

**SYLABUS**DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2022 - 2024  
(skrajne daty)

Rok akademicki 2022/2023

**1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE**

Nazwa przedmiotu	<b>Przedmiot specjalizacyjny do wyboru: Podstawy systemów mikro i nanoelektromechanicznych (MEMS)</b>
Kod przedmiotu*	
Nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Kierunek studiów	Inżynieria materiałowa
Poziom studiów	studia drugiego stopnia
Profil	ogólnoakademicki
Forma studiów	stacjonarne
Rok i semestr/y studiów	I rok, 1 semestr
Rodzaj przedmiotu	kierunkowy do wyboru
Język wykładowy	polski
Koordinator	dr inż. Małgorzata Trzyna-Sowa
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	dr inż. Małgorzata Trzyna-Sowa

\* -opcjonalnie, zgodnie z ustaleniami w Jednostce

**1.1. Formy zajęć dydaktycznych, wymiar godzin i punktów ECTS**

Semestr (nr)	Wykł.	Ćw.	Konw.	Lab.	Sem.	ZP	Prakt.	Inne (jakie?)	Liczba pkt. ECTS
1	15			30					5

**1.2. Sposób realizacji zajęć**

- zajęcia w formie tradycyjnej  
 zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość

**1.3 Forma zaliczenia przedmiotu (z toku)**

- Wykład – egzamin  
Laboratorium – zaliczenie z oceną

**2. WYMAGANIA WSTĘPNE**

Znajomość fizyki ogólnej, mikroelektroniki, podstawowych informacji o nanoobjektach i strukturach biologicznych i podstaw anatomii i fizjologii człowieka
---

### 3. CELE, EFEKTY UCZENIA SIĘ, TREŚCI PROGRAMOWE I STOSOWANE METODY DYDAKTYCZNE

#### 3.1 Cele przedmiotu

C1	<p>MEMS (ang. Micro Electro-Mechanical Systems) to układy łączące w sobie elementy mechaniczne i elektroniczne, ale wykonane w miniaturowej skali. Mają mikrometrowe rozmiary, choć wraz z postępem technologicznym powstają coraz mniejsze konstrukcje, które niekiedy nazywa się NEMS-ami (Nano-Electro-Mechanical Systems). Postępy w dziedzinie nanotechnologii w dużej mierze kształtują charakter nowoczesnej biologii i medycyny. Są to przede wszystkim rozwiązania konstrukcyjne nanourządzeń o aplikacjach biologicznych i medycznych, których podzespoły osiągają rozmiary rzędu nanometrów. Obecnie naukowcy na całym świecie są na etapie opracowywania prototypów MEMS/NEMS. W związku z tym tak doniosłe znaczenie ma przygotowanie specjalistów, którzy mogliby realizować tego typu urządzenia na poziomie laboratoryjnym, jak również przemysłowym. Podstawowym celem przedmiotu „Podstawy systemów mikro i nanoelektromechanicznych (MEMS)” jest dostarczenie podstawowej wiedzy o współczesnych rozwiązaniach technicznych i układowych, które są nie tylko jakościowo nowym rozwinięciem technologii mikroelektroniki klasycznej, ale i osiągnięcie jej kompatybilności z bioobjektami. Celem ćwiczeń jest nabycie praktycznych umiejętności modelowania struktur przy użyciu informatycznych narzędzi oraz technik analitycznych ich charakteryzacji. Dodatkowym celem ćwiczeń jest nabycie umiejętności pracy w zespole badawczym.</p>
----	---

#### 3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

EK (efekt uczenia się)	Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu	Odniesienie do efektów kierunkowych
EK_01	Student zna idee i metody tworzenia układów MEMS NEMS.	K_Wo1
EK_02	Student zna i rozumie rozszerzone i pogłębione zagadnienia z zakresu: budowy struktur biologicznych oraz nowoczesnych technik badań tego typu obiektów oraz zastosowania w technologii wytwarzania nowoczesnych materiałów. Student posiada wiedzę o wytwarzaniu obiektów biologicznych, potrafi dokonać doboru metody badawczej.	K_Wo2 K_Wo8
EK_03	Student potrafi zaprojektować, wykonać symulacje układów MEMS i NEMS z wykorzystaniem technik informatycznych oparciu o aktualne dane literaturowe, normy i standardy	K_Wo6, K_Wo7, K_U01
EK_04	Student potrafi przygotowywać opracowania wraz z omówieniem szczegółów, z wykorzystaniem źródeł w języku polskim i angielskim takich jak artykułów i	K_U03

	podręczników związanych z inżynierią materiałową : instrukcji obsługi urządzeń technicznych, dokumentacji technicznej, komunikować swoje wyniki z realizacji zadania inżynierskiego, szczególnie z zakresu materiałów dla przemysłu lotniczego i nanomateriałów	
EK_05	Student potrafi planować i przeprowadzić podstawowe badania struktury i własności fizycznych obiektów biologicznych z zastosowaniem poznanych metod eksperymentalnych oraz opracować wyniki, dokonać syntetycznego porównania z danymi literaturowymi oraz sporządzić raport z badań.	K_U05, K_U06, K_U07, K_U08, K_U12
EK_06	Student potrafi samodzielnie określić kierunki rozwoju w zakresie poznawania i zastosowania obiektów biologicznych i realizować proces samokształcenia	K_U08
EK_07	Student rozumie potrzebę podnoszenia swoich kwalifikacji.	K_K01

### 3.3 Treści programowe

#### A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne:

1. Zasady fizyki zintegrowanych układów elektro-mechanicznych (MEMS)
2. Materiałowe aspekty MEMS/NEMS
3. Technologia MEMS/NEMS, technika „top-down” i „bottom-up”. Technologia samoporządkowania się (self-assembly)
4. Niekonwencjonalne metody Micro- i Nanopatterningu. Mikrostereolitografia w technologii MEMS-ów
5. Mikromaszyny krzemowe – objętościowe i powierzchniowe
6. Mikroczujniki temperatury, promieniowania i wielkości mechanicznych pola magnetycznego.
7. MOEMS (układy optoelektromechaniczne) , RF-MEMS(układy pracujące z falami radiowymi) i BIO-MEMS(układy przeznaczone do pracy z żywą materią).

#### B. Problematyka ćwiczeń laboratoryjnych

Treści merytoryczne:

1. Otrzymywanie nano-wzorów za pomocą litografii elektronowej
2. Otrzymywanie nano-wzorów za pomocą litografii jonowej
3. Przygotowanie za pomocą Trymeru (urządzenie frezujące, tnące i szlifujące na nano poziomie) nanostruktur określonej konfiguracji
4. Przygotowanie za pomocą Ultramikrotomu powierzchni próbek w ultracienkich sekcjach do dalszych badań
5. Badanie za pomocą SEM, AFM i SIMS otrzymanych MEMS/NEMS

6. Projekt Wykonanie modeli teoretycznych wybranych struktur typu MEMS/NEMS oraz ich charakterystyka.

### 3.4 Metody dydaktyczne

Wykłady klasyczne i wykłady z prezentacją multimedialną  
Laboratorium- wykonywanie doświadczeń, projektowanie doświadczeń, praca w grupach (planowanie i przeprowadzenie eksperymentu, rozwiązywanie problemów badawczych metodą weryfikacji eksperymentu fizycznego, dyskusja).

## 4. METODY I KRYTERIA OCENY

### 4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

Symbol efektu	Metody oceny efektów uczenia się (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć)	Forma zajęć dydaktycznych (w, ćw, ...)
Ek_01	Ocena wiedzy studenta w trakcie zajęć, sprawozdanie, kolokwium, egzamin	W, Lab.
EK_02	Ocena wiedzy studenta w trakcie zajęć, sprawozdanie, kolokwium, egzamin	W, Lab.
EK_03	Ocena wiedzy studenta w trakcie zajęć, sprawozdanie, kolokwium, egzamin	W, Lab.
EK_04	Ocena wiedzy studenta w trakcie zajęć, sprawozdanie, kolokwium, egzamin	W, Lab.
EK_05	Ocena wiedzy studenta w trakcie zajęć, sprawozdanie, kolokwium, egzamin	W, Lab.
EK_06	Ocena wiedzy studenta w trakcie zajęć, sprawozdanie, kolokwium, egzamin	W, Lab.
EK_07	Ocena wiedzy studenta w trakcie zajęć, sprawozdanie, kolokwium, egzamin	W, Lab.

### 4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Zaliczenie przedmiotu potwierdzi stopień osiągnięcia przez studenta zakładanych efektów uczenia się. Weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się kontrolowana jest na bieżąco w trakcie realizacji zajęć. Ocena uzyskana z zaliczenia przedmiotu pozwoli ocenić stopień osiągniętych efektów. Weryfikacja efektów uczenia się z wiedzy i umiejętności przekazanej przez nauczyciela odbywać się poprzez kolokwia, sprawozdania, aktywność na zajęciach i udział w dyskusji. Weryfikacja efektów uczenia się zajęć bez udziału nauczycieli odbywać się będzie na podstawie oceny z przygotowania studenta do ćwiczeń laboratoryjnych oraz na egzaminie końcowym. Weryfikacja kompetencji społecznych odbywać się będzie poprzez aktywność na zajęciach i udział w dyskusji

Wykłady – egzamin pisemny i ustny, brana jest także pod uwagę aktywność studenta na zajęciach.

Laboratorium – ocena końcowa na podstawie ocen cząstkowych z wykonania zadań zajęć laboratoryjnych i aktywności na zajęciach

dost. (51 - 60)% pkt,  
+dost. (61 - 70)% pkt,  
dobry (71 - 80)% pkt,  
+dobry (81 - 90)% pkt,  
bardzo dobry (91 - 100)% pkt.

## 5. CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY STUDENTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności	Średnia liczba godzinna zrealizowanie aktywności
Godziny kontaktowe wynikające z harmonogramu studiów	45
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	4
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	86
SUMA GODZIN	135
<b>SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS</b>	<b>5</b>

\* Należy uwzględnić, że 1 pkt ECTS odpowiada 25-30 godzin całkowitego nakładu pracy studenta.

## 6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

wymiar godzinowy	Nie dotyczy
zasady i formy odbywania praktyk	Nie dotyczy

## 7. LITERATURA

Literatura podstawowa:

1. Jeremy Ramsden Nanotechnology Pergamon Press, 2011 – udostępnia prowadzący
2. Bionanotechnology and bioMEMS (BNM): state-of-the-art applications, opportunities, and challenges, 2023- udostępnia prowadzący
3. Ben Rogers Nanotechnology CRC Press Inc. 2011 – udostępnia prowadzący
4. Sangeeta N. Bhatia, TejalDesai BioMEMS and BiomedicalNanotechnology ,Springer, 2010 – udostępnia prowadzący

5. J. Szuber, Powierzchniowe metody badawcze w nanotechnologii, Katowice, 2004 – udostępnia prowadzący

Literatura uzupełniająca:

1. Rashid Bashir (2005), "An Introduction to BioMEMS and Bionanotechnology," <http://nanohub.org/resources/180>.
2. Methods for Nanopatterning and Lithography Materials Science. TM. Volume 6, [http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/materials-science/material-matters/material\\_matters\\_v6n1.pdf](http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/materials-science/material-matters/material_matters_v6n1.pdf)
3. RF MEMS: Passive Components and Architectures <http://nanohub.org/resources/2141>

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej