



AGH AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Fizyka ciała stałego				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	NIMN-1-406-s	Punkty ECTS:	4
Wydział:	Metali Nieżelaznych				
Kierunek:	Inżynieria Metali Nieżelaznych	Specjalność:	—		
Poziom studiów:	Studia I stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	4
Strona www:	http://home.agh.edu.pl/~kakol/				
Prowadzący moduł:	prof. dr hab. inż. Kąkol Zbigniew (kakol@agh.edu.pl)				

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kurs przedstawia zwięzły opis podstawowych elementów fizyki ciała stałego w układzie: atomy, wiązania chemiczne, struktura krystaliczna, dynamika sieci, właściwości elektronowe.

Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Student posiada wiedzę o najważniejszych własnościach atomowych ciał stałych: strukturze i dynamice sieci krystalicznej, oraz wynikających właściwościach cieplnych i elektronowych	IMN1A_W01	Egzamin
M_W002	Student posiada wiedzę o teorii pasmowej oraz jej zastosowaniu do opisu metali i półprzewodników	IMN1A_W01	Egzamin
M_W003	Student zna relację między teoretycznym opisem zjawiska i wykonywanym eksperymentem	IMN1A_W01	Egzamin
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student potrafi wyjaśnić zasadę działania aparatury pomiarowej i wykonać pomiar laboratoryjny	IMN1A_U01	Egzamin

M_U002	Student potrafi opracować wyniki pomiaru oraz napisać sprawozdanie	IMN1A_U01	Egzamin
--------	--	-----------	---------

Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
60	30	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0

Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Student posiada wiedzę o najważniejszych własnościach atomowych ciał stałych: strukturze i dynamice sieci krystalicznej, oraz wynikających właściwościach cieplnych i elektronowych	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student posiada wiedzę o teorii pasmowej oraz jej zastosowaniu do opisu metali i półprzewodników	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Student zna relację między teoretycznym opisem zjawiska i wykonywanym eksperymentem	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student potrafi wyjaśnić zasadę działania aparatury pomiarowej i wykonać pomiar laboratoryjny	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi opracować wyniki pomiaru oraz napisać sprawozdanie	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	60 godz
Przygotowanie do zajęć	20 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	20 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	117 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

Pozostałe informacje**Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)****Wykład**

1. Wprowadzenie
 - Korpuskularny charakter promieniowania
 - Model atomu wodoru
 - Falowe własności materii, fale materii
2. Elementy mechaniki kwantowej
 - Funkcja falowa, Równanie Schroedingera i przykłady rozwiązań, zasada nieoznaczoności
 - Kwantowo-mechaniczny opis atomu wodoru, spin elektronu, zasada Pauliego, atomy wieloelektronowe
3. Budowa ciał stałych
 - Wiązania w ciałach stałych
 - (przypomnienie) Sieć przestrzenna, struktura kryształów, komórka elementarna, płaszczyzny sieci
 - Otrzymywanie monokryształów
4. Badanie struktury krystalicznej – dyfrakcja promieni X na kryształach
 - Promieniowanie X, widma X
 - Dyfrakcja Bragga, opis dyfrakcji Lauego
 - Sieć odwrotna
 - Dyfrakcja na kryształach w przestrzeni odwrotnej
 - Metody mikroskopowe i metody dyfrakcyjne, zastosowanie X do badania składu (spektroskopia fluorescencji rentgenowskiej XRF, mikrosonda, synchrotron)
5. Własności cieplne ciał stałych – dynamika kryształu
 - Drgania cieplne atomów w jednowymiarowej sieci krystalicznej
 - Wektor k , strefa Brillouina
 - Dynamika rzeczywistego kryształu 3D
 - Mody drgań, fonony
 - Ciepło właściwe – model klasyczny, reguła Dulonga-Petita

- Ciepło właściwe kryształu, model Einsteina, model Debye'a
- Przewodnictwo cieplne sieci
- Rozszerzalność cieplna sieci
- 6. Własności elektronowe metali
- Model klasyczny – teoria Drudego
- Gaz elektronów swobodnych
- Prawo Ohma, przewodnictwo elektryczne, efekt Halla
- Własności optyczne metali, prawo Wiedemana-Franza
- 7. Własności elektronowe metali – opis kwantowo-mechaniczny
- Przybliżenie 1-elektronowe
- Poziomy energetyczne w ciałach stałych, pasma energetyczne
- Model elektronów swobodnych, energia Fermiego, prędkość Fermiego
- Gęstość stanów elektronowych
- Rozkład Fermiego-Diraca, zapełnianie stanów dla $T > 0$
- Ciepło właściwe i przewodnictwo cieplne elektronów swobodnych
- Potencjał periodyczny, funkcje Blocha, strefa Brillouina
- Obliczanie struktury pasmowej, struktura pasmowa metali – przykłady
- Zapełnianie stanów/pasm przez elektrony (metale, izolatory, półprzewodniki)
- Badanie struktury elektronowej kryształów – ARPES (angle-resolved photoemission)
- 8. Fizyka półprzewodników
- Przegląd półprzewodników: półprzewodniki samoistne i domieszkowane
- Struktura pasmowa półprzewodników, obsadzanie pasm, zależność ruchliwości i oporu od temperatury
- Zastosowania półprzewodników: złącze p-n, fotodioda, laser, termistor, tranzystor
- 9. Nadprzewodnictwo
- Materiały nadprzewodzące, zastosowania
- Dlaczego nadprzewodnik jest nadprzewodzący – zarys teorii
- 10. Nowe materiały we współczesnej technice (wybrane zagadnienia)
- Cienkie warstwy, metody otrzymywania, zastosowania
- Nanomateriały, zastosowania
- Izolatory topologiczne

Ćwiczenia laboratoryjne

Ćwiczenia prowadzone są w pracowni Laboratorium Fizyki Ciała Stałego WFilS. Studenci pracują w zespołach dwu lub trzyosobowych (maksymalnie 15 studentów w grupie). Każdy ze studentów jest niezależnie oceniany z przygotowania teoretycznego do zajęć oraz zaangażowania w przeprowadzenie pomiarów. Każdy zespół przygotowuje jedno (wspólne) sprawozdanie, które jest następnie oceniane przez prowadzącego. Każdy z członków zespołu referuje niezależnie sposób przygotowania sprawozdania. Przy wystawianiu oceny bierze się pod uwagę przygotowanie teoretyczne do ćwiczeń, zaangażowanie w ich wykonanie oraz jakość sprawozdań.

Program ćwiczeń

Zajęcia wprowadzające (2 godz.)

Wykonanie sześciu ćwiczeń obowiązkowych (5 × 5 godzin):

1. Spektroskopia fluorescencji rentgenowskiej;
2. Wyznaczanie ciepła właściwego;
3. Przewodnictwo cieplne;
4. Badanie oporu w funkcji temperatury (metale, półprzewodniki);
5. Przerwa energetyczna w pomiarach optycznych;
6. Charakterystyka elektromagnesu i efekt Halla.

Zajęcia zaliczeniowe przeznaczone na dokończenie ćwiczeń oraz ocenę sprawozdań

zaległych i wystawienie oceny końcowej (3 godz.)

Metody i techniki kształcenia:

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia laboratoryjne: W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci samodzielnie rozwiązują zadany problem praktyczny, dobierając odpowiednie narzędzia. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:

Zasady zaliczania ćwiczeń laboratoryjnych: podstawowym terminem uzyskania zaliczenia jest koniec zajęć w danym semestrze. Student może dwukrotnie przystąpić do poprawkowego zaliczania.

Zaliczenie laboratorium wymaga zaliczenia wszystkich ćwiczeń podanych w treści modułu i kolokwium końcowego. Warunkiem uzyskania zaliczenia z pojedynczego ćwiczenia jest: uzyskanie pozytywnej oceny z przygotowania teoretycznego, poprawnie wykonane pomiary, zaliczone sprawozdanie z opracowaniem wyników.

Warunkiem przystąpienia do egzaminu jest uzyskanie zaliczenia z laboratorium.

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu.

Sposób obliczania oceny końcowej

Oceny z ćwiczeń laboratoryjnych oraz z egzaminu obliczane są następująco: procent uzyskanych punktów przeliczany jest na ocenę zgodnie z Regulaminem Studiów AGH.

Ocena końcowa (OK) jest średnią arytmetyczną z ocen z egzaminu (średniej z ocen ze wszystkich terminów egzaminów) i laboratorium.
(wynik egzaminu jest decydujący w przypadku koniecznego zaokrąglenia oceny).

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na ćwiczenia laboratoryjne: Pod koniec semestru przewidziany jest dodatkowy termin ćwiczeń (ogłaszany wcześniej przez prowadzących), w którym można wykonać pomiary, których student z przyczyn losowych nie mógł wykonać w pierwotnym terminie. Studenci mogą wówczas odrabiać ćwiczenia po uprzednim uzyskaniu zgody prowadzącego zajęcia w jego grupie oraz odpowiedzi z części teoretycznej, potwierdzonej wpisem do protokołu.

Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów

• Znajomość rachunku różniczkowego i całkowego w zakresie podstawowym

- Znajomość fizyki ogólnej
- Znajomość podstaw opracowywania danych

Zalecana literatura i pomoce naukowe

- Kittel C., Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN Warszawa 1999
- Ibach H., Lüth H., Fizyka ciała stałego, PWN Warszawa 1996
opracowania internetowego
- Zięba A. & Kosturek R., Teoria pasmowa, opracowanie internetowe na portalu OEN AGH
- K. Krop (red.), Fizyka Ciała Stałego. Laboratorium, Skrypt Uczelniany AGH nr 900.
- A. Oleś, Metody doświadczalne fizyki ciała stałego, WNT Warszawa 1998

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

Publikacje naukowe prowadzącego wykłady:

https://www.researchgate.net/profile/Zbigniew_Kakol

<https://orcid.org/0000-0002-5978-8627>

Informacje dodatkowe

Brak