

Nazwa w języku polskim: Mikroskopia elektronowa dla chemików
Nazwa w jęz. angielskim: Electron Microscopy for Chemists

Dane dotyczące zajęć:
Information on course:

Jednostka oferująca: Wydział Mechaniczny Technologiczny // dr inż. Dariusz Łukowiec / dr hab. Inż. Mirosława Pawłyta, Prof. PŚ
Course offered by: Faculty of Mechanical Engineering // dr inż. Dariusz Łukowiec / dr hab. Inż. Mirosława Pawłyta, Prof. PŚ

Język wykładowy:
polski
Language:
Polish
Strona WWW: Course homepage:
Skrócony opis:
Celem kursu jest zapoznanie studentów z teoretycznymi podstawami i praktycznymi aspektami mikroskopii elektronowej (SEM, TEM) oraz powiązanych z nią technik analitycznych. Kurs ma na celu wykształcenie umiejętności rozumienia zasad działania tych technik, doboru odpowiedniej metody do charakterystyki materiałów chemicznych oraz interpretacji uzyskanych wyników (obrazów, widm, dyfraktogramów) w kontekście problemów chemicznych. Po ukończeniu kursu student powinien rozumieć zasady działania podstawowych technik mikroskopii elektronowej i technik analitycznych, potrafić wskazać odpowiednią metodę do rozwiązania danego problemu chemicznego oraz posiadać umiejętność podstawowej interpretacji uzyskanych danych w kontekście składu chemicznego, struktury i morfologii badanych próbek.
Short description:
The aim of the course is to familiarize students with the theoretical foundations and practical aspects of electron microscopy (SEM, TEM) and related analytical techniques. The course aims to develop skills in understanding the principles of operation of these techniques, selecting the appropriate method for characterizing chemical materials and interpreting the obtained results (images, spectra, diffraction patterns) in the context of chemical problems. After completing the course, the student should understand the principles of operation of basic electron microscopy and analytical techniques, be able to indicate the appropriate method to solve a given chemical problem and have the ability to basic interpretation of the obtained data in the context of the chemical composition, structure and morphology of the tested samples.
Opis:
Treści programowe Wykład 1. Wprowadzenie do Świata Mikroskopii Elektronowej: Porównanie z mikroskopią świetlną (zdolność rozdzielcza, powiększenie), znaczenie ME w chemii, przegląd technik (SEM, TEM, STEM). Podstawy fizyczne: źródła elektronów, próżnia, oddziaływania elektron-materia (sprężyste/niesprężyste), przegląd generowanych sygnałów. 2. Skaningowa Mikroskopia Elektronowa (SEM): Obrazowanie Powierzchni i Składu: Zasada działania i budowa SEM, detektory SE i BSE, tworzenie obrazu topograficznego i kompozycyjnego (Z-kontrast). Wpływ parametrów pracy na obraz. Preparatyka próbek chemicznych do SEM. 3. Transmisyjna Mikroskopia Elektronowa (TEM): Wgląd w Nanostrukturę Materiałów: Zasada działania i budowa TEM, obrazowanie w jasnym (BF) i ciemnym polu (DF), kontrast dyfrakcyjny i masowo-grubościowy. Obrazowanie wysokorozdzielcze (HRTEM). Preparatyka ultracienkich próbek (metody, wyzwania). 4. Mikroanaliza Rentgenowska w Mikroskopie Elektronowym (EDS/WDS): Zasada generowania charakterystycznego promieniowania X. Spektroskopia EDS: analiza jakościowa i ilościowa składu pierwiastkowego, mapowanie. Ograniczenia EDS. Porównanie z WDS (rozdzielczość, czułość). 5. Dyfrakcja Elektronów (SAED) i Spektroskopia Strat Energii (EELS): Identyfikacja struktury krystalicznej za pomocą dyfrakcji elektronów obszaru wybranego (SAED) – interpretacja dy-

fraktogramów. Podstawy EELS: analiza pierwiastków lekkich i wiązań chemicznych.

6. **ME w Chemii Materiałów i Ceramiki:** Charakterystyka morfologii, rozmiaru i składu proszków ceramicznych i tlenkowych; analiza jednorodności i zanieczyszczeń (SEM/TEM/EDS).
7. **ME w Badaniach Nanocząstek:** Precyzyjne określanie rozmiaru, kształtu i struktury nanocząstek (metali, tlenków, kropek kwantowych) za pomocą TEM/HRTEM/SAED; mapowanie składu w układach rdzeń-powłoka (STEM-EDS).
8. **ME w Analizie Nanomateriałów Węglowych:** Ocena jakości, morfologii, defektów i zanieczyszczeń w nanorurkach węglowych (CNT) i grafenie (SEM/TEM/EDS).
9. **ME w Charakterystyce Materiałów Porowatych:** Badanie morfologii kryształów i skupisk (SEM) oraz struktury i krystaliczności (TEM) w zeolitach, MOF-ach; potwierdzanie składu pierwiastkowego (EDS).
10. **ME w Katalizie Heterogenicznej:** Ocena morfologii i składu katalizatorów proszkowych (SEM/EDS); wizualizacja, pomiar rozmiaru i dyspersji nanocząstek fazy aktywnej na nośniku (TEM/STEM); analiza składu w nanoskali (STEM-EDS/EELS).
11. **ME w Chemii Polimerów:** Charakterystyka włókien polimerowych (średnica, morfologia powierzchni, struktura włókniny) za pomocą SEM.
12. **ME w Elektrochemii i Badaniu Korozji:** Obserwacja zmian morfologicznych elektrod bateryjnych (SEM), mapowanie dystrybucji pierwiastków i produktów degradacji (EDS), badanie zmian strukturalnych (TEM). Analiza morfologii i składu produktów korozji (SEM/EDS).
13. **ME w Chemii Farmaceutycznej:** Ocena morfologii i rozmiaru systemów dostarczania leków (mikrokapsułki, liposomy, nanocząstki polimerowe) za pomocą SEM/TEM.

Wykład

- stacjonarne: 30 h

Liczba punktów ECTS: 2

Description:

Lecture

1. Introduction to the World of Electron Microscopy: Comparison with light microscopy (resolution, magnification), importance of ME in chemistry, review of techniques (SEM, TEM, STEM). Physical basics: electron sources, vacuum, electron-matter interactions (elastic/inelastic), review of generated signals.
2. Scanning Electron Microscopy (SEM): Imaging Surfaces and Composition: Principle of operation and structure of SEM, SE and BSE detectors, creation of topographic and compositional image (Z-contrast). Influence of operating parameters on the image. Preparation of chemical samples for SEM.
3. Transmission Electron Microscopy (TEM): Insight into the Nanostructure of Materials: Principle of operation and structure of TEM, imaging in bright field (BF) and dark field (DF), diffraction and mass-thickness contrast. High-resolution imaging (HRTEM). Preparation of ultrathin samples (methods, challenges).
4. X-ray Microanalysis in Electron Microscopy (EDS/WDS): Principle of generating characteristic X-rays. EDS spectroscopy: qualitative and quantitative analysis of elemental composition, mapping. EDS limitations. Comparison with WDS (resolution, sensitivity).
5. Electron Diffraction (SAED) and Energy Loss Spectroscopy (EELS): Identification of crystal structure by selected area electron diffraction (SAED) – interpretation of diffraction patterns. EELS basics: analysis of light elements and chemical bonds.
6. ME in Materials and Ceramics Chemistry: Characterization of morphology, size and composition of ceramic and oxide powders; analysis of homogeneity and impurities (SEM/TEM/EDS).
7. ME in Nanoparticle Research: Precise determination of size, shape and structure of nanoparticles (metals, oxides, quantum dots) using TEM/HRTEM/SAED; composition mapping in core-shell systems (STEM-EDS).
8. ME in Carbon Nanomaterials Analysis: Assessment of quality, morphology, defects and impurities in carbon nanotubes (CNTs) and graphene (SEM/TEM/EDS).
9. ME in Porous Materials Characterization: Study of crystal and cluster morphology (SEM) and structure and crystallinity (TEM) in zeolites, MOFs; confirmation of elemental composition (EDS).
10. ME in Heterogeneous Catalysis: Assessment of powder catalyst morphology and composition (SEM/EDS); visualization, measurement of size and dispersion of active phase nanoparticles on the carrier (TEM/STEM); analysis of composition at the nanoscale (STEM-EDS/EELS).
11. ME in Polymer Chemistry: Characterization of polymer fibers (diameter, surface morphology, nonwoven structure) using SEM.
12. ME in Electrochemistry and Corrosion Research: Observation of morphological changes of battery

electrodes (SEM), mapping of the distribution of elements and degradation products (EDS), study of structural changes (TEM). Analysis of morphology and composition of corrosion products (SEM/EDS).

13. ME in Pharmaceutical Chemistry: Assessment of morphology and size of drug delivery systems (microcapsules, liposomes, polymer nanoparticles) using SEM/TEM.

Lecture:

- full-time studies: 30 h

Number of ECTS credits: 2

Literatura:

1. Carter, C. B., & Williams, D. B. (Eds.). (2016). *Transmission electron microscopy: Diffraction, imaging, and spectrometry*. Springer.
2. Zuo, J. M., & Spence, J. C. (2017). *Advanced transmission electron microscopy*. New York: Springer Science+ Business Media.
3. De Graef, M. (2003). *Introduction to conventional transmission electron microscopy*. Cambridge university press.
4. Zou, X., Hovmöller, S., & Oleynikov, P. (2011). *Electron crystallography: electron microscopy and electron diffraction* (Vol. 16). Oxford University Press.
5. Egerton, R. F. (2005). *Physical principles of electron microscopy* (Vol. 56). New York: Springer.

Bibliography:

1. Carter, C. B., & Williams, D. B. (Eds.). (2016). *Transmission electron microscopy: Diffraction, imaging, and spectrometry*. Springer.
2. Zuo, J. M., & Spence, J. C. (2017). *Advanced transmission electron microscopy*. New York: Springer Science+ Business Media.
3. De Graef, M. (2003). *Introduction to conventional transmission electron microscopy*. Cambridge university press.
4. Zou, X., Hovmöller, S., & Oleynikov, P. (2011). *Electron crystallography: electron microscopy and electron diffraction* (Vol. 16). Oxford University Press.
5. Egerton, R. F. (2005). *Physical principles of electron microscopy* (Vol. 56). New York: Springer.

Efekty uczenia się:

Zna wymagania stawiane nowym materiałom w najbardziej rozwijających się dziedzinach gospodarki
 Zna podstawowe właściwości, zastosowanie oraz technologie wytwarzania wybranych materiałów
 Zna podstawowe zjawiska fizyczne odpowiedzialne za wyjątkowe właściwości materiałów
 Potrafi wskazać kierunki rozwoju wybranych materiałów oraz potencjalne obszary ich zastosowania
 Potrafi samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie

Learning outcomes:

The student knows and understand:
 requirements for new materials in the most developing areas of the industry
 basic properties, applications and production technologies of selected materials
 basic physical phenomena responsible for the unique properties of materials
 Skills
 The student is able to indicate the directions of development of selected materials and potential areas of their application
 Social competence
 The student is ready to independently plan and implement his/her own lifelong learning

Metody i kryteria oceniania:

Wykład
 Zaliczenie pisemne w formie testu zawierającego pytania otwarte lub wielokrotnego wyboru. Kryterium zaliczenia: minimum 50% poprawnych odpowiedzi.

Assessment methods and assessment criteria:

Lecture
 Written test with open or multiple choice questions. Passing criterion: minimum 50% correct answers.

Przynależność do grup przedmiotów w cyklach:
Element of course groups in various terms:

Opis grupy przedmiotów Course group description	Cykl pocz. First term	Cykl kon. Last term
przedmioty obieralne studia stacjonarne stopień studiów – dowolny kierunek studiów – dowolny, semestr dowolny elective courses full-time degree - any field of study - any semester - any	2025/2026	