**Nazwa przedmiotu:**

Miniaturowe systemy orientacji w przestrzeni

**Koordynator przedmiotu:**

Dr hab. inż. Sergiusz Łuczak, prof. uczelni

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Wariantowe

**Kod przedmiotu:**

MSOP

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 50, w tym:
a) wykład - 30 h;
b) ćwiczenia - 0 h;
c) laboratorium - 15 h;
d) projekt - 0 h;
e) konsultacje - 5 h;
2) Praca własna studenta 31, w tym:
a) przygotowanie do kolokwiów zaliczeniowych - 10 h;
b) przygotowanie do laboratoriów - 5 h;
c) opracowanie sprawozdań laboratoryjnych - 10 h;
d) studia literaturowe - 6 h;

Suma: 81 h (3 ECTS)

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

2 punkty ECTS - liczba godzin bezpośrednich: 50, w tym:
a) wykład - 30 h;
b) ćwiczenia - 0 h;
c) laboratorium - 15 h;
d) projekt - 0 h;
e) konsultacje - 5 h;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 50, w tym:
a) wykład - 30 h;
b) ćwiczenia - 0 h;
c) laboratorium - 15 h;
d) projekt - 0 h;
e) konsultacje - 5 h;
2) Praca własna studenta 31, w tym:
a) przygotowanie do kolokwiów zaliczeniowych - 10 h;
b) przygotowanie do laboratoriów - 5 h;
c) opracowanie sprawozdań laboratoryjnych - 10 h;
d) studia literaturowe - 6 h;

Suma: 81 h (3 ECTS)

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Znajomość podstaw analizy matematycznej, metrologii ogólnej, metrologii technicznej, mechaniki ogólnej, podstaw fizyki

**Limit liczby studentów:**

36

**Cel przedmiotu:**

Zaznajomienie z problematyką określania orientacji w przestrzeni, ze szczególnym uwzględnieniem wyznaczania odchylenia od pionu oraz budową i zasadą działania wykorzystywanych w tym celu sensorów MEMS; poznanie metodyki prowadzenia tematycznych prac eksperymentalnych, poznanie metod pomiaru czasu.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Podział systemów orientacji i nawigacji, typowe ich zastosowania; Czujniki odchylenia od pionu (podział, typowe rodzaje oraz realizacje techniczne); Czujniki z akcelerometrami (zależności pomiędzy składowymi przyspieszenia ziemskiego a kątami odchylenia od pionu, niepewność wyznaczenia odchylenia od pionu, algorytmy obliczeniowe); Doświadczalne techniki badawcze (zagadnienia dotyczące justowania, wzorcowania oraz określania dokładności czujników odchylenia od pionu); Akcelerometry, żyroskopy, magnetometry i czujniki ciśnienia typu MEMS (podstawowe rozwiązania budowy inercjalnych sensorów MEMS, najważniejsze parametry użytkowe oraz możliwości ich poprawy); Zintegrowane bezwładnościowe systemy pomiarowe (IMU) (analiza komercyjnych rozwiązań o miniaturowych wymiarach oraz inteligentnych sensorów inercjalnych MEMS); Podstawowe informacje o pomiarach czasu oraz urządzeniach zegarowych
Laboratorium:
Metody wzorcowania i justowania akcelerometrów MEMS; wyznaczanie błędów określania odchylenia od pionu za pomocą akcelerometrów MEMS; wyznaczanie typowych błędów akcelerometrów MEMS

**Metody oceny:**

Dwa kolokwia z treści wykładowych (60%), ocena z zajęć laboratoryjnych na podstawie opracowanych sprawozdań (40%)

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Gosiewski Z., Ortyl A.: Algorytmy bezkardanowego systemu orientacji i położenia obiektu o ruchu przestrzennym, BNIL, 1999; Beeby S., Ensell G., Kraft M., White N.: MEMS Mechanical Sensors, Artech House, Inc., 2004; Kaajakari V.: Practical MEMS, Small Gear Publishing, USA 2009; Wilson J.: Sensor Technology Handbook, Newnes, 2004; Aggarwal P., Syed Z., Noureldin A., El-Sheimy N.: MEMS-Based Integrated Navigation, Artech House Publishers, 2010; Dobosz M.: Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań. AOW EXIT, Warszawa, 2001; Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik. Główny Urząd Miar, Warszawa, 1999

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka MSOP\_2st\_W01:**

Posiada pogłębioną wiedzę w zakresie statystycznej obróbki wyników prac doświadczalnych dotyczących pomiarów odchylenia od pionu oraz ich dokumentowania i analizowania

Weryfikacja:

Zaliczenie dwóch kolokwiów z materiału omawianego na wykładzie, zatwierdzenie opracowanych sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W07

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

**Charakterystyka MSOP\_2st\_W02:**

Zna budowę oraz zasadę działania wybranych sensorów typu MEMS oraz MOEMS

Weryfikacja:

Zaliczenie dwóch kolokwiów z materiału omawianego na wykładzie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08

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

**Charakterystyka MSOP\_2st\_W03:**

Zna trendy rozwoju i najnowsze osiągnięcia w zakresie inercjalnych sensorów MEMS oraz bezwładnościowych modułów pomiarowych, ze szczególnym uwzględnieniem akcelerometrów, a także w zakresie metod pomiaru czasu, zdaje sobie sprawę z nowych możliwości, jakie przynosi rozwój inercjalnych sensorów MEMS oraz bezwładnościowych modułów pomiarowych.

Weryfikacja:

Zaliczenie dwóch kolokwiów z materiału omawianego na wykładzie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W10

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

**Charakterystyka MSOP\_2st\_W04:**

Posiada podstawową wiedzę w zakresie mikrosystemów, ze szczególnym uwzględnieniem sensorów inercjalnych (akcelerometry, żyroskopy, czujniki ciśnienia)

Weryfikacja:

Zaliczenie dwóch kolokwiów z materiału omawianego na wykładzie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W14

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka MSOP\_2st\_U01:**

Potrafi zaplanować i przeprowadzić badania doświadczalne oraz zinterpretować ich wyniki w odniesieniu do sensorów umożliwiających wyznaczanie odchylenia od pionu

Weryfikacja:

Zaliczenie dwóch kolokwiów z materiału omawianego na wykładzie, zatwierdzenie opracowanych sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08

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

**Charakterystyka MSOP\_2st\_U02:**

Potrafi przeanalizować wyniki prac eksperymentalnych dotyczących pomiarów odchylenia od pionu i przedstawić ich wyniki w formie liczbowej i graficznej, wyciągając właściwe wnioski

Weryfikacja:

Zatwierdzenie opracowanych sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U13

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

**Charakterystyka MSOP\_2st\_U03:**

Umie zastosować technikę optoelektroniczną przy projektowaniu różnych typów czujników odchylenia od pionu, w tym inkrementalnych, oraz podczas prowadzenia ich badań przy wykorzystaniu odpowiednich

Weryfikacja:

Zaliczenie dwóch kolokwiów z materiału omawianego na wykładzie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U14

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

**Charakterystyka MSOP\_2st\_U04:**

Potrafi zaprojektować układ pomiarowy do wyznaczania odchylenia od pionu przy zastosowaniu akcelerometrów MEMS

Weryfikacja:

Zaliczenie dwóch kolokwiów z materiału omawianego na wykładzie, zatwierdzenie opracowanych sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U15

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

**Charakterystyka MSOP\_2st\_U05:**

Potrafi zaprojektować, zestawić i uruchomić stanowisko badawcze do badań wybranych właściwości statycznych czujników odchylenia od pionu oraz akcelerometrów MEMS

Weryfikacja:

Zatwierdzenie opracowanych sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U17

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

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka MSOP\_2st\_K01:**

Potrafi zorganizować pracę własną oraz pracę małego zespołu badawczego, przyjmując różne role

Weryfikacja:

Zaliczenie zespołowych ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KO, I.P7S\_KR, P7U\_K