

KIETO KŪNO FIZIKA

Gytis Vektaris

VU Teorinės fizikos ir astronomijos institutas

Santrauka

Paskaitų tikslas supažindinti kurso klausytojus su pagrindinėmis kieto kūno fizikos sąvokomis, nenaudojant sudėtingo matematinio aparato. Tam reikalui pasirenkamas paprastas, analiziškai pilnai sprendžiamas vienmatės atomų (molekulių) grandinės svyravimų modelis. Svyravimai paprastumo dėlei nagrinėjami ne kvantinės mechanikos pagalba, bet sprendžiant klasikinės Niutono mechanikos lygtis. Šis modelis, kaitaliojant įvairias jo variacijas, išlaikomas viso kurso metu. Manau, kad tokia orientacija į svyravimus pateisinama, nes kiti šio kurso dėstytojai orientuojasi į elektronines kieto kūno sąvybes. Vis dėlto kvantinės mechanikos pilnai pamiršti nederėtų. Pavyzdžiui verta užrašyti kristalo hamiltonianą ir parodyti adiabatinio metodo pagalba kaip atsiskiria elektronų judėjimas nuo branduolių svyravimų. Taip pat naudinga vesti viso kurso metu paralelę tarp klasikinių ir kvantinių sąvokų, pvz.: svyravimas – fononas ir t.t. Taigi kursas atrodytų taip. Pradžioje trumpai priminus pagrindines kristalografijos sąvokas, parodoma, kaip naudojantis didele branduolių mase galima atskirti jų judėjimą nuo elektronų judėjimo. Be to parodoma, kad potencialą branduolių svyravimams sudaro elektroninės kristalo energijos, branduoliams nejudant. Toliau naudojantis dviejų atomų sąveikos potencialu, įvedamas harmoninis artėjimas ir parodomas jo galiojimo ribos. Po to sprendžiamas vienmatės atomų grandinės svyravimų uždavinys harmoniniame artėjime. Aptariamos tokio modelio galiojimo ribos ir tinkamumas aukštesnių dimensijų kristalų svyravimams aprašyti. Gauto dispersijos dėsnio pagrindu įvedamos Briliueno zonų ir atvirkštinės gardelės sąvokos, suskaičiuojami svyravimų fazinis ir grupinis greičiai, parodoma kaip įvesti Borno – Karmano sąlygas ir prie ko jos veda. Pasirėmus dispersijos dėsnio išraiška, parodoma kaip suskaičiuoti jėgos konstantas naudojantis eksperimentų duomenimis. Toliau nagrinėjami grandinės su dviem atomais elementariame narvelyje svyravimai. Tai padeda įvesti optinių ir akustinių modų sąvokas. Dar kartą grįžtama prie atvirkštinės gardelės ir Briliueno zonų. Parodoma, kad tai tiesioginės gardelės (ir daugumos dydžių gardelėje) periodiškumo pasekmė ir galioja trimačiuose kristaluose taip pat. Įvedama būsenų tankio sąvoka. Toliau trumpai prisimenami dielektrikų poliarizacijos mechanizmai. Ir tuo remiantis nagrinėjami grandinės su dviem priešingų ženklų jonais elementariame narvelyje svyravimai bei sąveika su elektriniu lauku. Parodoma kokiomis sąlygomis atsiranda skersiniai ir kokiomis išilginiai svyravimai bei kaip skiriasi jų dažniai. Kurso pabaigoje, jei lieka laiko, sprendžiamas grandinės su viena priemaiša uždavinys. Parodoma, kad tokiuose, kristaluose (artimuose realiems) atsiranda papildomi dažniai – taip vadinamos priemaišinės (lokalinės) “būsenos”.

Turinys

Literatūra	0 - 3
1. Įvadas.	1 - 1
2. Kristalo gardelė.	2 - 1
• Milerio indeksai	2 - 2
3. Adiabatinis artėjimas.	3 - 1
4. Harmoninis artėjimas.	4 - 1
5. Atomų grandinėlių svyravimai.	5 - 1
• Briliueno zona. Atvirkštinė gardelė.	5 - 3
• Svyravimų fazinis ir grupinis greitis.	5 - 4
• Borno ir Karmano (ciklinės) sąlygos.	5 - 5
• Normaliosios koordinatės	5 - 7
• Kvantinis vienmatės grandinėlių dinamikos aprašymas	5 - 9
• Jėgos konstantų skaičiavimas.	5 - 11
6. Dviatomės grandinėlių svyravimai.	6 - 1
• Akustinės ir optinės modos.	6 - 2
7. Atvirkštinė gardelė. Briliueno zona.	7 - 1
8. Būsenų tankis.	8 - 1
9. Energijos ir impulso tvermės dėsniai gardelinės šviesos sugerties metu.	9 - 1
• Briliueno ir Ramano sklaida.	9 - 2
10. Dielektriko poliarizacija elektriniame lauke.	10 - 1
11. Grandinėlių optinės savybės infraraudonojoje spektro srityje.	11 - 1
Skersiniai ir išilginiai svyravimai.	11 - 1
12. Neutronų sklaida fononais	12 - 1
13. Vienmatės grandinėlių turinčios priemaišinių atomų svyravimai.	13 - 1

Rekomenduojama literatūra:

Pagrindinė literatūra būtų ši knyga anglų arba rusų kalba:

1. **C. Kittel**, Introduction to Solid State Physics, "John Willey and Sons", 1971. **Ч. Киттель**, Введение в физику твердого тела, М.: "Наука", 1978.

Turintiems problemų su užsienio kalbomis galima būtų rekomenduoti šias lietuvių kalba parašytas knygas:

2. **A. Juodviršis, M. Mikalkevičius, S. Vengris**, Puslaidininkių fizikos pagrindai, V.: "Mokslas", 1985.
3. **A. Matulis**, Kietojo kūno fizika, V.: "Petro ofsetas", 2000.
4. **E. Gaižauskas, L. Valkūnas**, Lazerinės spektroskopijos pagrindai, V., 1995.

Kitos knygos, kurias galėčiau pasiūlyti, išleistos rusų arba anglų kalbomis (kai kurių originalai vokiški). Stengiausi nuorodas pateikti abiem kalbomis.

5. **C. Kittel**, Elementary solid state physics, "John Willey and Sons", 1962. **Ч. Киттель**, Элементарная физика твердого тела, М.: "Наука", 1965.
6. **J. M. Ziman**, Principles of the Theory of Solids, "Cambridge University Press", 1964. **Дж. Займан**, Принципы теории твердого тела, М.: "Мир", 1966.
7. **M. Born and Kun Huang**, Dynamical Theory of Crystal Lattices, 1954. **М. Борн, Хуан Кунь**, Динамическая теория кристаллических решеток, 1958.
8. **О. Маделунг**, Теория твердого тела, М.: "Наука", 1980.
9. **Н. Накен**, Quantum field theory of solids: an introduction. Amsterdam, North-Holland, 1976. **Х. Хакен**, Квантовополевая теория твердого тела, М.: "Наука", 1980.
10. **А. С. Давыдов**, Теория твердого тела, М.: "Наука", 1976.
11. **R. A. Smith**, Semiconductors, "Cambridge University Press", 1978. **Р. Смит**, Полупроводники, М.: "Мир", 1982.

© G. Vektaris, 1998, 1999, 2000, 2001, 2003

P.S. Naujausių paskaitų versijų jieškokite Internetė adresu

<http://www.itpa.lt/~vektaris/lectures/>