

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGYNazwa modułu zajęć: **Mechanika materiałów polimerowych - od badań eksperymentalnych do modelowania komputerowego**Rok akademicki: **2019/2020** Kod: **ZSDA-3-0256-s** Punkty ECTS: **7**Wydział: **Szkoła Doktorska AGH**Kierunek: **Szkoła Doktorska AGH** Specjalność: **—**Poziom studiów: **Studia III stopnia** Forma studiów: **Stacjonarne**Język wykładowy: **Polski** Profil: **Ogólnoakademicki (A)** Semestr: **0**Strona www: **—**Prowadzący moduł: **dr hab. inż. Młyniec Andrzej (mlyniec@agh.edu.pl)**

### Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

W ramach kursu poruszone zostaną zagadnienia mechaniki materiałów polimerowych, poczynając od metod eksperymentalnych badania materiałów polimerowych poprzez zagadnienia teoretyczne mechaniki materiałów polimerowych, modelowanie komputerowe aż do metod walidacji modeli.

### Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Uczestnik zna właściwości różnych materiałów polimerowych oraz aktualny stan wiedzy z zakresu badań oraz modelowania ich właściwości	SDA3A_W02, SDA3A_W01	Udział w dyskusji
M_W002	Uczestnik zna modele konstytutywne używane do opisu zachowania mechanicznego materiałów polimerowych	SDA3A_W02, SDA3A_W01	Wynik testu zaliczeniowego
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Uczestnik kursu potrafi dobrać plan badań eksperymentalnych w celu kalibracji wybranego modelu materiałowego.	SDA3A_U06, SDA3A_U01	

M_U002	Uczestnik kursu potrafi zaimplementować i przetestować wybrane modele konstytutywne w środowisku python	SDA3A_U06, SDA3A_U01	Aktywność na zajęciach
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Uczestnik kursu potrafi krytycznie ocenić zarówno efekty swojej pracy jak i efekty pracy innych badaczy w zakresie mechaniki materiałów polimerowych	SDA3A_K01	

### Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
90	30	15	45	0	0	0	0	0	0	0	0

### Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Uczestnik zna właściwości różnych materiałów polimerowych oraz aktualny stan wiedzy z zakresu badań oraz modelowania ich właściwości	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Uczestnik zna modele konstytutywne używane do opisu zachowania mechanicznego materiałów polimerowych	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Uczestnik kursu potrafi dobrać plan badań eksperymentalnych w celu kalibracji wybranego modelu materiałowego.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

M_U002	Uczestnik kursu potrafi zaimplementować i przetestować wybrane modele konstytutywne w środowisku python	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Uczestnik kursu potrafi krytycznie ocenić zarówno efekty swojej pracy jak i efekty pracy innych badaczy w zakresie mechaniki materiałów polimerowych	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	90 godz
Przygotowanie do zajęć	15 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	15 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	120 godz
Punkty ECTS za moduł	7 ECTS

## Pozostałe informacje

### Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

#### Wykład

##### Wstęp do mechaniki materiałów polimerowych

Podział materiałów polimerowych ze względu na budowę i właściwości mechaniczne (tworzywa sztuczne, biomateriały i materiały biologiczne). Stany fizyczne materiałów polimerowych i ich kompozytów

##### Wstęp do analizy wytrzymałościowej materiałów polimerowych

Podstawy analiz wytrzymałościowych elementów wykonanych z materiałów polimerowych, dobór modeli konstytutywnych do wybranego problemu  
Planowanie badań eksperymentalnych dopasowanych do zagadnienia badawczego.

##### Badania eksperymentalne

Badania eksperymentalne polimerów na potrzeby definicji modeli konstytutywnych oraz ich walidacji.

##### Podstawy mechaniki materiałów polimerowych

Podstawy mechaniki ośrodków ciągłych - ze szczególnym uwzględnieniem teorii dużych odkształceń

##### Modele konstytutywne materiałów polimerowych

Modele konstytutywne materiałów polimerowych i ich kompozytów : Sprężystość izotropowa oraz anizotropowa , transwersyjna izotropowość, hipersprężystość,

lepkosprężystość liniowa, lepkosprężystość nieliniowa, lepkoplastyczność, porosprężystość, modele wielofazowe uwzględniające reakcje chemiczne. Najnowsze trendy w modelowaniu materiałów polimerowych, modele zniszczenia materiałów polimerowych oraz ich kompozytów

#### Implementacje numeryczne modeli konstytutywnych

Implementacje numeryczne modeli konstytutywnych. Testowanie modeli przy użyciu języka python.

#### Kalibracja modeli materiałowych

Kalibracja parametrów modeli materiałowych na potrzeby analiz wytrzymałościowych

#### Trwałość materiałów polimerowych i ich kompozytów

Wpływ warunków eksploatacji na właściwości fizyczne materiałów polimerowych oraz ich kompozytów

### **Ćwiczenia audytoryjne**

#### Wstęp do mechaniki ośrodków ciągłych

Podstawowe pojęcia z zakresu mechaniki materiałów. m.in.:

- Definicje odkształceń i naprężeń
- Gradient deformacji
- Tensory naprężenia

#### Modele materiałowe

Teoria oraz studium przypadków:

- Sprężystość,
- Hipersprężystość,
- Lepkosprężystość
- Plastyczność
- Lepkoplastyczność
- Wyznaczanie parametrów materiałowych z danych eksperymentalnych

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

#### Badania wytrzymałościowe materiałów polimerowych - wpływ prędkości deformacji

Zajęcia laboratoryjne - eksperymentalne lub modelowe z zakresu właściwości lepkosprężystych materiałów polimerowych

#### Podstawy modelowania materiałów

- Wprowadzenie do środowiska python w zakresie niezbędnym do zrozumienia dalszych ćwiczeń laboratoryjnych.
- Podstawy implementacji numerycznych modeli konstytutywnych materiałów polimerowych

#### Modele konstytutywne materiałów cd.

Implementacje numeryczne modeli konstytutywnych

- modele hipersprężyste m.in. Yeoh, Treloar, 8-chain, Mooney-Rivlin, , Anisotropic 8-chain itd
- modele plastyczne
- modele lepko-plastyczne m.in. Three Network Model, B-B model

#### Walidacja i weryfikacja modeli

Walidacja vs weryfikacja modeli konstytutywnych

Kalibracja modeli materiałowych

### **Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia audytoryjne: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie zajęć tablicowych wzbogaconych o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia laboratoryjne: Zajęcia składają się z dwóch modułów: część eksperymentalna podczas której przeprowadzone zostaną badania próbek materiałów polimerowych oraz zajęcia komputerowe przy wykorzystaniu języka Python w środowisku JupiterLab.

### **Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:**

Zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych na podstawie sprawozdań

Zaliczenie ćwiczeń na podstawie kolokwium zaliczeniowego. Możliwe zaliczenie na podstawie wyników prowadzonych badań w ramach pracy doktorskiej

### **Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:**

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia audytoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocena końcowa jest średnią z ocen uzyskanych z ćwiczeń oraz zajęć laboratoryjnych

### **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

Odrabianie zaległości możliwe w trakcie ostatnich zajęć w semestrze.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

Znajomość podstaw wytrzymałości materiałów.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

Żuchowska D., Polimery Konstrukcyjne, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995

Ward I. M., Sweeney J., An introduction to the mechanical properties of solid polymers, Willey 2005

Tsai S. W., Strength and Life of Composites, CDG Stanford University 2008

Muc A., Projektowanie kompozytowych zbiorników ciśnieniowych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej

1999

Ochelski S., Metody doświadczalne mechaniki kompozytów konstrukcyjnych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004

Kwon Y.W., Allen D.H. Talreja R., Multiscale Modelling and Simulation of Composite Materials and Structures, Springer 2010

Boczkowska A., Kompozyty, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2005

Wilczyński A. P.: Polimerowe kompozyty włókniste. Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 1996

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

- The influence of the laminate thickness, stacking sequence and thermal aging on the static and dynamic behavior of carbon/epoxy composites / **A. MŁYNIEC**, J. KORTA, R. KUDELSKI, T. UHL // **Composite Structures** ; ISSN 0263-8223. — 2014 vol. 118, s. 208-216.

- Structurally based constitutive model of epoxy adhesives incorporating the influence of post-curing and thermolysis / **A. MŁYNIEC**, J. KORTA, T. UHL // **Composites. Part B, Engineering** ; ISSN 1359-8368. — 2016 vol. 86, s. 160-167.

- Molecular-based nonlinear viscoelastic chemomechanical model incorporating thermal denaturation kinetics of collagen fibrous biomaterials / **A. MŁYNIEC**, K.A. Tomaszewski, E.M. Spiesz, T. UHL // **Polymer Degradation and Stability** ; ISSN 0141-3910. — 2015 vol. 119, s. 87-95.

- Interfascicular matrix-mediated transverse deformation and sliding of discontinuous tendon subcomponents control the viscoelasticity and failure of tendons / R. Obuchowicz, M. EKIERT, P. KOHUT, K. HOLAK, L. AMBROZIŃSKI, K.A. Tomaszewski, T. UHL, A. MŁYNIEC // Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials ; ISSN 1751-6161. — 2019 vol. 97, s. 238-246

### **Informacje dodatkowe**

n/a