

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Podstawy krystalografii				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	CIMT-1-221-s	Punkty ECTS:	5
Wydział:	Inżynierii Materiałowej i Ceramiki				
Kierunek:	Inżynieria Materiałowa	Specjalność:	—		
Poziom studiów:	Studia I stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	2
Strona www:	—				
Prowadzący moduł:	dr hab. inż. Ryś Janusz (jrysjr@agh.edu.pl)				

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

Wiedza dotycząca określania i opisu struktury oraz morfologii, jak również klasyfikowania i diagnostyki materiałów krystalicznych, tzn. metali i stopów, oraz wybranych tworzyw metalurgicznych i minerałów.

### 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 powinien wykazywać znajomość podstawowych pojęć z zakresu krystalografii i budowy krystalicznej materiałów oraz wiedzę dotyczącą struktury materiałów metalicznych (metali i stopów).	IMT1A_W04, IMT1A_W01, IMT1A_W03	Egzamin, Kolokwium
M_W002	Student powinien posiadać podstawową wiedzę dotyczącą określania oraz opisu struktury jak również klasyfikowania materiałów krystalicznych.	IMT1A_W04, IMT1A_W01, IMT1A_W03	Egzamin, Kolokwium

M_W003	Student powinien posiadać niezbędny zasób wiedzy podstawowej do dalszego poznawania i rozumienia zjawisk i przemian zachodzących w materiałach metalicznych, wykazywać znajomość zależności krystalograficznych i zjawisk zachodzących w strukturze krystalicznej oraz poznać wpływ struktury krystalicznej i składu fazowego na własności materiałów.	IMT1A_W04, IMT1A_W01, IMT1A_W03	Egzamin, Kolokwium
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student powinien posiadać umiejętności klasyfikowania, identyfikacji oraz opisu budowy, struktury i symetrii materiałów krystalicznych z wykorzystaniem zasad wskaźnikowania i projekcji stereograficznej.	IMT1A_U01, IMT1A_U02	Egzamin, Kolokwium
M_U002	Student powinien wykazywać umiejętności opisywania zależności i zjawisk występujących w materiałach krystalicznych m.in. opisywać struktury krystaliczne i wyznaczać systemy poślizgu z wykorzystaniem rzutu stereograficznego.	IMT1A_U01, IMT1A_U02	Egzamin, Kolokwium
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student ma świadomość konieczności poznawania nowych metod badawczych wykorzystujących podstawy krystalografii aby skutecznie działać jako inżynier materiałoznawca.	IMT1A_K02, IMT1A_K01	Aktywność na zajęciach, 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	30	0	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 powinien wykazywać znajomość podstawowych pojęć z zakresu krystalografii i budowy krystalicznej materiałów oraz wiedzę dotyczącą struktury materiałów metalicznych (metali i stopów).	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student powinien posiadać podstawową wiedzę dotyczącą określania oraz opisu struktury jak również klasyfikowania materiałów krystalicznych.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Student powinien posiadać niezbędny zasób wiedzy podstawowej do dalszego poznawania i rozumienia zjawisk i przemian zachodzących w materiałach metalicznych, wykazywać znajomość zależności krystalograficznych i zjawisk zachodzących w strukturze krystalicznej oraz poznać wpływ struktury krystalicznej i składu fazowego na własności materiałów.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student powinien posiadać umiejętności klasyfikowania, identyfikacji oraz opisu budowy, struktury i symetrii materiałów krystalicznych z wykorzystaniem zasad wskaźnikowania i projekcji stereograficznej.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student powinien wykazywać umiejętności opisywania zależności i zjawisk występujących w materiałach krystalicznych m.in. opisywać struktury krystaliczne i wyznaczać systemy poślizgu z wykorzystaniem rzutu stereograficznego.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student ma świadomość konieczności poznawania nowych metod badawczych wykorzystujących podstawy krystalografii aby skutecznie działać jako inżynier materiałoznawca.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	60 godz
Przygotowanie do zajęć	30 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	45 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	142 godz
Punkty ECTS za moduł	5 ECTS

## Pozostałe informacje

### Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

#### Wykład

##### Wykład – podstawowe zagadnienia

- Budowa krystaliczna materiałów, pojęcie monokryształu i polikryształu: Podstawowe zagadnienia z zakresu krystalografii i budowy kryształów; monokryształy i polikryształy; polikryształ nanokrystaliczny, stan amorficzny ciała stałego, model atomu, struktura (budowa) krystaliczna i sieć przestrzenna.
- Modelowanie sieci krystalicznych, komórka elementarna sieci krystalicznej: Charakterystyka układów krystalograficznych i typy sieci przestrzenne Bravais’go, parametry sieciowe i kątowe, zależności geometryczne i parametry charakteryzujące komórkę elementarną, przestrzenie międzyatomowe – luki oktaedryczne i tetraedryczne, gęstość krystalograficzna.
- Roztwory stałe i związki chemiczne, poszerzona definicja fazy: Pojęcia roztworu stałego i związku chemicznego oraz ich związek z budową i rodzajem sieci krystalicznej; izomorfizm i alotropia (polimorfizm); odmiany alotropowe wybranych metali i niemetalii.
- Własności a budowa wewnętrzna wybranych materiałów metalicznych, sieci podstawowych metali: Związek własności z budową wewnętrzną wybranych materiałów krystalicznych (metale i niemetalie), podstawowe własności fizyczne, izotropia i anizotropia własności fizycznych, chemicznych i mechanicznych.
- Określanie węzłów, wskaźnikowanie prostych i płaszczyzn sieciowych: Zasady określania węzłów i wskaźnikowania prostych i płaszczyzn sieciowych, równania prostej i płaszczyzny sieciowej; symbole [uvw] i (hkl), rysowanie prostych i płaszczyzn o zadanych wskaźnikach. iloczyn skalarny i wektorowy na przykładzie kierunków i płaszczyzn sieciowych. Wskaźnikowanie w układzie regularnym i heksagonalnym.
- Prawo przynależności pasowej: Przynależność wektora (kierunku) do płaszczyzny krystalograficznej, warunek prostopadłości wektorów/kierunków krystalograficznych, pojęcie pasa krystalograficznego i prawo przynależności pasowej; podstawowe wzory

krystalograficzne.

- Rzut stereograficzny:

Konstrukcja siatki Wulfa, rzut koła wielkiego i małego, podstawy rzutu stereograficznego. Rzut standardowy. Konstrukcje rzutów stereograficznych kryształów z wykorzystaniem siatki Wulfa; Konstrukcje rzutów standardowych dla układu regularnego na płaszczyzny typu  $\{100\}$ ,  $\{110\}$  i  $\{111\}$ .

- Krystalograficzne aspekty mechanizmów odkształcenia plastycznego:

Rzeczywista budowa ciał krystalicznych, defekty struktury krystalicznej i kryteria klasyfikacji; defekty sieciowe: punktowe, liniowe i powierzchniowe; defekty liniowe (dyslokacje) a odkształcenie plastyczne.

- Elementy symetrii kryształów:

Symetria budowy kryształów; podstawowe elementy symetrii; operacje przekształceń symetrycznych (opis geometryczny i macierzowy); symetria w morfologii kryształów (grupy punktowe) oraz symetria w budowie wewnętrznej (grupy przestrzenne i ich symbolika).

- Zastosowanie rzutu stereograficznego:

Wykorzystanie rzutu stereograficznego do przedstawiania zależności krystalograficznych w materiałach. Systemy poślizgu w kryształach metali o sieci regularnej. Krystalografia przemiany fazowej/martenzytycznej.

- Zastosowanie rzutu stereograficznego do tekstury krystalograficznej materiału polikrystalicznego

Tekstura metalograficzna, mineralogiczna i krystalograficzna. Zastosowanie obrotów kryształu w rzucie stereograficznym do konstrukcji idealnych figur biegunowych.

- Zastosowanie rzutu stereograficznego do analizy orientacji krystalograficznej ziarna/monokryształu:

Orientacja osi głównych kryształu  $[100]$ ,  $[010]$ ,  $[001]$  i wskaźniki osi zewnętrznych  $(x,y,z)$  w rzucie stereograficznym, tekstura jako własność statystyczna orientacji ziaren, kąty przestrzeni Eulera.

### **Ćwiczenia audytoryjne**

#### Ćwiczenia audytoryjne - podstawowe zagadnienia

- Układy krystalograficzne:

Układy krystalograficzne i sieci przestrzenne Bravais'go; podstawowe parametry i zależności geometryczne w charakteryzujące układ regularny i heksagonalny; przestrzenie międzyatomowe - luki oktaedryczne i tetraedryczne, obliczanie gęstości krystalograficznej

- Określanie węzłów i wskaźnikowanie prostych i płaszczyzn sieciowych:

Zasady wskaźnikowania prostych i płaszczyzn sieciowych, rysowanie płaszczyzn i kierunków o zadanych wskaźnikach; wyznaczanie kątów między kierunkami i płaszczyznami.

- Prawo przynależności pasowej

Iloczyn skalarny i wektorowy, prostopadłość płaszczyzn i kierunków, prawo przynależności pasowej, wyznaczanie osi pasa krystalograficznego (krawędzi przecięcia płaszczyzn), określanie symboli płaszczyzn należących do dwóch pasów.

- Rzut stereograficzny na płaszczyzny typu  $\{100\}$ :

Rzuty stereograficzne kierunków i płaszczyzn; konstrukcja rzutu standardowego na płaszczyzny typu  $\{100\}$ .

- Rzut stereograficzny na płaszczyzny typu  $\{110\}$  i  $\{111\}$ :

Rzuty stereograficzne kierunków i płaszczyzn; konstrukcja rzutu standardowego na płaszczyzny typu  $\{110\}$  i  $\{111\}$ .

- Systemy poślizgu i bliźniakowania:

Pojęcia systemu poślizgu i bliźniakowania, systemy odkształcenia w strukturach metali

o sieciach RSC, RPC oraz HZ – ilustracja w komórce elementarnej oraz na rzucie standardowym na płaszczyznę (001).

- Ćwiczenia zaliczeniowe:

Rozwiązywanie zadań sprawdzające praktyczne umiejętności w formie kolokwiów – zakres podawany przez prowadzącego na pierwszych zajęciach.

### **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 audytoryjne: Podczas zajęć audytoryjnych studenci na tablicy rozwiązują zadane wcześniej problemy. Prowadzący na bieżąco dokonuje stosowanych wyjaśnień i moderuje dyskusję z grupą nad danym problemem.

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

Podaje prowadzący na pierwszych zajęciach w semestrze.

### **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 audytoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: 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.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocena końcowa jest wystawiana wg. oceny z ćwiczeń audytoryjnych i egzaminu z wagą odpowiednio 0,4 i 0,6 z uwzględnieniem aktywności studenta na zajęciach.

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

Podaje prowadzący na pierwszych zajęciach w semestrze.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

Zgodnie z Regulaminem Studiów AGH podstawowym terminem uzyskania zaliczenia jest ostatni dzień zajęć w danym semestrze. Termin zaliczenia poprawkowego (tryb i warunki ustala prowadzący moduł na zajęciach początkowych) nie może być późniejszy niż ostatni termin egzaminu w sesji poprawkowej (dla przedmiotów kończących się egzaminem) lub ostatni dzień trwania semestru (dla przedmiotów niekończących się egzaminem).

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

1. J. Chojnacki, Metalografia strukturalna Wyd. Śląsk 1966
2. Z. Bojarski, M. Gigla, K. Stróż, M. Surowiec, „Krystalografia. Podręcznik wspomagany komputerowo”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996 (ISBN 83-01-11958-6)
3. Z. Trzaska Durski, H. Trzaska Durska, „Podstawy krystalografii strukturalnej i rentgenowskiej”,

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994 (ISBN 83-01-11388-X)

4. T. Penkala – Zarys krystalografii – PWN 1983.

5. Z. Kosturkiewicz – Metody krystalografii – Wyd. Nauk. UAM 2004.

6. A. Kelly, G.W. Groves – Krystalografia i defekty kryształów – PWN 1980.

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

1. Janusz Ryś, Tekstura i mikrostruktura w blachach z nierdzewnej stali austenityczno-ferrytycznej UR52N+, Hutnik – Wiadomości hutnicze, t.78, (10), 2011, s.902-909.

2. Janusz Ryś – Krystalograficzne aspekty oddziaływania ferrytu i austenitu w bikryształach i stalach dwufazowych, wyd. AGH, (praca habilitacyjna) Kraków, 2013;

3. Janusz Ryś, Anna Zielińska-Lipiec, Microstructural evolution in deformed duplex steels, Int. Journal of Materials Research, vol.106, 2015, 771-781;

4. Janusz Ryś, Grzegorz Cempura, Microstructure and deformation behavior of metastable duplex stainless steel at high rolling reductions, Materials Science & Engineering A 700 (2017) 656-666.

### **Informacje dodatkowe**

Brak