

### OPIS PRZEDMIOTU/MODUŁU KSZTAŁCENIA (SYLABUS)

|     |  |
|-----|--|
| 1.  | Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim<br><b><i>Fizyka fazy skondensowanej 1</i></b>   |
| 2.  | Nazwa przedmiotu/modułu w języku angielskim<br><i>Condensed Matter Physics 1</i>   |
| 3.  | Jednostka prowadząca przedmiot<br><i>Uniwersytet Wrocławski, Wydział Fizyki i Astronomii, Instytut Fizyki Doświadczalnej</i>   |
| 4.  | Kod przedmiotu/modułu<br>24-FZ-FT-S1-E5-FFSI   |
| 5.  | Rodzaj przedmiotu/modułu ( <i>obowiązkowy lub fakultatywny</i> )<br>Obowiązkowy dla wszystkich specjalności na kierunku <i>fizyka</i>  |
| 6.  | Kierunek studiów<br><i>Fizyka</i>  |
| 7.  | Poziom studiów ( <i>I lub II stopień lub jednolite studia magisterskie</i> )<br><i>Studia I stopnia</i>  |
| 8.  | Rok studiów ( <i>jeśli obowiązuje</i> )<br><i>III rok studiów</i>  |
| 9.  | Semestr ( <i>zimowy lub letni</i> )<br><i>zimowy</i>   |
| 10. | Forma zajęć i liczba godzin<br>Wykład – 2 godz. tygodniowo przez 15 tygodni. Konwersatorium – 2 godz. tygodniowo przez 15 tygodni  |
| 11. | Imię, nazwisko, tytuł/stopień naukowy osoby prowadzącej zajęcia<br>Adam Kiejna, prof. dr hab.  |
| 12. | Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu oraz zrealizowanych przedmiotów<br>Podstawy mechaniki kwantowej: <i>Mechanika kwantowa 1</i> lub <i>Kwantowa fizyka teoretyczna</i> lub <i>Fizyka kwantowa</i> .   |
| 13. | Cele przedmiotu<br>Rozumienie pojęć i wielkości fizycznych służących do opisu struktury i właściwości ciał stałych, poznanie podstawowych struktur krystalicznych i typów wiązań. Poznanie opisu matematycznego drgań sieci krystalicznej i zastosowanie do opisu ciepła właściwego ciał stałych. Poznanie właściwości elektronowych ciał stałych i przyczyn powstawania pasm energetycznych, ich opisu matematycznego, oraz wyjaśnienie właściwości i klasyfikacja ciał stałych na podstawie ich elektronowej struktury pasmowej. |

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 14. | <p>Zakładane efekty kształcenia</p> <p>Student zna i potrafi opisać zjawisko dyfrakcji fal na sieci krystalicznej, podstawowe typy sieci i struktury krystaliczne, typy wiązań, pojęcie sieci odwrotnej. Rozumie i potrafi opisać matematycznie: drgania sieci krystalicznej i problem ciepła właściwego ciał stałych, powstawanie elektronowej struktury pasmowej. Potrafi wyjaśnić działanie złącza prostującego.</p>   | <p>Symbole kierunkowych efektów kształcenia:</p> <p><i>K_W06, K_U07, K_U16, K_K05</i></p> |
| 15. | <p>Treści programowe</p> <p><u>Struktura kryształów</u>: komórka prymitywna, sieć, baza, struktura, symetrie punktowe, sieci Bravais’ego, wskaźniki Millera płaszczyzn krystalograficznych, podstawowe struktury krystaliczne. <u>Sieć odwrotna</u>: dyfrakcja fal na kryształach, warunki dyfrakcji Bragga i Lauego, sieć odwrotna, strefa Brillouina. <u>Wiązania chemiczne w kryształach</u>: rodzaje wiązań w kryształach, potencjał Lenarda-Jonesa, energia spójności, energia Madelunga. <u>Drgania sieci krystalicznej</u>: drgania sieci jednowymiarowej, związek dyspersyjny, sieć z bazą dwuatomowa, drgania akustyczne i optyczne, kwantowanie drgań sieci, fonony, rozkład Plancka, gęstość stanów fononowych, model Debye’a ciepła właściwego ciał stałych. <u>Gaz elektronów swobodnych</u>: energia Fermiego, wpływ temperatury na obsadzenie stanów, rozkład Fermiego-Diraca, gęstość stanów, ciepło właściwe gazu elektronowego. Przewodnictwo elektryczne, mikroskopowe wyprowadzenie prawa Ohma. Elektrony swobodne w polu elektromagnetycznym, efekt Halla. <u>Elektrony w polu potencjału okresowego</u>: model prawie swobodnych elektronów, pasma energetyczne, pochodzenie i szerokość przerwy energetycznej. Funkcje Blocha, równanie falowe elektronu w potencjale okresowym, model Kroniga-Penneya. Metale, półprzewodniki, izolatory. <u>Półprzewodniki</u>. przerwa energetyczna, równanie ruchu dla elektronu w paśmie energetycznym, dziury, masa efektywna. Przewodnictwo samoistne i domieszkowe. Złącze prostujące p-n.</p> |   |
| 16. | <p>Zalecana literatura (<i>podręczniki</i>)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. C. Kittel, <i>Wstęp do fizyki ciała stałego</i>, wyd. 7, PWN, Warszawa 1999.</li> <li>2. H. Ibach, H. Lüth, <i>Fizyka ciała stałego</i>, PWN, Warszawa 1996.</li> </ol>   |   |
| 17. | <p>Forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu/modułu, sposób sprawdzenia osiągnięcia zamierzonych efektów kształcenia:</p> <p>wykład: <i>egzamin ustny</i></p> <p>konwersatorium: <i>zaliczenie, ocena umiejętności rozwiązywania problemów i zadań przy tablicy i w sprawdzianach pisemnych oraz aktywny udział w dyskusji podczas zajęć.</i></p>  |   |
| 18. | <p>Język wykładowy</p> <p><i>Polski</i></p>   |   |
| 19. | Obciążenie pracą studenta   |   |
|     | Forma aktywności studenta   | Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności   |
|     | <p>Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wykład:</li> <li>- ćwiczenia:</li> </ul>   | <p>30</p> <p>30</p>   |

|  |                                  |     |
|--|----------------------------------|-----|
|  | Praca własna studenta np.:       |     |
|  | - przygotowanie do zajęć:        | 30  |
|  | - opracowanie wyników:           |     |
|  | - czytanie wskazanej literatury: |     |
|  | - napisanie raportu z zajęć:     | 30  |
|  | - przygotowanie do egzaminu:     |     |
|  | Suma godzin                      | 120 |
|  | Liczba punktów ECTS              | 5   |

\*objaśnienie symboli:

K (przed podkreśleniem) - kierunkowe efekty kształcenia

W - kategoria wiedzy

U - kategoria umiejętności

K (po podkreśleniu) - kategoria kompetencji społecznych

01, 02, 03 i kolejne - numer efektu kształcenia

## COURSE/MODULE DESCRIPTION (SYLLABUS)

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 1.  | Course/module<br><b>Condensed matter physics 1</b>  |   |
| 2.  | University department<br><i>Faculty of Physics and Astronomy, Institute of experimental Physics</i>   |   |
| 3.  | Course/module code<br><b>13.2-4-FFS I/5</b>   |   |
| 4.  | Course/module type – mandatory (compulsory) or elective (optional)<br><i>mandatory (compulsory)</i>   |   |
| 5.  | University subject (programme/major)<br><i>Physics/Experimental Physics, Physics of New Materials</i>   |   |
| 6.  | Degree: ( <i>master, bachelor</i> )<br><i>Bachelor</i>  |   |
| 7.  | Year<br>3 <sup>rd</sup>   |   |
| 8.  | Semester ( <i>autumn, spring</i> )<br><i>autumn</i>   |   |
| 9.  | Form of tuition and number of hours<br><i>Lecture 2h per week, 15 weeks</i>   |   |
| 10. | Name, Surname, academic title<br><i>Adam Kiejna, Professor Dr. Hab.</i>   |   |
| 11. | Initial requirements (knowledge, skills, social competences) regarding the course/module and its completion<br><br>Basic quantum mechanics: <i>Quantum Mechanics 1, or Theoretical Quantum Physics, or Quantum Physics.</i>   |   |
| 12. | Objectives<br><br>Having attended the lectures and exercises student should know and understand physical notions and quantities which are used to describe structure and properties of solids, principle crystal structures and types of crystalline binding, the notion of reciprocal lattice. Student should understand and be able to describe mathematically vibrations of crystal lattice, heat capacity of solids. Student should be able to explain electronic properties of metals in the framework of the free electron model, the appearance of the energy bands, to classify solids and explain their properties based on their electronic band structure. |   |
| 13. | Learning outcomes<br><br>Student is able to explain the phenomenon of the diffraction of waves on the crystal lattice, knows the principle crystal structures and types of crystalline binding, the notion of reciprocal lattice. Student understands and is able to describe mathematically vibrations of crystal lattice, heat capacity of solids, electronic properties of metals in the   | Outcome symbols:<br><br><i>K_W06, K_U07, K_U16, K_K05</i> |

|   | framework of the free electron model, the appearance of the energy bands, student is able to classify solids and explain their properties based on their electronic band structure, and to explain rectifying action of a p-n junction.   |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
|---|---|--|----------|--|---|--|------------|----|------------|----|---------------------------|--|--|----|----------------------|--|---------------------------|--|--------------------------|--|-----------------------|----|-------|-----|
| 14.   | <p>Content</p> <p><u>Crystal Structure</u>: primitive unit cell, lattice, basis, crystal structure. Point symmetries, Bravais lattices in two and three dimensions, Miller index system for crystal planes, principal crystal structures. <u>Reciprocal Lattice</u>: diffraction of waves by crystals, reciprocal lattice, the Bragg and Laue diffraction conditions, Brillouin zones. <u>Crystal Binding</u>: different types of bonding in crystals, the Lennard-Jones potential, cohesive energy, the Madelung energy. <u>Crystal Vibrations</u>: vibrations of linear chain of atoms with monatomic basis, dispersion relation, chain of atoms with two atoms per primitive basis, acoustic and optical modes, quantization of lattice vibrations, phonons, Planck distribution, density of phonon states, the Debye model of heat capacity. <u>Free Electron Gas</u>: Fermi energy, effect of temperature on the occupation of states, Fermi-Dirac distribution, density of electron states, heat capacity of the electron gas, a macroscopic derivation of electrical conductivity and Ohm's law, free electrons in electromagnetic field, the Hall effect. <u>Electrons in a periodic potential</u>: model of nearly free electrons, energy bands, origin and magnitude of the energy gap, Bloch functions, wave equation of electron in a periodic potential, Kronig-Penney model; metals, semiconductors and insulators. <u>Semiconductors</u>: energy gap, equations of motion of electron in a band, the concept of holes, effective masses, intrinsic and impurity conductivity in semiconductors, rectifying p-n junction.</p> |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| 15.   | <p>Recommended literature</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. C. Kittel, <i>Introduction to Solid State Physics</i>, 7<sup>th</sup> edition, Wiley, 1998.</li> <li>2. H. Ibach, H. Luth, <i>Solid State Physics</i>.</li> </ol>   |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| 16.   | <p>Ways of earning credits for the completion of a course /particular component, methods of assessing academic progress:</p> <p>lecture: <i>oral examination</i>.</p> <p>class: <i>ability of solving by oneself problems illustrating the lecture</i>.</p>   |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| 17.   | <p>Language of instruction</p> <p><i>Polish or English</i></p>  |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| 18.   | <p>Student's workload</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Activity</th> <th style="width: 30%;">Average number of hours for the activity</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hours of instruction (as stipulated in study programme) :</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- lecture:</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td>- classes:</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td>student's own work, e.g.:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- preparation before class (lecture, etc.)</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td>- research outcomes:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- reading set literature:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- writing course report:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- preparing for exam:</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td>Hours</td> <td style="text-align: center;">120</td> </tr> </tbody> </table>  |  | Activity | Average number of hours for the activity | Hours of instruction (as stipulated in study programme) : |  | - lecture: | 30 | - classes: | 30 | student's own work, e.g.: |  | - preparation before class (lecture, etc.) | 30 | - research outcomes: |  | - reading set literature: |  | - writing course report: |  | - preparing for exam: | 30 | Hours | 120 |
| Activity  | Average number of hours for the activity  |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| Hours of instruction (as stipulated in study programme) : |   |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| - lecture:  | 30  |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| - classes:  | 30  |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| student's own work, e.g.:                                 |   |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| - preparation before class (lecture, etc.)                | 30  |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| - research outcomes:                                      |   |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| - reading set literature:                                 |   |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| - writing course report:                                  |   |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| - preparing for exam:                                     | 30  |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |
| Hours   | 120   |  |          |  |   |  |            |    |            |    |                           |  |  |    |                      |  |                           |  |                          |  |                       |    |       |     |

|  |                |   |
|--|----------------|---|
|  | Number of ECTS | 5 |
|--|----------------|---|

\* Key to symbols:

K (before underscore) - learning outcomes for the programme

W - knowledge

U - skills

K (after underscore) - social competences

01, 02, 03 and subsequent - consecutive number of learning outcome