

Karta przedmiotu

obowiązuje doktorantów Szkoły Doktorskiej PK rozpoczynających kształcenie
w roku akademickim 2022/2023

Informacje o przedmiocie

Nazwa przedmiotu w języku polskim	Metrologia
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Metrology
Liczba punktów ECTS	1
Język wykładowy	Polski
Kategoria przedmiotu	Wybieralny
Dziedzina kształcenia	Nauki inżynieryjno-techniczne
Dyscyplina kształcenia	Inżynieria mechaniczna
Osoba odpowiedzialna za przedmiot Kontakt	Prof. dr hab. inż. Jerzy A. Sładek jerzy.sladek@pk.edu.pl

Rodzaj zajęć, liczba godzin w planie studiów

Semestr	Forma zaliczenia (O / Z)*	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Laboratorium komputerowe	Projekt	Seminarium
2, 3, 4, 5	O	15	0	0	0	0	0

*O - zaliczenie na ocenę, Z – zaliczenie bez oceny

Cele przedmiotu

Kod	Opis celu
Cel1	Zapoznanie doktorantów z nowoczesnymi systemami pomiarów współrzędnościowych oraz obszarami ich zastosowania w inżynierii mechanicznej oraz oceną dokładności systemów pomiarowych, powiązania z jednostką miary i budową oraz stosowaniem wzorców.
Cel2	Zapoznanie doktorantów z systemami służącymi do pomiarów struktur wewnętrznych części maszyn oraz z systemami metrologii wielkogabarytowej.
Cel3	Zapoznanie doktorantów z trendami rozwoju metrologii współrzędnościowej w zakresie rozwiązań sprzętowych oraz metod oceny dokładności pomiarów – teoria niepewności pomiarów.

Efekty uczenia się

Kod	Opis efektu uczenia się z uwzględnieniem specyfiki dyscypliny	Symbol efektu uczenia się w SD PK	Sposoby weryfikacji
EFEKTY W ZAKRESIE WIEDZY			

EUW1	Doktorant opisuje nowoczesne systemy pomiarów współrzędnościowych, wyjaśnia zasadę działania pięcioosiowych systemów współrzędnościowych oraz nano i mikro maszyn współrzędnościowych, opisuje systemy metrologii wewnątrzprocesowej, definiuje pojęcia kontrola in-situ, in-line, in-process, wymienia sensory stykowe oraz optyczne stosowane w systemach kontroli aktywnej. Zna metody i normy oceny dokładności systemów współrzędnościowych.	E_W01, E_W02	Aktywność na zajęciach, odpowiedź ustna.
EUW2	Doktorant wyjaśnia zasadę działania i budowę tomografów przemysłowych, opisuje metody sprawdzania dokładności tomografów komputerowych oraz pomiarów realizowanych z ich zastosowaniem, wymienia systemy wykorzystywane do pomiarów elementów wielkogabarytowych, objaśnia sposób zastosowania funkcji oraz systemów wykorzystywanych do powiększania przestrzeni pomiarowej urządzeń pomiarowych.	E_W01, E_W02	Aktywność na zajęciach, odpowiedź ustna.
EUW3	Doktorant objaśnia nowoczesne metody oceny dokładności pomiarów, wymienia metody numeryczne, symulacyjne (Virtual CMM) oraz narzędzia sztucznej inteligencji, które znajdują zastosowanie do oceny i prognozowania niepewności pomiarów (sztuczne sieci neuronowe, metodę Monte Carlo itp.) opisuje metodę wyznaczania niepewności pomiaru w trybie on-line, definiuje pojęcia Digital Twin oraz Metrological Digital Twin.	E_W01, E_W02	Aktywność na zajęciach, odpowiedź ustna.
EFEKTY W ZAKRESIE UMIEJĘTNOŚCI			
EUU1	Doktorant dobiera do wybranego zadania z zakresu metrologii odpowiednie nowoczesne systemy pomiarowe, dokonuje wyboru sensorów właściwego typu do realizowanych zadań kontroli wewnątrzprocesowej, analizuje niepewność pomiarów z zastosowaniem metod numerycznych, symulacyjnych i narzędzi sztucznej inteligencji.	E_U01	Aktywność na zajęciach, odpowiedź ustna.
EFEKTY W ZAKRESIE KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH			
EUK1	Doktorant jest gotów do uznawania znaczenia wiedzy na temat nowoczesnych systemów i metod z zakresu metrologii, w tym metrologii współrzędnościowej.	E_K03	Aktywność na zajęciach, odpowiedź ustna.

Treści programowe

Lp.	Treści	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Liczba godzin
WYKŁAD			

W1	Nowoczesne systemy pomiarów współrzędnościowych. Pięcioosiowe systemy współrzędnościowe, głowice pomiarowe stosowane w pięcioosiowych systemach współrzędnościowych. Nano i mikro maszyny współrzędnościowe.	EUW1, EUU1	3
W2	Systemy metrologii wewnątrzprocesowej. Kontrola in-situ, in-line, in-process. Sensory stykowe oraz optyczne stosowane w systemach kontroli aktywnej. Rola metrologii współrzędnościowej w produkcji cyfrowej i koncepcji Przemysł 4.0.	EUW1, EUU1, EUK1	3
W3	Tomografia komputerowa w zastosowaniach przemysłowych. Zasada działania i budowa tomografów przemysłowych. Metody sprawdzania dokładności tomografów komputerowych oraz pomiarów realizowanych z ich zastosowaniem.	EUW2, EUK1	2
W4	Pomiary elementów wielkogabarytowych. Systemy LaserTracker, LaserRadar, internal GPS, fotogrametria, systemy multisensoryczne. Funkcje oraz systemy wykorzystywane do powiększania przestrzeni pomiarowej urządzeń pomiarowych.	EUW2, EUU1, EUK1	3
W5	Nowoczesne metody oceny dokładności pomiarów. Metody numeryczne, symulacyjne oraz sztuczna inteligencja w zastosowaniu do oceny i prognozowania niepewności pomiarów. Wyznaczanie niepewności pomiaru w trybie on-line, wirtualne modele systemów pomiarowych. Digital Twin oraz Metrological Digital Twin.	EUW3, EUU1	4

Bilans punktów ECTS

ROZLICZENIE GODZIN	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin (45 min) poświęconych na realizację rodzaju zajęć
GODZINY KONTAKTOWE Z NAUCZYCIELEM AKADEMICKIM	
Godziny wynikające z programu kształcenia	15
Konsultacje	0
Egzamin / zaliczenie	0
GODZINY BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA AKADEMICKIEGO	
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10
Przygotowanie referatu, raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	5
BILANS PUNKTÓW ECTS	
Łączna suma godzin	30
Liczba punktów ECTS	1

Wymagania wstępne

Lp.	Wymagania
1	Znajomość podstaw metrologii.

Warunki zaliczenia / sposób obliczania oceny końcowej

Lp.	Opis
WARUNKI ZALICZENIA	

1	Obecność na 75% zajęć.
2	Odpowiedź ustna dotycząca zastosowania nowoczesnych systemów i metod z zakresu metrologii współrzędnościowej, związanych z tematyką realizowanej przez doktoranta pracy doktorskiej.
SPOSÓB WYZNACZENIA OCENY KOŃCOWEJ	
Ocena z odpowiedzi ustnej z uwzględnieniem obecności i aktywności na zajęciach.	

Dodatkowe informacje

--

Literatura

1	Sładek J., <i>Dokładność pomiarów współrzędnościowych</i> , Kraków, 2011, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
2	Sładek J.A., <i>Coordinate Metrology</i> , 2016, Springer Verlag.
3	Ratajczyk E., Woźniak A., <i>Współrzędnościowe systemy pomiarowe</i> , Warszawa, 2016, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
4	Hocken R.J., Pereira P.H., <i>Coordinate Measuring Machines and Systems</i> , Boca Raton, 2017, CRC Press.
5	Smith G.T., <i>Machine Tool Metrology. An Industrial Handbook</i> , Cham, 2016, Springer.