**Nazwa przedmiotu:**

Laboratorium wytwarzania materiałów nanostrukturalnych

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Wanda Ziemkowska, profesor uczelni

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1070-ICIPN-MSP-104

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

6

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu studiów 75
2. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów etc. 5
3. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych etc. 25
4. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia etc. 15
Sumaryczny nakład pracy studenta 120

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

-

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

-

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 0h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 75h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Brak wymagań wstępnych.
Studenci otrzymują instrukcje do wykonania ćwiczeń laboratoryjnych w formie elektronicznej.

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

1. Student powinien mieć ogólną wiedzę teoretyczną na temat budowy i metod syntezy nanomateriałów i nanostruktur takich jak organiczne materiały porowate typu MOF i COF, kropki kwantowe, półprzewodniki organiczne, koloidy i nanotlenki metali, nanostrukturalne proszki metaliczne, nanokrystaliczne stopy miękkie magnetycznie i lakiernicze powłoki nanokompozytowe
2. Student powinien posiadać praktyczne umiejętności pracy w atmosferze gazu obojętnego,
3. Student powinien posiadać praktyczne umiejętności z zakresu syntezy organicznych materiałów porowatych typu MOF i COF, kropek kwantowych, półprzewodników organicznych, koloidów, nanotlenków metali, nanostrukturalnych proszków metalicznych, nanokrystalicznych stopów miękkich magnetycznie i lakierniczych powłok nanokompozytowych jak również zapoznanie się z metodami charakteryzacji ich budowy i właściwości fizyko-chemicznych.
4. student powinien zebrać i opracować w formie pisemnego sprawozdania otrzymane wyniki doświadczalne

**Treści kształcenia:**

Laboratorium
1. Synteza ceramicznych nanocząstek metodą zol-żel. Celem laboratorium jest zapoznanie studentów z metodą zol-żel jako najbardziej typową metodą syntezy nanocząstek. W trakcie ćwiczenia zostaną otrzymane nanotlenki glinu, tytanu i nanokrzemionka metodą suchą i mokrą. Następnie nanoproszki zostaną scharakteryzowane w następujący sposób: (1) pomiary gęstości na piknometrze helowym AccuPyc II 1340 (Micromeritics), (2) badania potencjału zeta, średniej wielkości cząstek oraz rozkładu wielkości cząstek na urządzeniu Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments).
2. Usuwanie jonów metali ciężkichprzy użyciu hydrożeli zawierających tlenek grafenu. Celem laboratorium jest zapoznanie studentów z podstawowymi metodami otrzymywania hydrożeli, ich modyfikacji przy użyciu tlenku grafenu (GO) i badanie zdolności usuwania jonów metali ciężkich z wody. W ramach ćwiczenia studenci będą mieli za zadanie przygotowanie hydrożeli z dodatkiem tlenku grafenu i ocenę ich zdolności usuwania jonów metali ciężkich z wody.
3. Charakterystyka spektroskopowa i elektrochemiczna małocząsteczkowych i wielkocząsteczkowych półprzewodników organicznych. Celem laboratorium jest zapoznania się z podstawowymi urządzeniami testowymi bazującymi na organicznych półprzewodnikach, tranzystorach polowych, ogniwach fotowoltaicznych i organicznych diodach emitujących światło. Ponadto w czasie ćwiczenia są projektowane syntezy wybranych małocząsteczkowych i wielkocząsteczkowych półprzewodników, analiza widm absorpcyjnych, widm emisji, wyników badań elektrochemicznych (woltamperometria cykliczna i różnicowa), wyznaczanie optycznej i elektrochemicznej przerwy energetycznej, potencjału jonizacji, powinowactwa elektronowego wybranych modelowych organicznych małocząsteczkowych i wielkocząsteczkowych półprzewodników.
4. Koloidy. Celem laboratorium jest zapoznanie studentów z praktycznymi aspektami chemii koloidów, w szczególności z metodami ich charakteryzacji i stabilizowania. W ramach ćwiczenia wykonywana jest charakteryzacja mieszaniny cząstek lateksu i mikrocząstek mineralnych, a także wytworzenie i charakteryzacja modelowych liposomów.
5. Nanokrystaliczne stopy miękkie magnetycznie. Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentow z wytwarzaniem stopow nanokrystalicznoamorficznych metodą częściowej krystalizacji szkieł metalicznych oraz z metodami badania struktury i właściwości tych stopow. Omowiona będzie rownieŜ korelacja mikrostruktury i właściwości stopow nanokrystalicznych na bazie Ŝelaza, ze szczegolnym uwzględnieniem właściwości magnetycznych.
6. Nanostrukturalne proszki metaliczne. Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z metodą mechanicznego mielenia proszków metali w młynku kulowym oraz badanie wybranych właściwości uzyskanych materiałów o nanokrystalicznej strukturze. W ramach ćwiczenia studenci obserwują na mikroskopie świetlnym cząstki proszku przed i po procesie mielenia (zmiana morfologii i wielkości cząstek), wykonują i analizują dyfrakcyjny zapis rentgenowski proszku wyjściowego i po mieleniu, obliczają wielkość nanometrycznych krystalitów, wykonują zgłady metalograficzne z obu rodzajów proszku i mierzą mikrotwardość (wpływ nanostruktury na właściwości mechaniczne).
7. Organiczne materiały porowate typu COF. Celem zajęć jest otrzymanie wybranego organicznego materiału porowatego typu COF (ang. Covalent Organic Framework) oraz zbadanie jego właściwości sorpcyjnych poprzez wyznaczenie izotermy adsorpcji diazotu N2 w temperaturze 77 K.
8. Otrzymywanie i charakteryzacja zredukowanego tlenku grafenu. Celem laboratorium jest zapoznanie studentów z podstawami wytwarzania nanomateriałów węglowych. Zadaniem studentów jest otrzymanie zredukowanego tlenku grafenu z wykorzystaniem różnych czynników redukujących. Uzyskane materiały zostaną poddane analizie fizykochemicznej mającej na celu ilościową i jakościową ocenę stopnia redukcji tlenku grafenu.
9. Wytwarzanie kompozytów polimerowych. Celem laboratorium jest zapoznanie studentów z podstawowymi metodami wytwarzania nanokompozytów polimerowych. W ramach ćwiczenia studenci będą mieli za zadanie przygotowanie nanokompozytów polimerowych z dodatkiem nanomateriałów węglowych (tlenku grafenu, zredukowanego tlenku grafenu) i ocenę jakości wytworzonych kompozytów – rozmieszczenie napełniacza w osnowie przy wykorzystaniu mikroskopu optycznego, badanie składu chemicznego przy użyciu spektroskopii w podczerwieni (FT-IR) oraz badanie stopnia krystaliczności poprzez pomiary różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) i spektroskopii FT-IR.
10. Synteza i charakterystyka kropek kwantowych ZnO. W ramach ćwiczenia studenci przeprowadzą syntezę kropek kwantowych ZnO stabilizowanych wybranym ligandem organicznym (z grupy alkoholi, amin, karboksylanów lub amidów) metodą zol-żel i z wykorzystaniem prekursora metaloorganicznego. Następnie scharakteryzują uzyskane materiały wybranymi technikami analitycznymi i porównają otrzymane wyniki dla obu próbek. Jednocześnie studentom przedstawiony zostanie do rozwiązania praktyczny problem analityczny.
11. Lakiernicze powłoki nanokompozytowe charakteryzujące się walorami samosterylizującymi. Celem laboratorium jest zapoznanie studentów z techniką pokrywania materiałów opakowaniowych lakierniczymi powłokami nanokompozytowymi, dzięki którym pokrywane materiały zyskują właściwości biobójcze, oraz zbadanie wybranych właściwości uzyskanych powłok w odniesieniu do parametrów ich wytwarzania. Studenci samodzielnie przeprowadzą syntezę biobójczych nanocząstek kompozytowych uproszczoną metodą zol-żel i przygotują powłoki lakiernicze a następnie poddadzą badaniom mikrobiologicznym z wykorzystaniem prostych testów półilościowych.
12. Otrzymywanie koloidalnych nanokryształów CdSe. Celem laboratorium jest zapoznanie studentów z podstawowymi metodami otrzymywania, koloidalnych nanokryształów półprzewodnikowych. W pierwszej części zajęć studenci zostaną zapoznani z podstawami teoretycznymi otrzymywania koloidalnych nanokryształów dwuskładnikowych półprzewodników. Zostaną omówione podstawowe preparatyki (heating-up i hot-injection) otrzymywania koloidalnych nanokryształów, metody kontroli etapu zarodkowania i wzrostu nanokryształów pozwalające na otrzymywanie nanokryształów o różnym kształcie i rozmiarze. W ramach zajęć studenci zostaną zapoznani z podstawowymi pojęciami związanymi z syntezą nanokryształów półprzewodnikowych, prekursor, ligand, rozpuszczalnik.

**Metody oceny:**

1. wykonanie projektu
2. referat
3. sprawozdanie
4. dyskusja
5. sprawdzian ustny

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Synteza ceramicznych nanocząstek metodą zol-żel. Instrukcja do ćwiczenia.
2. Usuwanie jonów metali ciężkich przy użyciu hydrożeli zawierających tlenek grafenu. Instrukcja do ćwiczenia.
3. Charakterystyka spektroskopowa i elektrochemiczna małocząsteczkowych i wielkocząsteczkowych półprzewodników organicznych. Instrukcja do ćwiczenia.
4. Koloidy. Instrukcja do ćwiczenia.
5. Nanokrystaliczne stopy miękkie magnetycznie. Instrukcja do ćwiczenia.
6. Nanostrukturalne proszki metaliczne. Instrukcja do ćwiczenia.
7. Organiczne materiały porowate typu COF. Instrukcja do ćwiczenia.
8. Otrzymywanie i charakteryzacja zredukowanego tlenku grafenu. Instrukcja do ćwiczenia.
9. Wytwarzanie kompozytów polimerowych. Instrukcja do ćwiczenia.
10. Synteza i charakterystyka kropek kwantowych ZnO. Instrukcja do ćwiczenia.
11. Lakiernicze powłoki nanokompozytowe charakteryzujące się walorami samosterylizującymi. Instrukcja do ćwiczenia.
12. Otrzymywanie koloidalnych nanokryształów CdSe. Instrukcja do ćwiczenia.
Literatura dodatkowa:
13. Nanomateriały inżynierskie, konstrukcyjne i funkcjonalne”, PWN 2010, pod red. K. Kurzydłowski, M. Lewandowska.
14. Nanotechnologie”, PWN, 2008, pod red. R.W. Kelsall i inni, red. naukowa przekładu K. Kurzydłowski.
15. Grafen: otrzymywanie, charakterystyka, zastosowania”, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 2016, A. Huczko, A. Dąbrowska, M. Kurcz.
16. Polimery. Otrzymywanie, metody badawcze i zastosowania”, PWN, 2018, J.F. Rabek.
17. Podstawy spektrofotometrii UV-VIS (J. Minczewski, Z. Marczenko, Chemia Analityczna Tom 3).
18. A. P. Côté, A. I. Benin, N. W. Ockwig, M. O'Keeffe, A. J. Matzger and O. M. Yaghi, Porous, Crystalline, Covalent Organic Frameworks, Science, 2005, 310, 1166-1170.
19. X. Feng, X. Ding and D. Jiang, Covalent Organic Frameworks, Chem. Soc. Rev., 2012, 41, 6010-6022.
20. K. Gontarczyk, W. Bury, J. Serwatowski, P. Wieciński, K. Woźniak, K. Durka, S. Luliński, Hybrid Triazine-Boron Two-Dimensional Covalent Organic Frameworks: Synthesis, Characterization, and DFT Approach to Layer Interaction Energies, ACS Appl. Mater. Interfaces, 2017, 9, 31129-31141.
21. Z. A. Al-Othman, A Review: Fundamental Aspects of Silicate Mesoporous Materials, Materials, 2012, 5, 2874-2902.
22. B. Szczęśniak, J. Choma, M. Jaroniec, „Otrzymywanie i właściwości adsorpcyjne materiałów grafenowych” Wiadomości chemiczne 70, 2016, 3-4.
23. F. Pendolino and N. Armata, Graphene Oxide in Environmental Remediation Process, Springer Briefs in Applied Sciences and Technology.
24. Sukang B. et all , Nature Nanotechnology, 5 (8) 2010, pp. 574-578 8.
25. A. Huczko, A. Dąbrowska, M. Kurcz, „Grafen: otrzymywanie, charakterystyka, zastosowania”, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 2016.
26. Heyong H., Klinowski J., Forster M., 1998, A new structural model for graphite oxide, Chemical Physics Letters, 287, 53 – 56.
27. Tretinnikov, O., Zagorskaya, S. A. (2012). Determination of the degree of crystallinity of poly(vinyl alcohol) by FTIR spectroscopy. Journal of Applied Spectroscopy. 79, 521 – 526.
28. Gaaz, T., Bakar, A., Akhtar, M., Amir, A., Kadhum, H., Mohamad, A. B., Al-Amiery, A., Mcphee, D.J. (2016). Properties and Applications of Polyvinyl Alcohol, Halloysite Nanotubes and Their Nanocomposites. Molecules. 20.
29. Guirguis, O. and Moselhey, M. (2012) Thermal and structural studies of poly (vinyl alcohol) and hydroxypropyl cellulose blends. Natural Science, 4, 57-67.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

Przedmiot jest realizowany w formie ćwiczeń laboratoryjnych.
Student musi wziąć udział w 7 ćwiczeniach (każde 2 dni po 5 godzin).
Przed zajęciami student powinien zapoznać się z instrukcją wykonywania danego ćwiczenia.
Weryfikacja osiągnięcia efektów uczenia się jest dokonywana na podstawie wyników wstępnego kolokwium (pisemnego lub ustnego), aktywności w czasie zajęć laboratoryjnych, kolokwium końcowego (pisemnego lub ustnego) i sprawozdania.
Sprawozdanie (jedno dla całej grupy) należy dostarczyć prowadzącemu najpóźniej po 1 tygodniu od zajęć.
Prowadzący wystawiają studentom oceny z każdego ćwiczenia i przesyłają koordynatorowi przedmiotu.
Ocena końcowa z przedmiotu jest obliczana w następujący sposób: suma 7 ocen cząstkowych jest dzielona przez 7.
W przypadku nieobecności studenta na 1 lub więcej ćwiczeń spowodowanej udokumentowanym wypadkiem losowym, koordynator wyznacza dodatkowy termin ćwiczenia.
Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnych ocen z wszystkich 7 ćwiczeń i tym samym pozytywnej oceny końcowej z przedmiotu.
W przypadku błędów w sprawozdaniu studenci mają obowiązek poprawiać je do momentu uzyskania pozytywnej oceny od prowadzącego.
Ocena końcowa z przedmiotu jest obliczana w następujący sposób: suma 7 ocen cząstkowych jest dzielona przez 7.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Zna zaawansowane techniki syntezy nanomateriałów i nanostruktur, w tym metodę pracy w atmosferze gazu obojętnego (technika Schlenka).

Weryfikacja:

wykonanie projektu, referat, sprawozdanie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_W01, K2\_W02, K2\_W09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka W2:**

Zna metody charakterystyki budowy nanomateriałów i nanostruktur oraz właściwości fizyko-chemicznych otrzymanych materiałów.

Weryfikacja:

wykonanie projektu, referat, sprawozdanie, dyskusja

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_W09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

Posiada umiejętności korzystania z danych literaturowych i internetowych w celu samodzielnego rozwiązywania zadanych problemów.

Weryfikacja:

dyskusja, sprawdzian ustny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U01, K2\_U02, K2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, I.P7S\_UK

**Charakterystyka U2:**

Potrafi otrzymać, scharakteryzować i zbadać własności nanomateriałów i nanostruktur.

Weryfikacja:

wykonanie projektu, referat, sprawozdanie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U04, K2\_U05, K2\_U07, K2\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.o, P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, I.P7S\_UK

**Charakterystyka U3:**

Potrafi opracować i przedyskutować sprawozdanie z otrzymanych wyników badań.

Weryfikacja:

sprawozdanie, dyskusja, sprawdzian ustny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U05, K2\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, I.P7S\_UK

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KS1:**

Potrafi pracować samodzielnie nad zadanym zagadnieniem – problemem naukowym oraz podsumować otrzymane wyniki w celu ich zaprezentowania.

Weryfikacja:

sprawozdanie, dyskusja, sprawdzian ustny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_K01, K2\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KK, I.P6S\_KR, P6U\_K, I.P6S\_KK