

## KARTA PRZEDMIOTU

|                           |                     |                                                                         |
|---------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Kod przedmiotu            | 0533.6.FIZ2.B/C.FFS |                                                                         |
| Nazwa przedmiotu w języku | polskim             | <i>Fizyka fazy skondensowanej</i><br><i>Physics of condensed matter</i> |
|                           | angielskim          |                                                                         |

## 1. USYTUOWANIE PRZEDMIOTU W SYSTEMIE STUDIÓW

|                                            |                                                              |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1.1. Kierunek studiów                      | Fizyka                                                       |
| 1.2. Forma studiów                         | Stacjonarne                                                  |
| 1.3. Poziom studiów                        | Drugiego stopnia                                             |
| 1.4. Profil studiów*                       | Ogólnoakademicki                                             |
| 1.5. Osoba przygotowująca kartę przedmiotu | prof. dr hab. Marek Pajek, prof. dr hab. Zbigniew Włodarczyk |
| 1.6. Kontakt                               | pajek@ujk.edu.pl; zbigniew.wlodarczyk@ujk.edu.pl             |

## 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                         |                                                                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1. Język wykładowy    | polski                                                                                          |
| 2.2. Wymagania wstępne* | Podstawowa wiedza z zakresu fizyki kwantowej, fizyki atomowej oraz metod matematycznych fizyki. |

## 3. SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                            |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.1. Forma zajęć              | Wykład: 30 h, konwersatorium 30 h                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                            |
| 3.2. Miejsce realizacji zajęć | Zajęcia dydaktyczne w pomieszczeniach UJK                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                            |
| 3.3. Forma zaliczenia zajęć   | Egzamin (W -Wykład), Zaliczenie z oceną (K - Konwersatorium)                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                            |
| 3.4. Metody dydaktyczne       | Wykład: wykład problemowy, analiza i dyskusja wybranych zagadnień z zakresu fizyki fazy skondensowanej.<br>Konwersatorium: rozwiązywanie problemów i zadań z wykorzystaniem wiadomości i metod przedstawionych na wykładzie, analiza i dyskusja rozwiązań. |                                                                                                                            |
| 3.5. Wykaz literatury         | podstawowa                                                                                                                                                                                                                                                 | Ch. Kittel, <i>Wstęp do fizyki ciała stałego</i> , PWN, 2003<br>H. Ibach, H. Lüth, <i>Fizyka ciała stałego</i> , PWN, 1996 |
|                               | uzupełniająca                                                                                                                                                                                                                                              | P.W. Atkins, <i>Chemia fizyczna</i> , PWN, 2003                                                                            |

## 4. CELE, TREŚCI I EFEKTY UCZENIA SIĘ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>4.1. Cele przedmiotu (z uwzględnieniem formy zajęć)</b></p> <p>Wykład, konwersatorium</p> <p>C1- Poznanie atomowej/cząsteczkowej struktury fazy skondensowanej i natury wiązań atomowych</p> <p>C2- Poznanie opisu struktury krystalicznej i jej badania metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego</p> <p>C3- Poznanie opisu dynamiki sieci krystalicznej</p> <p>C4- Poznanie struktury elektronowej ciał stałych oraz podstawowymi zjawiskami związanymi z transportem nośników ładunku.</p> <p>C5- Zapoznanie studentów z podstawowymi właściwościami elektrycznymi, magnetycznymi i optycznymi ciał stałych oraz zjawiskami związanymi z oddziaływaniem promieniowania z kryształami.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>4.2. Treści programowe (z uwzględnieniem formy zajęć)</b></p> <p>Wykład, konwersatorium</p> <p>Struktura atomów: opis kwantowy, orbitale elektronowe, spin elektronu. Struktura cząsteczek: opis wiązania kowalencyjnego, stany wiążące i antywiązące. Wiązanie atomów w kryształach (kowalencyjne, jonowe, metaliczne, van der Waalsa). Elementy krystalografii: sieć punktowa, symetrie, typy sieci krystalicznych (sieci Bravais'ego). Sieci regularne sc, fcc, bcc oraz hcp. Struktura wybranych kryształów: NaCl, CsCl, diamentu (C, Si, Ge), ZnS. Płaszczyzny i kierunki krystalograficzne: wskaźniki Millera. Sieć odwrotna. Dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego na kryształach (warunki dyfrakcji Bragga i Lauego). Czynniki atomowy i strukturalny. Propagacja elektronów w sieci krystalicznej (model jednoelektronowy). Twierdzenie Blocha. Tensor masy efektywnej. Rozpraszanie na nieregularnościach sieci. Struktura pasmowa stanów elektronowych. Pasma energetyczne (izolatory, półprzewodniki, metale). Strefy Brillouina. Statystyka elektronów w kryształach (poziom Fermiego). Kwazicząstki w ciele stałym (pojęcie i własności dziury). Koncentracja nośników. Płytkie i głębokie stany domieszkowe. Drgania sieci krystalicznej: fonony akustyczne i optyczne. Ciepło właściwe sieci, model Einsteina i Debye'a. Elektrony swobodne: gaz Fermiego, ciepło właściwe metali. Własności elektryczne i magnetyczne ciał stałych. Tensor przewodnictwa. Siła termoelektryczna.</p> |

Transport w polu magnetycznym. Efekt Halla. Absorpcja fal elektromagnetycznych przez kryształy. Niesprężyste rozpraszanie fotonów, promieni X i neutronów na fononach.

#### 4.3. Przedmiotowe efekty uczenia się

| Efekt                                       | Student, który zaliczył przedmiot                                                                                                                                                                    | Odniesienie do kierunkowych efektów uczenia się |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| w zakresie <b>WIEDZY</b> :                  |                                                                                                                                                                                                      |                                                 |
| W01                                         | Zna i rozumie atomową i cząsteczkową strukturę materii oraz naturę wiązań atomowych w fazie skondensowanej.                                                                                          | FIZ2A_W01<br>FIZ2A_W02                          |
| W02                                         | Zna i rozumie opis struktury krystalicznej oraz podstawy dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego na kryształach.                                                                                    | FIZ2A_W01<br>FIZ2A_W02                          |
| W03                                         | Zna i rozumie opis dynamiki sieci krystalicznej oraz strukturę elektronową ciał stałych, w tym podstawy opisu stanów elektronowych i struktury pasmowej.                                             | FIZ2A_W01<br>FIZ2A_W02<br>FIZ2A_W05             |
| W04                                         | Zna i rozumie właściwości elektryczne i magnetyczne ciał stałych oraz podstawowe zjawiska transportowe i oddziaływania promieniowania z kryształami.                                                 | FIZ2A_W02<br>FIZ2A_W03                          |
| w zakresie <b>UMIEJĘTNOŚCI</b> :            |                                                                                                                                                                                                      |                                                 |
| U01                                         | Potrafi analizować strukturę krystaliczną ciał stałych oraz rozwiązywać problemy dotyczące geometrii sieci krystalicznej i zjawisk dyfrakcyjnych.                                                    | FIZ2A_U02                                       |
| U02                                         | Potrafi stosować poznane modele i metody do rozwiązywania problemów dotyczących dynamiki sieci krystalicznej oraz struktury elektronowej ciał stałych i analizować wyniki przeprowadzonych obliczeń. | FIZ2A_U02<br>FIZ2A_U03                          |
| U03                                         | Potrafi analizować właściwości elektryczne i magnetyczne ciał stałych oraz wybrane zjawiska transportowe na podstawie poznanych modeli fizycznych.                                                   | FIZ2A_U02<br>FIZ2A_U03                          |
| U04                                         | Potrafi analizować wyniki wybranych eksperymentów i obserwacji dotyczących struktury oraz właściwości ciał stałych i interpretować je w oparciu o poznane modele fizyczne.                           | FIZ2A_U01<br>FIZ2A_U03                          |
| w zakresie <b>KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b> : |                                                                                                                                                                                                      |                                                 |
| K01                                         | Jest gotów do odpowiedzialnego i rzetelnego wykorzystywania wiedzy z zakresu fizyki fazy skondensowanej w analizie problemów fizycznych.                                                             | FIZ2A_K01                                       |
| K02                                         | Jest gotów do systematycznego poszerzania wiedzy z zakresu fizyki fazy skondensowanej oraz krytycznej oceny informacji dotyczących współczesnych zagadnień tej dziedziny.                            | FIZ2A_K02                                       |

#### 4.4. Sposoby weryfikacji osiągnięcia przedmiotowych efektów uczenia się

| Efekty przedmiotowe<br>(symbol) | Sposób weryfikacji (+/-) |   |   |             |   |   |             |   |   |                         |   |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
|---------------------------------|--------------------------|---|---|-------------|---|---|-------------|---|---|-------------------------|---|---|---------------|---|---|-----------------|---|---|---------------------------------------------------|---|---|
|                                 | Egzamin ustny/pisemny*   |   |   | Kolokwium*  |   |   | Projekt*    |   |   | Aktywność na zajęciach* |   |   | Praca własna* |   |   | Praca w grupie* |   |   | Inne (jakie?)* np. test - stosowany w e-learningu |   |   |
|                                 | Forma zajęć              |   |   | Forma zajęć |   |   | Forma zajęć |   |   | Forma zajęć             |   |   | Forma zajęć   |   |   | Forma zajęć     |   |   | Forma zajęć                                       |   |   |
|                                 | W                        | K | L | W           | K | L | W           | K | L | W                       | K | L | W             | K | L | W               | K | L | W                                                 | K | L |
| W01                             | +                        |   |   |             | + |   |             |   |   |                         |   |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
| W02                             | +                        |   |   |             | + |   |             |   |   |                         |   |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
| W03                             | +                        |   |   |             | + |   |             |   |   |                         |   |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
| W04                             | +                        |   |   |             | + |   |             |   |   |                         |   |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
| U01                             | +                        |   |   |             | + |   |             |   |   |                         | + |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
| U02                             | +                        |   |   |             | + |   |             |   |   |                         | + |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
| U03                             | +                        |   |   |             | + |   |             |   |   |                         | + |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
| U04                             | +                        |   |   |             | + |   |             |   |   |                         | + |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
| K01                             |                          |   |   |             |   |   |             |   |   |                         | + |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |
| K02                             |                          |   |   |             |   |   |             |   |   |                         | + |   |               |   |   |                 |   |   |                                                   |   |   |

\*niepotrzebne usunąć

| 4.5. Kryteria oceny stopnia osiągnięcia efektów uczenia się |       |                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Forma zajęć                                                 | Ocena | Kryterium oceny                                                                    |
| wykład (W)                                                  | 3     | co najmniej 50% i nie więcej niż 60% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania |
|                                                             | 3,5   | ponad 60% i nie więcej niż 70% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                                             | 4     | ponad 70% i nie więcej niż 80% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                                             | 4,5   | ponad 80% i nie więcej niż 90% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                                             | 5     | ponad 90% liczby punktów możliwych do uzyskania                                    |
| konwersatorium (K)                                          | 3     | co najmniej 50% i nie więcej niż 60% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania |
|                                                             | 3,5   | ponad 60% i nie więcej niż 70% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                                             | 4     | ponad 70% i nie więcej niż 80% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                                             | 4,5   | ponad 80% i nie więcej niż 90% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                                             | 5     | ponad 90% liczby punktów możliwych do uzyskania                                    |

## 5. BILANS PUNKTÓW ECTS – NAKŁAD PRACY STUDENTA

| Kategoria                                                                                     | Obciążenie studenta |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                                                                               | Studia stacjonarne  | Studia niestacjonarne |
| <i>LICZBA GODZIN REALIZOWANYCH PRZY BEZPOŚREDNIM UDZIALE NAUCZYCIELA /GODZINY KONTAKTOWE/</i> | <b>60</b>           |                       |
| <i>Udział w wykładach</i>                                                                     | 30                  |                       |
| <i>Udział w konwersatoriach</i>                                                               | 30                  |                       |
| <i>SAMODZIELNA PRACA STUDENTA /GODZINY NIEKONTAKTOWE/</i>                                     | <b>40</b>           |                       |
| <i>Przygotowanie do wykładu</i>                                                               | 10                  |                       |
| <i>Przygotowanie do konwersatoriów</i>                                                        | 30                  |                       |
| <b>ŁĄCZNA LICZBA GODZIN</b>                                                                   | <b>100</b>          |                       |
| <b>PUNKTY ECTS za przedmiot</b>                                                               | <b>4</b>            |                       |

*\*niepotrzebne usunąć*

**Przyjmuję do realizacji** (data i czytelne podpisy osób prowadzących przedmiot w danym roku akademickim)

.....