

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2018/2019

Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki

Kierunek studiów: Nanotechnologie i nanomateriały

Profil: Praktyczny

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: NN

Stopień studiów: I

Specjalności: Inżynieria nanostruktur

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                       |
|-----------------------------------------|-----------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Fizyka polimerów      |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Polymer Physics       |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WFMiI NN pIS F7 18/19 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty wybieralne |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 4.00                  |
| SEMESTRY                                | 6                     |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | SEMINARIUM | PROJEKT |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|------------|---------|
| 6       | 30     | 0         | 0            | 0                                | 30         | 0       |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie studentów z podstawowymi pojęciami fizyki polimerów, ich mikrostrukturą, architekturą, fraktalnym charakterem konformacji i z różnymi rodzajami polimerowych substancji.

**Cel 2** Zapoznanie studentów ze statystyką konformacyjną makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych oraz różnymi modelami idealnego łańcucha polimerowego.

- Cel 3** Zapoznanie studentów z efektem oddziaływań wyłączonej objętości dla łańcuchów rzeczywistych, energią oddziaływań dalekiego zasięgu, teorią Floryego dla łańcucha polimerowego w dobrym rozpuszczalniku.
- Cel 4** Zapoznanie studentów ze sprężystymi właściwościami łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych, oraz statystyki konformacyjnej i termodynamiki łańcucha zamkniętego w porze cylindrycznym, a także pomiędzy dwoma powierzchniami.
- Cel 5** Zapoznanie studentów ze zjawiskiem adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego i jej opisem z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego.
- Cel 6** Zapoznanie studentów z termodynamiką mieszanin roztworów polimerowych i teorią Floryego - Hugginsa dla mieszanin dwuskładnikowych, pojęciami równowagi termodynamicznej, lokalnej stabilności mieszaniny i diagramu fazowego.
- Cel 7** Zapoznanie studentów z termodynamiką rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i skoncentrowanych roztworów polimerowych i przeprowadzenie szczegółowej analizy diagramu fazowego roztworów polimerowych.
- Cel 8** Zapoznanie studentów z wypadkowym rozgałęzieniem makrocząsteczek, różnymi modelami sieci polimerowych i elastycznością polimerów usieciowanych.
- Cel 9** Zapoznanie studentów z dynamiką łańcucha polimerowego, modelem Rousea i modelem Zimma.

#### 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Opanowanie materiału z przedmiotów matematycznych, znajomość fizyki ogólnej i znajomość podstawowych zagadnień z termodynamiki i fizyki statystycznej

#### 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

- EK1 Wiedza** Student ma wiedzę o podstawowych pojęciach fizyki polimerów, ich mikrostrukturze, architekturze, fraktalnym charakterze konformacji i różnych rodzajach polimerowych substancji.
- EK2 Umiejętności** Student potrafi przeprowadzić obliczenia w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych oraz zna różne modele idealnego łańcucha polimerowego.
- EK3 Wiedza** Student ma wiedzę na czym polega efekt oddziaływań wyłączonej objętości dla łańcuchów rzeczywistych, potrafi wyliczyć energię oddziaływań dalekiego zasięgu, zna jak przeprowadzić obliczenia w ramach teorii Floryego dla łańcucha polimerowego w dobrym rozpuszczalniku.
- EK4 Umiejętności** Student potrafi wyliczyć sprężyste właściwości łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych, oraz zna jak przeprowadzić obliczenia ze statystyki konformacyjnej i termodynamiki łańcucha zamkniętego w porze cylindrycznym, a także pomiędzy dwoma powierzchniami.
- EK5 Umiejętności** Student potrafi przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego.
- EK6 Wiedza** Student ma wiedzę jak przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk mieszanin roztworów polimerowych z wykorzystaniem teorii Floryego - Hugginsa, zna na czym polegają pojęcia równowagi termodynamicznej, lokalnej stabilności mieszaniny i jak otrzymuje się diagram fazowy.
- EK7 Umiejętności** Student potrafi przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych i potrafi przeprowadzić szczegółową analizę diagramu fazowego roztworów polimerowych.
- EK8 Wiedza** Student zna na czym polega rozgałęzienie makrocząsteczek, zna różne modele dla polimerów usieciowanych i jak można wyliczyć elastyczność takich sieci.
- EK9 Wiedza** Student ma wiedzę jak przeprowadzić obliczenia w ramach modelu Rousea i modelu Zimma dla podstawowych charakterystyk, opisujących dynamikę pojedynczego łańcucha polimerowego.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Historia nauk o polimerach. Polimery w otaczającym nas świecie. Mikrostruktura polimerów. Homopolimery. Architektura polimerów. Heteropolimery. Fraktalny charakter konformacji polimeru. Rodzaje polimerowych substancji: A) Ciecze polimerowe. Roztwory polimerowe. Stopy polimerowe; B) Twarde polimery C) Polimery ciekłokrystaliczne.                                                                                                                                                                                                                             | 3                |
| <b>W2</b> | Rotacja wewnętrzna, giętkość i wewnętrzne stopnie swobody polimerów. Konformacje giętkiego idealnego łańcucha. Model swobodnie połączonych segmentów. Promień bezwładności łańcucha idealnego. Promień bezwładności łańcucha giętkiego. Inne modele idealnego łańcucha. Polimery sztywne i półsztywne. Statystyka konformacyjna idealnego łańcucha polimerowego. Gaussowski rozkład statystyczny wektorów koniec-koniec idealnego łańcucha. Łańcuch gaussowski. Energia swobodna łańcucha idealnego i entropia konfiguracyjna. Korelacyjna funkcja idealnego polimeru. | 6                |
| <b>W3</b> | Oddziaływania wyłączonej objętości: a) f- funkcja Mayera; b) asymetryczne mery. Klasyfikacja rozpuszczalników. Energia oddziaływań dalekiego zasięgu. Teoria Floryego dla łańcucha polimerowego w dobrym rozpuszczalniku. Metoda grup renormalizacji (RG). Zakres korelacji termicznej.                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3                |
| <b>W4</b> | Łańcuch idealny i rzeczywisty w polu oddziaływań zewnętrznych: a) sprężyste właściwości łańcucha idealnego i rzeczywistego ; b) łańcuch zamknięty w porze cylindrycznym; c) łańcuch zamknięty w szczelinie pomiędzy dwoma powierzchniami.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2                |
| <b>W5</b> | Adsorpcja pojedynczego łańcucha: a) metoda skalowania; b) teoria Floryego adsorbowanego łańcucha.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                |
| <b>W6</b> | Termodynamika mieszaniny roztworów polimerowych. Entropia dwuskładnikowych mieszanin. Energia dwuskładnikowych mieszanin. Teoria Floryego Hugginsa. Równowaga i stabilność. Diagram fazowy.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 5                |
| <b>W7</b> | Diagram fazowy dla roztworu polimerowego: a) rozpuszczalnik; b) zły rozpuszczalnik; c) dobry rozpuszczalnik. Napółrozcieńczone rozpuszczalniki.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3                |
| <b>W8</b> | Makrocząsteczki rozgałęzione. Elastyczność polimerów usieciowanych. Termodynamika sieci polimerowych. Gaussowskie modele elastyczności sieci polimerowej. Elastyczność sieci idealnej. Model sieci afinicznej. Model sieci fantomowej. Sieć z uwięzionymi węzłami. Zależność naprężenia od odkształcenia. Parametr pamięci i równanie stanu elastyczności sieci. Równanie Mooneya-Rivlina. Pęcznienie sieci polimerowej.                                                                                                                                               | 3                |
| <b>W9</b> | Dynamika łańcucha polimerowego. Model Rousea. Model Zimma. Wewnętrzna lepkość. Mody relaksacji pojedynczego łańcucha polimerowego.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3                |

| SEMINARIUM |                                                                        |                  |
|------------|------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP         | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                 | LICZBA<br>GODZIN |
| S1         | Tematyka seminarium ściśle związana z tematyką poszczególnych wykładów | 30               |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Prezentacje multimedialne

N3 Ćwiczenia projektowe

N4 Konsultacje

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 60                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 30                                                      |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 30                                                      |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 30                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 30                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 30                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>210</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 4.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Projekt indywidualny

F3 Odpowiedź ustna

F4 Egzamin pisemny

## OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

## KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | brak wiedzy z materiałów wykładu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 3.0        | 55%-60% materiału z wykładu o podstawowych pojęciach fizyki polimerów, ich mikrostrukturze, architekturze, fraktalnym charakterze konformacji i różnych rodzajach polimerowych substancji.                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.5        | 61%-70% materiału z wykładu o podstawowych pojęciach fizyki polimerów, ich mikrostrukturze, architekturze, fraktalnym charakterze konformacji i różnych rodzajach polimerowych substancji.                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 4.0        | 71%-80% materiału z wykładu o podstawowych pojęciach fizyki polimerów, ich mikrostrukturze, architekturze, fraktalnym charakterze konformacji i różnych rodzajach polimerowych substancji.                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 4.5        | 81%-90% materiału z wykładu o podstawowych pojęciach fizyki polimerów, ich mikrostrukturze, architekturze, fraktalnym charakterze konformacji i różnych rodzajach polimerowych substancji.                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 5.0        | 91%-100% materiału z wykładu o podstawowych pojęciach fizyki polimerów, ich mikrostrukturze, architekturze, fraktalnym charakterze konformacji i różnych rodzajach polimerowych substancji.                                                                                                                                         |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 2.0        | brak wiedzy z materiałów wykładu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 3.0        | 55%-60% materiału z wykładu o obliczeniach w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych.                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 3.5        | 61%-70% materiału z wykładu o obliczeniach w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych. Student potrafi przeprowadzić obliczenia w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych.                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | 71%-80% materiału z wykładu o obliczeniach w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych. Student potrafi przeprowadzić obliczenia w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych.                                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | 81%-90% materiału z wykładu o obliczeniach w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych. Student potrafi przeprowadzić obliczenia w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych oraz zna różne modele idealnego łańcucha polimerowego. |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 5.0        | 91%-100% materiału z wykładu o obliczeniach w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych. Student potrafi przeprowadzić obliczenia w ramach statystyki konformacyjnej dla makrocząsteczek giętkich, sztywnych i napółsztywnych oraz zna różne modele idealnego łańcucha polimerowego.                                     |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 2.0        | brak wiedzy z materiałów wykładu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 3.0        | 55%-60% materiału z wykładu o efekcie oddziaływań wyłączonej objętości dla łańcuchów rzeczywistych.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 3.5        | 55%-60% materiału z wykładu o efekcie oddziaływań wyłączonej objętości dla łańcuchów rzeczywistych.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.0        | 71%-80% materiału z wykładu o efekcie oddziaływań wyłączonej objętości dla łańcuchów rzeczywistych, Student potrafi wyliczyć energię oddziaływań dalekiego zasięgu, zna jak przeprowadzić obliczenia w ramach teorii Florygo dla łańcucha polimerowego w dobrym rozpuszczalniku.                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.5        | 81%-90% materiału z wykładu o efekcie oddziaływań wyłączonej objętości dla łańcuchów rzeczywistych, Student potrafi wyliczyć energię oddziaływań dalekiego zasięgu, zna jak przeprowadzić obliczenia w ramach teorii Florygo dla łańcucha polimerowego w dobrym rozpuszczalniku.                                                                                         |
| NA OCENĘ 5.0        | 91%-100% materiału z wykładu o efekcie oddziaływań wyłączonej objętości dla łańcuchów rzeczywistych, Student potrafi wyliczyć energię oddziaływań dalekiego zasięgu, zna jak przeprowadzić obliczenia w ramach teorii Florygo dla łańcucha polimerowego w dobrym rozpuszczalniku.                                                                                        |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 2.0        | brak wiedzy z materiałów wykładu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 3.0        | 55%-60% materiału z wykładu o sprężystych właściwościach łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych. Student potrafi wyliczyć sprężyste właściwości łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych.                                                                                                                                |
| NA OCENĘ 3.5        | 61%-70% materiału z wykładu o sprężystych właściwościach łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych. Student potrafi wyliczyć sprężyste właściwości łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych.                                                                                                                                |
| NA OCENĘ 4.0        | 71%-80% materiału z wykładu o sprężystych właściwościach łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych. Student potrafi wyliczyć sprężyste właściwości łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych, oraz zna jak przeprowadzić obliczenia ze statystyki konformacyjnej i termodynamiki łańcucha zamkniętego w porze cylindrycznym. |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.5        | 81%-90% materiału z wykładu o sprężystych właściwościach łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych. Student potrafi wyliczyć sprężyste właściwości łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych, oraz zna jak przeprowadzić obliczenia ze statystyki konformacyjnej i termodynamiki łańcucha zamkniętego w porze cylindrycznym, a także pomiędzy dwoma powierzchniami.  |
| NA OCENĘ 5.0        | 91%-100% materiału z wykładu o sprężystych właściwościach łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych. Student potrafi wyliczyć sprężyste właściwości łańcucha idealnego i rzeczywistego pod wpływem sił zewnętrznych, oraz zna jak przeprowadzić obliczenia ze statystyki konformacyjnej i termodynamiki łańcucha zamkniętego w porze cylindrycznym, a także pomiędzy dwoma powierzchniami. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| NA OCENĘ 2.0        | brak wiedzy z materiałów wykładu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| NA OCENĘ 3.0        | 55%-60% materiału z wykładu o obliczeniach termodynamicznych charakterystyk adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego.                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 3.5        | 61%-70% materiału z wykładu o obliczeniach termodynamicznych charakterystyk adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego.                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 4.0        | 71%-80% materiału z wykładu o obliczeniach termodynamicznych charakterystyk adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego. Student potrafi przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego.                      |
| NA OCENĘ 4.5        | 81%-90% materiału z wykładu o obliczeniach termodynamicznych charakterystyk adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego. Student potrafi przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego.                      |
| NA OCENĘ 5.0        | 91%-100% materiału z wykładu o obliczeniach termodynamicznych charakterystyk adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego. Student potrafi przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk adsorpcji pojedynczego łańcucha idealnego i rzeczywistego z wykorzystaniem metody skalowania oraz Teorii Floryego.                     |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 6 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| NA OCENĘ 2.0        | brak wiedzy z materiałów wykładu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| NA OCENĘ 3.0        | 55%-60% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk mieszanin roztworów polimerowych z wykorzystaniem teorii Floryego - Hugginsa.                                                                                                                                                                                                                                          |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.5        | 61%-70% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk mieszanin roztworów polimerowych z wykorzystaniem teorii Floryego - Hugginsa.                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 4.0        | 71%-80% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk mieszanin roztworów polimerowych z wykorzystaniem teorii Floryego - Hugginsa. Student zna na czym polegają pojęcia równowagi termodynamicznej, lokalnej stabilności mieszaniny i jak otrzymuje się diagram fazowy.                                                                                              |
| NA OCENĘ 4.5        | 81%-90% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk mieszanin roztworów polimerowych z wykorzystaniem teorii Floryego - Hugginsa. Student zna na czym polegają pojęcia równowagi termodynamicznej, lokalnej stabilności mieszaniny i jak otrzymuje się diagram fazowy.                                                                                              |
| NA OCENĘ 5.0        | 91%-100% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk mieszanin roztworów polimerowych z wykorzystaniem teorii Floryego - Hugginsa. Student zna na czym polegają pojęcia równowagi termodynamicznej, lokalnej stabilności mieszaniny i jak otrzymuje się diagram fazowy.                                                                                             |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 7 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| NA OCENĘ 2.0        | brak wiedzy z materiałów wykładu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.0        | 55%-60% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych.                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.5        | 61%-70% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych. Student potrafi przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych.                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | 71%-80% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych. Student potrafi przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych.                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | 81%-90% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych. Student potrafi przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych i potrafi przeprowadzić szczegółową analizę diagramu fazowego roztworów polimerowych.  |
| NA OCENĘ 5.0        | 91%-100% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych. Student potrafi przeprowadzić obliczenia termodynamicznych charakterystyk rozcieńczonych, napółrozcieńczonych i stężonych roztworów polimerowych i potrafi przeprowadzić szczegółową analizę diagramu fazowego roztworów polimerowych. |



| EFEKT KSZTAŁCENIA 8 |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | brak wiedzy z materiałów wykładu.                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 3.0        | 55%-60% materiału z wykładu o rozgałęzieniu makrocząsteczek i o modelach dla polimerów usieciowanych.                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.5        | 61%-70% materiału z wykładu o rozgałęzieniu makrocząsteczek i o modelach dla polimerów usieciowanych. Student zna różne modele dla polimerów usieciowanych.                                                                                                   |
| NA OCENĘ 4.0        | 71%-80% materiału z wykładu o rozgałęzieniu makrocząsteczek i o modelach dla polimerów usieciowanych. Student zna na czym polega rozgałęzienie makrocząsteczek, zna różne modele dla polimerów usieciowanych i jak można wyliczyć elastyczność takich sieci.  |
| NA OCENĘ 4.5        | 81%-90% materiału z wykładu o rozgałęzieniu makrocząsteczek i o modelach dla polimerów usieciowanych. Student zna na czym polega rozgałęzienie makrocząsteczek, zna różne modele dla polimerów usieciowanych i jak można wyliczyć elastyczność takich sieci.  |
| NA OCENĘ 5.0        | 91%-100% materiału z wykładu o rozgałęzieniu makrocząsteczek i o modelach dla polimerów usieciowanych. Student zna na czym polega rozgałęzienie makrocząsteczek, zna różne modele dla polimerów usieciowanych i jak można wyliczyć elastyczność takich sieci. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 9 |                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 2.0        | brak wiedzy z materiałów wykładu.                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 3.0        | 55%-60% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia w ramach modelu Rousea i modelu Zimma dla podstawowych charakterystyk, opisujących dynamikę pojedynczego łańcucha polimerowego.                                                                      |
| NA OCENĘ 3.5        | 61%-70% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia w ramach modelu Rousea i modelu Zimma dla podstawowych charakterystyk, opisujących dynamikę pojedynczego łańcucha polimerowego.                                                                      |
| NA OCENĘ 4.0        | 71%-80% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia w ramach modelu Rousea i modelu Zimma dla podstawowych charakterystyk, opisujących dynamikę pojedynczego łańcucha polimerowego.                                                                      |
| NA OCENĘ 4.5        | 81%-90% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia w ramach modelu Rousea i modelu Zimma dla podstawowych charakterystyk, opisujących dynamikę pojedynczego łańcucha polimerowego.                                                                      |
| NA OCENĘ 5.0        | 91%-100% materiału z wykładu o przeprowadzeniu obliczenia w ramach modelu Rousea i modelu Zimma dla podstawowych charakterystyk, opisujących dynamikę pojedynczego łańcucha polimerowego.                                                                     |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU                                                    | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY  |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------|
| EK1               | K1_W01(od 2017)<br>K1_W02(od 2017)<br>K1_W04(od 2017)<br>K1_U01(od 2017)<br>K1_U04(od 2017)<br>K1_U15(od 2017)<br>K1_K01(od 2017) | Cel 1           | W1 S1             | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK2               | K1_W01(od 2017)<br>K1_W02(od 2017)<br>K1_W04(od 2017)<br>K1_U01(od 2017)<br>K1_U04(od 2017)<br>K1_U15(od 2017)<br>K1_K01(od 2017) | Cel 2           | W2 S1             | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK3               | K1_W01(od 2017)<br>K1_W02(od 2017)<br>K1_W04(od 2017)<br>K1_U01(od 2017)<br>K1_U04(od 2017)<br>K1_U15(od 2017)<br>K1_K01(od 2017) | Cel 3           | W3 S1             | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU                                                    | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY  |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------|
| EK4               | K1_W01(od 2017)<br>K1_W02(od 2017)<br>K1_W04(od 2017)<br>K1_U01(od 2017)<br>K1_U04(od 2017)<br>K1_U15(od 2017)<br>K1_K01(od 2017) | Cel 4           | W4 S1             | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK5               | K1_W01(od 2017)<br>K1_W02(od 2017)<br>K1_W04(od 2017)<br>K1_U01(od 2017)<br>K1_U04(od 2017)<br>K1_U15(od 2017)<br>K1_K01(od 2017) | Cel 5           | W5 S1             | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK6               | K1_W01(od 2017)<br>K1_W02(od 2017)<br>K1_W04(od 2017)<br>K1_U01(od 2017)<br>K1_U04(od 2017)<br>K1_U15(od 2017)<br>K1_K01(od 2017) | Cel 5           | W5 S1             | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU                                                    | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY  |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------|
| EK7               | K1_W01(od 2017)<br>K1_W02(od 2017)<br>K1_W04(od 2017)<br>K1_U01(od 2017)<br>K1_U04(od 2017)<br>K1_U15(od 2017)<br>K1_K01(od 2017) | Cel 7           | W7 S1             | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK8               | K1_W01(od 2017)<br>K1_W02(od 2017)<br>K1_W04(od 2017)<br>K1_U01(od 2017)<br>K1_U04(od 2017)<br>K1_U15(od 2017)<br>K1_K01(od 2017) | Cel 8           | W8 S1             | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK9               | K1_W01(od 2017)<br>K1_W02(od 2017)<br>K1_W04(od 2017)<br>K1_U01(od 2017)<br>K1_U04(od 2017)<br>K1_U15(od 2017)<br>K1_K01(od 2017) | Cel 9           | W9 S1             | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 F4 P1 |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | M. Rubinstein, R.H. Colby — *Polymer Physics*, New York, 2003, Oxford University Press
- [2] | H. Galiny — *Fizyka materiałów polimerowych: Makrocząsteczki i ich układy*, Warszawa, 2008, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | P.-G. de Gennes — *Scaling Concepts in Polymer Physics*, Itaca and London, 1979, Cornell University Press

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. Zoryana Usatenko (kontakt: zusatenko@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr hab. Prof. PK Zoryana Usatenko (kontakt: zusatenko@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....