



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Metody eksperymentalne inżynierii kwantowej [S2FT1>MEwIK]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Fizyka techniczna

Rok/Semestr  
1/2

Studia w zakresie (specjalność)

–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład  
30

Laboratorium  
0

Inne (np. online)  
0

Ćwiczenia  
0

Projekty/seminaria  
15

### Liczba punktów ECTS

3,00

### Koordynatorzy

dr hab. Bogusław Furmann prof. PP  
boguslaw.furmann@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Podstawowe wiadomości z podstaw inżynierii kwantowej, fizyki fazy skondensowanej i optyki materiałowej, matematyki wyższej tj. równań różniczkowych fizyki, elementów analizy harmoniczej i teorii sygnałów, działów techniki: elektroniki cyfrowej, układów w.cz., technik wysokiej próżni i niskich temperatur, komputerowego wspomaganie eksperymentu, technik laserowych, precyzyjnych konstrukcji mechanicznych, optoelektroniki, nanotechnologii. Umiejętność obsługi zaawansowanych urządzeń infrastruktury badawczej. Otwartość w pozyskiwaniu nowej wiedzy i umiejętności

### Cel przedmiotu

1. Przekazanie studentom podstawowej wiedzy dotyczącej eksperymentalnych metod i realizacji procesów kwantowych 2. Rozwijanie u studentów umiejętności algorytmicznej analizy, planowania i realizacji eksperymentów kwantowych, a także projektowania złożonych modułowych układów eksperymentalnych do realizacji tych eksperymentów, w zakresie określonym przez treści programowe. 3. Kształtowanie u studentów umiejętności kreatywnego, algorytmicznego działania z zachowaniem norm etycznych.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

student, który zaliczył przedmiot

1. potrafi identyfikować wybrane osiągnięcia inżynierii kwantowej w tym jej praktycznych zastosowań; formułować oceny dotyczące ograniczeń i problemów, w oparciu o literaturę rozpoznawać główne kierunki rozwoju [k2\_w07]
2. umie wskazywać, scharakteryzować i wytłumaczyć wybrane metody inżynierii kwantowej w implementacjach i zastosowaniach określonych w treściach programowych [k2\_w10]

Umiejętności:

1. analizować i oceniać opisane w literaturze realizacje wybranych eksperymentów kwantowych i sporządzić ich syntetyczne porównanie [k2\_u02]
2. analizować opisane w literaturze koncepcje wybranego eksperymentu kwantowego czy funkcjonalnego modułu/urządzenia/układu wskazanego w treściach programowych; ocenić techniczną realizowalność propozycji [k2\_u05]
3. szacować/ obliczać/symulować parametry wybranego procesu kwantowego (w oparciu o dane literaturowe) i na tej podstawie definiować parametry urządzeń infrastruktury badawczej [k2\_u12]
4. zidentyfikować problemy techniczne dotyczące realizacji określonego eksperymentu kwantowego, zaprojektować układ blokowy stanowiska badawczego i sporządzić specyfikację składowych modułów [k2\_u14]

Kompetencje społeczne:

1. student potrafi współpracować w ramach kilkuosobowego zespołu przy rozwiązywaniu konkretnych problemów [k2\_k01]
2. student potrafi kreatywnie myśleć i działać przy rozwiązywaniu problemu czy zadania [k2\_k02]

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Efekt Forma oceny Kryteria oceny

W01, W02, Egzamin. 50.1% 70% (3)

Prezentacja ustna elementów projektu 70.1%-90.0% (4)

Sprawozdanie z realizacji projektu od 90.1% (5)

U01, U02, U03, U04, Egzamin 50.1%-70.0% (3)

Prezentacja ustna elementów projektu 70.1%-90.0% (4)

Sprawozdanie z realizacji projektu od 90.1% (5)

K01, K02 Prezentacja ustna elementów projektu 50.1%-70.0% (3)

Sprawozdanie z realizacji projektu 70.1%-90.0% (4)

od 90.1% (5)

## Treści programowe

1. Klasyczne parametry spójnych źródeł światła i metody sterowania nimi dla potrzeb eksperymentu kwantowego
2. Metody eksperymentalne kształtowania charakterystyk kwadraturowych światła. Ściskanie światła
3. Optyczne i elektroniczne systemy detekcji pojedynczych fotonów. Detekcja homodynowa. Stabilizacja laserów metodą Pounda-Drewera.
4. Oddziaływanie foton-materia: elektromagnetycznie wymuszona przezroczystość, spowalnianie światła.
5. Układy eksperymentalne do badania pojedynczych fotonów we wnęce rezonansowej o bardzo dużej dobroci.
6. Układy pułapkowania cząstek naładowanych w pułapkach elektromagnetycznych typu Paula: konstrukcje i technologia wytwarzania pułapek o różnych geometriach: liniowych, planarnych (2D) i przestrzennych 3D; systemy elektroniczne sterowania pułapką, układy optyczne, optoelektroniczne i elektroniczne detekcji i obserwacji uwięzionych jonów, separacja mas i izotopów.
7. Sterowanie stanami kwantowymi uwięzionych jonów: oddziaływanie pojedynczych jonów ze światłem laserowym polem mikrofalowym i polem magnetycznym, chłodzenie uwięzionych jonów (zderzeniowe, rezystywne, laserowe, sympatyczne).
8. Układy pułapkowania cząstek naładowanych w pułapkach elektromagnetycznych typu Penninga: eksperymenty testujące przewidywania teorii kwantowych: pomiary czynników Landego.
9. Procesory kwantowe na uwięzionych jonach: generacja kwantowego splątania w łańcuchu jonów,
10. Metody izolowania i przenoszenia struktur atomowych: pułapka magnetooptyczna, pułapka i pęseta

optyczna, pułapka optyczno-grawitacyjna, uzyskiwanie kondensatu Bosego-Einsteina i kondensatu fermionowego. Sieci optyczne.

11. Atomowe wzorce czasu i częstości (zegary) w zakresie mikrofalowym i optycznym.

12. Synteza termojądrowa

## Metody dydaktyczne

Wykład: prezentacja multimedialna, prezentacja ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy.

## Literatura

Podstawowa

1. Prace oryginalne i przeglądowe publikowane w periodykach naukowych i technicznych
2. H.-A. Bachor, T.C. Ralph, A Guide to Experiments in Quantum Optics , Wiley-VCH 2004
3. F. G. Major V. N. Gheorghe G. Werth , Charged Particle Traps . T1i2 Springer 2009,2010
4. O. Everitt, Experimental Aspect of Quantum Computing, Springer 2005
5. W. Demtroder, Spektroskopia Laserowa PWN 1993 (Nowsze wydania w języku angielskim)
6. A. W. Belinskij Kwantowyj elzmiernenija, BINOM-Moskwa 2009

Uzupełniająca

1. C.C. Gerry, P.L. Knight, Wstęp do optyki kwantowej, PWN 2007
2. R. Tanaś, Wykłady z Optyki Kwantowej, UAM 2007
3. Ch.J. Foot, Atomic Physics, Oxford University Press 2005
4. W. P. Schleich, Quantum Optics in Phase Space, Wiley 2001
5. M. Le Bellac, Wstęp do informatyki kwantowej, PWN 2011

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	77	3,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	47	2,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	35	1,00