**Nazwa przedmiotu:**

Teoria Pomiarów Wspórzędnościowych

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr inż. Adam Woźniak

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

TPW

**Semestr nominalny:**

5 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin bezpośrednich -32,w tym:
• wykład 15 godz.
• ćwiczenia laboratoryjne 15 godz
• konsultacje – 2 godz.
2) Praca własna studenta:
• zapoznanie z literaturą 15 godz.
• przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 6 godz.
• przygotowanie i weryfikacja aplikacji komputerowych do analizy wyników pomiarów 3 godz.
• opracowanie sprawozdań 6 godz.
• przygotowanie do egzaminu – 15 godz.
Razem 77 godz. = 3 ECTS

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

1,5 punktu ECTS - liczba godzin bezpośrednich -32,w tym:
• wykład 15 godz.
• ćwiczenia laboratoryjne 15 godz
• konsultacje – 2 godz

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1,5 punktu ECTS – 32 godz. w tym:
• ćwiczenia laboratoryjne 15 godz
• konsultacje – 2 godz.
• przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 6 godz.
• przygotowanie i weryfikacja aplikacji komputerowych do analizy wyników pomiarów 3 godz.
• opracowanie sprawozdań 6 godz.

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

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

**Wymagania wstępne:**

Student powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu podstaw metrologii oraz znać wybrane metody pomiaru wielkości geometrycznych i wielkości elektrycznych. Ponadto wymagana jest znajomość podstaw statystyki matematycznej i pakietu Microsoft Office.
Wskazane jest zaliczenie wcześniej następujących przedmiotów: Podstawy metrologii, Metrologia techniczna, Miernictwo wielkości elektrycznych, Zasady użytkowania i programowania komputerów i Matematyka.

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Celem ogólnym przedmiotu jest pogłębienie wiedzy studenta na temat zakłóceń przebiegów procesów pomiarowych oraz metod analizy czynników wpływających na wiarygodność i użyteczność uzyskiwanych wyników pomiarów. Cele szczegółowe: opanowanie metodyki szacowania niepewności pomiaru zgodnie z Przewodnikiem ISO oraz nabycie umiejętności opracowywania budżetów niepewności dla pomiarów dowolnych wielkości fizycznych

**Treści kształcenia:**

Zakres wykładu:
1. Formułowanie, interpretacja i użyteczność wyniku pomiaru: Interpretacja końcowej postaci wyniku pomiaru. Istota niepewności pomiaru. Model matematyczny wyniku pomiaru. Wiarygodność i użyteczność wyniku pomiaru.
2. Podstawowe kategorie składowych wyniku pomiaru i metody ich wyznaczania: Podstawowe kategorie składowych wyniku pomiaru. Metoda propagacji błędów systematycznych. Modelowe równanie pomiaru jako funkcja wielu zmiennych losowych. Formuły obliczania wartości oczekiwanej i wariancji funkcji wielu zmiennych losowych. Wpływ zależności stochastycznej między parami zmiennych na obliczanie wariancji wypadkowej.
3. Metody szacowania niepewności standardowych cząstkowych i złożonych: Szacowania niepewności standardowych metodą typu A i metodą typu B. Przykłady obliczania niepewności standardowych. Niepewność standardowa złożona bezwzględna i względna.
4. Wyznaczanie niepewności rozszerzonej pomiaru: Niepewność rozszerzona. Zasady ustalania współczynnika rozszerzenia przy obliczaniu niepewności rozszerzonej – metoda analityczna i metoda symulacji komputerowej (Monte Carlo). Budżet niepewności pomiaru.
5. Procedura ogólna szacowania niepewności pomiaru: Sformalizowany tryb postępowania przy szacowaniu niepewności pomiaru. Realizacja procedury na przykładzie wybranych wielkości fizycznych i wybranych metod pomiarowych.
6. Szacowanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu przyrządów pomiarowych: Formułowanie równań pomiaru i równań niepewności standardowych złożonych przy wzorcowaniu wybranych rodzajów przyrządów pomiarowych. Zastosowanie metody obliczania wariancji wspólnej do szacowania niepewności związanej z rozrzutem wskazań wzorcowanego przyrządu. Przykładowy budżet niepewności wzorcowania przyrządu pomiarowego.
7. Niepewność pomiaru w aspekcie orzekania zgodności wielkości zmierzonej z wymaganiami: Znaczenie niepewności pomiaru w kontekście orzekania o zgodności z wymaganiami. Ryzyko podjęcia błędnej decyzji. Zasady i kryteria potwierdzania zgodności wg normy PN-EN ISO 14253-1. Zarządzanie niepewnością wg PN –EN ISO 14253-2.
Zakres ćwiczeń laboratoryjnych:
1. Wyznaczanie niepewności pomiarów bezpośrednich, wykonywanych za pomocą przyrządów suwmiarkowych, mikrometrycznych, amperomierzy, termometrów itp.: sformułowanie równania pomiaru, równania niepewności standardowej złożonej, obliczenie niepewności standardowych składowych, sporządzenie budżetu niepewności, ustalenie wyniku pomiaru.
2. Wyznaczanie niepewności pomiarów pośrednich na przykładach pomiaru: 1) odległości między otworami za pomocą mikroskopu pomiarowego, 2) lepkości dynamicznej cieczy metodą Höpplera, 3) przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego, itp.
3. Wyznaczanie niepewności pomiarów z uwzględnieniem kowariancji, gdy istotne znaczenie mają korelacje między parami wielkości wchodzących do równania pomiaru, na przykład dla jednoczesnego pomiaru rezystancji, reaktancji i impedancji układu elektrycznego.
4. Wyznaczanie niepewności pomiarów porównawczych różnicowych, na przykładach pomiarów wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych wykonywanych za pomocą przyrządów czujnikowych przez porównanie z wzorcem.
5. Wyznaczanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu wybranych przyrządów pomiarowych (suwmiarki, mikrometru, czujnika zegarowego, średnicówki czujnikowej, ...), z uwzględnieniem budżetu niepewności.
6. Aproksymacja liniowa wyników wzorcowania przyrządu pomiarowego -wyznaczenie funkcji (prostej) kalibracji oraz niepewności prognozowanych poprawek wskazań.

**Metody oceny:**

Wykłady i laboratorium komputerowe:
Egzamin
Zaliczenie laboratorium na podstawie oceny przygotowania studenta do ćwiczeń i oceny sprawozdania.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. J. Arendarski: Niepewność pomiarów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
2. W. Jakubiec, J. Malinowski: Metrologia wielkości geometrycznych, WNT, Warszawa 2007
3. J. Jóźwiak, J. Podgórski: „Statystyka od podstaw”, PWE, Warszawa 2009
4. J. Tomasik i inni: Sprawdzanie przyrządów do pomiaru długości i kąta, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009
5. PN-EN ISO 14253-1:2000 Specyfikacja geometrii wyrobów (GPS), Kontrola wyrobów i sprzętu pomiarowego za pomocą pomiarów, Reguły orzekania zgodności lub niezgodności ze specyfikacją
6. PN-EN ISO 14253 –2:2011 Specyfikacja geometrii wyrobów (GPS), Kontrola wyrobów i sprzętu pomiarowego za pomocą pomiarów, Część 2: Wytyczne szacowania niepewności pomiarów w pomiarach GPS, przy wzorcowaniu sprzętu pomiarowego i sprawdzaniu wyrobów

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka AWP\_W01:**

Zna teoretyczne podstawy wyrażania i wyznaczania niepewności pomiarów realizowanych różnymi metodami.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P6S\_WG

**Charakterystyka AWP\_W02:**

Zna procedury szacowania niepewności pomiaru wybranych wielkości mechanicznych i elektrycznych metodami bezpośrednimi i pośrednimi.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_WG, P6U\_W, I.P6S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka AWP\_U01:**

Potrafi zlokalizować źródła niepewności w procesie pomiarowym, przeanalizować świadectwa wzorcowania wyposażenia pomiarowego i opracowywać budżety niepewności pomiaru różnych wielkości fizycznych ze szczególnym uwzględnieniem wielkości geometrycznych

Weryfikacja:

zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U11, K\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UK, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka AWP\_U02:**

Potrafi analizować budżety niepewności pomiarów i oddziaływać na procedury pomiarowe w celu uzyskania wyników wiarygodnych i użytecznych.

Weryfikacja:

zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U11, K\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UK, III.P6S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka AWP\_K01:**

Ma świadomość, że uzyskanie wiarygodnych i użytecznych wyników pomiaru w zasadniczy sposób zależy od bezstronności, krytycznej analizy i rzetelności zespołu osób, które uczestniczą w procesie pomiarowym.

Weryfikacja:

zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KO, I.P6S\_KR