**Nazwa przedmiotu:**

Wstęp do fizyki ciała stałego

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. Jerzy Garbarczyk, profesor, jerzy.garbarczyk@pw.edu.pl

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Fizyka Techniczna

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1050-FT000-ISP-5WFC

**Semestr nominalny:**

5 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1. godziny kontaktowe – 50 h; w tym
 a) obecność na wykładach – 30 h
 b) obecność na ćwiczeniach/laboratoriach – 15 h
 c) obecność na egzaminie – 3 h
 d) uczestniczenie w konsultacjach – 2 h
2. praca własna studenta – 40 h; w tym
 a) przygotowanie do ćwiczeń i do kolokwiów – 15 h
 b) zapoznanie się z literaturą – 5 h
 c) przygotowanie do egzaminu – 20 h
Razem w semestrze 90 h, co odpowiada 4 pkt. ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1. obecność na wykładach – 30 h
2. obecność na ćwiczeniach – 15 h
3. obecność na egzaminie – 3 h
4. uczestniczenie w konsultacjach – 2 h
Razem w semestrze 50 h, co odpowiada 2 pkt. ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1. przygotowanie projektów (prac domowych)– 15
Razem w semestrze 15 h, co odpowiada 1 pkt. ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawy fizyki, mechanika kwantowa

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie studenta z podstawami fizyki ciała stałego, z akcentem na wiązania międzyatomowe, strukturę krystaliczną, strukturę pasmową, właściwości elektryczne oraz drgania sieci krystalicznej.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
1. Powstawanie i ogólna klasyfikacja ciał stałych
1.1. Klasyfikacja ciał stałych. Ciała krystaliczne i amorficzne
1.2. Podstawowe metody otrzymywania ciał stałych (z fazy gazowej, ciekłej i stałej)
2. Wiązania w ciałach stałych i ich wpływ na właściwości fizyczne ciał
2.1. Wiązanie jonowe
 2.2. Wiązanie metaliczne
 2.3. Wiązanie van der Waalsa
 2.4. Wiązanie kowalencyjne
 2.5. Wiązanie wodorowe

3. Krystaliczne ciała stałe
3.1. Sieć Bravais’go a sieć krystaliczna
3.2. Symetrie w kryształach, grupy punktowe i przestrzenne
3.3. Układy krystalograficzne
3.4. Typowe struktury krystaliczne
3.5. Alotropia i polimorfizm w ciałach stałych
3.6. Sieć odrotna, strefy Brillouina
4. Elektrony w kryształach
4.1. Przybliżenia: adiabatyczne, jednoelektronowe i harmoniczne
4.2. Funkcje Blocha
4.3. Struktura pasmowa kryształów (przedstawienie w przestrzeni prostej i przestrzeni odwrotnej)
4.4. Dynamika elektronów w krysztale. Masa efektywna
4.5. Funkcja Fermiego-Diraca metali i pórzewodników
4.6. Struktura pasmowa: metali, półprzewodników i izolatorów i jej wpływ na właściwości fizyczne ciał stałych
5. Drgania sieci krystalicznej
5.1. Klasyczny opis drgań sieci
5.2. Wstęp do opisu kwantowego, fonony, funkcja Bose-Einsteina

Ćwiczenia:
1. Analiza termiczna ciał stałych
2. Wiązania w ciałach stałych
3. Krystalografia – współczynniki wypełnienia
4. Krystalografia – wskaźniki Millera, wizualizacje
5. Sieci odwrotne
6. Dyfrakcja rentgenowska w kryształach i jej znaczenie
7. Struktura pasmowa – model Kroeniga-Penney’a
8. Mechanika kwantowa struktur niskowymiarowych
9. Transport ładunku elektrycznego w ciałach stałych
10. Drgania 1-wymiarowej sieci krystalicznej
11. Model Debye’a ciepła właściwego
12. Półprzewodniki i nadprzewodniki - przykłady

**Metody oceny:**

Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest zdanie egzaminu
oraz zaliczenie ćwiczeń rachunkowych.
Ocena końcowa jest średnią ważoną z egzaminu (60%) i ćwiczeń rachunkowych (40%).

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. J. Garbarczyk, Wstęp do fizyki ciała stałego, OW PW, 2000.
2. W. Bogusz, Elementy fizyki ciała stałego, OW PW, 2016.
3. Ch. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN, 1999.
4. J.R. Christman, Fundamentals of Solid State Physics, J.Wiley

**Witryna www przedmiotu:**

http://www.if.pw.edu.pl/~garbar, USOS

**Uwagi:**

-

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt WdFCS\_W01:**

posiada wiedzę dotyczącą struktury krystalicznej oraz wiązań w ciałach stałych, wie co to jest struktura pasmowa i jaki jest jej związek z właściwościami ciał stałych, rozumie różnice właściwości fizycznych metali, półprzewodników i izolatorów, rozumie wpływ jaki na właściwości ciał stałych mają drgania sieci

Weryfikacja:

egzamin oraz projekty

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT1\_W02, FT1\_W03

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_W01, T1A\_W01, T1A\_W03, X1A\_W01, T1A\_W02

**Efekt WdFCS\_W02:**

zna i rozumie podstawowe metody eksperymentalne stosowane w badaniu struktury krystalicznej ciał stałych ich stabilności termicznej oraz przewodnictwa elektrycznego

Weryfikacja:

egzamin oraz projekty

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT1\_W06, FT1\_W07

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_W01, X1A\_W02, T1A\_W07, X1A\_W02, X1A\_W03, T1A\_W02

**Efekt WdFCS\_W03:**

ma wiedzę o tendencjach rozwojowych i najistotniejszych osiągnięciach z zakresu współczesnej fizyki ciała stałego

Weryfikacja:

egzamin oraz projekty

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT1\_W15

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_W01, T1A\_W05

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt WdFCS\_U01:**

potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych, specyfikacji technicznych oraz innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje i dokonywać interpretacji elementarnych termogramów DTA, dyfraktogramów XRD, krzywych ładowania baterii litowych oraz wykresów Arrheniusa

Weryfikacja:

projekty

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT1\_U01

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_U01, X1A\_U07, T1A\_U01

**Efekt WdFCS\_U02:**

potrafi zastosować średnio zaawansowany aparat matematyczny do opisu różnych procesów fizycznych w ciałach stałych

Weryfikacja:

projekty,egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT1\_U03

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_U01, X1A\_U02, T1A\_U02, T1A\_U07, InzA\_U02, InzA\_U07

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt WdFCS\_K01:**

ma świadomość, że fizyka ciała stałego jest podstawą działania współczesnych urządzeń elektronicznych optoelektronicznych oraz źródeł energii elektrycznej, zdaje sobie sprawę jaki wpływ na rozwój cywilizacji mają nowe technologie materiałowe (w tym nanotechnologie)

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT1\_K02

**Powiązane efekty obszarowe:** X1A\_K04, T1A\_K02