

Nazwa w języku polskim: Mikroskopia klasyczna i skaningowa  
Nazwa w jęz. angielskim: Classical and scanning microscopy

Dane dotyczące zajęć:  
Information on course:

Jednostka oferująca: Instytut Fizyki - CND// prof. dr hab. inż. Jerzy Bodzenta  
Course offered by: Institute of Physics – CSE// prof. dr hab. inż. Jerzy Bodzenta

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Język wykładowy:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| polski                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Language:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| polish                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Strona WWW:<br/>Course homepage:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Skrócony opis:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Przedstawienie możliwości wykorzystania mikroskopii skaningowych w badaniu nanomateriałów i nanostruktur, a także wykorzystania układu mikroskopu skaningowego w technologii. Kategoria mikroskopii skaningowych obejmuje szeroki zakres metod obrazowania, połączonych często z możliwością wykonania pomiarów ilościowych. Skupiono się na najczęściej stosowanych obecnie mikroskopach skaningowych – mikroskopii elektronowej oraz mikroskopach ze skanującą sondą: sił atomowych i sił elektrycznych. Zakres zagadnień uzupełniono o skaningowe mikroskopy optyczne oraz pomiary mikroskopowe z wykorzystaniem spektroskopii elektronowych.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Short description:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Presentation of the possibilities of using scanning microscopy in the study of nanomaterials and nanostructures, as well as the use of the scanning microscope system in technology. The category of scanning microscopy includes a wide range of imaging methods, often combined with the possibility of performing quantitative measurements. The focus is on the most commonly used scanning microscopies today - electron microscopy and scanning probe microscopies: atomic forces and electric forces. The scope of issues is supplemented with scanning optical microscopies and microscopic measurements using electron spectroscopy.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Opis:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Treści programowe</b><br><b>Wykład</b><br>1) Mikroskopia klasyczna a mikroskopia skaningowa – porównanie.<br>2) Działanie transmisyjnego mikroskopu elektronowego, rodzaje kontrastu. Próbki do transmisyjnej mikroskopii elektronowej – wymagania i metody przygotowania Skaningowy transmisyjny mikroskop elektronowy – możliwości.<br>3) Skaningowa mikroskopia elektronowa – oddziaływania wykorzystywane do tworzenia obrazu Podstawowe elementy budowy skaningowego mikroskopu elektronowego. Rodzaje i źródła kontrastu w skaningowej mikroskopii elektronowej.<br>4) Wykorzystanie zogniskowanej wiązki jonów w badaniach materiałów i technologii.<br>5) Skaningowa mikroskopia tunelowa - zasada pomiaru, tryby pracy, możliwości i ograniczenia. Mikroskopia sił atomowych – zasada pomiaru, budowa mikroskopu, tryby pracy.<br>6) Model oddziaływania ostrze sondy-próbka w mikroskopii sił atomowych. Metody pomiaru siły oddziaływania ostrze-próbka w mikroskopie sił atomowych. Źródła zniekształcenia obrazu w mikroskopii sił atomowych – rodzaje, identyfikacja, unikanie.<br>7) Statyczna mikroskopia sił atomowych – wybór sondy, tryby pomiarowe i metody pokrewne.<br>8) Dynamiczna mikroskopia sił atomowych – tryb modulacji amplitudy, tryb modulacji częstotliwości, tryb kontaktu przerywanego.<br>9) Szybka mikroskopia sił atomowych.<br>10) Mikroskopia sił elektrostatycznych i mikroskopia sondy Kelvina. Mikroskopy oparte na pomiarach elektrycznych. Mikroskopia sił magnetycznych.<br>11) Skaningowa mikroskopia cieplna. Mikroskopy specjalne.<br>12) Mikroskopia konfokalna. Mikroskopia optyczna pola bliskiego. Mikroskopia ramanowska.<br>13) Wykorzystanie mikroskopów skaningowych w nanotechnologii i nanopomiarach. |

- 14) Mikroskopia korelacyjna. Porównanie rozdzielczości przestrzennej mikroskopii skaningowych.
- 15) Sprawdzian pisemny.

#### **Wykład**

- **stacjonarne: 30 h**

**Liczba punktów ECTS: 2**

#### **Lecture**

- 1) Classical and scanning electron microscopy – comparison.
- 2) Transmission electron microscope operation, types of contrast. Samples for transmission electron microscopy – requirements and preparation methods. Scanning transmission electron microscope – possibilities.
- 3) Scanning electron microscopy – interactions used to create an image. Basic elements of the scanning electron microscope structure. Types and sources of contrast in scanning electron microscopy.
- 4) Use of a focused ion beam in materials and technology research.
- 5) Scanning tunneling microscopy – measurement principle, operating modes, possibilities and limitations. Atomic force microscopy – measurement principle, microscope structure, operating modes.
- 6) Model of probe tip-sample interaction in atomic force microscopy. Methods of measuring the tip-sample interaction force in atomic force microscopy. Sources of image distortion in atomic force microscopy – types, identification, avoidance.
- 7) Static atomic force microscopy – probe selection, measurement modes and related methods.
- 8) Dynamic atomic force microscopy – amplitude modulation mode, frequency modulation mode, intermittent contact mode.
- 9) Fast atomic force microscopy.
- 10) Electrostatic force microscopy and Kelvin probe microscopy. Microscopies based on electrical measurements. Magnetic force microscopy.
- 11) Scanning thermal microscopy. Special microscopies.
- 12) Confocal microscopy. Near-field optical microscopy. Raman microscopy.
- 13) Use of scanning microscopes in nanotechnology and nanomeasurements.
- 14) Correlative microscopy. Comparison of spatial resolution of scanning microscopies.
- 15) Written test.

#### **Lecture:**

- **full-time studies: 30 h**

**Number of ECTS credits: 2**

#### **Literatura:**

A. Oleś, Metody doświadczalne fizyki ciała stałego, WNT, Warszawa 1998.  
 Nanotechnologie, redaktorzy: R.W. Kelsall, I.W. Hamley, M. Geoghegan, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.  
 Handbook of microscopy for nanotechnology, Editors: N. Yao, Z.L. Wang, Kluwer Academic Publishers, Boston 2005.  
 Nanotechnology, vol. 6: Nanoprobes, Editor: H. Fuchs, Wiley-VCH, Weinheim 2009.

#### **Bibliography:**

A. Oleś, Metody doświadczalne fizyki ciała stałego, WNT, Warszawa 1998.  
 Nanotechnologie, redaktorzy: R.W. Kelsall, I.W. Hamley, M. Geoghegan, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.  
 Handbook of microscopy for nanotechnology, Editors: N. Yao, Z.L. Wang, Kluwer Academic Publishers, Boston 2005.  
 Nanotechnology, vol. 6: Nanoprobes, Editor: H. Fuchs, Wiley-VCH, Weinheim 2009.

#### **Efekty uczenia się:**

Zna i rozumie zasadę działania mikroskopów skaningowych

#### **Learning outcomes:**

Knows and understands the operating principle of scanning microscopes

#### **Metody i kryteria oceniania:**

Wykład

Zaliczenie w formie sprawdzianu pisemnego. Kryterium zaliczenia: ponad 50% punktów ze sprawdzianu.

**Assessment methods and assessment criteria:**

Lecture

Passing the course in the form of written test. Criterion for passing the course: more than >50% of the test points.

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

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