



## Struktura elektronowa fazy skondensowanej

### Karta opisu przedmiotu

#### Informacje podstawowe

<b>Kierunek studiów</b> Mikro- i Nanotechnologie w Biofizyce	<b>Cykl dydaktyczny</b> 2021/2022
<b>Specjalność</b> -	<b>Kod przedmiotu</b> JMNBS.li20K.40896c801783c97caa6aadb15fed93e5.21
<b>Jednostka organizacyjna</b> Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej	<b>Języki wykładowe</b> polski
<b>Poziom kształcenia</b> Studia inżynierskie I stopnia	<b>Obligatoryjność</b> Obowiązkowy
<b>Forma studiów</b> Stacjonarne	<b>Blok zajęciowy</b> Przedmioty kierunkowe
<b>Profil studiów</b> Ogólnoakademicki	<b>Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi</b> Tak
<b>Koordinator przedmiotu</b>	Janusz Toboła
<b>Prowadzący zajęcia</b>	Janusz Toboła

<b>Okres</b> Semestr 6	<b>Forma zaliczenia</b> Egzamin	<b>Liczba punktów ECTS</b> 4
	<b>Forma prowadzenia i godziny zajęć</b> Wykład: 30 Ćwiczenia audytoryjne: 15	

#### Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Celem jest zapoznanie studentów z własnościami elektronowymi materii skondensowanej, które można zrozumieć jako wynik istnienia elektronów i ich oddziaływania ze strukturą atomową materiałów.
----	---

## Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
<b>Wiedzy - Student zna i rozumie:</b>			
W1	Student posiada wiedzę o zastosowaniu tych modeli do zrozumienia własności fizycznych (np. magnetyzm, nadprzewodnictwo, termoelektryczność) metali i półprzewodników oraz znaczenie tych własności dla zastosowań tego typu materiałów.	MNB1A_W01, MNB1A_W02, MNB1A_W06	Egzamin
W2	Student posiada wiedzę o modelach teoretycznych, prostych (elektronów swobodnych) oraz złożonych (funkcjonału gęstości elektronowego) opisujących własności elektronowe ciała stałego.	MNB1A_W01, MNB1A_W02, MNB1A_W03	Egzamin
<b>Umiejętności - Student potrafi:</b>			
U1	Student potrafi prowadzić obliczenia związane z tematyką przedmiotu	MNB1A_U01, MNB1A_U05	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium
<b>Kompetencje społecznych - Student jest gotów do:</b>			
K1	Student angażuje się w dyskusję w grupie, jak również z prowadzącym, i potrafi dobrze sformułować swoje argumenty	MNB1A_K01, MNB1A_K03, MNB1A_K05	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji

### Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Omawiane są własności elektronowe, czyli własności materii skondensowanej, które można zrozumieć jako wynik istnienia elektronów i ich oddziaływania ze strukturą atomową.

### Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Ćwiczenia audytoryjne	15
Przygotowanie do zajęć	30
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
<b>Łączny nakład pracy studenta</b>	<b>Liczba godzin</b> 107
<b>Liczba godzin kontaktowych</b>	<b>Liczba godzin</b> 45

\* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

## Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	<p>1. Modele gazu elektronowego (3 godz.) Efekty kształcenia: - student potrafi obliczyć koncentrację elektronów dla danej struktury krystalicznej - student potrafi wykonać obliczenia związane z rozwiązaniem kwantowego modelu elektronów swobodnych, - student potrafi uzyskać pasma energetyczne w ramach modelu ciasnego wiązania,</p> <p>2. Teoria pasmowa kryształów (3 godz.) Efekty kształcenia: - student potrafi zinterpretować wyniki numerycznych obliczeń struktury pasmowej, - student potrafi określić możliwość/konieczność stanu metalu/niemetalu/izolatora dla danej struktury, - student potrafi rozróżnić strukturę elektronową ferro- i antyferro- i ferrimagnetyka.</p> <p>3. Własności elektronowe metali (3 godz.) Efekty kształcenia: - student potrafi zinterpretować wyniki spektroskopii fotoemisji, - student potrafi obliczyć parametry mikroskopowe (czas relaksacji, droga swobodna) na podstawie parametrów transportowych, - student potrafi powiązać kształt powierzchni Fermiego prostych metali z wynikami efektu Halla.</p> <p>4. Własności elektronowe i transportowe półprzewodników (3 godz.) Efekty kształcenia: - student potrafi oszacować koncentrację elektronów i dziur w półprzewodniku samoistnym i domieszkowym, - student potrafi określić pierwiastki domieszkowe potrzebne do uzyskania określonych funkcji (typ n/p, szerokość przerwy), - student potrafi zinterpretować wyniki pomiarów określających parametry półprzewodników.</p> <p>5. Własności nadprzewodzące (3 godz.) - student potrafi określić istotne wielkości elektronowe związane ze stanem nadprzewodzącym, - student potrafi powiązać wyniki eksperymentalne z parametrami teorii BCS.</p>	U1, K1	Ćwiczenia audytoryjne

2.	<p>Tematem przedmiotu są szeroko rozumiane własności elektronowe materii skondensowanej (przede wszystkim kryształów), czyli te własności materiałów (np. przewodnictwo elektryczne i cieplne, magnetyzm, nadprzewodnictwo) oraz wielkości fizyczne je opisujące, które można zrozumieć jako wynik istnienia elektronów "wędrownych" i ich oddziaływania ze strukturą atomów (jąder oraz pozostałych elektronów).</p> <p>Tematy wykładów</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Klasyczny i kwantowy model elektronów swobodnych (2 h).</li> <li>2. Elektrony w potencjale periodycznym i sieć odwrotna (2 h).</li> <li>3. Metale, półprzewodniki, półmetale i izolatory w świetle teorii pasmowej (2 h).</li> <li>4. Metody obliczeń struktury elektronowej (2 h).</li> <li>5. Przewodnictwo elektryczne metali czystych i stopów nieuporządkowanych (2 h).</li> <li>6. Własności optyczne i termiczne metali (2 h).</li> <li>7. Magnetyzm elektronów wędrownych (2 h).</li> <li>8. Półprzewodniki samoistne i domieszkowane (2 h).</li> <li>9. Konwersja energii w materii skondensowanej (efekt termoelektryczny i magnetokaloryczny) (2 h).</li> <li>10. Złącze p-n, diody oraz tranzystory (2 h).</li> <li>11. Granice modelu pasmowego oraz efekty wielociałowe i relatywistyczne (2 h).</li> <li>12. Fizyka powierzchni i międzypowierzchni (2 h).</li> <li>13. Nadprzewodnictwo kryształów (2 h).</li> <li>14. Oddziaływania nadsztywne (2 h).</li> <li>15. Zastosowanie modelu swobodnych fermionów w astrofizyce (2 h) - opcjonalnie.</li> </ol>	W1, W2	Wykład
----	---	--------	--------

## Informacje rozszerzone

### Metody i techniki kształcenia:

Mini wykład, Dyskusja

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Egzamin	
Ćwiczenia audytorjne	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium	

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

Zaliczenie ćwiczeń audytoryjnych na podstawie ocen za odpowiedzi ustne oraz kolokwia. Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest zaliczenie ćwiczeń audytoryjnych.

### Sposób obliczania oceny końcowej

Oceny z ćwiczeń rachunkowych OC oraz z egzaminu OE obliczane są następująco: procent uzyskanych punktów przeliczany jest na ocenę zgodnie z Regulaminem Studiów AGH. Ocena końcowa (OK) jest średnią arytmetyczną ocen z egzaminu OE i z ćwiczeń rachunkowych OC:  $OK = (OE + OC)/2$

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

W uzasadnionych przypadkach tryb i forma nadrobienia materiału z zajęć jest uzgadniana indywidualnie z prowadzącym.

## Wymagania wstępne i dodatkowe

- \* znajomość rachunku różniczkowego i całkowego w zakresie podstawowym
- \* znajomość podstaw fizyki kwantowej
- \* znajomość podstaw fizyki ciała stałego

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

Wykład: 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 audytoryjne: Studenci przystępując do ćwiczeń są zobowiązani do przygotowania się w zakresie wskazanym każdorazowo przez prowadzącego (np. w formie zestawów zadań). Ocena pracy studenta może bazować na wypowiedziach ustnych lub pisemnych w formie kolokwium, co zgodnie z regulaminem studiów AGH przekłada się na ocenę końcową z tej formy zajęć.

## Literatura

### Obowiązkowa

- \* Ascroft N. W., Mermin N. D., Fizyka ciała stałego, PWN Warszawa 1986.
- \* Blatt F. J., Fizyka zjawisk elektronowych w metalach i półprzewodnikach, PWN Warszawa 1973.
- \* Ibach H., Lüth H., Fizyka ciała stałego, PWN 1996.
- \* Kittel, C., Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN 1999.
- \* Toboła J., Notatki do wykładu oraz materiały na stronie internetowej (udostępniane podczas wykładu).
- \* Zięba A., Kosturek R., opracowanie Teoria Pasmowa (na serwerze OEN AGH).

## Badania i publikacje

### Publikacje

- J. CIEŚLAK, J. TOBOLA, M. Reissner, The effect of bcc/fcc phase preference on magnetic properties of  $Al_xCrFeCoNi$  high entropy alloys, *Intermetallics* ; ISSN 0966-9795. — 2020 vol. 118 art. no. 106672, s. 1-9.— tekst: <https://www-1sciencedirect-1com-10000279w013a.wbg2.bg.agh.edu.pl/science/article/pii/S0966979519308313/pdf?md5=a2ab8181de081cd0de34716469aad91b&pid=1-s2.0-S0966979519308313-main.pdf>
- Petr Levinsky, Christophe Candolfi, Anne Dauscher, Janusz TOBOLA, Jiří Hejtmánek, Bertrand Lenoir, Thermoelectric properties of the tetrahedrite-tennantite solid solutions  $Cu_{12}Sb_{4-x}As_xS_{13}$  and  $Cu_{10}Co_2Sb_4-yAs_yS_{13}$  ( $0 \leq x, y \leq 4$ ), *Physical Chemistry Chemical Physics* ; ISSN 1463-9076. — 2019 vol. 21 iss. 8, s. 4547-4555. — tekst: <https://pubs-1rsc-1org-100001e58026e.wbg2.bg.agh.edu.pl/en/content/articlepdf/2019/cp/c9cp00213h?page=search>
- R. CHETTY, J. TOBOLA, P. Klimczyk, L. Jaworska, K.T. WOJCIECHOWSKI, Structural, electronic and thermal properties of  $Te_xCo_4Sb_{11.75}Te_{0.25}$ , *Journal of Alloys and Compounds* ; ISSN 0925-8388. — 2019 vol. 809 art. no. 151477, s. 1-8. — tekst: <https://www-1sciencedirect-1com-1000027qi0022.wbg2.bg.agh.edu.pl/science/article/pii/S092583881932701X/pdf?md5>

=c267b46dc9721826903dc322db897b2a&pid=1-s2.0-S092583881932701X-main.pdf

4. K. JASIEWICZ, B. WIENDLOCHA, K. Górnicka, K. Gofryk, M. Gazda, T. Klimczuk, J. TOBOŁA, Pressure effects on the electronic structure and superconductivity of  $(\text{TaNb}_{0.67}\text{HfZrTi}_{0.33})$  high entropy alloy, *Physical Review. B* ; ISSN 2469-9950. — Tytuł poprz.: *Physical Review B, Condensed Matter and Materials Physics* ; ISSN: 1098-0121. — 2019 vol. 100 iss. 18 art. no. 184503, s. 184503-1-184503-13. — tekst: <https://journals.aps.org/prb/pdf/10.1103/PhysRevB.100.184503>
5. Bartłomiej WIENDLOCHA, Jean-Baptiste Vaney, Christophe Candolfi, Anne Dauscher, Bertrand Lenoir, Janusz TOBOŁA, An Sn-induced resonant level in beta-As<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, *zrodlo Physical Chemistry Chemical Physics*. — 2018 vol. 20 iss. 18, s. 12948-12957. — tekst: <http://pubs-1rsc-1org-1wu2bf6dz01e6.wbg2.bg.agh.edu.pl/en/content/articlepdf/2018/cp/c8cp00431e?page=search>
6. K. JASIEWICZ, S. KAPRZYK, J. TOBOŁA, Interplay of crystal structure preference and magnetic ordering in high entropy CrCoFeNiAl alloys, *Acta Physica Polonica. A* ; ISSN 0587-4246. — 2018 vol. 133 no. 3, s. 511-513. -- tekst: <http://przyrbwn-1icm-1edu-1pl-1g71sbrdz00ef.wbg2.bg.agh.edu.pl/APP/PDF/133/app133z3p054.pdf>
7. Janina MOLENDNA, Anna MILEWSKA, Wojciech ZAJĄC, Michał RYBSKI, Janusz TOBOŁA, Correlation between electronic structure, transport and electrochemical properties of a LiNi<sub>1-y-z</sub>Co<sub>y</sub>Mn<sub>z</sub>O<sub>2</sub> cathode material, *Physical Chemistry Chemical Physics*. — 2017 vol. 19 iss. 37, s. 25697-25706. — tekst: <https://goo.gl/iL2QTa>
8. M. Calvo-Dahlborg, J. Cornide, J. TOBOŁA, D. Nguyen-Manh, J.S. Wróbel, J. Juraszek, S. Jouen, U. Dahlborg, Interplay of electronic, structural and magnetic properties as the driving feature of high-entropy CoCrFeNiPd alloys, *Journal of Physics. D, Applied Physics* ; ISSN 0022-3727. — 2017 vol. 50 no. 18 art. no. 185002, s. [1], 1-12. — Bibliogr. s. 11-12, — tekst: <https://goo.gl/8YKoLm>
9. J. CIEŚLAK, J. TOBOŁA, M. Reissner, Magnetic properties of sigma-phase  $\{\text{FeCrX} (X=\text{Co}, \text{Ni})\}$  alloys: experimental and theoretical stud, *Acta Materialia* ; ISSN 1359-6454. — Tytuł poprz.: *Acta Metallurgica et Materialia*. — 2017 vol. 123, s. 35-43. — Bibliogr. s. 42-43, Abstr. — tekst: <http://www-1sciencedirect-1com-1atoz.wbg2.bg.agh.edu.pl/science/article/pii/S1359645416307650>

## Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
MNB1A_K01	ma świadomość ciągłego rozwijania swojej wiedzy, umiejętności i podnoszenia swoich kompetencji; rozumie potrzebę przekazywania społeczeństwu informacji na temat osiągnięć nowych technologii związanych z rozwojem nauk ścisłych i przyrodniczych (fizyki, chemii, biologii, biofizyki i innych pokrewnych) i potrafi to robić w sposób zrozumiały dostosowany do poziomu wiedzy odbiorcy
MNB1A_K03	ma świadomość odpowiedzialności za swoje wypowiedzi ustne i pisemne, związane z uprawianą dziedziną naukową lub inżynierską; zachowuje etyczną postawę w prowadzonych projektach badawczych; publikuje ich efekty w sposób rzetelny i uczciwy zgodnie z zasadami przyjętymi w środowisku naukowym; rozumie konieczność przestrzegania zasad etyki zawodowej i stosuje ją w swoich działaniach
MNB1A_K05	potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy
MNB1A_U01	posiada umiejętność samodzielnego przygotowania się do wykładów, seminariów, zajęć audytoryjnych, laboratoryjnych i projektowych oraz sprawdzianów i egzaminów;
MNB1A_U05	potrafi dostrzec złożoność procesów zachodzącego w przyrodzie żywej i nieżywej zwłaszcza w mikro- i nanoskali, wyjaśnić ich mechanizmy, a także wykorzystać właściwe narzędzie numeryczne i/lub analityczne do ich opisu
MNB1A_W01	dysponuje usystematyzowaną wiedzą z zakresu podstaw nauk ścisłych i przyrodniczych niezbędną do zrozumienia podstawowych procesów zachodzących w przyrodzie nieżywej i żywej
MNB1A_W02	dysponuje wiedzą niezbędną do badania elementarnych procesów fizycznych, fizyko-chemicznych, biofizycznych i biochemicznych w warunkach laboratoryjnych;
MNB1A_W03	posiada niezbędną wiedzę do przeprowadzenia prostej analizy danych doświadczalnych, prezentowania uzyskanych wyników i wyciągania na ich podstawie wniosków
MNB1A_W06	posiada wiedzę o współczesnych zastosowaniach nauk ścisłych i przyrodniczych w rozwoju bio-technologii