

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2012/2013

Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki

Kierunek studiów: Fizyka techniczna

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: FT

Stopień studiów: I

Specjalności: Fizyka fazy skondensowanej

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Fizyka półprzewodników
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	
KOD PRZEDMIOTU	WFMiI FT oIS D1 12/13
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty specjalnościowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	10.00
SEMESTRY	5 6

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	SEMINARIUM	PROJEKT
5	30	15	0	0	0	0
6	30	15	0	0	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Zapoznanie studentów z elektronową teorią przewodnictwa, prawem Ohma, klasyfikacją materiałów według wartości przewodnictwa, pojęciemn dziury, strukturą pasmową przewodnika, półprzewodnika i izolatora.

- Cel 2** Zapoznanie studentów z siecią krystaliczną i siecią odwrotną, przybliżeniem adiabatycznym i przybliżeniem jednoelektronowym, kwazi-pędem oraz przybliżeniem elektronu kwaziswobodnego i silnie związanego.
- Cel 3** Zapoznanie studentów z pojęciem prędkości i przyspieszenia w zewnętrznym polu elektrycznym, pojęciem masy efektywnej nośników ładunku oraz pojęciem powierzchni izoenergetycznej.
- Cel 4** Zapoznanie studentów ze strukturą pasmową wybranych półprzewodników.
- Cel 5** Zapoznanie studentów ze statystyką elektronów i dziur w półprzewodnikach, funkcją rozkładu Fermiego-Diraca, równaniem neutralności elektrycznej kryształu oraz wzorami na koncentrację elektronów i dziur w półprzewodnikach samoistnych i domieszkowych.
- Cel 6** Zapoznanie studentów ze zjawiskami kinetycznymi w półprzewodnikach, pojęciem czasu relaksacji, mechanizmami rozpraszania nośników ładunku, zjawiskiem Halla, magnetooporem, zjawiskiem termoelektrycznym, poziomami Landaua oraz za zjawiskiem Szubnikowa-de Haasa.
- Cel 7** Zapoznanie studentów ze zjawiskami stykowymi w półprzewodnikach, pojęciem półprzewodnika niejednorodnego, złączem p-n, tranzystorem oraz niskowymiarowymi strukturami półprzewodnikowymi.
- Cel 8** Zapoznanie studentów z właściwościami optycznymi półprzewodników, mechanizmami absorpcji światła, fotoprzewodnictwem i zjawiskiem fotowoltaicznym.
- Cel 9** Nabycie umiejętności stosowania wybranych metod obliczeniowych używanych w fizyce półprzewodników oraz umiejętności przygotowania projektu dotyczącego wizualizacji danych doświadczalnych, analizy tych danych i modelowania wybranych właściwości półprzewodnikowych.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Zaliczenie podstawowego kursu fizyki

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

- EK1 Wiedza** Student opisuje elektronową teorię przewodnictwa, prawo Ohma, klasyfikację materiałów według wartości przewodnictwa, pojęcie dziury, strukturę pasmową przewodnika. półprzewodnika i izolatora.
- EK2 Wiedza** Student opisuje sieć krystaliczną i sieć odwrotną, przybliżenie adiabatyczne i przybliżenie jednoelektronowe, kwazi-pęd oraz przybliżenie elektronu kwaziswobodnego i silnie związanego.
- EK3 Wiedza** Student opisuje prędkość i przyspieszenie w zewnętrznym polu elektrycznym, pojęcie masy efektywnej nośników ładunku oraz powierzchnie izoenergetyczne.
- EK4 Wiedza** Student opisuje strukturę pasmową wybranych półprzewodników.
- EK5 Wiedza** : Student opisuje statystykę elektronów i dziur w półprzewodnikach, funkcję rozkładu Fermiego-Diraca i poziom Fermiego, równanie neutralności elektrycznej kryształu, koncentrację elektronów i dziur w półprzewodnikach samoistnych i domieszkowych.
- EK6 Wiedza** Student opisuje zjawiska kinetyczne w półprzewodnikach, czas relaksacji, mechanizmy rozpraszania nośników ładunku, Zjawisko Halla, magnetoopór, zjawisko termoelektryczne poziomy Landaua, zjawisko Szubnikowa-de Haasa.
- EK7 Wiedza** Student opisuje zjawiska stykowe w półprzewodnikach, półprzewodnik niejednorodny, złącze p-n, tranzystor oraz niskowymiarowe struktury półprzewodnikowe.
- EK8 Wiedza** Student opisuje właściwości optyczne półprzewodników, mechanizmy absorpcji światła fotoprzewodnictwo i zjawisko fotowoltaiczne.
- EK9 Umiejętności** Student jest w stanie opanować i zastosować wybrane metody obliczeniowe używane w fizyce półprzewodników oraz potrafi przygotować projekt dotyczący wizualizacji danych doświadczalnych, analizy tych danych i modelowania wybranych właściwości półprzewodnikowych.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	1.Elektronowa teoria przewodnictwa, prawo Ohma. Klasyfikacja materiałów według wartości przewodnictwa (metal-półprzewodnik-izolator), mechanizm przewodnictwa w półprzewodnikach, pojęcie dziury.	4
W2	Elementy teorii pasmowej ciał stałych, struktura pasmowa przewodnika. półprzewodnika i izolatora.	4
W3	Sieć krystaliczna i sieć odwrotna, równanie Schrödingera dla kryształu, przybliżenie adiabaticzne.	4
W4	Przybliżenie jednoelektronowe, funkcja falowa elektronu w polu periodycznym.	4
W5	Kwazi-pęd, jego własności i dozwolone wartości, warunki Borna-Karmana, widmo energii elektronu w polu periodycznym.	4
W6	Przybliżenie elektronu kwaziswobodnego i silnie związanego, gęstość stanów w paśmie energetycznym, strefy Brillouina.	4
W7	Wpływ pola elektrycznego na pasma energetyczne, prędkość i przyspieszenie w zewnętrznym polu elektrycznym.	3
W8	Masa efektywna nośników ładunku, powierzchnie izoenergetyczne.	3
W9	Struktura pasmowa Si i GaAs; model Kanea dla półprzewodników grupy III-V (InSb) i II-VI (HgTe) z wąską przerwą energetyczną.	4
W10	Statystyka elektronów i dziur w półprzewodnikach, funkcja rozkładu Fermiego-Diraca, poziom Fermiego.	4
W11	Równanie neutralności elektrycznej kryształu, koncentracja elektronów i dziur w półprzewodnikach samoistnych i domieszkowych.	4
W12	Zjawiska kinetyczne w półprzewodnikach; równanie kinetyczne Boltzmanna, czas relaksacji. Mechanizmy rozpraszania nośników ładunku.	4
W13	Zjawisko Halla, magnetoopór, zjawisko termoelektryczne. Wpływ pola magnetycznego na widmo energii elektronu - poziomy Landaua, gęstość stanów, zjawisko Szubnikowa-de Haasa.	4
W14	Zjawiska stykowe w półprzewodnikach, półprzewodnik niejednorodny, złącze p-n, tranzystor, niskowymiarowe struktury półprzewodnikowe.	4
W15	Właściwości optyczne półprzewodników: mechanizmy absorpcji światła (absorpcja podstawowa, wewnątrzpasmowa, ekscytonowa). Fotoprzewodnictwo, zjawisko fotowoltaiczne.	6

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Uzupełnienie i poszerzenie materiału wykładowego poprzez praktyczne opanowanie metod obliczeniowych stosowanych w fizyce półprzewodników, analiza różnorodnych danych doświadczalnych i modelowanie właściwości półprzewodników w oparciu o odpowiednie programy graficzne i obliczeniowe.	30

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Prezentacje multimedialne

N3 Dyskusja

N4 Konsultacje

N5 Zadania tablicowe

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	0
Konsultacje przedmiotowe	0
Egzaminy i zaliczenia w sesji	0
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	210
Opracowanie wyników	0
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	0
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	210
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	10.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Zadanie tablicowe

F2 Projekt indywidualny**OCENA PODSUMOWUJĄCA****P1** Egzamin pisemny**KRYTERIA OCENY**

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna prawa, pojęcia dziury i struktury pasmowej przewodnika, półprzewodnika i izolatora.
NA OCENĘ 3.0	Student zna prawo Ohma, pojęcie dziury, strukturę pasmową przewodnika, półprzewodnika i izolatora.
NA OCENĘ 3.5	) Student zna prawo Ohma, pojęcie dziury, strukturę pasmową przewodnika, półprzewodnika i izolatora oraz w miarę potrafi opisać elektronową teorię przewodnictwa.
NA OCENĘ 4.0	Student zna prawo Ohma, pojęcie dziury, strukturę pasmową przewodnika, półprzewodnika i izolatora oraz dobrze potrafi opisać elektronową teorię przewodnictwa.
NA OCENĘ 4.5	Student zna prawo Ohma, pojęcie dziury jako kwazicząstki, strukturę pasmową przewodnika, półprzewodnika i izolatora oraz dobrze potrafi opisać elektronową teorię przewodnictwa.
NA OCENĘ 5.0	Student zna prawo Ohma, pojęcie dziury jako kwazicząstki, strukturę pasmową przewodnika, półprzewodnika i izolatora oraz bardzo dobrze potrafi opisać elektronową teorię przewodnictwa.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi opisać sieci krystalicznej i przybliżenia jednoelektrodowego.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi w miarę opisać sieć krystaliczną i przybliżenie jednoelektrodowe
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi dobrze opisać sieć krystaliczną i przybliżenie jednoelektrodowe.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi dobrze opisać sieć krystaliczną i sieć odwrotną oraz przybliżenie jednoelektrodowe.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi dobrze opisać sieć krystaliczną i sieć odwrotną, przybliżenie jednoelektrodowe oraz przybliżenie elektronu kwaziswobodnego i silnie związanego.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi dobrze opisać sieć krystaliczną i sieć odwrotną, przybliżenie adiabatyczne i przybliżenie jednoelektronowe, kwazi-pęd oraz przybliżenie elektronu kwaziswobodnego i silnie związanego.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi opisać pojęcia masy efektywnej nośników ładunku.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi w miarę opisać pojęcie masy efektywnej nośników ładunku.

NA OCENĘ 3.5	Student potrafi dobrze opisać pojęcie masy efektywnej nośników ładunku.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi dobrze opisać prędkość i przyspieszenie w zewnętrznym polu elektrycznym oraz pojęcie masy efektywnej nośników ładunku.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi dobrze opisać prędkość i przyspieszenie w zewnętrznym polu elektrycznym, pojęcie masy efektywnej nośników ładunku oraz powierzchnie izoenergetyczne.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi bardzo dobrze opisać prędkość i przyspieszenie w zewnętrznym polu elektrycznym, pojęcie masy efektywnej nośników ładunku oraz powierzchnie izoenergetyczne.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi opisać struktury pasmowej żadnego półprzewodnika
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi w miarę opisać strukturę pasmową jednego z półprzewodników.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi dobrze opisać strukturę pasmową jednego z półprzewodników.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi dobrze opisać strukturę pasmową dwóch wybranych półprzewodników.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi dobrze opisać strukturę pasmową trzech wybranych półprzewodników
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi bardzo dobrze opisać strukturę pasmową trzech lub więcej wybranych półprzewodników.
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna funkcji rozkładu Fermiego-Diraca.
NA OCENĘ 3.0	Student zna funkcję rozkładu Fermiego-Diraca.
NA OCENĘ 3.5	) Student zna funkcję rozkładu Fermiego-Diraca oraz równanie neutralności elektrycznej kryształu.
NA OCENĘ 4.0	Student zna funkcję rozkładu Fermiego-Diraca i pojęcie poziomu Fermiego oraz równanie neutralności elektrycznej kryształu.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi dobrze opisać statystykę elektronów i dziur w półprzewodnikach, funkcję rozkładu Fermiego-Diraca i poziom Fermiego, równanie neutralności elektrycznej kryształu oraz koncentrację elektronów i dziur w półprzewodnikach samoistnych i domieszkowych.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi bardzo dobrze opisać statystykę elektronów i dziur w półprzewodnikach, funkcję rozkładu Fermiego-Diraca i poziom Fermiego, równanie neutralności elektrycznej kryształu oraz koncentrację elektronów i dziur w półprzewodnikach samoistnych i domieszkowych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna pojęcia czasu relaksacji i nie potrafi opisać zjawiska Halla.

NA OCENĘ 3.0	Student potrafi w miarę opisać pojęcie czasu relaksacji i zjawisko Halla.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi dobrze opisać pojęcie czasu relaksacji i zjawisko Halla
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi dobrze opisać pojęcie czasu relaksacji, mechanizmy rozpraszania nośników ładunku i zjawisko Halla.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi dobrze opisać pojęcie czasu relaksacji, mechanizmy rozpraszania nośników ładunku, zjawisko Halla i zjawisko termoelektryczne.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi dobrze opisać pojęcie czasu relaksacji, mechanizmy rozpraszania nośników ładunku, zjawisko Halla, zjawisko termoelektryczne i zjawisko Szubnikowa-de Haasa.
EFEKT KSZTAŁCENIA 7	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi opisać zjawiska stykowego w półprzewodnikach.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi w miarę opisać zjawiska stykowe w półprzewodnikach.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi dobrze opisać zjawiska stykowe w półprzewodnikach.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi dobrze opisać zjawiska stykowe w półprzewodnikach i złącze p-n.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi dobrze opisać zjawiska stykowe w półprzewodnikach, złącze p-n i tranzystor.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi dobrze opisać opisuje zjawiska stykowe w półprzewodnikach, złącze p-n, tranzystor oraz podać przykład niskowymiarowej struktury półprzewodnikowej.
EFEKT KSZTAŁCENIA 8	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi opisać przynajmniej jednego z mechanizmów absorpcji światła w półprzewodnikach.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi w miarę opisać przynajmniej jeden z mechanizmów absorpcji światła w półprzewodnikach
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi dobrze opisać dwa mechanizmy absorpcji światła w półprzewodnikach
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi dobrze opisać trzy mechanizmy absorpcji światła światła w półprzewodnikach
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi dobrze opisać trzy mechanizmy absorpcji światła światła w półprzewodnikach i zjawisko fotoprzewodnictwa lub zjawisko fotowoltaiczne.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi dobrze opisać trzy mechanizmy absorpcji światła światła w półprzewodnikach, zjawisko fotoprzewodnictwa i zjawisko fotowoltaiczne.
EFEKT KSZTAŁCENIA 9	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi opanować i zastosować wybranych metod obliczeniowych używanych w fizyce półprzewodników oraz nie potrafi przygotować projektu nt. jednej z wybranych właściwości półprzewodnikowych.

NA OCENĘ 3.0	Student potrafi opanować i zastosować wybrane metody obliczeniowe używane w fizyce półprzewodników oraz potrafi przygotować prosty projekt nt. jednej z wybranych właściwości półprzewodnikowych.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi opanować i zastosować wybrane metody obliczeniowe używane w fizyce półprzewodników oraz potrafi przygotować projekt nt. jednej z wybranych właściwości półprzewodnikowych.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi opanować i zastosować wybrane metody obliczeniowe używane w fizyce półprzewodników oraz potrafi przygotować interesujący projekt nt. jednej z wybranych właściwości półprzewodnikowych.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi opanować i zastosować wybrane metody obliczeniowe używane w fizyce półprzewodników oraz potrafi przygotować bardzo interesujący projekt nt. jednej z wybranych właściwości półprzewodnikowych.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi opanować i zastosować wybrane metody obliczeniowe używane w fizyce półprzewodników oraz potrafi przygotować bardzo interesujący projekt nt. jednej z wybranych właściwości półprzewodnikowych. Student potrafi przekonująco uzasadnić metodykę zastosowaną w swoim projekcie

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W05	Cel 1	W1 W2	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK2	K_W05	Cel 2	W3 W4 W5 W6	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK3	K_W05	Cel 3	W7 W8	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK4	K_W05	Cel 4	W9	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK5	K_W05	Cel 5	W10 W11	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK6	K_W05	Cel 6	W12 W13	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK7	K_W05	Cel 7	W14	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK8	K_W05	Cel 8	W15	N1 N2 N3 N4	F2 P1
EK9	K_U01, K_U07	Cel 9	C1	N4 N5	F1 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | P.S. Kiriejew — *Fizyka półprzewodników*, Warszawa, 1969, PWN
- [2] | K.W. Szalimowa — *Fizyka półprzewodników*, Warszawa, 1974, PWN
- [3] | H.W. Wolf — *Półprzewodniki*, Warszawa, 1975, WN-T

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | I.M. Cydilkowski — *Elektrony i dziury w półprzewodnikach*, Warszawa, 1976, PWN
- [2] | Z. Kleszczewski — *Podstawy fizyczne elektroniki ciała stałego*, Gliwice, 2000, Wyd. Pol. Śl
- [3] | J. Misiewicz, P. Podemski — *Optyka struktur półprzewodnikowych*, Wrocław, 2008, Of. Wyd. Pol. Wroc.

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

prof. dr hab. Jan Cisowski (kontakt: Jan.Cisowski@if.pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)