

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Nadprzewodnictwo i nadciekłość

Rok akademicki: 2017/2018 Kod: JIS-2-011-SW-s Punkty ECTS: 4

Wydział: Fizyki i Informatyki Stosowanej

Kierunek: Informatyka Stosowana Specjalność: Systemy wbudowane i rekonfigurowalne

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 0

Strona www: <http://home.agh.edu.pl/~wmwoch/>

Osoba odpowiedzialna: dr hab. Woch Wiesław Marek (wmwoch@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: mgr inż. Zalecki Ryszard (zalecki@agh.edu.pl)  
dr hab. Woch Wiesław Marek (wmwoch@agh.edu.pl)

### Krótką charakterystyka modułu

Poznanie podstawowych zjawisk z zakresu nadprzewodnictwa i nadciekłości, podstawowych metod pomiarowych i elementów teorii.

### Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	Student posiada wiedzę o właściwościach fizycznych oraz zna i rozumie definicje wielkości fizycznych charakteryzujących stan nadprzewodzący t.j. temperatura przejścia, oporność, namagnesowanie, ciepło właściwe, pola i prądy krytyczne, struktura worteksów, kwantowanie strumienia pola magnetycznego, Student potrafi wymienić najważniejsze klasy nadprzewodników	IS2A_W07, IS2A_W07	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W002	posiada wiedzę o właściwościach fizycznych oraz zna i rozumie definicje wielkości fizycznych charakteryzujących stan nadciekły t.j. temperatura przejścia, współczynnik lepkości, gęstość, ciepło właściwe, kwantowanie wirów prędkości,	IS2A_W07, IS2A_W07	Aktywność na zajęciach, Odpowiedź ustna, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wynik testu zaliczeniowego

Umiejętności			
M_U001	Student potrafi zmierzyć i opracować opornościowe i magnetyczne przejście do stanu nadprzewodnictwa Student potrafi wytworzyć nadprzewodnik wysokotemperaturowy typu Y-Ba-Cu-O, Student potrafi wskazać, które nadprzewodniki mają zastosowania w technice w formie litej i cienkowarstwowej,	IS2A_W07, IS2A_W07	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U002	potrafi zmierzyć i opisać właściwości przejścia do stanu nadciekłego w helu 4, przy użyciu kriostatu helowego z He4 Student potrafi scharakteryzować obie nadciekle fazy Helu 4 i Helu 3	IS2A_W07, IS2A_W07	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń, Wynik testu zaliczeniowego
Kompetencje społeczne			
M_K001	potrafi konstruktywnie współpracować w zespole rozwiązującym problemy laboratoryjne	IS2A_W07, IS2A_W07	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_K002	angażuje się w dyskusję w grupie, jak również z prowadzącym, i potrafi dobrze sformułować swoje argumenty	IS2A_W07, IS2A_W07	Aktywność na zajęciach, Odpowiedź ustna, Udział w dyskusji, Wynik testu zaliczeniowego, Zaliczenie laboratorium

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	Student posiada wiedzę o właściwościach fizycznych oraz zna i rozumie definicje wielkości fizycznych charakteryzujących stan nadprzewodzący t.j. temperatura przejścia, oporność, namagnesowanie, ciepło właściwe, pola i prądy krytyczne, struktura worteksów, kwantowanie strumienia pola magnetycznego, Student potrafi wymienić najważniejsze klasy nadprzewodników	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W002	posiada wiedzę o właściwościach fizycznych oraz zna i rozumie definicje wielkości fizycznych charakteryzujących stan nadciekły t.j.temperatura przejścia, współczynnik lepkości,gęstość, ciepło właściwe, kwantowanie wirów prędkości,	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	Student potrafi zmierzyć i opracować opornościowe i magnetyczne przejście do stanu nadprzewodnictwa Student potrafi wytworzyć nadprzewodnik wysokotemperaturowy typu Y-Ba-Cu-O, Student potrafi wskazać, które nadprzewodniki mają zastosowania w technice w formie litej i cienkowarstwowej,	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	potrafi zmierzyć i opisać właściwości przejścia do stanu nadciekłego w helu 4, przy użyciu kriostatu helowego z He4 Student potrafi scharakteryzować obie nadciekłe fazy Helu 4 i Helu 3	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	potrafi konstruktywnie współpracować w zespole rozwiązującym problemy laboratoryjne	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	angażuje się w dyskusję w grupie, jak również z prowadzącym, i potrafi dobrze sformułować swoje argumenty	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

#### Nadprzewodnictwo i nadciekłość

- 1.Zerowa oporność i idealny diamagnetyzm; 2 godz.
  - 2.Nadprzewodnictwo pierwszego i drugiego rodzaju; 1 godz.
  - 3.Pola i prądy krytyczne; termodynamika stanu nadprzewodzącego 2 godz.
  - 4.Sieć worteksów i siła piningu – 2 godz.
  - 5.Kwantowanie strumienia; mikroskopowe wielkości charakteryzujące nadprzewodnik – 2 godz.
  - 6.Teorie nadprzewodnictwa; – 3 godz.
- Fenomenologiczna teoria Londonów,  
Teoria Ginzburga- Landaua- Abrikosova- Gorkova,  
Zarys teorii Bardina- Coopera- Schriefera,

7.Przegląd materiałów nadprzewodzących- 4 godz:

związki typu A-15, stopy,nadprzewodniki magnetyczne,  
związki ciężkofermionowe,nadprzewodniki organiczne,  
nadprzewodniki wysokotemperaturowe miedziowo-tlenowe,nadprzewodniki  
wysokotemperaturowe żelazowo-arsenowe i inne.

8.Nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe; 2 godz.

9.Zastosowania nadprzewodników: 4 godz.

druty i magnesy nadprzewodzące, cienkie warstwy, elementy logiczne na złączach  
Josephsona,interferencyjny magnetometr nadprzewodzący , magazyny energii, inne

10.Właściwości ciekłego helu; diagramy fazowe – 2 godz. 11.Nadciekłość helu 4 i helu  
3: 2 godz.

12.Specyficzne zjawiska w nadciekłym helu: efekt termomechaniczny, płynięcie  
warstwy, efekt fontannowy, drugi dźwięk- 2 godz.

13.Stan podstawowy i wzbudzenia elementarne w nadciekłym He-II, teoria i kryterium  
Landaua, kwantyzacja wirów, rotony, sieć wirów w nadcieczkach- 2 godz.

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

#### Nadprzewodnictwo i nadciekłość

Opis: Studenci wykonują 5 ćwiczeń laboratoryjnych w grupach ok. 5 osób w  
laboratoriach naukowych Katedry Fizyki Ciała Stałego wydziału Fizyki i Informatyki  
Stosowanej

Zadania do wykonania:

1.Przygotowanie wysokotemperaturowego nadprzewodnika typu Y-Ba-Cu-O – 5 godz.

Efekty kształcenia:student potrafi opisać poszczególne etapy przygotowania  
nadprzewodnika metodą reakcji w fazie stałej i wytworzyć taki nadprzewodnik

2.Pomiar oporowego i magnetycznego przejścia do stanu nadprzewodzącego  
nadprzewodnika wysokotemperaturowego-5 godz.

Efekty kształcenia:student potrafi zmierzyć przejście nadprzewodzące metodą  
czteropunktowego pomiaru oporu lub metodą mostkowego pomiaru magnetycznej  
podatności dynamicznej

3.Przeprowadzenie zjawiska lewitacji – 2 godz.

Efekty kształcenia: student potrafi opisać i przeprowadzić pokaz zjawiska lewitacji  
magnesu Nd-Fe-B nad wysokotemperaturowym nadprzewodnikiem typu Y-Ba-Cu-O  
przy użyciu kriostatu azotowego.

4.Pomiary prądów krytycznych i pól nieodwracalności nadprzewodnika  
wysokotemperaturowego – 3 godz.

Efekty kształcenia: student potrafi wykonać pomiar prądu i magnetycznych pól  
krytycznych metodą transportową i magnetyczną

5.Opcjonalnie: pokaz przejścia do stanu nadciekłego dla Helu 4 – 2 godz.

Efekty kształcenia: Student potrafi zaprojektować i opisać sposób obserwacji przejścia  
do stanu nadciekłego Helu 4 w kriostacie helowym.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Oceny z ćwiczeń laboratoryjnych (L) oraz z kolokwium zaliczeniowego (K) obliczane są następująco:  
Ocena końcowa (OK) obliczana jest jako średnia ocen z kolokwium (K) i z ćwiczeń laboratoryjnych (L):  
 $OK = 0.5 \times K + 0.5 \times L$

### **Wymagania wstępne i dodatkowe**

Znajomość podstaw fizyki ciała stałego.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. W.M. Woch- Materiały pomocnicze do przedmiotu: Nadprzewodnictwo i nadciekłość <http://home.agh.edu.pl/~wmwoch>
2. Wstęp do nadprzewodnictwa i nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe, M Cyrot and D Pavuna , PWN, 2003; tłum. z ang. (Introduction to Superconductivity, M Cyrot and D Pavuna, World Scientific, 1995).
3. Superfluidity and Superconductivity, D Tilley , J Tilley , Institute of Physics Publishing, Oxford, 1986
4. High- temperature Superconductivity, G Burns , Academic Press, London, 1992
5. Rozdziały w książkach Fizyki Ciała Stałego

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

R.Zalecki, W.Woch, M.Chrobak, A.Kołodziejczyk  
AC Susceptibility of YBCO 1:2:3 Films on Silver Substrates  
Acta Physica Polonica A, 126/4A (2014) 13-15

R.Zalecki, W.Woch, A.Kołodziejczyk, W.T.Konig, G.Gritzner  
Penetration Depth of  $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_y$  and  $Tl_0.58Pb_0.4Sr_1.6Ba_0.4Ca_2Cu_3O_y$  Bulk Superconductors  
Acta Physica Polonica A, 126/4A (2014) 133-136

M.Chrobak, W.Woch, G.Szwachta, R.Zalecki, Ł.Gondek, A.Kołodziejczyk, J.Kusiński  
Thermal Fluctuations in YBCO Thin Film on MgO Substrate  
Acta Physica Polonica A, 126/4A (2014) 88-91

R. Zalecki, W.M. Woch, M. Chrobak, A. Kołodziejczyk,  
Penetration Depth of Magnetic Field into  $YBa_2Cu_3O_x$  Film on Polycrystalline Ag Substrate, Acta Phys. Pol. A 127 (2015) 272.

M. Chrobak, W.M. Woch, R. Zalecki, A. Kołodziejczyk,  
Thermal Fluctuations of Bismuth Based 1G Tape,  
Acta Phys. Pol. A 127 (2015) 306.

W.M. Woch, M. Chrobak, M. Kowalik, R. Zalecki, J. Przewoźnik, Cz. Kapusta, Magnetoresistance and irreversibility fields of bismuth based 1G tape,  
J. Supercond. Nov. Magn. 29 (2016) 2333–2336,

W.M. Woch, M. Chrobak, M. Kowalik, R. Zalecki, M. Giebułtowski, J. Niewolski, Ł. Gondek,  
Magnetoelectrical Conductance of  $Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2Cu_3O_x$  bulk superconductor in the fluctuation region  
Journal All. Comp. 692 (2017) 359.

W.M. Woch, R. Zalecki, M. Chrobak, A. Kołodziejczyk,  
Critical Currents of Bismuth 1G Tape,  
Acta Phys. Pol. A 127 (2015) 315.

### **Informacje dodatkowe**

W zajęciach uczestniczą studenci po kursie Fizyki, (na pierwszym czy drugim roku), zawierającym Elementy Fizyki Ciała Stałego.  
Zaległości związane z nieobecnością na zajęciach laboratoryjnych zostaną odrobione w dodatkowo ustalonym terminie z prowadzącym zajęcia.

**Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)**

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	30 godz
Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych	15 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	40 godz
Przygotowanie do zajęć	10 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe z nauczycielem	10 godz
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	110 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS