

PROGRAM STUDIÓW

WYDZIAŁ: Podstawowych Problemów Techniki

KIERUNEK STUDIÓW: Inżynieria Kwantowa

Przyporządkowany do dyscypliny: Nauki fizyczne

POZIOM KSZTAŁCENIA: **studia drugiego stopnia**

FORMA STUDIÓW: **stacjonarna**

PROFIL: **ogólnoakademicki**

JĘZYK PROWADZENIA STUDIÓW: polski (w uzasadnionych przypadkach wybrane kursy mogą być prowadzone w języku angielskim)

OBOWIĄZUJE OD CYKLU KSZTAŁCENIA: 2021/2022

Zawartość:

1. Zakładane efekty uczenia się – zał. nr 1 do programu studiów
2. Opis programu studiów – zał. nr 2 do programu studiów
3. Plan studiów – zał. nr 3 do programu studiów

*niepotrzebne skreślić

ZAKŁADANE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Wydział: Podstawowych Problemów Techniki

Kierunek studiów: Inżynieria Kwantowa

Poziom studiów: studia drugiego stopnia

Profil: ogólnoakademicki

Umiejscowienie kierunku

Dziedzina nauki: Nauki ścisłe i przyrodnicze

Dyscyplina/dyscypliny w przypadku kilku dyscyplin proszę wskazać dyscyplinę wiodącą)

Nauki fizyczne

Objaśnienie oznaczeń:

P6U – charakterystyki uniwersalne odpowiadające kształceniu na studiach pierwszego stopnia - 6 poziom PRK*

P7U – charakterystyki uniwersalne odpowiadające kształceniu na studiach drugiego stopnia - 7 poziom PRK*

P6S – charakterystyki drugiego stopnia odpowiadające kształceniu na studiach pierwszego stopnia studiów - 6 poziom PRK *

P7S – charakterystyki drugiego stopnia odpowiadające kształceniu na studiach drugiego stopnia/ jednolitych magisterskich – 7 poziom PRK*

W – kategoria „wiedza”

U – kategoria „umiejętności”

K – kategoria „kompetencje społeczne”

K(symbol kierunku)_W1, K(symbol kierunku)_W2, K(symbol kierunku)_W3, ...- efekty kierunkowe dot. kategorii „wiedza”

K(symbol kierunku)_U1, K(symbol kierunku)_U2, K(symbol kierunku)_U3, ...- efekty kierunkowe dot. kategorii „umiejętności”

K(symbol kierunku)_K1, K(symbol kierunku)_K2, K(symbol kierunku)_K3, ...- efekty kierunkowe dot. kategorii „kompetencje społeczne”

S(symbol specjalności)_W..., S(symbol specjalności)_W..., S(symbol specjalności)_W..., ...- efekty specjalnościowe dot. kategorii „wiedza”

S(symbol specjalności)_U..., S(symbol specjalności)_U..., S(symbol specjalności)_U..., ...- efekty specjalnościowe dot. kategorii „umiejętności”

S(symbol specjalności)_K..., S(symbol specjalności)_K..., S(symbol specjalności)_K..., ...- efekty specjalnościowe dot. kategorii „kompetencje społeczne”

...._inż – efekty uczenia się umożliwiające uzyskanie kompetencji inżynierskich

*niepotrzebne usunąć

Kierunkowe efekty uczenia się

Symbol kierunkowych efektów uczenia się	Opis efektów uczenia się dla kierunku studiów Inżynieria Kwantowa Po ukończeniu kierunku studiów absolwent:	Odniesienie do charakterystyk PRK		
		Uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia (U)	Charakterystyki drugiego stopnia typowe dla kwalifikacji uzyskiwanych w ramach szkolnictwa wyższego (S)	
			Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomach / 7 PRK	Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomach 6 i 7 PRK, umożliwiającycy uzyskanie kompetencji inżynierskich
WIEDZA (W)				
K2INK_W01	ma pogłębioną i zaawansowaną wiedzę w zakresie fizyki kwantowej oraz jej zastosowań w badaniach dotyczących procesów fotowoltaicznych oraz zjawisk zachodzących w materii skondensowanej (nadprzewodnictwo, magnetyzm, półprzewodniki, układy topologiczne, kwantowy efekt Halla, struktury niskowymiarowe), optyce kwantowej; ma pogłębioną wiedzę dotyczącą teorii względności, teorii pola i grawitacji	P7U_W	P7S_WG	
K2INK_W02	zna w pogłębionym stopniu teorie dotyczące stosowania kwantowych technologii informatycznych w procesie przekazywania informacji za szczególnym uwzględnieniem kwantowej dystrybucji klucza kryptograficznego	P7U_W	P7S_WG	
K2INK_W03	ma pogłębioną wiedzę teoretyczną dotyczącą metod numerycznych stosowanych w opisie zjawisk kwantowych w materii skondensowanej, strukturach niskowymiarowych, optyce kwantowej i informatyce kwantowej	P7U_W	P7S_WG	
K2INK_W04	ma szczegółową wiedzę na temat zasad prowadzenia badań eksperymentalnych oraz metod statystycznej analizy ich wyników	P7U_W	P7S_WG	
K2INK_W05	ma pogłębioną wiedzę dotyczącą procesów zachodzących w układach i systemach fotowoltaicznych	P7U_W	P7S_WG	P7S_WG_INŻ
K2INK_W06	ma pogłębioną wiedzę dotyczącą działania aparatury półprzewodnikowej ze szczególnym uwzględnieniem urządzeń konstruowanych na bazie nanostruktur półprzewodnikowych i zna zasady działania przyrządów pomiarowych wykorzystywanych w badaniach spektroskopowych, mikroskopowych i elektrycznych	P7U_W	P7S_WG	P7S_WG_INŻ

K2INK_W07	zna uwarunkowania prawne i etyczne dotyczące działalności naukowej i dydaktycznej oraz ma podstawową wiedzę z zakresu ochrony własności intelektualnej i prawa autorskiego	P7U_W	P7S_WK	P7S_WK_INŻ
K2INK_W08	jest świadomy odpowiedzialności wynikającej z działalności inżynierskiej oraz potrafi przewidywać i uwzględniać w praktyce skutki tej działalności dla środowiska naturalnego, społeczności i gospodarki	P7U_W	P7S_WK	P7S_WK_INŻ
UMIĘTNOŚCI (U)				
K2INK_U01	potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie	P7U_U	P7S_UW	
K2INK_U02	posiada umiejętność samodzielnego uczenia się w zakresie zagadnień inżynierii kwantowej, kwantowych technologii informatycznych, fizyki teoretycznej i doświadczalnej ze szczególnym uwzględnieniem fizyki materii skondensowanej	P7U_U	P7S_UU	
K2INK_U03	potrafi zaplanować i przeprowadzić pomiary z wykorzystaniem zaawansowanych technologii, przeprowadzić krytyczną dyskusję wyników oraz przygotować opracowanie zawierające omówienie tych wyników	P7U_U	P7S_UW	P7S_UW_INŻ
K2INK_U04	potrafi przygotować i przedstawić prezentację na temat realizacji badań albo zadania projektowego oraz poprowadzić dyskusję dotyczącą przedstawionej prezentacji	P7U_U	P7S_UK	
K2INK_U05	<u>Pierwszy język:</u> B2+: ma wiedzę, umiejętności i kompetencje zgodne z wymaganiami określonymi dla poziomu dodatkowego B2+ ESOKJ w zakresie języka naukowo-technicznego związanego ze studiowaną dyscypliną i pokrewnymi zagadnieniami. C1+: ma wiedzę, umiejętności i kompetencje zgodne z wymaganiami określonymi dla poziomu dodatkowego C1+ ESOKJ; korzysta samodzielnie z literatury specjalistycznej, posługuje się językiem naukowo-technicznym w mowie i piśmie, analizując przedstawione treści i prezentuje je w różnych formach debat specjalistycznych. <u>Drugi język:</u> ma wiedzę, umiejętności i kompetencje zgodne z wymaganiami określonymi dla poziomu dodatkowego A1 ESOKJ; używa w elementarnym stopniu podstawowych sprawności językowych; zna podstawowe słownictwo i struktury gramatyczne w zakresie tematów życia codziennego i podstawowych zachowań interkulturowych.	P7U_U	P7S_UK	

	<p>A2: ma wiedzę, umiejętności i kompetencje zgodne z wymaganiami określonymi dla poziomu dodatkowego A2 ESOKJ; stosuje środki leksykalno-gramatyczne w zakresie poznanej tematyki i adekwatnie do posiadanej wiedzy socjokulturowej; potrafi uczestniczyć w rozmowach na znane tematy i w ograniczonym stopniu wypowiadać się na temat studiów i pracy zawodowej.</p> <p>B1: ma wiedzę, umiejętności i kompetencje zgodne z wymaganiami określonymi dla poziomu dodatkowego B1 ESOKJ; stosuje odpowiednie dla poziomu zaawansowania środki językowe zgodnie z poznanymi funkcjami językowymi i wiedzą socjokulturową; komunikuje się w zakresie życia prywatnego i społecznego, wybranych problemów współczesnego świata oraz w dość ograniczonym zakresie w obszarze związanym ze studiowaną specjalnością i środowiskiem pracy.</p>			
K2INK_U06	potrafi pracować indywidualnie i w zespole oraz kierować małym zespołem w sposób zapewniający realizację zadania w założonym zakresie i terminie	P7U_U	P7S_UO	
K2INK_U07	potrafi analizować zjawiska fizyczne wykorzystując poznane metody opisu teoretycznego oraz metody numeryczne stosując wybrane języki programowania i wybrane pakiety analizy numerycznej	P7U_U	P7S_UW	
K2INK_U08	potrafi opracować szczegółową dokumentację wyników prowadzonych badań, realizacji eksperymentu lub zadania projektowego; potrafi przygotować opracowania zawierające omówienie tych wyników	P7U_U	P7S_UW	P7S_UW_INŻ
KOMPETENCJE SPOŁECZNE (K)				
K2INK_K01	jest przygotowany do krytycznej analizy problemów poznawczych i praktycznych, samodzielnego opracowania i realizacji działań	P7U_K	P7S_KR, P7S_KK	
K2INK_K02	ma świadomość istotności i rozumie społeczne aspekty swojej działalności i wynikającej z niej odpowiedzialności, jest przygotowany do współdziałania i pracy w grupie, przyjmując w niej różne role, także kierownicze	P7U_K	P7S_KO, P7S_KR	
K2INK_K03	jest przygotowany do prawidłowej identyfikacji problemów związanych z wykonywanym zawodem i do ich rozstrzygnięcia, okazuje dbałość o prestiż związany z wykonywaniem zawodu, rozwija dorobek zawodu, postępuje zgodnie z etyką zawodową i działa na rzecz jej promocji	P7U_K	P7S_KO, P7S_KR	

K2INK_K04	rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie, potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób	P7U_K	P7S_KK	
K2INK_K05	jest przygotowany do myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy oraz do określania priorytetów służących realizacji określonego zadania	P7U_K	P7S_KR, P7S_KK	

*niepotrzebne usunąć

OPIS PROGRAMU STUDIÓW

Kierunek studiów: Inżynieria kwantowa	Profil: ogólnoakademicki
Poziom studiów: II	Forma studiów: stacjonarne

1. Opis ogólny

<i>1.1 Liczba semestrów: 3</i>	<i>1.2 Całkowita liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów na danym poziomie: 90</i>
<i>1.3 Łączna liczba godzin zajęć: 810</i>	<i>1.4 Wymagania wstępne (w szczególności w przypadku studiów drugiego stopnia): zgodne z warunkami i trybem rekrutacji na studia wyższe w Politechnice Wrocławskiej – Zasady ogólne i kryteria kwalifikacyjne na studia II stopnia. Kryteria zostały szczegółowo określone w załączniku do uchwały Rady Wydziału Podstawowych Problemów Techniki nr .../25/2016-2020 z dnia 19 marca 2019r. W sprawie określenia kryteriów przyjęć na studia drugiego stopnia na rok akademicki 2019/2020.</i>
<i>1.5 Tytuł zawodowy nadawany po zakończeniu studiów: mgr inż.</i>	<i>1.6 Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia</i> <i>1. Absolwent ma rozwiniętą umiejętność analitycznego myślenia, która prowadzi do kreatywnego rozwiązywania problemów naukowych i inżynierskich w szeroko rozumianej dziedzinie zastosowań mechaniki kwantowej.</i> <i>2. Posiada zaawansowaną wiedzę i umiejętności z zakresu mechaniki kwantowej i jej zastosowań w technologiach energii odnawialnej (fotowoltaika) i systemach kwantowych bezpieczeństwa informatycznego i komunikacji (informatyka kwantowa).</i> <i>3. Posiada zaawansowaną wiedzę i umiejętności w zakresie aktualnie</i>

	<p>rozwijanej teoretycznej i doświadczalnej fizyki materii skondensowanej.</p> <p>4. Ma umiejętność posługiwania się przyrządami pomiarowymi: optoelektronicznymi, optycznymi, elektrycznymi i elektronicznymi, w tym aparatury badawczej z Narodowego Laboratorium Technologii Kwantowych (spektroskopia ramanowska i mikroskopia sił atomowych (AFM)).</p> <p>5. Jest przygotowany do pracy w laboratoria zajmujących się technologią ogniw fotowoltaicznych.</p> <p>6. Ma podstawowe umiejętności dotyczące konstrukcji i projektowania systemów fotowoltaicznych.</p> <p>7. Jest przygotowany do podjęcia studiów doktorskich w dyscyplinie fizyka.</p> <p>Możliwości zatrudnienia:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Przemysł nanotechnologii, technologii ogniw fotowoltaicznych, systemów (instalacji) fotowoltaicznych, optoelektroniki. 2. Przemysł kwantowych technologii informatycznych, szczególnie kryptografii kwantowej. 3. Instytuty naukowe prowadzące prace badawcze w dziedzinie fizyki materii skondensowanej, informatyki kwantowej i technologii kwantowych.
<p><i>1.7 Możliwość kontynuacji studiów: szkoła doktorska w dyscyplinie fizyka</i></p>	<p><i>1.8 Wskazanie związku z misją Uczelni i strategią jej rozwoju</i></p> <p>Program studiów II stopnia Inżynierii Kwantowej oferuje kształcenie laboratoryjne i teoretyczne w zakresie kwantowej inżynierii światła i energii, kwantowych technologii informatycznych oraz fizyki fazy skondensowanej. Został on oparty w dużym zakresie na interaktywnym kształtowaniu umiejętności studentów prowadzącym do rozwoju ich kreatywności, profesjonalizmu oraz umiejętności pracy zespołowej. Poprzez związanie kształcenia studentów z Narodowym Laboratorium Technologii Kwantowych wyposażonym w najwyższej klasy sprzęt, w tym także z unikatowym w skali międzynarodowej Laboratorium Kryptografii Kwantowej, stworzona jest możliwość harmonijnego rozwoju łączącego wiedzę czysto teoretyczną z umiejętnościami eksperymentalnymi i aplikacyjnym. Inżynieria Kwantowa jako oferta studiów o zróżnicowanym poziomie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, od poziomu standardowego do elitarnego, zindywidualizowanego w zakresie fizyki teoretycznej lub eksperymentalnej i jej kwantowych zastosowań stanowi w</p>

	dużym zakresie realizację zapisów znajdujących się w dokumencie Plan Rozwoju Politechniki Wrocławskiej.
--	---

2. Opis szczegółowy

2.1 Całkowita liczba efektów uczenia się w programie studiów: W (wiedza) = 6, U (umiejętności) = 7, K (kompetencje) = 4, W + U + K = 17

2.2 Dla kierunku studiów przyporządkowanego do więcej niż jednej dyscypliny – liczba efektów uczenia się przypisana do dyscypliny: nie dotyczy

D1 (wiodąca) (liczba ta musi być większa od połowy całkowitej liczby efektów uczenia się)

D2

D3

D4

2.3 Dla kierunku studiów przyporządkowanego do więcej niż jednej dyscypliny – procentowy udział liczby punktów ECTS dla każdej z dyscyplin: nie dotyczy

D1 % punktów ECTS

D2 % punktów ECTS

D3 % punktów ECTS

D4 % punktów ECTS

2.4a. Dla kierunku studiów o profilu ogólnoakademickim – liczba punktów ECTS przypisana zajęciom związanym z prowadzoną w Uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów - DN (musi być większa niż 50 % całkowitej liczby punktów ECTS z p. 1.2) 73 ECTS

2.4b. Dla kierunku studiów o profilu praktycznym - liczba punktów ECTS przypisana zajęciom kształującym umiejętności praktyczne (musi być większa niż 50 % całkowitej liczby punktów ECTS z p. 1.2)

2.5 Zwięzła analiza zgodności zakładanych efektów uczenia się z potrzebami rynku pracy

Inżynieria kwantowa to kierunek studiów drugiego stopnia w szerokiej dziedzinie związanej z rozwojem i zastosowaniami mechaniki kwantowej.

Proces kształcenia w dużej mierze jest zorientowany na zaawansowane techniki pomiarowe w fotowoltaice, bezpieczeństwie informatycznym i kryptografii kwantowej. Kształcenie odbywa się w Narodowym Laboratorium Technologii Kwantowych (NLTK) Politechniki Wrocławskiej.

Uzupełnieniem wykształcenia inżynierskiego w dziedzinie fotowoltaiki jest laboratorium systemów fotowoltaicznych, które daje podstawę do przyszłej działalności inżynierskiej na rynku odnawialnych źródeł energii. Znajomość zaawansowanych technik pomiarowych stwarza możliwość zatrudnienia na szybko rozwijającym się rynku pracy szeroko rozumianych technologii kwantowych – nanotechnologii, fotowoltaiki, optoelektroniki, kwantowych technologii informatycznych dotyczących kryptografii kwantowej, kwantowych generatorów losowych i technologii, które mogą doprowadzić do skonstruowania komputera kwantowego.

2.6. Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia (wpisać sumę punktów ECTS dla kursów/ grup kursów oznaczonych kodem BU¹, przy czym dla studiów stacjonarnych liczba ta musi być większa niż 50 % całkowitej liczby punktów ECTS z p. 1.2) 50 ECTS

2.7. Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z zakresu nauk podstawowych (przedmioty kierunkowe są przedmiotami z nauki podstawowej - fizyka)

Liczba punktów ECTS z przedmiotów obowiązkowych	61
Liczba punktów ECTS z przedmiotów wybieralnych	21
Łączna liczba punktów ECTS	82

2.8. Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć o charakterze praktycznym, w tym zajęć laboratoryjnych i projektowych (wpisać sumę punktów ECTS kursów/grup kursów oznaczonych kodem P)

Liczba punktów ECTS z przedmiotów obowiązkowych	45
Liczba punktów ECTS z przedmiotów wybieralnych	6
Łączna liczba punktów ECTS	51

2.9. Minimalna liczba punktów ECTS , którą student musi uzyskać, realizując bloki kształcenia oferowane na zajęciach ogólnouczeniowych lub na innym kierunku studiów (wpisać sumę punktów ECTS kursów/grup kursów oznaczonych kodem O)
8 punktów ECTS

2.10. Łączna liczba punktów ECTS, którą student może uzyskać, realizując bloki wybieralne (min. 30 % całkowitej liczby punktów ECTS) 29 punktów ECTS

3. Opis procesu prowadzącego do uzyskania efektów uczenia się:

Opis procesu prowadzącego do uzyskania efektów uczenia się zawarty jest w opisie programu studiów oraz w planie studiów, a jego szczegóły określone są w kartach przedmiotu dokumentujących sposób uzyskania oraz weryfikacji poszczególnych efektów uczenia się.

4. Lista bloków zajęć:

4.1. Lista bloków zajęć obowiązkowych:

4.1.3 Lista bloków kierunkowych

4.1.3.1 Blok *Przedmioty obowiązkowe kierunkowe*

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/ grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno- uczel- niany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	FZP001500w	Zaawansowana mechanika kwantowa	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	1	T	E		DN		K
2	FZP001500c	Zaawansowana mechanika kwantowa		2				W01,W07, U01,U02, U06,U07, K01-K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN	P	K
3	FZP001501	Zaawansowana informatyka i kryptografia kwantowa	2					W02,W07, U01,U02, U07,U11, K01-K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN		K
4		Zaawansowana informatyka i kryptografia kwantowa			1			W02,W07, U01-U03, U06,U08, K01-K05	15	30	1	1	0,5	T	Z		DN	P	K
5	FZP001503	Lasery na bazie nanostruktur półprzewodnikowych	2					W01,W04- W07,U01, U02,K01- K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN		K
6	FZP001503	Lasery na bazie nanostruktur półprzewodnikowych				1		W01,W04- W07,U01- U03,U06, U08,K01-	15	60	2	2	1	T	Z		DN	P	K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, s, p)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-a z prowadzoną dział. naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷ KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

7	FZP001519	Zaawansowana plazmonika nanostruktur metalicznych	2					K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
8	FZP001504	Numeryczne metody badania układów kwantowych			2			W01,W03, W07,U01, U02,U06- U08,K01- K05	30	90	3	3	1	T	Z		DN	P	K
9	FZP001507	Optyka kwantowa	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	60	2	2	1	T	E		DN		K
10	FZP001507	Optyka kwantowa		2				W01,W07, U01,U02, U06,U07, K01-K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN	P	K
11		Metody teorii grup w fizyce	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	60	2		1	T	Z				K
12		Wykład monograficzny	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3		2	T	Z				K
13	FZP001505	Seminarium tematyczne					1	W01,W07, U01,U02, U04,U05, U06,K01- K05	15	30	1		1	T	Z			P	K
14	FZP001508	Seminarium dyplomowe – 1					2	W01- W07,U01, U02,U04, U06,K01- K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN	P	K
15	FZP001509	Praca dyplomowa – 1				2		W01- W07,U01- U03,U06, U07,K01- K05	30	120	4	4	2	T	Z		DN	P	K
16	FZP001510	Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej (Seminarium Fizyki WPPT)					1	W01- W07,U01, K01-K05	15	60	2		1	T	Z			P	K
17	FZP001502	Systemy fotowoltaiczne (W12)			1			W05,W07, W08, U01-	15	30	1		0,5	T	Z			P	K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

7

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

								U03,U06,, K01-K05											
18	FZP001511	Seminarium dyplomowe – 2					2	W01- W07,U01, U02,U04, U06,K01- K05	30	240	8	8	4	T	Z		DN	P	K
19	FZP001512	Praca dyplomowa – 2					2	W01- W07,U01- U03,U06, U07,K01- K05	30	480	16	16	8	T	Z		DN	P	K
Razem			14	4	4	5	6		495	1830	61	52	31						

Razem (dla bloków kierunkowych):

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN ⁵	Liczba punktów ECTS zajęć BU ¹
w	ć	l	p	s					
14	4	4	5	6	495	1830	61	52	31

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

4.2 Lista bloków wybieralnych

4.2.1 Lista bloków kształcenia ogólnego

4.2.1.1 Blok *Przedmioty humanistyczno-menedżerskie* (min. 5 pkt ECTS):

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ	CNPS	łącna	zajęc DN ⁵	zajęc BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	PSP1056 18BK	Przedmiot humanistyczny	1					W07,U01, K04	15	60	2		1	T	Z	O			KO
2	PSP1055 75BK	Przedmioty społeczne – 2	2					W07,U01, K04	30	90	3		2	T	Z	O			KO
Razem			3						45	150	5		3						

4.2.1.2 Blok *Języki obce* (min. 3 pkt ECTS):

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ	CNPS	łącna	zajęc DN ⁵	zajęc BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	JZL1007 09BK	Język obcy I		1				W07,U05, K04	15	30	1		0,5	T	Z	O		P	KO
2	JZL1007 10BK	Język obcy II		3				W07,U05, K04	45	60	2		1,5	T	Z	O		P	KO
Razem				4					60	90	3		2						

Razem dla bloków kształcenia ogólnego:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN ⁵	Liczba punktów ECTS zajęć BU ¹
w	ć	l	p	s					

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

3	4				107	240	8		5
---	---	--	--	--	-----	-----	---	--	---

4.2.3 Lista bloków kierunkowych

4.2.3.1 Blok Wykładów wybieralnych (min. 18 pkt ECTS):

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/ grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno- uczel- niany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	FZP001533	Metody kwantowej teorii pola w fizyce statystycznej	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
2	FZP001537	Nierównowagowe funkcje Greena	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
3	FZP001513	Fizyka półprzewodników: dynamika i oddziaływania	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
4	FZP001514	Nadprzewodnictwo - układy niekonwencjonalne	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
5	FZP001515	Funkcje korelacji w fizyce materii skondensowanej	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
6	FZP001525	Klasyczna teoria pola	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
7	FZP001530	Kwantowa teoria pola	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
8	FZP001516	Wstęp do procesów stochastycznych dla fizyków	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
9	FZP001520	Mikroskopowa kwantowa teoria metali i układów nadciekłych	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

10	FZP001521	Topologiczne efekty w układach kwantowych	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
11	FZP001526	Czarne dziury	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
12	FZP001528	Elementy teorii materii skondensowanej	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
13	FZP001529	Topologia układów kwantowych	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
14		Kwantowe ciecze bozonowe	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
15	FZP001522	Teoria dekoherencji	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
16	FZP001523	Wstęp do zjawisk transportu przez nanostruktury	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
17	FZP001524	Teoria korelacji kwantowych w układach mieszanych	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
18		Machine learning	2					W01,W02, W03,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
19		Ergodyczność kwantowa	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
20		Makroskopowe tunelowanie kwantowe	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
21	FZP003116W	Materiały polimerowe w optoelektronice	2					W01,W04, W07,U01, U02,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
22	FZP003110Wp	Zaawansowane metody badania dielektryków (GK)	1			1		W01,W04, W07,U01, U02,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

23	FZP003100Ws	Fizyka powierzchni (GK)	1				1	W01,W04, W07,U01, U02,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
Razem			44				1	1	690	2070	69	69	46						

4.2.3.2 Blok Laboratoriów wybieralnych (min. 15 pkt ECTS):

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/ grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęc DN ⁵	zajęc BU ¹			ogólno- uczel- niany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Zaawansowane laboratorium fotoogniw			2			W01,W04- W08,U01- U03,U06, U08,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
2	FZP001527	Laboratorium spektroskopii nanostruktur koloidalnych				2		W01,W04- W08,U01- U03,U06, U08,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
3	FZP001518	Zastosowania metod ab initio (GK)	1		1			W01,W03, W07,U01, U02,U06- U08,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
4	FZP001517	Zaawansowane modelowanie zjawisk fizycznych za pomocą Maple			2			W01,W07, U01,U02, U06- U08,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
5	FZP001506	Cyfrowe układy elektroniczne w systemach czasu rzeczywistego (GK)	1		1			W01,W04 W06- W08,U01- U03,U06, U08,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

12

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

6		NLTK			2			W01,W04-W08,U01-U03,U06,U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
7	FZP003115W1	Elementy chemii kwantowej	1		1			W01,W04-W07,U01-U03,U06,U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
Razem			3		9	2			210	630	21	21	14						

Razem dla bloków kierunkowych:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN ⁵	Liczba punktów ECTS zajęć BU ¹
w	ć	l	p	s					
49		11	3	1	960	2880	96	96	64

4.4 Blok „praca dyplomowa” (o ile jest przewidywana na studiach pierwszego stopnia)

Typ pracy dyplomowej	magisterska	
Liczba semestrów pracy dyplomowej	Liczba punktów ECTS	Kod
2	20	FZP001509, FZP001512
Charakter pracy dyplomowej		
Literaturowa, projekt, program komputerowy, praca teoretyczna, praca doświadczalna		

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

Liczba punktów ECTS BU ¹	10
Liczba punktów ECTS DN ⁵	20

5. Sposoby weryfikacji zakładanych efektów uczenia się

Typ zajęć	Sposoby weryfikacji zakładanych efektów uczenia się
wykład	egzamin, kolokwium, referat
ćwiczenia	test, kolokwium, kartkówka, aktywność na zajęciach
laboratorium	wejściówka, sprawozdanie z laboratorium
projekt	obrona projektu
seminarium	udział w dyskusji, prezentacja tematu, esej
praktyka	raport z praktyki
praca dyplomowa	przygotowana praca dyplomowa

6. Zakres egzaminu dyplomowego:

Zakres egzaminu dyplomowego określa Komisja ds. Dyplomowania dla kierunku Inżynieria Kwantowa na podstawie listy pytań.

Lista pytań obowiązujących na egzaminie magisterskim Inżynieria Kwantowa

1. Równanie Langevina
2. Równanie Fokkera-Plancka i równanie Smoluchowskiego
3. Stochastyczny oscylator harmoniczny
4. Dlaczego entropia splątania jest złą miarą splątania dla stanów mieszanych?
5. Na czym polega nagła śmierć splątania?

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

6. Znając hamiltonian opisujący nieoddziałujące fermiony, jak obliczyć jaka jest wartość oczekiwana operatora opisującego liczbę fermionów w danym stanie własnym hamiltonianu, jeżeli stan fermionów jest opisywany przez stan Gibbsa?
7. Jakie wielkości wiąże ze sobą twierdzenie fluktuacyjno-dyssypacyjne?
8. Czym się różni superpozycja stanów kwantowych od mieszaniny stanów kwantowych?
9. Co opisują czasy T1 i T2 w procesach relaksacji?
10. Omówić twierdzenie Noether dla klasycznych pól relatywistycznych.
Podać przykład gęstości lagranżjanu niezmienniczej względem symetrii wewnętrznej, oraz odpowiadający jej ładunek Noether.
11. Podać działanie $S[A, j]$ pola elektromagnetycznego w obecności pola czterogęstości prądu j spełniającego równanie ciągłości. Omówić symetrie tego działania.
12. Równanie kinetyczne Boltzmanna. Całka zderzeń. Elektrony w polu elektrycznym i gradiencie temperatury.
13. Zjawiska termoelektryczne w ciałach stałych. Relacja Wiedemanna-Frantza.
14. Funkcja Greena-Matsubary w rachunku zaburzeń, diagramy Feynmana, równanie Dysona.
15. Połączona gęstość stanów – definicja, znaczenie w pomiarach STM. Efekt nesting.
16. Podaj i uzasadnij macierzową postać parametrów porządku singletowego i trypletowego.
17. Symetrie par Coopera. Konsekwencje złamania symetrii inwersji.
18. Kwantowa losowość i QRNG.
19. Kwantowa supremacja.
20. Definicja, własności i zastosowanie funkcji Greena Keldysha.
21. Niezmienniki topologiczne i topologiczne izolatory.
22. Cyklotronowe grupy warkoczowe i FQHE.
23. Opisz metodę liniowej reakcji Kubo.
24. Definicja, własności i zastosowanie funkcji Greena-Matsubary.

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

25. Tłumienie plazmonów powierzchniowych w nanocząstkach metalicznych
26. Mechanizm wzmocnienia wydajności ogniw słonecznych przy pomocy metalicznych nanocząstek
27. Przedstaw i opisz model Heisenberga. Opisz najważniejsze elementy kodu numerycznego pozwalające zdiagnozować ten model (budowa bazy oraz elementy macierzowe).
28. Suma statystyczna w mechanice kwantowej. Wartość oczekiwana obserwabli dla skończonych temperatur.
29. Stan czysty vs stan mieszany. Splątanie kwantowe.
30. Co to jest cząstka w terminach nieredukowalnych reprezentacji grupy Poincare?
31. Jakie warunki musi spełniać kwantowa teoria pola aby była renormalizowalna?
32. Opisz oddziaływanie dwupoziomowego atomu z polem elektrycznym w przybliżeniu dipolowym (opis kwantowy).
33. Zdefiniuj i krótko scharakteryzuj następujące stany kwantowe: stan n-fotonowy, stan koherentny i ściśnięty stan koherentny.
34. Omów koherencję drugiego rzędu na przykładzie światła.
35. Macierze losowe, a chaos kwantowy.
36. Omów hipotezę termalizacji stanu własnego (ETH).
37. Czym jest sprawność fotoogniwa? Czym różni się sprawność od wydajności kwantowej? Jak wyznaczyć sprawność fotoogniwa na podstawie charakterystyki prądowo-napięciowej?
38. Czym jest współczynnik masy powietrza? Jakie warunki składają się na standard AM1.5?
39. Co to jest propagator? Wyznacz postać propagatora jako całki funkcjonalnej w jednowymiarowym zagadnieniu pojedynczej cząstki o masie m znajdującej się w potencjale $V(x)$.
40. Wypowiedz twierdzenie spektralne. Zapisz postać operatora hermitowskiego posiadającego dyskretny zbiór wartości własnych; co można powiedzieć o wartościach

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

i wektorach własnych. Podaj w takim przypadku “rozkład jedności”.

41. Sformułuj problem wartości własnych w zagadnieniu jednowymiarowego oscylatora harmonicznego w terminach całkowania funkcjonalnego.
42. Omówić zasadę działania ogniwa słonecznego. Przedstawić zależność prądu zwarcia i napięcia rozwarcia ogniwa od natężenia oświetlenia i temperatury.
43. Omówić zastosowanie metody DLTS w kontekście badania defektów rozciągłych i punktowych w złączu półprzewodnikowym.
44. Zdefiniuj system czasu rzeczywistego i podaj przykłady.
45. Wyjaśnij różnicę między elektronicznymi układami kombinacyjnymi i sekwencyjnymi.
46. Omów metodę projektowania cyfrowych filtrów o skończonej odpowiedzi impulsowej z wykorzystaniem dyskretnej transformaty Fouriera.
47. Co to jest część pasywna i aktywna lasera, oraz wzmocnienie materiałowe/optyczne w laserach półprzewodnikowych.
48. Opisz konstrukcje półprzewodnikowych laserów: krawędziowego i typu VCSEL.
49. Opisz konstrukcję półprzewodnikowego lasera kaskadowego.
50. Teoretyczny opis międzypasmowych przejść optycznych w półprzewodnikach w przybliżeniu stanów nieskorelowanych.
51. Oddziaływanie nośników z fononami w półprzewodnikach.
52. Sformułuj twierdzenie Hohenberga-Kohna, w szczególności wyjaśnij co oznacza określenie V-reprezentowalność?
53. Opisz konstrukcję Kohna-Shama i wyjaśnij czym jest energia korelacji-wymiany.
54. Czym różni się uczenie nadzorowane od nienadzorowanego, podaj kilka przykładów zagadnień gdzie możemy wykorzystać uczenie nienadzorowane.
55. Podaj kilka przykładów technik uczenia maszynowego nie będących technikami głębokimi. Czym różni się uczenie głębokie (deep-learning) od tradycyjnego uczenia maszynowego (machine-learning).
56. Makroskopowe procesy relaksacyjne a makroskopowa koherencja, koncepcja i przykłady.
57. Omówienie idei solitonu, solitonu topologicznego i instantonu.

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

7. Wymagania dotyczące terminu zaliczenia określonych kursów/grup kursów lub wszystkich kursów w poszczególnych blokach

Terminy zaliczeń określa Regulamin Studiów w Politechnice Wrocławskiej.

Dodatkowo Komisja Programowa kierunku Inżynieria Kwantowa określa termin zaliczenia kursów podstawowych:

- a) znajdujących się w planie studiów w semestrach 1-2 – najpóźniej do końca drugiego semestru;
- b) znajdujących się w planie studiów w semestrze 3 – najpóźniej do końca trzeciego semestru.

8. Plan studiów (załącznik nr 4)

Zaopiniowane przez właściwy organ uchwałodawczy Samorządu Studenckiego:

.....
Data

.....
Imię, nazwisko i podpis przedstawiciela studentów

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

.....
Data

.....
Podpis Dziekana Wydziału / Dyrektora Filii

*niepotrzebne skreślić

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

PLAN STUDIÓW

WYDZIAŁ: Podstawowych Problemów Techniki

KIERUNEK STUDIÓW: Inżynieria kwantowa

POZIOM KSZTAŁCENIA: studia drugiego stopnia

FORMA STUDIÓW: stacjonarna (w uzasadnionych przypadkach forma zdalna lub hybrydowa)

PROFIL: ogólnoakademicki

SPECJALNOŚĆ:

JĘZYK PROWADZENIA STUDIÓW: polski (w uzasadnionych przypadkach wybrane kursy mogą być prowadzone w języku angielskim)

OBOWIĄZUJE OD CYKLU KSZTAŁCENIA: 2021/2022

*niepotrzebne skreślić

Struktura planu studiów (opcjonalnie)

1) w układzie punktowym

(miejsce na zamieszczenie schematu planu studiów)

2) w układzie godzinowym

(miejsce na zamieszczenie schematu planu studiów)

1. Zestaw kursów / grup kursów obowiązkowych i wybieralnych w układzie semestralnym

Semestr 1

Kursy/grupy kursów obowiązkowe liczba punktów ECTS 27

Lp	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupe kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/ grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęc DN ⁵	zajęc BU ¹			ogólno- uczel- niany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	FZP001500w	Zaawansowana mechanika kwantowa	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	1	T	E		DN		K
2	FZP001500c	Zaawansowana mechanika kwantowa		2				W01,W07, U01,U02, U06,U07, K01-K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN	P	K
3	FZP001501	Zaawansowana informatyka i kryptografia kwantowa	2					W02,W07, U01,U02, U07,U11, K01-K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN		K
4		Zaawansowana informatyka i kryptografia kwantowa			1			W02,W07, U01-U03, U06,U08, K01-K05	15	30	1	1	0,5	T	Z		DN	P	K
5	FZP001503	Lasery na bazie nanostruktur półprzewodnikowych	2					W01,W04- W07,U01, U02,K01- K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN		K
6	FZP001503	Lasery na bazie nanostruktur półprzewodnikowych				1		W01,W04- W07,U01- U03,U06, U08,K01- K05	15	60	2	2	1	T	Z		DN	P	K
7	FZP001519	Zaawansowana plazmonika nanostruktur metalicznych	2					W01,W05, W07,U01, U02,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
8	FZP001504	Numeryczne metody badania układów kwantowych			2			W01,W03, W07,U01, U02,U06- U08,K01-	30	90	3	3	1	T	Z		DN	P	K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

									K05											
9	FZP001507w	Optyka kwantowa	2						W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	60	2	2	1	T	E		DN		K
10	FZP001507c	Optyka kwantowa		2					W01,W07, U01,U02, U06,U07, K01-K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN	P	K
11		Metody teorii grup w fizyce	2						W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	60	2		1	T	Z				K
12		Wykład monograficzny	2						W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3		2	T	Z				K
Razem			14	4	3	1				330	810	27	22	13,5						

Kursy/grupy kursów wybieralne (np. nazwa specjalności) (minimum 30 godzin w semestrze, 3 punktów ECTS)

L P ·	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/ grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno- uczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	JZL100709BK	Język obcy I		1					15	30	1		0,5	T	Z	O		P	KO
2	PSP105618BK	Przedmiot humanistyczny	1						15	60	2		1	T	Z	O	K		KO
Razem			1	1					30	90	3		1,5						

Razem w semestrze

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN ⁵	Liczba punktów ECTS zajęć BU ¹
w	ć	l	p	s					
15	5	3	1		360	900	30	22	15

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

Semestr 2

Kursy/grupy kursów obowiązkowe liczba punktów ECTS 7

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	FZP001505	Seminarium tematyczne					1	W01,W07,U01,U02,U04,U05,U06,K01-K05	15	30	1		1	T	Z			P	K
2	FZP001508	Seminarium dyplomowe – 1					2	W01-W07,U01,U02,U04,U06,K01-K05	30	60	2	2	1	T	Z		DN	P	K
3	FZP001509	Praca dyplomowa – 1				2		W01-W07,U01-U03,U06,U07,K01-K05	30	120	4	4	2	T	Z		DN	P	K
Razem						2	3		75	210	7	6	4						

Kursy/grupy kursów wybieralne (np. nazwa specjalności) (minimum 255 godzin w semestrze, 23 punktów ECTS)

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	JZL100710BK	Język obcy II		3				W07,U05,K04	45	60	2		1,5	T	Z	O		P	KO
2	PSP105575BK	Przedmioty społeczne – 2	2					W07,U01,K04	30	90	3		2	T	Z	O			KO
3	FZP107235BK	Wykład wybieralny lub laboratorium wybieralne	2					W01,W04-W07,U01-	30	90	3	3	2	T	Z				K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

									U03,U06, U08,K01- K05									
4	FZP107235BK	Wykład wybieralny lub laboratorium wybieralne	2						W01,W04- W07,U01- U03,U06, U08,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		K
5	FZP107235BK	Wykład wybieralny lub laboratorium wybieralne	2						W01,W04- W07,U01- U03,U06, U08,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		K
6	FZP107235BK	Wykład wybieralny	2						W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		K
7	FZP107235BK	Wykład wybieralny	2						W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		K
8	FZP107235BK	Laboratorium wybieralne			2				W01,W04- W07,U01- U03,U06, U08,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z		P K
Razem			12	3	2					255	690	23	18	15,5				

Razem w semestrze:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN ⁵	Liczba punktów ECTS zajęć BU ¹
w	ć	l	p	s					
12	3	2	2	3	330	900	30	24	19,5

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷ KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

Moduł wykładów wybieralnych (18 pkt ECTS):

Lp	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/ grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęc DN ⁵	zajęc BU ¹			ogólno- uczel- niany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	FZP001533	Metody kwantowej teorii pola w fizyce statystycznej	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
2	FZP001537	Nierównowagowe funkcje Greena	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
3	FZP001513	Fizyka półprzewodników: dynamika i oddziaływania	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
4	FZP001514	Nadprzewodnictwo - układy niekonwencjonalne	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
5	FZP001515	Funkcje korelacji w fizyce materii skondensowanej	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
6	FZP001525	Klasyczna teoria pola	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
7	FZP001530	Kwantowa teoria pola	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
8	FZP001516	Wstęp do procesów stochastycznych dla fizyków	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
9	FZP001520	Mikroskopowa kwantowa teoria metali i układów nadciekłych	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
10	FZP001521	Topologiczne efekty w układach kwantowych	2					W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
11	FZP001526	Czarne dziury	2					W01,W07,	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

										U01,U02, K01-K05									
12	FZP001528	Elementy teorii materii skondensowanej	2							W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
13	FZP001529	Topologia układów kwantowych	2							W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
14		Kwantowe ciecze bozonowe	2							W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
15	FZP001522	Teoria dekoherencji	2							W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
16	FZP001523	Wstęp do zjawisk transportu przez nanostruktury	2							W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
17	FZP001524	Teoria korelacji kwantowych w układach mieszanych	2							W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
18		Machine learning	2							W01,W02, W03,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
19		Ergodyczność kwantowa	2							W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
20		Makroskopowe tunelowanie kwantowe	2							W01,W07, U01,U02, K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
21	FZP003116W	Materiały polimerowe w optoelektronice	2							W01,W04, W07,U01, U02,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
22	FZP003110Wp	Zaawansowane metody badania dielektryków (GK)	1			1				W01,W04, W07,U01, U02,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
23	FZP003100Ws	Fizyka powierzchni (GK)	1				1			W01,W04, W07,U01, U02,K01- K05	30	90	3	3	2	T	Z	DN	K
		Razem	44			1	1				690	2070	69	69	46				

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

Moduł laboratoriów wybieralnych (15 pkt ECTS):

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/ grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno- uczel- niany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Zaawansowane laboratorium fotoogniw			2			W01,W04-W08,U01-U03,U06,U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
2	FZP001527	Laboratorium spektroskopii nanostruktur koloidalnych				2		W01,W04-W08,U01-U03,U06,U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
3	FZP001518	Zastosowania metod ab initio (GK)	1		1			W01,W03,W07,U01,U02,U06-U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
4	FZP001517	Zaawansowane modelowanie zjawisk fizycznych za pomocą Maple			2			W01,W07,U01,U02,U06-U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
5	FZP001506	Cyfrowe układy elektroniczne w systemach czasu rzeczywistego (GK)	1		1			W01,W04-W06-W08,U01-U03,U06,U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
6		NLTK			2			W01,W04-W07,U01-U03,U06,U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K
7	FZP003115 W1	Elementy chemii kwantowej	1		1			W01,W04-W07,U01-U03,U06,U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN	P	K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

Razem	3	9	2		210	630	21	21	14					
-------	---	---	---	--	-----	-----	----	----	----	--	--	--	--	--

Semestr 3

Kursy/grupy kursów obowiązkowe liczba punktów ECTS 27

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	FZP001510	Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej (Seminarium Fizyki WPPT)					1	W01-W07,U01,K01-K05	15	60	2		1	T	Z			P	K
2	FZP001502	Systemy fotowoltaiczne (W12)			1			W05,W07,W08,U01-U03,U06,,K01-K05	15	30	1		0,5	T	Z			P	K
3	FZP001511	Seminarium dyplomowe – 2					2	W01-W07,U01,U02,U04,U06,K01-K05	30	240	8	8	4	T	Z		DN	P	K
4	FZP001512	Praca dyplomowa – 2				2		W01-W07,U01-U03,U06,U07,K01-K05	30	480	16	16	8	T	Z		DN	P	K

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

Razem					1	2	3	90	810	27	24	13,5					
-------	--	--	--	--	---	---	---	----	-----	----	----	------	--	--	--	--	--

Kursy/grupy kursów wybieralne (np. nazwa specjalności) (minimum 30 godzin w semestrze, 3 punktów ECTS)

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K2INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu/grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęc DN ⁵	zajęc BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1	FZP107235BK	Wykład wybieralny lub laboratorium wybieralne	2					W01,W04-W07,U01-U03,U06,U08,K01-K05	30	90	3	3	2	T	Z		DN		K
Razem			2						30	90	3	2	2						

Razem w semestrze:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN ⁵	Liczba punktów ECTS zajęć BU ¹
w	ć	l	p	s					
2		1	2	3	120	900	30	27	15,5

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

2. Zestaw egzaminów w układzie semestralnym

Kod kursu/grupy kursów	Nazwy kursów/ grup kursów kończących się egzaminem	Semestr
FZP001500 FZP001507	1.Zaawansowana mechanika kwantowa 2.Optyka kwantowa	1

3. Liczby dopuszczalnego deficytu punktów ECTS po poszczególnych semestrach

Semestr	Semestr	Dopuszczalny deficyt punktów ECTS po semestrze
1		10
2		8
3		-

Opinia właściwego organu Samorządu Studenckiego

.....
Data

.....
Imię, nazwisko i podpis przedstawiciela studentów

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷ KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

.....
Data

.....
Podpis Dziekana Wydziału / Dyrektora Filii

¹BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

³Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczeniiany – O

⁵Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

⁶ Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

⁷ KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki/ STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa w języku polskim	Zaawansowana mechanika kwantowa
Nazwa w języku angielskim	Advanced Quantum Mechanics
Kierunek studiów:	Inżynieria Kwantowa
Specjalność (jeśli dotyczy):
Stopień studiów i forma:	II stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FZP001500wc
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90	60			
Forma zaliczenia	Egzamin	zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3	2			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		1			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1	1			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki kwantowej 1 i 2
2. metod matematycznych fizyki

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Uzyskanie wiedzy z zakresu mechaniki kwantowej w języku całkowania funkcjonalnego.
 C2 Nabywanie umiejętności formułowania zagadnień mechaniki kwantowej w terminach sumowania po trajektoriach
 C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych ukazujących potrzebę stałego kształcenia i pogłębiania kompetencji zawodowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca mechaniki kwantowej w ujęciu całkowania funkcjonalnego

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod przybliżonych w zakresie sformułowania całkowania po trajektoriach,

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Postulaty mechaniki kwantowej. Unitarna ewolucja wektora stanu – generator ewolucji.	2
Wy2	Reprezentacje w mechanice kwantowej – propagator w reprezentacji położeniowej.	2
Wy3	Całkowanie funkcjonalne - równanie Schrödingera. Cząstka swobodna .	2
Wy4	Propagator dla oscylatora harmonicznego	2
Wy5	Propagator w przybliżeniu WKB.	2
Wy6	Zagadnienia wielowymiarowe	2
Wy7	Sumowanie po trajektoriach w fizyce statystycznej	4
Wy8	Zagadnienie własne – propagator i funkcja Greena	2
Wy9	Pojedyncza studnia potencjału - przybliżenie WKB	2
Wy10	Podwójna studnia potencjału - przybliżenie WKB	4
Wy11	Podwójna studnia potencjału - przybliżenie RTCT	2
Wy12	Studnia z wieloma minimami w przybliżeniu RTCT	2
Wy13	Czas rozpadu stanu metastabilnego w przybliżeniu RTCT	2
	Suma godzin	30

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Rozwiązywanie zagadnień związanych z operatorami ograniczonymi i nieograniczonymi występującymi w mechanice kwantowej.	2
Ćw2	Wyznaczanie dziedziny i widma operatorów samosprężonych.	2
Ćw3	Wyznaczanie macierzy gęstości w różnych reprezentacjach (1).	2
Ćw4	Wyznaczanie macierzy gęstości w różnych reprezentacjach (2).	2
Ćw5	Analiza stanów o minimalnej nieoznaczoności.	2

Ćw6	Wyznaczanie całki prostej przestrzeni Hilberta.	2
Ćw7	Obliczanie całek po trajektoriach (1).	2
Ćw8	Obliczanie całek po trajektoriach (2).	2
Ćw9	Wyznaczanie propagator i funkcja Greena (1).	2
Ćw10	Wyznaczanie propagator i funkcja Greena (2).	2
Ćw11	Stosowanie przybliżenia quasi-klasycznego za pomocą całki po trajektoriach.	2
Ćw12	Obliczanie propagatorów w przybliżeniu quasi-klasycznym.	2
Ćw13	Wyznaczanie funkcji falowych w przybliżeniu WKB dla różnych potencjałów.	2
Ćw14	Kolokwium.	2
Ćw15	Podsumowanie	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład i ćwiczenia – forma tradycyjna.
N2. Konsultacje.
N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 – PEU_K03	Egzamin
F2	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 – PEU_K03	Kolokwium
P (w) = F1 P (ćw) = F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] A. Radosz, „Mechanika kwantowa w sformułowaniu całkowania po trajektoriach – wybrane zagadnienia” – materiały dydaktyczne „ZPR PWr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”
[2] R. P. Feynman and A. R. Hibbs, Quantum Mechanics and Path Integrals (McGraw-Hill, New York, 1965)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

[1] B.R. Holstein, The double-well potential and complex time Journal of Physics C: Solid State Physics, Volume 19, (1986) Number 13.

[2] A. Radosz and W. Magierski, Real trajectories in complex-time and barrier penetrationlike phenomena, J. Math Phys. 33 (1992) 1745

[3] H. Kleinert, Path Integrals in Quantum Mechanics, Statistics, Polymer Physics, and Financial Markets, 5th Edition, 2009

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Andrzej Radosz (andrzej.radosz@pwr.edu.pl)

Paweł Gusin (andrzej.radosz@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki/ STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa przedmiotu w języku polskim** Zaawansowana informatyka i kryptografia kwantowa**Nazwa przedmiotu w języku angielskim** Advanced quantum information and quantum cryptography**Kierunek studiów (jeśli dotyczy):** Inżynieria kwantowa**Specjalność (jeśli dotyczy):****Poziom i forma studiów:** II stopień / stacjonarne**Rodzaj przedmiotu:** obowiązkowy**Kod przedmiotu** FZP001501**Grupa kursów** NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60		30		
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2		1		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			1		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1		0,5		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z obecnym stanem wiedzy z zakresu informatyki kwantowej
- C2 Osiągnięcie przez studentów klarownego poziomu wiedzy w zakresie praktycznej kryptografii kwantowej

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca informatyki kwantowej i kwantowej kryptografii

Z zakresu umiejętności

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowej informatyki i kwantowej kryptografii

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Przetwarzanie informacji kwantowej – założenia teoretyczne	2
Wy2	Informacja: porównanie informacji klasycznej i kwantowej; Macierz gęstości – opis stanu informacji	2
Wy3	Reprezentacja Schmidta oraz stany splątane	2
Wy4	Pomiar Von Neumanna i superwybór Żurka (einselection); Możliwy scenariusz pomiaru kwantowego z uwzględnieniem granicy relatywistycznej dla propagacji oddziaływania	2
Wy5	Geometryczne własności macierzy gęstości – geometria informacji kwantowej; Geometria qubitu – zbiór wypukły macierzy gęstości qubitu (sfera Blocha)	2
Wy6	Stany Bella; Protokoły kwantowe	2
Wy7	Twierdzenia No-Cloning, No-Broadcasting, No-Deleting dla informacji kwantowej; Ewolucja czasowa macierzy gęstości – ewolucja informacji kwantowej	2
Wy8	Oscylacje Rabiego – kontrola nad qubitem	2
Wy9	Bezpieczeństwo systemów informatycznych i kryptosystemów; Klasyczne kryptosystemy	2
Wy9	Protokoły kwantowej dystrybucji klucza;	2
Wy10	Procedury informatyki klasycznej w protokołach QKD	2
Wy11	Układy QKD Clavis II oraz EPR S405 Quelle	2
Wy12	Uruchamianie oraz obsługa układu QKD Clavis II	2
Wy13	Uruchamianie oraz obsługa układu QKD EPR S405 Quelle	2
Wy14	Testy możliwości wdrożeniowych układów QKD w komercyjnych	2

	miejskich sieciach światłowodowych	
Wy15	Porównanie efektywności układów QKD EPR S405 Quelle oraz Clavis II	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Uruchamianie oraz obsługa układu QKD Clavis II -- samodzielne opanowanie obsługi systemu i przeprowadzenie sesji połączenia kryptograficznego ze szczególną uwagą na zasięg i rodzaj światłowodu w kanale ciemnym	6
La2	Uruchamianie oraz obsługa układu QKD EPR S405 Quelle -- samodzielne opanowanie obsługi systemu i przeprowadzenie sesji połączenia kryptograficznego ze szczególną uwagą na zasięg i rodzaj światłowodu w kanale ciemnym, justowanie systemu	6
La3	Uruchamianie oraz obsługa układu QKD EPR S405 Quelle -- samodzielne opanowanie obsługi systemu i przeprowadzenie sesji połączenia kryptograficznego – próba realizacji połączenia QKD w optycznym <i>open-air</i> kanale ciemnym	3
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład – forma tradycyjna. Ćwiczenia laboratoryjne praktyczne. N2. Konsultacje. N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium zaliczeniowego i do bieżących ćwiczeń laboratoryjnych.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 PEU_K02	Kolokwium pisemne
F2	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 PEU_K02	Zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych
$P = (F1 + F2) / 2$		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> [1] Janusz Jacak, Quantum information and cryptography, Skrypt PWr, 2019
<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> [1] M. A. Nielsen, I. L. Chuang, Quantum Computation & Quantum Information, Cambridge UP 2000 [2] D. Bouwmeester, A. Ekert, A. Zeilinger, The Physics of Quantum Information, Springer Verlag 2000
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL) dr hab. inż, prof. PWr Janusz Jacak, janusz.jacak@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Lasery na bazie nanostruktur półprzewodnikowych	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Lasers based on semiconductor nanostructures	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	II stopień / stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FZP001503
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30			15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60			60	
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2			2	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1			1	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki kwantowej
2. metod numerycznych fizyki
3. fizyki półprzewodników

CELE PRZEDMIOTU

C1 Uzyskanie wiedzy dotyczącej niskowymiarowych struktur półprzewodnikowych wykorzystywanych w laserach.

C2 Nabycie umiejętności formułowania i rozwiązywania podstawowych problemów dotyczących zjawiska konwersji prądu na światło oraz laserowania w strukturach półprzewodnikowych.

C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących potrzebę dalszego kształcenia oraz kreatywnego myślenia. Utrwalanie poczucia konieczności ciągłego rozwijania kompetencji zawodowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca zjawiska konwersji prądu na światło oraz laserowania w strukturach półprzewodnikowych, wiedza na temat różnych konstrukcji laserów półprzewodnikowych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność zaprojektowania części aktywnej lasera półprzewodnikowego; umiejętność numerycznego rozwiązywania równania Schrödingera dla półprzewodnikowej studni kwantowej w zadanym układzie materiałowym.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Sprawy organizacyjne. Podstawowe materiały półprzewodnikowe: półprzewodniki grupy IV, III-V, II-VI i inne.	2
Wy2	Mieszane związki półprzewodnikowe: przybliżenie kryształu wirtualnego, prawo Vegarda, stopy numeryczne (ang. digital alloys).	2
Wy3	Naprężenia w strukturach półprzewodnikowych.	2
Wy4	Położenie pasm względem poziomego próżni, energia stabilizacji poziomego Fermiego, amfoteryczna natura defektów.	2
Wy5	Domieszkowanie półprzewodników, naturalne defekty punktowe, defekty rozciągłe.	2
Wy6	Części aktywne struktur laserowych. Wnęki rezonansowe w strukturach laserowych. Kontakty elektryczne do struktur laserowych.	2
Wy7	Lasery krawędziowe.	2
Wy8	Lasery VCSEL.	2
Wy9	Lasery kaskadowe.	2
Wy10	Technologie otrzymywania struktur półprzewodnikowych wykorzystywanych w strukturach laserowych – podłoża.	2
Wy11	Technologie otrzymywania struktur półprzewodnikowych wykorzystywanych w strukturach laserowych – epitaksja MBE.	2
Wy12	Technologie otrzymywania struktur półprzewodnikowych wykorzystywanych w strukturach laserowych – epitaksja MOCVD.	2

Wy13	Processing struktur laserowych.	2
Wy14	Powtórzenie materiału.	2
Wy15	Zaliczenie.	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
P1	Poznanie/omówienie i wybór środowiska programowania umożliwiającego napisanie aplikacji obsługującej okna.	1
P2	Napisanie aplikacji tablicującej funkcje, która będzie platformą programu zaliczeniowego.	2
P3	Numeryczne rozwiązanie równania Schrödingera, dla parabolicznej studni kwantowej: wyznaczanie wartości własnych i funkcji falowych.	2
P4	Zaimplementowanie generacji potencjału wiążącego dla półprzewodnikowej studni kwantowej. Zaimplementowanie możliwości zmiany składu, szerokości studni oraz innych parametrów. Uwzględnienie naprężeń w studni kwantowej.	2
P5	Rozwiązanie równania Schrödingera dla studni kwantowej w zadanym układzie materiałowym w modelu jednopasmowym oraz modelach wielopasmowych.	2
P6	Testowanie programu oraz sprawdzenie poprawności obliczeń.	2
P7	Wykonanie obliczeń dla studni kwantowej o różnym składzie oraz różnej szerokości.	2
P8	Przygotowanie raportu końcowego opisującego napisaną aplikację oraz obliczenia wykonane przy pomocy tej aplikacji.	2
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład – forma tradycyjna. N2. Konsultacje. N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 \checkmark PEU_K03	Kolokwium pisemne
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

- | |
|---|
| [1] S. Adachi, Properties of Semiconductor Alloys: Group-IV, III-V, and II-VI Semiconductors, Wiley (2009). |
| [2] Metody algebraiczne rozwiązywania równania Schrodingera. W. Salejda, M.H. Tyc, M. Just, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002. |

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

- | |
|---|
| [1] Artykuły w Applied Physics Letters, Journal of Applied Physics i innych czasopismach. |
|---|

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
--

Robert Kudrawiec, robert.kudrawiec@pwr.edu.pl
--

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Zaawansowana plazmonika nanostruktur metalicznych	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Advanced nano-plasmonics	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżyniera kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	II stopień / stacjonarne
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FZP001519
Grupa kursów	nie

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej, fizyki statystycznej i elektrodynamiki

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z obecnym stanem wiedzy z zakresu plazmoniki nanostruktur metalicznych
- C2 Osiągnięcie przez studentów klarownego poziomu wiedzy w zakresie praktycznych zastosowań plazmoniki

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 - wiedza dotycząca kwantowych efektów w nanoplazmonice

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowych w plazmonice

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Teoria przybliżenia faz chaotycznych Pinesa Bohma	2
Wy2	Plazmony powierzchniowe I objętościowe w metalicznej nanosferze	2
Wy3	Tłumienie plazmonów w metalicznych nanostrukturach; tarcie Lorentza	2
Wy4	Porównanie modelu RPA z tarcie Lorentza z klasycznym modelem Mie I z eksperymentem	2
Wy5	Plazmonowy efekt fotowoltaiczny	2
Wy6	Zastosowanie złotej reguły Fermiego do opisu silnego sprzężenia plazmonów nanocząstkach z pasmowymi elektronami w półprzewodniku	2
Wy7	Metalizowane baterie słoneczne – błędy pakietów Comsol	2
Wy8	Metalizowane baterie perowskitowe – elektryczny kanał plazmonowy	2
Wy9	Plazmono-polarytony w łańcuchu metalicznych nanocząstek	2
Wy10	Mody plazmono polarytonu i ich tłumienie	2
Wy11	Dokładne rozwiązanie dynamiki plazmono-polarytonu – ograniczenie prędkości grupowej przez c	2
Wy12	Brak strat promienistych plazmono-polarytonów	2
Wy13	Plazmono-polarytony w metalicznym nano-łańcuchu w absorpcyjnym otoczeniu	2
Wy14	Wstęp to soft-plazmoniki elektrolitów	2
Wy15	Zastosowania nano-plazmoniki i soft-plazmoniki	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.
N2. Konsultacje.
N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
P	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 PEU_K02	Kolokwium pisemne

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

[1] Witold Jacak, Kwantowe efekty w nano-plazmonice, Skrypt PWr, 2019

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

[1] Witold Jacak, Quantum Nano-Plasmonics, Cambridge UP, 2020

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

dr hab. inż, prof. PWr Witold Jacak, witold.aleksander.jacak@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki/ STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa przedmiotu w języku polskim** *Numeryczne metody badania układów kwantowych***Nazwa przedmiotu w języku angielskim** *Numerical methods for quantum systems***Kierunek studiów (jeśli dotyczy):** *Inżynieria Kwantowa***Specjalność (jeśli dotyczy):****Poziom i forma studiów:** **II stopień / jstacjonarna****Rodzaj przedmiotu:** **obowiązkowy****Kod przedmiotu** **FZP001504****Grupa kursów** **NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			90		
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS			3		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			3		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)			2		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. *Mechanika kwantowa 1*
2. *Mechanika kwantowa 2*
3. *Metody numeryczne (kurs programowania)*
4. *Umiejętność posługiwania się aparatem analizy matematycznej i algebry liniowej*
5. *Umiejętność pracy ze źródłami, w tym z literaturą naukową w języku angielskim*

CELE PRZEDMIOTU

- C1 *Student zapozna się z metodami numerycznymi dla kwantowych układów wielociałowych*
- C2 *Student zapozna się z metodami dokładnej diagonalizacji macierzy w przestrzeni Hilberta*
- C3 *Student zapozna się z metodami liczenia obserwabli kwantowych*

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 - posiada wiedzę teoretyczną dotyczącą metod numerycznych stosowanych w opisie zjawisk kwantowych w materii skondensowanej i ich limitacji

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - posiada umiejętność napisania programu symulującego układ kwantowy w języku drugiej kwantyzacji

PEU_U02 - posiada wiedzę dotyczącą diagonalizacji macierzy Hamiltonianu oraz operowaniu na wartościach i wektorach własnych zapisanych w bazie wielocząstkowej

PEU_U03 - potrafi przeprowadzić analizę numeryczną wybranych zjawisk kwantowych

PEU_U04 - potrafi pozyskiwać informację o dostępnych bibliotekach numerycznych oraz potrafi zaimplementować wybraną bibliotekę według dostępnej dokumentacji

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - jest przygotowany do krytycznego myślenia i działania w rozwiązywaniu zagadnień o charakterze poznawczym

PEU_K02 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Przygotowanie stanowiska pracy (kompilatory, biblioteki numeryczne, wizualizacja danych)	2
La2	Baza oraz macierz hamiltonianu	2
La3	Metody dokładnej diagonalizacji oraz operacje macierz-wektor	4
La4	Numeryczne operacje na wartościach własnych (przerwa energetyczna, ciepło właściwe)	2
La5	Kwantowa ewolucja czasowa w bazie wektorów własnych	2
La6	Kwantowa ewolucja czasowa - metoda Rungego-Kutty	2
La7	Numeryczne obliczenia obserwabli z teorii liniowej odpowiedzi	4

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Prezentacje wprowadzające do laboratorium.
N2. Samodzielna realizacja projektów numerycznych (pod kierunkiem prowadzącego)
N3. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01, PEU_U01-U04, PEU_K01-K02	Zaliczenie - projekt numeryczny
P = F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

1. J. J. Sakurai - *Advanced Quantum Mechanics*
(Pearson Education, Incorporated, 1967)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

1. A. Sandvik (Boston University) - Course on "Quantum Spin Simulations" 2010
<http://physics.bu.edu/~sandvik/perimeter/index.html>
2. A. Läuchli (University of Innsbruck) - Les Houches school on "Modern theories of correlated electron systems" 2009
<https://www.pks.mpg.de/~aml/LesHouches/>

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Dr Jacek Herbrych, jacek.herbrych@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu w języku polskim: Optyka kwantowa
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Quantum Optics
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa
Specjalność (jeśli dotyczy):
Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy
Kod przedmiotu FZP001507W, FZP001507c
Grupa kursów NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60	60			
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2	2			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1	1			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza w zakresie mechaniki kwantowej
2. Wiedza matematyczna w zakresie analizy matematycznej i podstaw algebry

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Przekazanie wiedzy z dziedziny podstaw optyki kwantowej i jej zastosowań
 C2 Wypracowanie umiejętności rozwiązywania problemów i stosowania zdobytej wiedzy

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Posiada wiedzę z zakresu podstaw optyki kwantowej

PEU_W02 Zna zastosowania optyki kwantowej w nauce i technice

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Potrafi rozwiązywać standardowe zagadnienia w zakresie podstaw optyki kwantowej

PEU_U02 Umie stosować zdobytą wiedzę w praktyce naukowej i technicznej

PEU_U03 Jest w stanie poszerzać wiedzę w oparciu o literaturę naukową

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Rozumie społeczne, ogólnopoznawcze i cywilizacyjno-techniczne znaczenie poznanych zagadnień

PEU_K02 Ma nawyk poszerzania wiedzy i samokształcenia

PEU_K03 Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Półklasyczny opis oddziaływania światła z materią: atom dwupoziomowy sterowany światłem klasycznym	4
Wy2	Kwantowanie pola elektromagnetycznego	4
Wy3	Stany koherentne i ścięśnione	4
Wy4	Operator fazy	4
Wy5	Kwantowe funkcje rozkładu	2
Wy6	Kwantowe funkcje koherencji i interferometria	4
Wy7	Oddziaływanie światła z materią: opis kwantowy	4
Wy8	Optyczne równania Blocha. Fluorescencja rezonansowa	4
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Półklasyczny opis oddziaływania światła z materią: atom dwupoziomowy sterowany światłem klasycznym	4
Ćw2	Kwantowanie pola elektromagnetycznego	4
Ćw3	Stany koherentne i ścięśnione	4
Ćw4	Operator fazy	4
Ćw5	Kwantowe funkcje rozkładu	2
Ćw6	Kwantowe funkcje koherencji i interferometria	4
Ćw7	Oddziaływanie światła z materią: opis kwantowy	4
Ćw8	Optyczne równania Blocha. Fluorescencja rezonansowa	2
Ćw9	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma zdalna.
- N2. Konsultacje.
- N3. Ćwiczenia.
- N4. Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń.
- N5. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F	PEU_W01, W02 PEU_U01, U02,U03 PEU_K01, K02,K03	Ćwiczenia: regularna praca na zajęciach, kolokwium
P	PEU_W01, W02 PEU_U01, U02,U03 PEU_K01, K02,K03	Wykład: egzamin pisemny

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA fdfdf

Literatura podstawowa:

- [1] M. O. Scully, M. S. Zubairy Quantum optics (Cambridge 1997)
- [2] R. Tanaś, Wykłady z optyki kwantowej,
<http://zon8.physd.amu.edu.pl/~tanas/optkwant.pdf>

Literatura uzupełniająca:

- [1] C.C. Gerry, P.L. Knight, Wstęp do optyki kwantowej (PWN 2007)
- [2] Y. Yamamoto, A. Imamoglu, Mesoscopic quantum optics (John Wiley & Sons, Inc., 1999)
- [3] Rodney Loudon, The quantum theory of light (third edition) (Oxford University Press, 2001)
- [4] Stanisław Kryszewski, Quantum optics,
<http://iftia9.univ.gda.pl/~sjk/QO-SK.pdf>

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Adam Sajna, adam.sajna@pwr.edu.pl

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU
Optyka kwantowa
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **Inżynieria Kwantowa**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)**	Cele przedmiotu***	Treści programowe***	Numer narzędzia dydaktycznego***
PEK_W01	K2INK_W01	C1	Wy1-8 Ćw1-8	N1-N5
PEK_W02	K2INK_W01, K2INK_W11	C2	Wy1-8 Ćw1-8	N1-N5
PEK_U01	K2INK_U01, K2INK_U02, K2INK_U13	C2	Ćw1-8	N2-N4
PEK_U02	K2INK_U01, K2INK_U02, K2INK_U13	C2	Wy1-8 Ćw1-8	N1-N5
PEK_U03	K2INK_U01, K2INK_U02	C2	Wy1-8	N1, N2, N5
PEK_K01 - PEK_K03	K2INK_K01, K2INK_K02, K2INK_K05-K2INK_K08	C1,C2	Wy1-8 Ćw1-8	N1-N5

** - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia

*** - z tabeli powyżej

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Metody teorii grup w fizyce	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Group theory methods in physics	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	II stopień / stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. Algebry 1 i 2
2. Analizy 1 i 2
3. Podstaw fizyki ciała stałego
4. Mechaniki kwantowej 1 i 2

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Uzyskanie wiedzy dotyczącej stosowania teorii grup w opisie układów fizycznych i ich własności.
- C2 Nabycie umiejętności otrzymywania tabeli charakterów reprezentacji nieprzywiedlnych i stosowania ich w analizie problemów fizycznych.

C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących potrzebę dalszego kształcenia oraz kreatywnego myślenia. Utrwalanie poczucia konieczności ciągłego rozwijania kompetencji zawodowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca zastosowania teorii grup w fizyce.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01- umiejętność stosowania metod teorii grup w fizyce.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Elementy teorii grup.	2
Wy2	Grupy punktowe.	2
Wy3	Grupa obrotów.	2
Wy4	Symetrie sieci Bravais. Układy krystalograficzne.	2
Wy5	Reprezentacje grup.	2
Wy6	Reprezentacje nieprzywiedlne.	2
Wy7	Reprezentacje unitarne, lematy Schura i związki ortogonalności.	4
Wy8	Wyznaczanie reprezentacji grup.	4
Wy9	Reprezentacje grupy obrotów.	2
Wy10	Reprezentacje grup punktowych - grupy symetrii kryształów.	4
Wy11	Grupa symetrii hamiltonianu, funkcji falowej, funkcjonału energii swobodnej.	2
Wy12	Reguły wyboru dla przejść optycznych.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 – PEU_K03	Kolokwium pisemne.
P=F1 (zaliczenie wykładu)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] F. W. Byron, R. W. Fuller, Matematyka w fizyce klasycznej i kwantowej, Tom 2, PWN 1975.
- [2] G. L. Bir, G. E. Pikus, Symetria i odkształcenia w półprzewodnikach, PWN 1977.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] J. Mozrzyńskas, Zastosowania teorii grup w fizyce.
- [2] K. Zalewski, Wykłady o grupie obrotów, PWN 1987.
- [3] R. Gonczarek, Teoria grup w fizyce, Oficyna Wydawnicza PWr 2003.
- [4] A. Musiał, Wykłady z teorii grup, materiały dydaktyczne.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Grzegorz Harań (grzegorz.haran@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Wkład monograficzny	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Monographis course	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy	
Kod przedmiotu	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość fizyki na poziomie egzaminu inżynierskiego studiów I stopnia Inżynierii Kwantowej.

CELE PRZEDMIOTU

C1 Cele określone przez wykładowcę przedmiotu.

C2 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących potrzebę dalszego kształcenia oraz kreatywnego myślenia. Utrwalanie poczucia konieczności ciągłego rozwijania kompetencji zawodowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Wiedza dotycząca materiału kursu.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Umiejętności nabyte w trakcie kursu.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1-15	Treści właściwe dla wykładu.	
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 } PEU_K03	Kolokwium pisemne.
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

[1] Literatura odpowiadająca tematowi kursu.
--

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

[1] Literatura odpowiadająca tematowi kursu.
--

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
--

Wykładowca kursu

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Seminarium tematyczne	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim; Topic seminar	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I / II stopień / jednolite studia magisterskie*, stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczeniawny *
Kod przedmiotu	FZP001505
Grupa kursów	TAK/ NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					15
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					30
Forma zaliczenia	Egzamin-/ zaliczenie- na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin-/ zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					1
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					1

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza z zakresu mechaniki kwantowej, fizyki statystycznej, fizyki ciała stałego, informatyki i kryptografii kwantowej, fotowoltaiki.
2. Umiejętność czytania ze zrozumieniem artykułów naukowych napisanych w języku angielskim.
3. Kompetencje w zakresie uzupełniania wiedzy i umiejętności.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zdobyć wiedzę o wybranych aspektach fizyki współczesnej.
- C2 Nabyć umiejętności przygotowania i wygłoszenia wystąpień seminaryjnych poprzez przygotowanie prezentacji multimedialnej.
- C3 Wzrost kompetencji studentów w zakresie fizyki współczesnej.

C4 Wykształcenie umiejętności prowadzenia dyskusji naukowej w grupie

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEK_W01 - zna podstawowe koncepcje, zasady, modele teoretyczne oraz metody pomiarowe fizyki współczesnej.

Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 - potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu, opracować szczegółową dokumentację wyników prowadzonych badań, realizacji eksperymentu lub zadania projektowego.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 - rozumie potrzebę samokształcenia.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1	Wprowadzenie do tematyki seminarium. Przedstawienie tematów seminaryjnych z aktualnych zagadnień fizyki współczesnej. Omówienie warunków zaliczenia. Omówienie sposobów dobrego przygotowania prezentacji oraz formy jej wygłoszenia. Wybór tematów seminaryjnych przez studentów.	1
Se2- Se7	Wystąpienia seminaryjne studentów, dyskusja naukowa i omawianie wystąpień przez prowadzącego seminarium. Preferowany język seminarium to język angielski.	14
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Konsultacje

N2. Praca własna – przygotowanie do seminarium

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01 PEK_U01 PEK_K01	Ocena za przygotowanie i wygłoszenie seminarium.
P = F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

1. Aktualne publikacje w czasopismach naukowych, np. Physical Review A, B, C, D, Physical Review Letters, Nature, Science etc.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

1. J. J. Quinn, K. S. Yi, *Solid State Physics*, Springer-Verlag, Berlin, 2009
2. P. Y. Yu, M. Cardona, *Fundamentals of Semiconductors*, Springer-Verlag, Berlin, 1996
3. H. Ibach, H. Luth, *Fizyka Ciała Stałego*, PWN, Warszawa, 1996
4. N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, *Fizyka Ciała Stałego*, PWN, Warszawa, 1986

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Grzegorz Harań, haran@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Seminarium dyplomowe – 1	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Diploma seminar - 1	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FZP001508
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					60
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					2
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					2
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					1

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Student posiada zaawansowaną wiedzę i umiejętności z fizyki kwantowej ze szczególnym uwzględnieniem fizyki materii skondensowanej, technologii informatycznych i fotowoltaiki.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Przygotowanie do obrony pracy dyplomowej.
C2 Kontrola realizacji pracy dyplomowej.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 znajomość podstawowych modeli i metod fizyki

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 umiejętność przygotowania i przedstawienia prezentacji

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 umiejętność organizacji pracy, realizacji działań zgodnie z etyką zawodową

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1	Wstępna prezentacja tematów i modeli (układów pomiarowych) stosowanych w przygotowanych rozpraw magisterskich uczestników seminarium.	10
Se2	Prezentacja dotycząca omówienia aktualnego stanu wiedzy związanego z problematyką realizowanej pracy dyplomowej oraz odniesienia przewidywanego, oryginalnego własnego wkładu do osiągnięć literaturowych.	18
Se3	Dyskusja w grupie seminaryjnej nt. stanu wiedzy literaturowej i założonej koncepcji rozwiązania stawianych sobie problemów, składających się na pracę dyplomową.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Prezentacja

N2. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium

N3. Dyskusja dotycząca prezentacji

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	W01- W06,U01,U02,U04, U06,K01-K04	ocena prezentacji i wykładu informacyjnego bądź problemowego przygotowanego przez studenta
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

[1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium
--

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

[1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium
--

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
--

Ryszard Gonczarek (ryszard.gonczarek@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Praca dyplomowa - 1	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Diploma thesis - 1	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FZP001509
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)				30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)				120	
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS				4	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				4	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)				2	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

- Deficyt punktów ECTS nie większy niż to wynika z uchwały Rady Wydziału

CELE PRZEDMIOTU

C1 Zrealizowanie przez studenta pracy dyplomowej na podstawie zdobytej w czasie studiów uporządkowanej, podbudowanej teoretycznie wiedzy ogólnej i szczegółowej z zakresu nauk ścisłych i technicznych, w obszarach właściwych dla studiowanego kierunku Inżynieria Kwantowa.

C2 Napisanie przez studenta pracy dyplomowej (jako dzieła) i przedstawienie prezentacji ustnej dotyczącej zagadnień z zakresu studiowanego kierunku studiów Inżynieria Kwantowa, na podstawie informacji literaturowych i wyników prac własnych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zdobycie zaawansowanej wiedzy dotyczącej szczegółowego i oryginalnego zagadnienia stanowiącego temat rozprawy magisterskiej

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 umiejętność przygotowywania tekstów naukowych i publikacji dotyczących dyscypliny naukowej fizyka

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 umiejętność organizacji pracy, realizacji działań zgodnie z etyką zawodową

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Zgromadzenie literatury i przygotowanie innych niezbędnych materiałów (np. stanowisko pomiarowe, edytor tekstu) do realizacji pracy dyplomowej. Studia literaturowe.	10
Pr2	Prace własne – przeprowadzenie pomiarów, obliczenia teoretyczne lub symulacje numeryczne.	20
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Praca własna – studia literaturowe, prowadzenie badań

N2. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	W01-W06,U01-U03,U06,U07,K01-K04	Praca w semestrze, wstępne wyniki badań.
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

[1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium
--

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

[1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium
--

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
--

Opiekun pracy dyplomowej

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Selected topics in contemporary physics	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I/ II stopień / jednolite studia magisterskie*, stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FZP001510
Grupa kursów	TAK/ NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					15
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					60
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					2
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					1

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Znajomość podstaw klasycznej elektrodynamiki, mechaniki kwantowej i fizyki statystycznej oraz fizyki ciała stałego

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie się z najnowszymi trendami w fizyce, głównie fizyce fazy skondensowanej oraz optyce, o znaczeniu praktycznym i poznawczym, potwierdzonym statusem naukowym prelegentów i cytowalnością badań
- C2 Zapoznanie się z najnowszymi obszarami poszukiwań naukowych pracowników Katedr Fizyki PWr i kierunkami ich współpracy naukowej
- C3 Zorientowanie się w działalności najlepszych polskich grup badawczych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zdobyć elementarnej wiedzy o zjawiskach fizycznych i metodach badawczych, będących przedmiotem szczególnego zainteresowania nauki w ostatnich latach

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Rozwinięcie umiejętności uczestnictwa w dyskusji naukowej, polegających na dokładnym doborze i prostocie sformułowań, maksymalnym ograniczeniu liczby wątków, utrzymywaniu dostępności dyskusji dla szerokiej publiczności

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Zdobyć świadomości przekrywania się nowych technologii opartych na wiedzy fizycznej i ich oddziaływania na rozwój tej wiedzy

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1-15	Cotygodniowe prelekcje zapraszanych wykładowców w ramach Seminarium Fizyki WPPT PWr – o zaproszeniach decyduje co semestr gospodarz seminarium	15
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład z użyciem prezentacji komputerowej

N2. Dyskusja w formie pytań do prelegenta

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01, PEK_K01	Obecność na seminarium
F2	PEK_U01	Aktywność - udział w dyskusji w ramach pytań do prelegenta
$P=(F1+F2)/2$		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

Literatura cytowana przez prelegentów seminariów.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
--

Dr hab. inż. Andrzej Janutka, andrzej.janutka@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki/ STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa przedmiotu w języku polskim** Systemy fotowoltaiczne**Nazwa przedmiotu w języku angielskim** Photovoltaic Systems**Kierunek studiów (jeśli dotyczy):** Inżynieria kwantowa**Specjalność (jeśli dotyczy):****Poziom i forma studiów:** II stopień / stacjonarna**Rodzaj przedmiotu:** obowiązkowy**Kod przedmiotu** FZP001502L**Grupa kursów** NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			30		
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS			1		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			1		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)			0,5		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza w zakresie fizyki półprzewodników, w szczególności w zakresie oddziaływania światła z ciałem stałym
2. Znajomość efektu fotowoltaicznego oraz działania i parametrów fotoogniw

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z metodami wytwarzania i diagnostyki ogniw fotowoltaicznych
 C2 Nabycie umiejętności w zakresie projektowania systemów fotowoltaicznych
 C3 Nabycie umiejętności w zakresie montażu i diagnostyki systemów fotowoltaicznych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę w zakresie działania systemów fotowoltaicznych oraz ma wiedzę niezbędną do projektowania i oceny jakości systemów fotowoltaicznych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi opracować założenia i wykonać projekt prostego systemu fotowoltaicznego, ocenić jakość pracy systemu oraz oszacować poprawnie spodziewany uzysk energetyczny.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 potrafi poszukiwać rozwiązania i realizować postawione zadania w zespole.

PEU_K02 rozumie potrzebę samokształcenia

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La 1	Zajęcia wprowadzające	3
La 2	Defekty ogniw fotowoltaicznych i metody ich diagnostyki	3
La 3	Badanie i analiza rozkładu widmowego promieniowania słonecznego i wpływu warunków pogodowych na sprawność instalacji fotowoltaicznej	3
La 4	Podstawy projektowania systemów fotowoltaicznych	3
La 5	Montaż i diagnostyka instalacji fotowoltaicznych	3
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.

N2 Praca własna – przygotowanie do laboratorium i do testu zaliczeniowego

N3 Instrukcje – wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych

N4 Instrukcje robocze do ćwiczeń laboratoryjnych

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01, PEU_U01, PEU_K01, PEU_K02	Odpowiedź ustna i raport z ćwiczenia lab.
F2		
F3		
P = średnia ze wszystkich ocen F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] J. I. Pankove, Zjawiska optyczne w półprzewodnikach, WNT, 1984
- [2] Jarzębski, Przetwarzanie energii słonecznej. Konwersja Fotowoltaiczna, WNT, 1981
- [3] M. Waclawek, T. Rodziewicz, Ogniwa słoneczne, wpływ środowiska na ich pracę, WNT, 2011

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Luque, S.Hegedus, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering , John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England, 2003
- [2] J. Poortmans, V. Arkhipov, Thin Film Solar Cells, Fabrication, Characterization and Applications, Wiley Series in Materials for Electronic & Optoelectronic Applications, John Wiley & Sons, 2006
- [3] Lasnier, T.G. Ang, Photovoltaic Engineering Handbook, Adam Hilger, 1990
- [4] M.A. Green, Third Generation Photovoltaics. Advanced Solar Energy Conversion, in: Springer Series in Photonics , Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2003
- [5] M.A.Green , SOLAR CELLS - Operating principles, Technology and System Applications, Univ. of New South Wales, Australia, 1992
- [6] P. Wuerfel, Physics of Solar Cells From Principles to New Concepts, Wiley-VCH Verlag GmbH &Co. KGaA, 2005
- [7] S.R. Wenham, M.A. Green, M.E. Watt, R. Corkish, APPLIED PHOTOVOLTAICS, ARC Centre for Advanced Silicon Photovoltaics and Photonics, Earthscan in the UK and USA, 2007
- [8] T. Markvart, Solar Electricity, UNESCO ENERGY ENGINEERING SERIES, John Wiley & Sons, 2000
- [9] Zbiory Polskich Norm, PKN

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Jarosław Domaradzki jaroslaw.domaradzki@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Seminarium dyplomowe – 2	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Diploma seminar - 2	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FZP001511
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					240
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					8
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					8
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					4

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Student posiada zaawansowaną wiedzę i umiejętności z fizyki kwantowej ze szczególnym uwzględnieniem fizyki materii skondensowanej, technologii informatycznych i fotowoltaiki.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Przygotowanie do obrony pracy dyplomowej.
C2 Kontrola realizacji pracy dyplomowej.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 znajomość podstawowych modeli i metod fizyki

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 umiejętność przygotowania i przedstawienia prezentacji

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 umiejętność organizacji pracy, realizacji działań zgodnie z etyką zawodową

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1	Wstępna prezentacja wyników pracy dyplomowej.	10
Se2	Prezentacja ukończonej pracy dyplomowej.	18
Se3	Dyskusja w grupie seminaryjnej dotycząca sposobu prezentacji pracy dyplomowej.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Prezentacja

N2. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium

N3. Dyskusja dotycząca prezentacji

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	W01- W06,U01,U02,U04, U06,K01-K04	ocena prezentacji i wykładu informacyjnego bądź problemowego przygotowanego przez studenta
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

[1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium
--

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

[1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium
--

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
--

Ryszard Gonczarek (ryszard.gonczarek@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa przedmiotu w języku polskim** Praca dyplomowa - 2**Nazwa przedmiotu w języku angielskim** Diploma thesis - 2**Kierunek studiów (jeśli dotyczy):** Inżynieria kwantowa**Specjalność (jeśli dotyczy):****Poziom i forma studiów:** II stopień / stacjonarna**Rodzaj przedmiotu:** obowiązkowy**Kod przedmiotu** FZP001512**Grupa kursów** NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)				30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)				480	
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS				16	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				16	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)				8	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

- Deficyt punktów ECTS nie większy niż to wynika z uchwały Rady Wydziału

CELE PRZEDMIOTU

C1 Zrealizowanie przez studenta pracy dyplomowej na podstawie zdobytej w czasie studiów uporządkowanej, podbudowanej teoretycznie wiedzy ogólnej i szczegółowej z zakresu nauk ścisłych i technicznych, w obszarach właściwych dla studiowanego kierunku Inżynieria Kwantowa.

C2 Napisanie przez studenta pracy dyplomowej (jako dzieła) i przedstawienie prezentacji ustnej dotyczącej zagadnień z zakresu studiowanego kierunku studiów Inżynieria Kwantowa, na podstawie informacji literaturowych i wyników prac własnych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zdobycie zaawansowanej wiedzy dotyczącej szczegółowego i oryginalnego zagadnienia stanowiącego temat rozprawy magisterskiej

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 umiejętność przygotowywania tekstów naukowych i publikacji dotyczących dyscypliny naukowej fizyka

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 umiejętność organizacji pracy, realizacji działań zgodnie z etyką zawodową

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Kontynuacja prac dotyczących realizacji zagadnienia dyplomowego - przeprowadzanie pomiarów, obliczenia teoretyczne lub symulacje numeryczne.	10
Pr2	Pisanie pracy dyplomowej.	20
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Praca własna – studia literaturowe, prowadzenie badań.

N2. Pisanie pracy.

N3. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	W01-W06,U01-U03,U06,U07,K01-K04	Praca w semestrze, przedstawienie ukończonej pracy magisterskiej.
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

[1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium
--

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

[1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium
--

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
--

Opiekun pracy dyplomowej

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu w języku polskim **Metody kwantowej teorii pola w fizyce statystycznej**

Nazwa przedmiotu w języku angielskim **Methods of quantum field theory in statistical physics**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: wybieralny

Kod przedmiotu FZP001533

Grupa kursów NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej i fizyki statystycznej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z obecnym stanem wiedzy z zakresu funkcji Greena retardowanych i awansowanych
- C2 Osiągnięcie przez studentów klarownego poziomu wiedzy na temat matematycznych metod w fizyce wielu ciał
- C3 Zapoznanie studentów z obecnym stanem wiedzy z zakresu funkcji Greena matsubarowskich
- C4 Osiągnięcie przez studentów klarownego poziomu wiedzy na temat grafów Feynmana

--

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca podstawowych metod teorii funkcji Greena

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowej teorii pola w opisie zjawisk w układach wielu cząstek – bozonów i fermionów

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Reprezentacja drugiego kwantowania; Bozony; Fermiony	3
Wy2	Postać operatorów obserwabli w drugim kwantowaniu; Operatory pola drugiego kwantowania	2
Wy3	Funkcje Greena i dynamika układów wielu cząstek - liniowa reakcja Kubo	2
Wy4	Intensywność spektralna	2
Wy5	Transformata Fouriera funkcji Greena	2
Wy6	Obliczenie funkcji Greena dla gazu fermionów i bozonów	2
Wy7	Związki dyspersyjne Kramersa-Kroniga	2
Wy8	Funkcje Greena-Matsubary	2
Wy9	Częstości matsubarowskie	2
Wy10	Związek transformaty Fouriera funkcji retardowanej/adwansowanej i szeregu Fouriera funkcji matsubarowskiej	2
Wy11	Chronologizacja, T eksponenta i rachunek zaburzeń	2
Wy12	Twierdzenie Wicka, Blocha, de Dominicisa	2
Wy13	Grafy Feynmana	2
Wy14	Równanie Dysona; Równanie na wierzchołki Bethe Salpetera	3
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
P	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 PEU_K02	Kolokwium pisemne

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Witold Jacak, Metody kwantowej teorii pola w fizyce statystycznej, Skrypt PWr, 2019

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Abrikosov, A. A., Gorkov, L. P., and Dzialoshinskii, I. E., Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics, Dover Publ. Inc., Dover (1975).
[2] Lifshitz, E. M. and Pitaevskii, L. P., Statisticeskaja fizika, czast 2, Nauka, Moskva (1978).
[3] Fetter, A. L. and Walecka, J. D., Quantum theory of multi-particle systems, PWN, Warszawa (1988).

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

dr hab. inż, prof. PWr Witold Jacak, witold.aleksander.jacak@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Nierównowagowe funkcje Greena	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Nonequilibrium Green functions	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP001537
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej, fizyki statystycznej i elektrodynamiki oraz znajomość teorii funkcji Greena równowagowych

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z obecnym stanem wiedzy z zakresu nierównowagowych funkcji Greena Kiełdysza
- C2 Osiągnięcie przez studentów klarownego poziomu wiedzy w zakresie mikroskopowej teorii zjawisk kinetycznych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca nierównowagowych funkcji Greena i kwantowych zjawisk transportu

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowej teorii nierównowagowych procesów

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Przegląd metod drugiego kwantowania	2
Wy2	Przegląd teorii funkcji Greena równowagowych	2
Wy3	Linowa reakcja Kubo, uogólniona podatność matsubarowska	2
Wy4	Funkcje Greena dla nierównowagowego układu	2
Wy5	Techniki graficzne dla funkcji Kiełdysza	5
Wy6	Równanie Dysona i operator masowy dla funkcji Kiełdysza	2
Wy7	Związek funkcji Kiełdysza z równaniem kinetycznym	2
Wy8	Twierdzenie Wicka dla matsubarowskich funkcji Greena i dla funkcji Kiełdysza	2
Wy9	Wyprowadzenie równania kinetycznego	2
Wy10	Równanie kinetyczne dla metalu	2
Wy11	Rozwiązanie równania kinetycznego dla metalu dla słabych pól magnetycznych	2
Wy12	Rozwiązanie równania kinetycznego dla metalu dla silnych pól magnetycznych	2
Wy13	Topologia orbit elektronowych i jej zmiany a zjawiska galwanomagnetyczne w metalach	3
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca	Numer efektu	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
----------------------	--------------	---

(w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)	uczenia się	
P	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 PEU_K02	Kolokwium pisemne

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Lucjan Jacak, Nierównowagowe funkcje Greena, Skrypt PWr, 2019

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] A. L. Fetter and J. D. Walecka, Quantum theory of multi-particle systems, PWN, Warszawa, 1988.
- [2] E. M. Lifshitz and L. P. Pitaevskii, Statisticeskaja fizika, czast 2, Nauka, Moskva, 1978.
- [3] E. M. Lifshitz and L. P. Pitaevskii, Fiziceskaja kinetika, Nauka, Moscow, 1979.
- [4] A. A. Abrikosov, L. P. Gorkov, and I. E. Dzialoshinskii, Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics, Dover Publ. Inc., Dover, 1975.
- [5] A. A. Abrikosov, Wvedenie w teoriu normalnych metalov, Nauka, Moskva, 1972.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Prof. dr hab. inż, Lucjan Jacak, lucjan.jacak@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ PPT

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim Fizyka półprzewodników – dynamika i oddziaływania

Nazwa w języku angielskim Physics of semiconductors: dynamics and interactions

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): inżynieria kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: II stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: Wybieralny

Kod przedmiotu FZP001513

Grupa kursów NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1,2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Wiedza w zakresie podstaw mechaniki kwantowej
2. Wiedza w zakresie podstaw fizyki ciała stałego
3. Wiedza matematyczna w zakresie analizy matematycznej i podstaw algebry

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Przekazanie wiedzy na temat zaawansowanych własności półprzewodników
C2 Przegląd wybranych technik eksperymentalnych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEK_W01 Posiada zaawansowaną wiedzę na temat fizycznych własności półprzewodników
PEK_W02 Ma poszerzoną wiedzę pozwalającą zrozumieć zjawiska kwantowe zachodzące w półprzewodnikach

Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 Potrafi analizować własności półprzewodników wykorzystując poznane metody zaawansowanego opisu teoretycznego, a także dokonywać jakościowej i ilościowej analizy wyników eksperymentów oraz weryfikować prawidłowość otrzymywanych wyników

PEK_U02 Posiada umiejętność samodzielnego uczenia się, również z krytycznym wykorzystaniem literatury, baz danych oraz innych źródeł, a także potrafi integrować i weryfikować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji oraz wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie na temat fizycznych własności półprzewodników

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 Zna ograniczenia własnej wiedzy, rozumie potrzebę dalszego kształcenia i poszerzania kompetencji

PEK_K02 Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Półprzewodniki - krótkie podsumowanie	2
Wy2	Oddziaływanie ze światłem - przejścia jednocząstkowe	2
Wy3	Przejścia w układach periodycznych i z ograniczeniem przestrzennym	2
Wy4	Przejścia wewnątrz- i międzypasmowe. Reguły wyboru.	2
Wy5	Spektroskopia liniowa i nieliniowa.	2
Wy6	Optycznie kontrolowana dynamika ładunku i spinu	2
Wy7	Oddziałujący gaz elektronowy	3
Wy8	Ekscytony	2
Wy9	Efekty kulombowskie w kropkach kwantowych	2
Wy10	Oddziaływanie z fononami	3
Wy11	Oddziaływanie nadsubtelne: ogólna teoria	3
Wy12	Oddziaływanie nadsubtelne: przykładowe wyniki eksperymentalne	2
Wy13	Sprawdzian	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład informacyjny wspomagany materiałem graficznym z elementami dyskusji problemowej

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
--	--------------------------	---

P	PEK_W01,02, PEK_U01,02 PEK_K01,02	Kolokwium zaliczeniowe
---	---	------------------------

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

H. Haug, S.W. Koch, *Quantum Theory of the Optical and Electronic Properties of Semiconductors* (World Scientific 2004)

W. Schäfer, M. Wegener, *Semiconductor Optics and Transport Phenomena* (Springer)

M. M. Glazov, *Electron & Nuclear Spin Dynamics in Semiconductor Nanostructures*

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

Artykuły w czasopismach naukowych

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Paweł Machnikowski, Pawel.Machnikowski@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Nadprzewodnictwo-układy niekonwencjonalne	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Unconventional superconductivity	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna /	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP001514
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki kwantowej 1 i 2
2. metod matematycznych fizyki
3. fizyki ciała stałego
4. fizyki statystycznej
5. nadprzewodnictwa

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Uzyskanie wiedzy dotyczącej nadprzewodnictwa w układach niekonwencjonalnych.
C2 Nabycie umiejętności formułowania i rozwiązywania podstawowych problemów dotyczących

zjawiska nadprzewodnictwa w układach niekonwencjonalnych.
 C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących potrzebę dalszego kształcenia oraz kreatywnego myślenia. Utrwalanie poczucia konieczności ciągłego rozwijania kompetencji zawodowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca nadprzewodnictwa w układach niekonwencjonalnych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01- umiejętność stosowania metod kwantowej teorii pola w opisie zjawiska nadprzewodnictwa ze szczególnym uwzględnieniem nadprzewodnictwa w układach ze złamaną symetrią inwersji oraz nadprzewodnictwa dynamicznego.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Symetria inwersji - operator parzystości, parzystość układu.	2
Wy2	Sprzężenie spin-orbita. Operatory stanów Blocha – operatory pasmowe.	2
Wy3	Złamanie symetrii inwersji. Rozszczepienie pasma energetycznego.	2
Wy4	Pary Coopera. Funkcja Greena pary Coopera.	2
Wy5	Symetria par Coopera – symetria inwersji i symetria odbicia czasu.	2
Wy6	Podstawowa symetria par Coopera.	2
Wy7	Symetrie stanu nadprzewodzącego. Struktura spinowa parametru porządku. Separacja stanów singletowego i trypletowego.	4
Wy8	Nadprzewodnictwo w układzie ze złamaną symetrią inwersji – nadprzewodnictwo niecentrosymetryczne. Nadprzewodnictwo wewnątrzpasmowe i międzypasmowe.	4
Wy9	Równania Gorkowa i zlinearyzowane równania Gorkowa. Temperatura krytyczna stanu nadprzewodzącego.	2
Wy10	Nadprzewodnictwo singletowe.	2
Wy11	Nadprzewodnictwo trypletowe.	2
Wy12	Nadprzewodnictwo mieszane singletowo-trypletowe.	2
Wy13	Nadprzewodnictwo dynamiczne.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.
N2. Konsultacje.
N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 – PEU_K03	Kolokwium pisemne.
P=F1 (zaliczenie wykładu)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] G. Harań, „Nadprzewodnictwo - układy niekonwencjonalne” – materiały dydaktyczne „ZPR Pwr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”
[2] E. Bauer, M. Sigrist „Non-centrosymmetric superconductors”, Springer 2011

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] A.L. Fetter, J.D. Walecka „Kwantowa teoria układów wielu cząstek”, PWN 1982
[2] G.D. Mahan „Many-particle physics”, Plenum Press 1981
[3] J.R. Schrieffer „Theory of superconductivity”, ABP 1999
[4] A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I.E. Dzyaloshinski „Methods of quantum field theory in statistical physics”, Dover Publications, 1963

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Grzegorz Harań, haran@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu w języku polskim Funkcje korelacji w fizyce materii skondensowanej

Nazwa przedmiotu w języku angielskim Correlation functions in condensed matter physics

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna /

Rodzaj przedmiotu: wybieralny

Kod przedmiotu FZP001515

Grupa kursów NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki kwantowej 1 i 2
2. metod matematycznych fizyki
3. fizyki ciała stałego
4. fizyki statystycznej

CELE PRZEDMIOTU

C1 Uzyskanie wiedzy dotyczącej metod kwantowej teorii pola w opisie dynamiki oddziałujących cząstek, uzyskanie wiedzy dotyczącej opisu propagacji cząstek w otoczeniu centrum rozpraszającego (interpretacja eksperymentów STM), uzyskanie wiedzy dotyczącej wpływu korelacji dwucząstkowych na niestabilność stanu normalnego metalu.

C2 Nabycie umiejętności formułowania i rozwiązywania podstawowych problemów dotyczących zjawisk fizycznych w układach oddziałujących fermionów.

C3 Nabycie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących potrzebę dalszego kształcenia oraz kreatywnego myślenia. Utrwalanie poczucia konieczności ciągłego rozwijania kompetencji zawodowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca perturbacyjnego rachunku funkcji Greena.

PEU_W02 – znajomość metod opisu korelacji dwucząstkowych w otoczeniu centrum rozpraszającego.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metody perturbacyjnego rachunku funkcji Greena.

PEU_U02 - umiejętność stosowania rachunku funkcji Greena do wyznaczenia lokalnej gęstości stanów, transformaty Fouriera lokalnej gęstości stanów, połączonej gęstości stanów.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Obrazy Heisenberga i oddziaływania dla czasu urojonego, operatory cząstkowe w obrazie oddziaływania.	2
Wy2	Funkcje Greena - definicja i rozwinięcie rachunku zaburzeń.	4
Wy3	Funkcja Greena cząstki swobodnej.	2
Wy4	Funkcja Greena w rozwinięciu perturbacyjnym. Diagramy Feynmana.	4
Wy5	Korelacje cząstka-cząstka i cząstka-dziura w otoczeniu centrum rozpraszającego.	4
Wy6	Lokalna gęstość stanów. Skaningowa mikroskopia tunelowa - STM i	2

	FT–STM.	
Wy7	Połączona gęstość stanów (joint density of states). „Nesting” powierzchni izoenergetycznej.	4
Wy8	Połączona gęstość stanów układu izotropowego.	2
Wy9	Znaczenie połączonej gęstości stanów w interpretacji pomiarów STM oraz zjawisk dwucząstkowych.	2
Wy10	Połączona gęstość stanów układów anizotropowych na przykładzie układów fermionów z asymetrycznym sprzężeniem spin-orbita.	2
Wy11	Analiza map lokalnej gęstości stanów niecentrosymetrycznych układów fermionów.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.
 N2. Konsultacje.
 N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F	PEU_W01 – PEU_W02 PEU_U01 – PEU_U02 PEU_K01 – PEU_K03	Kolokwium pisemne.
P=F		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] A.L. Fetter, J.D. Walecka „Kwantowa teoria układów wielu cząstek”, PWN 1982
 [2] G. Harań, „Funkcje korelacji w fizyce materii skondensowanej” – materiały dydaktyczne „ZPR Pwr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] W. Nolting „Fundamentals of many-body physics”, Springer 2009
 [2] G.D. Mahan „Many-particle physics”, Plenum Press 1981

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
--

Grzegorz Harań, haran@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Klasyczna teoria pola	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Classical field theory	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny	
Kod przedmiotu FZP001525	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki klasycznej
2. elementy fizyki układów ciągłych
3. analizy matematycznej i elementów geometrii różniczkowej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie podstawowej wiedzy z klasycznej teorii pola: pole elektromagnetyczne i grawitacyjne.
 C2. Zdobywanie umiejętności jakościowego rozumienia, interpretacji oraz ilościowej analizy zjawisk i procesów fizycznych zachodzących w układach teorio-polowych (czyli z nieskończoną liczbą stopni swobody).

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 – Zna i potrafi objaśnić formalizm funkcji Lagrangea dla nieskończenie wielu stopni swobody.
- PEU_W05 – Zna i potrafi objaśnić związek praw zachowania z symetriami układu polowego.
- PEU_W11 – Zna i potrafi posługiwać się pojęciami geometrii różniczkowej koniecznymi do sformułowania elektrodynamiki i ogólnej teorii względności.

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01 – Potrafi znajdować równania ruchu i wielkości zachowane.
- PEU_U02 – Potrafi znajdować rozwiązania równań Maxwella z zadanymi warunkami brzegowymi.
- PEU_U03 – Potrafi znajdować rozwiązania równań Einsteina dla wybranych symetrii czasoprzestrzeni.

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01 - umiejętności posługiwania się złożonym aparatem matematycznym.
- PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.
- PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Czasoprzestrzeń Minkowskiego, grupa Poincare, pole	2
Wy2	Funkcja Lagrangea dla nieskończenie wielu stopni swobody	2
Wy3	Całka działania i równania ewolucji	2
Wy4	Symetrie całki działania, twierdzenie E. Noether	2
Wy5	Wielkości zachowane, prądy i ładunki	2
Wy6	Tensor energii-pędu pola	2
Wy7	Elementy geometrii różniczkowej	2
Wy8	Elektrodynamika	2
Wy9	Geometria pseudo-Riemannowska	2
Wy10, Wy11	Ogólna teoria względności, równania Einsteina	4
Wy12	Szczególne rozwiązania równań Einsteina	2
Wy13	Cząstka swobodna w czasoprzestrzeni Schwarzschilda	2
Wy14	Kosmologia	2
Wy15	Modele kosmologiczne	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – metoda tradycyjna z wykorzystaniem multimedialnych
- N2. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01-W03 PEU_U01-U03	Pisemne zaliczenie
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] L. D. Landau, E. M. Lifszyc; *Klasyczna teoria pola*, Warszawa 2009.
- [2] S. S. Schweber, *An introduction to relativistic quantum field theory*.
- [3] J. D. Jackson; *Elektrodynamika klasyczna*, Warszawa 1982.
- [4] R. S. Ingarden, A. Jamiołkowski; *Elektrodynamika klasyczna*, Warszawa 1981.
- [5] W. Thirring; *Fizyka matematyczna: klasyczne układy dynamiczne (tom 1), klasyczna teoria pola (tom 2)*, Warszawa 1985.
- [6] C. W. Misner, T. S. Thorne, J. A. Wheeler; *Gravitation*, Princeton University Press 1973.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] P. Gusin, *Klasyczna teoria pola* [materiały dydaktyczne „ZPR Pwr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”] Wrocław 2020
- [2] J. Solá, *Cosmological constant and vacuum energy: old and new ideas*, Journal of Physics: Conference Series 453 (2013) 012015.
- [3] S. Weinberg, *The cosmological constant problem*, Review of Modern Physics 61 (1989), 1-23.
- [4] T. M. Davis and C. H. Lineweaver, *Expanding Confusion: Common Misconceptions of Cosmological Horizons and the Superluminal Expansion of the Universe*, Astronomical Society of Australia, Vol. 21, No. 1, p. 97--109; February 2004. [arXiv: astro-ph/0310808]

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Dr hab. Paweł Gusin, pawel.gusin@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Kwantowa teoria pola	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Quantum field theory	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny	
Kod przedmiotu FZP001530	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. klasycznej teorii pola
2. mechaniki kwantowej 1 i 2
3. elementów analizy funkcjonalnej

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Nabycie podstawowej wiedzy z kwantowej teorii pola w czasoprzestrzeni Minkowskiego.
- C2. Zdobycie umiejętności jakościowego rozumienia, interpretacji oraz ilościowej analizy zjawisk i procesów fizycznych zachodzących w układach kwantowych z nieskończoną liczbą stopni swobody.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 – Zna i potrafi objaśnić podstawowe pojęcia czasoprzestrzeni Minkowskiego, potrafi sformułować przestrzeń Foka dla pól bozonowych i fermionowych.

PEU_W05 – Zna i potrafi kanonicznie kwantować pola swobodne o różnych spinach. Zna funkcje Greena dla pola skalarnego i pola Diraca.

PEU_W11 – Zna i potrafi posługiwać się całką funkcjonalną. Zna i potrafi uwzględnić oddziaływania pól kwantowych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – Potrafi znajdować reprezentacje grupy Poincare

PEU_U02 – Potrafi obliczać całki funkcjonalne w kwantowej teorii pola

PEU_U03 – Potrafi opisać ilościowo i jakościowo oddziaływania pola kwantowego z zewnętrznym polem klasycznym.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 – umiejętności posługiwania się złożonym aparatem matematycznym.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy 1	Pole skalarne i równanie Kleina-Gordona	2
Wy 2	Grupa Poincare	2
Wy3	Reprezentacje grupy Poincare	2
Wy4	Stany N - cząstkowe, spin i statystyka oraz przestrzeń Foka	2
Wy5	Kwantowanie kanoniczne swobodnego pola skalarnego	2
Wy6	Przyczynowość i funkcje Greena dla pola skalarnego	2
Wy7	Naładowane pole skalarne	2
Wy8	Swobodne pole Diraca	2
Wy9	Swobodne pole elektromagnetyczne	2
Wy10, Wy11	Oddziaływania i kwantowanie	4
Wy12	Całka funkcjonalna w kwantowej teorii pola	2
Wy13	Zasada działania Schwingera i działanie efektywne	2
Wy14	Regularyzacja	2
Wy15	Oddziaływanie pola kwantowego z klasycznym polem zewnętrznym	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – metoda tradycyjna z wykorzystaniem multimediiów

N2. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01-W03 PEU_U01-U03	Pisemne zaliczenie
P = F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] S. S. Schweber, *An introduction to relativistic quantum field theory*, Row, Peterson and Company, (1961)
- [2] S. Weinberg, *Teoria pól kwantowych*, tom 1-3 Warszawa PWN (2012).
- [3] M. E. Peskin, D. V. Schroeder, *An introduction to quantum field theory*, Addison-Wesley (1995).
- [4] C. Itzykson, J. B. Zuber, *Quantum field theory*, Dover Publications (2006).
- [5] J. D. Bjorken, S. D. Drell, *Relatywistyczna teoria kwantów*, Warszawa PWN (1985).
- [6] L. H. Ryder, *Quantum field theory*, Cambridge University Press (1996).
- [7] R. Haag, *Local quantum physics*, Springer-Verlag 1996.
- [8] J. Schwinger, *On Gauge Invariance and Vacuum Polarization*, Phys. Rev., 82 (1951).
- [9] L. E. Parker, D. J. Toms: *Quantum Field Theory In Curved Spacetime*, Cambridge (2009).
- [10] R. F. Streater, A. S. Wightman, *PCT, spin and statistics, and all that*, Princeton, (2000).
- [11] R. M. Wald, *Quantum fields in curved spacetime*, [arXiv:1401.2026].

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] P. Gusin, *Kwantowa teoria pola* [materiały dydaktyczne „ZPR Pwr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”] Wrocław 2020

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Dr hab. Paweł Gusin, pawel.gusin@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Wstęp do procesów stochastycznych dla fizyków	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Introduction to stochastic processes for physicists	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP001516
Grupa kursów	TAK

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. Analiza matematyczna z pierwszego stopnia studiów
2. Kurs fizyki ogólnej z pierwszego stopnia studiów

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie wiedzy dotyczącej podstawowych pojęć dotyczących rachunku Ito i całek stochastycznych.
- C2 Nabycie umiejętności modelowania i analizy statystycznych własności znanych układów fizycznych w obecności addytywnego oraz multiplikatywnego szumu generowanego

przez proces Wienera.
C3 Nabywanie umiejętności rozwiązywania prostych stochastycznych równań różniczkowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- zna metody matematyczne stosowane przy opisie układów fizycznych z fluktuacjami

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - potrafi analizować zjawiska fizyczne wykorzystując poznane metody opisu teoretycznego, a także dokonywać ich analizy jakościowej i ilościowej

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - przestrzeganie obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Podstawy rachunku prawdopodobieństwa, zmienne losowe. Procesy stochastyczne w fizyce.	2
Wy2	Ruch Browna: pierwsze kroki.	2
Wy3	Ruch Browna: proces Wienera.	2
Wy4	Równanie Langevina (I). Proces Ornsteina-Uhlenbecka.	2
Wy5	Równanie Langevina (II). Fluktuacje i dyssypacja. Przejście szumu przez układ dynamiczny.	3
Wy6	Równanie Langevina (III). Całkowanie procesu Ornsteina-Uhlenbecka. Symulacja Monte-Carlo ruchu Browna.	3
Wy7	Stochastyczny oscylator harmoniczny.	1
Wy8	Poza procesy gaussowskie: rozpraszanie elastyczne.	2
Wy9	Rachunek Ito.	2
Wy10	Całki stochastyczne.	3
Wy11	Stochastyczne równania różniczkowe.	3
Wy12	Równanie Fokkera-Plancka. Równanie Smoluchowskiego.	3
Wy13	Zaliczenie wykładu	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Laboratorium komputerowe (w czasie wykładu)

N3. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01	Dyskusje w czasie wykładu i konsultacji.
P	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01	Kolokwium pisemne.
P=P		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] D.S. Lemons, *An Introduction to Stochastic Processes in Physics*, The Johns Hopkins University Press, 2002.
- [2] K. Jacobs, *Stochastic Processes for Physicists: Understanding noisy Systems*, Cambridge University Press, 2010.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- 1] O. Calin, *An informal Introduction to Stochastic Calculus with Applications*, World Scientific, 2015.
- [2] C. Gardiner, *Stochastic Methods*, Springer, 2009.
- [3] A. Janicki, A. Izydorczyk, *Komputerowe metody w modelowaniu stochastycznym*, WNT, 2001.
- [4] Al. Papoulis, *Probability, Random Variables and Stochastic Processes*, Mc Graw-Hill, 1965;
Polskie tłumaczenie: A. Papoulis, *Prawdopodobieństwo, zmienne losowe i procesy stochastyczne*, WNT, 1972.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

prof. dr hab. Antoni C. Mituś

antoni.mitus@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Mikroskopowa kwantowa teoria metali i układów nadciekłych	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Microscopic quantum theory of metals and superfluid systems	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżyniera kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarne	
Rodzaj przedmiotu: wybieralny	
Kod przedmiotu FZP001520	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej, fizyki statystycznej i elektrodynamiki oraz znajomość teorii funkcji Greena

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z obecnym stanem wiedzy z zakresu teorii cieczy Fermiego normalnej nadciekłej
- C2 Osiągnięcie przez studentów klarownego poziomu wiedzy w zakresie mikroskopowej teorii metali i nadciekłego He3 oraz nadprzewodników

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca wielocząstkowych układów fermionowych normalnych i nadciekłych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowej teorii pola w opisie cieczy Fermiego normalnej i nadciekłej

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Ciecz Fermiego – zdegenerowane ciecze kwantowe	2
Wy2	Teoria Landaua normalnej cieczy Fermiego; równanie kinetyczne Landaua	2
Wy3	Kwazicząstki Landaua i wzbudzenia kolektywne w normalnej cieczy Fermiego	2
Wy4	Teoria cieczy Fermiego w ujęciu funkcji Greena Matsubary	2
Wy5	Amplitudy Landaua a efektywny wierzchołek	2
Wy6	Funkcje Greena Matsubary dla układu nadciekłego – anomalne funkcje ze złamaną symetrią cechowania	2
Wy7	Nadciekła ciecz Fermiego ze sparowaniem s	2
Wy8	Nadciekła ciecz Fermiego ze sparowaniem p	2
Wy9	Nieliniowe efekty w teorii cieczy Fermiego – wprowadzenie	2
Wy10	Nieliniowe magnetyczne efekty Fermi – cieczowe w nadciekłej cieczy Fermiego typu s	2
Wy11	Metoda całkowania po operatorze masowym dla opisu przejść fazowych w układzie nadciekłym	2
Wy12	Niestabilność paramagnetyczna w s-sparowanej cieczy Fermiego i w p-sparowanej cieczy Fermiego	2
Wy13	Niestabilność prądowa w nadciekłej cieczy Fermiego typu s	2
Wy14	Niestabilność prądowa w nadciekłej cieczy Fermiego typu p	2
Wy15	Niejednorodne stany Fulde-Fellera-Łarkina-Ovchinnikowa w nadciekłej cieczy Fermiego	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
P	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 PEU_K02	zaliczenie na ocenę

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

[1] Lucjan Jacak, Mikroskopowa kwantowa teoria metali i układów nadciekłych, Skrypt PWr, 2019

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

[1] Abrikosov, A. A., Gorkov, L. P., and Dzialoshinskii, I. E., [Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics], Dover Publ. Inc., Dover (1975).

[2] Lifshitz, E. M. and Pitaevskii, L. P., [Statisticeskaja fizika, czast 2], Nauka, Moskva (1978).

[3] Fetter, A. L. and Walecka, J. D., [Quantum theory of multi-particle systems], PWN, Warszawa (1988).

[4] Jacak L. Nonlinear topics in theory of Fermi liquid, Monografia PWr 1988

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Prof. dr hab. inż, Lucjan Jacak, lucjan.jacak@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Topologiczne efekty w układach kwantowych	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Topological effects in quantum systems	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarne	
Rodzaj przedmiotu: wybieralny	
Kod przedmiotu FZP001521	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej i fizyki statystycznej oraz elektrodynamiki

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z obecnym stanem wiedzy z zakresu topologicznych metod w fizyce kwantowej
- C2 Osiągnięcie przez studentów klarownego poziomu wiedzy na temat kwantowego ułamkowego efektu Halla i całkowitego efektu Halla

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca kwantowych efektów topologicznych zwłaszcza w fizyce hallowskiej

Z zakresu umiejętności

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowych efektów topologicznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Topologiczne podejście do układów wielocząstkowych; Całka po trajektoriach w wielospójnych przestrzeniach konfiguracyjnych	2
Wy2	Topologiczne przejścia fazowe	2
Wy3	Zależność efektywnego kwantu strumienia pola magnetycznego od homotopii trajektorii cyklotronowych w płaskich układach skorelowanych	2
Wy4	Podstawowe idee topologicznego podejścia do FQHE; Reguły proponowanego modelu topologicznego; Cyklotronowe podgrupy warunkowe	2
Wy5	Przykłady faz homotopii; Dwucząstkowa ilustracja klas homotopii w 2D	2
Wy6	Fazy homotopii odpowiadające hierarchii FQHE w LLL dla konwencjonalnych 2DES GaAs; Symetrie wielocząstkowych stanów kwantowych zgodnie z modelem cyklotronowych warunków, próbne funkcje falowe oraz ich energie	2
Wy7	Wyjaśnienie enigmatycznych hierarchii FQHE w LLL dla GaAs spoza konwencjonalnych hierarchii modelu złożonych fermionów; ograniczona stosowalność modelu złożonych fermionów; Struktura jednopętlowych stanów FQHE w wyższych poziomach Landaua, niedostępnych w modelu złożonych fermionów	2
Wy8	Zastosowanie modelu warunkowego w jednowarstwowym grafenie; Wyjaśnienie anomalnego FQHE w dwuwarstwowym grafenie	2

Wy9	Eksperymentalna weryfikacja modelu warkoczowego w dwuwarstwowym grafenie	2
Wy10	Całkowanie po trajektoriach Feynmana dla kinetycznych niestacjonarnych stanów i teoretyczne odtworzenie krzywej rezystancji R_{xx} względem czynnika zapełnienia LLL (dla GaAs)	2
Wy11	Dwuwarstwowe układy Halla z tunelowaniem elektronów pomiędzy warstwami; Dwuwarstwowe układy Halla z warstwą izolatora uniemożliwiającą międzywarstwowe tunelowanie elektronów	2
Wy12	Kontrola nad topologicznymi stopniami swobody w wielowarstwowych układach hallowskich	2
Wy13	Osobliwe stany topologiczne dla parzystych mianowników zapełnień w grafenie jednowarstwowym	2
Wy14	Topologiczna natura układów skorelowanych w 2D w polu magnetycznym i w polu Berry'ego; wyjaśnienie natury tzw. złożonych fermionów	2
Wy15	Grupy warkoczowe i metryka warkoczy w 2D w polu magnetycznym a korelacje wieloelektronowe	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.
 N2. Konsultacje.
 N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 PEU_K02	Kolokwium pisemne
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

[1] Janusz Jacak, Topologiczne efekty w układach kwantowych, Skrypt PWr, 2019

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] J. E. Jacak, Application of path-integral quantization to indistinguishable particle systems topologically confined by a magnetic field, Phys. Rev. A 97, 012108 (2018), <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.97.012108>
- [2] J. E. Jacak, R. Gonczarek, L. Jacak, I. Józwiak, Application of Braid Groups in 2D Hall System Physics: Composite Fermion Structure, ISBN: 978-981-4412-02-5, World Scientific, Singapore 2012
- [3] J. E. Jacak, Magnetic flux quantum in 2D correlated states of multiparticle charged system, New J. Phys. 22, 093027 (2020), <https://doi.org/10.1088/1367-2630/abae68>
- [4] R. P. Feynman, A. R. Hibbs, Quantum Mechanics and Path Integrals, McGraw-Hill, New York 1964
- [5] J. S. Birman, Braids, Links and Mapping Class Groups, Princeton UP, Princeton 1974

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

dr hab. inż, prof. PWr Janusz Jacak, janusz.jacak@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa w języku polskim:	Czarne Dziury
Nazwa w języku angielskim:	Black Holes
Kierunek studiów:	Inżynieria Kwantowa
Specjalność (jeśli dotyczy):
Stopień studiów i forma:	II stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP001526
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki kwantowej 1
2. Elementy Teorii Względności (co najmniej w zakresie Fizyki Ogólnej)

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Uzyskanie wiedzy z zakresu fizyki silnych pól grawitacyjnych, w szczególności fizyki w otoczeniu horyzontu Czarnych Dziur.
- C2 Nabycie umiejętności formułowania wybranych zagadnień (np. wymiana informacji) w silnych polach grawitacyjnych
- C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych ukazujących potrzebę stałego kształcenia i pogłębiania oraz uzupełniania kompetencji zawodowych.

--

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca Czarnych Dziur i problemów związanych z ich istnieniem.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod teorii względności w formułowaniu i rozwiązywaniu wybranych zagadnień z zakresu silnych pól grawitacyjnych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Elementy Szczególnej i Ogólnej Teorii Względności	4
Wy2	Tensor metryczny – metryka Robertsona Walkera	2
Wy3	Rozwiązanie Schwarzschilda	2
Wy4	Prawa zachowania – geodezyjne czasowe i zerowe w czasoprzestrzeni Schwarzschilda	4
Wy5	Dylatacja czasu w Ogólnej Teorii Względności	2
Wy6	Wymiana sygnałów w pobliżu horyzontu Czarnej Dziury	2
Wy7	Rodzaje Czarnych Dziur – czasoprzestrzeń Reissnera – Nordstroma, czasoprzestrzeń Kerra	2
Wy8	Mechanizm Penrose’a	4
Wy9	Wnętrze Czarnej Dziury	4
Wy10	Promieniowanie Hawkinga	2
Wy11	Efekty kwantowe we wnętrzu Czarnej Dziury	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie własnego projektu

OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
--	--------------------------	---

– podsumowująca (na koniec semestru)		
F	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 – PEU_K03	Ocena projektu
P=F		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, 1972;
- [2] [Hartle JB: Gravity, An Introduction To Einstein's General Relativity; Addison Wesley; 2003](#)
- [3] A. Radosz, „Czarne Dziury” – materiały dydaktyczne „ZPR Pwr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Doran R, Lobo FS, Crawford P: Interior of a Schwarzschild black hole revisited. Foundations of Physics. 2008; 38: 160–187
- [2] Gusin P, Augousti AT, Formalik F, Radosz A: The (A)symmetry between the Exterior and Interior of a Schwarzschild Black Hole. Symmetry, 2018; 10, 366. DOI: 10.3390/sym10090366
- [3] The LIGO Scientific Collaboration and The Virgo Collaboration 2016. An improved analysis of GW150914 using a fully spin-precessing waveform model. Phys. Rev. X. 6 (4): 041014. arXiv:1606.01210 doi:10.1103/PhysRevX.6.041014

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Andrzej Radosz (andrzej.radosz@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Elementy teorii materii skondensowanej	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Elements of condensed matter theory	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP001528
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki kwantowej 1 i 2
2. metod matematycznych fizyki
3. podstaw fizyki ciała stałego
4. fizyki statystycznej

CELE PRZEDMIOTU

C1 Uzyskanie wiedzy dotyczącej metod kwantowej teorii pola w opisie układów jednocząstkowych i dwucząstkowych w tym nadprzewodnictwa w układach nieuporządkowanych. Uzyskanie wiedzy dotyczącej opisu układów nierównowagowych metodą równania kinetycznego.

C2 Nabycie umiejętności formułowania i rozwiązywania podstawowych problemów dotyczących zjawisk transportu w metalach i nadprzewodnictwa w układach nieuporządkowanych.
 C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących potrzebę dalszego kształcenia oraz kreatywnego myślenia. Utrwalanie poczucia konieczności ciągłego rozwijania kompetencji zawodowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- wiedza dotycząca konstrukcji jednocząstkowego hamiltonianu ciasnego wiązania, hamiltonianu nadprzewodnika w przybliżeniu średniego pola.

PEU_W02 - wiedza dotycząca metod kwantowej teorii pola w opisie stanu nadprzewodzącego.

PEU_W03 – wiedza dotycząca nadprzewodnictwa w obecności nieporządku.

PEU_W04 – wiedza dotycząca opisu stanów nierównowagowych fermionów metodą równania kinetycznego.

PEU_W05 – znajomość podstawowych zjawisk transportu w metalach.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność konstrukcji jednocząstkowego hamiltonianu ciasnego wiązania.

PEU_U02 - umiejętność stosowania rachunku funkcji Greena w opisie nadprzewodnictwa w układach jednorodnych i układach nieuporządkowanych.

PEU_U03 – umiejętność stosowania metody równania kinetycznego w analizie zjawisk transportu.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Zbiory zupełne na sieciach prostej i odwrotnej. Funkcje Wanniera.	2
Wy2	Energia ciasnego wiązania i hamiltonian ciasnego wiązania.	2
Wy3	Hamiltonian nadprzewodnika, przybliżenie średniego pola. Równania ruchu operatorów pola. Normalne i anomalne funkcje Greena, równania Gorkowa.	6
Wy4	Skończony czas życia – przybliżenie Borna, przybliżenie macierzy T.	4
Wy5	Nadprzewodnictwo w układach nieuporządkowanych. Stany zlokalizowane.	2
Wy6	Dynamika elektronu w przybliżeniu kwaziklasycznym: paczki falowe elektronów Blocha, nierównowagowa funkcja rozkładu.	2
Wy7	Równanie kinetyczne. Całka zderzeń w przybliżeniu Borna. Średni	4

	czas życia, nierównowagowa funkcja rozkładu w przybliżeniu Borna.	
Wy8	Przewodnictwo układów izotropowych – przewodnictwo metali. Prawo Wiedemanna-Franza.	2
Wy9	Prądy termodynamiczne i siły termodynamiczne. Twierdzenie Onsagera.	2
Wy10	Symetrie współczynników kinetycznych w zjawiskach termoelektrycznych. Zjawiska termoelektryczne w metalach.	2
Wy11	Zjawiska galwanomagnetyczne w metalach.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.
N2. Konsultacje.
N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F	PEU_W01 – PEU_W05 PEU_U01 – PEU_U03 PEU_K01 – PEU_K03	Kolokwium pisemne.
P=F (zaliczenie wykładu)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] A.L. Fetter, J.D. Walecka „Kwantowa teoria układów wielu cząstek”, PWN 1982
- [2] G. Harań, „Teoria materii skondensowanej” – materiały dydaktyczne „ZPR Pwr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”
- [3] A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I.E. Dzyaloshinski „Methods of quantum field theory in statistical physics”, Dover 1975

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] W. Nolting „Fundamentals of many-body physics”, Springer 2009
- [2] G.D. Mahan „Many-particle physics”, Plenum Press 1981
- [3] A.J. Leggett „Quantum Liquids”, Oxford University Press 2010
- [4] J.R. Schrieffer „Theory of Superconductivity”, ABC 1999

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Grzegorz Harań, haran@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Topologia układów kwantowych	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Topological properties of quantum systems	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I/ II stopień / jednolite studia magisterskie*, stacjonarna / niestacjonarna*	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczeniowy *	
Kod przedmiotu FZP001529	
Grupa kursów TAK / NIE*	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki kwantowej
2. analizy matematycznej i algebry
2. metod matematycznych fizyki

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Uzyskanie wiedzy dotyczącej konsekwencji nietrywialnej topologii w materii kwantowej.
- C2. Nabycie umiejętności posługiwania się narzędziami topologicznymi do analizy stanów kwantowych.
- C3. Nabywanie i utrwalanie świadomości znaczenia nowych koncepcji w fizyce.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- wiedza dotycząca kwantowych zjawisk fizycznych będących efektem nietrywialnej topologii

PEU_W02 - znajomość podstawowych metod matematycznych i numerycznych używanych przy badaniu efektów topologicznych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod topologii w fizyce kwantowej

PEU_U02 - umiejętność klasyfikowania materiałów i stanów pod względem własności topologicznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia

PEU_K02 - rozumienia znaczenia nowych idei w nauce

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Mechanika kwantowa: kwantowanie kanoniczne, formalizm całek po trajektoriach, teorie cechowania	2
Wy2	Matematyczne podstawy: przestrzenie wektorowe, homeomorfizm	2
Wy3	Matematyczne podstawy: grupy homologii, grupy homotopii, różniczkowalność	2
Wy4	Model sieciowe izolatorów topologicznych: przybliżenie ciasnego wiązania, modele 1-, 2- i 3-wymiarowe	2
Wy5	Przewodnictwo Halla i liczby Cherna	2
Wy6	Symetria odwrócenia czasu	2
Wy7	Fermiony na sieci w polu magnetycznym	2
Wy8	Stany brzegowe	2
Wy9	Grafen i jego symetrie	2
Wy10	Proste modele izolatora Cherna	2
Wy11	Niezmienniki Z_2	2
Wy12	Nadprzewodniki topologiczne	2
Wy13	Mody Majorany, operacje zaplatania	2
Wy14	Łańcuchy spinowe	2
Wy15	Topologia a nieporządek, izolator Andersona	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna
N2. Prezentacje komputerowe
N3. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_K01, PEU_K02 PEU_U01, PEU_U02	Zaliczenie na ocenę
P=F1 (ocena z wykładu)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] B. Andrei Bernevig, Taylor L. Hughes, “*Topological Insulators and Topological Superconductors*”, Princeton University Press (2013)
- [2] Mikio Nakahara, “*Geometry, topology, and physics*”, IOP Publishing (2003)
- [3] S.M. Girvin, K. Yang, “*Modern Condensed Matter Physics*”, Cambridge University Press (2019)
- [4] M. El-Batanouny, “*Advanced Quantum Condensed Matter Physics. One-Body, Many-Body, and Topological Perspectives*”, Cambridge University Press (2020)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] E. Fradkin, “*Field Theories of Condensed Matter Physics*”, Cambridge University Press (2013)
- [2] C. Chamon, M.O. Goerbig, R. Moessner, L.F. Cugliandolo (eds.) “*Topological Aspects of Condensed Matter Physics*”, Oxford University Press (2017)
- [3] A.M. Tsvelik, “*Quantum field theory in condensed matter physics*”, Cambridge University Press (2003)

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Maciej Maśka, maciej.maśka@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu w języku polskim: **Bozonowe ciecze kwantowe**

Nazwa przedmiotu w języku angielskim: **Bosonic quantum fluids**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Inżynieria kwantowa**

Specjalność (jeśli dotyczy): **brak**

Poziom i forma studiów: **II stopień, stacjonarna**

Rodzaj przedmiotu: **wybieralny**

Kod przedmiotu: **.....**

Grupa kursów: **NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza w zakresie podstaw mechaniki kwantowej, optyki i fizyki statystycznej
2. Wiedza matematyczna w zakresie podstawowych kursów analizy matematycznej i algebry

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Przekazanie wiedzy na temat podstaw fizyki kondensacji Bosego-Einsteina
- C2. Przekazanie wiedzy na temat realizacji kondensacji Bosego-Einsteina w układach zimnych atomów, fotonów i polarytonów ekscytonowych
- C3. Przegląd nowoczesnych osiągnięć eksperymentalnych i teoretycznych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z wybranych zagadnień poświęconym kwantowym cieczom bozonowych i kondensacji Bosego-Einsteina

...

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi związanymi z kwantowymi cieczami bozonowymi

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących kondensatów Bosego-Einsteina; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Kondensacja bozonów nieoddziałujących – podstawy	2
Wy2- Wy3	Kondensacja bozonów oddziałujących – przybliżenie Bogolubowa, kryterium nadciekłości Landaua, równanie Grossa-Pitajewskiego	4
Wy4	Kondensat Bosego-Einsteina w pułapce – przybliżenie Thomasa-Fermiego	2
Wy5-6	Hydrodynamika kwantowa kondensatu Bosego-Einsteina – równania hydrodynamiczne, wzbudzenia elementarne, wiry kwantowe i model dwóch płynów	4
Wy8	Fizyka mikrowętek optycznych – laserowanie, silne sprzężenie ekscyton-foton, właściwości polarytonów ekscytonowych	4
Wy9	Metody eksperymentalne w badaniach kondensatów polarytonów	2
Wy10	Kondensacja polarytonów ekscytonowych – diagram fazowy, kinetyka kondensacji, uogólniony model Grossa-Pitajewskiego, najważniejsze realizacje eksperymentalne	6
Wy11	Kondensacja bozonów w potencjałach periodycznych i niehermitowskich	4
	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna oraz online.

N2. Konsultacje z prowadzącym.

N3. Praca własna – samodzielne studia, zadania domowe i przygotowanie do zaliczenia.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
--	--------------------------	---

koniec semestru)		
F1	PEU_W01, PEU_U01, PEU_K01	Kolokwium zaliczeniowe
P = F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

1. V. Kavokin, J. J. Baumberg, G. Malpuech, F. P. Laussy, *Microcavities 2ed* (Oxford University Press, Oxford 2017)
2. C. J. Pethick, H. Smith, *Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases 2ed* (Cambridge University Press, Cambridge 2011)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

1. J. M. Lifszyc, L. P. Pitajewski, 3. *Nadciężkość*, w: *Fizyka statystyczna. Cz. 2. Teoria materii skondensowanej* (PWN, Warszawa 2011)
2. L. P. Pitaevskii, S. Stringari, *Bose-Einstein Condensation and Superfluidity* (Oxford University Press, Oxford 2016)
3. K. Sacha, *Kondensat Bosego Einsteina* (Instytut Fizyki im. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2004)
4. B. Deveaud (red.), *The physics of semiconductor microcavities : from fundamentals to nanoscale devices* (Wiley-VCH, Weinheim 2007)

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

dr inż. Maciej Pieczarka, maciej.pieczarka@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Teoria dekoherencji	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Theory of decoherence	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP001522
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Mechanika kwantowa 1, Mechanika kwantowa 2
2. Umiejętność pracy ze źródłami, w tym z literaturą naukową w języku angielskim

CELE PRZEDMIOTU

C1 Student zapozna się z zaawansowanymi pojęciami i metodami potrzebnymi do opisu dekoherencji

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- posiada wiedzę teoretyczną dotyczącą opisu dekoherencji wynikającej z oddziaływania układu z otoczeniem

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01– potrafi matematycznie opisać czystą dekoherencję fazową

PEU_U02 - posiada umiejętności potrzebne do opisu innych rodzajów dekoherencji

PEU_U03 – potrafi rozwiązać wybrane przykłady, gdzie oddziaływanie z otoczeniem prowadzi do dekoherencji

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - jest przygotowany do krytycznego myślenia i działania w rozwiązywaniu zagadnień o charakterze poznawczym

PEU_K02 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	<i>Czysta dekoherencja fazowa</i>	2
Wy2	<i>Doświadczenie Younga w obecności dekoherencji</i>	4
Wy3	<i>Klasa hamiltonianów prowadzących do czystej dekoherencji fazowej</i>	4
Wy4	<i>Splątanie i czysta dekoherencja fazowa</i>	4
Wy5	<i>Dekoherencja kubitu ładunkowego z otoczeniem fononowym</i>	6
Wy6	<i>Inne rodzaje dekoherencji</i>	4
Wy7	<i>Dekoherencja spinu elektronu pod wpływem oddziaływania nadsubtelnego</i>	6
Suma godzin		30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1.wykład z elementami dyskusji problemowej

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01 ,PEU_U01 , PEU_U02,PEU_U03, PEU_K01,PEU_K02	Test końcowy
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

[1] <i>M. Schlosshaue, Decoherence and the quantum-to-classical transition (Springer)</i>

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

[1] <i>M. A. Nielsen and I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge University Press, Cambridge, 2000).</i>

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
--

Katarzyna Roszak (katarzyna.roszak@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Wstęp do zjawisk transportu przez nanostruktury	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Introduction to quantum transport in nanostructures	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): IKW	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I / II stopień / jednolite studia magisterskie*, stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany *
Kod przedmiotu	FZP001523
Grupa kursów	TAK / NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Mechanika kwantowa 1,
2. Mechanika kwantowa 2,
3. Umiejętność pracy ze źródłami, w tym z literaturą naukową w języku angielskim

CELE PRZEDMIOTU

C1 Student zapozna się z zaawansowanymi pojęciami i metodami niezbędnymi do opisu przepływu prądu przez nanostruktury.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 - posiada wiedzę teoretyczną dotyczącą opisu prądu płynącego przez nanostruktury

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – umie zastosować funkcje Greena do opisu realistycznego układu

PEU_U02 - potrafi obliczyć prąd i szum prądu przepływającego przez pojedynczy stan

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - jest przygotowany do krytycznego myślenia i działania w rozwiązywaniu zagadnień o charakterze poznawczym

PEU_K02 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	<i>Elementy kwantowej teorii pola. Operatory pola. Relacje komutacji i antykomutacji operatorów pola.</i>	2
Wy2	<i>Operatory dwu i wielocząstkowe w języku operatorów pola</i>	2
Wy3	<i>Kwantowe równanie ciągłości</i>	1
Wy4	<i>Ewolucja operatorów pola</i>	3
Wy5	<i>Równanie ciągłości dla operatorów pola</i>	2
Wy6	<i>Równowagowe funkcje Greena</i>	6
Wy7	<i>Nierównowagowe funkcje Greena</i>	6
Wy8	<i>Hamiltonian i równanie ruchu dla transportu przez pojedynczy poziom</i>	2
Wy9	<i>Opis przy pomocy funkcji Greena</i>	2
Wy10	<i>Przepływ prądu i szum</i>	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 wykład z elementami dyskusji problemowej

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01 , PEU_U01 , PEU_U02 , PEU_K01 , PEU_K02	Test końcowy
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> [1] „ <i>Quantum Kinetics in Transport and Optics of Semiconductors</i> ”, H. Haug i A. P. Jauho [2] „ <i>An Introduction to Quantum Transport in Semiconductors</i> ”, D. K. Ferry <u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> [1] „ <i>Many Particle Physics</i> ”, G. D. Mahan [2] „ <i>Quantum Theory of Many-Particle Systems</i> ”, A. L. Fetter i J. D. Walecka
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL) Michał Gawęłczyk, michal.gawelczyk@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Teoria korelacji kwantowych w układach mieszanych	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Theory of quantum correlations in mixed systems	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: wybieralny	
Kod przedmiotu FZP001524	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Mechanika kwantowa 1, Mechanika kwantowa 2
2. Umiejętność pracy ze źródłami, w tym z literaturą naukową w języku angielskim

CELE PRZEDMIOTU

C1 Student zapozna się z zaawansowanymi pojęciami i metodami niezbędnymi do opisu korelacji kwantowych w układach mieszanych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 - posiada wiedzę teoretyczną dotyczącą własności i opisu splątania w układach mieszanych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – potrafi policzyć splątanie dla dowolnego stanu dwóch kubitów

PEU_U02 - rozumie różnicę między splątaniem w stanach czystych i w stanach mieszanych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - jest przygotowany do krytycznego myślenia i działania w rozwiązywaniu zagadnień o charakterze poznawczym

PEU_K02 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	<i>Stany czyste: separowalność i splątanie. Czystość zredukowanej macierzy gęstości.</i>	2
Wy2	<i>Splątanie a informacja w zredukowanych macierzach gęstości.</i>	2
Wy3	<i>Pomiar na kubicie A w wybranych stanach splątanych.</i>	2
Wy4	<i>Dekompozycja Schmidta: dowód i zastosowanie.</i>	2
Wy5	<i>Dekompozycja Schmidta: przykład.</i>	2
Wy6	<i>Miary splątania stanów czystych.</i>	2
Wy7	<i>Stany mieszane: separowalność i splątanie.</i>	2
Wy8	<i>Miary „convex roof”. Splątanie formacji.</i>	2
Wy9	<i>Splątanie formacji dla dwóch kubitów.</i>	2
Wy10	<i>Ewolucja splątania formacji dla dwukubitowych stanów X.</i>	2
Wy11	<i>Ujemność.</i>	4
Wy12	<i>Ujemność dla czystej dekoherencji fazowej.</i>	2
Wy13	<i>Dysonans kwantowy</i>	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1.wykład z elementami dyskusji problemowej

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01, PEU_U01, PEU_U02, PEU_K01,	Test końcowy.

	PEU_K02	
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] *M. A. Nielsen and I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge University Press, Cambridge, 2000).*

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] John Preskill (Caltech): online lecture notes on QIC (1997-present),
<http://www.theory.caltech.edu/~preskill/ph229/>
- [2] Phillip Kaye, Raymond Laflamme and Michele Mosca, *An Introduction to Quantum Computing* (Oxford, 2007).

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Katarzyna Roszak (katarzyna.roszak@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ PPT..... / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Machine Learning.....	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Machine Learning	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I stopień, stacjonarna niestacjonarna*	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczeniowy*	
Kod przedmiotu	
Grupa kursów TAK / NIE*	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	x				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość podstaw algebry i analizy matematycznej.
2. Znajomość podstaw statystyki matematycznej.
3. Znajomość przynajmniej jednego współczesnego języka programowania: Python, c++
4. Obycie z architekturą współczesnego komputera: zrozumienie pojęć takich jak pamięć operacyjna, CPU, GPU.
5. Chęć do zdobycia wiedzy w mocno interdyscyplinarnym (przez to trudnym do opanowania) obszarze sztucznej inteligencji.

CELE PRZEDMIOTU

C1 Zaznajomienie słuchacza z tradycyjnymi technikami uczenia maszynowego, nadzorowanego i

nienadzorowanego.

C2 Zaznajomienie z aktualnie rozwijanymi algorytmami uczenia głębokiego.

C3 Wskazanie ogromnego potencjału zastosowań tych metod w nauce i technice.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Ma przekrojową wiedzę nt. współcześnie stosowanych technik uczenia maszynowego, w szczególności uczenia głębokiego.

PEU_W02 Potrafi dobrze zdefiniować problem analizy danych (np. regresja/klasyfikacja czy klasteryzacja/segmentacja) i wybrać odpowiednią metodę.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Ma podstawową znajomość stosowanych bibliotek/frameworków uczenia maszynowego i głębokiego.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Ma świadomość potencjału zastosowań technik uczenia maszynowego w nauce i technice.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Podstawy uczenia maszynowego: definicja, rodzaje uczenia, obciążenie i wariancja, obszary zastosowań i ograniczenia.	4
Wy2	Klasyfikatory, metody tradycyjne: SVM, drzewa decyzyjne, techniki bagging i boosting.	4
Wy3	Redukcja wymiarowości i klasteryzacja.	2
Wy4	Głębokie sieci neuronowe: propagacja wsteczna, funkcje aktywacji, regularyzacja.	2
Wy5	Konwolucyjne sieci neuronowe: definicja, współczesne architektury, zastosowania.	4
Wy6	Podstawy przetwarzania obrazów, wektory cech.	2
Wy7	Rozpoznawanie obrazów z wykorzystaniem sieci głębokich, detekcja, segmentacja, augmentacja danych.	2
Wy8	Rekurencyjne sieci neuronowe i ich zastosowania, mechanizm uwagi.	3
Wy9	Modele typu enkoder-dekoder i modele generatywne.	3
Wy10	Miniprojekt	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład multimedialny
N2.
N3.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01	Kolokwium
F2	PEU_W02	Sprawozdanie z miniprojektu
P = (F1+F2)/2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Ian Goodfellow et al., Deep learning, Cambridge: MIT Press, Cambridge 2016.
- [2] Christopher M. Bishop, Pattern recognition and machine learning, Springer, 2006.
- [3] Charu C. Aggarwal, Neural networks and deep learning, Springer, 2018.
- [4] Michael Nielsen, Neural Networks and Deep Learning, dostępna tylko online:
<http://neuralnetworksanddeeplearning.com>

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] https://scikit-learn.org/stable/user_guide.html (online)
- [2] <https://stanford.edu/~shervine/teaching/> (zasób online)

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Jarosław Pawłowski, jaroslaw.pawlowski@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Ergodyczność kwantowa	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Quantum ergodicity	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	II stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	...
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza w zakresie mechaniki kwantowej
2. Wiedza matematyczna w zakresie analizy matematycznej i podstaw algebry
3. Wiedze w zakresie fizyki statystycznej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Przekazanie wiedzy dotyczącej dynamiki układów kwantowych (ergodyczność kwantowa, problem termalizacji)
- C2 Wypracowanie umiejętności rozwiązywania problemów i stosowania zdobytej wiedzy

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEK_W01 Posiada wiedzę z zakresu dynamiki układów kwantowych i rozumie problem ergodyczności w układach kwantowych

PEK_W02 Zna potencjalne zastosowania układów nieergodycznych w technice

Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 Potrafi poddać analizie standardowe zagadnienia z zakresu dynamiki układów zamkniętych

PEK_U02 Umie stosować zdobytą wiedzę w praktyce naukowej i technicznej

PEK_U03 Jest w stanie poszerzać wiedzę w oparciu o literaturę naukową

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 Rozumie społeczne, ogólnopoznawcze i cywilizacyjno-techniczne znaczenie poznanych zagadnień

PEK_K02 Ma nawyk poszerzania wiedzy i samokształcenia

PEK_K03 Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Klasyczny chaos.	4
Wy2	Chaos w układach kwantowych.	4
Wy3	Dynamika kwantowa w reprezentacji przestrzeni fazowej. Ergodyczność w pobliżu granicy klasycznej.	6
Wy4	Ergodyczność kwantowa w układach wielu cząstek.	4
Wy5	Ergodyczność kwantowa i emergentne relacje termodynamiczne	4
Wy6	Relaksacja w układach całkowalnych i układach prawie całkowalnych. Pretermalizacja. Równania kinetyczne.	4
Wy7	Układy sterowane okresowo.	4
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		
Ćw2		
Ćw3		
	Suma godzin	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład

N2. Konsultacje

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie prezentacji

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F	K2INK_W01, W11, U01, U02, K01, K02, K05-K08	Kolokwium pisemne
P=F		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA fdfdf

Literatura podstawowa:

- [1] A. Polkovnikov, Quantum ergodicity: fundamentals and applications, http://physics.bu.edu/~asp/teaching/PY_747.pdf
- [2] F. Haake, S. Gnutzmann, M. Kuś, Quantum signatures of chaos (Springer, 2018)
- [3] L D'Alessio, Y Kafri, A Polkovnikov, M Rigol, From quantum chaos and eigenstate thermalization to statistical mechanics and thermodynamics, Advances in Physics 65, 3 (2016)

Literatura uzupełniająca:

- [1] M.C. Gutzwiller, Chaos in Classical and Quantum Mechanics (Springer-Verlag, 1990)
- [2] S.H. Strogatz, Nonlinear dynamics and chaos (Westview Press, 1994)

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Adam Sajna, adam.sajna@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Makroskopowe tunelowanie kwantowe	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Macroscopic Quantum Tunneling	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy): -	
Poziom i forma studiów:	I/ II stopień / jednolite studia magisterskie*, stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczeniowy *
Kod przedmiotu	
Grupa kursów	TAK/ NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Znajomość podstaw klasycznej elektrodynamiki, mechaniki kwantowej i kwantowej fizyki statystycznej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie się z elementami efektywnego opisu procesów tunelowania kwantowego
- C2 Zapoznanie się z rozwiązaniami elementarnych nieliniowych równań różniczkowych cząstkowych
- C3 Zapoznanie się z procesami makroskopowego tunelowania kwantowego w fizyce ciała stałego i

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zaznajomienie się z efektywnymi metodami opisu makroskopowego tunelowania i makroskopowej koherencji

PEU_W02 Zaznajomienie się z podstawowymi typami solitonów i solitonów topologicznych oraz ich dynamiką

PEU_W03 Zdobycie wiedzy o zjawiskach instantownych w fizyce fazy skondensowanej

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Rozwinięcie umiejętności w zakresie efektywnego modelowania makroskopowych układów fazy stałej

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Nabycie świadomości przekrywania się opisu zjawisk makroskopowych w fazie skondensowanej i związanych z nimi technologii

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	<u>Podstawy opisu tunelowania</u> : przybliżenie WKB, makroskopowe tunelowanie kwantowe (MTK) i makroskopowa koherencja kwantowa (MKK), prawo Arrheniusa-Kramersa	2
Wy2	<u>MTK w materiałach szklitych</u> : model dwupoziomowy relaksacji szkieł i szkieł spinowych, termodynamika szkieł	3
Wy3	<u>Podstawowe równania ruchu solitonów</u> : nieliniowe równanie Schrodingera (skupiające i rozciągające), równanie sine-Gordon,	3
Wy4	<u>Solitony topologiczne</u> : magnetyczne ściany domenowe i ich ruch, fronty fazowe, wiry modelu XY i topologiczne przejście fazowe	3
Wy5	<u>Koncepcja urojonego czasu (obrót Wicka) i instantony</u> : instantony w cząstkach ferromagnetycznych, nukleacja baniek magnetycznych w cienkich warstwach	4
Wy6	<u>Euklidesowe propagatory (formalizm „fałszywej próżni”)</u> : tunelowanie ferromagnetycznej ściany domenowej przez centrum „pinningu”, pełznięcie („creep”) ścian domenowych	4
Wy7	<u>Korelacje w teorii Ginzburga-Landaua</u> : zastosowanie do nadprzewodników, pełznięcie wirów strumienia magnetycznego	3
Wy8	<u>Uślizgi fazowe w drutach nadprzewodzących</u> : aktywacja termiczna, pary uślizg-antyuślizg („phase-slip—antiphase-slip”)	3
Wy9	<u>Tunelowanie przez złącza Josephsona</u> : periodyczne instantony, blokada kulombowska, qubity fazowe na złączach Josephsona a qubity na uślizgach fazy	3
Wy10	<u>Test zaliczeniowy</u>	2

Suma godzin	30
-------------	-----------

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład z użyciem prezentacji komputerowej i tablicy
 N2. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01-W03	Test końcowy
F2	PEK_U01, PEK_K01	Test końcowy
P=F1+F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] S. Takagi, „Macroscopic Quantum Tunneling”, Cambridge Univ. Press 2002
- [2] E. M. Chudnowsky, J. Tejada, „Macroscopic Quantum Tunneling of the Magnetic Moment”, Cambridge Univ. Press 1998

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] J. Solyom, „Fundamentals of the Physics of Solids. Volume 1 – Structure and Dynamics”, Springer 2007
- [2] F. Altomare, A. M. Chang, „One-Dimensional Superconductivity in Nanowires”, Wiley 2013

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Dr hab. inż. Andrzej Janutka, andrzej.janutka@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Materiały polimerowe w optoelektronice	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Polymer materials in optoelectronics	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	II stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP003116W
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	2				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza z zakresu chemii ogólnej i chemii organicznej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie wiedzy o podstawowych metodach otrzymywania związków wielkocząsteczkowych.
- C2 Nabycie wiedzy o strukturze, właściwościach i zastosowaniach najczęściej występujących materiałach polimerowych.
- C3 Nabycie wiedzy o sposobach modyfikacji związków wielkocząsteczkowych.
- C4 Nabycie wiedzy o mechanizmach przewodzenia prądu elektrycznego, fotoprzewodnictwa i luminescencji w związkach wielkocząsteczkowych.
- C5 Nabycie wiedzy z zakresu syntezy, właściwości i zastosowań polimerów przewodzących,

półprzewodnikowych i fotoprzewodzących.

C6 Nabycie wiedzy o najnowszych osiągnięciach naukowych z zakresu materiałów polimerowych stosowanych w optoelektronice.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 ma podstawową wiedzę z zakresu chemii i fizykochemii polimerów

PEU_W02 zna metody preparatyki materiałów polimerowych o pożądanych właściwościach

PEU_W03 zna i rozpoznaje grupy polimerów oraz rozumie zależność pomiędzy strukturą materiału polimerowego a możliwością jego zastosowań w optoelektronice

PEU_W04 zna mechanizmy odpowiedzialne za możliwość zastosowań polimerów w optoelektronice i fotowoltaice

PEU_W05 rozumie rolę polimerów w procesach recyklingu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego

...

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Potrafi zdefiniować strukturę polimeru warunkującą jego zdolność do przewodzenia prądu elektrycznego

PEU_U02 Umie wyjaśnić rolę struktury makrocząsteczkowej polimeru a także stosowanych domieszek w przewodnictwie polimerów

PEU_U03 Potrafi określić i rozróżnić funkcjonalną i niefunkcjonalną rolę polimerów w urządzeniach elektronicznych

PEU_U04 Umie dobrać i/lub zmodyfikować polimer do wytworzenia urządzeń funkcjonalnych, np. układów scalonych, diod OLED, ogniw fotowoltaicznych

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Podstawowe pojęcia z dziedziny związków wielkocząsteczkowych (<i>definicje meru i monomeru, średniej masy cząsteczkowej, temperatury przejść fazowych, izomerii; omówienie struktury chemicznej i zastosowań najpopularniejszych polimerów</i>)	2
Wy2	Reakcje prowadzące do powstawania związków wielkocząsteczkowych (<i>polimeryzacja, polikondensacja, wpływ struktury monomeru na przebieg polimeryzacji, przykłady syntezy polimerów</i>)	2
Wy3	Struktury makrocząsteczkowe polimerów oraz ich wpływ na potencjalne zastosowania (<i>fazy: amorficzna i krystaliczna, kopolimery usieciowane, rola grup funkcyjnych</i>)	2

Wy4	Zastosowania wybranych materiałów polimerowych w elektronice i optoelektronice (<i>polimery do mikrolitografii, polimery jako izolatory prądu elektrycznego, ochrona antykorozyjna, powłoki ochronne, antystatyczne i antyradarowe, diody elektroluminescencyjne</i>)	2
Wy5	Mechanizmy przewodzenia prądu elektrycznego przez związki organiczne i polimery (<i>układy sprzężonych wiązań podwójnych i potrójnych, rola heteroatomów nieorganicznych, domieszkowanie i autodomieszkowanie</i>)	2
Wy6	Polimery półprzewodnikowe (<i>mechanizm przewodnictwa, synteza polimerów z układami wiązań sprzężonych i skumulowanych oraz z atomami metalu w łańcuchu głównym, mieszaniny polimerów z metalami</i>)	2
Wy7	Elektro-optyczne właściwości polimerów (<i>absorpcja i transmisja światła, fluorescencja i fosforescencja, struktury polimerów fotoaktywnych, zastosowania</i>)	2
Wy8	Podstawowe pojęcia procesów optoelektronicznych w związkach wielkocząsteczkowych (<i>stany wzbudzenia makrocząsteczek, polimerowe złącza P-N, właściwości optyczne związków organicznych, fotoindukowany transfer elektronów</i>)	2
Wy9	Organiczne i polimerowe diody elektroluminescencyjne I (OLED/PLED) (<i>polimery ze sprzężonym układem wiązań podwójnych, architektura diod, struktury determinujące obecność anod i katod, procesy emisji światła</i>)	2
Wy10	Organiczne i polimerowe diody elektroluminescencyjne II (OLED/PLED) (<i>materiały polimerowe wykorzystywane w produkcji diod PLED, elektrofosforencyjne diody PLED, badanie właściwości, charakterystyka elektrooptyczna, zastosowania komercyjne</i>)	2
Wy11	Materiały polimerowe jako organiczne baterie słoneczne (<i>proces fotowoltaiczny, najczęściej stosowane polimery oraz ich charakterystyka, elastyczne fotoogniwa</i>)	2
Wy12	Nanokompozyty polimerowe i ich zastosowania w optoelektronice (<i>definicje, metody syntezy, skład, struktura makrocząsteczkowa, nieorganiczno-organiczne diody LED i ogniwa fotowoltaiczne</i>)	2
Wy13	Materiały polimerowe w recyklingu zużytych elementów elektrycznych i elektronicznych (<i>metody separacji i/lub odzyskiwania szkodliwych i cennych materiałów</i>)	2
Wy14	Perspektywy i nowe kierunki badań polimerów do zastosowań w elektronice I (<i>przegląd literatury naukowej, w zależności od liczebności grupy, prezentacje przygotowywane przez studentów</i>)	2
Wy15	Perspektywy i nowe kierunki badań polimerów do zastosowań w elektronice II (<i>przegląd literatury naukowej, w zależności od liczebności grupy, prezentacje przygotowywane przez studentów, zaliczenie kursu</i>)	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	
N1. Wykład – prezentacje multimedialne, pokazy audiowizualne	
N2. Konsultacje	
N3. Samodzielne przygotowanie prezentacji naukowej	

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W03 PEK_U02 PEK_U03 PEK_K01	Prezentacja naukowa
F2	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04 PEK_W05 PEK_U01 PEK_U04	Kolokwium zaliczeniowe
P – średnia ważona z F1 i F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Mark Geoghegan, Georges Hadziioannou, *Polymer electronics*, Oxford University Press, Oxford 2013
- [2] Sulaiman Khalifeh, *Polymers in Organic Electronics*, ChemTec Publishing, Toronto 2020
- [3] André Moliton, *Optoelectronics of Molecules and Polymers*, Springer, New York, NY 2010

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Michael C. Petty, *Organic and Molecular Electronics: From Principles to Practice, 2nd Edition*, John Wiley & Sons 2019
- [2] Wenbing Hu, *Organic optoelectronics*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2013
- [3] Marian Kryszewski, *Półprzewodniki wielkocząsteczkowe*, PWN, Warszawa 1968

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Dr inż. Piotr Cyganowski (piotr.cyganowski@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Zaawansowane metody badania dielektryków	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Advanced techniques of dielectric investigations	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	II stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu
Grupa kursów	TAK

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15			15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45			45	
Forma zaliczenia	Egzamin/ zaliczenie na ocenę*			Egzamin/ zaliczenie na ocenę*	
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0			1.0	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Fizyka ciała stałego.
2. Wstęp do fizyki dielektryków.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Nabycie wiedzy w zakresie rozpoznawania procesów fizycznych zachodzących w dielektrykach.
- C2. Zdobycie wiedzy na temat zaawansowanych metod charakteryzacji materiałów dielektrycznych.
- C3. Poznanie możliwości aplikacyjnych dielektryków.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 posiada wiedzę na temat rozpoznawania procesów fizycznych zachodzących w materiałach dielektrycznych

PEU_W02 posiada wiedzę na temat zaawansowanych metod badania właściwości fizycznych dielektryków

PEU_W03 ma podstawową wiedzę praktyczną na temat technik pomiarowych wielkości fizycznych charakteryzujących dielektryki

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi przeprowadzić analizę klasyfikującą dielektryk do grupy materiałów polarnych

PEU_U02 potrafi zanalizować procesy występujące w widmach dielektrycznych

PEU_U03 potrafi dopasować model relaksacji do zbadanego widma dielektrycznego

PEU_U04 potrafi opisać zmiany właściwości dielektrycznych wywołanych temperaturą, ciśnieniem oraz efektami rozmiarowymi

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Szerokopasmowa spektroskopia impedancyjna: pomiary dielektryczne, modele pola lokalnego, równania Kramersa-Kroniga, interpretacja widm rotacyjno-translacyjnych.	2
Wy2	Szerokopasmowa spektroskopia impedancyjna: modele relaksacji dielektrycznej.	2
Wy3	Efekty czasowe w dielektrykach. Metody przełączania polaryzacji oraz przenikalności dielektrycznej.	2
Wy4	Badania wpływ naprężeń na właściwości fizyczne dielektryków: wpływ ciśnienia hydrostatycznego na właściwości elektryczne oraz strukturalne, rola naprężeń jednoosiowych na stabilność faz polarnych	2
Wy5	Metody badania niecentrosymetryczności faz w dielektrykach: pomiary nieliniowe P-E, PFM, piezoeфекtu, piroprądu, SHG	2
Wy6	Niskowymiarowe efekty w dielektrykach.	2
Wy7	Kolokwium zaliczeniowe.	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Pomiary relaksacji dipolowej w dielektrykach polarnych.	8
Pr2	Pomiary odwracalnego przełączania przenikalności dielektrycznej.	7

Suma godzin	15
-------------	-----------

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład N2. Zajęcia w laboratorium – wykonanie pomiarów, opracowanie i interpretacja wyników pomiarów, dyskusja na temat wyników. N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zalecenia. N4. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	PEU_W01 PEU_W02	Kolokwium zaliczeniowe
F2 (projekt)	PEU_W03 PEU_U01 PEU_U02 PEU_U03 PEU_U04 PEU_K01	Ocena raportów oraz ocena prezentacji podczas dyskusji podsumowującej zajęcia laboratoryjne
P = F1*0.5+F2*0.5		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A. Cizman, R. Poprawski, A. Sieradzki, Dielectric Physics, Introduction to Selected Problems of Dielectric Physics, PrintPAP Łódź, 2011. 2. Broadband Dielectric Spectroscopy. Editors: Friedrich Kremer; Andreas Schönhals 3. M.E. Lines and A.M. Glass, Principles and application of ferroelectrics and related materials, Clarendon Press, Oxford (1977). 4. B.A. Strukov and A. P. Levanyuk, Ferroelectric Phenomena in Crystals Springer, Berlin, Heidelberg (1998) <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></p> <p>[1] Artykuły naukowe</p>
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
Adam Sieradzki, adam.sieradzki@pwr.edu.pl

<p>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI KARTA PRZEDMIOTU Nazwa przedmiotu w języku polskim: Fizyka powierzchni Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Surface physics Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa Specjalność (jeśli dotyczy): Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna Rodzaj przedmiotu: wybieralny Kod przedmiotu Grupa kursów Tak</p>	
--	--

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15				15
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45				45
Forma zaliczenia	Egzamin/ zaliczenie na ocenę*				Egzamin/ zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	2				1
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5				0,5

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Fizyka ciała stałego
2. Umiejętność przygotowania prezentacji na zadany temat i jej wygłoszenia.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zaznajomienie się z podstawowymi zagadnieniami fizycznymi, technicznymi i technologicznymi dotyczącymi powierzchni idealnych i rzeczywistych metali oraz półprzewodników.
- C2 Zdobycie wiedzy o otrzymywaniu powierzchni idealnych i powstawaniu powierzchni rzeczywistych.
- C3 Zdobycie wiedzy o metodach eksperymentalnych do badania powierzchni i międzypowierzchni.

C4 Zdobycie wiedzy o zjawiskach fizykochemicznych występujących na powierzchni.
 C5 Zdobycie wiedzy o wzbudzeniach na powierzchniach ciał stałych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zna metody otrzymywania powierzchni idealnych ciał stałych.

PEU_W02 Posiada wiadomości o podstawowych metodach eksperymentalnych stosowanych do badania powierzchni i międzypowierzchni ciał stałych, w tym: mikroskopii elektronowej (SEM, TEM), skaningowej mikroskopii elektronowej (STM), mikroskopii sił atomowych (AFM), rozpraszaniu quasi-elastycznym (LEED, RHEED) i nieelastycznym (AES, UPS, SIMS), metodach optycznych (spektroskopia Ramana, RAS).

PEU_W03 Wie o zjawiskach fizykochemicznych występujących na powierzchniach ciał stałych.

PEU_W04 Ma wiedzę o wzbudzeniach obecnych na powierzchniach ciał stałych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Umie pracować z literaturą dotyczącą fizyki powierzchni (tak w języku polskim jak i angielskim).

PEU_U02 Potrafi przygotować prezentację na wybrany temat na podstawie wybranej literatury.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 potrafi odpowiedzialnie pełnić rolę zawodowe z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych: rozwija dorobek zawodu

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wstęp - struktura powierzchni ciał stałych - otrzymywanie i utrzymywanie próżni - krystalografia powierzchni - relaksacja powierzchni - rekonstrukcja powierzchni	2
Wy2	Termodynamika równowagowa - adsorpcyjne równanie Gibbsa - powierzchniowa energia swobodna - anizotropia energii swobodnej - kształt równowagowy kryształu - granica szorstkości	2
Wy3	Termodynamika statystyczna - przybliżenie gazu idealnego	2

	- model - Terrace Step Kink wzrostu powierzchni - model Isinga - równowagowy kształt kryształu - modele gazu sieciowego	
Wy4	Adsorpcja, nukleacja i wzrost - adsorpcja fizyczna - adsorpcja chemiczna - desorpcja	2
Wy5	Fonony powierzchniowe - fale Rayleigh'a - dielektryczne fale powierzchniowe - plazmony powierzchniowe - polarytony	2
Wy6	Własności elektronowe powierzchni - stany powierzchniowe w półprzewodnikach - stany powierzchniowe w metalach - spektroskopia fotoemisyjna: UPS, XPS, ARUPS	2
Wy7	Ładunek przestrzenny na powierzchni półprzewodnika	2
	Kolokwium zaliczeniowe	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1 – Se8	1. Otrzymywanie powierzchni idealnych (łupanie, bombardowanie jonami, wygrzewanie, MBE, MOCVD) 2. Techniki badania powierzchni: - techniki desorpcyjne: Thermal Desorption Spectroscopy (TDS), Electron Stimulated Desorption (ESD) - metoda Kelvin Probe wyznaczania potencjału powierzchniowego 3. Techniki badania powierzchni - rozpraszanie elastyczne - teoria kinetyczna - dyfrakcja elektronów: Low Energy Electron Diffraction (LEED), Reflection High-Energy Electron Diffraction (RHEED) 4. Techniki badania powierzchni - rozpraszanie nieelastyczne - Auger Electron Spectroscopy (AES) - Secondary Ion Mass Spectroscopy (SIMS) 5. Defekty na powierzchni i ich badanie 6. Techniki badania powierzchni cd. - mikroskopia elektronowa - SEM, TEM - mikroskopia tunelowa - STM, AFM	15
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Prezentacja multimedialna N2. Prezentacja na seminarium N3. Strona internetowa z udostępnionymi materiałami dydaktycznymi N4. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (seminarium)	PEU_W01 - PEU_W04 PEU_U01 - PEU_U02	Wystąpienie na zadany temat
F2 (wykład)	PEU_W01 - PEU_W04	Kolokwium zaliczeniowe
P = F1*0.5 + F2*0.5		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Harald Ibach, *Physics of Surfaces and Interfaces*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- [2] Hans Luth, *Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001.
- [3] Anna Szaynok, Stanisław Kuźmiński, *Podstawy fizyki powierzchni półprzewodników*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
- [4] Piotr Sitarek, *Surface physics (selected materials for seminar)* – script available via internet (Project co-financed by European Union within European Social Fund).

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Andrew Zangwill, *Physics at Surfaces*, Cambridge University Press, 1988.
- [2] John T. Yates, Jr., *Experimental innovations in surface science*, Springer-Verlag New York, Inc. 1998.
- [3] A. Kiejna and K.F. Wojciechowski, *Metal Surface Electron Physics*, Elsevier Science Ltd. 1996.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Dr inż. Piotr Sitarek, Piotr.Sitarek@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Zaawansowane laboratorium fotoogniw	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Advanced laboratory of solar cells	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			90		
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS			3		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			0		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)			2		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza z fizyki półprzewodników i struktur półprzewodnikowych (złącze p-n).
2. Wiedza na temat zasad działania ogniw słonecznych, parametrów i metod charakteryzacji.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Poznanie elementów składowych instalacji fotowoltaicznej i zasad ich działania.
 C2 Poznanie optymalnych warunków oświetlenia ogniw/paneli przez promieniowanie słoneczne.
 C3 Nabycie umiejętności sposobów łączenia ogniw w panelach/modułach.
 C4 Poznanie metod kalibracji ogniw i wpływu rodzaju symulatora Słońca oraz temperatury na diagnostykę ogniw.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę w zakresie działania systemów fotowoltaicznych oraz ma wiedzę niezbędną do projektowania i oceny jakości systemów fotowoltaicznych

PEU_W02 jest świadomy odpowiedzialności wynikającej z działalności inżynierskiej oraz potrafi przewidywać i uwzględniać w praktyce skutki tej działalności dla środowiska naturalnego, społeczności i gospodarki.

PEU_W03 ma szczegółową wiedzę na temat zasad prowadzenia badań eksperymentalnych oraz metod statystycznej analizy ich wyników.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi opracować szczegółową dokumentację wyników prowadzonych badań, realizacji eksperymentu lub zadania projektowego; potrafi przygotować opracowania zawierające omówienie tych wyników

PEU_U02 potrafi zaprojektować i wykonać układ pomiarowy o założonych parametrach, przeanalizować jego jakość oraz dokonać wstępnej analizy ekonomicznej podejmowanych działań inżynierskich

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 jest przygotowany do współdziałania i pracy w grupie, przyjmując w niej różne role, także kierownicze.

PEU_K02 jest przygotowany do krytycznej analizy problemów poznawczych i praktycznych, samodzielnego opracowania i realizacji działań.

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie do laboratorium.	2
La1	Wyznaczanie położenia słońca na podstawie daty, godziny oraz długości i szerokości geograficznej. Obsługa trakera.	4
La2	Sztuczne słońce – badanie parametrów ogniw w funkcji temperatury i natężenia oświetlenia.	4
La3	Równoległe, szeregowo, szeregowo-równoległe i równoległo-szeregowe łączenie ogniw z przesłanianiem ich powierzchni. Zastosowanie diod bocznikujących.	4
La4	Badanie sprawności solarnego regulatora ładowania akumulatora 12V. Przenośnia, wojskowa elektrownia słoneczna.	4
La5	Pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych ogniw słonecznych w funkcji kąta padania i natężenia oświetlenia.	4
La6	Koncentrator energii słonecznej – wyznaczenie prądu zwarcia i	4

	napięcia rozwarcia (cztery ogniwa).	
La7	Pomiary sprawności jednofazowego falownika DC/AC w funkcji obciążenia (podłączonego do akumulatora).	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.
 N2 Praca własna – przygotowanie do laboratorium.
 N3 Instrukcje – wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych.
 N4 Instrukcje robocze do ćwiczeń laboratoryjnych.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_U01	Odpowiedź ustna i raport z ćwiczenia lab.
P1 = średnia ze wszystkich ocen F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] <https://pveducation.org/>
- [2] K.Jager i in. „Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems”
https://courses.edx.org/c4x/DelftX/ET.3034TU/asset/solar_energy_v1.1.pdf,
- [3] J. I. Pankove, Zjawiska optyczne w półprzewodnikach, WNT, 1984
- [4] Jarzębski, Przetwarzanie energii słonecznej. Konwersja Fotowoltaiczna, WNT, 1981
- [5] M. Waclawek, T. Rodziewicz, Ogniwa słoneczne, wpływ środowiska na ich pracę, WNT, 2011

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Luque, S.Hegedus, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering , John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England, 2003
- [2] M.A.Green , SOLAR CELLS - Operating principles, Technology and System Applications, Univ. of New South Wales, Australia, 1992
- [3] P. Wurfel, Physics of Solar Cells From Principles to New Concepts, Wiley-VCH Verlag GmbH &Co. KGaA, 2005
- [4] S.R. Wenham, M.A. Green, M.E. Watt, R. Corkish, APPLIED PHOTOVOLTAICS, ARC Centre for Advanced Silicon Photovoltaics and Photonics, Earthscan in the UK and USA, 2007
- [5] T. Markvart, Solar Electricity, UNESCO ENERGY ENGINEERING SERIES, John Wiley & Sons, 2000
- [6] Zbiory Polskich Norm, PKN

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Dr inż. Zbigniew Gumienny Zbigniew.Gumienny@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Laboratorium spektroskopii nanostruktur koloidalnych	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Spectroscopy of Colloidal Nanostructures	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: wybieralny	
Kod przedmiotu FZP001527	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)				30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)				90	
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS				3	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				3	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)				2	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Fizyka ciała stałego

CELE PRZEDMIOTU

C1 Celem kursu jest zapoznanie studentów z metodami pomiarów podstawowych parametrów optycznych nanostruktur koloidalnych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 posiada podbudowaną eksperymentalnie wiedzę z zakresu półprzewodnikowych nanostruktur koloidalnych

PEU_W02 posiada podstawową wiedzę dotyczącą zasad bezpiecznego eksperymentowania i zna podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację prostych zadań inżynierskich o charakterze praktycznym przy projektowaniu prostego układu optycznego i elektronicznego.

PEU_U02 potrafi zaplanować i przeprowadzić prosty eksperyment spektroskopowy; potrafi przeprowadzić jego symulację komputerową i dokonać pomiarów na samodzielnie zestawionym stanowisku pomiarowym oraz zinterpretować i porównać wyniki otrzymane drogą symulacji i eksperymentu.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę ciągłego doksztalcania, w tym samodoksztalcania; umie i rozumie potrzebę uczenia się samodzielnie i w grupie

PEU_K02 potrafi pracować samodzielnie i w grupie, umie przyjąć na siebie rolę kierowniczą.

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
P1	Zajęcia organizacyjne: zapoznanie z urządzeniami w laboratorium <i>Spektroskopii Nanostruktur Koloidalnych</i> , przepisy BHP obowiązujące w laboratorium, itp.	2
P2	<i>Pomiar emisji nanokryształów w funkcji mocy pobudzenia</i> . Zapoznanie się z efektami rozmiarowymi, pojęciem gęstości strumienia promieniowania, pomiarami rozmiaru plamki lasera, modelowanie emisji z układów 3-poziomowych	4
P3	<i>Pomiary widm wzbudzenia emisji z koloidalnych kropek kwantowych</i> . Zapoznanie się z efektami rozmiarowymi oraz wpływem efektów rozpraszania na pomiary optyczne.	4
P4	<i>Pomiar widm absorpcji nanokryształów</i> . Zapoznanie się z efektami rozmiarowymi, sposobami wyznaczania stężenia nanomateriałów w roztworach. Zapoznanie się z różnicami pomiędzy pomiarem absorpcji, absorpcji molowej, a wyznaczeniem współczynnika absorpcji. Zapoznanie się z różnicami pomiędzy pomiarami absorpcji, a pomiarami wzbudzenia emisji.	4
P5	<i>Pomiar widm zaniku emisji nanokryształów półprzewodnikowych</i> . Zapoznanie się z metodologią modelowania krzywych zaniku oraz z problemami występującymi podczas tego rodzaju pomiarach.	4
P6	<i>Pomiar widm zaniku emisji nanokryształów domieszkowanych jonami ziem rzadkich</i> . Zapoznanie się z właściwościami optycznymi jonów ziem rzadkich. Poznanie różnych mechanizmów wzbudzenia jonów tj. transfer ładunku, transfer energii pomiędzy jonami, wzbudzenia bezpośrednie typu wewnątrz powłokowego (f-f) oraz między powłokowego (f-d).	4
P7	<i>Pomiary widm wzbudzenia i emisji rozdzielone w czasie dla</i>	4

	nanokryształów domieszkowanych jonami ziem rzadkich. Badanie wpływu geometrii układu na parametry otrzymywanych wyników eksperymentalnych.	
P8	<i>Pomiary wydajności kwantowej dla półprzewodnikowych nanostruktur koloidalnych.</i>	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Samodzielne wykonanie doświadczeń w laboratorium
 N2. Samodzielne opracowanie i analiza wyników eksperymentalnych

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01, PEU_W02, PEU_U01, PEU_U02, PEU_K01, PEU_K02	Sprawozdanie w formie pisemnej z opracowanych i zanalizowanych pomiarów wykonywanych w ramach laboratorium
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] *Nanoscale Materials in Chemistry*, Second Edition, Edited by Kenneth J. Klabunde and Ryan M. Richards, 2009 by John Wiley & Sons, Inc.
- [2] *Nanocrystals-Synthesis, Properties and Applications - Series: Springer Series in Materials Science*, Vol. 95, Rao, C.N.R., Thomas, P. John, Kulkarni, G.U. 2007
- [3] *Semiconductor Nanocrystal Quantum Dots: Synthesis, Assembly, Spectroscopy and Applications*, Andrey L. Rogach, Springer 2008
- [4] *Colloids and Colloid Assemblies: Synthesis, Modification, Organization and Utilization of Colloid Particles*, Frank Caruso, John Wiley & Sons 2006

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Elektroniczne bazy danych czasopism naukowych: RCS, ACS, IOP, Elsevier

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Prof. Dr hab. inż. Artur Podhorodecki, artur.p.podhorodecki@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa przedmiotu w języku polskim** Zastosowania metod ab initio**Nazwa przedmiotu w języku angielskim** Applications of ab initio methods**Kierunek studiów (jeśli dotyczy):** Inżynieria Kwantowa**Specjalność (jeśli dotyczy):****Poziom i forma studiów:** II stopień, stacjonarna**Rodzaj przedmiotu:** **wybieralny****Kod przedmiotu** **FZP001518****Grupa kursów** **TAK**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	1		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1		1		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza z zakresu mechaniki kwantowej
2. Podstawowa wiedza z zakresy fizyki atomu cząsteczki i fazy skondensowanej
3. Umiejętność posługiwania się komputerem osobistym, w tym wskazana znajomość systemu LINUX
4. Kompetencje w zakresie korzystania z zasobów internetowych
5. Kompetencje w zakresie docierania do uzupełniających obszarów wiedzy i umiejętności
6. Umiejętność współpracy w zespole

CELE PRZEDMIOTU

- C2. Rozszerzenie i ugruntowanie wiedzy teoretycznej w zakresie teorii funkcjonału gęstości (DFT) oraz obliczeń *ab initio*
- C2. Nabycie praktycznej umiejętności zastosowanie metod *ab initio* do badania właściwości fizycznych układów atomowych
- C3. Poszerzenie wiedzy z zakresu fizyki ciała stałego
- C4. Doskonalenie umiejętności zwięzłego i klarownego ustnego sprawozdania z wykonanego projektu
- C5. Doskonalenie umiejętności pracy samodzielnej i współpracy w niewielkiej grupie
- C6. Doskonalenie umiejętności samodzielnego pozyskiwania literatury i korzystania z niej

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 - ma pogłębioną i zaawansowaną wiedzę w zakresie teorii funkcjonału gęstości (DFT) będącej podstawą obliczeń z zasad pierwszych, w tym stosowanych w niej przybliżeń, ograniczeń, metod numerycznych w implementacji, oraz zastosowań w zakresie fizyki układów atomowych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – potrafi wykonywać obliczenia ‘*ab initio*’ przy użyciu pakietu Abinit, podstawowych właściwości fizycznych układów atomowych, jak energia całkowita, gęstość elektronowa, optymalizacja struktury, energie formacji, wpływ czynników zewnętrznych, jak ciśnienie i naprężenia, na struktury elektronowe.

PEU_U02 – potrafi pracować w systemie operacyjnym LINUX; potrafi wykonywać obliczenia na komputerach dużej mocy, w specjalistycznym centrum obliczeniowym.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 – potrafi realizować zadania w zespole: będąc samemu kreatywnym i twórczym potrafi uważnie i krytycznie analizować idee prezentowane przez innych członków zespołu, potrafi podejmować z innymi konstruktywne dyskusje prowadzące do uzgodnienia wspólnych działań.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Elektronowa struktura pasmowa z zasad pierwszych; wpływ odkształceń na strukturę elektronową; potencjały deformacyjne	2
Wy2	Elementy rachunku zaburzeń funkcjonału gęstości 1: odpowiedź układu na wychylenia atomu	2
Wy3	Dynamika sieci z zasad pierwszych: metoda rachunku zaburzeń i różnic skończonych	2
Wy4	Elementy rachunku zaburzeń funkcjonału gęstości 2: odpowiedź na odkształcenie kryształu	2

W5	Właściwości elastyczne z zasad pierwszych: metoda rachunku zaburzeń i różnic skończonych	2
W6	Elementy rachunku zaburzeń funkcjonału gęstości 3: odpowiedź na pole elektryczne	2
W7	Właściwości dielektryczne z zasad pierwszych: metoda rachunku zaburzeń i różnic skończonych	3
	Suma godzin	15

Forma zajęć – laboratorium/Projekt		Liczba godzin
La 1	Wyznaczanie struktury elektronowej wybranych układów oraz badanie wpływu ciśnienia i naprężeń na strukturę elektronową	15
La 2	Wyznaczanie związków dyspersyjnych fononów wybranego układu metodą różnic skończonych	15
La 3	Wyznaczanie związków dyspersyjnych fononów wybranego układu metodą rachunku zaburzeń funkcjonału gęstości	15
La 4	Wyznaczanie tensora elastycznego wybranego układu metodą różnic skończonych	15
La 5	Wyznaczanie tensora elastycznego wybranego układu metodą rachunku zaburzeń funkcjonału gęstości	15
La 6	Wyznaczanie tensora dielektrycznego wybranego układu metodą różnic skończonych	15
La 7	Wyznaczanie tensora dielektrycznego wybranego układu metodą rachunku zaburzeń funkcjonału gęstości	15
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Studia literaturowe
N2. Praca z komputerem pod nadzorem prowadzącego laboratorium, w tym praca w małym 2-3 osobowym zespole
N3. Konsultacje indywidualne z prowadzącym kurs
N4. Praca własna, w tym praca własna z komputerem

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 – praca w lab	W01,W03,W05, K01,K02,K05,K08, U01,U02,U06,U15	Ocena aktywności i sposobu realizacji projektu
F2 – sprawozdanie	W01,W03,W05, K01,K02,K05,K08, U01,U02,U06,U15	Ocena sprawozdania i prezentacja
$P=0.2 \cdot F1 + 0.8 \cdot F2$		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> [1] Richard M. Martin, <i>Electronic structure, Basic Theory and Practical Methods</i> , Cambridge University Press (2004)
<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> [1] http://www.abinit.org/ [2] materiały dostarczone przez prowadzącego
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL) dr hab. inż. Paweł Scharoch, pawel.scharoch@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu w języku polskim: *Zaawansowane modelowanie zjawisk fizycznych za pomocą Maple*

Nazwa przedmiotu w języku angielskim: *Advanced Modeling of Physical Phenomena with Maple*

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): *Inżynieria kwantowa*

Specjalność (jeśli dotyczy):

Poziom i forma studiów: **I/ II stopień / jednolite studia magisterskie***, stacjonarna / niestacjonarna*

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany ***

Kod przedmiotu **FZP001517**

Grupa kursów **TAK / NIE***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			90		
Forma zaliczenia			Zaliczenie na ocenę		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS			3		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			3		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)			2		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza i praktyczne opanowanie matematyki z zakresu studiów I stopnia
2. Podstawowa wiedza i umiejętności w zakresie algorytmów, struktur danych oraz programowania
3. Kompetencje w zakresie docierania do uzupełniających obszarów wiedzy i umiejętności
4. Umiejętność pracy z komputerem w środowisku Windows

CELE PRZEDMIOTU

C1 Nabycie wiedzy dotyczącej zastosowania właściwych metod i narzędzi do rozwiązywania wybranych problemów obliczeniowych

C2 Nabycie umiejętności poprawnego i efektywnego stosowania funkcji wybranego pakietu obliczeniowego
 C3 Opanowanie umiejętności wykorzystywania dokumentacji technicznej oprogramowania, studiowania literatury tematycznej oraz wyszukiwania informacji

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 ma wiedzę z zakresu metodyki wykorzystania pakietu algebry komputerowej *Maple*

PEU_W02 ma usystematyzowaną i utrwaloną wiedzę z zakresu podstawowych zagadnień przetwarzania danych i obliczeń naukowych oraz inżynierskich, zna wybrane komendy i funkcje pakietu *Maple*

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie

PEU_U02 posiada umiejętność samodzielnego uczenia się w zakresie zagadnień fizyki teoretycznej

PEU_U03 potrafi analizować zjawiska fizyczne wykorzystując poznane metody opisu teoretycznego i pakietu *Maple*

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę ciągłego doksztalcania, w tym samoksztalcania; rozumie potrzebę pracy samodzielnie i w grupie

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La01	Rozwiązywanie równań różniczkowych zwyczajnych. Metoda analityczna (symboliczna) i numeryczna	2
La02	Wahadło matematyczne – zależność okresu drgań od amplitudy	2
La03	Oscylator anharmoniczny	2
La04	Wahadło podwójne	2
La05	Tunelowanie przez barierę	4
La06	Rekonstrukcja atraktora Lorenza	2
La07	Portrety fazowe układów dynamicznych	2
La08	Model Lorenza – stabilność punktów stałych	4
La09	Chaos deterministyczny i przekrój Poincare	2
La10	Przepływ ciepła w jednym wymiarze	4
La11	Drgania struny	2
La12	Przybliżone metody analityczne dla nieliniowego oscylatora Harmonicznego. Metoda perturbacyjna Poissona i Lindstedta	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Ćwiczenia laboratoryjne - komputer PC z pakietem algebry symbolicznej *Maple*

N2. Konsultacje
 N3. Zasoby cyfrowe
 N4. Praca własna – przygotowanie do laboratorium

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	U03, K01	Dyskusja i odpowiedzi ustne
F2	W01, W02, U01, U02	Zagadnienia rozwiązywane w trakcie ćwiczeń laboratoryjnych, zadania dodatkowe
P=F2 jeżeli brak oceny negatywnej F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] A.C. Mituś, R. Orlik, G. Pawlik, *Wstęp do pakietu algebry komputerowej Maple*, (Oficyna Wydawnicza DWSPiT, Polkowice, 2010).
- [2] Materiały dydaktyczne (w języku polskim) udostępnianie w postaci elektronicznej na stronie www

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] A. Heck, *Introduction to Maple*, Springer 1996.
- [2] W. H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling and B.P. Flannery, *NUMERICAL RECIPES*, Cambridge University Press (2007), Edition: 3.
- [3] Tao Pang, *Metody obliczeniowe w fizyce*, PWN (2001).
- [4] R.H. Enns, G.C. McGuire, *Computer Algebra Recipes: An Advanced Guide to Scientific Modeling*, Springer, 2007.
- [5] R.H. Enns, *Computer Algebra Recipes for Mathematical Physics*, Birkhauser, 2005.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

dr hab. Grzegorz Pawlik, prof. PWR, grzegorz.pawlik@pwr.edu.pl
 prof. dr hab. Antoni C. Mituś, antoni.mitus@pwr.edu.pl
 dr Michał Jarema, michal.jarema@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Cyfrowe układy elektroniczne w systemach czasu rzeczywistego	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: The digital electronic circuits in real-time systems	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I / II stopień / jednolite studia magisterskie* , stacjonarna / niestacjonarna*	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP001506
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30		60		
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	1		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1		1		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza na temat programowania w językach wysokiego poziomu (WIEDZA),
2. Podstawowa wiedza o składni języka C++ (WIEDZA),
3. Podstawy programowania w języku C++ (UMIEJĘTNOŚĆ),
4. Podstawowa wiedza z zakresu budowy i działania elementów elektronicznych (WIEDZA)

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zaprezentowanie technologii układów programowalnych FPGA.
 C2 Zapoznanie studentów ze sposobami programowania struktur logicznych w językach HDL.
 C3 Zaprezentowanie technologii mikrokontrolerów.
 C4 Zapoznanie studentów ze sposobami tworzenia programów dla systemów mikroprocesorowych.
 C5 Zaprezentowanie podstaw projektowania i implementacji filtrów cyfrowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Podstawowa wiedza dotycząca technologii programowalnych układów FPGA.

PEU_W02 Podstawowa wiedza na temat tworzenia struktur logicznych z wykorzystaniem języka HDL.

PEU_W03 Podstawowa wiedza dotycząca budowy mikrokontrolerów.

PEU_W04 Podstawowa wiedza na temat tworzenia oprogramowania dla systemów mikroprocesorowych.

PEU_W05 Podstawowa wiedza na temat projektowania i implementacji filtrów cyfrowych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Umiejętność zaplanowania i wykonania eksperymentów z wykorzystaniem elektronicznych układów cyfrowych.

PEU_U02 Umiejętność oceny przydatności i możliwości wykorzystania nowoczesnych układów cyfrowych w optoelektronice.

PEU_U03 Umiejętność wykorzystania języków programowania do obsługi i budowy urządzeń pomiarowych.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Zrozumienie potrzeby ciągłego samodoskonalenia, wynikającego z konieczności nadążania za rozwojem technologii przyrządów pomiarowych i potrzebą samodzielnego poznawania najnowszych trendów z tej dziedziny, wynikłych np. z rozwoju technologii układów półprzewodnikowych oraz technik programowania

PEU_K02 Zrozumienie potrzeby współdziałania w zespole mające na celu kreatywne rozwiązywanie problemów.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie: podanie literatury do przedmiotu i warunków zaliczenia. Wprowadzenie do cyfrowych układów czasu rzeczywistego	1
Wy2	Elektroniczne układy cyfrowe. Klucz tranzystorowy. Bramka tranzystorowa (TTL, CMOS). Przerzutniki. Rejestry. Układy kombinacyjne i sekwencyjne	2
Wy3	Układy programowalne CPLD i FPGA	2
Wy4	Podstawy VHDL/ Verilog	2
Wy5	Mikrokontrolery. Architektura. dekodery rozkazów, jednostka arytmetyczno-logiczna DMA, DSP	2
Wy6	Filtracja cyfrowa. Matlab. Przykłady C++. Verilog	2
Wy7	Wzmacniacz homodynamiczny. Przykład C++. Verilog	2
Wy8	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	15

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		
Ćw2		
..		
	Suma godzin	

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Środowisko programistyczne dla układów FPGA	3
La2	Ćwiczenia implementacji struktur logicznych w układach FPGA	3
La3	Środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów	3
La4	Ćwiczenia programowania mikrokontrolerów	3
La5	Filtracja cyfrowa	3
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Prezentacja multimedialna (PowerPoint)
N2. Pokaz obsługi środowisk programistycznych np. Altera Quartus,
N3. Obsługa kompilatora języka C++ dla mikroprocesorów,
N4. Obsługa makiet prototypowych dla układów FPGA i mikrokontrolerów,
N5. Zadania projektowe dla studentów: np. próbkowanie sygnału analogowego z wykorzystaniem mikrokontrolera,
N6. Pytania sprawdzające wiedzę studentów: np. budowa i działanie układów sekwencyjnych

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03	Zadania projektowe. Oprogramowanie układu pomiarowego. Wykonanie pomiarów.
F2	PEU_W01 – PEU_W05	Kolokwium zaliczeniowe z całości materiału: pytania „otwarte”, dotyczące np. budowy i działania układów programowalnych i mikrokontrolerów.
$P=0,5*(F1+F2)$		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>
[1] R. Plaza, E. Wróbel, Systemy czasu rzeczywistego, WNT, Warszawa 1988,
[2] W. Sasal, Układy scalone serii USA64/UCY74: parametry i zastosowania, WKiŁ, Warszawa 1990
[3] A. Filipkowski, Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe, WNT, Warszawa 1993
[4] P. Horowitz, W. Hill, Sztuka elektroniki, WKiŁ, Warszawa 1997,
[5] M. Zwoliński, Projektowanie układów cyfrowych z wykorzystaniem języka VHDL, WKiŁ, W-wa 2002,
[6] Z. Hajduk, Wprowadzenie do języka Verilog, BTC, Legionowo 2009,
[7] J. Biernat, Architektura komputerów, Oficyna Wydawnicza PWR, W-w, 2005,
[8] R. G. Lyons, Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów, WKiŁ, W-wa 2003,
<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>
[1] T. Kaczorek, Teoria sterowania, PWN, W-wa 1977,
[2] W. Stallings, Organizacja i architektura systemu komputerowego., WNT, Warszawa

2009,

- [3] IEEE Standard HDL Based on the Verilog HDL, IEEE, New York, 1996,
- [4] G. Micheli, Synteza i optymalizacja układów cyfrowych, WNT, Warszawa 1998,
- [5] R. Pełka, Mikrokontrolery- architektura, programowanie, zastosowania, WKiŁ, Warszawa 1999,

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Dr hab. inż. Sławomir Drobczyński
slawomir.drobczynski@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim NLTK	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim NLTK	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			90		
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS			3		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			3		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)			2		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość podstaw fizycznych działania przyrządów półprzewodnikowych, a w szczególności ogniw słonecznych

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Poznanie metod pomiarowych do charakteryzacji ogniw słonecznych.
- C2 Nabycie umiejętności obsługi urządzeń / systemów do charakteryzacji ogniw słonecznych.
- C3 Wykonanie pomiarów i sporządzenie raportu.
- C4 Nabycie umiejętności pracy w zespole.
- C5 Poznanie metod technologii otrzymywania ogniw słonecznych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zna i rozumie fizyczne podstawy działania ogniw słonecznych.

PEU_W02 Zna materiały oraz technologie półprzewodnikowe, służące do wytwarzania i konstrukcji ogniw słonecznych.

PEU_W03 Zna metody / techniki pomiarowe służące do charakteryzacji przyrządów półprzewodnikowych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Potrafi samodzielnie obsłużyć urządzenia / systemy pomiarowe do charakteryzacji ogniw słonecznych oraz przeprowadzić pomiar.

PEU_U02 Potrafi sporządzić odpowiedni raport z pomiarów oraz dokonać analizy uzyskanych wyników.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Rozumie potrzebę samokształcenia.

PEU_K02 Jest przygotowany do pracy w grupie.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie do laboratorium. Przedstawienie zasad zaliczenia kursu. Prezentacja i omówienie urządzeń pomiarowych do charakteryzacji ogniw słonecznych. Przygotowanie próbek do pomiarów.	3
La2	Pomiary elektryczne fotoogniw: wstępne pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych oraz pomiary sprawności na symulatorze słońca	3
La3	Pomiary wydajności kwantowej fotoogniw na urządzeniu do wykonywania pomiarów spektralnych BENTHAM.	3
La4	Pomiary topografii powierzchni fotoogniw wykorzystując mikroskop AFM.	3
La5	Pomiary pracy wyjścia fotoogniw przy wykorzystaniu sondy Kelvina.	3
La6	Pomiary fotonapięcia powierzchniowego (SPV) przy oświetleniu różnymi długościami fali.	3
La7	Zbadanie właściwości strukturalnych wytworzonych próbek poprzez pomiary rozpraszania Ramana.	3
La8	Pomiary charakterystyk pojemnościowo-napięciowych wybranych ogniw.	3
La9	Badanie wpływu temperatury i natężenia światła na parametry ogniw słonecznych.	3
La10	Zajęcia odróbkowe.	3
Suma godzin		30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 E-materiały do wykładu umieszczone w Internecie.

N2 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.

N3 Praca własna – przygotowanie do laboratorium i opracowanie raportu.

N4 Instrukcje – wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych.

N5 Instrukcje robocze do układów pomiarowych.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01,PEU_W02, PEU_W03,PEU_U01, PEU_U02,PEU_K01, PEU_K02	Odpowiedź ustna w trakcie realizacji pomiarów i pisemne raporty z pomiarów

P = średnia ze wszystkich ocen F1

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Materiały do laboratorium, dostępne poprzez internet : www.if.pwr.wroc.pl/~zielony
- [2] E.Płaczek-Popko, „Fizyka odnawialnych źródeł energii” Skrypt DBC
- [3] E.Płaczek-Popko, „Laboratorium Fotoogniw” Skrypt DBC
- [4] E.Jarzębski „Energia słoneczna” 1990.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] P.Wurfel „Physics of Solar Cells”, ed. Wiley-Vch, Weinham 2009.
- [2] J.Nelson “ The Physics of Solar Cells” ed. Imperial College Press, London, 2009.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Eunika Zielony

eunika.zielony@pwr.edu.pl

Katarzyna Gwóźdź

katarzyna.r.gwozdz@pwr.edu.pl

<p>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI KARTA PRZEDMIOTU Nazwa przedmiotu w języku polskim: Elementy chemii kwantowej Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Elements of quantum chemistry Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa Specjalność (jeśli dotyczy): Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna Rodzaj przedmiotu: wybieralny Kod przedmiotu Grupa kursów TAK</p>	
---	--

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45		45		
Forma zaliczenia	Egzamin/ zaliczenie na ocenę*		Egzamin/ zaliczenie na ocenę*		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0		1.0		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość Analizy matematycznej i Algebry liniowej.
2. Znajomość fizyki na poziomie kursu Fizyka I.
- 3.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Zapoznanie z wybranymi technikami chemii kwantowej i modelowania molekularnego.
- C2. Nauczenie posługiwania się przykładowym programem do obliczeń kwantowo-chemicznych.
- C3. Nabycie umiejętności poprawnego przewidywania właściwości materii na podstawie analizy

otrzymanych danych kwantowo-chemicznych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 – posiada znajomość metod Hartree-Focka oraz DFT wraz ze stosowanymi założeniami i przybliżeniami

PEU_W02 – posiada znajomość empirycznych metod stosowanych w chemii obliczeniowej

PEU_W03 – posiada wiedzę na temat metody dynamiki molekularnej (klasycznej)

PEU_W04 – posiada wiedzę na temat metody dynamiki molekularnej ab initio

...

PEU_U01 – potrafi posługiwać się wybranym programem do obliczeń kwantowo-chemicznych

PEU_U02 – potrafi posługiwać się wybranym programem do klasycznej dynamiki molekularnej

PEU_U03 – potrafi posługiwać się wybranym programem do dynamiki molekularnej ab initio.

...

PEU_K01 – rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały

TREŚCI PROGRAMOWE

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do przedmiotu – cele i zastosowania chemii obliczeniowej; organizacja zajęć.	2
Wy2	Podstawy chemii kwantowej. Równanie Schroedingera niezależne od czasu, przybliżenie adiabatyczne i BO.	2
Wy3	Metoda Hartree-Focka: metoda LCAO, wyznacznik Slatera, bazy funkcyjne.	2
Wy4	Metody DFT.	2
Wy5	Potencjały empiryczne stosowane w chemii obliczeniowej; przybliżenia i algorytmy.	2
Wy6	Metoda dynamiki molekularnej; implementacja zespołów statystycznych, algorytmy.	2
Wy7	Zastosowania dynamiki molekularnej.	2
Wy8	Kolokwium zaliczeniowe.	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Sposób prowadzenia i zaliczenia laboratorium. Nauka poleceń systemu Linux.	2
La2 La3	Obliczenia kwantowo-chemiczne struktury i własności prostych cząsteczek.	4
La4 La5	Symulacje klasyczną metodą dynamiki molekularnej.	4
La6 La7	Symulacje metodą dynamiki molekularnej Car-Parrinello lub Born-Oppenheimer MD.	4
La8	Projekt zaliczeniowy	1
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. wykład z prezentacją multimedialną N2. wykorzystanie gotowego oprogramowania do obliczeń kwantowo-chemicznych. N3. opracowanie projektu końcowego.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
P (wykład)	PEU_W01- PEU_W04	Kolokwium zaliczeniowe
P (laboratorium)	PEU_U01- PEU_U03	Projekt
$P = F1*0.5 + F2*0.5$		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></p> <p>[1] L. Pielą "Idee chemii kwantowej", wyd. PWN [2] A. Kaczmarek-Kędziera, M. Ziegler-Borowska, D. Kędziera "Chemia obliczeniowa w laboratorium organicznym" Wydawnictwo Naukowe Mikołaja Kopernika [3] D. Heermann "Podstawy symulacji komputerowych w fizyce", wyd. WNT [4] James B. Foresman and Æleen Frish "Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods: A Guide to Using Gaussian" Gaussian, Inc</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></p> <p>[1] I. N. Levine "Quantum chemistry", wyd. Prentice Hall [2] D. Frenkel, B. Smit "Understanding Molecular Simulation", wyd. Academic Press [3] C.J. Cramer "Essentials of Computational Chemistry", Willey</p>
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
Paweł Lipkowski pawel.lipkowski@pwr.edu.pl

