



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Systemy i wzorce metrologiczne

### Przedmiot

Kierunek studiów

Edukacja Techniczno Informatyczna

Studia w zakresie (specjalność)

Poziom studiów

drugiego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

1/2

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obieralny

### Liczba godzin

Wykład

30

Laboratoria

Inne (np. online)

Ćwiczenia

Projekty/seminaria

### Liczba punktów ECTS

2

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr inż Przemysław Głowacki

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

Email : przemyslaw.glowackia@put.poznan.pl

Tel. 61 665 32 22

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Technicznej

Ul. Piotrowo 3, 60 -965 Poznań

### Wymagania wstępne

Podstawowa wiedza z zakresu fizyki, elektrotechniki, elektroniki oraz matematyki. Umiejętność rozwiązywania elementarnych problemów z zakresu fizyki ogólnej, fizyki kwantowej, metrologii, umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Zrozumienie konieczności poszerzania swoich kompetencji, gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu.

### Cel przedmiotu

1. Przekazanie studentom podstawowej wiedzy z dziedziny wzorców metrologicznych, w zakresie określonym przez treści programowe
2. Przedstawienie teorii i techniki wykonywania pomiarów



3. Wyjaśnienie zasad działania wybranych przyrządów i układów pomiarowych
4. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania prostych problemów w oparciu o uzyskaną wiedzę
5. Kształtowanie u studentów umiejętności samodzielnego kształcenia

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

- W01 definiować podstawowe pojęcia z dziedziny wzorców metrologicznych, w zakresie obejmowanym przez treści programowe
- W02 ma wiedzę w zakresie teorii i techniki pomiarów, przyrządów pomiarowych
- W03 oszacować dokładność przyrządów pomiarowych oraz określać zakres pracy systemów pomiarowych oraz ich granice czułości,
- W04 Ma szczegółową wiedzę dotycząca wybranych, zaawansowanych zagadnień z fizyki znajdujących zastosowania w nowoczesnych systemach i wzorcach metrologicznych

#### Umiejętności

- U01 korzystać ze zrozumieniem ze wskazanych źródeł wiedzy (wykaz literatury podstawowej) oraz pozyskiwać wiedzę z innych źródeł (w tym angielskojęzycznych)
- U02 przeprowadzić proste obliczenia parametrów opisujących obiekt pomiarowy,
- U03 zaprojektować proste układy pomiarowe, dobierać odpowiednie sensory, przyrządy oraz określać ich dolne i górne zakresy pracy

#### Kompetencje społeczne

- K01 Rozumie potrzebę uczenia się i pogłębiania swojej wiedzy przez całe życie, potrafi inspirować inne osoby do procesu samokształcenia
- K02 Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu informacji i opinii dotyczących osiągnięć nauki i techniki

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

efekt kształcenia (symbol)    forma oceny    kryteria oceny

W01-W04	test pisemny	3	50.1%-70.0%
		4	70.1%-90.0%
		5	od 90.1%
U01-U03	test pisemny	3	50.1%-70.0%
		4	70.1%-90.0%



5 od 90.1%

### Treści programowe

1. Wiadomości podstawowe o metrologii i pomiarach.
2. Pojęcie metody pomiarowej i klasyfikacja metod.
3. Historia systemów miar. Międzynarodowy układ jednostek Miar SI.
4. Ogólne informacje o narzędziach pomiarowych.
  - przetworniki i przyrządy pomiarowe wielkości elektrycznych.
  - mierniki analogowe i cyfrowe, multimetry,
  - przyrządy rejestrujące (rejestratory, oscyloskopy analogowe, próbkujące i cyfrowe).
5. Systemy i wzorce: długości, masy, czasu, skale temperatury, wzorce wielkości elektrycznych i źródła sygnałów wzorcowych,
6. Pomiar wielkości elektrycznych, magnetycznych oraz wielkości nie elektrycznych.
7. Kwantowy trójkąt metrologiczny.
8. Kwantowy wzorzec napięcia elektrycznego (nadprzewodnictwo, zjawisko Josephsona, kwantowy wzorzec napięcia).
9. Detektor strumienia magnetycznego (detektory rf-SQUID, dc-SQUID).
10. Kwantowy efekt Halla i wzorzec oporu (wzorzec klasyczny i kwantowy).
11. Zegary atomowe:
  - podstawy teoretyczne,
  - wariacja Allana,
  - atomowe cezowe wzorce częstotliwości z wiązką atomów cezu,
  - fontanna cezowa,
  - maser wodorowy,
  - rubidowy wzorzec częstotliwości,
  - optyczne wzorce częstotliwości (atomowe  $87\text{Sr}$ ,  $171\text{Yb}$ ,  $199\text{Hg}$ , i jonowe  $27\text{Al}^+$ ,  $40\text{Ca}^+$ ,  $171\text{Yb}^+$ ,  $88\text{Sr}^+$ ),
  - optyczny grzebień częstotliwości,
  - nuklearny wzorzec częstotliwości ( $^{229}\text{Th}$ ).



12. Podstawy działania systemu zegara atomowego na przykładzie fontanny cezowej:

- cykl pracy wzorca czasu i częstotliwości,
- detekcja stosunku sygnału do szumu,
- stabilność krótko czasowa,
- procedura pomiarowa

13. Proces ewaluacji zaburzeń wpływających na częstotliwość przejścia zegarowego w atomowych, optycznych wzorcach czasu i częstotliwości:

- przesunięcie dopplerowskie
- przesunięcie starkowskie
- przesunięcie zeemanowskie
- promieniowanie ciała doskonale czarnego,
- grawitacyjne przesunięcie ku czerwieni
- przesunięcie zderzeniowe,

14. Skale czasu (GMT, UT, GPST, UTC, TAI,)

15. Systemy dystrybucji częstości wzorcowych (GPS, TWSTFT, TWIST, TTTOF)

16. Interferometry i pomiary długości (praktyczna realizacja metra, skaningowe mikroskopy próbkujące).

17. Wzorce masy:

- wzorce zależne od stałej Plancka,
- wzorzec masy z kulistej bryły krzemu,
- wzorzec masy ze zliczaniem i akumulacją jonów)

### Metody dydaktyczne

Wykłady: wykład z prezentacją multimedialną (w tym: rysunki, zdjęcia, animacje, materiały video) uzupełniany przykładami podawanymi na tablicy, uwzględnianie różnych aspektów przedstawianych zagadnień, w tym: ekonomicznych, ekologicznych, prawnych i społecznych, przedstawianie nowego tematu poprzedzone przypomnieniem treści powiązanych, znanych studentom z innych przedmiotów.

### Literatura

Podstawowa

1. W. Nawrocki: Wstęp do metrologii kwantowej. WPP, Poznań 2007



2. A. Chwaleba, M. Poniński, A. Siedlecki: Metrologia Elektryczna. Wydanie 8, WNT Warszawa 2003
3. S. Tumański: Technika pomiarowa. WNT, Warszawa 2007
4. R. Wynands and S. Weyers, Atomic fountain clocks, Metrologia 42 (2005) S64–S79
5. K. Szymaniec, S. E. Park, G. Marra and W. Chałupczak, First accuracy evaluation of the NPL-CsF2 primary frequency standard, Metrologia 47 (2010) 363–376

Uzupełniająca

1. Mała encyklopedia metrologii, praca zbiorowa, WNT Warszawa 1989
2. J. Dusza, G. Gortat, A. Leśniewski, Podstawy miernictwa, OWPW Warszawa 2002
3. W. Nawrocki, M. Wawrzyniak, Zjawiska kwantowe w metrologii elektrycznej, WPP, Poznań, 2003.
4. A. Derevianko, H. Katori, Colloquium: Physics of optical lattice clocks, Rev. Mod. Phys. 83, 331, (2011)
5. E. O. Göbel and U. Siegner, Quantum Metrology: Foundation of Units and Measurements, WILEY-VCH Weinheim 2015

**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	60	2,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	33	1,0
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu) <sup>1</sup>	27	1,0

<sup>1</sup> niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności