

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Badania strukturalne materiałów**

Nazwa w języku angielskim: **Structural investigations of materials**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Mechanika i Budowa Maszyn**

Specjalność (jeśli dotyczy): **Inżynieria Materiałów Konstrukcyjnych**

Poziom i forma studiów: **II stopień, stacjonarne**

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**

Kod przedmiotu: **MMM041304**

Grupa kursów: **nie**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60		30		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę		Zaliczenie na ocenę		
Grupa kursów					
Liczba punktów ECTS	2		1		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			1		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1.2		0.7		

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawy fizyki i chemii na poziomie szkoły średniej
2. Pozytywne zaliczenie kursów Materiałoznawstwo I i II

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Poznanie metod badań strukturalnych wykorzystujących dyfrakcję rentgenowską i elektronową.
- C2. Poznanie mikroskopii elektronowej transmisyjnej i skaningowej - budowy mikroskopów, działania, zastosowań, metod przygotowania próbek.
- C3. Poznanie metod spektroskopowych wykorzystujących promieniowanie rentgenowskie i elektrony - mikroanalizy rentgenowskiej, spektroskopii strat energii elektronów, spektroskopii elektronów Augera, spektroskopii fotoelektronów.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

I. Z zakresu wiedzy:

PEK_W01 - Zna metody badań strukturalnych wykorzystujących dyfrakcję rentgenowską i elektronową.

PEK_W02 - Zna budowę, działanie i zastosowania mikroskopów elektronowych, transmisyjnego i skaningowego. Zna metody przygotowania próbek do badań elektronomikroskopowych.

PEK_W03 - Zna metody spektroskopowe wykorzystujące promieniowanie rentgenowskie i elektrony - mikroanalizę rentgenowską, spektroskopię strat energii elektronów, spektroskopię elektronów Augera, spektroskopię fotoelektronów.

II. Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 - Potrafi określić cel i zakres badań strukturalnych materiałów.

PEK_U02 - Potrafi interpretować obrazy mikroskopowe uzyskane za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego oraz wyniki mikroanalizy rentgenowskiej.

PEK_U03 - Potrafi interpretować dyfraktogramy rentgenowskie i elektronowe oraz wskaźnikować dyfraktogramy elektronowe wybranych metali.

III. Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 - Wyszukiwanie informacji oraz ich krytyczna analiza.

PEK_K02 - Przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – Wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzanie do badań strukturalnych. Sieć odwrotna. Dyfrakcja fal na sieci krystalicznej.	2
Wy2	Dyfraktometr rentgenowski. Budowa, zasada działania, zastosowania.	2
Wy3	Podstawy optyki elektronowej. Wyrzutnie elektronowe, soczewki elektronowe.	2
Wy4	Pompy próżniowe i próżniomierze. Elektronowy mikroskop skaningowy - budowa, zasada działania.	2
Wy5	Zastosowania elektronowego mikroskopu skaningowego. Kontrast topograficzny i materiałowy. Badania krystalograficzne w elektronowym mikroskopie skaningowym.	2
Wy6	Mikroanaliza rentgenowska. Spektrometry promieniowania rentgenowskiego, metody analizy, zastosowania.	2

Wy7	Oddziaływanie elektronów z ciałem stałym. Rozproszenie sprężyste i niesprężyste elektronów.	2
Wy8	Elektronowy mikroskop transmisyjny - budowa, zasada działania.	2
Wy9	Metody przygotowania próbek dla elektronowej mikroskopii transmisyjnej.	2
Wy10	Kontrast rozproszeniowy i fazowy w elektronowym mikroskopie transmisyjnym oraz ich zastosowania.	2
Wy11	Dyfrakcja elektronowa w elektronowym mikroskopie transmisyjnym. Geometria dyfrakcji, interpretacja dyfraktogramów elektronowych.	2
Wy12	Dynamiczna teoria dyfrakcji elektronowej. Kontrast dyfrakcyjny i jego zastosowanie.	2
Wy13	Elektronowa mikroskopia transmisyjna wysokorozdzielcza. Spektroskopia strat energii elektronów. Mikroskopia Lorentza.	2
Wy14	Mikroskopy skaningowe z sondami ostrzowymi (skaningowy mikroskop tunelowy, mikroskop sił atomowych, mikroskop sił magnetycznych).	2
Wy15	Metody badań powierzchni (spektroskopia elektronów Augera, spektroskopia masowa jonów wtórnych, spektroskopia fotoelektronów)	2
		Suma: 30
Forma zajęć – Laboratorium		Liczba godzin
Lab1	Wprowadzenie do badań strukturalnych. Omówienie programu ćwiczeń.	1
Lab2	Interpretacja dyfraktogramów rentgenowskich.	2
Lab3	Elektronowy mikroskop skaningowy - pokaz + interpretacja obrazów mikroskopowych.	2
Lab4	Mikroanaliza rentgenowska - pokaz + interpretacja wyników analiz.	2
Lab5	Interpretacja dyfraktogramów elektronowych pierścieniowych.	2
Lab6	Interpretacja i wskaźnikowanie dyfraktogramów elektronowych punktowych.	2
Lab7	Elektronowy mikroskop transmisyjny - pokaz + interpretacja obrazów mikroskopowych.	2
Lab8	Podsumowanie i zaliczenie zajęć laboratoryjnych.	2
		Suma: 15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. wykład tradycyjny z wykorzystaniem środków audiowizualnych
N2. praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu
N3. praca własna – przygotowanie do laboratorium
N4. przygotowanie sprawozdania

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Wykład)		
Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01 - PEK_W03	kolokwium
P = F1		

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Laboratorium)		
Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_U01 - PEK_U03	Kartkówka, sprawozdane
P = F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA		
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. J. Kozubowski. Metody transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Wyd. Śląsk, Katowice 1975. 2. A. Szummer i inni. Podstawy ilościowej mikroanalizy rentgenowskiej. WNT, Warszawa 1994. 3. Z. Bojarski. Mikroanalizator rentgenowski. Wyd. Śląsk, Katowice 1971. 4. Z. Bojarski, E. Łagiewska. Rentgenowska analiza strukturalna. PWN, Warszawa 1988. 5. Praca zbiorowa pod red. W. Dudzińskiego, Materiały konstrukcyjne w budowie maszyn, skrypt PWr do ćwiczeń laboratoryjnych, Wrocław 1994 <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1.J.P. Glusker, K.N. Trueblood. Zarys rentgenografii kryształów. PWN, Warszawa 1977. 2.H. Szymański, A. Mulak, A. Duda, A. Romanowski. Optyka elektronowa. WNT, Warszawa 1988 		

OPIEKUN PRZEDMIOTU
dr hab. inż. Jan Hejna tel.: 320-26-91 email: jan.hejna@pwr.edu.pl

SUBJECT CARD

Name in Polish: **Badania strukturalne materiałów**

Name in English: **Structural investigations of materials**

Main field of study (if applicable): **Mechanical Engineering and Machine Building**

Specialization (if applicable): **Materials Engineering**

Level and form of studies: **II level, full-time**

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **MMM041304**

Group of courses: **no**

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		15		
Number of hours of total student workload (CNPS)	60		30		
Form of crediting	Crediting with grade		Crediting with grade		
Group of courses					
Number of ECTS points	2		1		
including number of ECTS points for practical (P) classes			1		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1.2		0.7		

PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES

1. Basics of physics and chemistry at high school level
2. Positive credits of Materials Science I and II courses

SUBJECT OBJECTIVES

- C1. Knowledge of methods of structural investigations using X-ray and electron diffraction.
- C2. Knowledge of transmission and scanning electron microscopy - microscope construction, operation, applications, methods of specimen preparation.
- C3. Knowledge of spectroscopic methods using X-rays and electrons - X-ray microanalysis, electron energy loss spectroscopy, Auger electron spectroscopy, photoelectron spectroscopy.

SUBJECT LEARNING OUTCOMES

I. Relating to knowledge:

PEK_W01 - Knows methods of structural investigations using X-ray and electron diffraction.

PEK_W02 - Knows construction, operation and applications of transmission and scanning electron microscopes. Knows methods of specimen preparation for electron microscopy investigations.

PEK_W03 - Knows spectroscopic methods using X-rays and electrons - X-ray microanalysis, electron energy loss spectroscopy, Auger electron spectroscopy, photoelectron spectroscopy.

II. Relating to skills:

PEK_U01 - Is able to identify an aim and a scope of structural investigations of materials.

PEK_U02 - Is able to interpret micrographs obtained with the use of scanning and transmission electron microscopes and results of X-ray microanalysis.

PEK_U03 - Is able to interpret X-ray and electron diffractograms and to index electron diffractograms of selected metals.

III. Relating to social competences:

PEK_K01 - Search of information and their critical analysis.

PEK_K02 - To follow customs and rules compulsory in an academic society.

PROGRAM CONTENT

Form of classes – Lecture		Number of hours
Lec1	Introduction to structure investigations. Reciprocal lattice. Diffraction of waves on a crystal lattice.	2
Lec2	X-ray diffractometer. Construction, working principle, applications.	2
Lec3	Electron optics basics. Electron guns, electron lenses.	2
Lec4	Vacuum pumps and gauges. Scanning electron microscope - construction, working principle.	2
Lec5	Applications of a scanning electron microscope. Topographic and material contrast. Crystallographic investigations in a scanning electron microscope.	2
Lec6	X-ray microanalysis. X-ray spectrometers, methods of analysis, applications.	2
Lec7	Interaction of electrons with solids. Elastic and inelastic scattering of electrons.	2
Lec8	Transmission electron microscope - construction, working principle.	2
Lec9	Methods of specimen preparation for transmission electron microscopy.	2
Lec10	Scattering and phase contrasts in a transmission electron microscope and their applications.	2
Lec11	Electron diffraction in a transmission electron microscope. Geometry of diffraction, interpretation of electron diffractograms.	2
Lec12	Dynamical theory of electron diffraction. Diffraction contrast and its applications.	2
Lec13	High resolution transmission electron microscopy. Electron energy loss spectroscopy. Lorentz microscopy.	2

Lec14	Scanning probe microscopes (scanning tunneling microscope, atomic force microscope, magnetic force microscope).	2
Lec15	Methods of surface analysis (Auger electron spectroscopy, secondary ion mass spectroscopy, photoelectron spectroscopy).	2
		Total hours: 30
Form of classes – Laboratory		Number of hours
Lab1	Introduction to structure investigations. Explanation of exercises schedule.	1
Lab2	Interpretation of X-ray diffractograms.	2
Lab3	Scanning electron microscope - demonstration + interpretation of micrographs.	2
Lab4	X-ray microanalysis - demonstration + interpretation of results of analysis.	2
Lab5	Interpretation of ring electron diffractograms.	2
Lab6	Interpretation and indexing of point electron diffractograms.	2
Lab7	Transmission electron microscope - demonstration + interpretation of micrographs.	2
Lab8	Course summary and getting credits.	2
		Total hours: 15

TEACHING TOOLS USED		
N1. traditional lecture with the use of audiovisual means N2. self study - self studies and preparation for examination N3. self study - preparation for laboratory class N4. report preparation		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Lecture)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_W01 - PEK_W03	final test
P = F1		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Laboratory)

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_U01 - PEK_U03	Short test, report
P = F1		

PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

PRIMARY LITERATURE

- 1.V.K. Pecharsky, P.Y. Zavalij. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. Springer 2009
- 2.D.B. Williams, C.B. Carter. Transmission electron microscopy. Vol. 1-4. Plenum Press, New York 1996
- 3.L. Reimer. Scanning electron microscopy. Springer, 1998
- 4.L. Reimer, H. Kohl. Transmission electron microscopy. Springer 2008
- 5.J.I. Goldstein, D.E. Newbury, P. Echlin, D.C. Joy, C. Fiori, E. Lifshin. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. Plenum Press, New York 1981

SECONDARY LITERATURE

- 1.R.F. Egerton. Physical principles of electron microscopy. Springer 2005
- 2.D.J. O'Connor, B.A. Sexton, R.St.C. Smart (Eds.). Surface analysis methods in material science. Springer 2003
- 3.N. Yao, Z.L. Wang. (Eds.) Handbook of microscopy for nanotechnology. Kluwer Academic Publishers 2005

SUBJECT SUPERVISOR

dr hab. inż. Jan Hejna tel.: 320-26-91 email: jan.hejna@pwr.edu.pl