

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2012/2013

Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki

Kierunek studiów: Fizyka techniczna

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: FT

Stopień studiów: I

Specjalności: Technologie multimedialne, Fizyka fazy skondensowanej, Modelowanie komputerowe, Nowoczesne materiały i nanotechnologie

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Mechanika kwantowa I
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	
KOD PRZEDMIOTU	WFMiI FT oIS C7 12/13
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	5.00
SEMESTRY	4

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	SEMINARIUM	PROJEKT
4	30	30	0	0	0	0

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie studentów z podstawami fizyki kwantowej

**Cel 2** Zapoznanie studentów z podstawami mechaniki kwantowej

**Cel 3** Zapoznanie studentów z metodami rozwiązywania równania Schroedingera dla wybranych potencjałów

Cel 4 Zapoznanie studentów z metodą rozwiązania równania Schroedingera dla atomu wodoru

Cel 5 Zapoznanie studentów ze spinem w mechanice kwantowej

Cel 6 Zapoznanie studentów z elementarnymi zagadnieniami wielociałowymi w mechanice kwantowej

#### 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Zaliczenie kursu matematyki oraz fizyki ogólnej

#### 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student potrafi wskazać fakty doświadczalne sprzeczne z mechaniką klasyczną

**EK2 Umiejętności** Student potrafi wyprowadzić przesunięcie comptonowskie

**EK3 Wiedza** Student potrafi wyjaśnić podstawy formalizmu mechaniki kwantowej

**EK4 Umiejętności** Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla kilku potencjałów

**EK5 Wiedza** Student potrafi wyjaśnić technikę operatorów drabinkowych

**EK6 Umiejętności** Student potrafi rozwiązać problem własny operatora kwadratu momentu pędu oraz składowej jego składowej z-towej

**EK7 Wiedza** Student rozumie konsekwencje komutacji operatorów hermitowskich

**EK8 Umiejętności** Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru

**EK9 Wiedza** Student potrafi uzasadnić wprowadzenie operatora spinu w mechanice kwantowej

**EK10 Umiejętności** Student potrafi wyprowadzić reprezentację macierzową spinu (macierze Pauliego) oraz rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w polu magnetycznym

#### 6 TREŚCI PROGRAMOWE

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Wyprowadzenie przesunięcia Comptona	2
C2	Przypomnienie własności przestrzeni Hilberta. Udowadnianie hermitowskości kilku operatorów	4
C3	Obliczanie komutatorów	6
C4	Rozwiązywanie równania Schroedingera dla wybranych potencjałów	18

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W1</b>	Podstawy doświadczalne fizyki kwantowej - promieniowanie ciała doskonale czarnego, efekt fotoelektryczny, efekt Comptona	2
<b>W2</b>	Hipoteza de Broglie'a i zasada nieoznaczoności Heisenberga	2
<b>W3</b>	Pojęcie operatora hermitowskiego, przestrzeni Hilberta, warunku zupełności i ortonormalności	1
<b>W4</b>	Postulaty mechaniki kwantowej - funkcja stanu, reguły Jordana, równanie stanu (równanie Schrodingera), problem własny operatorów hermitowskich, wartości średnie operatorów	4
<b>W5</b>	Problem własny kwadratu operatora momentu pędu	4
<b>W6</b>	Rozwiązywanie równania Schrodingera dla: - cząstki swobodnej i cząstki w studni potencjalnej, - bariery potencjalnej: efekt tunelowy i Ramsauera, - oscylatora harmonicznego, atomu wodoru	6
<b>W7</b>	Atomy wieloelektronowe - stan podstawowy, nierozróżnialność cząstek, symetria funkcji falowej, zakaz Pauliego	4
<b>W8</b>	Model kwantowomechaniczny elektronów swobodnych (studnia trójwymiarowa) - poziom Fermiego, gęstość stanów	3
<b>W9</b>	Rachunek zaburzeń dla widma niezdegenerowanego niezależnego i zależnego od czasu, złota reguła Fermiego	4

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Zadania tablicowe

N3 Konsultacje

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	0
Konsultacje przedmiotowe	20
Egzaminy i zaliczenia w sesji	20
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	30
Opracowanie wyników	20
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	0
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>90</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	5.00

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Odpowiedź ustna

F3 Zadanie tablicowe

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny

P2 Egzamin ustny

P3 Zaliczenie pisemne

P4 Średnia ważona ocen formujących

### KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna podstaw doświadczalnych mechaniki kwantowej ani jej postulatów
NA OCENĘ 3.0	Student zna podstawy doświadczalne mechaniki kwantowej i jej postulaty w stopniu dostatecznym

NA OCENĘ 3.5	Student zna podstawy doświadczalne mechaniki kwantowej i jej postulaty w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student zna podstawy doświadczalne mechaniki kwantowej i jej postulaty w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student zna podstawy doświadczalne mechaniki kwantowej i jej postulaty w stopniu ponad dobrym
NA OCENĘ 5.0	Student zna podstawy doświadczalne mechaniki kwantowej i jej postulaty w stopniu bardzo dobrym
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna efektu Comptona
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi wyjaśnić efekt Comptona w stopniu dostatecznym
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi wyjaśnić efekt Comptona w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi wyjaśnić efekt Comptona w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi wyjaśnić efekt Comptona w ponad dobrym
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi wyjaśnić efekt Comptona w bardzo dobrym
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna postulatów mechaniki kwantowej
NA OCENĘ 3.0	Student zna postulaty mechaniki kwantowej w stopniu dostatecznym
NA OCENĘ 3.5	Student zna postulaty mechaniki kwantowej w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student zna postulaty mechaniki kwantowej w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student zna postulaty mechaniki kwantowej w stopniu ponad dobrym
NA OCENĘ 5.0	Student zna postulaty mechaniki kwantowej w stopniu bardzo dobrym
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi rozwiązać równania Schroedingera dla cząstki w pudle
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla cząstki w pudle w stopniu dostatecznym
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla cząstki w pudle w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla cząstki w pudle w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla cząstki w pudle w stopniu ponad dobrym

NA OCENĘ 5.0	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla cząstki w pudle w stopniu bardzo dobrym
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna techniki operatorów drabinkowych
NA OCENĘ 3.0	Student zna technikę operatorów drabinkowych w stopniu dostatecznym
NA OCENĘ 3.5	Student zna technikę operatorów drabinkowych w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student zna technikę operatorów drabinkowych w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student zna technikę operatorów drabinkowych w stopniu ponad dobrym
NA OCENĘ 5.0	Student zna technikę operatorów drabinkowych w stopniu bardzo dobrym
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi rozwiązać problemu własnego kwadratu operatora momentu pędu
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi rozwiązać problem własny kwadratu operatora momentu pędu w stopniu dostatecznym
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi rozwiązać problem własny kwadratu operatora momentu pędu w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi rozwiązać problem własny kwadratu operatora momentu pędu w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi rozwiązać problem własny kwadratu operatora momentu pędu w stopniu ponad dobrym
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi rozwiązać problem własny kwadratu operatora momentu pędu w stopniu bardzo dobrym
EFEKT KSZTAŁCENIA 7	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna relacji komutacji operatorów wielkości fizycznych
NA OCENĘ 3.0	Student zna relację komutacji operatorów wielkości fizycznych w stopniu dostatecznym
NA OCENĘ 3.5	Student zna relację komutacji operatorów wielkości fizycznych w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student zna relację komutacji operatorów wielkości fizycznych w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student zna relację komutacji operatorów wielkości fizycznych w stopniu ponad dobrym
NA OCENĘ 5.0	Student zna relację komutacji operatorów wielkości fizycznych w stopniu bardzo dobrym
EFEKT KSZTAŁCENIA 8	

NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi rozwiązać równania Schroedingera dla atomu wodoru
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w stopniu dostatecznym
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w stopniu ponad dobrym
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w stopniu bardzo dobrym
EFEKT KSZTAŁCENIA 9	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi uzasadnić potrzeby wprowadzenia operatora spinu
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi uzasadnić potrzebę wprowadzenia operatora spinu w stopniu dostatecznym
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi uzasadnić potrzebę wprowadzenia operatora spinu w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi uzasadnić potrzebę wprowadzenia operatora spinu w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi uzasadnić potrzebę wprowadzenia operatora spinu w stopniu ponad dobrym
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi uzasadnić potrzebę wprowadzenia operatora spinu w stopniu bardzo dobrym
EFEKT KSZTAŁCENIA 10	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi rozwiązać równania Schroedingera dla atomu wodoru w polu magnetycznym
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w polu magnetycznym w stopniu dostatecznym
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w polu magnetycznym w stopniu dość dobrym
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w polu magnetycznym w stopniu dobrym
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w polu magnetycznym w stopniu ponad dobrym
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi rozwiązać równanie Schroedingera dla atomu wodoru w polu magnetycznym w stopniu bardzo dobrym

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W02, K_W15	Cel 1	C1	N1 N2	F1
EK2	K_U06, K_U10	Cel 1	C1	N1 N2	F1
EK3	K_W02, K_W15	Cel 2	C2 C3 C4	N1 N2	F1
EK4	K_U06, K_U10	Cel 3	W5	N1 N2	F1
EK5	K_W02, K_W15	Cel 4	W6	N1 N2	F1
EK6	K_U06, K_U10	Cel 4	W6	N1 N2	F1
EK7	K_W02, K_W15	Cel 4	W6	N1 N2	F1
EK8	K_U06, K_U10	Cel 5	W7	N1 N2	F1
EK9	K_W02, K_W15	Cel 6	W7	N1 N2	F1
EK10	K_U06, K_U10	Cel 6	W8	N1 N2	F1

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 ] **R. Shankar** — *Mechanika kwantowa*, Warszawa, 2006, PWN
- [2 ] **K. Wódkiewicz, J.B. Brojan, J. Mostowski** — *Zbiór zadań z mechaniki kwantowej*, Warszawa, 1978, PWN

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 ] **L.I. Schiff** — *Mechanika kwantowa*, Warszawa, 1977, PWN



## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

prof. dr hab. Włodzimierz Wójcik (kontakt: puwojcik@cyf-kr.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 prof. dr hab. Włodzimierz Wójcik (kontakt: puwojcik@cyf-kr.edu.pl)

2 dr Robert Gębarowski (kontakt: rgebarowski@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....  
.....