

**Табела 5.1** Спецификација предмета на студијском програму докторских студија

|  |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|
| <b>Назив предмета:</b> Квантна механика сложених система   |                    |                    |
| <b>Наставник или наставници:</b> Антун Балаж, Зоран Поповић, Саша Дмитривић  |                    |                    |
| <b>Статус предмета:</b> изборни  |                    |                    |
| <b>Број ЕСПБ:</b> 15   |                    |                    |
| <b>Услов:</b> Квантна механика (додипл) , Статистичка механика (додипл)  |                    |                    |
| <b>Циљ предмета</b><br><br>Да се науче основне методе описивања различитих сложених квантних система, као и транспорта код наноструктура.  |                    |                    |
| <b>Исход предмета</b><br><br>Способност примене научених метода при проучавању динамике конкретних система.  |                    |                    |
| <b>Садржај предмета</b><br><i>Теоријска настава</i><br>1. Топологија зоналне структуре код кристала.<br>а) Диференцијално геометријски приступ: Беријева конекција, Вилсонов оператор, Чернови бројеви.<br>б) Симетријски приступ: релације компатибилности, елементарне зоналне репрезентације, рачун и класификација, локализација и атомски лимит, обструисани лимит, тополошке фазе, пумпе.<br>2. Квантни транспорт. Проводност, Кулонова блокада/Кондо резонанција, самоусаглашено поље, равнотежна матрица густине, зонска структура и спин-орбит интеракција, квантне тачке, јаме, наножице, равнотежна матрица густине. Контакти, кохерентни и некохерентни транспорт, једначине транспорта, Омов закон. Корелационе функције и неравнотежна матрица густине.<br>3. Опис ултрахладних квантних гасова у формализму друге квантизације. Контактна и дипол-дипол интеракција. Вандијагонално дугодометно уређење. Бозе-Ајнштајн кондензација. Хартри-Фок-Богољубов теорија и теорија средњег поља. Колапс система, квантне флукуације и појава квантних дроплета. Суперсолидно стање. Прелаз из суперфлуидне у суперсолидну фазу и карактеризација фаза.<br><br><i>Практична настава</i> |                    |                    |
| <b>Препоручена литература</b><br>1. R. Evarestov, V. P. Smirnov, Site Symmetry in Crystals - Theory and Applications, Springer, 1997.<br>2. J. Cano, B. Bradlyn, Band Representation and Topological Quantum Chemistry, Annual Review of Condensed Matter Physics, 2020.<br>3. S. Datta, Quantum Transport: Atom to Transistor, Cambridge University Press, 2005.<br>4. C. J. Pethick, H. Smith, Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases, Cambridge University Press, 2008.   |                    |                    |
| Број часова активне наставе  | Теоријска настава: | Практична настава: |
| <b>Методе извођења наставе</b><br><br>Предавања, консултације и студентски семинари  |                    |                    |
| <b>Оцена знања (максимални број поена 100)</b><br><b>активност у току</b><br>предавања 10, семинари 40, испит 50   |                    |                    |
| Начин провере знања могу бити различити : (писмени испити, усмени испт, презентација пројекта, семинари итд.....   |                    |                    |
| *максимална дужна 1 страница А4 формата  |                    |                    |

**Table 5.1 Specification of subjects in the doctoral studies study program**

|  |         |           |
|--|---------|-----------|
| <b>Name of the subject:</b> Quantum mechanics of complex systems   |         |           |
| <b>Teacher(s):</b> Ivanka Milosević, Antun Balaž   |         |           |
| <b>Status of the subject:</b> elective   |         |           |
| <b>Number of ECTS points:</b> 15   |         |           |
| <b>Condition:</b> 1) quantum mechanics (undergrad); 2) statistical mechanics (undergrad)   |         |           |
| <b>Goal of the subject</b><br>To learn the basic methods of description of open and complex quantum systems, and quantum transport in nanostructures.  |         |           |
| <b>Outcome of the subject</b><br>Ability to apply the methods of quantum open systems theory and time-dependent approach to quantum dynamics in studies of particular models of interest. Student should be able to apply the basics of the theory of quantum transport to some specific nanostructures.   |         |           |
| <b>Content of the subject</b><br><i>Theoretical lectures</i><br>1. Topology of band structures of crystals.<br>a) Differential geometry approach: Berry connection, Wilson operator, Chern numbers.<br>b) Symmetry approach: compatibility relations, elementary band representations, computations and classifications, localization and atomic limit, obstructed limit, topological phases, pumps.<br>2. Quantum transport. Quantum of conductance, Coulomb blockade/Kondo resonance, self-consistent field procedure, Basis functions and equilibrium density matrix. Band structure and effect of spin-orbit coupling, Quantum wells, nanowires, quantum dots, and nanotubes, Contacts, Coherent and non-coherent transport. Quantum transport equations. Physics of Ohm's law. Correlation functions. Non-equilibrium density matrix.<br>3. Description of ultracold quantum gases in the second quantization formalism. The contact and the dipole-dipole interaction. Off-diagonal long-range order. Bose-Einstein condensation. Hartree-Fock-Bogoliubov theory and mean-field theory. Collapse of the system, quantum fluctuations, and emergence of quantum droplets. Supersolid state. Transition from the superfluid to the supersolid phase and their characterization.<br><i>Practical lectures</i> |         |           |
| <b>Recommended literature</b><br>1. R. Evarestov, V. P. Smirnov, Site Symmetry in Crystals - Theory and Applications, Springer, 1997.<br>2. J. Cano, B. Bradlyn, Band Representation and Topological Quantum Chemistry, Annual Review of Condensed Matter Physics, 2020.<br>3. S. Datta, Quantum Transport: Atom to Transistor, Cambridge University Press, 2005.<br>4. C. J. Pethick, H. Smith, Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases, Cambridge University Press, 2008.   |         |           |
| Number of active classes   | Theory: | Practice: |
| <b>Methods of delivering lectures</b><br>1) presentations 2) consultations 3) student projects   |         |           |
| <b>Evaluation of knowledge (maximum number of points 100)</b>  |         |           |
| Weays of testing the knowledge may vary: (written tests, oral exam, project presentation, seminars etc.....  |         |           |
| *maximum length 1 A4 page  |         |           |