**Nazwa przedmiotu:**

Reologia płynów roboczych i tworzyw sztucznych wykorzystywanych w pojazdach samochodowych - aspekt praktyczny

**Koordynator przedmiotu:**

Dr hab. inż. Anna Krztoń-Maziopa, prof. uczelni

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inżynieria Pojazdów Elektrycznych i Hybrydowych

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

-

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

1) Liczba godzin kontaktowych/ 65 godzin, w tym:
a) 15 godz. - wykład;
b) 45 godz. - laboratorium;
c) 5 godz. - konsultacje;

2) Praca własna studenta/ 35 godzin, w tym:
a) 15 godz. – studia literaturowe i bieżące przygotowywanie się do laboratoriów;
b) 5 godz. – przygotowywanie się do zaliczenia pisemnego z wykładu
c) 15 godz. – przygotowanie raportów z zajęć laboratoryjnych;

3) RAZEM – 100 godz.

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

5 punktów ECTS – liczba godzin kontaktowych - 65, w tym:
a) 15 godz.- wykład;
b) 45 godz. - laboratorium;
c) 5 godz. - konsultacje;
d) 0 godz. - egzamin;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

4 punktów ECTS – 75 godz. pracy studenta, w tym:
a) 45 godz. – ćwiczenia laboratoryjne;
b) 15 godz. – przygotowywanie się do ćwiczeń laboratoryjnych;
c) 15 godz. – opracowanie wyników, przygotowanie raportów z zajęć laboratoryjnych.

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 15h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 45h |

**Wymagania wstępne:**

podstawowa wiedza z fizyki i materiałoznawstwa

**Limit liczby studentów:**

Zgodnie z Rozporządzeniem Rektora PW

**Cel przedmiotu:**

Wiedza: Poznanie podstaw teoretycznych reologii oraz metod analizy danych umożliwiających określenie parametrów reologicznych służących do oceny/przewidywania zachowania się różnego rodzaju płynów roboczych (płyny hydrauliczne, oleje, smary, płyny magneto- i elektroreologiczne), środków pomocniczych (kleje, lakiery, etc.) oraz wybranych typów tworzyw sztucznych poddawanych zmiennym warunkom termicznym i obciążeniowym w warunkach eksploatacji. Zapoznanie z kryteriami doboru odpowiednich metodyk badawczych dla materiałów eksploatowanych w typowych i skrajnych warunkach pracy.

Umiejętności: Umiejętność doboru metodyk badań, analizy danych z wykorzystaniem reologicznych równań stanu dla badanego układu i wyznaczania parametrów reologicznych do oceny i doboru odpowiednich parametrów użytkowych płynów roboczych, lakierów, elastomerów, etc. Kształcenie umiejętności pracy w zespole.

Kompetencje Społeczne: Świadomość wymagań i ograniczeń w działaniach inżynierskich oraz pozatechnicznych aspektów działalności inżyniera, w tym jej wpływ na środowisko i związaną z tym odpowiedzialność za podejmowane decyzje.

**Treści kształcenia:**

Wykład.
Podstawowe pojęcia reologiczne: odkształcenie, ścinanie, lepkość płynów, prawo Newtona, szybkość ścinania, naprężenie styczne, krzywa płynięcia. Ciała reologicznie doskonałe – modele mechaniczne. Płyny newtonowskie i nienewtonowskie. Klasyfikacja i zastosowanie cieczy nienewtonowskich. Charakterystyki reologiczne cieczy reostabilnych, niestabilnych reologicznie i lepkosprężystych, przykłady. Metody reologiczne w badaniach płynów: reometria kapilarna i rotacyjna – podstawy teoretyczne, systemy pomiarowe, efekty uboczne i metody ich korekcji, najczęstsze problemy z interpretacją wyników. Tiksotropia i reopeksja. Ciecze magnetoreologiczne i elektroreologiczne jako inteligentne płyny robocze – charakterystyka, metody badań i aplikacje. Mechaniczne własności polimerów. Krzywe naprężenie-odkształcenie, prawo Hooke’a. Lepkosprężystość liniowa, pełzanie i relaksacja naprężeń. Zależność lepkosprężystego zachowania się polimerów od temperatury. Równoważność czasowo-temperaturowa, równanie WLF. Lepkosprężystość nieliniowa, zachowanie się elastomerów przy dużych odkształceniach. Plastyczne zachowanie się polimerów, warunek plastyczności. Krzywe obciążenie – wydłużenie. Zjawiska pękania. Wpływ szybkości odkształcania i temperatury na wytrzymałość wybranych tworzyw sztucznych. Zastosowanie metod reologicznych w badaniach elektrolitów: ciekłych, polimerowych, żelowych i układów zawierających napełniacze. Wpływ oddziaływania polimer-napełniacz na charakterystykę reologiczną. Rodzaje wykonywanych badań i analiza wyników w oparciu o dostępne modele reologiczne.

Laboratorium
Zajęcia praktyczne obejmują 9 jednostek laboratoryjnych po 5h. Studenci w ramach zajęć praktycznych zapoznają się z metodykami badań (wiskozymetria kapilarna, reometria rotacyjna, testy oscylacyjne, wyznaczanie charakterystyk płynięcia, krzywych termomechanicznych (DMA) wybranych materiałów i ich analiza, wyznaczanie punktu żelowania, stopnia usieciowania wybranych tworzyw, badania i analiza naprężeń normalnych w układach lepkosprężystych, charakterystyki termoreologiczne i ich interpretacja, badania efektu elektroreolgicznego w płynach, żelach i układach usieciowanych) i analizy danych reologicznych dla wybranych typów płynów eksploatacyjnych, mas plastycznych, tworzyw sztucznych i kompozytów.

**Metody oceny:**

Z przedmiotu wystawiana jest ocena łączna, na którą składają się ocena z wykładu oraz ocena z laboratorium
Wykład zaliczany jest w trybie Z2 tj. na podstawie pisemnego kolokwium lub w formie odpowiedzi ustnej (w razie konieczności wyjaśnienia wątpliwości dotyczącej części pisemnej).
Laboratorium uznaje się za zaliczone jeśli Student zaliczy wszystkie ćwiczenia przewidziane harmonogramem. Ćwiczenie uznaje się za zaliczone po uzyskaniu pozytywnych ocen ze sprawdzianu wstępnego, wykonania ćwiczenia i pisemnego sprawozdania.
Ocenę łączną wyznacza się przyjmując wagę 0,6 dla oceny z kolokwium z wykładu oraz 0,4 dla oceny uzyskanej z laboratorium.
• W uzasadnionych, indywidualnych przypadkach Prowadzący ma prawo zastosować inne wagi przy określaniu oceny łącznej.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

J. Ferguson, Z. Kembłowski „Reologia stosowana płynów”, MARCUS Sc, Łódź 1995, K. Wilczyński „Reologia w przetwórstwie tworzyw sztucznych„ WNT Warszawa 2001,
A. Malkin „Rheology Fundamentals” ChemTec Publishing, Toronto 1994,
A.V. Shenoy “Rheology of filled polymer systems” Kluwer Academic Publishers 1999
T. G. Mezger “The Rheology Handbook: For Users of Rotational and Oscillatory Rheometers” Vincentz Network GmbH & Co KG, 2006
Materiały pomocnicze do ćwiczeń praktycznych z reologii dla studentów SIMR.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka K\_W01:**

Ma wiedzę dotyczącą podstawowych pojęć reologicznych, rodzajów ciał reologicznie doskonałych i ich modeli mechanicznych, płyny newtonowskich i nienewtonowskich. Zna klasyfikację i zastosowania płynów nienewtonowskich, charakterystyki reologiczne cieczy reostabilnych, niestabilnych reologicznie i lepkosprężystych oraz przykłady takich układów.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka K\_W02:**

Ma wiedzę o metodach reometrycznych stosowanych w badaniach płynów: reometria kapilarna i rotacyjna. Zna podstawy teoretyczne metod, systemy pomiarowe, efekty uboczne i metody ich korekcji. Zna podstawy zjawisk tiksotropii i reopeksji. Ma wiedzę dotyczącą płynów magnetoreologicznych i elektroreologicznych jako inteligentnych cieczach roboczych, ich charakterystykach reologicznych, metodach badań i obszarach zastosowań.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W02, K\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka K\_W03:**

Zna mechaniczne własności polimerów i zagadnienia dotyczące lepkosprężystości liniowej i nieliniowej, zjawisk pełzania i relaksacji naprężeń. Ma wiedzę dotyczącą charakterystyk termomechanicznych tworzyw sztucznych, plastycznego zachowania sie polimerów, warunku plastyczności, krzywych obciążenie-wydłużenie, warunku równoważności czasowo-temperaturowej, równania WLF.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W02, K\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka K\_W04:**

Zna zasady doboru odpowiedniej metodyki badawczej dla danego typu materiału, oraz metod analizy danych reologicznych. Ma wiedzę o zastosowaniu metod reologicznych w badaniach elektrolitów: ciekłych, polimerowych, żelowych i układów zawierających napełniacze. Ma wiedzę o wpływie oddziaływań polimer-napełniacz na charakterystyki reologiczne.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04, K\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka K\_W05:**

Ma wiedzę o trendach rozwojowych i nowych rozwiązaniach w zakresie inteligentnych materiałów eksploatacyjnych stosowanych między innymi w tłumieniu drgań konstrukcji samochodowych.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka K\_W06:**

Ma wiedzę o procesach degradacji płynów roboczych, ich ocenie oraz możliwościach ich regeneracji i wykorzystania ich w innych aplikacjach.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W09

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

**Charakterystyka K\_W07:**

Ma podstawową wiedzę w zakresie metod pomiaru i ekstrakcji podstawowych wielkości charakteryzujących właściwości reologiczne badanych materiałów.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej. Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka K\_W08:**

Ma szczegółową wiedzę nt. metod obliczeniowych i narzędzi informatycznych do analizy wyników eksperymentu.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej. Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka K\_U01:**

Potrafi pozyskiwać dodatkowe informacje z literatury, innych źródeł, integrować informacje, dokonywać ich interpretacji i wyciągać wnioski.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej. Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW

**Charakterystyka K\_U02:**

Potrafi zastosować kryteria doboru metodyki badawczych do badanych materiałów eksploatacyjnych z wykorzystaniem kart katalogowych, charakterystyk komponentów opracowanych przez ich producentów.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej. Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW

**Charakterystyka K\_U03:**

Potrafi pracować indywidualnie i w zespole; umie oszacować czas potrzebny na realizację zleconego zadania; potrafi opracować i zrealizować harmonogram prac zapewniający dotrzymanie terminów.

Weryfikacja:

Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UO

**Charakterystyka K\_U04:**

Potrafi opracować dokumentację dotyczącą realizacji projektu lub zadania inżynierskiego i przygotować tekst zawierający omówienie wyników jego realizacji.

Weryfikacja:

Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o

**Charakterystyka K\_U05:**

Potrafi przygotować i przedstawić ustną prezentację poświęconą wynikom realizacji projektu lub zadania inżynierskiego.

Weryfikacja:

Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

**Charakterystyka K\_U06:**

Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty i proste badania, formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi dotyczących właściwości reologicznych materiałów eksploatacyjnych, potrafi interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski.

Weryfikacja:

Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K\_K01:**

Potrafi współdziałać i pracować w grupie studenckiej i laboratoryjnej przyjmując w nich różne role.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej. Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KO

**Charakterystyka K\_K02:**

Rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego dokształcania się – poprzez podnoszenie własnych kompetencji zawodowych, osobistych i społecznych oraz zasięgania opinii ekspertów.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej. Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KK

**Charakterystyka K\_K03:**

Ma świadomość ważności zachowania w sposób profesjonalny, przestrzegania zasad etyki zawodowej i poszanowania różnorodności poglądów i kultur.

Weryfikacja:

Kolokwium w formie pisemnej, ewentualnie uzupełnione w formie odpowiedzi ustnej. Sprawdzian wstępny na laboratoria. Raport z laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KR