU/TCS ,
- [9] www.fizyka.umk.pl/~wj/EDU/FK2
- [10] L. E. Brus, J. Chem. Phys. 80, 4403 (1984)
- [11] Y. Masumoto and K. Sonobe, Phys. Rev. B 56, 9734 (1997)
- [12] D.J. Norris and M. G. Bawendi, Phys. Rev. B 53, 16338 (1996)
- [13] Pozostałe materiały na [www.fizyka.umk.pl/~wj/EDU/Pracownia Projektowa/](http://www.fizyka.umk.pl/~wj/EDU/Pracownia_Projektowa/)

C. Zadania do wykonania w ramach pracowni

- 1. Opanowanie wiedzy z punktu A – konsultacje z prowadzącymi
- 2. Przedstawienie tematyki w ramach seminarium (punkt B)
- 3. Zmierzenie widm absorpcji koloidalnych kropek kwantowych CdTe
- 4. Pomiar widm emisji (PL) kropek kwantowych CdTe
- 5. Obliczenie średniego rozmiaru kropek CdTe w roztworze w oparciu o zmierzone widma
- 6. Przygotowanie publikacji z przeprowadzonych badań
 - a. tytuł, abstrakt, autorzy
 - b. wstęp teoretyczny nt. koloidalnych QD
 - c. opis metod pomiarowych
 - d. wyniki pomiarów i obliczenie średniego rozmiaru kropek
 - e. podsumowanie
 - f. literatura