

WYDZIAŁ: PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
KIERUNEK STUDIÓW: INŻYNIERIA KWANTOWA
FORMA STUDIÓW: STACJONARNA

Spis treści

PROGRAM STUDIÓW.....	1
ZAKŁADANE EFEKTY UCZENIA SIĘ.....	2
OPIS PROGRAMU STUDIÓW – INŻYNIERIA KWANTOWA.....	7
PLAN STUDIÓW – INŻYNIERIA KWANTOWA.....	36

PROGRAM STUDIÓW

WYDZIAŁ:	PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
KIERUNEK STUDIÓW:	INŻYNIERIA KWANTOWA
PRZYPORZĄDKOWANY DO DYSCYPLINY:	Nauki fizyczne
POZIOM KSZTAŁCENIA:	studia pierwszego 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:	2023/2024

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

ZAKŁADANE EFEKTY UCZENIA SIĘ

WYDZIAŁ:	PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
KIERUNEK STUDIÓW:	INŻYNIERIA KWANTOWA
POZIOM STUDIÓW:	studia pierwszego stopnia
PROFIL:	ogólnoakademicki

Umiejscowienie kierunku:

Dziedzina:	nauk ścisłych i przyrodniczych
Dyscyplina/dyscypliny:	Nauki fizyczne

Objaśnienie oznaczeń:

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

P6S – charakterystyki drugiego stopnia odpowiadające kształceniu na studiach drugiego stopnia/ jednolitych magisterskich – 6 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”

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

Symbol kierunkowych efektów uczenia się	Opis efektów uczenia się na kierunku studiów:	Odniesienie do charakterystyk PRK		
	INŻYNIERIA KWANTOWA	Uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia	Charakterystyki drugiego stopnia typowe dla kwalifikacji uzyskiwanych w ramach szkolnictwa wyższego (S)	
<i>Po ukończeniu kierunku studiów absolwent:</i>	Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomie 6 PRK		Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomie 6 PRK, umożliwiających uzyskanie kompetencji inżynierskich	
WIEDZA (W)				
K1INK_W01	<i>ma ugruntowaną wiedzę w zakresie fizyki klasycznej obejmującą mechanikę, termodynamikę, elektryczność i magnetyzm, optykę, oraz podstawy fizyki relatywistycznej</i>	P6U_W	P6S_WG	
K1INK_W02	<i>ma podstawową wiedzę z zakresu matematyki, obejmującą analizę, algebrę, teorię grup, elementy statystyki i probabilistyki, topologię, stosowane w zagadnieniach fizyki kwantowej oraz fizyki ciała stałego i fazy skondensowanej</i>	P6U_W	P6S_WG	
K1INK_W03	<i>ma podstawową wiedzę w zakresie elektrodynamiki, mechaniki kwantowej, fizyki statystycznej oraz teorii względności i ewolucji wszechświata, a także jej zastosowań</i>	P6U_W	P6S_WG	
K1INK_W04	<i>ma podstawową wiedzę dotyczącą procesów kwantowych w ciałach stałych, oddziaływaniu promieniowania z materią w tym fotowoltaiki i plazmoniki</i>	P6U_W	P6S_WG	
K1INK_W05	<i>ma podstawową wiedzę w zakresie zastosowania kwantowych technologii informatycznych w procesie przekazywania informacji za szczególnym uwzględnieniem informatyki kwantowej, a także dotyczącą nowoczesnych technologii kwantowego bezpieczeństwa informatycznego - kwantowej dystrybucji klucza kryptograficznego</i>	P6U_W	P6S_WG	P6S_WG_inż
K1INK_W06	<i>ma poszerzoną wiedzę, pozwalającą zrozumieć zachodzące zjawiska, w zakresie zjawisk kwantowych, w tym dotyczącą metod analitycznych i topologicznych mechaniki kwantowej, korelacji międzycząstkowych w nadprzewodnikach i jej roli w kwantowych procesach przekazywania informacji, a także makroskopowych i relatywistycznych efektów kwantowych w kosmologii, oraz egzotycznej fizyki kwantowej nowych cząstek w silnych polach magnetycznych</i>	P6U_W	P6S_WG	

K1INK_W07	<i>ma uporządkowaną wiedzę w zakresie metod obliczeniowych i technik programowania; zna podstawy analizy numerycznej i pakiety matematyczne używane w obliczeniach zjawisk kwantowych w fazie skondensowanej i w strukturach niskowymiarowych, oraz w informatyce kwantowej</i>	P6U_W	P6S_WG	
K1INK_W08	<i>ma podstawową wiedzę w zakresie budowy i działania aparatury naukowej, w tym przyrządów półprzewodnikowych oraz urządzeń techniki komputerowej, służącej do badań nanostruktur metalicznych i półprzewodnikowych; rozumie zasady działania oraz ograniczenia urządzeń pomiarowych; ma podstawową wiedzę o cyklu życia urządzeń, obiektów i systemów technicznych</i>	P6U_W	P6S_WG	P6S_WG_inż
K1INK_W09	<i>zna typowe technologie inżynierskie, w tym także na poziomie kwantowym, kwantowe technologie odnawialnej energii – inżynierię kwantową światła i energii, oraz nowe technologie grafenowe</i>	P6U_W	P6S_WG	P6S_WG_inż
K1INK_W10	<i>ma podstawową wiedzę w zakresie ekonomicznych, prawnych i innych pozatechnicznych uwarunkowań działalności naukowej i inżynierskiej</i>	P6U_W	P6S_WK	
K1INK_W11	<i>ma podstawową wiedzę dotyczącą zasad bezpiecznego eksperymentowania i zna podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy</i>	P6U_W	P6S_WK	
K1INK_W12	<i>rozumie podstawowe społeczne, ekonomiczne i prawne uwarunkowania działalności inżynierskiej i wynikającej z nich odpowiedzialności; potrafi przewidywać skutki tej działalności dla środowiska naturalnego, społeczności i gospodarki; zna istotę i cele funkcjonowania przedsiębiorstwa[</i>	P6U_W	P6S_WK	P6S_WK_inż
K1INK_W13	<i>zna powiązania inżynierii kwantowej z wybranymi działami nauk technicznych; rozumie znaczenie rozwoju technologii kwantowych w zaawansowanych badaniach technologicznych</i>	P6U_W	P6S_WG	P6S_WG_inż
UMIEJĘTNOŚCI (U)				
K1INK_U01	<i>potrafi analizować zjawiska fizyczne wykorzystując poznane metody opisu teoretycznego, a także dokonywać ich analizy jakościowej i ilościowej, oraz weryfikować prawidłowość otrzymywanych wyników, stosując kryteria stabilności lub niezmienniczości</i>	P6U_U	P6S_UW	P6S_UW_inż
K1INK_U02	<i>potrafi zaplanować i przeprowadzić badanie eksperymentalne z wykorzystaniem zaawansowanych technologii, przeprowadzić krytyczną dyskusję wyników i wyciągnąć wnioski</i>	P6U_U	P6S_UW	P6S_UW_inż

K1INK_U03	<i>potrafi przeprowadzić analizę numeryczną zjawisk kwantowych stosując wybrane języki programowania i wybrane pakiety analizy numerycznej</i>	P6U_U	P6S_UW	P6S_UW_inż
K1INK_U04	<i>potrafi przygotować i przedstawić opracowanie stanu i zakresu badań w wybranych działach fizyki ciała stałego i technologii kwantowych</i>	P6U_U	P6S_UW	
K1INK_U05	<i>posiada umiejętność przygotowania i przedstawienia prezentacji ustnej lub seminarium w języku polskim i języku angielskim także z wykorzystaniem środków multimedialnych</i>	P6U_U	P6S_UK	
K1INK_U06	<i>potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł i poddawać je krytycznej analizie</i>	P6U_U	P6S_UW	
K1INK_U07	<i>potrafi przygotować opracowanie otrzymanych wyników teoretycznych lub doświadczalnych w formie pisemnej takiej jak raport naukowy lub praca (publikacja) naukowa</i>	P6U_U	P6S_UK	
K1INK_U08	<i>posiada umiejętność samodzielnego uczenia się w zakresie zagadnień inżynierii kwantowej, kwantowych technologii informatycznych i pokrewnych, oraz poznawania instrumentów do ich badania</i>	P6U_U	P6S_UU	
K1INK_U09	<i>potrafi ocenić przydatność poznanych metod i technik pomiarowych do konkretnego zadania o charakterze praktycznym oraz wybrać odpowiednie narzędzie i metodę pomiarową</i>	P6U_U	P6S_UW	P6S_UW_inż
K1INK_U10	<i>potrafi zaprojektować i wykonać układ pomiarowy o założonych parametrach, przeanalizować jego jakość oraz dokonać wstępnej analizy ekonomicznej podejmowanych działań inżynierskich</i>	P6U_U	P6S_UW, P6S_UO	P6S_UW_inż
K1INK_U11	<i>potrafi pracować indywidualnie i w zespole oraz kierować małym zespołem w sposób zapewniający realizację zadania w założonym zakresie i terminie</i>	P6U_U	P6S_UO	
K1INK_U12	<i>potrafi integrować i weryfikować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie</i>	P6U_U	P6S_UW, P6S_UK	
K1INK_U13	<i>potrafi dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację prostych zadań inżynierskich lub technologicznych o charakterze aplikacyjnym przy projektowaniu układu pomiarowego</i>	P6U_U	P6S_UW	P6S_UW_inż
K1INK_U14	<i>B2: ma wiedzę, umiejętności i kompetencje zgodnie z wymaganiami określonymi dla poziomu B2 ESOKJ; pozyskuje, rozumie i interpretuje teksty specjalistyczne; stosuje w mowie i piśmie środki językowe typowe dla języka akademickiego oraz środowiska pracy inżyniera. C1: ma wiedzę, umiejętności i kompetencje zgodnie z wymaganiami określonymi dla poziomu C1 ESOKJ; śledzi ze zrozumieniem i formułuje wypowiedzi na tematy związane ze studiowaną dyscypliną oraz pracą</i>	P6U_U	P6S_UK	

	<i>zawodową, stosując środki adekwatne do sytuacji; czyta, interpretuje, ocenia i tworzy teksty o tematyce specjalistycznej; wykorzystuje sprawności językowe w kontaktach interpersonalnych i w komunikacji w międzynarodowym środowisku akademickim i zawodowym</i>			
KOMPETENCJE SPOŁECZNE (K)				
K1INK_K01	<i>zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia</i>	P6U_K	P6S_KR	
K2INK_K02	<i>potrafi pracować w grupie spełniając w niej różne role, potrafi kierować pracami zespołu</i>	P6U_K	P6S_KR	
K1INK_K03	<i>potrafi określić priorytety w realizacji zadania, oraz kolejność i terminy realizacji jego etapów</i>	P6U_K	P6S_KR	
K1INK_K04	<i>identyfikuje i umie rozstrzygnąć dylematy związane z wykonywaniem zawodu inżyniera, postępuje etycznie</i>	P6U_K	P6S_KO, P6S_KR	
K1INK_K05	<i>rozumie potrzebę ciągłego podnoszenia kompetencji zawodowych</i>	P6U_K	P6S_KK	
K1INK_K06	<i>rozumie społeczne uwarunkowania i skutki związane z praktycznym stosowaniem zdobytej wiedzy i umiejętności, w tym wpływ własnej działalności na środowisko naturalne; ma świadomość ponoszonej odpowiedzialności</i>	P6U_K	P6S_KO, P6S_KR	
K1INK_K07	<i>potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny, innowacyjny i przedsiębiorczy</i>	P6U_K	P6S_KK	
K1INK_K08	<i>dba o zachowanie sprawności fizycznej przydatnej w pracy zawodowej</i>	P6U_K	P6S_KR, P6S_KO	

OPIS PROGRAMU STUDIÓW

Kierunek studiów:	INŻYNIERIA KWANTOWA	Profil:	OGÓLNOAKADEMICKI
Poziom studiów:	I STOPNIA	Forma studiów:	STACJONARNA

1 Opis ogólny

1.1. Liczba semestrów	7	1.2. Całkowita liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów na danym poziomie	210
1.3. Łączna liczba godzin zajęć	2485	1.4. Wymagania wstępne (w szczególności w przypadku studiów drugiego stopnia)	Wymagania szczegółowe zawarte są w Zarządzeniach Wewnętrznych „W sprawie warunków i trybu rekrutacji”.
1.5. Tytuł zawodowy nadawany po zakończeniu studiów	Inżynier	1.6. Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia	Absolwent studiów I stopnia ma rozwiniętą umiejętność analitycznego myślenia, która pozwala na kreatywne podejście do rozwiązywania problemów naukowych i inżynierskich w szeroko rozumianej dziedzinie zastosowań mechaniki kwantowej. Zaawansowana wiedza i umiejętności z zakresu mechaniki kwantowej dotyczą w dużej mierze zastosowań w technologiach fotowoltaicznych energii odnawialnej oraz technologiach systemów kwantowych bezpieczeństwa informatycznego i komunikacji (informatyka i kryptografia kwantowa). Istotnym elementem wykształcenia są wiedza i umiejętności w zakresie aktualnie rozwijanej fizyki teoretycznej fazy skondensowanej, a także znajomość i umiejętność korzystania z wysokiej klasy aparatury badawczej stosowanej w pomiarach spektroskopii ramanowskiej i mikroskopii sił atomowych. Absolwent jest przygotowany do praktycznego stosowania użytecznych pakietów informatycznych włącznie ze

	<p>specjalistycznymi systemami informatycznymi o zastosowaniach inżynierskich. Jest gruntownie przygotowany do kształcenia na studiach drugiego stopnia na tym samym lub zbliżonych kierunkach fizycznych i technologicznych. Absolwenci posiadają zaawansowaną wiedzę dotyczącą procesów fotowoltaicznych wykorzystywanych w projektowaniu systemów odnawialnych źródeł energii co może być istotnym czynnikiem w podjęciu decyzji o rozpoczęciu własnej działalności gospodarczej na bardzo szybko rozwijającym się rynku odnawialnych źródeł energii. Możliwość zatrudnienia: (1) firmy high-tech w dziedzinach nanotechnologii, fotowoltaiki, plazmoniki i optoelektroniki, (2) instytucje badawcze rozwijające kwantowe technologie informatyczne dotyczące kryptografii kwantowej, kwantowych generatorów losowych, komputerów kwantowych, (3) instytuty naukowe i badawcze w dziedzinach fizyki materii skondensowanej.</p>
<p>1.7. <i>Możliwość kontynuacji studiów</i></p> <p>Możliwość ubiegania się o przyjęcie na studia drugiego stopnia, studia podyplomowe</p>	<p>1.8. <i>Wskazanie związku z misją Uczelni i strategią jej rozwoju</i></p> <p>Program studiów I 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 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 dużym zakresie realizację zapisów znajdujących się w dokumencie Plan Rozwoju Politechniki Wrocławskiej.</p>

2 Opis szczegółowy

2.1 Całkowita liczba efektów uczenia się w programie studiów:

W (wiedza) =	13
U (umiejętności) =	14
K (kompetencje) =	8
W + U + K =	35

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

D1 (wiodąca):	35	(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:

D1 (wiodąca):	100	% punktów ECTS
D2:	-	% punktów ECTS
D3:	-	% punktów ECTS
D4:	-	% punktów ECTS

2.4 a) 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:

ECTS (DN):	163	(musi być większa niż 50% całkowitej liczby punktów ECTS z p. 1.2)
------------	-----	--

b) Dla kierunku studiów o profilu praktycznym - liczba punktów ECTS przypisana zajęciom kształtującym umiejętności praktyczne:

ECTS (P):	n/d	(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 pierwszego stopnia w obszarze obecnie najdynamiczniej rozwijającego się przekrycia nowoczesnej nauki obejmującej technologie kwantowe i przemysłu wysokich technologii. Doskonała znajomość zaawansowanych technik pomiarowych (spektroskopia ramanowska, mikroskopia sił atomowych), technik bezpieczeństwa informatycznego (dystrybucja klucza kwantowego QKD) oraz umiejętność korzystania z pakietów informatycznych (COMSOL,

LABVIEW) stwarzają możliwość znalezienia zatrudnienia w firmach high-tech z zakresu nanotechnologii, fotowoltaiki, plazmoniki, fotoniki, optoelektroniki, a także instytucjach i firmach rozwijających nowoczesne kwantowe technologie informatyczne z zakresu kryptografii kwantowej, kwantowych generatorów losowych, przyszłościowych technologii komputera kwantowego. Absolwenci posiadają zaawansowaną wiedzę dotyczącą procesów fotowoltaicznych wykorzystywanych w projektowaniu systemów odnawialnych źródeł energii co może być istotnym czynnikiem w podjęciu decyzji o rozpoczęciu własnej działalności gospodarczej na bardzo szybko rozwijającym się rynku odnawialnych źródeł energii.

2.6 łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia:

ECTS (BU):	109.33	(wpisać sumę punktów ECTS dla kursów/ grup kursów oznaczonych kodem BU ¹ , przy czym dla studiów stacjonarnych liczba ta musi być większa niż 50% całkowitej liczby punktów ECTS z p. 1.2)
------------	--------	---

2.7 łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z zakresu nauk podstawowych

Liczba punktów ECTS z przedmiotów obowiązkowych	55
Liczba punktów ECTS z przedmiotów wybieralnych	0
łączna liczba punktów ECTS	55

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	74
Liczba punktów ECTS z przedmiotów wybieralnych	35
Łączna liczba punktów ECTS	109

2.9 Minimalna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać, realizując bloki kształcenia oferowane na zajęciach ogólnouczelnianych lub na innym kierunku studiów:

ECTS (O):	12	(wpisać sumę punktów ECTS kursów/grup kursów oznaczonych kodem O)
-----------	----	---

2.10 łączna liczba punktów ECTS, którą student może uzyskać, realizując bloki wybieralne:

ECTS:	77	(min. 30% całkowitej liczby punktów ECTS)
-------	----	---

3 Opis procesu prowadzącego do uzyskania efektów uczenia się:

Metody sprawdzania zakładanych efektów uczenia się w trakcie procesu kształcenia są powiązane z osiąganiem przedmiotowych efektów uczenia się, które są implementacją ogólniejszych zakładanych efektów uczenia się zdefiniowanych na poziomie kierunku. W każdej karcie przedmiotu są zdefiniowane przedmiotowe efekty uczenia się oraz metody i narzędzia służące do oceny ich realizacji, w odniesieniu do kursów wchodzących w skład przedmiotu. Stosowane metody sprawdzania i oceniania efektów uczenia się w zakresie wiedzy to egzaminy w formie pisemnej lub pisemno-ustnej, kolokwia, krótkie sprawdziany, wystąpienia, udział w dyskusjach. Efekty uczenia się w zakresie umiejętności są oceniane na podstawie raportów pisemnych z prac doświadczalnych, umiejętności rozwiązywania zadań z praktycznego zastosowania teorii w reprezentatywnym zakresie, sprawności wykonania prostych zadań o charakterze inżynierskim. Efekty uczenia się w zakresie kompetencji społecznych z reguły dotyczą kształtowania postawy studenta wobec otoczenia, jak np. umiejętność współpracy w zespole, umiejętności samokształcenia w danych warunkach, motywacji własnej do pracy. Nabyte kompetencje społeczne są najczęściej sprawdzane i oceniane w wyniku obserwacji działania studentów w konkretnych warunkach kursów z bezpośrednim kontaktem prowadzącego i studentów.

4 Lista bloków zajęć:

4.1 Lista bloków zajęć obowiązkowych

4.1.1 Lista bloków zajęć kształcenia ogólnego

4.1.1.1 Blok: Technologie Informacyjne

min. 2 pkt. ECTS

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Podstawy analizy danych			2			W07, U10,U13, K01,K03, K05,K07	30	50	2		1.28	T	Z	O	O	P	KO
Razem			0	0	2	0	0		30	50	2	0	1.28						

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	H	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
0	0	2	0	0	30	50	2	0	1.28

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

⁶Kurs / 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

4.1.2 Lista bloków z zakresu nauk podstawowych

4.1.2.1 Blok Matematyka

min. 27 pkt. ECTS

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łątzna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczel-niany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Algebra-1	2					W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2		1.44	T	E		0		PD
2		Algebra-1		3				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	100	4		1.88	T	Z		0	P	PD
3		Analiza matematyczna-1-B	3					W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	75	3		2.04	T	E		0		PD
4		Analiza matematyczna-1-B		3				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	125	5		1.88	T	Z		0	P	PD
5		Algebra-2	2					W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2		1.28	T	Z		0		PD
6		Algebra-2		2				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2		1.28	T	Z		0	P	PD
7		Analiza matematyczna-2-B	3					W02,U01, U06,U12, K01,K05,	45	75	3		2.04	T	E		0		PD

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 Ogólnouczelnianny – O

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

⁶Kurs / 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

							K07											
8		Analiza matematyczna-2-B		3			W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	100	4		1.88	T	Z		0	P	PD
9		Wstęp do rachunku prawdopodobieństwa	1				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	15	25	1		0.68	T	Z		0		PD
10		Wstęp do rachunku prawdopodobieństwa		1			W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	15	25	1		0.68	T	Z		0	P	PD
Razem			11	12	0	0		345	675	27	0	15.08						

4.1.2.2 Blok Fizyka

min. 23 pkt. ECTS

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K11NK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Spo- sób ³ zali- czenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęc DN ⁵	zajęc BU ¹			ogólno- uczel- niany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Fizyka-1-D	3					W01,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	75	3	3	2.04	T	E		DN		PD
2		Fizyka-1-D		3				W01,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	125	5	5	1.88	T	Z		DN	P	PD
3		Fizyka-2-D	3					W01,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	75	3	3	2.04	T	E		DN		PD
4		Fizyka-2-D		3				W01,U01, U06,U12, K01,K05,	45	75	3	3	1.88	T	Z		DN	P	PD

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

⁶Kurs / 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

								K07											
5		Laboratorium podstaw fizyki-1			3			W01,W08, W11,U02, U09-U11, U13,K01- K03,K05- K07	45	100	4	4	1.88	T	Z		DN	P	PD
6		Wstęp do optyki	2					W01,W03,W13,U01, U04,U06, U12,K01, K05,K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		PD
7		Wstęp do optyki			2			W01,W03,W13,U01, U04,U06, U12,K01, K05,K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	PD
		Razem	8	6	5	0	0		285	550	22	22	12.28						

4.1.2.3 Blok Chemia

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 K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łąćzna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniane ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Chemia-1-A	2					W04,W06, U01,U06, U12,K01, K05,K07	30	50	2		1.28	T	Z		0		PD
2		Chemia-1-A		1				W04,W06, U01,U06, U12,K01, K05,K07	15	25	1		0.68	T	Z		0	P	PD
		Razem	2	1	0	0	0		45	75	3	0	1.96						

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 Ogólnouczelniane – O

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

⁶Kurs / 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

4.1.2.4 Blok Informatyka

min. 4 pkt. ECTS

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łątzna	zajęc DN ⁵	zajęc BU ¹			ogólno-uczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Wstęp do programowania	1					W07,U03, K01,K03, K05,K07	15	25	1		0.68	T	Z		0		PD
2		Wstęp do programowania			3			W07,U03, K01,K03, K05,K07	45	50	2		1.88	T	Z		0	P	PD
Razem			1	0	3	0	0		60	75	3	0	2.56						

Razem dla bloków z zakresu nauk podstawowych:

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	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
22	19	8	0	0	735	1375	55	22	31.88

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

⁶Kurs / 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

4.1.3 Lista bloków kierunkowych

4.1.3.1 Blok: Przedmioty obowiązkowe kierunkowe

min. 76 pkt. ECTS

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			W	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Metody matematyczne fizyki	2					W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		K
2		Metody matematyczne fizyki		2				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
3		Mechanika kwantowa-1	3					W03,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	45	125	5	5	2.04	T	E		DN		K
4		Mechanika kwantowa-1		2				W03,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	30	100	4	4	1.28	T	Z		DN	P	K
5		Podstawy elektrodynamiki	2					W03,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.44	T	E		DN		K
6		Podstawy elektrodynamiki		2				W03,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
7		Laboratorium podstaw fizyki-2			2			W01,W08,W11,U02, U09-U11, U13, K01-K03,	30	100	4	4	1.28	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

⁶Kurs / 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

16		Wstęp do optyki kwantowej (GK)	2	2				W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	60	100	4	4	2.48	T	Z		DN		K
17		Elementy modelowania numerycznego w fizyce			2			W07,U03, K03, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
18		Wstęp do informatyki kwantowej	2					W04-W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.44	T	E		DN		K
19		Wstęp do informatyki kwantowej		1				W04-W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	K
20	b/d	Wstęp do informatyki kwantowej				1		W04-W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	K
21	b/d	Wstęp do fizyki półprzewodników	2					W04,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	30	75	3	3	1.44	T	E		DN		K
22	b/d	Ogniwa fotowoltaiczne	2					W04,W08, W09,U01, U04,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		K
23	b/d	Ogniwa fotowoltaiczne		1				W04,W08, W09,W11, W13,U02, U08-U11, U13,K01-	15	25	1	1	0.68	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 działal. naukową – DN

⁶Kurs / 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

								K03,K05-K07											
24	b/d	Ogniwa fotowoltaiczne					2	W04,W08, W09,W11, W13,U02, U08-U11, U13,K01- K03,K05- K07	30	75	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
25	b/d	Metody symulacji fotoogniw	2					W04,W08, W09,U01, U04,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		K
26	b/d	Metody symulacji fotoogniw					2	W07,U03, K03, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
27	b/d	Praktyka						W10-W13, U07,U09- U13,K02- K06	0	150	6	6	6.00	T	Z		DN	P	K
28	b/d	Seminarium dyplomowe					2	W04-W06, W09,U05, U14,K01, K05,K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN	P	K
29	b/d	Zagrożenia cywilizacyjne. OZE a ochrona środowiska i klimatu	2					W10,W12,U11,U12,K01- K08	30	50	2		1.28	T	Z		0		K
Razem			27	18	8	1	2		840	1900	76	74	43.12						

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 działal. naukową – DN

⁶Kurs / 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

Razem dla bloków kierunkowych:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZUZ	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	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
27	18	8	1	2	840	1900	76	74	43.12

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

⁶Kurs / 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 K1INK_	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			ogólno-uczelniani ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Przedmiot hum.-społ.(NH-1)	2					W10,W12, U12,U14, K01,K04, K06	30	90	3		1.07	T	Z	O	0		KO
2		Przedmiot hum.-społ.(NS)	1					W10,W12, U11,U14, K01,K04, K06	15	30	1		0.57	T	Z	O	0		KO
3		Przedmiot hum.-społ.(NH-2)	1					W10,W12, U12,U14, K01,K04, K06	15	30	1		0.57	T	Z	O	0		KO
Razem			4	0	0	0	0		60	150	5	0	2.21						

4.2.1.2 Blok: Języki obce

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 K1INK_	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			ogólno-uczelniani ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Język obcy A1/A2/B1/B2.1/C1.1		4				W10,U05, U14,K01	60	60	2		2.00	T	Z	O	0	P	KO
2		Język obcy B2.2/C1.2		4				W10,U05, U14,K01	60	90	3		2.00	T	Z	O	0	P	KO
Razem			0	8	0	0	0		120	150	5	0	4.00						

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 działal. naukową – DN

⁶Kurs / 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

4.2.1.3 Blok: Zajęcia sportowe

min. 0 pkt. ECTS

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łączna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Zajęcia sportowe		2				W10,W11, U11,K08	30	0	0		0	T	Z	O		P	KO
2		Zajęcia sportowe		2				W10,W11, U11,K08	30	0	0		0	T	Z	O		P	KO
Razem			0	4	0	0	0		60	0	0	0	0						

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	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
4	12	0	0	0	240	300	10	0	6.21

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

⁶Kurs / 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

4.2.2 Lista bloków kierunkowych

4.2.2.1 Blok: przedmioty kierunkowe wybieralne

Blok: Inżynieria układów kwantowych

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 K1INK_	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			ogólno-uczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Techniki charakteryzacji strukturalnych i fotoelektrycznych właściwości materiałów	2					W04,W07, W08,W09,W11,W13, U02,U07, U08-U12, U13,K01-K03,K05-K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		S
2		Techniki charakteryzacji strukturalnych i fotoelektrycznych właściwości materiałów			2			W04,W07, W08,W09,W11,W13, U02,U07, U08-U12, U13,K01-K03,K05-K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN	P	S
3		Obliczenia z zasad pierwszych w inżynierii układów atomowych	2					W04,W07, W08, W09, U03, U07, U08,U11, U12,K01-K03, K05-K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		S
4		Obliczenia z zasad pierwszych w inżynierii układów atomowych			2			W04,W07, W08, W09, U03, U07, U08,U11,	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN	P	S

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

⁶Kurs / 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

U12,K01-
K03, K05-K07

Blok: Materiały półprzewodnikowe

min. 6 pkt. ECTS

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącznie	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Eksperymentalne metody badania materiałów półprzewodnikowych	2					W04,W08, W09,U01, U04,U06, U08,U12,K01, K05,K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		S
2		Eksperymentalne metody badania materiałów półprzewodnikowych				1		W08,W09, W11,W13, U02,U09-U11,U13, K01-K03, K05-K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	S
3		Projektowanie struktur półprzewodnikowych	2					W04,W08, W09,U01, U04,U06, U08,U12,K01, K05,K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		S
4		Projektowanie struktur półprzewodnikowych				1		W08,W09, W11,W13, U02,U09-U11,U13, K01-K03, K05-K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	S
5		Przyrządy i układy półprzewodnikowe	1					W04,W08, W09,U01, U04,U06, U08,U12,K01,	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN		S

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

⁶Kurs / 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

									K05,K07											
6		Przyrządy i układy półprzewodnikowe					2		W08,W09, W11,W13, U02,U09- U11,U13, K01-K03, K05-K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	S

Blok: Fizyka teoretyczna

min. 4 pkt. ECTS

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Kryptografia klasyczna (GK)	1	1				W07,U03, U06,U12, K01,K03, K05,K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN	P(1)	S
2		Teoria względności	2					W03,W06, U01,U06, U12, K01,K03 K05,K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S
3		Kosmologia	2					W03,W06, U01,U06, U12, K01,K03, K05,K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S
4		Wstęp do układów silnie skorelowanych	2					W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K03, K05,K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S

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

⁶Kurs / 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

Blok: Informatyka inżynierska

min. 4 pkt. ECTS

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łątzna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Optoelektroniczna aparatura pomiarowa	1					W07,W08, W11,U02, U09,U13, K01,K05, K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN		S
2		Optoelektroniczna aparatura pomiarowa			1			W07,W08, W11,U02, U09-U11, U13,K01-K03,K05-K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	S
3		Modelowanie 3D			2			W07,U10, U13,K01, K03,K05, K07	30	50	2		1.28	T	Z		O	P	S
4		Przetwarzanie informacji obrazowej			2			W07,U10, U13,K01, K03,K05, K07	30	50	2		1.28	T	Z		O	P	S
5		Komputerowe wspomaganie eksperymentu			2			W07,U03, U10,U13, K01,K03, K05,K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	S
6		Podstawy grafiki inżynierskiej			2			W07,U10, U13,K01, K03,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	S

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 działal. naukową – DN

⁶Kurs / 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	Inżynierskie systemy informatyczne (GK)	1					W07,U03, U10,U13, K01,K03, K05,K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN		S
8	Inżynierskie systemy informatyczne (GK)				1		W07,U03, U10,U13, K01,K03, K05,K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	S
9	Wstęp do nauczania maszynowego	1					W07,U03, U10,U13, K01,K03, K05,K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN		S
10	Wstęp do nauczania maszynowego				1		W07,U03, U10,U13, K01,K03, K05,K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	S
11	Programowanie obliczeń komputerowych	1					W07,U03, U10,U13, K01,K03, K05,K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	S
12	Programowanie obliczeń komputerowych			1			W07,U03, U10,U13, K01,K03, K05,K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	S

Blok: Fizyka stosowana

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 K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącznie	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Fizyka kropek kwantowych	2					W04,W06, U01,U06,	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S

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 działal. naukową – DN

⁶Kurs / 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

Blok: Fizyka ciała stałego

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 K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łątzna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Wstęp do fizyki dielektryków	2					W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S
2		Wybrane zagadnienia fizyki ciała stałego	2					W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S
3		Wstęp do teorii przejść fazowych	2					W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S
4		Kwantowa teoria układów wielu cząstek	2					W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S
5		Optyka nieliniowa	2					W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S
6		Makroskopowe zjawiska kwantowe - nadprzewodnictwo, nadciekłość	2					W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S

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

⁶Kurs / 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		Symulacje Monte Carlo			2			W07,U01, U03,U06, U08,U12, K01,K03, K05,K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN	P	S
8		Wstęp do klasycznej teorii pola	2				W04, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN			S

Razem dla bloków kierunkowych wybieralnych:

łączna liczba godzin					łączna liczba godzin ZUZ	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	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
31	0	6	3	0	600	1300	52	52	25.24

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 działal. naukową – DN

⁶Kurs / 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

4.3 Blok praktyk (zasady zaliczania praktyki zostały zaopiniowane przez Radę Wydziału)

Nazwa praktyki:	Studencka praktyka zawodowa
Liczba punktów ECTS:	6
Liczba punktów ECTS DN ⁵	6
Liczba punktów ECTS BU ¹	6,00
Tryb zaliczania praktyki	Po zakończeniu praktyki student zobowiązany jest do przedłożenia pełnomocnikowi dziekana ds. praktyk sprawozdania z prac, w których uczestniczył, bądź które prowadził samodzielnie. Sprawozdanie powinno być zaakceptowane i zaopiniowane przez opiekuna studenta w miejscu odbywania praktyki. Student uzyskuje zaliczenie za odbytą praktykę.
Kod:	
Czas trwania praktyki:	cztery tygodnie
Cel praktyki:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zapoznanie się z zakładowymi przepisami BHP. 2. Poznanie struktury organizacyjnej zakładu/przedsiębiorstwa. 3. Zapoznanie się z etapami realizacji zadania. 4. Rozwiązywanie problemów. 5. Rozpoczęcie samodzielnej aktywności zawodowej. 6. Przygotowanie studenta do pracy w zespole. 7. Poznanie wartości pracy na różnych stanowiskach. 8. Możliwość zaprezentowania swoich umiejętności na rynku pracy i wybór przyszłej formy działalności zawodowej. 9. Nabycie doświadczeń praktycznych i pogłębienie wiedzy w zakresie fizyki półprzewodników i urządzeń półprzewodnikowych stosowanych w fotowoltaice i optoelektronice, w dziedzinie kryptografii i informatyki kwantowej, oraz w pracy badawczej w aktualnie rozwijanych obszarach fizyki.

4.4 Blok praca dyplomowa

Typ pracy dyplomowej:	Inżynierska
Liczba semestrów pracy dyplomowej:	2
Liczba punktów ECTS:	15

Kod:	
Charakter pracy dyplomowej:	Praca dyplomowa studiów I stopnia (inżynierskich) powinna być obliczeniowym, studialnym, projektowym lub eksperymentalnym rozwiązaniem postawionego problemu z obszaru Inżynierii Kwantowej przy wykorzystaniu wiedzy i umiejętności zdobytych w trakcie trwania studiów I stopnia. W pracy autor powinien wykazać się między innymi umiejętnościami: formułowania celów i problemów badawczych/technicznych; korzystania z literatury i innych źródeł wiedzy; planowania i przeprowadzania badań i innych działań prowadzących do zrealizowania postawionych celów i problemów; poprawnej interpretacji wyników; posługiwania się stylem naukowym języka, słownictwem i terminologią naukową i techniczną oraz wykonywaniem ilustracji, rysunków dobranych stosownie do omawianego zagadnienia.
Liczba punktów ECTS BU ¹	1,60
Liczba punktów ECTS DN ⁵	15

5 Sposoby weryfikacji zakładanych efektów uczenia się

Typ zajęć:	Sposoby weryfikacji zakładanych efektów uczenia się:
Wykład	egzamin, kolokwium, test
Ćwiczenia	test, kolokwium, aktywność, ocena rozwiązania zadania
Laboratorium	kartkówka z przygotowania do laboratorium, sprawozdanie z laboratorium, prezentacja
Projekt	obrona projektu, prezentacja, ocena projektu
Seminarium	udział w dyskusji, prezentacja, esej
praca dyplomowa	ocena przygotowanej pracy dyplomowej

6 Zakres egzaminu dyplomowego

Szczegółowa lista zagadnień egzaminu dyplomowego w danym roku akademickim jest konsultowana z nauczycielami akademickimi prowadzącymi poszczególne kursy i po zatwierdzeniu przez Komisję Programową kierunku studiów publikowana jest na stronie wydziału przed rozpoczęciem roku akademickiego w którym odbywa się przedmiot: „Praca dyplomowa inżynierska-2”.

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

Kursy powinny być zaliczane w semestrze, w którym są oferowane, z uwzględnieniem dopuszczalnego deficytu ECTS uprawniającego do wpisu na kolejny semestr, który podano w punkcie 3 w *Planie Studiów*.

8 Plan studiów (załącznik nr 3 do programu studiów)

Zaopiniowane przez właściwy organ uchwałodawczy Samorządu Studenckiego:

Data

Imię, nazwisko i podpis przedstawiciela studentów

Data

Podpis Dziekana Wydziału / Dyrektora Filii

PLAN STUDIÓW

WYDZIAŁ:	PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
KIERUNEK STUDIÓW:	INŻYNIERIA KWANTOWA
POZIOM KSZTAŁCENIA:	studia pierwszego 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:	2023/2024

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

Semestr 1

Kursy/grupy kursów obowiązkowe (kierunkowe)

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 K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Fizyka-1-D	3					W01,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	75	3	3	2.04	T	E		DN		PD
2		Fizyka-1-D		3				W01,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	125	5	5	1.88	T	Z		DN	P	PD
3		Algebra-1	2					W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2		1.44	T	E				PD
4		Algebra-1		3				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	100	4		1.88	T	Z			P	PD
5		Analiza matematyczna-1-B	3					W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	75	3		2.04	T	E				PD
6		Analiza matematyczna-1-B		3				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	125	5		1.88	T	Z			P	PD
7		Chemia-1-A	2					W04,W06,	30	50	2		1.28	T	Z				PD

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

⁶Kurs / 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

								U01,U06, U12,K01, K05,K07											
8		Chemia-1-A		1				W04,W06, U01,U06, U12,K01, K05,K07	15	25	1		0.68	T	Z			P	PD
9		Podstawy analizy danych			2			W07, U10,U13, K01,K03, K05,K07	30	50	2		1.28	T	Z	O		P	KO
Razem			10	10	2	0	0		330	675	27	8	14.4						

Kursy/grupy kursów wybieralne (język obcy / zajęcia sportowe / przedmioty hum.-społ.)

liczba punktów ECTS 3

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów				
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniane ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷	
1	b/d	Przedmiot hum.-społ.(NH-1)	2					W10,W12, U12,U14, K01,K04, K06	30	90	3		1.07	T	Z	O				KO
Razem			2	0	0	0	0		30	90	3	0	1.07							

Razem w semestrze:

łącna liczba godzin					łącna liczba godzin ZZU	łącna liczba godzin CNPS	łącna liczba punktów ECTS	łącna liczba punktów ECTS zajęć DN ⁵	Liczba punktów ECTS zajęć BU ¹
w	ć	L	p	s	H	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
12	10	2	0	0	360	765	30	8	15.47

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 Ogólnouczelniane – O

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

⁶Kurs/ 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

Semestr 2

Kursy/grupy kursów obowiązkowe (kierunkowe)

liczba punktów ECTS 30

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	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			ogólno-uczelniane ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Fizyka-2-D	3					W01,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	75	3	3	2.04	T	E		DN		PD
2		Fizyka-2-D		3				W01,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	75	3	3	1.88	T	Z		DN	P	PD
3		Algebra-2	2					W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2		1.28	T	Z				PD
4		Algebra-2		2				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2		1.28	T	Z			P	PD
5		Analiza matematyczna-2-B	3					W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	75	3		2.04	T	E				PD
6		Analiza matematyczna-2-B		3				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	45	100	4		1.88	T	Z			P	PD
7		Laboratorium podstaw fizyki-1			3			W01,W08, W11,U02, U09-U11, U13,K01-	45	100	4	4	1.88	T	Z			P	PD

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 Ogólnouczelniane – O

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

⁶Kurs / 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

							K03,K05-K07												
8		Wstęp do programowania	1				W07,U03, K01,K03, K05,K07	15	25	1		0.68	T	Z				PD	
9		Wstęp do programowania			3		W07,U03, K01,K03, K05,K07	45	50	2		1.88	T	Z			P	PD	
10		Wstęp do rachunku prawdopodobieństwa	1				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	15	25	1		0.68	T	Z				PD	
11		Wstęp do rachunku prawdopodobieństwa		1			W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	15	25	1		0.68	T	Z			P	PD	
12		Wstęp do optyki	2				W01,W03, W13,U01, U04,U06, U12,K01, K05,K07	30	50	2	2	1.28	T	Z			DN	PD	
13		Wstęp do optyki			2		W01,W03, W13,U01, U04,U06, U12,K01, K05,K07	30	50	2	2	1.28	T	Z			DN	P	PD
Razem			12	9	8	0	0	435	750	30	14	18.76							

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

⁶Kurs / 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

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	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
12	9	8	0	0	435	750	30	14	18.76

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

⁶Kurs / 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

Semestr 3

Kursy/grupy kursów obowiązkowe (kierunkowe)

liczba punktów ECTS 26

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	L	p	s		ZZU	CNPS	łąćzna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Metody matematyczne fizyki	2					W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		K
2		Metody matematyczne fizyki		2				W02,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
3		Mechanika kwantowa-1	3					W03,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	45	125	5	5	2.04	T	E		DN		K
4		Mechanika kwantowa-1		2				W03,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	30	100	4	4	1.28	T	Z		DN	P	K
5		Podstawy elektrodynamiki	2					W03,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.44	T	E		DN		K
6		Podstawy elektrodynamiki		2				W03,U01, U06,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
7		Laboratorium podstaw fizyki-2			2			W01,W08, W11,U02, U09-U11, U13,	30	100	4	4	1.28	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

⁶Kurs / 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

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Informatyka inżynierska

liczba punktów ECTS 2

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łątzna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniani ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
		Blok: Informatyka inżynierska			2			W07,U03, U10,U13, K01,K03, K05,K07	30	50	2	2	1.36	T	Z		DN	P	S
		Razem	0	0	2	0	0		30	50	2	2	1.36						

Razem w semestrze:

łątzna liczba godzin					łątzna liczba godzin ZZU	łątzna liczba godzin CNPS	łątzna liczba punktów ECTS	łątzna liczba punktów ECTS zajęć DN ⁵	Liczba punktów ECTS zajęć BU ¹
w	ć	l	p	s	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
9	14	4	0	0	405	760	30	28	15.96

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

⁶Kurs / 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

Semestr 4

Kursy/grupy kursów obowiązkowe (kierunkowe)

liczba punktów ECTS 23

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łątzna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniane ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Termodynamika i fizyka statystyczna	2					W03,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	30	75	3	3	1.44	T	E		DN		K
2		Termodynamika i fizyka statystyczna		2				W03,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
3		Mechanika kwantowa-2	2					W03,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	30	100	4	4	1.44	T	E		DN		K
4		Mechanika kwantowa-2		2				W03,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN	P	K
5		Podstawy fizyki ciała stałego	2					W04-W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	75	3	3	1.44	T	E		DN		K
6		Podstawy fizyki ciała stałego		2				W04-W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
7		Wstęp do optyki kwantowej (GK)	2	2				W04,W06, U01,U06,	60	100	4	4	2.48	T	Z		DN		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 Ogólnouczelniane – O

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

⁶Kurs / 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

								U08,U12, K01,K05, K07											
8		Elementy modelowania numerycznego w fizyce			2			W07,U03, K03, K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
		Razem	8	8	2	0	0		270	575	23	23	11.92						

Kursy/grupy kursów wybieralne (język obcy / zajęcia sportowe)

liczba punktów ECTS 5

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniane ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Język obcy B2.2/C1.2		4				W10,U05, U14,K01	60	90	3		2.00	T	Z	O		P	KO
2		Przedmiot hum.-społ.(NH-2)	1					W10,W12, U12,U14, K01,K04, K06	15	30	1		0.57	T	Z	O			KO
3		Przedmiot hum.-społ.(NS)	1					W10,W12, U12,U14, K01,K04, K06	15	30	1		0.57	T	Z	O			KO
		Razem	2	4	0	0	0		90	150	5	0	3.14						

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 Ogólnouczelniane – O

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

⁶Kurs / 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

Kursy/grupy kursów wybieralne – Blok: Informatyka inżynierska

liczba punktów ECTS 2

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin			Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łątzna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹	ogólno-uczelniani ⁴			zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷	
		Blok: Informatyka inżynierska			2			W07,U03, U10,U13, K01,K03, K05,K07	30	50	2	2	1.36	T	Z		DN	P	S	
		Razem	0	0	2	0	0		30	50	2	2	1.36							

Razem w semestrze:

łątzna liczba godzin					łątzna liczba godzin ZZU	łątzna liczba godzin CNPS	łątzna liczba punktów ECTS	łątzna liczba punktów ECTS zajęć DN ⁵	Liczba punktów ECTS zajęć BU ¹
w	ć	l	p	s	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
10	12	4	0	0	390	775	30	25	16.42

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

⁶Kurs / 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

Semestr 5

Kursy/grupy kursów obowiązkowe (kierunkowe)

liczba punktów ECTS 12

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łączna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Wstęp do informatyki kwantowej	2					W04-W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	30	50	2	2	1.44	T	E		DN		K
2		Wstęp do informatyki kwantowej		1				W04-W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	K
3		Wstęp do informatyki kwantowej				1		W04-W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05, K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN	P	K
4		Wstęp do fizyki półprzewodników	2					W04,U01, U06,U08, U12,K01, K05,K07	30	75	3	3	1.44	T	E		DN		K
5		Ogniwa fotowoltaiczne	2					W04,W08, W09,W11, W13,U02, U08-U11, U13,K01-K03,K05-	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		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

⁶Kurs / 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

								K07											
6		Ogniwa fotowoltaiczne		1				W04,W08, W09,W11, W13,U02, U08-U11, U13,K01- K03,K05- K07	15	25	1	1	0.68	T	Z		DN		K
7		Ogniwa fotowoltaiczne			2			W04,W08, W09,W11, W13,U02, U08-U11, U13,K01- K03,K05- K07	30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K
		Razem	6	2	2	1	0		165	300	12	12	7.48						

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Fizyka stosowana

liczba punktów ECTS 6

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin			Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	P	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹	ogólno-uczelniani ⁴			zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷	
		Blok: Fizyka stosowana	4	0	0	0	0	W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05	60	150	6	6	2.56	T	Z		DN			S
		Razem	4	0	0	0	0		60	150	6	6	2.56							

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

⁶Kurs / 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

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Fizyka ciała stałego

liczba punktów ECTS 9

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
		Blok: Fizyka ciała stałego	6	0	0	0	0	W04,W06,U01,U06,U08,U12,K01,K05,K07	90	225	9	9	3.84	T	Z		DN		S
		Razem	6	0	0	0	0		90	225	9	9	3.84						

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Materiały półprzewodnikowe

liczba punktów ECTS 3

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
		Blok: Materiały półprzewodnikowe	1	0	2	0	0	W04,W08,W09,W11,W13,U01,U02,U04,U06,U08-U13,K01-K03,K05-K07	45	75	3	3	1.96	T	Z		DN		S
		Razem	1	0	2	0	0		45	75	3	3	1.96						

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

⁶Kurs / 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

Razem w semestrze:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZSU	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	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
17	2	2	3	0	360	750	30	30	15.84

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

⁶Kurs / 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

Semestr 6

Kursy/grupy kursów obowiązkowe (kierunkowe)

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 K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Praca dyplomowa inżynierska-1						10	75	3	3	0.40	T	Z		DN	P	K	
2		Metody symulacji fotoogniw	2					30	50	2	2	1.28	T	Z		DN		K	
3		Metody symulacji fotoogniw			2			30	50	2	2	1.28	T	Z		DN	P	K	
Razem			2	0	2	0	0	70	175	7	7	2.96							

Kursy/grupy kursów wybieralne (język obcy / zajęcia sportowe / przedmioty hum.-społ.)

liczba punktów ECTS 0

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Zajęcia sportowe		2				30	0	0		0	T	Z	O	0	P	KO	
Razem			0	2	0	0	0	30	0	0	0	0							

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

⁶Kurs / 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

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Inżynieria układów kwantowych

liczba punktów ECTS 5

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	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			ogólno-uczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
		Blok: Inżynieria układów kwantowych	2	0	2			W04,W07, W08, W09, U03, U07, U08,U11, U12,K01-K03, K05-K07	60	125	5	5	1.96	T	Z		DN	P	S
		Razem	2	0	2	0	0		60	125	5	5	1.96						

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Fizyka stosowana

liczba punktów ECTS 9

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	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			ogólno-uczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
		Blok: Fizyka stosowana	6	0	0	0	0	W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05	90	225	9	9	3.84	T	Z		DN		S
		Razem	6	0	0	0	0		90	225	9	9	3.84						

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

⁶Kurs / 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

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Fizyka ciała stałego

liczba punktów ECTS 6

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniane ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
		Blok: Fizyka ciała stałego	4	0	0	0	0	W04,W06,U01,U06,U08,U12,K01,K05,K07	60	150	6	6	2.56	T	Z		DN		S
		Razem	4	0	0	0	0		60	150	6	6	2.56						

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Materiały półprzewodnikowe

liczba punktów ECTS 3

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólno-uczelniane ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
		Blok: Materiały półprzewodnikowe	2	0	1	0	0	W04,W08,W09,W11,W13,U01,U02,U04,U06,U08-U13,K01-K03,K05-K07	45	75	3	3	1.96	T	Z		DN	P	S
		Razem	2	0	1	0	0		45	75	3	3	1.96						

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 Ogólnouczelniane – O

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

⁶Kurs / 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

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	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
16	2	4	1	0	355	750	30	30	13.28

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

⁶Kurs / 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

Semestr 7

Kursy/grupy kursów obowiązkowe (kierunkowe)

liczba punktów ECTS 23

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma ² kursu / grupy kursów	Sposób ³ zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN ⁵	zajęć BU ¹			ogólnouczelniany ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
1		Praktyka						W10-W13, U07,U09-U13,K02-K06	0	150	6	6	6.00	T	Z		DN	P	K
2		Seminarium dyplomowe					2	W04-W06, W09,U05, U14,K01, K05,K07	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN	P	K
3		Zagrożenia cywilizacyjne. OZE a ochrona środowiska i klimatu	2					W10,W12,U11,U12,K01-K08	30	50	2		1.28	T	Z				K
4		Praca dyplomowa inżynierska-2						W01-W13,U07, U14, K01,K03, K05,K07	30	300	12	12	1.20	T	Z		DN	P	K
Razem			2	0	0	0	2		90	575	23	21	9.76						

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

⁶Kurs / 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

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Fizyka teoretyczna

liczba punktów ECTS 4

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	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			ogólno-uczelniane ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
		Blok: Fizyka teoretyczna	4					W03,W06, U01,U06, U12, K01,K03, K05,K07	60	100	4	4	2.56	T	Z		DN		S
		Razem	4	0	0	0	0		60	100	4	4	2.56						

Kursy/grupy kursów wybieralne - Blok: Fizyka stosowana

liczba punktów ECTS 3

Uwaga: Studenci wybierają przedmiot(y) w ramach bloku.

Lp.	Kod kursu / grupy kursów	Nazwa kursu / grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się K1INK_	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			ogólno-uczelniane ⁴	zw. z dział. nauk ⁵	o char. prakt. ⁶	rodzaj ⁷
		Blok: Fizyka stosowana	2					W04,W06, U01,U06, U08,U12, K01,K05	30	75	3	3	1.28	T	Z		DN		S
		Razem	2	0	0	0	0		30	75	3	3	1.28						

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 Ogólnouczelniane – O

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

⁶Kurs / 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

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	h	h	Pkt.	Pkt.	Pkt.
8	0	0	0	2	180	750	30	28	13.60

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

⁶Kurs / 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

1 Zestaw egzaminów w układzie semestralnym

Kod kursu/grupy kursów	Nazwy kursów/ grup kursów kończących się egzaminem	Semestr
	Fizyka-1-D	1
	Algebra-1	1
	Analiza matematyczna-1-B	1
	Fizyka-2-D	2
	Analiza matematyczna-2-B	2
	Mechanika kwantowa-1	3
	Podstawy elektrodynamiki	3
	Mechanika klasyczna i relatywistyczna	3
	Mechanika kwantowa - 2	4
	Termodynamika i fizyka statystyczna	4
	Podstawy fizyki ciała stałego	4
	Wstęp do informatyki kwantowej	5
	Wstęp do fizyki półprzewodników	5

2 Liczby dopuszczalnego deficytu punktów ECTS po poszczególnych semestrach

-Semestr	Dopuszczalny deficyt punktów ECTS po semestrze
1	12
2	10
3	7
4	8
5	6
6	4
7	0

Opinia właściwego organu Samorządu Studenckiego

.....
Data

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

.....
Data

.....
Podpis Dziekana Wydziału / Dyrektora Filii

Podstawy analizy danych

Wydział	Podstawowych Problemów Techniki
Nazwa w języku polskim	Podstawy analizy danych
Nazwa w języku angielskim	Basics of numerical data analysis
Kierunek studiów	Fizyka Techniczna, Optyka, Inżynieria Biomedyczna
Specjalność	
Stopień	I stopień
Forma	stacjonarna
Rodzaj przedmiotu	ogólnouczelniany
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)			50		
Forma zaliczenia			Zaliczenie		
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)			1.28		

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1.	Podstawowe umiejętności posługiwania się komputerem
----	---

CELE PRZEDMIOTU

C1	Zapoznanie studentów z podstawami analizy danych i ich wizualizacją z zastosowaniem komputera
C2	Nauczenie podstaw analizy danych w programie <i>Microsoft Excel</i>
C3	Nauczenie podstaw pakietu inżynierskiego <i>OriginLab</i> lub analogiczny
C4	Nauczenie podstaw analizy danych w programie <i>gnuplot</i>

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:	
PEU_W01	Posiada podstawową wiedzę o analizie danych numerycznych i ich wizualizacji z wykorzystaniem komputera
PEU_W02	Posiada wiedzę o zastosowaniach programów: <i>gnuplot</i> i <i>Microsoft Excel</i> oraz pakietu inżynierskiego <i>OriginLab</i> (lub analogicznego) do podstawowej obróbki danych numerycznych i ich wizualizacji
Z zakresu umiejętności:	
PEU_U01	Potrafi korzystać z arkusza kalkulacyjnego
PEU_U02	Umie korzystać z programów: <i>gnuplot</i> i <i>Microsoft Excel</i> oraz pakietu <i>OriginLab</i> (lub analogicznego) do analizy danych numerycznych i ich wizualizacji
Z zakresu kompetencji społecznych:	
PEU_K01	jest gotów myśleć i działać w sposób kreatywny
PEU_K02	ma świadomość własnych ograniczeń i wie jak ważne jest dalsze samokształcenie

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1-5	Podstawy analizy danych i ich wizualizacja w programie <i>Microsoft Excel</i> – obsługa arkusza kalkulacyjnego, tworzenie wykresów i ich adaptacja, regresja liniowa, ćwiczenia, kolokwium podsumowujące	10
La6-10	Podstawy analizy danych i ich wizualizacja w programie <i>OriginLab</i> (lub analogicznym) – obsługa arkusza kalkulacyjnego, tworzenie wykresów i ich adaptacja, regresja liniowa, dopasowanie nieliniowe, ćwiczenia, kolokwium podsumowujące	10
La11-14	Podstawy analizy danych i ich wizualizacja w programie <i>gnuplot</i> – tworzenie wykresów i ich adaptacja, regresja liniowa, podstawy obsługi skryptów, ćwiczenia, kolokwium podsumowujące	8
La15	Kolokwium poprawkowe, podsumowanie zajęć	2
Suma godzin		30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	
N1	Wykład problemowy wspomagany przykładami
N2	Strona internetowa z udostępnionymi materiałami dydaktycznymi
N3	Zadania i testy sprawdzające stopień przyswajania informacji przez studentów
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	PEU_W01 – W02 PEU_U01 – U02 PEU_K01 – K02	Sprawdzian z umiejętności postępowania się programem <i>Microsoft Excel</i> do analizy danych i ich wizualizacji
F2	PEU_W01 – W02 PEU_U01 – U02 PEU_K01 – K02	Sprawdzian z umiejętności postępowania się programem <i>OriginLab</i> (lub analogicznym) do analizy danych i ich wizualizacji
F3	PEU_W01 – W02 PEU_U01 – U02 PEU_K01 – K02	Sprawdzian z umiejętności postępowania się programem <i>gnuplot</i> do analizy danych i ich wizualizacji
F4	PEU_W01 – W02 PEU_U01 – U02 PEU_K01 – K02	Kolokwium poprawkowe
P		$= (F1 + F2 + F3)/3$ z uwzględnieniem F4 w przypadku niezaliczenia F1-3

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

Literatura podstawowa	
1	Dokumentacja pakietu <i>OriginLab</i> (lub analogicznego) – dostępna w pakiecie jak i na stronach internetowych
2	Dokumentacja programu <i>gnuplot</i> – dostępna w pakiecie jak i na stronach internetowych
3	Dokumentacja pakietu <i>Microsoft Excel</i> – dostępna w pakiecie jak i na stronach internetowych producenta

OPIEKUN PRZEDMIOTU

Imię i nazwisko:	Dr inż. Piotr Sitarek, profesor uczelni (FT, OPT) Dr hab. inż. Krzysztof Ryczko, profesor uczelni (FT, OPT) Dr inż. Janusz Andrzejewski (FT, OPT) Dr hab. inż. Magdalena Przybyło, prof. uczelni (IB)
E-mail:	Piotr.Sitarek@pwr.edu.pl Krzysztof.Ryczko@pwr.edu.pl Janusz.Andrzejewski@pwr.edu.pl Magdalena.Przybylo@pwr.edu.pl

Chemia-1-A

Wydział	Podstawowych Problemów Techniki
Nazwa w języku polskim	Chemia-1-A
Nazwa w języku angielskim	Chemistry-1-A
Kierunek studiów	Inżynieria Kwantowa
Specjalność	
Stopień	I stopień
Forma	stacjonarna
Rodzaj przedmiotu	podstawowy
Kod przedmiotu	
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50	25			
Forma zaliczenia	Zaliczenie	Zaliczenie			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (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)	0.5	1.4			

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1.	Wiedza i umiejętności z chemii na poziomie podstawowym dla szkoły średniej
----	--

CELE PRZEDMIOTU

C 1	Usystematyzowanie i poszerzenie wiedzy ogólnej z zakresu chemii fizycznej, nieorganicznej i organicznej. <i>Umiejętność</i> nazywania związków (nomenklatura) i opisu reakcji chemicznych (równania), wykonywanie elementarnych obliczeń chemicznych (stężenia, stechiometria). <i>Poznanie</i> budowy atomu i cząsteczki (wiązanie chemiczne w ujęciu teorii VB i MO), podstawowych klas związków chemicznych, typów reakcji, a także ich elementarnego opisu kinetycznego i termodynamicznego, <i>rozumienie</i> wpływu czynników zewnętrznych na kierunek przemian (fizyko)chemicznych oraz relacji struktury substancji do ich właściwości.
--------	---

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:	
PEU_W0 1	Posługuje się terminologią i nomenklaturą chemiczną
PEU_W0 2	Posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie chemii ogólnej, podstaw chemii nieorganicznej, organicznej i fizycznej
PEU_W0 3	Rozumie relacje między strukturą związków chemicznych (budową materii) a ich właściwościami.
PEU_W0 4	Zna klasyfikację związków organicznych w oparciu o grupy funkcyjne
Z zakresu umiejętności:	

PEU_U0 1	Potrafi przewidzieć właściwości fizykochemiczne materiałów na podstawie ich składu chemicznego, rodzaju wiązań chemicznych i struktury.
PEU_U0 2	Rozróżnia i opisuje budowę i właściwości klas związków chemicznych, a także typy reakcji chemicznych. Rozumie prawa i pojęcia związane z chemią ogólną
Z zakresu kompetencji społecznych:	
PEU_K0 1	Rozumie cywilizacyjno-techniczne znaczenie poznanych zagadnień

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Materia i pomiar: podstawowe pojęcia chemii	2
Wy2	Budowa materii: atomy, cząsteczki i jony	2
Wy3	Stechiometria	2
Wy4	Reakcje chemiczne w roztworach wodnych	2
Wy5	Podstawy termochemii	2
Wy6	Struktura atomu	2
Wy7	Wiązanie chemiczne 1	2
Wy8	Wiązanie chemiczne 2	2
Wy9	Oddziaływania międzycząsteczkowe	2
Wy10	Gazy i ciecze	2
Wy11	Ciała stałe i nowoczesne materiały	2
Wy12	Kinetyka chemiczna	2
Wy13	Równowagi chemiczne	2
Wy14	Elektrochemia	2
Wy15	Kolokwium	2
Suma godzin		30

Forma zajęć – ćwiczenia		Liczba godzin
Cw1	Podstawowe pojęcia z chemii – przypomnienie	1
Cw2	Systematyka i nomenklatura związków nieorganicznych	2
Cw3	Systematyka i nomenklatura związków organicznych	2
Cw4	Stężenia roztworów, przeliczanie jednostek, mieszanie roztworów	2
Cw5	Orbitale atomowe, orbitale molekularne, konfiguracje elektronowe	2
Cw6	Stechiometria (bilans materiałowy i bilans ładunku)	2
Cw7	Równowagi chemiczne	2
Cw8	Kolokwium	2
Suma godzin		15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1	Wykład
N2	Dyskusja problemowa
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_W02 PEU_W04 PEU_U1-U02, PEU_K1	Dyskusje, kartkówki

P1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_W04 PEU_U1-U02, PEU_K1	Kolokwium z ćwiczeń
P2	PEU_W01-W04, PEU_U1-U02, PEU_K1	Kolokwium pisemne (wykład)

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

Literatura podstawowa	
1	L. Pauling, P. Pauling. Chemia Ogólna. PWN, Warszawa 1989 lub wydania nowsze (L. Pauling, P. Pauling, Chemia, PWN).
2	A. Bielański. Podstawy chemii nieorganicznej, t. 1. PWN, Warszawa 2011 (lub wydania nowsze)
3	Polskie opracowania terminologii chemicznej: Nomenklatura chemii nieorganicznej (zalecenia 1990) oraz Nomenklatura związków organicznych: rekomendacje IUPAC i nazwy preferowane (2017), Komisja terminologii chemicznej PTChem http://cryst.p.lodz.pl/KTCh/index.php?id=materiały
4	Red. A. Śliwa. Obliczenia chemiczne – zbiór zadań z chemii ogólnej i analitycznej nieorganicznej, PWN, Warszawa 1982 (lub nowsze)
Literatura uzupełniająca	
1	A. Bielański. Podstawy chemii nieorganicznej t.2 PWN, Warszawa 2011 lub nowsze wyd.
2	K. Pigoń, Z. Ruziewicz. Chemia fizyczna t. 1 Podstawy Fenomenologiczne. PWN, Warszawa, 2021.
3	J. Clayden, N. Greeves, S. Warren, P. Wothers. Chemia organiczna. WNT, Warszawa 2016
4	T.H. Brown, Chemistry: the central science; Upper Saddle River: Pearson Education International, 10 th ed, 2006 (lub wydanie nowsze)

OPIEKUN PRZEDMIOTU

Imię i nazwisko:	dr inż. Artur Herman
E-mail:	artur.herman@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa w języku polskim Fizyka 1-D	
Nazwa w języku angielskim Physics 1-D	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Stopień studiów i forma: I / H-stopień* , stacjonarna / niestacjonarna*	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany *	
Kod przedmiotu	FZP001051WiC
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	45	45			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75	125			
Forma zaliczenia	Egzamin	zaliczenie na ocenę			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3	5			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		5			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	2,04	1,88			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Wiedza podstawowa z matematyki z zakresu materiału szkoły średniej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabywanie podstawowej wiedzy w zakresie mechaniki klasycznej oraz elementów mechaniki relatywistycznej
- C2 Zdobycie umiejętności rozwiązywania typowych zadań z mechaniki klasycznej oraz mechaniki relatywistycznej
- C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych, takich jak: odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu; przestrzeganie obyczajów panujących w środowisku akademickim i społeczeństwie

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 rozumie znaczenie fizyki dla postępu nauk przyrodniczych i technicznych, dla poznania świata oraz dla rozwoju cywilizacyjnego
- PEU_W02 ma ogólną wiedzę w zakresie podstawowych koncepcji i zasad dotyczących fizyki

klasycznej (mechaniki klasycznej) oraz podstaw szczególnej teorii względności

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi posługiwać się posiadanym aparatem matematycznym z zakresu matematyki elementarnej i wyższej w rozwiązaniu problemów fizycznych dotyczących mechaniki klasycznej oraz szczególnej teorii względności; potrafi przeprowadzić analizę ilościową związaną z zagadnieniem fizycznym i sformułować wnioski jakościowe, potrafi uczyć się samodzielnie w oparciu o dostępne materiały dydaktycznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę i konieczność ciągłego doksztalcania się, w tym samokształcenia, pracy w grupie; rozumie potrzebę przekazywania społeczeństwu informacji dotyczących osiągnięć fizyki

PEU_K02 rozumie wpływ rozwoju fizyki na środowisko naturalne i społeczeństwo;

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Fizyka klasyczna vs fizyka współczesna: ograniczenia fizyki klasycznej; paradoks nocnego nieba i ekspansja wszechświata; geneza mechaniki kwantowej	4
Wy2	Absolutna przestrzeń i absolutny czas: zasady dynamiki Newtona i zasada względności Galileusza	4
Wy3	Druga zasada dynamiki Newtona: równanie ruchu w 1D oraz 2D, całkowanie równania ruchu – przykłady (stała siła, siła oporu ośrodka)	4
Wy4	Oscylator harmoniczny, tłumiony, wymuszony - rezonans	4
Wy5	Ruch ciała w polu siły: praca jako całka krzywoliniowa - przykłady; siła zachowawcza (gradient, dywergencja i rotacja – pojęcia matematyczne)	4
Wy6	Zasada zachowania energii: zmiana energii kinetycznej jako efekt wykonania pracy; zachowanie energii mechanicznej; zachowanie energii w układach izolowanych	4
Wy7	Zasada zachowania pędu oraz momentu pędu	2
Wy8	Oddziaływania grawitacyjne: grawitacyjne przyciąganie mas punktowych, zasada superpozycji, zachowawczy charakter pola grawitacyjnego	2
Wy9	Centralne pole grawitacyjne: równanie ruchu i zasady zachowania; ruch w centralnym polu grawitacyjnym; słabe oraz silne pola grawitacyjne – czarne dziury i gwiazdy neutronowe	4
Wy10	Prędkość światła w próżni - zasada względności Einsteina; transformacje Galileusza oraz transformacje Lorentza (wyprowadzenie)	3

Wy11	Efekty Szczególnej Teorii Względności (STR): dylatacja czasu, skrócenie długości składanie prędkości	3
Wy12	Czasoprzestrzeń: interwał; niezmienniczość interwału	2
Wy13	Czterowektory czasowo- i przestrzenno-podobne; stożek świetlny; uniwersalne wielkości i następstwo zdarzeń	5
	Suma godzin	45

Forma zajęć – ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Rekreacje matematyczne: współrzędne kartezjańskie oraz inne układy współrzędnych (biegunowe, cylindryczne, sferyczne) iloczyn skalarny oraz wektorowy – zastosowania w zadaniach	6
Ćw2	Rozwiązywanie zadań na zastosowanie II zasady dynamiki (W3)	8
Ćw3	Rozwiązywanie zagadnień z zakresu ruchu drgającego (W4)	4
Ćw4	Rozwiązywanie zadań dotyczących zasady zachowania energii (W5-6)	6
Ćw5	Rozwiązywanie zadań na zastosowanie zasad zachowania pędu i momentu pędu (W7)	4
Ćw6	Rozwiązywanie zadań z zakresu oddziaływań grawitacyjnych oraz ruchu w polu grawitacyjnym (W8 -9)	6
Ćw7	Rozwiązywanie zadań na zastosowanie transformacji Lorentza – ilustracja skrócenia długości, dylatacji czasu, składania prędkości	8
Ćw8	Rozwiązywanie zadań ilustrujących zastosowanie czterowektorów oraz wielkości niezmienniczych (iloczyn skalarny)	3
	Suma godzin	45

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład tradycyjny N2. Ćwiczenia – rozwiązywanie zadań rachunkowych N3. Zasoby cyfrowe N4. Konsultacje N5. Praca własna

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_W02, PEU_U01, PEU_U02,	Odpowiedzi ustne, dyskusje, kolokwia cząstkowe z ćwiczeń
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_U01, PEU_K01, PEU_K02.	Egzamin pisemny (wykład), zaliczenie pisemne ćwiczeń
P=F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] A. Radosz, *Cząstki i pola*, Oficyna Wydawnicza PWr, 1992
- [2] R.P. Feynman, *Feynmana wykłady z fizyki*. T.1, 2, PWN, 1971
- [3] H.D. Young, R.A. Freedman, *University Physics*, Addison-Wesley, 2000

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] J. Orear, *Fizyka t.1,2*, WNT, 1993

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

prof. dr hab. Andrzej Radosz, Andrzej.Radosz@pwr.edu.pl
prof. Paweł Gusin, Pawel.Gusin@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim	<i>Analiza matematyczna 1B</i>
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	<i>Calculus 1B</i>
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	<i>Inżynieria kwantowa</i>
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I / II stopień / jednolite studia magisterskie* , stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany*
Kod przedmiotu	.....
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	45	45			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75	125			
Forma zaliczenia	Egzamin	Zaliczenie na ocenę			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3	5			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		5			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	2.04	1.88			

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza i umiejętności z matematyki na poziomie matury rozszerzonej dla szkoły średniej.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Opanowanie podstawowych pojęć Analizy Matematycznej funkcji jednej zmiennej rzeczywistej.
- C2. Poznanie podstawowych metod badania przebiegu zmienności funkcji i rozwiązywania zadań optymalizacyjnych.
- C3. Opanowanie podstawowych metod obliczania całek funkcji jednej zmiennej rzeczywistej.
- C4. Opanowanie podstawowych kryteriów zbieżności szeregów i metod badania ich własności.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU_W01 zna podstawy rachunku różniczkowego funkcji jednej zmiennej z zastosowaniem do rozwiązywania zagadnień optymalizacyjnych

PEU_W02 ma podstawową wiedzę z zakresu całki nieoznaczonej i oznaczonej

PEU_W03 ma podstawową wiedzę z teorii szeregów liczbowych i potęgowych, zna kryteria zbieżności.

Z zakresu umiejętności student:

PEU_U01 potrafi obliczać granice ciągów i funkcji, wyznaczać asymptoty funkcji, stosować twierdzenie de L'Hospitala

PEU_U02 potrafi obliczać pochodne funkcji i interpretować otrzymane wielkości, potrafi rozwiązywać zadania optymalizacyjne dla funkcji jednej zmiennej, potrafi zbadać własności i przebieg funkcji jednej zmiennej

PEU_U03 potrafi wyznaczyć całki nieoznaczone prostych funkcji elementarnych i funkcji wymiernych

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU_K01 potrafi wyszukiwać i korzystać z literatury zalecanej do kursu oraz samodzielnie zdobywać wiedzę

PEU_K02 rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
W1	Elementy logiki i teorii mnogości.	4
W2	Liczby rzeczywiste, zasada supremum, wzór dwumianowy Newtona.	2
W3	Ciągi, granice, punkty skupienia. Twierdzenie Weierstrassa.	2
	Pojęcie granicy funkcji. Funkcje ciągłe. Własność Darboux.	4
W4	Przegląd najważniejszych granic.	2
W5	Pojęcie pochodnej. Najważniejsze reguły różniczkowania.	2
W6	Pochodna złożenia funkcji. Pochodna funkcji odwrotnej.	2
W7	Twierdzenia Rolle'a, Lagrange'a, Cauchy'ego.	4
W8	Badanie przebiegu zmienności funkcji.	2
W9	Reguła de l'Hospitala i wzór Taylora.	2
W10	Całka oznaczona: definicja i przykłady, Podstawowe Twierdzenie Rachunku Różniczkowego i Całkowego.	4
W11	Pojęcie funkcji pierwotnej, całka nieoznaczona.	2
W12	Metody całkowania: przez części i przez podstawienie.	2
W13	Funkcje wymierne, ułamki proste i ich całkowanie. Podstawienia Eulera.	2
W14	Całkowanie funkcji trygonometrycznych. Uniwersalne postawienie trygonometryczne.	2
W15	Objętości i powierzchnie brył obrotowych.	2
W16	Szeregi liczbowe: podstawowe własności. Iloczyn Cauchy'ego.	3
W17	Szeregi potęgowe. Twierdzenie Abela.	2
	Suma godzin	45

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Obliczanie granic właściwych i niewłaściwych ciągów liczbowych i funkcji (w punkcie) oraz wyrażeń nieoznaczonych.	5
Ćw2	Obliczanie pochodnych funkcji z wykorzystaniem reguł różniczkowania. Wyznaczanie stycznych do wykresu funkcji. Stosowanie różniczki do obliczeń przybliżonych (szacowania błędu).	6
Ćw3	Wyznaczanie wzorów Taylora/Maclaurina z oszacowaniem dokładności. Stosowanie reguły de L'Hospitala do obliczeń granic.	6
Ćw4	Badanie przebiegu funkcji – przedziały monotoniczności, wypukłość, ekstrema lokalne. Wyznaczanie ekstremów globalnych.	6
Ćw5	Kolokwium.	2
Ćw6	Obliczanie całek nieoznaczonych – całkowanie przez części i przez podstawienie. Całkowanie funkcji wymiernych. Całkowanie funkcji trygonometrycznych.	6
Ćw7	Obliczanie całek oznaczonych.	6
Ćw8	Badanie własności szeregów.	6
Ćw9	Kolokwium.	2
	Suma godzin	45

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład – metoda tradycyjna
N2. Ćwiczenia problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna
N3. Konsultacje
N4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń.

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 - Ćw	PEU_U01-PEU_U04 PEU_K01-PEU_K02	Odpowiedzi ustne, kartkówki, kolokwia
P - Wy	PEU_W01-PEU_W03, PEU_K02	Egzamin

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

literatura PODSTAWOWA:

- [1] F. Leja, Rachunek Różniczkowy i Całkowy, PWN, 2012
- [2] W. Krysiński, L. Włodarski, Analiza matematyczna w zadaniach, Cz. I, PWN, Warszawa 2006.
- [3] G. M. Fichtenholz, Rachunek różniczkowy i całkowy, T. I-II, PWN, Warszawa 2007.

literatura UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] K. Kuratowski, Rachunek Różniczkowy i Całkowy. Funkcje jednej zmiennej rzeczywistej, PWN, 2012
- [2] M. Zakrzewski, Markowe Wykłady z Matematyki, analiza, wydanie I, Oficyna Wydawnicza GiS, Wrocław, 2013

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

Małgorzata Kuchta, malgorzata.kuchta@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim	Algebra-1
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Algebra-1
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I / II stopień / jednolite studia magisterskie*, stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany*
Kod przedmiotu	.....
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	45			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50	100			
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2	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)	1,44	1,88			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Zalecana jest znajomość podstawowych działań algebraicznych na liczbach wymiernych i rzeczywistych, podstaw trygonometrii, elementarnych funkcji i ich wykresów, elementarnych metod rozwiązywania układów równań i nierówności.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Opanowanie pojęć algebry liniowej oraz podstawowej wiedzy w zakresie liczb zespolonych, wielomianów i funkcji wymiernych.
- C2. Poznanie podstawowych pojęć rachunku macierzowego z zastosowaniem do rozwiązywania

układów równań liniowych.

C3. Opanowanie podstawowej wiedzy z geometrii analitycznej na płaszczyźnie i w przestrzeni.

C4. Opanowanie podstawowej wiedzy o przestrzeniach liniowych R^n .

C5. Stosowanie nabytej wiedzy do tworzenia i analizy modeli matematycznych w celu rozwiązywania zagadnień teoretycznych i praktycznych w różnych dziedzinach nauki i techniki.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU_W01 zna własności liczb zespolonych, wielomianów i funkcji wymiernych, zna podstawowe twierdzenie algebry

PEU_W02 ma podstawową wiedzę z algebry liniowej, zna metody macierzowe rozwiązywania układów równań liniowych

PEU_W03 ma podstawową wiedzę z geometrii analitycznej na płaszczyźnie i w przestrzeni, zna równania płaszczyzny i prostej oraz krzywych stożkowych

PEU_W04 ma podstawową wiedzę o przestrzeniach liniowych R^n

Z zakresu umiejętności student:

PEU_U01 potrafi wykonywać obliczenia z wykorzystaniem różnych postaci liczb zespolonych, potrafi rozkładać wielomian na czynniki a funkcję wymierną na ułamki proste

PEU_U02 potrafi stosować rachunek macierzowy, obliczać wyznaczniki i rozwiązywać układy równań liniowych metodami algebry liniowej

PEU_U03 potrafi wyznaczać równania płaszczyzn i prostych w przestrzeni i stosować rachunek wektorowy w konstrukcjach geometrycznych

PEU_U04 potrafi badać niezależność wektorów oraz znajdować bazę podprzestrzeni liniowych R^n

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU_K01 potrafi wyszukiwać i korzystać z literatury zalecanej do kursu oraz samodzielnie zdobywać wiedzę

PEU_K02 rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie: liczby naturalne, wymierne i rzeczywiste. Własności działań. Pojęcie grupy.	2
Wy2	Liczby zespolone: podstawowe działania, sprzężenie zespolone, moduł, argument. Płaszczyzna zespolona.	3
Wy3	Postać trygonometryczna liczby zespolonej. Argument główny. Wzór de Moivre'a. Pierwiastki liczby zespolonej. Wzór Eulera.	3
Wy4	Wielomiany. Działania na wielomianach. Pierwiastki wielomianu. Zasadnicze twierdzenie algebry. Rozkład wielomianu na czynniki liniowe i kwadratowe.	2
Wy5	Funkcje wymierne. Rozkład funkcji wymiernej na ułamki proste.	2
Wy6	Geometria analityczna w R^2 i R^3 : wektory, działania na wektorach, długość wektora, iloczyn skalarny, iloczyn wektorowy, kąt między wektorami.	2
Wy7	Równania parametryczne prostej, okręgu i elipsy. Krzywe stożkowe.	2

	Ogólne i parametryczne równanie płaszczyzny.	
Wy8	Macierze. Dodawanie i mnożenie macierzy. Transpozycja macierzy. Podstawowe typy macierzy.	2
Wy9	Definicja i własności wyznacznika. Metody obliczania wyznaczników.	2
Wy10	Układy równań liniowych. Wzory Cramera.	2
Wy11	Eliminacja Gaussa. Macierz odwrotna. Rząd macierzy.	3
Wy12	Przestrzeń liniowa R^n – podstawowe pojęcia: kombinacja liniowa, liniowa niezależność wektorów, baza, podprzestrzeń liniowa.	3
Wy13	Twierdzenie Kroneckera-Capellego. Układy jednorodny i niejednorodny. Przestrzeń rozwiązań układu jednorodnego.	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Własności działań na liczbach. Przykłady grup.	2
Ćw2	Obliczenia z wykorzystaniem postaci algebraicznej liczb zespolonych z interpretacją na płaszczyźnie zespolonej.	4
Ćw3	Postać trygonometryczna i wykładnicza liczby zespolonej. Zastosowanie wzoru de Moivre'a. Wyznaczanie pierwiastków liczby zespolonej.	4
Ćw4	Znajdowanie pierwiastków wielomianów, dzielenie wielomianów, rozkładanie na czynniki liniowe i kwadratowe.	3
Ćw5	Rozkładanie funkcji wymiernej na ułamki proste rzeczywiste i zespolone.	2
Ćw6	Obliczenia geometryczne z wykorzystaniem iloczynu skalarnego i iloczynu wektorowego.	2
Ćw7	Wyznaczanie równań płaszczyzn i prostych w R^2 i w R^3 . Obliczenia i konstrukcje geometrii analitycznej.	4
Ćw8	Wyznaczanie okręgów, elips, parabol i hiperbol o zadanych własnościach.	2
Ćw9	Kolokwium.	2
Ćw10	Obliczenia macierzowe.	4
Ćw11	Obliczanie wyznaczników. Rozwiązywanie układów równań liniowych z wykorzystaniem wyznaczników.	3
Ćw12	Eliminacja Gaussa.	1
Ćw13	Wyznaczanie macierzy odwrotnej i rzędu macierzy.	3
Ćw14	Zastosowanie twierdzenia Kroneckera-Capellego do analizy rozwiązań układów równań liniowych.	1
Ćw15	Wyznaczanie przestrzeni liniowych generowanych przez zadane wektory w R^n : kombinacje liniowe, generatory i baza.	3
Ćw16	Wyznaczanie przestrzeni liniowej rozwiązań układu jednorodnego – rozwiązywanie jednorodnych i niejednorodnych układów równań liniowych.	3
Ćw17	Kolokwium.	2
	Suma godzin	45

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – metoda tradycyjna
N2. Ćwiczenia problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna
N3. Konsultacje
N4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń.

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 - Ćw	PEU_U01- PEU_U04 PEU_K01- PEU_K02	Odpowiedzi ustne, kartkówki, kolokwia
P - Wy	PEU_W01- PEU_W04 PEU_K02	Egzamin

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] T. Huskowski, H. Korczowski, H. Matuszczyk, Algebra liniowa, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1980.
- [2] P. Kajetanowicz, J. Wierzejewski Algebra z geometrią analityczną, 2008, Wydawnictwo Naukowe PWN
- [3] T. Jurlewicz, Z. Skoczylas, Algebra i geometria analityczna. Definicje, twierdzenia, wzory, Oficyna Wydawnicza GiS, Wrocław 2022
- [4] T. Jurlewicz, Z. Skoczylas, Algebra i geometria analityczna. Przykłady i zadania, Oficyna Wydawnicza GiS, Wrocław 2020
- [5] T. Jurlewicz, Z. Skoczylas, Algebra liniowa. Definicje, twierdzenia, wzory, Oficyna Wydawnicza GiS, Wrocław 2021
- [6] T. Jurlewicz, Z. Skoczylas, Algebra liniowa. Przykłady i zadania, Oficyna Wydawnicza GiS, Wrocław 2022

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] A. I. Kostykin, Wstęp do algebry, cz.1 Podstawy algebry, PWN, Warszawa 2012

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

Liliana Bujkiewicz, Liliana.Bujkiewicz@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim <i>Wstęp do programowania..</i>	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim <i>Introduction to programing</i>	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I / II stopień / jednolite studia magisterskie*, stacjonarna / niestacjonarna*	
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczeniowy *
Kod przedmiotu	INP001213W1
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		45		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30		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)	X				
Liczba punktów ECTS	1		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)	0,5		2,1		

*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I
KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH**

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zdobycie wiedzy z zakresu instrukcji i składni wybranego języka programowania
 C2 Opanowanie umiejętności formułowania i analizowania prostych algorytmów
 C3 Opanowanie umiejętności implementacji prostych algorytmów w wybranym języku programowania

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEK_W01 Zna składnie i podstawowe instrukcje strukturalnego języka programowania

Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 Potrafi formułować i analizować proste algorytmy.

PEK_U02 Potrafi zaimplementować proste algorytmy w wybranym języku programowania.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01

PEU_U02

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 Zna ograniczenia własnej wiedzy (w zakresie języków programowania) i rozumie potrzebę dalszego kształcenia

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie. Poznanie środowiska. Algorytmy i programy	1
Wy2	Proste typy danych, rozgałęzienia i iteracje	2
Wy3	Definiowanie funkcji	2
Wy4	Listy i słowniki	2
Wy5.	Czytanie i pisanie do plików	2
Wy6	Algorytmy porządkowania	2
Wy7	Moduły i Pakiety	2
Wy8	Błędy i wyjątki	2
	Suma godzin	15

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie. Poznanie środowiska	1
La2	Podstawowe instrukcje strukturalnego języka programowania.	2
La3	Proste algorytmy iteracyjne	4
La4	Funkcje	4
La5	Listy	4
La6	Słowniki	4
La7	Kolokwium częściowe	2
La8	Propozycje indywidualnych projektów. Omówienie wyników zaliczenia częściowego	2
La9	Czytanie i pisanie do plików	4
La10	Algorytmy porządkowania: implementacja	4
La11	Moduły	4
La12	Pakiety	2
La13	Kolokwium częściowe	2
La13	Praca nad projektem końcowym	2
La 14	Oddawanie projektów końcowych	2
La14	Poprawa zaliczeń cząstkowych.	2
	Suma godzin	45

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
<p>N1. Wykład multimedialny</p> <p>N2. Wykład na e-portalu</p> <p>N3. Zajęcia laboratoryjne z rozwiązywaniem zadań programistycznych.</p> <p>N4. Indywidualne projekty zaliczeniowe</p> <p>N5. Konsultacje pozwalające na uzupełnienie treści programowych.</p>

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_U01, PEK_U02	Ocena rozwiązań zadań programistycznych w trakcie zajęć laboratoryjnych
F2	PEK_U01, PEK_U02	Oceny z rozwiązań zadań z kolokwiów częściowych w trakcie zajęć laboratoryjnych
F3	PEK_U01, PEK_U02	Ocena z końcowego projektu zaliczeniowego
P= 20%F1 + 40%F2 + 40%F3		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] M. M. Sysło, *Algorytmy*, WSiP, 2005
- [2] Guido van Rossum, *Przewodnik po języku Python*, PythonLabs, 2004
- [3] Harvey Deitel, *Python dla programistów*, PWN, 2022

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] [Learn Python - Free Interactive Python Tutorial](https://www.learnpython.org/pl): <https://www.learnpython.org/pl>

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

Marta Gładysiewicz-Kudrawiec marta.gladysiewicz@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT/ STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa przedmiotu w języku polskimWstęp do Optyki.....****Nazwa przedmiotu w języku angielskim ...Introduction to Optics.....****Kierunek studiów (jeśli dotyczy):Inżyniera Kwantowa.....****Specjalność (jeśli dotyczy):****Poziom i forma studiów: I, stacjonarna /****Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy****Kod przedmiotu FTP001265W****Grupa kursów Nie**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZSU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50		50		
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		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)	1,28		1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza z zakresu elektromagnetyzmu (WIEDZA)
2. Podstawowe umiejętności w zakresie rachunku różniczkowego, całkowego i liczb zespolonych (UMIEJĘTNOŚCI)
3. Kompetencje w zakresie docierania do uzupełniających obszarów wiedzy i umiejętności (KOMPETENCJE)

CELE PRZEDMIOTU

1. Zdobyć wiedzę dotyczącą dyfrakcji światła i roli tego zjawiska w przyrządach optycznych i optoelektronicznych
2. Zdobyć wiedzę dotyczącą zjawiska interferencji i jego zastosowań w metrologii
3. Zdobyć wiedzę dotyczącą polaryzacji światła oraz zjawisk optycznych zachodzących w kryształach oraz ich praktycznego wykorzystania

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Uporządkowana, podbudowana teoretycznie wiedza z zakresu teorii dyfrakcji pozwalająca zrozumieć podstawowe zjawiska optyczne oraz działanie i ograniczenia przyrządów optycznych i optoelektronicznych.

PEU_W02 Uporządkowana, podbudowana teoretycznie wiedza dotycząca zjawiska interferencji i jego zastosowań w metrologii.

PEU_W03 Uporządkowana, podbudowana teoretycznie wiedza dotycząca polaryzacji światła, zjawisk optycznych zachodzących w kryształach oraz ich praktycznego wykorzystania

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Umiejętność oceny wpływu fundamentalnych zjawisk optycznych na działanie przyrządów optycznych i optoelektronicznych.

PEU_U01 Umiejętność oceny wpływu fundamentalnych zjawisk optycznych na działanie przyrządów optycznych i optoelektronicznych.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Rozumienie potrzeby ciągłego dokształcania, w tym samokształcenia; rozumienie potrzeby uczenia się samodzielnego i w grupie

PEU_K02 Rozumienie potrzeby współdziałania w zespole mającego na celu kreatywne rozwiązywanie problemów

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Równanie falowe, natura fali EM, sposoby opisu propagacji fal EM, oddziaływanie światła z materią, fala a promień świetlny	2
Wy2	Szereg Fouriera, transformata Fouriera i jej zastosowania w optyce	2
Wy3	Dyfrakcja światła, zasada Huygensa przybliżenie Fresnela i Fraunhofera	2
Wy4	Dyfrakcja na pojedynczej szczelinie, otworze kołowym, siatce dyfrakcyjnej amplitudowej i fazowej	2
Wy5	Elementy optyki fourierowskiej	2
Wy6	Zdolność rozdzielcza przyrządów optycznych. Punktowa funkcja rozmycia i funkcja przenoszenia	2
Wy7	Interferencja fal koherentnych.	2
Wy8	Interferencja w płytkach i cienkich warstwach	2
Wy9	Interferometry dwuwieżkowe i ich zastosowania	2
Wy10	Interferometer Fabry-Perota, zasada działania lasera	2
W11	Interferometria wiązek częściowo koherentnych, koherencja czasowa i przestrzenna, koherencyjna tomografia optyczna, interferometr gwiazdowy	2
Wy12	Polaryzacja światła, sposoby opisu, polaryzacja częściowa	2
Wy13	Odbicie i załamania fali płaskiej na granicy ośrodków, równania Fresnela,	2

	całkowite wewnętrzne odbicie	
Wy14	Propagacja światła w ośrodkach anizotropowych, elementy polaryzacyjne, dwójłomność wymuszona	2
Wy15	Zaliczenie	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie	2
La2	Badanie charakterystyki filtrów i polaryzatorów	2
La3, La4	Badanie jakości odwzorowania układów optycznych	4
La5	Prążki równej grubości - wyznaczenie kształtu powierzchni metodą interferencyjną	2
La6	Pomiar rozmiarów obiektów metodą dyfraktometryczną	2
La7, La8	Pomiar dyspersji chromatycznej szkieł metodą interferencyjną	4
La9	Zbudowanie kolimatora optycznego. Pomiar stopnia kolimacji wiązki przy użyciu płytki shearingowej	2
La10	Pomiar współczynnika załamania refraktometrem Pulfricha	2
La11, La12	Badanie modułu Younga metodą cyfrowej interferometrii plamkowej	4
La13	Optyczna filtracja przestrzenna	2
La14, La15	Wyrównanie zaległości w realizacji programu zajęć	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Prezentacja multimedialna (PowerPoint) N2. Udostępnianie materiałów do wykładu N3. Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych N4. Konsultacje N5. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do ćwiczeń i egzaminu

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_K01, PEK_K02,	Odpowiedź ustna i raport z ćwiczenia laboratoryjnego
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W02	Kolokwium zaliczeniowe z całości materiału: 3-4 pytania otwarte.
P1 = średnia ze wszystkich ocen F1		
P2= F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

Literatura podstawowa:

1. M. Born, E. Wolf, *Principles of optics*, Cambridge University Press, 2019
2. J. W. Goodman, *Introduction to Fourier optics*, W. H. Freeman, 2017
3. B. E. A. Saleh, M. C. Teich, *Fundamentals of photonics*, Wiley Series 2007
4. F. Ratajczyk, *Dwójłomność i polaryzacja optyczna*, Oficyna Wydawnicza PWr, 2000

Literatura uzupełniająca:

1. F. Ratajczyk, *Instrumenty optyczne*, Oficyna Wydawnicza PWr 2005
2. M. Wichtowski, *Optyka liniowa - podstawy fizyczne*, PWN 2020
3. E. Hecht, *Optyka*, PWN 2022

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

Prof. Waław Urbańczyk (Waclaw.urbanczyk@pwr.wroc.pl)

Dr hab. inż. Gabriela Statkiewicz-Barabach prof. ucz (Gabriela.statkiewicz@pwr.edu.pl)

Wstęp do rachunku prawdopodobieństwa

Wydział	Podstawowych Problemów Techniki
Nazwa w języku polskim	Wstęp do rachunku prawdopodobieństwa
Nazwa w języku angielskim	Introduction to probability theory
Kierunek studiów	Fizyka Techniczna
Specjalność	
Stopień	I stopień
Forma	stacjonarna
Rodzaj przedmiotu	obowiązkowy
Kod przedmiotu	
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15	15			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	25	25			
Forma zaliczenia	Zaliczenie	Zaliczenie			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	1	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)	0.68	0.68			

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1.	Zna podstawowe pojęcia logiki matematycznej i rachunku zbiorów
2.	Zna podstawowe pojęcia rachunku różniczkowego i całkowego funkcji jednej i wielu zmiennych

CELE PRZEDMIOTU

C1	Poznanie aksjomatyki rachunku prawdopodobieństwa i podstawowych modeli: prawdopodobieństwo klasyczne i prawdopodobieństwo geometryczne
C2	Nabycie umiejętności obliczania prawdopodobieństw zdarzeń w różnych modelach
C3	Zapoznanie się z językiem zmiennych losowych i poznanie najważniejszych rozkładów prawdopodobieństwa
C4	Poznanie najważniejszych nierówności pomocnych przy szacowaniu prawdopodobieństw i zaznajomienie się z Prawem Wielkich Liczb
C5	Poznanie Centralnego Twierdzenia Granicznego. Poznanie aksjomatyki rachunku prawdopodobieństwa i podstawowych modeli: prawdopodobieństwo klasyczne i prawdopodobieństwo geometryczne

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:	
PEU_W01	zna podstawowe modele probabilistyczne
PEU_W02	zna pojęcie zmiennych losowych
PEU_W03	zna najważniejsze rozkłady prawdopodobieństwa
PEU_W04	zna Prawa Wielkich Liczb i Centralne Twierdzenie Graniczne
Z zakresu umiejętności:	

PEU_U01	potrafi obliczać prawdopodobieństwa w modelu klasycznym i geometrycznym
PEU_U02	potrafi obliczać prawdopodobieństwa warunkowe
PEU_U03	umie korzystać z nierówności do szacowania prawdopodobieństw
PEU_U04	potrafi sprawdzić, czy dane zdarzenia lub zmienne losowe są niezależne
PEU_U05	potrafi obliczać rozkłady sum zmiennych losowych o danym rozkładzie łącznym i potrafi szacować prawdopodobieństwa zdarzeń dotyczących sum niezależnych zmiennych losowych za pomocą Centralnego Twierdzenia Granicznego
Z zakresu kompetencji społecznych:	
PEU_K01	potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Dyskretna przestrzeń probabilistyczna. Elementy kombinatoryki skończonej. Niezależność zdarzeń. Prawdopodobieństwo warunkowe.	
Wy2	Zmienne losowe i wartość oczekiwana. Niezależność zmiennych losowych. Wariancja zmiennej losowej.	
Wy3	Podstawowe rozkłady dyskretne (Bernoulliego, geometryczny, Poissona). Funkcje tworzące zmiennych losowych.	
Wy4	Pojęcie ogólnej przestrzeni probabilistycznej.	
Wy5	Zmienne o rozkładzie ciągłym. Gęstość zmiennej. Dystrybuanta.	
Wy6	Podstawowe rozkłady ciągłe (jednostajny, normalny, wykładniczy)	
Wy7	Nierówności Markowa i Czebyszewa	
Wy8	Prawa wielkich liczb i centralne twierdzenie graniczne.	
Suma godzin		15

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Cw1	Prawdopodobieństwo klasyczne: obliczanie prawdopodobieństw z użyciem metod kombinatorycznych, stosowanie wzoru włączeń i wyłączeń	4
Cw2	Obliczanie prawdopodobieństw warunkowych, badanie niezależności zdarzeń, schemat Bernoulliego, rozkład geometryczny, rozkład Poissona	2
Cw3	Wyznaczanie dystrybuant i momentów zmiennych losowych	4
Cw4	Zastosowanie podstawowych nierówności probabilistycznych	2
Cw5	Zastosowania Prawa Wielkich liczb	2
Cw6	Zastosowania Centralnego Twierdzenia Granicznego	1
Suma godzin		15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	
N1	Wykład problemowy – metoda tradycyjna z wykorzystaniem technik multimedialnych
N2	Ćwiczenia problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna
N3	Konsultacje
N4	Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń

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 (ćwiczenia)	PEU_U01 – PEU_U05, PEU_K01	odpowiedzi ustne, kartkówki, kolokwia
F2 (wykład)	PEU_W01 – PEU_W04, PEU_U01 - PEU_U05, PEU_K01	kolokwium zaliczeniowe

P1 (ćwiczenia)		= F1
P2 (wykład)		= F2

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

Literatura podstawowa		
1	Kordecki W., Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. Definicje, twierdzenia, wzory, Ofic. Wyd. GiS, Wrocław	
2	Jasiulewicz H., Kordecki W., Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. Przykłady i zadania, Ofic. Wyd. GiS, Wrocław	
3	Greń J., Statystyka matematyczna. Modele i zadania, PWN, Warszawa	
4	Krysicki. W i inni, Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach cz. I i II, PWN, Warszawa	
5	Billingsley P., Prawdopodobieństwo i miara, PWN, Warszawa, 1987	
Literatura uzupełniająca		
1	A. A. Borowkow, Rachunek prawdopodobieństwa, PWN, Warszawa, 1975	
2	W. Feller, Wstęp do rachunku prawdopodobieństwa, tomy I i II, PWN, Warszawa, 1971	
3	J. Lamperti, Probability, New York, 1966	
4	B. Fristedt, L. Gray, A Modern Approach to Probability Theory, Birkhäuser, 1997	

OPIEKUN PRZEDMIOTU

Imię i nazwisko:	dr hab. Wojciech Mydlarczyk, profesor uczelni
E-mail:	wojciech.mydlarczyk@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim ...Laboratorium Podstaw Fizyki 1	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim ...Laboratory of Physics 1	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I /H stopień /jednolite studia magisterskie*, stacjonarna /	
	niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczeniowy *
Kod przedmiotu	FZP001203L
Grupa kursów	TAK/ NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			45		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			100		
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			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)			1,88		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Zaliczony kurs Fizyka 1
2. Zaliczony kurs Matematyka 1

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Opanowanie umiejętności przeprowadzenia prostych pomiarów fizycznych
- C2 Nabycie umiejętności zapisania wyników pomiarowych w postaci raportu
- C3 Opanowanie szacowania niepewności uzyskanych rezultatów
- C4 Opanowanie umiejętności analizy wyników pomiaru i ich prezentacji w formie sprawozdania
- C5 Nabycie umiejętności pracy w zespole.
- C6 Zrozumienie potrzeby samokształcenia.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 – zna metody pomiarów podstawowych wielkości fizycznych

PEU_W02 – zna przepisy BHP obowiązujące w laboratoriach pomiarów wielkości fizycznych

PEU_W03 – zna metody opracowania wyników oraz liczenia niepewności pomiarowych wielkości prostych i złożonych

PEU_W04 – rozumie zasadę działania układów pomiarowych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – umie posługiwać się prostymi przyrządami pomiarowymi (do pomiaru długości, wielkości elektrycznych, optycznych)

PEU_U02 – potrafi wykonać pomiary podstawowych wielkości fizycznych z wykorzystaniem instrukcji stanowiska pomiarowego

PEU_U03 – potrafi opracować wyniki pomiarów oraz przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych z wykorzystaniem narzędzi inżynierskich

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 – utrwała umiejętności pracy zespołowej

PEU_K02 – rozumie konieczność samokształcenia

PEU_K03 – utrwała umiejętności rzetelnego i odpowiedzialnego wykonywania zadań

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1		
Wy2		
Wy3		
Wy4		
	Suma godzin	

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		
Ćw2		
Ćw3		
Ćw4		
	Suma godzin	

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Sprawy organizacyjne, krótkie szkolenie BHP, szkolenie z zakresu obsługi prostych przyrządów pomiarowych, pomiary prostych wielkości fizycznych, omówienie opracowania wyników pomiarów	3
La2	Pomiary parametrów prostego układu elektrycznego oraz statystyczne i graficzne opracowanie tych wyników	3
La3 - La7, La9 - La13	Wykonanie w grupach 2 osobowych dziesięciu ćwiczeń z różnych działów fizyki ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień z elektromagnetyzmu. Statystyczne i graficzne opracowanie wyników pomiarów oraz przygotowanie raportów. Spis ćwiczeń laboratoryjnych w załączeniu.	10x3
La8	Weryfikacja umiejętności analizy wyników i wykonywanych sprawozdań	3
La14 La15	Zajęcia uzupełniające i zaliczenia	6
	Suma godzin	45

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1		
Pr2		
Pr3		
Pr4		
...		
	Suma godzin	

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1		
Se2		
Se3		
...		
	Suma godzin	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	
<p>N1 – e-materiały do laboratorium umieszczone w Internecie. N2 – Instrukcje – wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych N3 – Instrukcje robocze do ćwiczeń laboratoryjnych N4 – Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną. N5 – Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń N6 – Praca własna – opracowanie wyników pomiarowych w formie sprawozdania</p>	

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_W03, PEU_W04, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K02, PEU_K03,	Odpowiedź ustna, kartkówka
F2	PEU_W01, PEU_W03, PEU_W04, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02, PEU_K03,	Ocena sprawozdania z laboratorium
P - średnia z uzyskanych ocen F1 i F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> [1] Materiały do laboratorium (wstępy teoretyczne oraz instrukcje robocze) , dostępne poprzez internet : lpf.wppt.pwr.edu.pl
<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> [1] D. Halliday, R. Resnick, J.Walker: <i>Podstawy Fizyki</i> , tomy 1-2, 4, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2003. [2] J. Massalski, M. Massalska, <i>Fizyka dla inżynierów</i> , cz. 1., WNT, Warszawa 2008.
<u>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</u>
dr inż. Zbigniew Gumienny, zbigniew.gumienny@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa w języku polskim Fizyka 2-D	
Nazwa w języku angielskim Physics 2-D	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Stopień studiów i forma: I / H-stopień* , stacjonarna / niestacjonarna*	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany *	
Kod przedmiotu	FZP001081W
Grupa kursów	FAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	45	45			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75	75			
Forma zaliczenia	Egzamin	zaliczenie na ocenę			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3	3			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		3			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	2,04	1,88			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Wiedza z zakresu kursu Fizyka I
2. Opanowanie kursu analizy i algebry matematycznej (I semestru studiów)

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabywanie podstawowej wiedzy z zakresu fizyki relatywistycznej, elektryczności i magnetyzmu oraz (wprowadzenia do) mechaniki kwantowej
- C2 Zdobycie umiejętności rozwiązywania typowych zadań rachunkowych z fizyki relatywistycznej, elektryczności i magnetyzmu oraz (wprowadzenia do) mechaniki kwantowej
- C3 Utrwalanie kompetencji społecznych, takich jak: odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu; przestrzeganie obyczajów panujących w środowisku akademickim i społeczeństwie.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 rozumie znaczenie fizyki dla postępu nauk przyrodniczych i technicznych, dla poznania świata oraz dla rozwoju cywilizacyjnego
- PEU_W02 ma ogólną wiedzę w zakresie podstawowych koncepcji i zasad dotyczących

podstaw szczególnej teorii względności, elektryczności i magnetyzmu, podstaw mechaniki kwantowej pozwalającą na rozumienie podstawowych zjawisk;

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi posługiwać się posiadanym aparatem matematycznym z zakresu matematyki elementarnej i wyższej w rozwiązaniu problemów fizycznych dotyczących podstaw szczególnej teorii względności, elektryczności i magnetyzmu, podstaw mechaniki kwantowej;
potrafi przeprowadzić analizę ilościową związaną z zagadnieniem fizycznym i sformułować wnioski jakościowe, potrafi uczyć się samodzielnie na podstawie dostępnych materiałów dydaktycznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę i konieczność ciągłego doksztalcania się, w tym samokształcenia, pracy w grupie; rozumie potrzebę przekazywania społeczeństwu informacji dotyczących osiągnięć fizyki; potrafi przekazać takie informacje; rozumie potrzebę popularyzacji fizyki
PEU_K02 rozumie wpływ rozwoju fizyki na środowisko naturalne i społeczeństwo; potrafi rozstrzygnąć dylematy związane z wykonywaniem zawodu, postępuje etycznie

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Diagram czasowo-przestrzenny; skrócenie długości, dylatacja czasu, paradoks bliźniąt – na diagramie	4
Wy2	Transformacje czterowektorów – czterowektor pędu fotonu	2
Wy3	Elektrostatyka: ładunki elektryczne, prawo Coulomba, zasada superpozycji, zachowawczy charakter pola elektrostatycznego, potencjał i natężenie pola elektrycznego, strumień pola elektrycznego, prawo Gaussa – I para równań Maxwella (lokalna i globalna postać)	4
Wy4	Magnetostatyka: pole magnetyczne, prąd elektryczny, prawo zachowania ładunku elektrycznego; prawo Biot-Savarta - pole magnetyczne prądu stałego; prawo Ampere’a – II para równań Maxwella (różniczkowa i całkowa postać)	3
Wy5	Pole elektryczne w różnych układach – zastosowanie prawa Gaussa	2
Wy6	Pola magnetyczne przewodnika z prądem - przykłady	2
Wy7	Indukcja elektromagnetyczna - prawo Faraday’a; Równania Maxwella (różniczkowa i całkowa postać)	2
Wy8	Rozwiązania równań Maxwella w próżni – propagacja zaburzenia w próżni z prędkością c	2
Wy9	Rozwiązania równań Maxwella w próżni – propagacja (poprzecznej) fali elektromagnetycznej płaskiej	3
Wy10	Zasada zachowania energii w układzie pole elektromagnetyczne – ładunki elektryczne, wektor Poyntinga. Globalny i lokalny charakter prawa zachowania energii	4
Wy11	Interferencja fal elektromagnetycznych – „foton interferuje sam ze sobą”	2
Wy12	Siatka dyfrakcyjna. Zasada Huyghensa	2
Wy13	Widmo atomu wodoru, promieniowanie ciała doskonale czarnego, efekt fotoelektryczny	2
Wy14	Hipoteza Plancka – fotony jako cząstki bezmasowe; dualizm korpuskularno falowy promieniowania; model Bohra	2
Wy15	Hipoteza de Broglie’a, doświadczenie Davissona – Germera – dualizm	2

	korpuskularno falowy materii	
Wy16	Funkcja falowa – interpretacja; równanie Schrödingera; stacjonarne równanie Schrödingera; układy kwantowo-mechaniczne	2
Wy17	Aksjomaty mechaniki kwantowej – interpretacja	3
Wy18	Superpozycja kwantowo-mechaniczna – „foton interferuje sam ze sobą”	2
	Suma godzin	45

Forma zajęć – ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Rozwiązywanie przykładów na zastosowanie diagramu czasowo-przestrzennego (W1-2)	4
Ćw2	Rozwiązywanie zadań z elektrostatyki (W3)	8
Ćw3	Rozwiązywanie zadań z magnetostatyki (W4)	4
Ćw4	Ruch ładunku w polu elektrycznym i magnetycznym (W5-6)	6
Ćw5	Zastosowania prawa Faraday’a (W7)	3
Ćw6	Rozwiązywanie zagadnień z zakresu fal elektromagnetycznych: propagacja energii (W8 - 9)	4
Ćw8	Ilustracja zasad zachowania w elektrodynamice (W10)	3
Ćw9	Efekt fotoelektryczny, Model Bohra, doświadczenie Davissona – Germera – zagadnienia rachunkowe (W13 – 15)	6
Ćw10	Cząstka w studni nieskończonej – rozwiązanie stacjonarnego równania Schrödingera; superpozycja kwantowo-mechaniczna - ilustracja	4
Ćw12	Oscylator harmoniczny - sformułowanie zagadnienia (operatory kreacji i anihilacji, reguły komutacji, poziomy energetyczne)	3
	Suma godzin	45

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład tradycyjny N2. Ćwiczenia – rozwiązywanie zadań rachunkowych N3. Zasoby cyfrowe N4. Konsultacje N5. Praca własna

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_W02, PEU_U01, PEU_U02,	Odpowiedzi ustne, dyskusje, kolokwia cząstkowe z ćwiczeń
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_U01, PEU_K01, PEU_K02.	Egzamin pisemny (wykład), zaliczenie pisemne ćwiczeń
P=F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] A. Radosz, *Cząstki i pola*, Oficyna Wydawnicza PWr, 1992
- [2] R.P. Feynman, *Feynmana wykłady z fizyki*. T.1, 2, PWN, 1971
- [3] H.D. Young, R.A. Freedman, *University Physics*, Addison-Wesley, 2000

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] J. Orear, *Fizyka t.1,2*, WNT, 1993

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

prof. dr hab. Andrzej Radosz, Andrzej.Radosz@pwr.edu.pl
prof. Paweł Gusin, Pawel.Gusin@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim	<i>Analiza matematyczna 2B</i>
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	<i>Calculus 2B</i>
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	<i>Inżynieria kwantowa</i>
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I / II stopień / jednolite studia magisterskie* , stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany *
Kod przedmiotu	.....
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	45	45			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75	100			
Forma zaliczenia	Egzamin	Zaliczenie na ocenę			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3	4			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		4			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	2,04	1,88			

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Zna rachunek różniczkowy i całkowy funkcji jednej zmiennej i jego zastosowania.
2. Zna podstawowe pojęcia algebry liniowej.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Poznanie podstawowych pojęć rachunku różniczkowego funkcji wielu zmiennych.
- C2. Poznanie podstawowych pojęć rachunku całkowego funkcji wielu zmiennych.
- C3. Poznanie podstawowych metod rozwiązywania równań różniczkowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU_W01 zna podstawy rachunku różniczkowego funkcji wielu zmiennych
 PEU_W02 zna podstawy rachunku całkowego funkcji wielu zmiennych
 PEU_W03 ma podstawową wiedzę o liniowych równaniach różniczkowych pierwszego rzędu i drugiego rzędu o stałych współczynnikach.

Z zakresu umiejętności student:

PEU_U01 potrafi obliczać pochodne cząstkowe, kierunkowe i gradient funkcji wielu zmiennych i interpretować otrzymane wielkości, potrafi sprawdzić, czy dane pole wektorowe jest potencjalne i obliczyć potencjał pola
 PEU_U02 potrafi obliczać i interpretować całki wielokrotne, potrafi stosować różne układy współrzędnych do obliczeń całek podwójnych i potrójnych
 PEU_U03 potrafi rozwiązywać proste równania różniczkowe

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU_K01 potrafi wyszukiwać i korzystać z literatury zalecanej do kursu oraz samodzielnie zdobywać wiedzę
 PEU_K02 rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
W01	Geometria przestrzeni R^n . Pojęcie ciągłości funkcji z R^n w R^m .	3
W02	Pojęcie pochodnej funkcji wielu zmiennych. Pochodne cząstkowe. Pochodna kierunkowa. Gradient funkcji. Macierz Jacobiego.	3
W03	Pochodna złożenia funkcji. Twierdzenie o funkcji odwrotnej.	3
W04	Funkcje uwikłane. Twierdzenie o odwzorowaniu otwartym. Metoda mnożników Lagrange'a.	6
W05	Ekstrema lokalne, ekstrema warunkowe, ekstremalne wartości funkcji na danym zbiorze.	3
W06	Całka funkcji wielu zmiennych. Twierdzenie Fubiniego. Zastosowania.	3
W07	Twierdzenie o zamianie zmiennych. Współrzędne biegunowe, cylindryczne, sferyczne.	3
W08	Pojęcie całki krzywoliniowej.	3
W09	Pola wektorowe. Pola potencjalne. Pojęcie dywergencji i rotacji pola. Laplasjan pola.	3
W10	Twierdzenia Greena, Gaussa, Stokesa i ich zastosowania.	6
W11	Pojęcie równania różniczkowego. Twierdzenia o istnieniu rozwiązań.	3
W12	Podstawowe klasy równań różniczkowych i podstawowe metody ich rozwiązywania.	3
W13	Szeregi trygonometryczne i ich zastosowania do rozwiązywania równań różniczkowych.	3
Suma godzin		45

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Badanie własności przestrzeni R^n . Ciągłość odwzorowań przestrzeni metrycznych.	6
Ćw2	Obliczanie pochodnych cząstkowych. Wyznaczanie płaszczyzny stycznej. Obliczanie pochodnych kierunkowych i gradientu.	6
Ćw3	Obliczanie pochodnych wyższych rzędów. Badanie czy dane pole jest potencjalne. Wyznaczanie potencjałów pola.	6
Ćw4	Wyznaczanie ekstremów funkcji wielu zmiennych. Wyznaczanie macierzy Jacobiego oraz jacobianu funkcji. Wyznaczanie hesjanu. Obliczanie ekstremów warunkowych.	6
Ćw5	Obliczanie całek wielu zmiennych. Zamiana kolejności całek iterowanych. Obliczenia całek z zamianą zmiennych. Współrzędne biegunowe, walcowe, sferyczne.	6
Ćw6	Zastosowania twierdzeń Greena, Gaussa i Stokesa.	6
Ćw7	Rozwiązywanie podstawowych klas równań różniczkowych.	9
Suma godzin		45

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
1. Wykład – metoda tradycyjna z wykorzystaniem multimediów. 2. Ćwiczenia problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna

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 – C	PEU_U01-PEU_U03, PEU_K01-PEU_K02	Odpowiedzi ustne, kolokwia
P - W	PEU_W01-PEU_W03, PEU_K02	Egzamin

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA</u></p> <p>[1] F. Leja, Rachunek różniczkowy i całkowy ze wstępem do równań różniczkowych, PWN, Warszawa 2008. [2] G. M. Fichtenholz, Rachunek różniczkowy i całkowy, T. I-II, PWN, Warszawa 2007. [3] W. Żakowski, W. Kołodziej, Matematyka, Cz. II, WNT, Warszawa 2003. [4] W. Żakowski, W. Leksiński, Matematyka, Cz. IV, WNT, Warszawa 2002. [5] W. Kryszwicki, L. Włodarski, Analiza matematyczna w zadaniach, Cz. I-II, PWN, Warszawa 2006.</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA</u></p> <p>[1] R. Leitner, Zarys matematyki wyższej dla studiów technicznych, Cz. 1-2, WNT, 2006. [2] H. i J. Musielakowie, Analiza matematyczna, T. I, Cz. 1-2 oraz T. II, Cz. 1, Wydawnictwo Naukowe UAM, 1993 oraz 2000.</p>
<p><u>OPIEKUN PRZEDMIOTU</u> Małgorzata Kuchta, malgorzata.kuchta@pwr.edu.pl</p>

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim	Algebra-2
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Algebra-2
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	Inżynieria kwantowa
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I / H stopień / jednolite studia magisterskie* , stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany*
Kod przedmiotu	.....
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50	50			
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	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)	1,28	1,28			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość rachunku macierzowego.
2. Umiejętność rozwiązywania układów równań liniowych.
3. Podstawowa wiedza o przestrzeniach R^n
4. Podstawowa wiedza o liczbach zespolonych.
5. Podstawowe umiejętności z zakresu rachunku różniczkowego i całkowego.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Zapoznanie się z podstawowymi pojęciami z teorii przestrzeni liniowych.
- C2. Opanowanie podstawowej wiedzy o przekształceniach liniowych.
- C3. Poznanie podstawowych pojęć z przestrzeni euklidesowych i unitarnych.
- C4. Stosowanie nabytej wiedzy do tworzenia i analizy modeli matematycznych w celu.

rozwiązywania zagadnień teoretycznych i praktycznych w różnych dziedzinach nauki i techniki.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 ma podstawową wiedzę o przestrzeniach liniowych

PEU_W02 ma podstawową wiedzę o przekształceniach liniowych

PEU_W03 zna podstawowe pojęcia i własności przestrzeni euklidesowych i unitarnych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 umie znajdować bazę przestrzeni liniowej i badać liniową niezależność wektorów,

PEU_U02 potrafi wyznaczać jądro, obraz, macierz oraz wartości i wektory własne przekształcenia liniowego

PEU_U03 potrafi ortogonalizować wektory i znajdować rzuty ortogonalne wektora na podprzestrzeń liniową

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 potrafi wyszukiwać i korzystać z literatury zalecanej do kursu oraz samodzielnie zdobywać wiedzę

PEU_K02 rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Przestrzenie liniowe. Liniowa niezależność wektorów, baza i wymiar przestrzeni liniowej. Zmiana bazy. Współrzędne wektora w bazie.	6
Wy2	Przekształcenia liniowe. Jądro, obraz i rząd przekształcenia liniowego.	4
Wy3	Macierz przekształcenia liniowego. Wartości i wektory własne przekształceń liniowych i macierzy. Macierze diagonalizowalne.	6
Wy4	Przestrzenie euklidesowe i unitarne – definicja iloczynu skalarnego. Bazy ortogonalne. Ortogonalizacja Grama-Schmidta. Rzut ortogonalny i jego zastosowania. Wybrane elementy geometrii analitycznej w R^3 .	8
Wy5	Operatory ortogonalne i unitarne. Macierze symetryczne i hermitowskie. Diagonalizacja ortogonalna macierzy symetrycznych.	6
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Przestrzenie i podprzestrzenie liniowe.	3
Ćw2	Kombinacje liniowe wektorów. Liniowa niezależność wektorów.	2
Ćw3	Baza i wymiar przestrzeni liniowej. Współrzędne wektora w zadanej bazie.	2
Ćw4	Przekształcenia liniowe. Jądro i obraz przekształcenia liniowego.	3
Ćw5	Macierz przejścia z bazy do bazy. Macierz przekształcenia liniowego w różnych bazach.	4
Ćw6	Wartości i wektory własne macierzy i przekształceń liniowych.	3

Ćw7	Diagonalizacja macierzy.	2
Ćw8	Iloczyn skalarny, norma.	2
Ćw9	Współrzędne wektora w zadanej bazie ortogonalnej i ortonormalnej.	1
Ćw10	Ortogonalizacja Grama-Schmidta.	2
Ćw11	Rzuty ortogonalne na podprzestrzenie liniowe.	2
Ćw12	Macierzy symetryczne i hermitowskie.	2
Ćw13	Kolokwium	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – metoda tradycyjna
 N2. Ćwiczenia problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna i/lub e-learning
 N3. Konsultacje
 N4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń.

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 - Ćw	PEU_U01-PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02	Odpowiedzi ustne, kartkówki, kolokwia
P - Wy	PEU_W01-PEU_W03, PEU_K02	Egzamin

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] T. Jurlewicz, Z. Skoczylas, Algebra liniowa. Definicje, twierdzenia, wzory, Oficyna Wydawnicza GiS, Wrocław 2021
 [2] T. Jurlewicz, Z. Skoczylas, Algebra liniowa. Przykłady i zadania, Oficyna Wydawnicza GiS, Wrocław 2022

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] A. I. Kostrykin, Wstęp do algebry, cz.1 Podstawy algebry, PWN, Warszawa 2012
 [2] A. I. Kostrykin, Wstęp do algebry, cz. 2 Algebra liniowa, PWN, Warszawa 2012
 [3] B. Gleichgewicht, Algebra, Oficyna Wydawnicza GiS, Wrocław 2004

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

prof. Michał Morayne, michal.morayne@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki

KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa w języku polskim** Mechanika klasyczna i relatywistyczna.**Nazwa w języku angielskim** Classical and relativistic mechanics**Kierunek studiów (jeśli dotyczy):** ...Fizyka.**Specjalność (jeśli dotyczy):** Fizyka**Stopień studiów i forma:** I stopień, stacjonarna**Rodzaj przedmiotu:** obowiązkowy**Kod przedmiotu** FZP001080WC**Grupa kursów** NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50	50			
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	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)	1,44	1,28			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Posiadanie podstawowej wiedzy z mechaniki ogólnej, rachunku różniczkowego i całkowitego funkcji wielu zmiennych, algebry liniowej.

CELE PRZEDMIOTU

C1 Nabycie umiejętności analizy dynamiki prostych układów w oparciu o fundamentalne przesłanki

C2. Zapoznanie z formalizmem kanonicznym

C3. Zbudowanie podstaw fizyki relatywistycznej

C4. Uświadomienie roli symetrii i geometrii w fizyce
 Zastosowanie w przykładach i zadaniach wiedzy w zakresie
 analizy dynamiki prostych układów; formalizmu kanonicznego; fizyki relatywistycznej;
 roli symetrii i geometrii w fizyce

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zna sformułowanie mechaniki poprzez funkcjonal działania.

PEU_W02 zna związek praw zachowania z symetriami przestrzeni.

PEU_W03 zna formalizm kanoniczny i jego zastosowanie do fizyki statystycznej i kwantowania układów.

PEU_W04 zna podstawy fizyki relatywistycznej.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi przeanalizować dynamikę układów mechanicznych.

PEU_U02 potrafi określić symetrie układu i rozwiązać równania ruchu przy pomocy całek ruchu indukowanymi tymi symetriami.

PEU_U03 potrafi przeanalizować dynamikę układu w formalizmie kanonicznym również w sformułowaniu algebraicznym (nawiasami Poissona).

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 posiada umiejętność wyznaczania potrzebnych informacji w tym w językach obcych

PEU_K02 posiada wiedzę do samodzielnego jej pogłębiania i stosowania.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Rachunek wariacyjny, równania Lagrange'a..	2
Wy2	Zasada najmniejszego działania.	2
Wy3	Symetrie przestrzeni a prawa zachowania. Twierdzenie Noether.	2
Wy4	Całki ruchu.	2
Wy5	Zagadnienie dwóch ciał.	2
Wy6	Teoria rozpraszania.	2
Wy7	Małe drgania. Współrzędne normalne.	2
Wy8	Formalizm kanoniczny. Równania Hamiltona. Nawiasy Poissona. Przekształcenia kanoniczne.	2
Wy 9	Dynamika bryły sztywnej. Równania Eulera.	2

Wy10	Zasada względności Galileusza i zasada względności Einsteina: czasoprzestrzeń	
Wy11	Wektory i tensory; geometria czasoprzestrzeni. Kinematyka relatywistyczna.	2
Wy12	Interwał oraz inne wielkości niezmiennicze. Działanie w fizyce relatywistycznej	2
Wy13	Geodezyjne oraz geodezyjne zerowe	2
Wy14	Pole grawitacyjne: czasoprzestrzeń Schwarzschilda	2
Wy15	Prawa zachowania w czasoprzestrzeni Schwarzschilda	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć – ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Równanie ruchu w wybranych zagadnieniach: w stałym polu elektrycznym i magnetycznym – zastosowania w zadaniach Wybrane właściwości bryły sztywnej - środek masy, moment bezwładności w prostych przypadkach	4
Ćw2	Wyznaczanie funkcji Lagrange'a; zapisywanie i rozwiązywanie równań E-L dla różnych układów	4
Ćw3	Symetrie przestrzeni a prawa zachowania - zadania	2
Ćw4	Rozwiązywanie zadań dotyczących ruchu w polu siły centralnej	4
Ćw5	Rozwiązywanie zadań z zakresu dynamiki bryły sztywnej; rozwiązanie równań Eulera	4
Ćw6	Rozwiązywanie zagadnień z kinematyki relatywistycznej	4
Ćw7	Wielkości kowariantne i wielkości niezmiennicze w STR oraz GTR - zadania	4
Ćw8	Rozwiązywanie równania ruchu w czasoprzestrzeni Schwarzschilda – geodezyjne; sfera fotonowa	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład metodą tradycyjną. N2. Konsultacje N3. Praca własna-- przygotowanie do ćwiczeń, rozwiązywanie reprezentatywnych problemów na piśmie. N4. Nieformalne, merytoryczne dyskusje ze studentami podczas konsultacji N5. Ćwiczenia rachunkowe- rozwiązywanie problemów przygotowanych indywidualnie; krótkie sprawdziany

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
-----------------------------	--------------------------	---

(w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)		
F1	PEU_U01-03	Odpowiedzi ustne
F2	PEU_U01- 03,PEU_K01	Pisemne prace domowe
F3	PEU_U01-03	Sprawdziany
P = (F1+F2+F3)/3		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] G. Białkowski 'Mechanika klasyczna', PWN 1975.
- [2] H. Goldstein 'Classical mechanics', Addison Wesley 2002.
- [3] J. Polonyi "The Classical Field Theory", Wrocław 2011
- [4] A. Radosz, Ł. Radosiński, "Introduction to Relativity and Cosmology" Wrocław 2011

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] L. D. Landau, J.M.Lifszyc 'Mechanika' PWN 2006.
- [2] H. Iro 'A modern approach to classical mechanics', World Scientific 2002.
- [3] O.Johnes 'Analytical mechanics for relativity and quantum mechanics', Oxford University Press 2005.

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

Andrzej Radosz, Andrzej.Radosz@pwr.edu.pl; Paweł Gusin, Pawel.Gusin@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Metody matematyczne fizyki	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Mathematical Methods in Physics	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I stacjonarna /
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FZP001083Wc
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50	50			
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę*	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)	1,28	1,28			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. Analiza matematyczna
2. Algebra

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Uzyskanie wiedzy z zakresu teorii funkcji analitycznych oraz podstaw teorii grup.
- C2 Nabywanie umiejętności dotyczących zastosowania funkcji analitycznych oraz teorii grup do zagadnień z fizyki klasycznej i kwantowej.
- 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 funkcji analitycznych.

PEU_W02 – wiedza dotycząca transformat całkowych.

PEU_W03 – wiedza dotycząca delty Diraca.

PEU_W04 – znajomość podstaw teorii grup.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – umiejętność badania analityczności funkcji oraz klasyfikacji osobliwości.

PEU_U02 - umiejętność zastosowania teorii funkcji zmiennej zespolonej do rozwiązywania problemów matematycznych w fizyce.

PEU_U03 – umiejętność zastosowania teorii grup do klasyfikacji symetrii układów fizycznych.

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	Przypomnienie wybranych zagadnień z analizy matematycznej dotyczących funkcji dwóch zmiennych rzeczywistych: granica, pochodne cząstkowe, różniczka.	2
Wy2	Definicja funkcji analitycznych oraz warunki Cauchy'ego-Riemanna.	2
Wy3	Podstawowe funkcje analityczne. Powierzchnie Riemanna.	2
Wy4	Całkowanie zespolone. Twierdzenie Greena. Twierdzenia Cauchy'ego i Cauchy'ego-Gourstata. Podstawowe twierdzenie analizy. Wzór całkowy Cauchy'ego.	3
Wy5	Transformaty Hilberta. Wartość główna całki.	2
Wy6	Twierdzenie Sochockiego-Plemelja. Ciągi deltopodobne. Transformata Fouriera.	3
Wy7	Twierdzenie Laurenta.	2
Wy8	Klasyfikacja osobliwości oraz rozwinięcia wybranych funkcji w szereg Laurenta.	3
Wy9	Teoria residuów oraz obliczanie rzeczywistych całek oznaczonych.	3
Wy10	Przypomnienie wybranych zagadnień z algebry: odwzorowanie, pojęcie grupy, transformacje liniowe. Przykłady grup.	2
Wy11	Grupa symetryczna: transpozycje, parzystość permutacji. Podgrupy.	2
Wy12	Twierdzenie Cayley. Twierdzenie Lagrange'a. Elementy sprzężone grupy.	2
Wy13	Grupy punktowe i symetrie wybranych molekuł.	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Badanie granic funkcji rzeczywistej dwóch zmiennych rzeczywistych.	2
Ćw2	Różniczkowalność i analityczność funkcji zmiennej zespolonej - warunki Cauchy'ego-Riemanna.	2
Ćw3	Stowarzyszone funkcje harmoniczne.	2
Ćw4	Całkowanie zespolone w oparciu o definicję	2
Ćw5	Całkowanie zespolone z wykorzystaniem wzoru całkowego Cauchy'ego	2
Ćw6	Delta Diraca i ciągi deltopodobne	3
Ćw7	Wyznaczenie transformacji Fouriera wybranych funkcji.	3
Ćw8	Kolokwium 1	1
Ćw9	Szereg Laurenta i klasyfikacja osobliwości – wybrane przykłady.	4
Ćw10	Teoria residuów oraz obliczanie rzeczywistych całek oznaczonych.	4
Ćw11	Wybrane zagadnienia z teorii grup	4
Ćw12	Kolokwium 2	1
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.
 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
F1	PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K03.	Ćwiczenia: kolokwium, aktywność na zajęciach.
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_W03, PEU_W04, PEU_K02.	Egzamin pisemny.
P=F1 (zaliczenie ćwiczeń), P=F2 (ocena z wykładu)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></p> <p>[1] F.W.Byron, R.W. Fuller, <i>Matematyka w Fizyce Klasycznej Kwantowej</i>, PWN. [2] M. Hamermesh, <i>Teoria grup w zastosowaniu do zagadnień fizycznych</i></p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></p>
<p>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</p> <p>Marcin Mierzejewski marcin.mierzejewski@pwr.edu.pl</p>

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim	Mechanika kwantowa I
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Quantum Mechanics I
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	... FZP001084....
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	45	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	125	100			
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	5	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)	2,04	1,28			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z mechaniki teoretycznej
2. Wiedza z zakresu analizy matematycznej i algebry i metod matematycznych fizyki (elementy analizy funkcjonalnej i topologii)
3. Wiedza z zakresu elektrodynamiki

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie z kwantowym podejściem do opisu rzeczywistości
 C2 Opanowanie podstawowych narzędzi i formalizmu mechaniki kwantowej

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zna zasady mechaniki kwantowej, rozumie strukturę tej teorii, potrafi obliczać komutatory operatorów obserwabli, rozwiązywać zagadnienia własne dla wybranych obserwabli

PEU_W02 zna i potrafi formułować zagadnienia dynamiczne w mechanice kwantowej, potrafi rozwiązywać równanie Schrödingera dla stanów stacjonarnych dla wybranych prostych układów

PEU_W03 zna podstawowe własności mechaniki kwantowej w 1D i w 3D, rozumie nieklasyczne zachowanie momentu pędu, spinu, rozumie pojęcie pakietu falowego i jego rozplýwanie, potrafi odnieść opanowaną wiedzę do obrazu całej fizyki i rozumie ograniczenia kwantowego opisu rzeczywistości

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 posługuje się wstępnym aparatem analizy funkcjonalnej, potrafi rozwiązywać prostsze zagadnienia mechaniki kwantowej

PEU_U02 potrafi przygotować i zreferować inne zagadnienia z mechaniki kwantowej (np. całkowanie po trajektoriach Feynmana) w oparciu o literaturę naukową

PEU_U03 umie poruszać się w obszarze fizyki kwantowej i rozumie założenia kwantowej teorii, potrafi samodzielnie rozwijać te umiejętności w oparciu o dostępną literaturę

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu

PEU_K02 ma znajomość aparatu mechaniki kwantowej w zakresie umożliwiającym studiowanie literatury naukowej oraz poznawanie, rozwijanie i zreferowanie innych zagadnień

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Eksperymentalne uwarunkowania mechaniki kwantowej	2
Wy2	Podstawowe elementy formalizmu mechaniki kwantowej, przestrzeń Hilberta i jej własności, funkcje falowe i operatory, iloczyn skalarny, bazy i ich zmiany, przestrzeń L^2 , operatory hermitowskie ograniczone i nieograniczone (tw. spektralne), operatory unitarne	3
Wy3	Równanie Schrödingera i jego własności, ewolucja unitarna, stan stacjonarny i stany niestacjonarne, pakiet falowe	2
Wy4	Operatory hermitowskie wybranych obserwabli, pęd, położenie, energia kinetyczna i potencjalna, poszukiwanie postaci operatorów przez granicę klasyczną i twierdzenie Noether, funkcje własne wybranych obserwabli, warunki periodyczności Borna-Karmana	2
Wy5	Zasady nieoznaczoności i reguły komutacji – związek zasad nieoznaczoności z regułami komutacji i transformatami Fouriera	3
Wy6	Obraz Heisenberga i zasady zachowania w mechanice kwantowej,	2

	pochodna operatora w obrazie Schrödingera a obraz Heisenberga	
Wy7	Unitarna ewolucja kwantowa układu zamkniętego, niedeterministyczny pomiar von Neumanna, kwestia nieunitarności rzutowania von Neumanna (pomiar wg. Żurka), determinizm w mechanice kwantowej	2
Wy8	Proste przykłady zagadnień stacjonarnych: cząstka swobodna, prostokątna studnia kwantowa (nieskończona i skończona), spadanie na centrum, potencjał osobliwy	3
Wy9	Spadanie na centrum dla osobliwego potencjału, spadanie na centrum Coulomba – prosty model atomu wodoru	2
Wy10	Oscylator harmoniczny - metoda analityczna i operatorowa	3
Wy11	Zmiany reprezentacji, reprezentacja położeniowa i pędowa	2
Wy12	Moment pędu w mechanice kwantowej – reguły komutacji, funkcje własne, unitarne nieprzywiedlne reprezentacje grupy obrotów, moment pędu a spin, liczby kwantowe momentu pędu a zagadnienie stanów związanych w atomie wodoru	3
Wy13	Dodawanie momentu pędu – reguły komutacji, funkcje własne, współczynniki Clebscha-Gordana, dodawanie spinów (singlet i tryplet)	2
Wy14	Symetrie i operator odbicia czasu (reprezentacja położeniowa i pędowa), twierdzenie Kramersa (spin a symetria na odbicie czasu)	2
Wy15	Własności kwantowej dynamiki w 1D i ogólne cechy dynamiki Schrödingera w 3D	2
Wy16	Uwagi i uzupełnienia: notacja Diraca, własności delty Diraca, związek z normowaniem w przypadku widma ciągłego, różne reprezentacje delty Diraca, inne dystrybucje	2
Wy17	Periodyczny potencjał, sieć odwrotna, twierdzenie Blocha	3
Wy18	Tunelowanie kwantowe i bariery	2
Wy19	Budowa pakietu falowego, prędkość grupowa, rozptywanie się pakietu falowego cząstki swobodnej a symetria na odbicie czasu	
Wy20	Kwantowanie przez całki po trajektoriach Feynmana (konstrukcja miary w przestrzeni funkcji w analogii do miary Wienera)	2
	Suma godzin	45

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Elementy formalizmu mechaniki kwantowej, przestrzeń Hilberta i Banacha, norma i metryka (aksjomaty), iloczyn skalarny w przestrzeń L^2 (aksjomaty), operatory i funkcje falowe, normowanie, niezmienniczość na cechowanie	4
Ćw2	Operatory hermitowskie i unitarne, przykłady, diagonalizacja macierzy, operatory nieograniczone (dowód dla pochodnej)	2
Ćw3	Rozwiązanie dla stanów stacjonarnych dla cząstki swobodnej, cząstki w nieskończonej studni potencjału	2
Ćw4	Skończona studnia potencjału – stany stacjonarne, spadanie na centrum	2
Ćw5	Delta Diraca, normowanie funkcji falowych dla ruchu nieograniczonego, potencjał osobliwy w postaci delty Diraca	2
Ćw6	Reprezentacja Schrödingera, pochodna operatora po czasie, reprezentacja Heisenberga, zmiany reprezentacji, reprezentacja	4

	położeniowa i reprezentacja pędowa, rozptywanie się pakietu falowego	
Ćw7	Oscylator harmoniczny – wielomiany Hermite’a, metoda operatorów kreacji i anihilacji dla oscylatora, reguła komutacji	4
Ćw8	Relacje komutacji dla pędu i momentu pędu i spinu	4
Ćw9	Dodawanie momentów pędu	2
Ćw10	Operator odbicia czasu w różnych reprezentacjach, tw. Kramersa	2
Ćw11	Współczynniki przejścia i odbicia dla barier, tunelowanie	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład tradycyjny
 N2. Rozbudowane komentarze i dodatkowe konsultacje dla zainteresowanych studentów
 N3. Ćwiczenia tradycyjne
 N3. Skrypt do wykładu

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 na ćwiczeniach 1
F2	PEU_W02	kolokwium na ćwiczeniach 2
F3	PEU_W01-3	zaliczenie ćwiczeń (+ aktywność, prezentowanie rozwiązań zagadnień ćw., udział w dyskusjach)
P	PEU_W01-3, PEU_U01-3, PEU-K01-2	egzamin

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] *Mechanika kwantowa, Teoria nierelatywistyczna*, L. Landau, I. Lifshitz, PWN 2016
- [2] *Krótki kurs fizyki teoretycznej, tom II*, L. Landau, I. Lifshitz, PWN 1978
- [3] *Teoria kwantów. Mechanika falowa*, I. Białynicki-Birula, M. Cieplak, J. Kamiński, PWN, 1982
- [4] Skrypt do wykładu

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [5] *Mechanik kwantowa*, A. Davydov, PWN 1969
- [6] *Quantum Mechanics I, II*, A. Messiah, Dover Publ. 1999
- [7] *Quantum Mechanics and Path Integrals*, R. P. Feynman, A. R. Hibbs, McGraw-Hill, New York, 1964
- [8] *Path Integrals in Physics Volume I Stochastic Processes and Quantum Mechanics*, M. Chaichian and A. Demichev, IOP Publishing Ltd, Bristol; Philadelphia, 2001
- [9] *The theory of unitary symmetry*, Y. R.umer and A. I. Fet, Nauka, Moscow, 1970

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

dr hab. inż. Witold A. Jacak, prof uczelni, witold.aleksander.jacak@pwr.edu.pl
dr hab. inż. Janusz E. Jacak, prof uczelni, janusz.jacak@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim ... Laboratorium Podstaw Fizyki 2	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim ...Laboratory of Foundations of Physics 2	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I /H stopień /jednolite studia magisterskie*, stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy /wybieralny /ogólnouczeniiany *
Kod przedmiotu	FZP001082L
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			100		
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			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)			1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Zaliczone LPF Fizyka 1

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Utrwalenie umiejętności przeprowadzenia prostych pomiarów fizycznych
- C2 Utrwalenie umiejętności zapisania wyników pomiarowych w postaci raportu
- C3 Utrwalenie szacowania niepewności uzyskanych rezultatów
- C4 Utrwalenie umiejętności analizy wyników pomiaru i ich prezentacji w formie sprawozdania
- C5 Utrwalenie umiejętności pracy w zespole.
- C6 Utrwalenie potrzeby samokształcenia.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 – zna metody pomiarów podstawowych wielkości fizycznych

PEU_W02 – zna przepisy BHP obowiązujące w laboratoriach pomiarów wielkości fizycznych

PEU_W03 – zna metody opracowania wyników oraz liczenia niepewności pomiarowych wielkości prostych i złożonych

PEU_W04 – rozumie zasadę działania układów pomiarowych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – umie posługiwać się prostymi przyrządami pomiarowymi (do pomiaru długości, wielkości elektrycznych, optycznych)

PEU_U02 – potrafi wykonać pomiary podstawowych wielkości fizycznych z wykorzystaniem instrukcji stanowiska pomiarowego

PEU_U03 – potrafi opracować wyniki pomiarów oraz przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych z wykorzystaniem narzędzi inżynierskich

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 – utrwala umiejętności pracy zespołowej

PEU_K02 – rozumie konieczność samokształcenia

PEU_K03 – utrwala umiejętności rzetelnego i odpowiedzialnego wykonywania zadań

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1		
Wy2		
Wy3		
Wy4		
	Suma godzin	

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		
Ćw2		
Ćw3		
Ćw4		
	Suma godzin	

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Sprawy organizacyjne, krótkie szkolenie BHP, szkolenie z zakresu obsługi prostych przyrządów pomiarowych, pomiary prostych wielkości fizycznych, omówienie opracowania wyników pomiarów	2
La2	Pomiary parametrów prostego układu elektrycznego oraz statystyczne i graficzne opracowanie tych wyników	2
La3 - La7, La9 - La14	Wykonanie w grupach 2 osobowych jedenastu ćwiczeń z różnych działów fizyki, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień związanych z optyką. Statystyczne i graficzne opracowanie wyników pomiarów oraz przygotowanie raportów. Spis ćwiczeń laboratoryjnych w załączeniu.	11x2
La8	Weryfikacja umiejętności analizy wyników i wykonywanych sprawozdań	2
La15	Zajęcia uzupełniające i zaliczenia	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1		
Pr2		
Pr3		
Pr4		
	Suma godzin	

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1		
Se2		
Se3		
	Suma godzin	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
<p>N1 – e-materiały do laboratorium umieszczone w Internecie. N2 – Instrukcje – wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych N3 – Instrukcje robocze do ćwiczeń laboratoryjnych N4 – Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną. N5 – Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń N6 – Praca własna – opracowanie wyników pomiarowych w formie sprawozdania</p>

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_W03, PEU_W04, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K02, PEU_K03,	Odpowiedź ustna, kartkówka
F2	PEU_W01, PEU_W03, PEU_W04, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02, PEU_K03,	Ocena sprawozdania z laboratorium
P - średnia z uzyskanych ocen F1 i F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p>LITERATURA PODSTAWOWA: [1] Materiały do laboratorium (wstępy teoretyczne oraz instrukcje robocze) , dostępne poprzez internet : lpf.wppt.pwr.edu.pl</p>

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] D. Halliday, R. Resnick, J.Walker: *Podstawy Fizyki*, tomy 1-2, 4, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2003.
- [2] J. Massalski, M. Massalska, *Fizyka dla inżynierów*, cz. 1., WNT, Warszawa 2008.

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

Zbigniew Gumienny, zbigniew.gumienny@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Podstawy elektrodynamiki	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Fundamentals of Electrodynamics.	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I stopień , stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy	
Kod przedmiotu FZP002024W	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75	50			
Forma zaliczenia	Egzamin / na ocenę*	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)		2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,44	1,28			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu fizyki ogólnej
2. Podstawowa wiedza z zakresu mechaniki relatywistycznej
3. Umiejętność posługiwania się aparatem analizy matematycznej i algebry liniowej
4. Podstawowe umiejętności stosowania funkcji zespolonych i rozwiązywania równań różniczkowych
5. Kompetencje w zakresie docierania do uzupełniających obszarów wiedzy i umiejętności
Kompetencje organizacyjne związane z przekazem informacji

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie wiedzy z zakresu metod formalnych stosowanych do opisu zjawisk elektrodynamiki
- C2 Nabycie wiedzy na temat wielkości podstawowych, przyjmowanych założeń, cechowania potencjału i rozwiązywania obiektów w elektrodynamice
- C3 Określenie podstawowych zjawisk elektromagnetycznych oraz wyprowadzenie równań opisujących je na podstawie prowadzonych rozważań
- C4 Nabycie umiejętności rozwiązywania wybranych równań i badania własności, w tym niezmienniczości względem transformacji: cechowania i Lorentza
- C5 Opanowanie umiejętności studiowania literatury i prezentacji wiedzy w zakresie stosowanych metod matematycznych i badanych własności pól elektromagnetycznych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 ma pogłębioną wiedzę w zakresie podstawowych zagadnień elektrodynamiki, zna i rozumie pojęcie czasoprzestrzeni oraz stosowane podejście, identyfikuje wprowadzone czteroobiekty, rozumie i potrafi określić ich własności
- PEU_W02 rozumie prawa rządzące zjawiskami elektromagnetycznymi oraz zna przyczyny ich zachodzenia, zna własności stałych pól, ma wiedzę odnośnie inwariantów i zasad zachowania w elektrodynamice
- PEU_W03 zna i rozumie transformacje dla pola elektromagnetycznego oraz wynikające stąd zjawiska i efekty, ma wiedzę na temat niezmienniczości równań względem transformacji: cechowania i Lorentza
- PEU_W04 zna metody otrzymywania i rozwiązywania równań falowych, rozumie przyjmowane założenia i otrzymywane rezultaty dla promieniowania dipolowego

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu
- PEU_K02 ma znajomość aparatu czterowymiarowego formalizmu Lagrange'a w zakresie umożliwiającym studiowanie literatury naukowej oraz poznawanie, rozwijanie i referowanie innych zagadnień elektrodynamiki i mechaniki relatywistycznej

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Pola: skalarne, wektorowe, tensorowe. Elektrostatyka	2
Wy2	Magnetostatyka	2
Wy3	Równania Laplace'a i Poissona: wyznaczanie potencjału z zadanymi warunkami brzegowymi	2
Wy4	Równania Maxwella w próżni.	2
Wy5	Równania Maxwella w ośrodkach makroskopowych.	2
Wy6	Gęstość energii i pędu pola elektromagnetycznego. Prawa zachowania.	2
Wy7	Potencjał skalarny i wektorowy. Transformacje cechowania.	2
Wy8	Rozwiązania równań Maxwella: fale płaskie.	2

Wy9	Szczególna teoria względności: czasoprzestrzeń Minkowskiego, struktura przyczynowa, linie świata i pola wektorowe.	2
Wy10	Relatywistyczna postać równań Maxwella; tensor pola, czterowektor gęstości prądu.	2
Wy11	Rozwiązanie podstawowe równania falowego. Potencjał opóźniony i przedwczesny.	2
Wy12	Promieniowanie elektromagnetyczne, przybliżenie dipolowe.	2
Wy13	Cząstka naładowana w polu elektromagnetycznym; całka działania i równania ruchu.	2
Wy14	Lagrangian i całka działania dla pola elektromagnetycznego; równania ruchu. Tensor energii-pędu pola	2
Wy15	Elektrodynamika w języku form różniczkowych.	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Metody algebry wektorów i tensorów, delta Kröneckera i tensor Levi-Civita, operatory: gradientu, dywergencji, rotacji i laplasjan we współrzędnych kartezjańskich, walcowych. Wyznaczanie potencjałów.	6
Ćw2	Elementy teorii dystrybucji, funkcja delta Diraca, jej własności i reprezentacje, rozwiązanie równania Poissona.	4
Ćw3	Ładunek w zadanym polu elektromagnetycznym.	4
Ćw4	Wyznaczanie gęstości energii, gęstości pędu i tensora naprężeń Maxwella dla zadanego pola elektromagnetycznego	2
Ćw5	Kinematyka i dynamika w czasoprzestrzeni Minkowskiego. Równia linii świata, wyznaczanie transformacji Lorentza.	4
Ćw6	Pokazanie równoważności między zapisem równań Maxwella w postaci współzmienniczej a postacią wektorową.	2
Ćw7	Transformacje Lorentza dla tensora pola elektromagnetycznego. Równania ruchu dla ładunku (w ustalonym polu) i ich granica nierelatywistyczna	4
Ćw8	Transformacje pól ładunków w ruchu. Ruch ze stałym przyspieszeniem i promieniowanie.	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	
1.	Wykłady problemowe – metoda tradycyjna
2.	Ćwiczenia rachunkowe i ćwiczenia problemowe – metoda tradycyjna
3.	Konsultacje
4.	Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń

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-W04 PEU_K01-K02	egzamin

P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] J. D. Jackson: Elektrodynamika klasyczna; Warszawa 1978
- [2] A. S. Ingarden, A. Jamiłkowski, Elektrodynamika klasyczna; Warszawa 1981
- [3] E. M. Purcell, Elektryczność i magnetyzm, Warszawa 1974

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] F. Rohrlich, Klasyczna teoria cząstek naładowanych, Warszawa 1981

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

Dr hab. Paweł Gusin, pawelgusin@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: Elementy Modelowania Numerycznego w Fizyce

Nazwa w języku angielskim: Elements of Numerical Modeling in Physics

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy

Kod przedmiotu INP001016WL

Grupa kursów NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			50		
Forma zaliczenia			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 kontaktu (BU)			1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Wiedza z zakresu fizyki ogólnej
2. Podstawowa wiedza z zakresu fizyki kwantowej
3. Umiejętność posługiwania się aparatem analizy matematycznej i algebry liniowej
4. Podstawowa umiejętność posługiwania się komputerem osobistym
5. Kompetencje w zakresie pozyskiwania darmowych narzędzi komputerowych w Internecie
6. Kompetencje w zakresie docierania do uzupełniających obszarów wiedzy i umiejętności

CELE PRZEDMIOTU

C1. Nabycie wiedzy teoretycznej i praktycznej w zakresie najważniejszych metod numerycznych (podstaw matematycznych i algorytmów) rozwiązywania zagadnień typowych dla fizyki.

- C2. Nabycie umiejętności programowania zagadnień numerycznych w wybranym języku średniego poziomu.
- C3. Nabycie umiejętności posługiwania się modelami numerycznymi do analizy właściwości układów fizycznych (analiza wpływu parametrów kontrolnych, reprezentacja graficzna etc.)
- C4. Poszerzenie wiedzy z zakresu fizyki ogólnej.
- C5. Nabycie wiedzy teoretycznej w zakresie wybranych zaawansowanych metod numerycznych stosowanych w fizyce.
- C6. Nabycie umiejętności zwięzłego i klarownego ustnego sprawozdania z wykonanego projektu.
- C7. Nabycie umiejętności pracy samodzielnej i współpracy w niewielkiej grupie.
- C8. Nabycie umiejętności samodzielnego pozyskiwania literatury i korzystania z niej.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01** zna podstawowe metody numerycznego rozwiązywania zagadnień matematycznych występujących w fizyce: miejsca zerowe funkcji, ekstrema funkcji, pochodne i kwadratury, równania różniczkowe zwyczajne (zagadnienie wartości początkowej).
- PEU_W02** zna podstawowe elementy programowania w wybranym języku średniego poziomu.
- PEU_W03** zna zaawansowane modele wybranych układów fizycznych (np. studia kwantowa, światłowód, dyfuzja stacjonarna, mechanika układu wielu ciał, złożone układy elektrostatyczne)

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01** umie tworzyć algorytmy i programować zagadnienia numeryczne.
- PEU_U02** umie wykorzystywać modele numeryczne do analizy własności fizycznych układów (testowanie programu, analiza zbieżności ze względu na parametry kontrolne, pozyskiwanie wyników) .
- PEU_U03** umie reprezentować wyniki w postaci graficznej, interpretować je i prezentować w formie wypowiedzi ustnej.

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01** umie współpracować w niewielkim zespole nad rozwiązaniem problemu.
- PEU_K02** potrafi określić priorytety w realizacji zadania, określić kolejność i czas realizacji odpowiednich jego etapów.
- PEU_K03** rozumie potrzebę ciągłego doskonalenia się, w tym samokształcenia; rozumie potrzebę uczenia się samodzielnie i w grupie.

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1-3	Tablicowanie funkcji 1D i 2D. Reprezentacja graficzna funkcji i dopasowanie funkcji analitycznej do zbioru danych. Opracowanie programu i wyznaczanie stanów i energii własnych prostokątnej studni kwantowej.	6
La4-6	Badanie zbieżności algorytmów numerycznego różniczkowania i całkowania. Opracowanie programu i badanie dyfrakcji światła na szczelinie i siatce dyfrakcyjne.	6
La7-11	Badanie jakości oraz zbieżności algorytmów całkowania równań różniczkowych. Opracowanie programu i badanie wahadła fizycznego jako potencjalnego wzorca jednostki czasu.	10
La12-15	Opracowanie programu i badanie dynamiki układu planetarnego. Zastosowanie kryterium zachowanie energii i momentu pędu do badania zbieżności algorytmu Verleta.	8
Suma godzin		30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
<p>N1. Wykład tradycyjny (w ramach zajęć w pracowni komputerowej)</p> <p>N2. Praca z komputerem pod nadzorem prowadzącego laboratorium, w tym praca w małym 2-3 osobowym zespole</p> <p>N3. Sprawozdania z ćwiczeń w formie prezentacji ustnych</p> <p>N4. Konsultacje indywidualne z prowadzącym kurs</p> <p>N5. Praca własna, w tym praca własna z komputerem</p> <p>N6. Praca własna – studia literaturowe</p>

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_U01 PEU_U02 PEU_U03	Sprawozdania ustne z realizowanych projektów
F2	PEU_K01 PEU_K02 PEU_K03	Ocena pracy studenta w czasie zajęć w laboratorium
P= 0.8*F1+0.2*F2		
F3	PEU_W02 PEU_W03	Kolokwia ustne w czasie zajęć laboratoryjnych
F4	PEU_W01	Kolokwium zaliczeniowe z wykładu
P=0.5*F3+0.5*F4		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] P.Scharoch, M. Polak, R.Szymon *Elementy Modelowania Komputerowego w Fizyce* (podręcznik, w trakcie publikowania)
- [2] Steven E. Koonin, Dawn C. Meredith, *Computational Physics*, Addison-Wesley, 1990

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [3] P.K.MacKeown and D.J.Newman, *Computational Techniques in Physics*, Adam Hilger, 1987.
- [4] D.W. Heermann, *Podstawy symulacji komputerowych w fizyce*, WNT, Warszawa 1997.
- [5] P.L.De Vries, *A first course in Computational Physics*, John Wiley, 1994.
- [6] A.L. Garcia, *Numerical Methods for Physics*, Prentice Hall Inc., 1994.
- [7] W.H.Press, B.P.Flannery, S.A.Teukolsky, W.T.Vettering, *Numerical Recipes*, Cambridge University Press, 1987.
- [8] Tao Pang, *Metody obliczeniowe w fizyce*, PWN SA, Warszawa 2001.

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

Dr inż. Paweł Scharoch, pawel.scharoch@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim	Mechanika kwantowa II
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Quantum Mechanics II
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	... FZP001086....
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	100	75			
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	4	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)	1,44	1,28			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość formalizmu falowego mechaniki kwantowej – ukończony kurs mechaniki kwantowej I
2. Znajomość analizy matematycznej I i II oraz algebry
3. Umiejętność studiowania literatury

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie z metodami obliczeniowymi mechaniki kwantowej
 C2 Zaznajomienie z szerokim obszarem fizyki kwantowej i umiejętność zastosowań

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 zna zasady mechaniki kwantowej i jej metod obliczeniowych, metody perturbacyjnej i kwaziklasycznej, wariacyjnej i diagonalizacji algebraicznych
- PEU_W02 zna i potrafi formułować zawansowane zagadnienia dynamiczne w mechanice kwantowej, potrafi rozwiązywać równanie Schrödingera dla stanów stacjonarnych i niestacjonarnych metodami rachunku zaburzeń, umie stosować złotą regułę Fermiego dla wybranych prostych układów, zna statystyki kwantowe i ich uwarunkowanie, rozumie związek spinu i statystyki i rolę topologii w fizyce
- PEU_W03 zna zasady II kwantowania, kwantowej fizyki kryształów, kwantowania Landaua w polu magnetycznym i potrafi odnieść opanowaną wiedzę do obrazu fizyki fazy skondensowanej, w tym do zjawisk nadprzewodnictwa i nadciekłości, układów 2D

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01 posługuje się aparatem rachunku zaburzeń i potrafi stosować go do złożonych sytuacji, podobnie potrafi stosować przybliżenie kwaziklasyczne, potrafi formułować i rozwiązywać problemy kwantowe metodami wariacyjnymi i algebraicznymi oraz numerycznymi
- PEU_U02 potrafi przygotować i zreferować inne zagadnienia z mechaniki kwantowej (np. metody numeryczne rozwiązywania równania Schrödingera) w oparciu o literaturę naukową
- PEU_U03 posiada szerokie rozeznanie w fizyce kwantowej, umie poruszać się w obszarze fizyki kwantowej i rozumie założenia kwantowej teorii, potrafi samodzielnie rozwijać te umiejętności w oparciu o dostępną literaturę

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu
- PEU_K02 posiada znajomość aparatu mechaniki kwantowej w zakresie umożliwiającym studiowanie literatury naukowej z zakresu fizyki fazy skondensowanej oraz poznawanie, rozwijanie i referowanie innych zagadnień

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Rachunek zaburzeń niezależny od czasu dla stanów niezdegenerowanych	2
Wy2	Rachunek zaburzeń niezależny od czasu dla stanów zdegenerowanych, równanie wiekowe	2
Wy3	Rachunek zaburzeń zależny od czasu, przejścia kwantowe, reguły wyboru	2
Wy4	Złota reguła Fermiego, nieoznaczoność czasu i energii, adiabaticzne i nieadiabaticzne włączanie zaburzenia	2
Wy5	Oddziaływanie światła z materią według złotej reguły Fermiego, przejścia kwantowe, emisja wymuszona i spontaniczna, absorpcja	2

	światła	
Wy6	Kwantowanie pola elektromagnetycznego, próżnia fotonowa, przesłanki optyki kwantowej, oscylacje Rabięgo	2
Wy7	Przyblięzenie kwaziklasyczne, funkcje falowe	2
Wy8	Reguła Bohra-Sommerfelda i zastosowania oraz uogólnienie	2
Wy9	Metody wariacyjne i algebraiczne rozwiązywania równania Schrödingera (diagonalizacje, diagonalizacja Bogolubova)	2
Wy10	Kwantowanie Landaua, cząstka w polu magnetycznym	2
Wy11	Bozony i fermiony, statystyki kwantowe nieodróżnialnych cząstek w 3D i 2D, układy hallowskie	2
Wy12	Konstrukcja operatorów. kreacji i anihilacji dla bozonów i fermionów w 3D	2
Wy13	II kwantowanie dla bozonów i fermionów, operatory pola, postać Hamiltonianu z oddziaływaniem dla bozonów i fermionów, informacja o funkcjach Greena	2
Wy14	Stany czyste i mieszane, splątanie kwantowe, iloczyn tensorowy przestrzeni Hilberta i stanów, iloczyny separowalne i nieseparowalne, teleportacja kwantowa, nierówność Bella	2
Wy15	Sfera Fermiego w metalu, kondensacja Bosego-Einsteina, nadprzewodnictwo i nadciekłość – makroskopowe i topologiczne efekty kwantowe (efekt Aharonova-Bohma)	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Rachunek zaburzeń niezależny od czasu – przykłady i ogólne własności	4
Ćw2	Rachunek zaburzeń zależny od czasu – przykłady i ogólne własności	4
Ćw3	Zastosowanie złotej reguły Fermiego – przejścia optyczne, efekt fotoelektryczny w półprzewodniku, laser	2
Ćw4	Przyblięzenie kwaziklasyczne – przykłady (tunelowanie, rozwiązywanie prostych zagadnień z reguły Bohra-Sommerfelda, sumowanie po stanach kwantowych)	2
Ćw5	Uogólnienie reguły Bohra-Sommerfelda, kwant strumienia pola magnetycznego z reguły Bohra-Sommerfelda	2
Ćw6	Stany splątane, singlet i tryplet, reprezentacja Schmidta	2
Ćw7	Egzotyczne statystyki kwantowe – reprezentacje grupy permutacji i grupy warkoczowej Artina	4
Ćw8	Diagonalizacja Bogolubowa	4
Ćw9	Efekt Meissnera i pary Coopera	2
Ćw10	Model prawie swobodnych elektronów i silnie związanych elektronów	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład tradycyjny
N2. Dodatkowe konsultacje dla zainteresowanych studentów
N3. Materiały skryptowe dopasowane do wykładu

N4. Ćwiczenia tradycyjne

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 na ćwiczeniach 1
F2	PEU_W02	kolokwium na ćwiczeniach 2
F3	PEU_W01-3	zaliczenie ćwiczeń (+ prezentowanie rozwiązań zagadnień ćw., aktywność, udział w dyskusjach)
P	PEU_W01-3, PEU_U01-3, PEU-K01-2	egzamin

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] *Mechanika kwantowa, Teoria Nierelatywistyczna*, L. Landau, I. Lifshitz, PWN 2016
- [2] *Krótki kurs fizyki teoretycznej, tom II*, L. Landau, I. Lifshitz, PWN 1978
- [3] *Teoria kwantów. Mechanika falowa*, I. Białynicki-Birula, M. Cieplak, J. Kamiński, PWN, 1982
- [4] Skrypt do wykładu

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [5] *Mechanika kwantowa*, A. Davydov, PWN 1969
- [6] *Quantum Mechanics I, II*, A. Messiah, Dover Publ. 1999
- [7] *Quantum Mechanics and Path Integrals*, R. P. Feynman, A. R. Hibbs, McGraw-Hill, New York, 1964
- [8] *Path Integrals in Physics Volume I Stochastic Processes and Quantum Mechanics*, M. Chaichian and A. Demichev, IOP Publishing Ltd, Bristol; Philadelphia, 2001
- [9] *The theory of unitary symmetry*, Y. R. Rumer and A. I. Fet, Nauka, Moscow, 1970

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

dr hab. inż. Witold A. Jacak, prof uczelni, witold.aleksander.jacak@pwr.edu.pl
dr hab. inż. Janusz E. Jacak, prof uczelni, janusz.jacak@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Podstawy Fizyki Ciała Stałego	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Fundamentals of Solid State Physics	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy	
Kod przedmiotu FZP001087W, FZP001140C	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75	50			
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)	0	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,44	1,28			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. mechaniki kwantowej 1
2. metod matematycznych fizyki

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Uzyskanie wiedzy dotyczącej periodycznej struktury ciał stałych, wynikającej z niej struktury pasmowej energii oraz metod opisu stanów elektronowych i fononowych.
- C2 Nabywanie umiejętności formułowania i rozwiązywania podstawowych problemów dotyczących sieci prostej i sieci odwrotnej, struktury elektronowej i charakterystyki pasm energetycznych elektronów i widm fononowych.
- 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 struktur krystalicznych, ich symetrii oraz wynikającej z nich struktury pasmowej ciał stałych.

PEU_W02– znajomość podstawowych metod opisu własności elektronowych i fononowych ciał stałych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod opisu struktury krystalicznej i struktury pasmowej ciał stałych.

PEU_U02 - umiejętność stosowania teoretycznych modeli w opisie własności elektronowych i fononowych ciał stałych.

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	Sieci Bravais - symetrie i klasyfikacja. Prymitywna komórka elementarna, umowna komórka elementarna, komórka Wignera-Seitza jako komórka o pełnej symetrii punktowej sieci.	2
Wy2	Przestrzeń odwrotna i sieć odwrotna, komórka Wignera-Seitza w przestrzeni odwrotnej, dyfrakcja promieni rentgenowskich.	2
Wy3	Elektron w periodycznej sieci krystalicznej: twierdzenie Blocha, kwazipęd.	4
Wy4	Periodyczne warunki brzegowe, kwantowanie wektora falowego, liczba stanów Blocha, gęstość stanów w przestrzeni odwrotnej. Strefy Brillouina.	2
Wy5	Jednowymiarowy potencjał okresowy, model Kroniga-Penneya,	2
Wy6	Równanie falowe Blocha w przestrzeni odwrotnej.	2
Wy7	Struktura pasmowa: przybliżenie słabego wiązania.	2
Wy8	Struktura pasmowa: przybliżenie silnego wiązania, funkcje Wanniera.	2
Wy9	Symetrie dyspersji elektronu. Prędkość grupowa elektronu i punkty ekstremalne energii. Symetria całek przeskoku w przybliżeniu ciasnego wiązania.	2
Wy10	Funkcja gęstości stanów. Osobliwości van Hove'a.	2
Wy11	Elektrony w paśmie energetycznym. Statystyka Fermiego-Diraca. Energia Fermiego i powierzchnia Fermiego. Wzbudzenia jednocząstkowe. Zapełnienie pasma i potencjał chemiczny.	2

Wy12	Klasyczna teoria drgań sieci krystalicznej w przybliżeniu harmonicznym.	2
Wy13	Kwantowa teoria harmonicznych drgań sieci krystalicznej: fonony, kwazipęd fononów, ciepło właściwe sieci, model Einsteina i Debye'a, fononowa gęstość stanów.	2
Wy14	Zjawiska anharmoniczne: rozszerzalność cieplna, przewodnictwo cieplne, procesy przerzutu.	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Sieci Bravais.	2
Ćw2	Sieć odwrotna.	4
Ćw3	Elektron w periodycznej sieci krystalicznej.	4
Ćw4	Symetrie dyspersji elektronu.	4
Ćw5	Funkcje Wanniera i energia ciasnego wiązania.	6
Ćw6	Gęstość stanów.	4
Ćw7	Zapełnienie pasma, powierzchnia Fermiego.	4
Ćw8	Fonony.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład – forma tradycyjna. 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
F1	PEU_K01 ^{Lx} PEU_K03 PEU_U01 , PEU_U02	Ćwiczenia: kolokwium, aktywność na zajęciach.
F2	PEU_W01 , PEU_W02; PEU_U01 , PEU_U02	Egzamin pisemny.
P=F1 (zaliczenie ćwiczeń), P=F2 (ocena z wykładu)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

- | |
|---|
| [1] N.W. Ashcroft, N.D. Mermin „Fizyka ciała stałego”, PWN 1986 |
| [2] A.A. Abrikosov „Fundamentals of the Theory of Metals”, North-Holland 1988 |
| [3] C. Kittel „Wstęp do fizyki ciała stałego”, PWN 1976 |

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

- | |
|--|
| [1] H. Ibach, H. Luth „Fizyka ciała stałego”, PWN 1996 |
| [2] J.M. Ziman „Wstęp do teorii ciała stałego”, PWN 1977 |

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: Termodynamika i fizyka statystyczna	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Thermodynamics and Statistical Physics	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FZP002038W, FZP001139C
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75	50			
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)		2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,44	1,28			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. Analiza matematyczna
2. Algebra
3. Wiedza z zakresu fizyki ogólnej
4. Podstawowa wiedza z zakresu fizyki kwantowej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie wiedzy z zakresu metod mechaniki statystycznej oraz ich związków z termodynamiką
- C2 Nabycie wiedzy na temat możliwych stosowanych opisów układów klasycznych i kwantowych
- C3 Nabycie wiedzy w zakresie tworzenia i rozwiązywania statystycznych modeli gazów klasycznych i kwantowych
- C4 Nabycie wiedzy na temat podstawowych własności termodynamicznych układów klasycznych i kwantowych
- C5 Opanowanie umiejętności studiowania literatury i prezentacji wiedzy w zakresie różnych modeli fizyki

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zna zasady termodynamiki, rozumie metody wyznaczania wielkości termodynamicznych dla układów równowagowych oraz potrafi uzasadnić ograniczenia i równoważność stosowanych metod

PEU_W02 zna i rozumie pojęcia zespołów statystycznych, równoważności stosowanych opisów oraz umie je odnieść do badanych układów klasycznych i kwantowych

PEU_W03 zna modele podstawowych układów – wybranych gazów klasycznych i kwantowych oraz ich własności termodynamiczne, relacjonuje zachodzące zjawiska i własności opisujących je wielkości

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi stosować termodynamikę do opisu układów fizycznych

PEU_U01 potrafi stosować fizykę statystyczną do opisu układów fizycznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu

PEU_K02 ma znajomość aparatu fizyki statystycznej w zakresie umożliwiającym studiowanie literatury naukowej oraz poznawanie, rozwijanie i zreferowanie innych zagadnień

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Podstawowe pojęcia: parametry termodynamiczne, równanie stanu, wielkości ekstensywne i intensywne, funkcje stanu, procesy kwazistatyczne. „Zerowe prawo termodynamiki” i temperatura empiryczna. I zasada termodynamiki. Energia wewnętrzna i entalpia.	2
Wy2	II zasada termodynamiki. Twierdzenie Carnota o sprawności silników cieplnych. Definicja skali temperatur Kelvina. Twierdzenie Clausiusa. Definicja entropii. Entropia jako funkcji stanu. Warunki równowagi termodynamicznej	2
Wy3	Potencjały termodynamiczne dla układów o zmiennej liczbie cząstek i definicja potencjału chemicznego. Wielkości parcjalne (cząstkowe). Potencjał chemiczny jako parcjalny cząstkowy potencjał Gibbsa.	2
Wy4	Warunki równowagi termodynamicznej w układach wielofazowych i wieloskładnikowych. Reguła faz Gibbsa. Klasyfikacje Ehrenfesta przejść fazowych. Cechy charakterystyczne przejść fazowych pierwszego i drugiego rodzaju.	3
Wy5	Przestrzeń fazowa, ergodyczność, funkcja rozkładu, entropia, równanie Liouville'a	3
Wy6	Rozkłady mikrokanoniczny: funkcja rozkładu, entropia, temperatura.	2

Wy7	Rozkład kanoniczny: wyprowadzenie z rozkładu mikrokanonicznego, suma statystyczna, fluktuacje energii, rozkład kanoniczny dla gazu klasycznych cząstek nieoddziałujących (równanie stanu gazu doskonałego i jego energia wewnętrzna), zasada ekwipartycji energii.	3
Wy8	Wielki rozkład kanoniczny: wyprowadzenie z rozkładu mikrokanonicznego, suma statystyczna, fluktuacje liczby cząstek, rozkład kanoniczny dla gazu klasycznych cząstek nieoddziałujących: potencjał chemiczny.	3
Wy9	Operator statystyczny, stany czyste i mieszane, entropia	3
Wy10	Rozkład kanoniczny: operator statystyczny i maksimum entropii	1
Wy11	Wielki rozkład kanoniczny: operator statystyczny i maksimum entropii	1
Wy12	Cząstki nierozróżnialne: fermiony i bozony, Rozkłady Fermiego-Diraca i Bosego-Einsteina	2
Wy13	Kondensacja Bosego-Einsteina	3
		30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Wybrane relacje i tożsamości termodynamiczne dla procesów kwazistatycznych	6
Ćw2	Wzór Stirlinga, rozkład mikrokanoniczny w układzie zamkniętym dwustanowym, równowaga termodynamiczna w układzie otwartym dwustanowym, rozkład mikrokanoniczny dla nieoddziałujących cząstek klasycznych	6
Ćw3	Rozkład Maxwella-Boltzmanna: wyprowadzenie z rozkładu kanonicznego i zastosowania.	6
Ćw4	Operator statystyczny: dowody wybranych własności i tożsamości, rozkłady Fermiego-Diraca i Bosego-Einsteina, własności kondensatu Bosego-Einsteina.	6
Ćw5	Model Isinga: rozwiązania dla łańcucha, przybliżenie średniego pola, algorytm Metropolis	6
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykłady problemowe – metoda tradycyjna
N2 .Ćwiczenia problemowe z przeliczeniami – metoda tradycyjna
N3. Konsultacje
N4. Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń
N5. Samodzielne przygotowanie prezentacji podanego zagadnienia - wykorzystanie aktualnej literatury przedmiotu

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	
F1	PEU_U01, PEU_U02, PEU_K01 PEU_K02	Dwa kolokwia pisemne
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_W03	Egzamin pisemny
P1=F2 (ocena z wykładu); P2=F1 (ocena z ćwiczeń)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

1. K. Huang, Podstawy fizyki statystycznej
2. A.I. Anselm, Podstawy fizyki statystycznej i termodynamiki
3. K. Gumiński, Termodynamika
4. K. Sznajd-Weron, Wstęp do fizyki statystycznej – skrypt

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

1. L.D. Landau, E.M. Lifszyc, Fizyka Statystyczna tom 5, PWN 2012

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

Marcin Mierzejewski, marcin.mierzejewski@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa w języku polskim Wstęp do optyki kwantowej	
Nazwa w języku angielskim Introduction to Quantum Optics	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Stopień studiów i forma:	I stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	Wybieralny
Kod przedmiotu	FTP001007WC
Grupa kursów	TAK

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50	50			
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	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)	2,48				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

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

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Przekazanie wiedzy na temat podstaw optyki kwantowej
 C2 Przegląd wybranych zastosowań optyki kwantowej

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Posiada podstawową wiedzę na temat kwantowego opisu promieniowania i jego oddziaływania z materią

PEU_W02 Ma poszerzoną wiedzę pozwalającą zrozumieć zjawiska kwantowe w zakresie oddziaływania światła z materią oraz ich zastosowania w informatyce kwantowej i w innych technologiach kwantowych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Potrafi analizować zjawiska optyki kwantowej wykorzystując poznane metody opisu teoretycznego, a także dokonywać ich analizy jakościowej i ilościowej, oraz weryfikować prawidłowość otrzymywanych wyników

PEU_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 zjawisk optyki kwantowej i jej zastosowań

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Zna ograniczenia własnej wiedzy, rozumie potrzebę dalszego kształcenia i poszerzania kompetencji

PEU_K02 Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Optyka klasyczna - powtórzenie	3
Wy2	Przejścia promieniste – opis fenomenologiczny	3
Wy3	Statystyka fotonów	4
Wy4	Grupowanie i antygrupowanie fotonów	4
Wy5	Światło koherentne i ścięśnione	4
Wy6	Stany własne liczby fotonów	4
Wy7	Oddziaływanie światła z materią: opis półklasyczny	4
Wy8	Oddziaływanie światła z materią: opis kwantowy	4
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Mechanika kwantowa – powtórzenie	5
Ćw2	Klasyczny opis światła	5
Ćw3	Przejścia optyczne i linie emisyjne	6
Ćw4	Statystyka fotonów i statystyka zdarzeń detekcyjnych	6
Ćw5	Koherencja i interferometria natężeniowa	6
Ćw6	Kolokwium	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład informacyjny wspomagany materiałem graficznym z elementami dyskusji

problemowej
N2. Ćwiczenia rachunkowe

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
P	PEU_W01,02, PEU_U01,02 PEU_K01,02	Kolokwium zaliczeniowe

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

P. Machnikowski, *Optyka kwantowa* – Skrypt do wykładu
M. Fox, *Quantum Optics. An Introduction* (Oxford 2006)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

M. O. Scully, M. S. Zubairy, *Quantum Optics* (Cambridge 1997)
C.C. Gerry, P.L. Knight, *Wstęp do optyki kwantowej* (PWN 2007)
Stanisław Kryszewski, *Quantum Optics*, <http://iftia9.univ.gda.pl/~sjk/QO-SK.pdf>
R. Tanaś, *Wykłady z optyki kwantowej*, <http://zon8.physd.amu.edu.pl/~tanas/optkwant.pdf>

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 .....Wstęp do informatyki i kryptografii kwantowej	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Introduction to Quantum Information Processing and Quantum Cryptography	
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	...
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15		15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50	25		25	
Forma zaliczenia	Egzamin	Zaliczenie na ocenę*		zaliczenie na ocenę*	
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2	1		1	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		1		1	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,44	0,68		0,68	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie z kwantowym podejściem do przetwarzania informacji (QIP)
 C2 Opanowanie podstawowych narzędzi i formalizmu kwantowej informatyki
 C3 Zapoznanie się z protokołami kryptografii kwantowej i komunikacji kwantowej

C4 Zapoznanie się z implementacjami kwantowej dystrybucji klucza (QKD)

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- podstawowa wiedza i rozeznanie z zakresu informatyki kwantowej i kwantowej kryptografii

PEU_W02 – wiedza o implementacjach kwantowej informatyki i kryptografii

Z zakresu umiejętności

PEU_K01 – wstępna umiejętność stosowania metod kwantowej informatyki

PEU_K02 – wstępna umiejętność w zakresie kwantowej dystrybucji klucza (QKD)

PEU_K03 – wstępna umiejętność studiowania literatury z zakresu informatyki kwantowej i kwantowej kryptografii

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 – wykształcenie niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia w zakresie kwantowej rewolucji w informatyce i technikach bezpieczeństwa informatycznego

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji w obszarze rozwijającej się informatyki kwantowej i jej wpływu na technologię

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Przedstawienie dziedziny informatyki kwantowej i obecnej kwantowej rewolucji w informatyce; przewaga informatyki kwantowej nad klasyczną, zarys stanu technologii w obszarze informatyki kwantowej	3
Wy2	Zarys formalizmu dla opisu przetwarzania informacji kwantowej, notacja Diraca,; postulaty mechaniki kwantowej w sformułowaniu informatycznym; nośniki informacji kwantowej, qubit, przetwarzanie informacji kwantowej w unitarnej ewolucji, problem nieodwracalności przetwarzania informacji klasycznej w algebrze Boole'a i utrata informacji, zasada Landauera, pomiar informacji kwantowej w ramach postulatu rzutowania von Neumanna, związek postulatu pomiaru z unitarnością ewolucji kwantowej, układy złożone/wielokubitowe, iloczyn tensorowy i iloczyn Kroneckera dla macierzy, splątanie kwantowe w wyniku oddziaływania i nieseparowalności op. ewolucji)	2

Wy3	Cechy splątania kwantowego i stanów mieszanych; czyste i mieszane stany qubitów; formalizm macierzy gęstości – opis stanu informacji a splątanie kwantowe, reprezentacja Schmidta, inne miary splątania kwantowego, entropia von Neumanna, ujemność entropii warunkowej dla stanów splątanych, definicja miary informacji kwantowej według entropii von Neumanna, związek entropii von Neumanna i Shannona dla zmiennej losowej definiowanej na kwantowym stanie mieszanym	2
Wy4	Stany Bella, supergęste kodowanie i nielokalna komunikacja informacji klasycznej QSDC, teleportacja kwantowa, interpretacja Jozsy, wymiana splątania kwantowego, kwantowe repeatery Zollera	2
Wy5	Sfera Blocha dla qubitów i jej własności, splątanie qubitów, paradoks EPR i teorie ukrytych zmiennych, złamanie nierówności Bella / CHSH na klasyczne limity korelacji pomiarowych, eksperyment Aspecta, wprowadzenie do procesów generacji splątanych fotonów (SPDC)	2
Wy6	Kwantowa teoria obwodów, jednoqubitowe i wieloqubitowe bramki dla komputera kwantowego, uniwersalny zbiór bramek kwantowych, oscylacje Rabiego, kryteria DiVincenzo dla realizacji komputera kwantowego i kwantowej kryptografii, kwantowa korekta błędów	2
Wy7	Twierdzenie no-cloning i bezpieczeństwo informacji kwantowej, twierdzenia no-deleting, no-broadcasting, ilustracja na bramce CNOT	2
Wy8	Algorytmy kwantowe, algorytm Shora, kwantowa transformata Fouriera i jej iloczynowa postać, zastosowania w faktoryzacji i znajdowaniu dyskretnego logarytmu, problem ukrytej podgrupy w teorii grup wg Kitaeva, algorytmy Deutscha-Jozsy, Simona, Grovera	2
Wy9	Losowość rzutowania von Neumanna i losowość w przejściach kwantowych wg złotej reguły Fermiego, kwantowe generatory liczb losowych QRNG, superwybór Żurka, pomiar jako całkowite defazowanie zredukowanej macierzy gęstości w unitarnej ewolucji z przyrządem pomiarowym, wieloqubitowe splątanie stanów, stany GHZ i W, przyjaciel Wignera, interpretacje prawdopodobieństwa i QBism, topologiczne interpretacje splątania kwantowego	2
Wy10	Kryptograficzne metody w klasycznej informatyce a kryptografia kwantowa; zagrożenia ze strony komputera kwantowego	2
Wy11	Protokoły QKD (quantum key distribution) na splątanych nośnikach informacji i na niesplątanych nośnikach (rola kwantowych generatorów liczb losowych), kwantowe pieniądze Wiesnera, protokół Bennetta-Brassarda BB84; zastosowanie splątania kwantowego w kryptografii kwantowej, protokół Ekerta (E91), odporność na ataki PNS w protokole BB84, uwierzytelnienie i ataki man-in-the-middle	2
Wy12	Zasady działania układów QKD na niesplątanych fotonach i splątanych fotonach, protokoły przygotuj-i-zmierz oraz splątaniowe, protokoły time-bin, kryptografia kwantowa niezależna od implementacji	2
Wy13	Kanał ciemny dla układów QKD, techniczne realizacje i poziom zaawansowania technologii QKD, defazowanie i depolaryzacja w światłowodach, satelitarne demonstracje QKD i teleportacji kwantowej (QUESS), program EuroQCI i sieci szkieletowe kwantowego internetu	2
Wy14	Komercyjne układy kryptografii kwantowej QKD Clavis II i QKD EPR S405 Quelle	2
Wy15	Komputery kwantowe i ich realizacje, model adiabaticznego	2

	komputera kwantowego, splątanie w procesorach kwantowych, nadprzewodzące architektury komputerów kwantowych, rezultaty kwantowej przewagi, dekoherencja i jej dynamika, związek między czasem dekoherencją a koherentnego sterowania, schematy konwersji ładunkowo-spinowych, topologiczne stopnie swobody dla komp. kw.	
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Macierz gęstości dla stanu mieszanego – hermitowskość, nieujemna określoność, ślad jednostkowy	2
Ćw2	Stopnie swobody qubitu w stanie czystym i w stanie mieszanym	2
Ćw3	Geometria stanów mieszanych, wypukłość zbiorów stanów mieszanych, sfera Blocha	2
Ćw4	Protokół teleportacji kwantowej w różnych ujęciach, w tym w teorii obwodów kwantowych	2
Ćw5	Przejścia kwantowe a oscylacje Rabiego – spinowe oscylacje Rabiego	2
Ćw6	Protokoły QKD na niesplątanych i splątanych fotonach	2
Ćw7	Własności splątania kwantowego i zastosowanie w informatyce kwantowej, dowód złamania nierówności Bella/CHSH dla stanów splątanych	2
Ćw8	Kolokwium	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Proj1	Zapoznanie się z instrukcją obsługi, budową i zasadą działania zestawu QKD na niesplątanych fotonach Clavis II w laboratorium kryptografii kwantowej NLTK, opanowanie warstwy hardwarowej i softwarowej (zapoznanie się z komponentami i oprogramowaniem), uruchomienie systemu i przeprowadzenie sesji kryptograficznej QKD Alice-Bob, sporządzenie szczegółowego sprawozdania	7,5
Proj2	Zapoznanie się z instrukcją obsługi, budową i zasadą działania zestawu QKD QuelleS405 na splątanych fotonach w laboratorium kryptografii kwantowej NLTK, opanowanie warstwy hardwarowej i softwarowej (zapoznanie się z komponentami i oprogramowaniem), uruchomienie systemu i kalibracja, przeprowadzenie sesji QKD Alice-Bob, sporządzenie szczegółowego sprawozdania	7.5
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład tradycyjny N2. Rozbudowane komentarze i dodatkowe konsultacje dla zainteresowanych studentów N3. Ćwiczenia tradycyjne N3. Skrypt do wykładu N4. Projekt w laboratorium kryptografii kwantowej NLTK

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_W01-3	kolokwium na ćwiczeniach 1
F2	PEU_W01-3	zaliczenie ćwiczeń (+ aktywność, prezentowanie rozwiązań zagadnień ćw, udział w dyskusjach)
F3	PEU_K01 PEU_K02 PEU_K03	zaliczenie projektu v
P	PEU_W01-3, PEU_U01-3, PEU-K01-2	egzamin

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Janusz Jacak, *Quantum information and cryptography*, Skrypt PWr, 2019\
 [2] M. A. Nielsen, I. L. Chuang, *Quantum Computation & Quantum Information*, Cambridge UP 2000
 [3] M. Jacak, I. Józwiak, J. Jacak, J. Gruber, W. Jacak, *Wprowadzenie do Kryptografii Kwantowej Implementacja protokołów kryptografii kwantowej na systemach niesplątanych fotonów (system Clavis II) i splątanych fotonów (system EPR S405 Quelle)*, Oficyna Wyd. PWr 2013

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] D. Bouwmeester, A. Ekert, A. Zeilinger, *The Physics of Quantum Information*, Springer Verlag 2000
 [2] A. Messiah, *Quantum Mechanics*, Dover Publ. 1999
 [3] L. Landau, I. Lifshitz, *Mechanika kwantowa*, PWN 2016
 [4] L. Landau, I. Lifshitz *Krótki kurs fizyki teoretycznej, tom II*, PWN 1978

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

dr hab. inż. Janusz E. Jacak, prof uczelni, janusz.jacak@pwr.edu.pl
dr hab. inż. Witold A. Jacak, prof uczelni, witold.aleksander.jacak@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Wstęp do fizyki półprzewodników	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Introduction to semiconductor 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 / 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)	75				
Forma zaliczenia	Egzamin	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)	1,44				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Zaliczone kursy: Mechanika kwantowa 1; Podstawy fizyki ciała stałego.

CELE PRZEDMIOTU

C1 Celem kursu jest nabycie podstawowej wiedzy (uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne) w dziedzinie fizyki półprzewodników, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu symetrii kryształu na strukturę pasm elektronowych oraz własności optyczne.

C2 Zdobyć umiejętności samodzielnego pozyskiwania wiedzy z literatury naukowej.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Student

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 posiada wiedzę w zakresie podstaw fizyki półprzewodników

PEU_W02 posiada wiedzę w zakresie symetrii kryształów i jej znaczenia dla struktury pasmowej

PEU_W03 posiada wiedzę w zakresie własności optycznych półprzewodników

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi analizować zjawiska fizyczne wykorzystując poznane metody opisu teoretycznego

PEU_U02 potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł i poddawać je krytycznej analizie

PEU_U03 posiada umiejętność samodzielnego uczenia się w zakresie zagadnień inżynierii kwantowej

PEU_U04 potrafi integrować i weryfikować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia

PEU_K02 rozumie potrzebę ciągłego podnoszenia kompetencji zawodowych

PEU_K03 potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny, innowacyjny i przedsiębiorczy

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1-Wy2	Teoria grup i reprezentacji.	4
Wy3-Wy4	Symetria kryształów.	3
Wy4-Wy5	Konsekwencje symetrii układów kwantowych.	3
Wy6-Wy7	Skutki symetrii translacyjnej oraz punktowej kryształu dla struktury pasmowej.	4
Wy8-Wy10	Przybliżenie masy efektywnej i metoda kp.	6
Wy11-Wy12	Przegląd struktur pasmowych najbardziej znanych półprzewodników. Modele Luttingera i Kane'a.	4
Wy13-Wy15	Teoria międzypasmowych przejść optycznych w półprzewodnikach. Reguły wyboru.	6
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykład problemowy.

N2 Konsultacje.

N3 Praca własna – przygotowanie do wykładu i 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
P	PEU_W01- PEU_W03 PEU_U01- PEU_U04 PEU_K01- PEU_K03	Egzamin pisemny

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] G. L. Bir, G. E. Pikus: Symetria i odkształcenia w półprzewodnikach. Państwowe Wydawnictwo Naukowe (Warszawa 1977).
- [2] R. S. Knox, A. Gold: Symmetry in the Solid State. W. A. Benjamin (New York 1964).
- [3] A. I. Anselm: Wstęp do teorii półprzewodników. Państwowe Wydawnictwo Naukowe (Warszawa 1967)
- [4] K. Sierański, M. Kubisa, J. Szatkowski, J. Misiewicz: Półprzewodniki i struktury półprzewodnikowe. Oficyna Wydawnicza PWr (Wrocław 2002)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] R. Enderlein, N. J. Horing: Fundamentals of Semiconductor Physics and Devices. World Scientific (Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, 1996)
- [2] P. Y. Yu, M. Cardona: Fundamentals of Semiconductors. Springer-Verlag (Berlin, 1996)
- [3] M. Cydlikowski: Elektry i dziury w półprzewodnikach. Państwowe Wydawnictwo Naukowe (Warszawa 1976)

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

Dr inż. Maciej Kubisa, maciej.kubisa@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Ogniw fotowoltaiczne	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Photovoltaic Solar Cells	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I stopień, stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	.....
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15	30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50	25	50		
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę	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	2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		1	2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,28	0,68	1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość podstaw fizyki ciała stałego.
2. Umiejętność wykonania prostych pomiarów elektrycznych i optycznych.

CELE PRZEDMIOTU

C1 Zaznajomienie studentów z podstawami fizycznymi działania fotoogniw, technologiami fotowoltaicznymi i systemami fotowoltaicznymi.

C2 Poznanie metodyki pomiarów najważniejszych parametrów charakteryzujących fotoogniwa.

C3 Nabycie umiejętności przeprowadzenia obliczeń rachunkowych parametrów struktur ogniw słonecznych.

C4 Nabycie umiejętności napisania raportu z przeprowadzonego eksperymentu
 C5 Nabycie umiejętności pracy w zespole

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zna podstawy fizyczne działania wybranych źródeł promieniowania i fotoprzetworników półprzewodnikowych, a w szczególności fotoogniów.

PEU_W02 zna podstawowe układy pracy źródeł promieniowania i fotoprzetworników półprzewodnikowych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi wyjaśnić podstawy fizyczne działania wybranych źródeł promieniowania, fotoprzetworników półprzewodnikowych a w szczególności fotoogniów i układy ich pracy.

PEU_U02 potrafi zestawić układ pomiarowy do badania charakterystyk fotoelektrycznych wybranych źródeł promieniowania, ogniów i fotoprzetworników półprzewodnikowych.

PEU_U03 potrafi obliczyć podstawowe parametry struktur półprzewodnikowych z których wykonane są wybrane źródła promieniowania i fotoprzetworniki półprzewodnikowe, a w szczególności fotoogniwa.

PEU_U04 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę samokształcenia

PEU_K02 potrafi poszukiwać rozwiązania i realizować postawione zadania w zespole

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Zasoby energetyczne. Technologie fotowoltaiczne i dostępność materiałów.	2
Wy2	Fotony. Prawa promieniowania CDC, spektrum promieniowania słonecznego i promieniowania źródeł nietermicznych (LED, laser). Jednostki radiometryczne, prawo Lamberta.	2
Wy3	Równania Maxwella. Wektor Poyntinga i natężenie światła. Oddziaływanie światła z materią. Oscylator Lorentza. Właściwości optyczne dielektryków.	2
Wy 4	Oddziaływanie światła z materią cd. - absorpcja i dyspersja. Absorpcja promieniowania elektromagnetycznego w półprzewodnikach z prostą i skośną przerwą wzbronioną.	2
Wy 5	Oddziaływanie światła z materią cd. - odbicie i transmitancja. Oscylator Drudego. Odbicie metaliczne. Częstość plazmowa. Odbicie silnie domieszkowanych półprzewodników.	2
Wy6	Statystyka elektronów i dziur w półprzewodnikach.	2

Wy 7	Rekombinacja bezpośrednia, Shockley'a-Read'a i rekombinacja Augera. Generacja optyczna i termiczna.	2
Wy8	Zjawiska nierównowagowe w półprzewodnikach. Mechanizmy transportu prądu w półprzewodnikach. Równanie ciągłości. Kwazi-poziomy Fermiego.	2
Wy9	Złącze p-n w równowadze i po spolaryzowaniu. Równanie Shockley'a. Równanie Poissona i jego rozwiązanie. Pojemność złącza.	2
Wy10	Podstawy działania fotoogniw. Diagram pasmowy ogniwa zwarte - rozwarte i obciążonego. Fotoprąd i kwazi-poziomy Fermiego.	2
Wy11	Fotodiody i ogniwa słoneczne rzeczywiste – mechanizmy transportu prądu, schemat zastępczy. Fotodiody w modzie fotowoltaicznym i w modzie fotoprzewodzącym.	2
Wy12	Ograniczenia wydajności ogniwa słonecznych. Granica Shockley'a Queissera. Straty w ogniwach i metody poprawy wydajności ogniwa.	2
Wy13	Technologie fotowoltaiczne. Ogniwa I, II i III generacji.	2
Wy14	Komponenty systemów fotowoltaicznych. Łączenie paneli. Diody bocznikujące. Projekt prostego systemu fotowoltaicznego.	2
Wy15	Test zaliczeniowy	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Wyznaczenie charakterystyki widmowej natężenia napromieniowania i strumienia fotonów Słońca i symulatora Słońca.	2
Ćw2	Zastosowanie prawa Lamberta –Beera. Funkcja dielektryczna i współczynnik załamania w dielektrykach.	2
Ćw3	Odbicie metaliczne. Częstość plazmowa w metalach i półprzewodnikach.	2
Ćw4	Koncentracja elektronów i dziur w półprzewodnikach samoistnych i domieszkowych. Poziomy Fermiego. Generacja optyczna i kwazi-poziomy Fermiego.	2
Ćw5	Wyznaczenie parametrów złącza p-n (potencjał wbudowany, szerokość obszaru zubożonego, pole elektryczne w złączu).	2
Ćw6	Wyznaczenie parametrów ogniwa na złączu p-n (napięcie rozwarcia, współczynnik wypełnienia, maksymalna moc, sprawność, fotoprąd).	2
Ćw7	Kolokwium zaliczeniowe	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie do laboratorium.	2
La2	Pomiar charakterystyki widmowej termicznych i nietermicznych źródeł promieniowania (symulatora światła słonecznego, diody LED i lasera półprzewodnikowego) odpowiednio przy użyciu detektora termicznego i detektora fotonowego. Wyznaczenie temperatury włókna żarówki symulatora oraz przerwy energetycznej LED i lasera.	4
La3	Pomiar charakterystyki spektralnej fotoefektu, jasnej i ciemnej I-V i C-V dla fotodiody na złączu Schottky'ego. Wyznaczenie bariery potencjału oraz koncentracji nośników w półprzewodniku.	4
La4	Pomiar charakterystyki spektralnej fotodiody półprzewodnikowej na złączu p-n: Si, Ge oraz ogniwa krzemowego. Wyznaczenie czułości, wydajności kwantowej i detekcyjności.	4
La5	Wyznaczenie widma współczynnika absorpcji oraz przerwy	4

	wzbronionej półprzewodnika (CdTe i GaN).	
La 6	Ogniwo słoneczne. Pomiar charakterystyki I-V (ciemnej i po oświetleniu ogniwa) w funkcji temperatury. Wyznaczenie parametrów ogniwa w funkcji temperatury. Dopasowanie modelem dwudiodowym.	4
La 7	Ogniwo słoneczne i fotodiody. Pomiar charakterystyki I-V w funkcji natężenia oświetlenia. Wyznaczenie punktu mocy maksymalnej i napięcia rozwarcia od rezystancji obciążenia. Sprawdzenie prawa odwrotnych kwadratów. Pomiar charakterystyk I-V LED.	4
La 8	Odróbka zajęć	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład tradycyjny z prezentacjami multimedialnymi uzupełniony demonstracjami zjawisk fizycznych.
 N2 E-materiały do wykładu umieszczone w Internecie.
 N3 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.
 N3 Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń audytoryjnych i kolokwium zaliczeniowego, laboratorium i przygotowanie do testu zaliczeniowego z wykładu.
 N4 Instrukcje - wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych.
 N5 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_W02, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_U04, PEU_K01, PEU_K02,	Aktywność podczas wykładu, odpowiedź ustna podczas ćwiczeń audytoryjnych, odpowiedź ustna podczas zajęć laboratoryjnych.
F2	PEU_W01	Test zaliczeniowy
F3	PEU_W01	Kolokwium zaliczeniowe
F4	PEU_W02	Raporty z ćwiczeń laboratoryjnych
P1 = (F1+F2)/2 (do wykładu)		
P2 = (F1+F3)/2 (do ćwiczeń audytoryjnych)		
P3 = (F1+F4)/2 (do zajęć laboratoryjnych)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Materiały do wykładu, laboratorium (wstępy teoretyczne oraz instrukcje robocze) i do ćwiczeń audytoryjnych, dostępne poprzez internet : <https://popko.wppt.pwr.edu.pl>
 [2] E.Płaczek-Popko, „Fizyka odnawialnych źródeł energii” Skrypt DBC
 [3] <https://pveducation.org/>
 [4] K.Jager i in. „Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems”
https://courses.edx.org/c4x/DelftX/ET.3034TU/asset/solar_energy_v1.1.pdf,

- [5] J.Nelson „The Physics of Solar Cells” Imperial College Press 2003
[6] Z. M. Jarzębski, Energia słoneczna: konwersja fotowoltaiczna, PWN, Warszawa 1990.
[6] D.A.Neamen „Semiconductor Physics and Devices”.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] M.Fox „Optical Properties of Solids” Oxford University Press 2010K.
[3] P.Wurfel „Physics of Solar Cells”, ed. Wiley-Vch, Weinham 2009.
[4] J.Nelson “ The Physics of Solar Cells” ed. Imperial College Press, London, 2009.

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

Ewa Popko, ewa.popko@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Metody symulacji fotoogniw	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Simulation methods of photovoltaic cells	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	.....
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50		50		
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		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)	1,28		1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość podstaw fizyki ciała stałego i fizyki półprzewodników
2. Podstawowa wiedza z zakresu fotowoltaiki.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie umiejętności symulowania charakterystyk parametrów pracy półprzewodników, złącza p-n i fotoogniwa.
- C2 Nabycie umiejętności projektowania fotoogniwa.
- C3 Nabycie umiejętności analizy otrzymanych wyników.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zna parametry fizyczne materiałów półprzewodnikowych stosowanych w ogniwach słonecznych (np. stała dielektryczna, koncentracja nośników swobodnych, koncentracja domieszek, powinowactwo elektronowe, przerwa energetyczna, potencjał wbudowany, poziom Fermiego, etc.)

PEU_W02 Zna i rozumie podstawy fizyczne półprzewodników, złącza Schottky'ego i złącza p-n, mechanizmy przepływu prądu oraz zjawiska fizyczne w złączu p-n.

PEU_W03 Zna i rozumie charakterystyki i podstawowe parametry opisujące pracę ogniw słonecznych, modułów fotowoltaicznych i systemów fotowoltaicznych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Potrafi napisać program do symulacji charakterystyk parametrów pracy półprzewodnika, złącza p-n czy fotoogniwa z wykorzystaniem środowiska w Matlabie

PEU_U02 Potrafi zinterpretować wyniki symulacji i porównać go z wynikami rzeczywistych pomiarów

PEU_U03 Potrafi napisać raport z wykonanych symulacji

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę samokształcenia

PEU_K02 potrafi poszukiwać rozwiązania i realizować postawione zadania w zespole

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do kursu oraz omówienie zasad zaliczenia. Ogniwa fotowoltaiczne – przypomnienie. Wprowadzenie do Matlab.	2
Wy2	Podstawowe parametry półprzewodników samoistnych i domieszkowanych – m. in. przewodność, ruchliwość, w zależności od parametrów zewnętrznych temperatury, oświetlenia. Poziom Fermiego i kwazo-poziomy Fermiego.	2
Wy3	Generacja i rekombinacja nośników w półprzewodniku. Rekombinacja bezpośrednia, SRH, rekombinacja Augera i rekombinacja powierzchniowa.	2
Wy4	Kontakt Schottky'ego. Równanie neutralności. Równanie Poissona i jego rozwiązanie. Diagram pasmowy w stanie równowagi.	2
Wy5	Wyznaczanie profilu koncentracji półprzewodników z eksperymentu – porównanie rzeczywistych wyników z symulacją.	2
Wy6	Złącze p-n. Równanie neutralności. Równanie Poissona i jego rozwiązanie. Diagram pasmowy w stanie równowagi.	2
Wy7	Równanie ciągłości dla elektronów i dziur. Profil koncentracji nośników dla złącza p-n spolaryzowanego w kierunku przewodzenia i dla złącza oświetlonego, przy założeniu jednorodnej generacji światłem.	2
Wy8	Warstwy antyrefleksyjne – używane materiały oraz sposób doboru ich parametrów.	2
Wy9	Model dwudiodowy ogniwa	2

Wy10	Modyfikacja oświetlanej powierzchni w celu zmniejszenia strat związanych z odbiciem światła i z rekombinacją powierzchniową. Optymalizacja wymiarów kontaktów znajdujących się na powierzchni oświetlanej i tylnej ogniwa.	2
Wy 11	Analiza wpływu warunków brzegowych (potencjał, rodzaj kontaktów metalicznych, rekombinacja powierzchniowa itp.) i parametrów materiałowych (grubość emitera i absorbera, długość drogi dyfuzji, czas życia nośników) oraz warunków oświetlenia na sprawność ogniwa.	2
Wy12	Moduły fotowoltaiczne – budowa, integracja wymagania.	2
Wy13	Systemy fotowoltaiczne – działanie, elementy składowe, wymagania	2
Wy14	Projektowanie i modelowanie systemu fotowoltaicznego	2
Wy15	Test zaliczeniowy	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Zajęcia wprowadzające: zapoznanie z Matlabem i omówienie wymagań dotyczących raportu z ćwiczeń. Zapoznanie się z zasadami zaliczenia kursu.	2
La2	Analiza wpływu warunków zewnętrznych (np. temperatury, oświetlenia) na wybrane parametry półprzewodnika typu n i typu p, otrzymane z symulacji z wykorzystaniem Matlaba.	2
La3	Symulacja procesów generacji i rekombinacji w półprzewodnikach.	2
La4	Analityczne rozwiązane równania Poissona dla złącza Schottky'ego w stanie równowagi.	2
La5	Numeryczne rozwiązanie równania Poissona dla złącza Schottky'ego	2
La6	Wykorzystanie równania Poissona do wyznaczenia koncentracji nośników w rzeczywistych złączach	2
La7 La8	Analityczne i numeryczne rozwiązanie równania Poissona pasmowego dla złącza p-n i heterozłącza w stanie równowagi.	4
La9	Wpływ oświetlenia i przyłożonego pola elektrycznego na profil koncentracji nośników i diagram pasmowy dla złącza Schottky'ego oraz p-n	2
La10	Optymalizacja warstwy antyrefleksyjnej w celu zminimalizowania współczynnika odbicia	2
La11	Model dwudiodowy – wpływ parametrów elektrycznych fotoogniwa na jego sprawność	2
La12	Symulacje „jasnych” charakterystyk prądowo-napięciowych fotoogniwa z wykorzystaniem Matlaba. Badanie wpływu warunków brzegowych (potencjał, rodzaj kontaktów metalicznych, rekombinacja powierzchniowa itp.), parametrów materiałowych (grubość emitera i absorbera, długość drogi dyfuzji, czas życia nośników) oraz warunków zewnętrznych (np. temperatury, oświetlenia) na parametry pracy ogniwa.	2
La13 La14	Projektowanie systemu fotowoltaicznego o zadanych parametrach i symulacja jego pracy w zadanych warunkach zewnętrznych.	4
La15	Omówienie raportów, wystawienie ocen z przedmiotu.	2

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1 Wykład tradycyjny z prezentacjami multimedialnymi uzupełniony demonstracjami zjawisk fizycznych.
N2 E-materiały do wykładu umieszczone w Internecie.
N3 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.
N4 Materiały do ćwiczeń laboratoryjnych.
N5 Praca własna – przygotowanie do laboratorium i kolokwium zaliczeniowego z wykładu, wykonanie raportów z 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_W02, PEU_W03,PEU_U01,PEU_U02, PEU_U03,PEU_K01,PEU_K02	Aktywność podczas wykładu, odpowiedź ustna podczas zajęć laboratoryjnych.
F2	PEU_W01,PEU_W02,PEU_W03	Kolokwium zaliczeniowe z wykładu
F3	PEU_W01,PEU_W02, PEU_W03,PEU_U01,PEU_U02, PEU_U03,PEU_K01, PEU_K02	Raporty z ćwiczeń laboratoryjnych
P1 = (F1+F2)/2 (do wykładu)		
P3 = (F1+F3)/2 (do zajęć laboratoryjnych)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></p> <p>[1] Materiały do wykładu, laboratorium (prezentacje, listy zadań), dostępne poprzez internet: https://gwozdz.wppt.pwr.edu.pl/</p> <p>[2] E.Płaczek-Popko, „Fizyka odnawialnych źródeł energii” Skrypt DBC</p> <p>[3] https://pveducation.org/</p> <p>[4] Arno Smets, Klaus Jager, Olindo Isabella, Rene van Swaaij, “Solar Energy: The Physics and Engineering of Photovoltaic Conversion, Technologies and Systems”</p> <p>[5] J.Nelson „The Physics of Solar Cells” Imperial College Press 2003</p> <p>[6] Z. M. Jarzębski, Energia słoneczna: konwersja fotowoltaiczna, PWN, Warszawa 1990.</p> <p>[7] D.A.Neamen „Semiconductor Physics and Devices”.</p> <p>[8] Weidong Xiao “Photovoltaic Power System”</p> <p>[9] Dokumentacja środowiska Matlab</p> <p>[10] Rudra Pratap “Matlab dla naukowców i inżynierów”</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA</u></p> <p>[1] M.Fox „Optical Properties of Solids” Oxford University Press 2010K.</p>

[2] P.Wurfel „Physics of Solar Cells”, ed. Wiley-Vch, Weinham 2009.

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

Katarzyna Gwóźdź, katarzyna.r.gwozdz@pwr.edu.pl

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

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)				10	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)				75	
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)				0,40	

*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 inżynierskiej.

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 / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Seminarium dyplomowe	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Diploma seminar	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy	
Kod przedmiotu FTP002012S	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					75
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					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)					1,28

*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. Dyskusja w grupie seminaryjnej nt. stanu wiedzy literaturowej i założonej koncepcji rozwiązania stawianych sobie problemów, składających się na pracę dyplomową.	10
Se2	Wstępna prezentacja wyników pracy dyplomowej.	10
Se3	Prezentacja ukończonej pracy dyplomowej	8
Se4	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,U01,K01	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)
--

Maciej Maśka (maciej.maska@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim	Praktyka
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Training period.....
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	Inżynieria kwantowa.....
Specjalność (jeśli dotyczy):	.....
Poziom i forma studiów:	I stopień , stacjonarna,
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy
Kod przedmiotu	FTP002078Q.....
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	150				
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	6				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	6				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	6,00				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. wymagania wstępne określone przez pracodawcę
2. ukończone 4 semestry studiów I stopnia
- 3.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 zdobycie doświadczenia w przemyśle i laboratoriach badawczych związanych z szeroko rozumianą dziedziną fotowoltaiki,
- C2 zdobycie doświadczenia w przemyśle i laboratoriach badawczych związanych z informatyką i informatyką kwantową,

C3 zdobycie doświadczenia w realizacji projektów badawczych dotyczących zagadnień fizycznych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 posiada podstawową wiedzę teoretyczną i praktyczną dotyczącą obszaru działalności pracodawcy

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 posiada umiejętności dotyczące praktycznej realizacji zadań w zakresie działalności pracodawcy

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 kształtuje kompetencje związane z pracą w zespole,

PEU_K02 nabywa kompetencje dotyczące etyki wykonywania zawodu

TREŚCI PROGRAMOWE

Treści programowe są określane przez pracodawcę.		Liczba godzin
Suma godzin		180

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Praca własna studentów

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		ocena wykonania zadań wystawiona przez pracodawcę
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

- | |
|--|
| [1] zakres literatury określa pracodawca |
| [2] |
| [3] |
| [4] |

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

Władysław Woźniak, wladyslaw.wozniak@pwr.edu.pl
--

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Praca dyplomowa inżynierska - 2	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Engineering diploma thesis - 2	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I 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)				300	
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				12	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				12	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)				1,20	

*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 dyplomowej

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 inżynierskiej.
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> [1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> [1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium</p>
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
Opiekun pracy dyplomowej

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Zagrożenia cywilizacyjne. OZE a ochrona środowiska i klimatu.	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Threats of civilization. RES and environmental and climate protection.	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I 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)	50				
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)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Ma podstawową wiedzę w zakresie praw przyrody i fizyki.
2. Ma podstawową wiedzę w zakresie fotowoltaiki.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zdobyć wiedzę w zakresie rodzajów zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem środowiska.
- C2 Poznać podstawowych zasad polityki ekologicznej i energetycznej wraz z rozwiązaniami w zakresie OZE.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 Ma wiedzę na temat rodzajów zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem środowiska.
- PEU_W02 Zna podstawowe rozwiązania w zakresie pozyskiwania energii z różnych źródeł.
- PEU_W03 Jest w stanie omówić podstawowe elementy zasad polityki ekologicznej, energetycznej oraz zrównoważonego rozwoju.

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01 Rozumie potrzebę ciągłego doszkalania się.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wykład wprowadzający. Wstępna charakterystyka problemów środowiskowych. Kryteria klasyfikacji i przykłady głównych zagrożeń środowiskowych.	2
Wy2 Wy3	Zmiany w środowisku o zasięgu globalnym - przykłady. Specyfika i złożoność systemu klimatycznego. Przykłady i charakterystyka zjawisk będących przyczyną i efektem zmian klimatu.	4
Wy4	Dziura ozonowa jako skutek emisji antropogennej.	2
Wy5	Promieniowanie elektromagnetyczne/ionizujące - ocena zagrożeń.	2
Wy6	Człowiek i jego ingerencja w zasoby przyrody.	2
Wy7	Choroby cywilizacyjne jako efekt działalności człowieka.	2
Wy8 Wy9	Charakterystyka źródeł i trendów zmian zanieczyszczeń powietrza oraz gazów cieplarnianych a konieczność stosowania w zakresie OZE.	4
Wy10 Wy11	Rozwiązania techniczne i technologiczne w zakresie pozyskiwania energii z różnych źródeł z przykładami rozwiązań innowacyjnych i charakterystyką aspektów ekonomicznych.	4
Wy12 Wy13	Charakterystyka elementów i rozwój polityki ekologicznej, energetycznej oraz teorii zrównoważonego rozwoju.	4
Wy14	Finansowanie i koszty ochrony środowiska.	2
Wy15	Zaliczenie	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład informacyjno-multimedialny.

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)		
P	PEU_W01, PEU_W02, PEU_W03	Kolokwium zaliczeniowe

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Misiołek A., Kowal E., Bień: Ekologia. PWE. 2021
- [2] Budziszewska M., Kardaś A., Bohdanowicz Z.: Klimatyczne ABC. Interdyscyplinarne podstawy współczesnej wiedzy o zmianie klimatu. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. 2021
- [3] Kakar N., Popovski V., Robinson N.S. (eds.): Fulfilling the Sustainable Development Goals. On a Quest for a Sustainable World. Routledge. 2021
- [4] Zieliński S., Skażenia chemiczne w środowisku, Ofi. Wyd. P. Wr., Wrocław, 2000.
- [5] Ewa Klugmann-Radziemska, Lewandowski Witold M.: Proekologiczne odnawialne źródła energii Kompendium. PWN. 2022
- [6] Grażyna Jastrzębska: Energia ze źródeł odnawialnych i jej wykorzystanie. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ. 2017.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Prandecki K. (red.) , Burchard-Dziubińska (red.) M.: Zmiana klimatu - skutki dla polskiego społeczeństwa i gospodarki. Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus” przy Prezydium PAN. 2020
- [2] Trzepacz P. (red.): Zrównoważony rozwój - wyzwania globalne. Podręcznik dla uczestników studiów doktoranckich, IGiGP UJ, Kraków. 2012.
- [3] Kramer M., Brauweiler J., Nowak Z.: Międzynarodowe zarządzanie środowiskiem. Wyd. C.H. Beck. 2005.

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

Izabela Sówka, izabela.sowka@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim Wybrane zagadnienia fizyki ciała stałego

Nazwa w języku angielskim Selected problems of the solid state physics

Kierunek studiów: Inżynieria Kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I 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)	75				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	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 kontaktu (BU)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

C1 Uzyskanie wiedzy dotyczącej podstawowych własności fizycznych metali oraz cechujących je zjawisk fizycznych.

C2 Nabycie umiejętności formułowania i rozwiązywania podstawowych zagadnień dotyczących zjawisk fizycznych w metalach.

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- wiedza dotycząca struktury pasmowej metali.

PEU_W02 – wiedza dotycząca własności termodynamicznych metali.

PEU_W03 – wiedza dotycząca własności metali w stałym polu magnetycznym.

PEU_W04 – wiedza dotycząca własności metali w polu zmiennym polu magnetycznym.

PEU_W05 - wiedza dotycząca wybranych metod eksperymentalnych stosowanych do wyznaczania powierzchni Fermiego.

PEU_W06 – wiedza dotycząca zjawisk termoelektrycznych i galwanomagnetycznych.

PEU_W07- wiedza dotycząca zjawisk dwucząstkowych w metalach.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania teoretycznych modeli w opisie własności elektronowych i fononowych metali.

PEU_U02 – umiejętność analizy zjawisk magnetycznych w metalach.

PEU_U03 – umiejętność kwaziklasycznego opisu zjawisk transportu w metalach.

PEU_U04 - umiejętność stosowania połączonej gęstości stanów w jakościowej analizie zjawisk dwucząstkowych w metalach.

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	Struktura pasmowa metali, pasmo przewodnictwa.	2
Wy2	Silnie zdegenerowany gaz elektronów swobodnych w metalu.	2
Wy3	Elektronowe ciepło właściwe.	2
Wy4	Fonony akustyczne w przybliżeniu Debye'a. Fononowe ciepło właściwe. Prawo Dulonga-Petita.	2
Wy5	Elektrony w polu magnetycznym - kwantowanie poziomów	2

	energetycznych, degeneracja poziomów Landaua.	
Wy6	Kwant strumienia pola magnetycznego.	1
Wy7	Paramagnetyzm Pauliego. Diamagnetyzm Landaua.	3
Wy8	Efekt de Haasa - van Alphen. Efekt Szubnikowa – de Hassa. Metody badania powierzchni Fermiego.	4
Wy9	Metal w polu magnetycznym wysokiej częstotliwości. Efekt naskórkowy.	2
Wy10	Przewodnictwo metali. Prawo Wiedemanna-Franza.	2
Wy11	Zjawiska termoelektryczne.	2
Wy12	Zjawiska galwanomagnetyczne.	2
Wy13	Połączona gęstość stanów. Nesting powierzchni Fermiego.	2
Wy14	Oddziaływania dwucząstkowe – nadprzewodnictwo. Dynamika rozpraszania elektronów na domieszce – mikroskopia tunelowa.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.
N2. Konsultacje.
N3. Praca własna

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_W07 PEU_K01 ÷ PEU_K03 PEU_U01 ÷ PEU_U04	Udział w wykładach, praca własna, kolokwium, aktywność na zajęciach.
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

- | |
|---|
| [1] N.W. Ashcroft, N.D. Mermin „Fizyka ciała stałego”, PWN 1986 |
| [2] A.A. Abrikosov „Fundamentals of the Theory of Metals”, North-Holland 1988 |
| [3] C. Kittel „Wstęp do fizyki ciała stałego”, PWN 1976 |

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

- | |
|--|
| [1] H. Ibach, H. Luth „Fizyka ciała stałego”, PWN 1996 |
| [2] J.M. Ziman „Wstęp do teorii ciała stałego”, PWN 1977 |

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

Grzegorz Harań, haran@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów techniki**KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa w języku polskim:	Wstęp do klasycznej teorii pola
Nazwa w języku angielskim:	Introduction to classical field theory
Kierunek studiów:	Inżynieria Kwantowa
Stopień studiów i forma:	I stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	wybieralne
Kod przedmiotu:	
Grupa kursów:	Nie

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	0			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75	0			
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	0			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3	0			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	-	0			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	1,28	0			

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Znajomość fizyki ogólnej, analizy matematycznej i algebry na poziomie studiów fizyki 1. stopnia
2. Znajomość podstaw mechaniki klasycznej

CELE PRZEDMIOTU

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

1. 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 - Potrafi w sposób kompetentny i samodzielnie posługiwać się złożonym aparatem matematycznym.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy 1	Czasoprzestrzeń Minkowskiego, grupa Poincare, pole	2
Wy 2	Funkcja Lagrange'a 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	Wprowadzenie do hydrodynamiki	4
	Suma godzin	30

2. STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład – metoda tradycyjna z wykorzystaniem multimediów N2. Konsultacje

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_U01-U03	
F2	PEU_W01-W03	Pisemne zaliczenie
P = F2 z uwzględnieniem F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA</u></p> <p>[1] L. D. Landau, E. M. Lifszyc; <i>Klasyczna teoria pola</i>, Warszawa 2009. [2] K. A. Meissner; <i>Klasyczna teoria pola</i>, Warszawa 2002 [3] J. D. Jackson; <i>Elektrodynamika klasyczna</i>, Warszawa 1982. [4] A. Zangwill, <i>Modern Electrodynamics</i>, Cambridge University Press, 2003. [5] H. Nastase; <i>Classical Field Theory</i>, Cambridge University Press, 2019. [6] S. M. Carroll; <i>Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity</i>, Addison Wesley 2003.</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA</u></p> <p>[1] P. Gusin, <i>Klasyczna teoria pola</i> [skrypt] Wrocław 2020 [2] J. Solá, <i>Cosmological constant and vacuum energy: old and new ideas</i>, Journal of Physics: Conference Series 453 (2013) 012015. [3] S. Weinberg, <i>The cosmological constant problem</i>, Review of Modern Physics 61 (1989), 1-23. [4] T. M. Davis and C. H. Lineweaver, <i>Expanding Confusion: Common Misconceptions of Cosmological Horizons and the Superluminal Expansion of the Universe</i>, Astronomical Society of Australia, Vol. 21, No. 1, p. 97--109; February 2004. [arXiv: astro-ph/0310808]</p>
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
Piotr Surówka, piotr.surowka@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Wstęp do fizyki dielektryków	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Introduction to Physics of Dielectrics	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I / stacjonarna /
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP001092W
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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)	1.28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Kompetencje w zakresie podstaw analizy matematycznej i algebry, fizyki ogólnej oraz podstaw fizyki ciała stałego.
2. Kompetencje w zakresie prowadzenia pomiarów fizycznych, opracowania i prezentacji wyników pomiarów
3. Kompetencje w zakresie statystycznej analizy wyników pomiarów oraz szacowania niepewności pomiarów.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie wiedzy w zakresie opisu podstawowych wielkości charakteryzujących dielektryki.
 C2 Nabycie wiedzy w zakresie mechanizmów dyspersji przenikalności elektrycznej oraz wpływu

poła lokalnego na procesy relaksacji w dielektrykach.

C3. Nabycie wiedzy i umiejętności uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne w zakresie metod pomiarów pojemności i zespolonej przenikalności elektrycznej.

C4. Nabycie wiedzy w zakresie fenomenologicznego opisu właściwości fizycznych dielektryków, ferroelektryków i multiferroików, relacji między tymi wielkościami oraz ich związku z symetrią materiału.

C5. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu właściwości elektromechanicznych materiałów, metod pomiarowych oraz zastosowań tych zjawisk w nauce i technice.

C6. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu i mechanizmów polaryzacji spontanicznej, zjawiska piroelektrycznego i efektu elektrokalorycznego, oraz metod ich badania i przykładów zastosowań w szczególności piroelektrycznych detektorów promieniowania podczerwonego i termowizji.

C7. Nabycie wiedzy w zakresie klasyfikacji i opisu właściwości fizycznych dielektryków w otoczeniu przemian fazowych.

C8. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu i mechanizmów ferroelektrycznych przemian fazowych.

C9. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie mechanizmów i opisu izostrukturalnych przemian fazowych, zjawisk krytycznych i ponadkrytycznych.

C10. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie mechanizmów i opisu właściwości piezoelektrycznych i deformacji spontanicznej ferroelektryków, metod ich badania i przykładów zastosowań.

C11. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu właściwości dielektryków polarnych w warunkach wysokich ciśnień oraz metodyki badań ciśnieniowych.

C12. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu i metod badania właściwości termicznych materiałów ferroicznych i multiferroicznych.

C13. Nabycie wiedzy w zakresie opisu i metod badań optycznych materiałów ferroicznych, w szczególności zjawisk elektrooptycznych Pockelsa i Kerra.

C14. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu i metod badania oraz zastosowań nieliniowych właściwości optycznych ferroików.

C15. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie metod otrzymywania i badania efektów rozmiarowych w nanoferroelektrykach i nanokompozytach ferroelektrycznych otrzymywanych na bazie szkieł porowatych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 – zna i rozumie pojęcia polaryzacji, przenikalności i podatności elektrycznej w postaci zespolonej, modułu elektrycznego oraz związku między tymi wielkościami

PEU_W02 – posiada wiedzę na temat mechanizmów relaksacji dielektrycznej oraz poła lokalnego, zna sposoby opisu i interelektrycznego

PEU_W03 – zna i rozumie zasady pomiaru pojemności i przenikalności elektrycznej oraz zastosowania metod pojemnościowych do pomiarów różnych wielkości fizycznych.

PEU_W04 – zna i rozumie relacje między właściwościami dielektryków, ferroików i multiferroików a w szczególności między zjawiskami sprzężonymi.

PEU_W05 – posiada wiedzę na temat opisu zjawiska piezoelektrycznego i elektrostrykcji, właściwości elektromechanicznych materiałów oraz metod ich badania i ich zastosowań w nauce i technice.

PEU_W06 – posiada wiedzę na temat zjawiska piroelektrycznego, metod pomiaru tego zjawiska oraz zasady działania i przykładów zastosowań piroelektrycznych detektorów promieniowania podczerwonego.

PEU_W07 – posiada wiedzę na temat klasyfikacji przemian fazowych oraz osobliwości

właściwości fizycznych materiałów w otoczeniu przemian fazowych.

PEU_W08 – posiada wiedzę na temat opisu i klasyfikacji ferroelektryków oraz mechanizmów ferroelektrycznych przemian fazowych.

PEU_W09 – zna i rozumie mechanizmy i opis ferroelektrycznych przemian fazowych pierwszego rodzaju, zjawisk krytycznych, trójkrytycznych i izostrukuralnych przemian fazowych.

PEU_W10 – zna specyfikę zjawiska piezoelektrycznego i elektrostrykcji w materiałach ferroelektrycznych oraz zjawiska deformacji spontanicznej i jej związku ze strukturą domenową i polaryzacją spontaniczną.

PEU_W11 – posiada wiedzę na temat wpływu ciśnienia i naprężeń mechanicznych na przemiany fazowe a w szczególności na przejścia fazowe i właściwości fizyczne ferroików, zna i rozumie metody badania właściwości fizycznych materiałów w warunkach wysokich ciśnień hydrostatycznych.

PEU_W12 – posiada wiedzę na temat opisu i metod pomiaru właściwości termicznych materiałów w szczególności materiałów ferroicznych oraz związku tych właściwości z mechanizmami i charakterystykami przemian fazowych.

PEU_W13 – posiada pogłębioną wiedzę na temat właściwości optycznych ferroików a w szczególności właściwości Pockelsa i Kerra.

PEU_W14 - posiada wiedzę na temat optycznych zjawisk nieliniowych, związku tych właściwości z polaryzacją spontaniczną, strukturą domenową oraz metod badania i zastosowań tych właściwości.

PEK_W15 – posiada wiedzę w zakresie efektów rozmiarowych w materiałach ferroicznych, metod otrzymywania i badania nanokompozytów ferroicznych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – potrafi opisać i zinterpretować pojęcia stosowane do opisu właściwości dielektryków w szczególności zespoloną postać przenikalności, podatności elektrycznej oraz modułu elektrycznego i tensorowego charakteru tych wielkości.

PEU_U02 – potrafi zinterpretować różne formy prezentacji zjawiska dyspersji i relaksacji dielektrycznej oraz zaproponować sposób opisu i interpretacji wyników badań eksperymentalnych.

PEU_U03 – potrafi wykonać pomiary pojemności i przenikalności elektrycznej oraz zaproponować sposoby pomiarów różnych wielkości fizycznych z wykorzystaniem metod pojemnościowych.

PEU_U04 – potrafi zaproponować i wykonać pomiary właściwości fizycznych niezbędnych do charakteryzacji różnego typu materiałów: dielektryków liniowych, piezoelektryków, ferroików i multiferroików.

PEU_U05 – potrafi wykonać badania właściwości piezoelektryków oraz zastosować materiały i metody piezoelektryczne w różnych dziedzinach nauki i techniki.

PEU_U06 – potrafi wykonać badania podstawowych właściwości ferroelektryków, zinterpretować wyniki pomiarów materiałów ferroelektrycznych i zaproponować sposoby ich opisu oraz zastosowań praktycznych.

PEU_U07 – potrafi wykorzystać wiedzę z zakresu przemian fazowych do wyjaśnienia i opisu zjawisk zachodzących w przyrodzie, zastosowania przemian fazowych w energetyce oraz działaniu różnego typu urządzeń.

PEU_U08 – potrafi wykorzystać wiedzę na temat różnego typu ferroicznych przemian fazowych do wyjaśnienia zjawisk zachodzących w różnego typu materiałach oraz zaproponować ich praktyczne zastosowania.

PEU_U09 – potrafi opisać specyfikę właściwości fizycznych i zinterpretować wyniki badań materiałów wykazujących ferroiczne przemiany fazowe pierwszego rodzaju, przemiany izostrukuralne oraz zjawiska krytyczne.

PEU_U10 – potrafi opisać właściwości piezoelektryczne i deformację spontaniczną różnego typu ferroelektryków oraz wykorzystać specyfikę tych właściwości do rozwiązywania wybranych problemów naukowych i technicznych.

PEU_U11 – potrafi wykonać i zinterpretować pomiary właściwości fizycznych różnego typu materiałów w warunkach wysokich ciśnień.

PEU_U12 – potrafi wykonać pomiary właściwości termicznych materiałów (kalorymetryczne dylatometryczne i przewodności cieplnej) i zinterpretować ich wyniki.

PEU_U13 – potrafi wykonać badania oraz opisać właściwości optyczne materiałów ferroicznych, w szczególności elektrooptycznych zjawisk Pockelsa i Kerra.

PEU_U14 – potrafi opisać metody badań optycznych efektów nieliniowych oraz zaproponować zastosowania tych właściwości do rozwiązywania wybranych problemów naukowych i technicznych.

PEU_U15 – potrafi zaproponować metodykę otrzymywania nanomateriałów nanoferroicznych i kompozytów multiferroicznych, metody ich badania oraz interpretacji wyników pomiarów.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie

PEU_K02 potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role, także kierownicze

PEU_K03 potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy, potrafi określić priorytety służące realizacji określonego zadania

PEU_K04 jest świadom własnych ograniczeń i wie, kiedy zwrócić się do ekspertów

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Dielektryk w stałym i zmiennym polu elektrycznym – podstawowe pojęcia i definicje. Przenikalność elektryczna jako tensor, zespolona postać przenikalności elektrycznej, moduł elektryczny.	2
Wy2	Dyspersja i absorpcja rezonansowa, pole lokalne, makroskopowy model dyspersji Debye'a.	2
Wy3	Metody pomiaru pojemności i przenikalności elektrycznej oraz przykłady zastosowania tych metod do badania innych wielkości fizycznych a w szczególności kontroli nanopozycjonerów.	2
Wy4	Termodynamika dielektryków i multiferroików, rozwinięcia liniowe oraz tożsamości Maxwella. Związki między właściwościami fizycznymi dielektryków, zjawiska sprzężone.	2
Wy5	Proste i odwrotne zjawisko piezoelektryczne i elektrostrykcja – sposoby opisu oraz związków z symetrią kryształów, metody badania i przykłady zastosowań zjawiska piezoelektrycznego w optyce i nanotechnologii.	2
Wy6	Dielektryki polarne polaryzacja spontaniczna, zjawisko piroelektryczne i elektrokaloryczne, metody badania i przykłady zastosowań, piroelektryczne detektory promieniowania podczerwonego i przetworniki energii cieplnej na elektryczną małej mocy.	2
Wy7	Przemiany fazowe, klasyfikacje przemian fazowych, anomalie własności fizycznych w otoczeniu przemian fazowych.	2

Wy8	Ferroelektryczne przejścia fazowe, klasyfikacje i sposoby opisu. Właściwości fizyczne ferroelektryków wykazujących przemiany fazowe drugiego rodzaju.	2
Wy9	Ferroelektryczne przejścia fazowe pierwszego rodzaju – opis fenomenologiczny, temperatury charakterystyczne, przemiany krytyczne, izostrukturalne przemiany fazowe.	2
Wy10	Właściwości piezoelektryczne ferroelektryków, ferroelektryki centrosymetryczne i niecentrosymetryczne w fazie paraelektrycznej, deformacja spontaniczna i rozszerzalność termiczna.	2
Wy11	Wpływ ciśnienia hydrostatycznego na ferroelektryczne przejścia fazowe, równania Clapeyrona–Clausiusa i Ehrenfesta, metody badań właściwości fizycznych materiałów w warunkach wysokich ciśnień i naprężeń.	2
Wy12	Metody opisu i badania właściwości termicznych ferroików, kalorymetria, dylatometria i przewodność cieplna.	2
Wy13	Własności optyczne ferroików, dwójłomność spontaniczna i wymuszona, zjawiska Pockelsa i Kerra.	2
Wy14	Zastosowania zjawisk elektrooptycznych do sterowania wiązką światła. Elementy optyki nieliniowej: generacja drugiej harmonicznej i optyczne mieszanie częstości.	2
Wy15	Efekty rozmiarowe w ferroelektrykach, kompozyty ferroelektryczne i multiferroiczne	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		
Ćw2		
Ćw3		
Ćw4		
..		
	Suma godzin	

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1		
La2		
La3		
La4		
La5		
...		
	Suma godzin	

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1		
Pr2		
Pr3		
Pr4		
...		
	Suma godzin	

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1		
Se2		
Se3		
...		
	Suma godzin	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem transparencji, slajdów, demonstracji i pokazów praw/zjawisk fizycznych.
N2. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium zaliczeniowego.
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
P (wykład)	wszystkie zapisane	Kolokwium pisemno-ustne

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p>LITERATURA PODSTAWOWA:</p> <p>[1]. A. Ciżman, R. Poprawski, A. Sieradzki, Dielectric Physics, Introduction to Selected Problems of Dielectric Physics, PrintPAP Łódź, 2011.</p> <p>[2]. A. Chełkowski, Fizyka dielektryków, PWN (1972).</p> <p>[3]. Zagadnienia fizyki dielektryków; praca zbiorowa pod red. T. Krajewskiego, W.K.Ł. (1972).</p> <p>[4]. F. Kaczmarek, Wstęp do fizyki laserów, PWN (1978).</p> <p>[5]. Przemiany fazowe, redakcja: A.Graja i A.R. Ferchmin, Małe monografie Instytutu Fizyki molekularnej Tom 2. Ośrodek Wydawnictw Naukowych Poznań 2003.</p> <p>[6]. Y.Xu, Ferroelectric materials and their applications, North-Holland (1991).</p> <p>[7]. M.E. Lines and A.M. Glass, Principles and application of ferroelectrics and related materials, Clarendon Press, Oxford (1977).</p> <p>[8]. B.A. Strukov and A. P. Levanyuk, Ferroelectric Phenomena in Crystals Springer, Berlin, Heidelberg (1998) (Fiziczeskije osnovy siegnietoelektriczieskich javlenij w kristallach, Nauka, Fizmatlit, Moskwa (1995)).</p> <p>[9]. J Klamut, K. Durczewski, J. Sznajd, Wstęp do fizyki przejść fazowych, Osolineum (1979).</p> <p>[10]. J.F. Nye, Physical Properties of Crystals- their representation by tensors and matrices, Oxford (1985).</p> <p>[11]. Materiały dydaktyczne – www.gdp.if.pwr.wroc.pl</p>
<p>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</p> <p>[1] G. Grimvall, Thermophysical properties of materials, North-Holland (1986). J. Toledano, P. Toledano, The Landau Theory of phase transitions, World Scientific (1987).</p>

[2] J.F. Scot, Ferroelectric Memories, Springer Series in Advanced Microelectronics 3, Berlin, Heidelberg (2000).

[3] R. Blinc and B. Zeks, Soft modes in ferroelectrics and antiferroelectrics, North-Holland, (1974).

[4] Wybrane artykuły przeglądowe z czasopism naukowych i popularnonaukowych.

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

Dr. Inż. hab. Agnieszka Cizman, agnieszka.cizman@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim	Wstęp do teorii przejść fazowych
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Introduction to phase transitions
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	FZP001233W
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. analizy matematycznej i algebry
2. termodynamiki i fizyki statystycznej

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Uzyskanie wiedzy dotyczącej faz materii i oraz przejść pomiędzy nimi
- C2. Nabycie umiejętności analizy charakteru przejść fazowych
- C3. Nabywanie i utrwalanie świadomości znaczenia uniwersalności w zjawiskach i teoriach fizycznych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- wiedza dotycząca stanów materii oraz natury przejść pomiędzy nimi

PEU_W02 - znajomość efektów zachowania krytycznego w układach klasycznych i kwantowych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod analizy stabilności faz układów fizycznych

PEU_U02 - umiejętność klasyfikowania przejść fazowych

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	Fazy materii i przejścia pomiędzy nimi	4
Wy2	W poszukiwaniu uniwersalności	4
Wy3	Diagramy fazowe, parametry porządku	4
Wy4	Hipoteza skalowania	4
Wy5	Przejścia fazowe ciągłe i nieciągłe	4
Wy6	Przybliżenie pola średniego, przejście w modelu Isinga	4
Wy7	Teoria przejść fazowych Landaua	4
Wy8	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	30

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] J. J. Binney, N. J. Dowrick, A. J. Fisher, M. E. J. Newman, "Zjawiska krytyczne. Wstąpienie do grupy renormalizacji", PWN Warszawa (1998)
- [2] Jean Zinn-Justin "Phase Transitions and Renormalization Group" Oxford University

Press (2007)

- [3] H. Eugene Stanley, "Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena", Oxford University Press (1987)
- [4] Hidetoshi Nishimori, Gerardo Ortiz, "Elements of Phase Transitions and Critical Phenomena", Oxford University Press (2015)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Igor Herbut, "A Modern Approach to Critical Phenomena" Cambridge University Press (2007)
- [2] Krystyna Lukierska-Walasek, „Wstęp do teoriopólowej grupy renormalizacyjnej w zastosowaniu do przejść fazowych”, UKSW (2018)

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

Maciej Maśka, maciej.maśka@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim Symulacje Monte Carlo

Nazwa w języku angielskim Monte Carlo Simulations

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: wybieralny-

Kod przedmiotu FZP001088L

Grupa kursów ~~TAK~~ / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			75		
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)			3		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)			1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Znajomość elementów fizyki statystycznej
2. Praktyczna umiejętność programowania na podstawowym poziomie (C, Fortran, lub inny język programowania)

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Poznanie zasad tworzenia modeli do opisu zjawisk i procesów fizycznych za pomocą symulacji metodą Monte Carlo, poznanie zasad interpretacji wyników symulacji
- C2 Opanowanie umiejętności implementacji algorytm Metropolis w dowolnie wybranym języku programowania, opanowanie umiejętności przeprowadzenia symulacji Monte Carlo dla prostego modelowego układu fizycznego

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zna metody obliczeniowe oraz techniki informatyczne stosowane do rozwiązywania typowych problemów w zakresie fizyki fazy skondensowanej

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01 potrafi planować i wykonywać podstawowe badania, doświadczenia lub obserwacje dotyczące zagadnień związanych z fizyką fazy skondensowanej
- PEU_U02 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_U03 potrafi przedstawić w języku polskim i angielskim wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanej rozprawy (referatu) zawierającej opis i uzasadnienie celu pracy, przyjętą metodologię

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01 rozumie potrzebę ciągłego dokształcania, w tym samokształcenia; umie i rozumie potrzebę uczenia się samodzielnie i w grupie
- PEU_K02 rozumie pozanaukowe aspekty swojej działalności naukowej, w tym jej wpływu na środowisko naturalne

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – laboratorium komputerowe		Liczba godzin
La1	Elementy programowania	2
La2	Generowanie liczb losowych	4
La3	Modelowanie metodą Monte Carlo błędzenia losowego	4
La4	Modelowanie metodą Monte Carlo dyfuzji w dwóch wymiarach	4
La5	Modelowanie metodą Monte Carlo układu spinów w polu zewnętrznym	4
La6	Modelowanie metodą Monte Carlo/użycie gotowych programów do badania modelu Isinga	4
La7	Modelowanie metodą Monte Carlo/użycie gotowych programów do badania uporządkowania w nematykach	4
La8	Modelowanie metodą Monte Carlo dwuwymiarowej cieczy Lennarda-Jonesa	4
Suma godzin		30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład tradycyjny - prezentacja (projektor wideo)
- N2. Laboratorium komputerowe - komputer PC z kompilatorem C, Fortran lub innego języka programowania
- N3. Zasoby cyfrowe
- N4. Konsultacje
- N5. Praca własna

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_U02, PEU_U03.	Odpowiedzi ustne, dyskusje, kontrola postępów w laboratorium komputerowym
F2	PEU_W01, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02.	zaliczenie w laboratorium komputerowym
P=F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] K. Binder, D.W. Heermann, *Monte Carlo Simulations in Statistical Physics. An introduction*, 3rd ed. (Springer: Berlin, 1997)
- [2] D. Frenkel and B. Smit, *Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications* (Academic Press NewYork, Ed. 2002)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] D. P. Landau, K. Binder, *A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics*. (Cambridge University Press, 2000)

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

prof. dr hab. Antoni C. Mitus, Antoni.mitus@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Makroskopowe zjawiska kwantowe – nadprzewodnictwo, nadciekłość	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Macroscopic quantum phenomena – superconductivity, superfluidity	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	FZP001090W
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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)	1.28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:
2. 1. mechaniki kwantowej (Mechanika kwantowa 1 i 2),
3. 2. fizyki statystycznej (Termodynamika i fizyka statystyczna),
4. 3. fizyki fazy skondensowanej (Podstawy fizyki ciała stałego).

CELE PRZEDMIOTU

C1 Wiedza dotycząca kwantowych podstaw zjawisk nadprzewodnictwa i nadciekłości.
 C2 Umiejętność rozwiązywania podstawowych zagadnień nadprzewodnictwa.
 C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących samokształcenie, odpowiedzialność, uczciwość, rzetelność i wrażliwość na przestrzeganie obyczajów obowiązujących w środowisku akademickim i innych społecznościach.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- wiedza dotycząca stanu podstawowego nadprzewodnika oraz teorii BCS.

PEU_W02 – wiedza dotycząca stanów wzbudzonych nadprzewodnika i wpływu wzbudzeń termicznych na porządek dalekozasięgowy.

PEU_W03 – sformułowanie nadprzewodnictwa w ujęciu teorii Ginzburga-Landaua.

PEU_W04 – wiedza dotycząca symetrii stanu nadprzewodzącego oraz układów, w których realizowane jest nadprzewodnictwo niekonwencjonalne.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – umiejętność interpretacji zjawisk zachodzących w układach fermionów na skutek przyciągającego oddziaływania dwucząstkowego.

PEU_U02 – umiejętność stosowania metody wariacyjnej w opisie zjawiska nadprzewodnictwa.

PEU_U03 – umiejętność stosowania podstawowych równań teorii BCS.

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	Zagadnienie Coopera. Para Coopera w gazie elektronowym.	2
Wy2	Funkcja falowa stanu podstawowego nadprzewodnika BCS.	1
Wy3	Modelowy hamiltonian i energia stanu podstawowego.	3
Wy4	Stan podstawowy w rachunku wariacyjnym.	2
Wy5	Parametr porządku i równanie na szczelinę.	2
Wy6	Założenia teorii BCS. Parametr porządku w stanie podstawowym. Gęstość stanów.	2
Wy7	Wzbudzenia jednocząstkowe, stany wzbudzone. Równanie na szczelinę w temperaturze $T > 0$.	4
Wy8	Temperatura krytyczna.	2
Wy9	Teoria Ginzburga-Landaua jako teoria graniczna teorii BCS. Parametr porządku w pobliżu temperatury krytycznej.	4

Wy10	Teoria Ginzburga-Landaua. Nadprzewodnik w polu magnetycznym. Głębokość wnikania pola magnetycznego.	2
Wy11	Hamiltonian nadprzewodnika, przybliżenie średniego pola.	1
Wy12	Symetria stanu podstawowego. Stany singletowe i trypletowe. Nadprzewodnictwo niekonwencjonalne: nadciekły ^3He , nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe, nadprzewodnictwo niecentrosymetryczne, nadprzewodnictwo w związkach ciężkofermionowych.	4
Wy13	Nadprzewodnictwo dynamiczne.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.
N2. Konsultacje.
N3. Praca własna.

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 \checkmark PEU_W04; PEU_U01 \checkmark PEU_U03 PEU_K01 \checkmark PEU_K03	Kolokwium pisemne
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] A.J. Leggett „Quantum Liquids”, Oxford University Press 2010
[2] J.R. Schrieffer „Theory of Superconductivity”, ABC 1999
[3] A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I.E. Dzyaloshinski „Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics”, Dover Publications 1963
[4] P.G. De Gennes „Superconductivity of metals and alloys”, Addison-Wesley Publishing Co. 1989

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] „Handbook of High-Temperature Superconductivity”, ed. J.R. Schrieffer, Springer 2007

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

Grzegorz Harań, grzegorz.haran@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim **Kwantowa teoria układów wielu cząstek**

Nazwa w języku angielskim **Quantum many-body physics**

Kierunek studiów: **Inżynieria Kwantowa**

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: **I stopień, stacjonarna**

Rodzaj przedmiotu: **Wybieralny**

Kod przedmiotu **FZP001096W**

Grupa kursów **NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	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 kontaktu (BU)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. Analiza matematyczna
2. Algebra
2. Metody matematyczne fizyki
3. Mechanika kwantowa
4. Fizyka statystyczna

CELE PRZEDMIOTU

C1 Uzyskanie podstawowej wiedzy dotyczącej formalizmu używanego w opisie układów wielu oddziałujących cząstek kwantowych.

C2 Nabycie podstawowych umiejętności dotyczących wykonywania prostych obliczeń numerycznych dla układów oddziałujących cząstek kwantowych.
 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 formalizmu matematycznego wykorzystywanego w teorii fazy skondensowanej oraz w kwantowej fizyce statystycznej

PEU_W02 – wiedza dotycząca podstawowych modeli ciasnego wiązania badanych w teorii fazy skondensowanej

PEU_W03 – podstawowa wiedza dotycząca termodynamicznych funkcji Greena oraz ich związku z wielkościami mierzonymi we współczesnych eksperymentach

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – umiejętność posługiwania się operatorami kreacji, anihilacji oraz operatorami spinu

PEU_U02 - umiejętność zrozumienia modelami ciasnego wiązania, wykorzystywanych we współczesnych badaniach naukowych

PEU_U03 – umiejętność konstrukcji przestrzeni Fock'a, oraz budowania i diagonalizacja macierzy hamiltonianów w modelach ciasnego wiązania

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

TREŚCI PROGRAMOWE		
	Forma zajęć - wykład	Liczba godzin
Wy1	Przestrzeń Fock'a oraz operatory kreacji i anihilacji.	4
Wy2	Operatory spinu oraz ich najważniejsze transformacje do operatorów fermionowych i bozonowych.	2
Wy3	Wyprowadzenie rozkładów Fermiego-Diraca oraz Bosego-Einsteina z reguł komutacji dla operatorów kreacji oraz anihilacji.	2
Wy4	Podstawowe modele ciasnego wiązania: Heisenberga, XXZ, Isinga, Hubbarda, t-J.	2
Wy5	Konstrukcja macierzy wybranych hamiltonianów.	2
Wy6	Koncepcja kwazicząstek na podstawie magnonów w ferromagnetyku.	3
Wy7	Podatności układów kwantowych w ujęciu teorii Kubo liniowej reakcji układu.	3

Wy8	Podstawowe własności termodynamicznych funkcji Greena na osi rzeczywistej. Funkcje spektralne, lokalna gęstość stanów.	3
Wy9	Funkcje Greena Matsubary.	3
Wy10	Twierdzenie Wicka i podstawy rachunku zaburzeń.	3
Wy11	Przykładowe zastosowanie funkcji Greena: nadprzewodnictwo.	3
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
	-----	-----
	Suma godzin	-----

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

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_W03, PEU_U01-PEU_U03, PEU_K01-PEU_K03	Pisemne kolokwium.
P=F1 (zaliczenie wykładu)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Józef Spałek, „Wstęp do fizyki fazy skondensowanej”, PWN2. Fetter A.L., Walecka J.D.: „Kwantowa teoria układów wielu cząstek”, PWN |
|--|

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Gerald D. Mahan., „Many-particle physics”, Springer |
|--|

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

Marcin Mierzejewski, marcin.mierzejewski@pwr.edu.pl
--

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: OPTYKA NIELINIOWA – PODSTAWY I ZASTOSOWANIA

Nazwa w języku angielskim: Nonlinear optics – fundamentals and applications

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

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy

Kod przedmiotu FTP001004W

Grupa kursów NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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 kontaktu (BU)	1,28				

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Podstawowa wiedza z zakresu fizyki ogólnej
2. Podstawowa wiedza z zakresu fizyki ciała stałego

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie wiedzy i opanowanie pojęć z zakresu nieliniowych zjawisk optycznych
- C2 Nabycie wiedzy z zakresu teorii nieliniowego oddziaływania światła z materią
- C3 Poznanie zjawisk i głównych metod badań materii za pomocą laserowych wiązek światła o bardzo dużych natężeniach i krótkich czasach trwania
- C3 Poznanie podstawowych mechanizmów na poziomie mikroskopowym tłumaczących liniowe i nieliniowe oddziaływanie fali elektromagnetycznej z materią
- C4 Nabycie umiejętności posługiwania się rachunkiem tensorowym przy opisie nieliniowych zjawisk optycznych
- C5 Poznanie podstaw nowej dyscypliny związanej z nieliniową optyką: plazmoniki

C6 Poznanie zjawisk zachodzących w kryształach fotonicznych, metamateriałach i materiałach plazmonicznych
 C7 Opanowanie umiejętności wyszukiwania informacji i studiowania literatury z zakresu fotoniki, fotowoltaiki, plazmoniki i optyki nieliniowej

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 ma pogłębioną wiedzę w zakresie podstawowych zagadnień i sformułowań nieliniowej optyki
 PEU_W02 rozumie prawa rządzące nieliniowym oddziaływaniem światła z materią na poziomie mikroskopowym i makroskopowym
 PEU_W03 zna i rozpoznaje nieliniowe zjawiska optyczne drugorzędowe i trzeciorzędowe
 PEU_W04 zna i rozumie podstawy plazmoniki, kryształów fotonicznych i metamateriałów

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01 potrafi zaproponować i wybrać materiał optyczny do spełnienia konkretnej funkcji z zakresu drugo- i trzeciorzędowych efektów optycznych
 PEU_U02 umie zaproponować funkcjonalny materiał optyczny
 PEU_U03 umie wskazać jakie cechy nowych materiałów optycznych da się łatwo modyfikować wykorzystując efekty optycznie nieliniowe.

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu
 PEU_K02 ma znajomość ważności i roli światła w codziennym życiu oraz materiałów z nim oddziałujących w sposób nieliniowy dla tworzenia ekonomicznych i przyjaznych człowiekowi urządzeń

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Propagacja światła w liniowym ośrodku optycznym.	2
Wy2	Model oscylatora harmonicznego dla opisu liniowych procesów optycznych	2
Wy3	Nieliniowy ośrodek optyczny, polaryzacja, nieliniowe podatności optyczne	2
Wy4	Fenomenologiczny opis nieliniowych procesów optycznych drugiego rzędu	2
Wy5	Fenomenologiczny opis nieliniowych procesów optycznych trzeciego rzędu	2
Wy6	Parametryczne i nieparametryczne procesy optyczne	2
Wy7	Równania fal sprzężonych	2
Wy8	Generacja drugiej harmonicznej (SHG) a dopasowanie fazowe	2
Wy9	Nieliniowy współczynnik załamania – optyczny efekt Kerra	2
Wy10	Procesy samo-oddziaływania światła	2
Wy11	Podstawy fizyki kryształów fotonicznych i ich wytwarzanie	2
Wy12	Materiały lewoskrętne optycznie - metamateriały	2

Wy13	Wstęp do plazmoniki – polartony plazmonowe	2
Wy14	Wybrane zastosowania plazmonów powierzchniowych	2
Wy15	Podsumowanie – zaliczenie przedmiotu	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć – ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		
Ćw2		
Ćw3		
Ćw4		
Ćw5		
	Suma godzin	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
1. Wykłady problemowy – metoda tradycyjna, prezentacje multimedialne (N1)
2. Konsultacje (N2)
3. Praca własna – przygotowanie do wykładu z literatury naukowej (N3)

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
P1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_W03 PEU_W04 PEU_U01 PEU_U02 PEU_U03 PEU_K01 PEU_K02	Kolokwium zaliczeniowe: 5 pytań problemowych ocenianych na maksymalnie 10 pkt każde; Najlepszy student może otrzymać ocenę cel (5.5) 3.0 - 20-30 3.5 - 31-35 4.0 - 36-40 4.5 - 41-45 5.0 - 46-50
		Suma punktów > 20 na ocenę dostateczną
P = P1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
LITERATURA PODSTAWOWA:
[1] B.E. A. Saleh, M. C. Teich, "Fundamentals of Photonics", Wiley, New York, 1999
[2] P. N. Prasad, "Nanophotonics", Wiley-Interscience, New Jersey, 2004
[3] Pavel Chmela, "Wprowadzenie do optyki nieliniowej", PWN, Warszawa 1987
[4] A. Yariv, P. Yeh, "Optical waves in crystals", Wiley 1984
[5] F. Kaczmarek, "Wstęp do fizyki laserów", PWN, Warszawa 1986
[6] S. Kielich, "Molekularna optyka nieliniowa", PWN Warszawa, 1977
[7] F. Capolino, "Theory and Phenomena of Metamaterials" CRC Press 2009

[8] S. A. Maier, „Plasmonics Fundamentals and Applications” Springer 2007

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

1. Czasopisma z dziedziny fotoniki
2. Artykuły z czasopism naukowych dostępne w Centrum Wiedzy Politechniki Wrocławskiej Photonics journal

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

Prof. dr hab. inż. Andrzej Miniewicz, andrzej.miniewicz@pwr.edu.pl, pok. 401 e, A-3

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim ... Plazmonika nanostruktur metalicznych	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim ... Plasmonics of metallic nanostructures	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa.....	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I stopień /stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: wybieralny	
Kod przedmiotu FTP002059.....	
Grupa kursów NIE*	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Mechanika kwantowa I i II
2. Fizyka/ ciała stałego
3. Wstępne elementy teorii funkcji Greena

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z nową dziedziną – plazmoniką pod kątem zastosowań fotowoltaicznych
- C2 Zapoznanie studentów z plazmoniką pod kątem poddyfrakcyjnych zastosowań plazmono-polarytonów w nano-plazmonice



PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 zna sformułowanie teorii metali Landaua, zarys mikroskopowej teorii cieczy Fermiego w ujęciu funkcji Greena i teorii RPA Pinesa i Bohma
- PEU_W02 zna i rozumie opis plazmonów w układzie rozciąglym i ekranowanie ładunku Thomasa Fermiego oraz opis plazmonów powierzchniowych i objętościowych w nanocząstkach metalicznych
- PEU_W03 zna teorie promieniowania plazmonów w nanocząstkach metalicznych w bliskim i w dalekim polu, tarcie Lorentza i przekaz energii od plazmonów do innego układu elektrycznego w bliskim polu
- PEU_W04 zna teorie kolektywnych wzbudzeń plazmono-polarytonowych w łańcuchu nanocząstek metalicznych i jej zastosowania

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01 potrafi zidentyfikować wzbudzenia w metalu w ograniczonej geometrii, w tym plazmony, potrafi zidentyfikować plazmonikę i jej relacje z fotoniką poddyfrakcyjną i plazmonową fotowoltaiką
- PEU_U02 potrafi przygotować i zreferować zagadnienia z plazmoniki w oparciu o literaturę naukową

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu
- PEU_K02 posiada rozeznanie w nowoczesnych dziedzinach plazmono-fotonicznych w zakresie umożliwiającym studiowanie literatury naukowej oraz poznawanie, rozwijanie i zreferowanie nowych zagadnień

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Struktura pasmowa kryształów, twierdzenie Blocha, metale, izolatory, półprzewodniki, półmetale	2
Wy2	Teoria kinetyczna Landaua metali w stanie normalnym, amplitudy Landaua, masa efektywna kwazicząstek na powierzchni Fermiego	2
Wy3	Mikroskopowa teoria cieczy Fermiego – zarys	2
Wy4	Wzbudzenia dalekie od powierzchni Fermiego – plazmony objętościowe w metalu rozciąglym – teoria RPA (<i>Random Phase Approximation</i>) Pinesa Bohma	2
Wy5	Ekranowanie ładunków w metalu, model Thomasa-Fermiego	2
Wy6	Teoria RPA plazmonów w nanocząstce metalicznej, równania dynamiki dla plazmonów powierzchniowych i objętościowych w metalicznej sferycznej nanocząstce	2

Wy7	Uwzględnienie efektów <i>spill-out</i> i kwantowe efekty w małych klastrach metalicznych, mody powierzchniowe plazmonów typu Mie i objętościowe w dużych sferycznych nanocząstkach (dla Ag, Au i Cu, promienie 5-100 nm)	2
Wy8	Tłumienie plazmonów w dużych nanocząstkach metalicznych i w małych klastrach, efekty rozproszeniowe i radiacyjne – <i>crossover</i> tłumienia w zależności od promienia sfery, silne tarcie Lorentza, nieharmoniczność plazmonów	2
Wy9	Straty promieniste plazmonów powierzchniowych w bliskiej strefie promieniowania z odbiornikiem energii w tej strefie – np. półprzewodnikowym podłożem lub inną nanocząstką metaliczną	2
Wy10	Plazmonowy efekt gigantycznego wzmocnienia kwantowej efektywności foto-woltaicznej półprzewodnika metalicznie modyfikowanego w nano-skali, zastosowanie złotej reguły Fermiego – mechanizm mikroskopowy, nowa generacja metalizowanych baterii słonecznych	2
Wy11	Plazmonowy efekt w perowskitowych ogniwach fotowoltaicznych	2
Wy12	Kolektywne wzbudzenia plazmonów powierzchniowych w uporządkowanych nano-strukturach metalicznych – plazmono-polarityony	2
Wy13	Tłumienie plazmono polaritonów, dalekozasięgowe mody, poddyfracyjny charakter plazmonów i plazmono-polaritonów	2
Wy14	Radiacyjnie nietłumione mody plazmono-polaritonowe w strukturach metalicznych, bezstratne falowody plazmoniczne	2
Wy15	Soft-plazmonika, jonowe plazmono-polarityony w aksonach i skokowe przewodnictwo	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład
N2. Konsultacje
N3. Monografia i skrypt dostępne w Internecie – dostosowane do wykładu

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_W01-4, PEU_U01-2, PEU_K01-2	Kolokwium zaliczeniowe
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] W. Jacak, *Quantum Nano-plasmonics*, Cambridge UP, 2020
- [2] D. Pines, *Elementary Excitations in Solids*, ABP Perseus Books, Massachusetts, 1999
- [3] J. Jacak, J. Krasnyj, W. Jacak, R. Gonczarek, A. Chepok, and L. Jacak. *Surface and volume plasmons in metallic nanospheres in semiclassical RPA-type approach; near-field coupling of surface plasmons with semiconductor substrate*. *Phys. Rev. B*, 82:035418, 2010
- [4] L. D. Landau and E. M. Lifshitz. *Field Theory*. Nauka, Moscow, 1973
- [5] W. Jacak, skrypt do wykładu

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] V. V. Kresin. *Collective resonances and response properties of electrons in metal clusters*. *Phys. Rep.*, 220:1, 1992.
- [2] M. Brack. *The physics of simple metal clusters: self-consistent jellium model and semiclassical approaches*. *Rev. of Mod. Phys.*, 65:667, 1993.
- [3] C. F. Bohren and D. R. Huffman. *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*. Wiley, New York, 1983.

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

Dr hab. inż. Witold Jacak, witold.aleksander.jacak@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Nanoplazmonika	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Nanoplasmonics	
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	.....
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Analiza matematyczna i algebra liniowa
2. Elektrodynamika
3. Fizyka ciała stałego

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Przekazanie wiedzy na temat plazmoniki
- C2 Przegląd zastosowań plazmonów zlokalizowanych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zna i stosuje pojęcia z zakresu elektromagnetyzmu metali i plazmoniki

PEU_W02 Zna podstawy opisu teoretycznego zjawisk plazmonicznych w materiale objętościowym, na granicy materiałów oraz w nanocząstkach

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Jakościowo i ilościowo analizuje zjawiska z zakresu plazmoniki, posługując się modelami teoretycznymi

PEU_U02 Modeluje teoretycznie właściwości plazmoniczne nanocząstek

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Zna ograniczenia własnej wiedzy, rozumie potrzebę dalszego kształcenia i poszerzania kompetencji

PEU_K02 Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Historia i zastosowania plazmoniki	2
Wy2	Makroskopowy opis elektrodynamiki w ośrodku	2
Wy3	Model Drudego, plazmony objętościowe	2
Wy4	Model Drudego-Lorentza i przejścia międzypasmowe	2
Wy5	Twierdzenie Poyntinga dla ośrodka dyspersyjnego z absorpcją	3
Wy6	Plazmony polarytony powierzchniowe	4
Wy7	Układy warstwowe i sprzężone plazmony	3
Wy8	Metody wzbudzania plazmonów polarytonów powierzchniowych	1
Wy9	Przybliżenie kwazistatyczne i plazmony zlokalizowane	2
Wy10	Nanocząstki sferyczne, elipsoidalne i pozbawione symetrii	3
Wy11	Optyczne przekroje czynne	2
Wy12	Funkcje Greena i metoda elementów brzegowych	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład wspierany materiałem graficznym 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
P	PEU_W01,02, PEU_U01,02 PEU_K01,02	Kolokwium zaliczeniowe

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

- | |
|---|
| [1] Ulrich Hohenester, <i>Nano and Quantum Optics. An Introduction to Basic Principles and Theory</i> (Springer, Cham 2020) |
| [2] Stefan A. Maier, <i>Plasmonics: Fundamentals and Applications</i> (Springer, New York 2007) |

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

- | |
|---|
| [1] Matthew Pelton, Garnett W. Bryant, <i>Introduction to Metal-Nanoparticle Plasmonics</i> (Wiley, Nashville 2013) |
| [2] F. J. García de Abajo, J. Aizpurua, <i>Phys. Rev. B</i> 56 , 15873 (1997) |
| [3] F. J. García de Abajo, A. Howie, <i>Phys. Rev. B</i> 65 , 115418 (2002) |

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

Michał Gawelczyk, michal.gawelczyk@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa w języku polskim Kryptografia kwantowa****Nazwa w języku angielskim Quantum Cryptography****Kierunek studiów (jeśli dotyczy) Inżyniera kwantowa****Specjalność (jeśli dotyczy):****Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna****Rodzaj przedmiotu: wybieralny****Kod przedmiotu****Grupa kursów NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15			15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	25			50	
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	1			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)	0,68			0,68	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej I i II
2. Wprowadzenie do informatyki kwantowej
3. Matematyka: algebra i analiza

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z głównymi ideami kwantowego bezpieczeństwa informatycznego
 C2 Zapoznanie studentów z nowymi technologiami kryptografii kwantowej

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Rozeznanie w dziedzinie bezpieczeństwa systemów informatycznych

PEU_W02 Rozeznanie w obecnym stanie zaawansowania kryptografii kwantowej

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Praktyczna wiedza i umiejętności w zakresie bezpieczeństwa informatycznego

PEU_U02 Praktyczne umiejętności w zakresie zaawansowanej technologii kryptografii kwantowej

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Orientuje się w zakresie zastosowań fizyki kwantowej do przetwarzania i ochrony informacji

PEU_K02 Orientuje się w najnowocześniejszym obszarze kwantowych technologii

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Podstawowy kryptologii, kryptografia i kryptoanaliza, symetryczna i asymetryczna kryptografia, paradygmat bezwarunkowo bezpiecznego protokołu (Vernam, OTP), problem dystrybucji klucza; <i>Public key infrastructure</i> (PKI)	2
Wy2	<i>Quantum key distribution</i> (QKD), uwarunkowania kwantowe QKD, analiza protokołów BB84, B92, SARG04, potencjalne ataki	2
Wy3	Warstwy kwantowa i klasyczna QKD, przesiewanie klucza, destylacja, wzmocnienie prywatności, schematy korekty (Cascade), funkcje hashujące, pomiary ilościowe (QBER, RKER), P2P ograniczenie QKD i ograniczenia zasięgu w wyniku dekoherencji	2
Wy4	Zastosowanie splątania do kryptografii kwantowej, paradoks EPR, naruszenie nierówności Bella, QKD a QSDC (<i>Quantum Secure Direct Communication</i>), LOCC (<i>Local Operation Classical Communication</i>), teoretyczne miary splątania (liczba Schmidta, entropia von Neumann), eksperyment Aspecta, wytwarzanie splątanych fotonów w kryształach nieliniowych BBO (<i>parametric down-conversion</i>)	2
Wy5	Splątaniowa kryptografia – protokół E91, BBM92, protokół QSDC <i>superdense coding protocol</i> , stany GHZ (Greenberger, Horne, Zeilinger), destylacja, puryfikacja i korekta w systemach splątaniowych	2
Wy6	System Clavis II (NLTK) – praktyczna realizacja bezsplątaniowej procedury QKD; System EPR S405 Quelle (NLTK) – praktyczna realizacja splątaniowej QKD	2
Wy7	Losowość – definicje, kwantowe generatory liczb prawdziwie losowych (QRNG), weryfikacja losowości, splątaniowe QRNG	2
Wy8	Perspektywy QKD, CV-QKD, kryptografia postkwantowa	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		

Ćw2		
Ćw3		
Ćw4		
..		
	Suma godzin	

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1		
La2		
La3		
La4		
La5		
...		
	Suma godzin	

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Symulacje wybranych elementów QKD dla protokołów BB84, BBM92, w tym w warstwie kwantowej protokołów i w klasycznej warstwie destylacji klucza (implementacje własne, np. w Qiskit)	3
Pr2	Testowanie losowości ciągów generowanych QRNG bateriami testów NIST STS, TestU01, preparowanie ciągów deterministycznych przechodzących standardowe testy	3
Pr3	Analiza warstwy hardwarowej i softwareowej systemu QKD Calvis II. Analiza warstwy hardwarowej i softwareowej systemu QKD Quelle EPRS405. Przeprowadzenie komunikacji QKD na spętanych i niespętanych fotonach.	9
	Suma godzin	15

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1		
Se2		
Se3		
...		
	Suma godzin	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład N2. Konsultacje N3. Monografia i skrypt dostępne w Internecie – dostosowane do wykładu N4. Wykonanie 3 części projektu i przedstawienie sprawozdań

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_W01-2,	Sprawozdania z pierwszego projektu
F2	PEU_U01-2,	Sprawozdanie z drugiego projektu
F3	PEU_K01-2	Sprawozdanie z trzeciego projektu
F4		Zaliczenie projektu

p = wynik kolokwium zaliczeniowego

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] M. Jacak, I. Józwiak, J. Jacak, J. Gruber, W. Jacak, *Introduction to quantum cryptography*, Oficyna Wydawnicza PWR, Wrocław 2013
- [2] M. A. Nielsen and I. L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*, Cambridge UP, Cambridge, 2000.
- [3] N. Gisin, G. Ribordy, W. Tittel, and H. Zbinden, *Quantum cryptography*, *Rev. Mod. Phys.* **75**, p. 145, 2002.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] current literature in journals in the field of QKD
- [2] A. K. Ekert, *Quantum cryptography based on Bell's theorem*, *Phys. Rev. Lett.* **67**, p. 661, 1991.
- [3] W. K. Wootters and W. H. Żurek, *A single quantum cannot be cloned*, *Nature* **299**, p. 802, 1982.
- [4] C. H. Bennett and G. Brassard, *Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing*, *Proceedings of the IEEE International Conference on Computers, Systems, and Signal Processing*, p. 175, 1984.

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

dr hab. inż. Witold A. Jacak, prof uczelni, witold.aleksander.jacak@pwr.edu.pl
dr hab. inż. Janusz E. Jacak, prof uczelni, janusz.jacak@pwr.edu.pl

**WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa w języku polskim: Kwantowy efekt Halla
Nazwa w języku angielskim: Quantum Hall effect
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa
Specjalność (jeśli dotyczy):
Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu: wybieralny
Kod przedmiotu FZP001094
Grupa kursów

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	2				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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 kontaktu (BK)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Umiejętność posługiwania się aparatem algebry liniowej i analizy matematycznej
2. Podstawowa wiedza z zakresu mechaniki kwantowej i fizyki ciała stałego
3. Kompetencje w zakresie docierania do uzupełniających obszarów wiedzy i umiejętności

CELE PRZEDMIOTU

C1 Zdobycie wiedzy o wybranych aspektach współczesnej fizyki materii skondensowanej (m.in.: układy niskowymiarowe, układy silnie skorelowane, kwantowe stany materii)
 C2 Zdobycie wiedzy o podstawach opisu teoretycznego kwantowego efektu Halla (w tym: teoria złożonych fermionów)
 C3 Nabycie umiejętności modelowania matematycznego zagadnień fizyki materii skondensowanej

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:
 PEU_W01 zna najważniejsze zjawiska obserwowane w układach silnie skorelowanych

<p>PEU_W02 zna podstawy opisu teoretycznego kwantowego efektu Halla</p> <p>Z zakresu umiejętności: PEU_U01 potrafi szacować i wyliczać podstawowe własności układów skondensowanych PEU_U02 potrafi modelować wybrane zagadnienia fizyki materii skondensowanej</p> <p>Z zakresu kompetencji społecznych: PEU_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu PEU_K02 rozumie artykuły przeglądowe i wykłady na temat materii skondensowanej</p>
--

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Przewodnictwo elektryczne w kryształach (model Drudego, prawo Ohma)	2
Wy2	Elektron w polu magnetycznym – opis klasyczny i kwantowy (siła Lorentza, Hamiltonian, pęd kinetyczny i uogólniony, translacje magnetyczne, poziomy Landaua)	2
Wy3	Elektron w skrzyżowanym polu elektrycznym i magnetycznym – opis klasyczny i kwantowy (klasyczny efekt Halla).	2
Wy4	Całkowity kwantowy efekt Halla (fakty eksperymentalne i opis fenomenologiczny)	2
Wy5	Aspekt topologiczny kwantowego efektu Halla (krzywizna przestrzeni stanów, liczba Cherna)	2
Wy6	Ułamkowy kwantowy efekt Halla (fakty eksperymentalne i opis fenomenologiczny)	2
Wy7	Model prądów brzegowych, argument Laughlina, stan Laughlina, ułamkowe kwazicząstki, eniony, statystyka kwantowa, grupa warkoczowa	2
Wy8	Transformacja Cherna-Simonsa	2
Wy9	Teoria złożonych fermionów, hierarchia stanów Jaina, wzbudzenia	2
Wy10	Stany oddziałujących złożonych fermionów, ciecz Moore-Reada'a	2
Wy11	Stany hallowskie ze spinem (symetria SU2)	2
Wy12	Kwantowy efekt Halla w grafenie, spin i pseudospin (symetria SU4)	2
Wy13	Izolatory topologiczne, fermiony Majorany	2
Wy14	Stany skorelowane na sieciach optycznych	2
Wy15	Stany topologiczne na sieciach, ułamkowy izolator Cherna	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
<p>N1. Wykłady problemowe – metoda tradycyjna N2. Prezentacje (wykresy, animacje) N3. Konsultacje</p>

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_W02 PEU_U01 PEU_U02	Egzamin pisemny.
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] J. K. Jain, *Composite Fermions* (Cambridge University Press, 2007)
- [2] Z. F. Ezawa, *Quantum Hall Effects: Field-Theoretical Approach and Related Topics* (World Scientific, 2ed, 2008)
- [3] T. Chakraborty, P. Pietilainen, *The Quantum Hall Effects: Fractional and Integral* (Springer, 2ed, 1995)
- [4] S. Das Sarma, A. Pinczuk (red.), *Perspectives in Quantum Hall Effects* (Wiley, 1997)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Artykuły naukowe i prace przeglądowe publikowane w bieżącej literaturze lub dostępne w Internecie

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

dr inż. Patrycja Łydźba, patrycja.lydzba@pwr.edu.pl

Wydział Podstawowych Problemów Techniki

KARTA PRZEDMIOTUNazwa w języku polskim: **Kwantowe Układy Otwarte**Nazwa w języku angielskim: **Open Quantum Systems**Kierunek studiów: **Inżynieria kwantowa**Stopień studiów i forma: **I stopień, inżynierskie**Rodzaj przedmiotu: **kierunkowy/wybieralny**Kod przedmiotu: **FTP001008W**Grupa kursów: **NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	1,28				

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Mechanika kwantowa 1, Mechanika kwantowa 2, Wstęp do informatyki kwantowej

CELE PRZEDMIOTU

C1. Nabycie wiedzy, uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne, z następujących działów fizyki kwantowej:

C1.1. Opis ewolucji układów otwartych.

C1.2. Kwantowe procesy Markova.

C1.3. Procesy kwantowe nie będące procesami Markova.

C2. Zdobycie umiejętności jakościowej oraz ilościowej analizy zjawisk/procesów i rozwiązywania problemów/zadań związanych z wyżej wymienionymi działami fizyki:

C2.1. Opis ewolucji układów otwartych.

C2.2. Kwantowe procesy Markova.

C2.3. Procesy kwantowe nie będące procesami Markova.

C3. Konsolidacja umiejętności społecznych, w tym:

- Inteligencji emocjonalnej, obejmującej umiejętność pracy w grupie studentów i zmierzającej do skutecznego rozwiązywania problemów;

- Odpowiedzialność, uczciwość i prawość w zachowaniu zgodności ze zwyczajami obowiązującymi w środowisku akademickim oraz w społeczeństwie.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Zagadnienia przeznaczone do samodzielnej nauki są oznaczone kursywą

I. Z zakresu wiedzy:

Po zaliczeniu przedmiotu student ma wiedzę w zakresie kwantowego opisu ewolucji układów otwartych.
Student:

PEU_W01 – rozumie pojęcie macierzy gęstości i wie w jaki sposób macierz gęstości wykorzystuje się do opisu stanów kwantowych. Rozumie czym się różnią stany czyste od stanów mieszanych.

PEU_W02 – wie, kiedy można zastosować równanie Liouville-von Neumanna i jakie wykonuje się przy tym przybliżenia.

PEU_W03 – wie jak, kiedy i po co przechodzić do obrazu oddziaływania i obrazu Heisenberga.

PEU_W04 – wie, co to są kwantowe procesy Markova oraz kiedy można zastosować równanie Lindblada i jakie się wtedy wykonuje przybliżenia.

PEU_W05 – zna pojęcie funkcji korelacji i rozumie, kiedy w procesach kwantowych mamy do czynienia z nieodwracalnością.

PEU_W06 – rozumie podstawowe przykłady zastosowania równania Lindblada.

PEU_W07 – rozumie pochodzenie i zastosowania kwantowo-optycznego równania fundamentalnego.

PEU_W08 – rozumie wpływ pomiaru na układ kwantowy oraz na czym polega kwantowy efekt Zenona

PEU_W09 – wie, na czym polegają kwantowe ruchy Browna oraz rozumie ich opis.

PEU_W10 – rozumie skąd się biorą nieliniowe kwantowe równania fundamentalne i wie, do jakich zagadnień należy je wykorzystywać.

PEU_W11 – rozumie pojęcie dekoherencji i jej opis.

PEU_W12 – zna podstawowe procesy Markova prowadzące do dekoherencji.

PEU_W13 – wie, co to są procesy kwantowe nie będące procesami Markova. Rozumie problemy związane z opisem tego typu procesów.

PEU_W14 – rozumie zastosowania równania Nakajimy-Zwanziga i wie, skąd się ono wywodzi.

PEU_W15 – rozumie metodę operatorów projekcji bez splotu czasowego, wie skąd się ona wywodzi i rozumie jej ograniczenia.

II. Z zakresu umiejętności:

Po ukończeniu kursu student potrafi prawidłowo i efektywnie zastosować poznane zasady i prawa fizyki do jakościowej i ilościowej analizy wybranych zagadnień fizycznych. Student:

PEU_U01 – umie stosować formalizm macierzy gęstości, umie zamieniać opis stanu kwantowego przy pomocy wektorów (funkcji) falowych na opis przy pomocy macierzy gęstości. Potrafi zastosować iloczyn tensorowy, żeby uzyskać macierzy gęstości całego układu z macierzy gęstości podukładów oraz potrafi zastosować ślad częściowy, żeby wykonać operację odwrotną.

PEU_U02 – umie zastosować równanie Liouville-von Neumanna do wybranych zagadnień fizycznych.

PEU_U03 – umie przechodzić do obrazu oddziaływania i obrazu Heisenberga.

PEU_U04 – umie napisać i zastosować równanie Lindblada.

PEU_U05 – umie policzyć podstawowe funkcje korelacji.

PEU_U06 – umie znaleźć ewolucję układu podczas relaksacji oraz w reżimie słabego oddziaływania.

PEU_U07 – umie napisać i zastosować kwantowo-optyczne równanie fundamentalne.

PEU_U08 – umie opisać kwantowy efekt Zenona.

PEU_U09 – umie opisać kwantowe ruchy Browna.

PEU_U10 – **umie napisać i zastosować nieliniowe kwantowe równanie fundamentalne.**

PEU_U11 – umie opisać dekoherencję podukładu oddziałującego z układem otwartym.

PEU_U12 – umie zastosować odpowiedni formalizm matematyczny, żeby odpisać dekoherencję wynikającą z wybranych procesów Markova.

PEU_U13 – umie rozpoznać procesy kwantowe nie będące procesami Markova.

PEU_U14 – umie napisać i zastosować równanie Nakajimy-Zwanziga.

PEU_U15 – umie zastosować metodę operatorów projekcji bez splotu czasowego.

III. Odnoszące się do kompetencji społecznych:

Po ukończeniu kursu student konsoliduje kompetencje w zakresie:

PEU_K01 – wyszukiwania informacji oraz jej krytycznej analizy

PEU_K02 – zrozumienia potrzeby samokształcenia, w tym możliwości zwiększenia uwagi i skupienia się na tym, co ważne oraz rozwinięcia zdolności do zastosowania wiedzy i umiejętności
PEU_K03 – rozwijania zdolności do samooceny i samokontroli i odpowiedzialności za skutki podejmowanych działań
PEU_K04 – przestrzegania obyczajów i przepisów środowiska akademickiego
PEU_K05 – niezależnego i kreatywnego myślenia

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Sprawy organizacyjne. Macierz gęstości. Iloczyn tensorowy. Ślad częściowy.	2
Wy2	Równanie Liouvillea-von Neumanna.	2
Wy3	Obraz oddziaływania, obraz Heisenberga. Dynamika układów otwartych.	2
Wy4	Kwantowe procesy Markova. Równanie Lindblada.	2
Wy5	Funkcje korelacji. Nieodwracalność.	2
Wy6	Przykłady: Relaksacja, reżim słabego oddziaływania.	2
Wy7	Kwantowo-optyczne równanie fundamentalne.	2
Wy8	Kwantowy efekt Zenona.	2
Wy9	Kwantowe ruchy Browna.	2
Wy10	Nielinowe kwantowe równania fundamentalne. Superradiancja.	2
Wy11	Dekoherencja.	2
Wy12	Procesy Markova prowadzące do dekoherencji.	2
Wy13	Procesy kwantowe nie będące procesami Markova.	2
Wy14	Równanie Nakajimy-Zwanziga.	2
Wy15	Metoda operatorów projekcji bez splotu czasowego.	2
Suma godzin		30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Tradycyjne wykłady wspomagane foliami, slajdami i/lub prezentacjami.
N2. Konsultacje, w tym e-mailowe
N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zaliczenia.

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_W15; PEU_U01 – PEU_U15; PEU_K01 – PEU_K05.	Zaliczenie na ocenę
P = F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

[1] H.-P. Breuer i F. Petruccione, *The theory of open quantum systems*, Oxford University Press (2002).

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA W JĘZYKU POLSKIM:

[1] Attal, Stéphane; Joye, Alain; Pillet, Claude-Alain, *Open Quantum Systems I: The Hamiltonian Approach*, Springer (2006).

[2] Attal, Stéphane; Joye, Alain; Pillet, Claude-Alain, *Open Quantum Systems II: The Markovian Approach*, Springer (2006).

[3] Angel Rivas, Susana F. Huelga, *Open Quantum Systems: An Introduction*, Springer (2012).

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

Michał Gawelczyk, michal.gawelczyk@pwr.edu.pl

Fizyka magnetyków (GK)

Wydział	Podstawowych Problemów Techniki
Nazwa w języku polskim	Magnetyzm i spintronika
Nazwa w języku angielskim	Magnetism and Spintronics
Kierunek studiów	Inżynieria Kwantowa
Specjalność	Inżynieria Kwantowa
Stopień	I stopień
Forma	stacjonarna
Rodzaj przedmiotu	wybieralny
Kod przedmiotu	b/d
Grupa kursów	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
Forma zaliczenia	Zaliczenie				
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)	1,28				

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1.	Znajomość podstaw klasycznej elektrodynamiki, mechaniki kwantowej i kwantowej fizyki statystycznej
----	--

CELE PRZEDMIOTU

C 1	Zapoznanie się z mechanizmami porządku magnetycznego i wzbudzeniami w ośrodkach magnetycznych
C 2	Zapoznanie się z uporządkowaniem i dynamiką magnetyzacji w warstwach, drutach, kropkach i wielowarstwach magnetycznych
C 3	Zebranie wiedzy na temat przepływu spinu i ładunku przez układy magnetyczne
C 4	Zebranie wiedzy na temat technik zapisu/odczytu magnetycznego i magneto-sensoryki

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:	
PEU_W0 1	Zdobycie wiedzy o najważniejszych oddziaływaniach spinowych i związanych z nimi uporządkowaniach magnetycznych
PEU_W0 2	Zaznajomienie się z najważniejszymi topologicznymi strukturami magnetycznymi (ściany domenowe, wiry, skyrmiony) i ich dynamiką
PEU_W0 3	Zdobycie wiedzy o zastosowaniach różnego typu magnetyków w różnorodnych technologiach
Z zakresu umiejętności:	

PEU_U0 1	Rozwinięcie umiejętności w zakresie efektywnego modelowania makroskopowych układów fazy stałej w oparciu o symetrię i złożoność oddziaływań mikroskopowych
Z zakresu kompetencji społecznych:	
PEU_K0 1	Zdobycie świadomości przekrywania się różnych technologii opartych na magnetykach i ich wzajemnego oddziaływania na swój rozwój oraz na postęp fizyki

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	<u>Organizacja zajęć i repetytorium</u> : magnetyczny moment dipolowy, precesja Larmora, oddziaływanie dipoli magnetycznych.	1
Wy2	<u>Model Heisenberga izolatorów magnetycznych</u> : wymiana bezpośrednia - przybliżenie Heitlera-Londona, stany podstawowe ferromagnetyka i antyferromagnetyka Heisenberga, Zależność temperaturowa magnetyzacji i podatności magnetycznej - metoda średniego pola, fale spinowe w ferromagnetyku Heisenberga, termodynamika fal spinowych.	4
Wy3	<u>Magnetyzm atomów i jonów sieci krystalicznej</u> : wewnątrzwęzłowe oddziaływania wymienne i wewnątrzwęzłowe oddziaływanie spin-orbita elektronów - sprzężenie Russella-Saundersa, reguły Hunda, moment magnetyczny jonu i czynnik Landego, pochodzenie magnetycznej anizotropii jednojonowej (pole krystaliczne i efekty spinowo-orbitalne).	2
Wy4	<u>Modele słabego wiązania metali magnetycznych</u> : paramagnetyzm Pauliego, model Blocha, model Stonera – metoda średniego pola i kryteria Stonera ferromagnetyzmu wędrownego. Fale spinowe i wzbudzenia Stonera w ferromagnetyku wędrownym.	2
Wy5	<u>Modele ciasnego wiązania (Hubbarda) metali magnetycznych</u> : hamiltonian Hubbarda, równoważność ferromagnetyzmu w modelach Hubbarda i Stonera, granica silnego sprzężenia w modelu Hubbarda i wymiana kinetyczna (przybliżenie dimera spinowego), przejście Motta metal-izolator, nadwymiana i reguły Goodenough-Kanamori, anizotropowa wymiana w materiałach 1D i 2D	3
Wy6	<u>Magnetyki rozrzedzone i samo-domieszkowane</u> : sprzężenie s-d i oddziaływanie RKKY, szkła spinowe i fazy częściowo uporządkowane w metalicznych roztworach stałych, półprzewodniki ferromagnetyczne (III-Mn-V), półprzewodniki antyferromagnetyczne (II-Mn-VI), oddziaływanie Zenera (podwójna wymiana) w półmetalach rozrzedzonych (np. (La-Sr)MnO ₃ , (La-Ca)MnO ₃) i samodomieszkowanych (np. CrO ₂ , Fe ₃ O ₄), oddziaływanie Dzyaloshinskii-Moriya.	2
Wy7	<u>Podstawy mikromagnetyzmu i magnoniki</u> : opis ciągły ferromagnetyków i antyferromagnetyków (energia wymiany, anergie anizotropii jednoosiowej i kubicznej, energia oddziaływań dipol-dipol i czynniki demagnetyzacji), fale spinowe w opisie klasycznym, histereza cząstki ferromagnetycznej w ramach modelu Stoner-Wohlfarth, domeny magnetyczne.	2
Wy8	<u>Makroskopowe struktury topologiczne</u> : ściany domenowe Neela i Blocha, ruch ścian domenowych w polu magnetycznym, poprzeczna anizotropia magnetyczna w warstwach, bańki i skyrmiony ferromagnetyczne, wiry w kropkach miękko-magnetycznych, wiry modelu XY w dwóch wymiarach i przejście fazowe Berezinskii-Kosterlitz-Thouless, oddziaływania Dzyaloshinskii-Moriya i struktury chiralne (sieci skyrmionowe, chiralne ściany domenowe).	3
Wy9	<u>Kręt transferu spinu</u> : przepływ prądu spinowego przez zawór spinowy i kręt Slonczewskiego, kręt transferu spinu w ścianie domenowej i wymuszony prądem ruch ściany domenowej, spintroniczne nanooscyłatory.	2
Wy10	<u>Podstawy magnetycznego zapisu informacji</u> : zapis podłużny i poprzeczny, rozwój głowic odczytujących, nowe koncepcje zapisu: dachówkowa struktura domen, zapisywanie wspomagane energetycznie, „wzorzyste” struktury bitów, pamięci MRAM i STT-MRAM, pamięci typu „racetrack”	1
Wy11	<u>Magnetosensoryka</u> : anizotropowa magnetorezystancja (AMR) i sensor typu „barber pole”, sprzężenie RKKY warstwowych makrospinów i gigantyczna magnetorezystancja (GMR), tunelowa magnetorezystancja (TMR) – model Juliere, gigantyczna magneoimpedancja (GMI)	3
Wy12	<u>Spin-orbitronika</u> : efekt spin-Hall, „spinowo-Hallowska” magnetorezystancja, kręty spinowo-orbitalne (kręt spin-Hall, kręt Rashby) w ścianach domenowych i skyrmionach, tranzystor spinowy	2
Wy13	<u>Elementy magnoniki kwantowej</u> : silne sprzężenie w układach magnon--spin-qubit	1
Wy13	<u>Test zaliczeniowy</u>	2
Suma godzin		30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	
N1	Wykład z użyciem prezentacji komputerowej i tablicy
N2	Udostępnianie notatek

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
P	PEU_W01-W03, PEU_U01, PEU_K01	Test

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

Literatura podstawowa	
1	W. Nolting, A. Ramakanth, „Quantum theory of magnetism”, Springer 2009
2	A. P. Guimeares, „Principles of Nanomagnetism”, Springer 2009
Literatura uzupełniająca	
1	J. Solyom, „Fundamentals of the Physics of Solids. Volume 1 – Structure and Dynamics”, Springer 2007
2	K. Huang, “Mechanika statystyczna”, PWN 1987
3	A. Hirohata, et al., „Review on spintronics: Principles and device applications”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 509 (2020) 166711
4	H. Y. Yuan et al. “Quantum magnonics: When magnon spintronics meets quantum information science”, Physics Reports 965 (2022) 1-74

OPIEKUN PRZEDMIOTU

Imię i nazwisko:	dr hab. inż. Andrzej Janutka
E-mail:	andrzej.janutka@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim Fizyka kropek kwantowych

Nazwa w języku angielskim Physics of quantum dots

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): inżynieria kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: wybieralny

Kod przedmiotu FZP001093W

Grupa kursów NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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 (BU)	1,28				

*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 podstawowych własności kropek kwantowych
C2 Przegląd wybranych zastosowań kropek kwantowych

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Posiada podstawową wiedzę na temat fizycznych własności kropek kwantowych i ich zastosowań

PEU_W02 Ma poszerzoną wiedzę pozwalającą zrozumieć zjawiska kwantowe zachodzące w kropkach kwantowych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Potrafi analizować własności kropek kwantowych wykorzystując poznane metody opisu teoretycznego, a także dokonywać jakościowej i ilościowej analizy wyników eksperymentów oraz weryfikować prawidłowość otrzymywanych wyników

PEU_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 kropek kwantowych i ich zastosowań

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Zna ograniczenia własnej wiedzy, rozumie potrzebę dalszego kształcenia i poszerzania kompetencji

PEU_K02 Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie: metody wytwarzania i klasyfikacja kropek kwantowych	2
Wy2	Metoda k.p i przybliżenie funkcji obwiedniowej. Lekkie i ciężkie dziury. Mieszanie pasm.	3
Wy3	Podstawowe własności stanów jednocząstkowych w modelu jednopasmowym. Hamiltonian Focka-Darwina	3
Wy4	Przejścia wewnątrz- i międzypasmowe. Reguły wyboru.	2
Wy5	Spektroskopia liniowa i nieliniowa kropek kwantowych: luminescencja, pobudzanie luminescencji, spektroskopia fotoprądowa, pump-probe, four-wave mixing, spektroskopia korelacyjna.	3
Wy6	Oddziaływania kulombowskie. Kompleksy kilkucząstkowe (eksycytony, bieksycytony, triony, itd.).	3
Wy7	Dekoherencja: oddziaływanie z fononami i spinami jądrowymi.	3
Wy8	Półklasyczna optyka kwantowa: Optyczne sterowanie stanami ładunkowymi i spinowymi.	3
Wy9	Optyka kwantowa: Kropki kwantowe w rezonatorach i strukturach fotonicznych; rezonansowa fluorescencja.	3
Wy10	Podwójne kropki kwantowe.	2
Wy11	Zastosowania: lasery, emitery pojedynczych i splątanych fotonów, pamięci spinowe, kubity na kropkach kwantowych.	3
	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	PEU_W01,02, PEU_U01,02 PEU_K01,02	Kolokwium zaliczeniowe

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
--

<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

L. Jacak, P. Hawrylak, A. Wójs, <i>Kropki kwantowe</i> (Oficyna PWR 1996) H. Haug, S.W. Koch, <i>Quantum Theory of the Optical and Electronic Properties of Semiconductors</i> (World Scientific 2004)

<u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u>

Artykuły w czasopismach naukowych

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

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

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim ...FAZY GEOMETRYCZNE W UKŁADACH KWANTOWYCH

Nazwa w języku angielskim ...GEOMETRIC PHASES IN QUANTUM SYSTEMS

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): ...INŻYNIERIA KWANTOWA

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: wybieralny

Kod przedmiotu: FZP001100W

Grupa kursów NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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 kontaktu (BK)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Znajomość: fizyki na poziomie ogólnym, podstaw mechaniki kwantowej, fizyki ciała stałego.
2. Znajomość rachunku różniczkowego i całkowego funkcji wielu zmiennych.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Zapoznanie z topologicznymi efektami w ciele stałym.
- C2. Zapoznanie z elementami topologii algebraicznej, efektami krzywizny przestrzeni, geometrycznymi polami cechowania.
- C3. Zapoznanie z zastosowaniami efektów topologicznych w elektronice, spintronice, kwantowej informatyce.
- C4. Nabycie umiejętności zidentyfikowania, zdefiniowania i rozwiązania problemów z fizyki ciała stałego i inżynierii kwantowej, w których istotną rolę odgrywa topologia.
- C5. Nabycie umiejętności pozyskiwania fachowej informacji, syntetycznego opracowania problemu, jego prezentacji pisemnej jak i medialnej, używając profesjonalnych pojęć i języka.
- C6. Wzbudzić i utrwalić poczucie misji wykorzystywania najnowszych osiągnięć nauk podstawowych w inżynierii kwantowej celem budowy społeczeństwa technologicznego. To wymaga wpajania nawyku ciągłego uaktualniania swojej wiedzy i podwyższania kompetencji, jak również kreatywności i przedsiębiorczości.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 zna elementy topologii algebraicznej, elementy geometrii przestrzeni zakrzywionej, pola cechowania.
- PEU_W02 zna fazę geometryczną Berriego.
- PEU_W03 zna geometryczne kwantowanie, używające form Chern-Simonsa.
- PEU_W04 zna kwantowe efekty Halla (całkowity, ułamkowy, anomalny, spinowy, nieabelowy) i topologiczne izolatory.
- PEU_W05 zna unikalne własności materiałów bazujących na węglu, grafen.
- PEU_W06 zna efekty topologiczne w fizyce ciała stałego.
- PEU_W07 zna zastosowania efektów topologicznych w elektronice, optoelektronice, spintronice, informatyce kwantowej; inżynierii kwantowej.

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01 potrafi określić rodzaj wzbudzeń topologicznych (WT) w układzie w oparciu o symetrię i parametr porządku; potrafi zbadać własności układu z WT używając efektywnego działania z geometrycznymi polami cechowania.
- PEU_U02 potrafi zidentyfikować fazy Berry'ego, określić ich koneksję, przewidzieć i opisać ilościowo efekty, które one wywołują.
- PEU_U03 potrafi opisać ilościowo efekty Halla i izolatory topologiczne.
- PEU_U04 posiada umiejętność wykonania syntetycznego opracowania zagadnień z efektów topologicznych.
- PEU_U05 posiada umiejętność prezentacji własnych opracowań, również w języku angielskim, przy użyciu środków multimedialnych.
- PEU_U06 posiada umiejętność pozyskiwania kwalifikowanej informacji o efektach topologicznych w ciele stałym.
- PEU_U07 posiada umiejętność podnoszenia swoich kwalifikacji zawodowych w tym

<p>fachowej wiedzy.</p> <p>PEU_U08 posiada umiejętność zidentyfikowania i rozwiązania problemu z nietrywialną topologią, posługując się fachowymi pojęciami, potrafi komunikować się z fachowcami posługując się profesjonalnymi pojęciami i fachowym językiem.</p> <p>Z zakresu kompetencji społecznych</p> <p>PEU_K01 ma poczucie misji inżyniera ulepszającego rzeczywistość w oparciu o najnowsze osiągnięcia nauki co wymaga ciągłego uaktualniania swojej wiedzy oraz kreatywności i przedsiębiorczości.</p>
--

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wzbudzenia topologiczne: parametr porządku, przestrzeń zwyrodnienia; przykłady: XY model, ciekły kryształ, ferromagnetyk, szkło spinowe; półprzewodniki magnetyczne.	2
Wy2	Topologia przestrzeni zwyrodnienia: grupa fundamentalna, pierwsza grupa homotopii, ładunek topologiczny; liniowe wzbudzenia topologiczne: abelowe i nieabelowe wiry magnetyczne, dyslokacje, dysklinacje; pamięć magnetyczna.	2
Wy3	Wzbudzenia topologiczne o wyższej grupie homotopii: monopol, odwzorowanie Hopfa.	2
Wy4	Relatywna homotopia: łączenie i rozpad wzbudzeń topologicznych, splątanie liniowych wzbudzeń topologicznych. Topologiczna informatyka kwantowa.	2
Wy5	Stopień odwzorowania, różniczka zewnętrzna, całkowalne formy różniczkowe, formy Wess-Zumino i Chern-Simons'a.	2
Wy6	Koneksja na przestrzeni zwyrodnienia, pole cechowania, geometryczne pole magnetyczne.	2
Wy7	Efekt Aharonov'a-Bohm'a, ułamkowe statystyki.	2
Wy8	Całkowity, kwantowy efekt Halla, geometryczne kwantowanie przewodnictwa, topologiczny inwariant Chern-Simonsa.	2
Wy9	Ułamkowy, kwantowy efekt Halla: efektywny model Chern-Simonsa, kompozycyjne fermiony, ułamkowy ładunek.	2
Wy10	Faza Berriego: Faza Berriego elektronów w stanie Blocha; faza Berriego w spintronice, optoelektronice.	2
Wy11	Topologiczne izolatory: kwantowy anomalny efekt Halla(KAEH) i kwantowy spinowy efekt Halla(KSEH).	2
Wy12	Topologiczne izolatory: stany krawędziowe w KAEH i HSEH.	2
Wy13	Grafen- Weyl semi-metal: punkty diaboliczne, mody zerowe, punkty Fermiego.	2
Wy14	Kwantowe splątanie: entropia splątania, kwantowa holografia; kwantowa kryptografia.	2
Wy15	Nieabelowy efekt Halla a kwantowa informatyka.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. wykład (na transparencjach)
N2. prezentacje(komputer, rzutnik)

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_W01-07 PEU_U01-08	prezentacja
P = F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] D.J. Thouless, „Topological quantum numbers in nonrelativistic Physics”, World Scientific, 1998.
- [2] A.Bohm, A.Mostafazadeh, H.Koizumi, Q.Niu, J. Zwanziger, „The geometric phase in quantum systems”, Springer, 2003.
- [3] S.Blugel, D. Burgler, M. Morgenstern, C.M. Schneider, R. Waser, eds., „Spintronics- from GMR to quantum information”, Lecture Notes of the 40th Spring School, 2009.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] E. Fradkin, „Field theories of condensed matter physics”, Cambridge University Press, 2013.

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

Maciej Maśka (maciej.maska@pwr.wroc.pl)

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim <i>Wstęp do układów silnie skorelowanych</i>	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim <i>Introduction to strongly correlated system</i>	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): <i>IKW</i>	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	<i>I stopień stacjonarna</i>
Rodzaj przedmiotu:	<i>wybieralny</i>
Kod przedmiotu	.....
Grupa kursów	<i>NIE</i>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. *Mechanika kwantowa 1*
2. *Mechanika kwantowa 2*
3. *Podstawy fizyki ciała stałego*
4. *Kwantowa teoria układów wielu cząstek*
5. *Makroskopowe zjawiska kwantowe - nadprzewodnictwo, nadciekłość*
6. *Umiejętność posługiwania się aparatem analizy matematycznej i algebry liniowej*
7. *Umiejętność pracy ze źródłami, w tym z literaturą naukową w języku angielskim*

CELE PRZEDMIOTU

C1 Przekazanie wiedzy na temat nadprzewodników wysokotemperaturowych

C2 Przekazanie wiedzy na temat silnie skorelowanych systemów kwantowych, modeli wykorzystywanych do ich opisu oraz zjawisk w nich występujących

C3 Przegląd metod teoretycznych, eksperymentalnych oraz numerycznych wykorzystywanych do opisu silnie skorelowanych systemów.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 *Posiada podstawową wiedzę na temat systemów silnie skorelowanych elektronów, magnetyzmu oraz nadprzewodników wysokotemperaturowych.*

PEU_W02 *Posiada rozszerzoną wiedzę na temat korelacji między elektronami i efektów wywołanych takim zjawiskiem. Zna narzędzie analityczne używane do opisu silnie skorelowanych układów kwantowych.*

PEU_W03 *Posiada rozszerzona wiedzę na temat nowoczesnych narzędzi numerycznych niezbędnych do opisu silnie skorelowanych systemów elektronowych.*

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 *Potrafi odróżnić nadprzewodniki wysokotemperaturowe od tych opisanych teorią BCS. Zna kwantowo-mechaniczne pochodzenie magnetyzmu w systemach z silnym oddziaływaniem (wyprowadzenie modelu Heiseneberga).*

PEU_U02 *Potrafi dobrać narzędzia numeryczne do wybranych problemów silnie skorelowanych systemów.*

PEU_U03 *Potrafi wymienić najważniejsze eksperymentalne techniki niezbędne do badań nadprzewodników wysokotemperaturowych.*

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 *Zna ograniczenia własnej wiedzy, rozumie potrzebę dalszego kształcenia poszerzania kompetencji*

PEU_K02 *Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych*

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Odkrycie nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego	2
Wy2	Porażka teorii BCS	3
Wy3	Modele silnie skorelowanych układów	5
Wy4	Magnetyzm	4
Wy5	Systemy niskowymiarowe	4
Wy6	Fizyka nierównowagowa	2

Wy7	Całkowalność oraz termalizacja układów kwantowych	2
Wy8	Zimne atomy w sieciach optycznych	3
Wy9	Przegląd metod eksperymentalnych	2
Wy10	Przegląd metod numerycznych	3
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład oraz dyskusje panelowe
 N2. Konsultacje
 N3. Praca własna studenta

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,W02,W03 PEU_U01,U02,U03 PEU_K01,K02	Kolokwium zaliczeniowe

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] A. Avella and F. Mancini “*Strongly Correlated Systems: Theoretical Methods*” (Springer Series in Solid-State Sciences, volume 171)
- [2] A. Avella and F. Mancini “*Strongly Correlated Systems: Experimental Techniques*” (Springer Series in Solid-State Sciences, volume 180)
- [3] A. Avella and F. Mancini “*Strongly Correlated Systems: Numerical Methods*” (Springer Series in Solid-State Sciences, volume 176)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] E. Dagotto “*Correlated electrons in high-temperature superconductors*” Rev. Mod. Phys. **66**, 763 (1994)

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

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

WYDZIAŁ PPT	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa w języku polskim Teoria Względności	
Nazwa w języku angielskim Theory of Relativity	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Stopień studiów i forma: I / H stopień* , stacjonarna / niestacjonarna*	
Rodzaj przedmiotu: wybieralny	
Kod przedmiotu	
Grupa kursów FAK / NIE*	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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 (BU)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Wiedza z zakresu mechaniki klasycznej i matematyki wyższej (analiza, algebra)

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabywanie podstawowej wiedzy z zakresu teorii względności
- C2 Utrwalanie kompetencji społecznych, takich jak: odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu; przestrzeganie obyczajów panujących w środowisku akademickim i społeczeństwie

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 rozumie znaczenie fizyki dla postępu nauk przyrodniczych i technicznych, dla poznania świata oraz dla rozwoju cywilizacyjnego
- PEU_W02 ma ogólną wiedzę w zakresie podstaw teorii względności

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01 potrafi posługiwać się aparatem matematycznym z zakresu matematyki wyższej w rozwiązywaniu nieskomplikowanych zagadnień z teorii względności
- PEU_U02 potrafi przeprowadzić analizę ilościową związaną z problemami dotyczącymi geodezyjnych (zerowych i czasowych), potrafi sformułować wnioski jakościowe; potrafi uczyć się samodzielnie na podstawie dostępnych materiałów dydaktycznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01 rozumie potrzebę i konieczność ciągłego doksztalcania się, w tym samokształcenia, pracy w grupie; rozumie potrzebę przekazywania społeczeństwu informacji dotyczących osiągnięć fizyki; potrafi przekazać takie informacje; rozumie potrzebę popularyzacji fizyki
- PEU_K02 rozumie wpływ rozwoju fizyki na środowisko naturalne i społeczeństwo; potrafi rozstrzygnąć dylematy związane z wykonywaniem zawodu, postępuje etycznie

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Elementy szczególnej teorii względności	2
Wy2	Formalizm kowariantny: wektory i tensory	2
Wy3	Tensor metryczny	2
Wy4	Przybliżenie słabego pola grawitacyjnego	4
Wy5	Równanie Einsteina	4
Wy6	Rozwiązanie Schwarzschilda	2
Wy7	Geodezyjne czasowe i zerowe – sfera fotonowa	4
Wy8	Czasoprzestrzeń Reissnera-Nordströma; czasoprzestrzeń Kerra	2
Wy9	Efekty Penrose’a oraz Banadosa-Silka-Westa	4
Wy10	Diagramy Penrose’a	2
Wy11	Wnętrze czarnej dziury: anizotropowa kosmologia	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład tradycyjny N2. Zasoby cyfrowe N4. Konsultacje N5. Praca własna

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_W02, PEU_U01,	Odpowiedzi ustne, dyskusje,

	PEU_U02,	
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_U01, PEU_K01, PEU_K02.	Zaliczenie pisemne
P=F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> [1] S. Weinberg, <i>Principles of Gravitation and Cosmology</i></p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> [1] A. Radosz, <i>Czarne Dziury</i>, Wrocław 2021</p>
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
prof. dr hab. Andrzej Radosz, Andrzej.Radosz@pwr.edu.pl prof. Paweł Gusin, Pawel.Gusin@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Kryptografia klasyczna	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Classical Cryptography	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: I stopień / stacjonarna /	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	INP001039W, INP001039C
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15	15			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	25	50			
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	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	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)	0,68	0,68			

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. algebra 1 i 2
2. podstawy informatyki

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- wiedza dotycząca kryptografii klasycznej.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod algebry modularnej, teorii grup i teorii liczb w analizie klasycznych systemów kryptograficznych.

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	Historia kryptografii od starożytności do zimnej wojny.	2
Wy2	Podstawowe pojęcia matematyczne: systemy liczbowe, zasada indukcji, liczba operacji na bitach, złożoność obliczeniowa, notacje O , Ω i Θ . Największy wspólny dzielnik, całkowitoliczbowe kombinacje liczbowe, algorytm Euklidesa	2
Wy3	Rozszerzony algorytm Euklidesa. Liczby pierwsze i faktoryzacja liczb złożonych. Liczby Fermata. Relacja kongruencji.	2
Wy4	Struktury algebraiczne: półgrupy, monoidy, grupy, pierścienie i ciała. Pierścień klas reszt i jego struktura. Grupy cykliczne i podgrupy.	2
Wy5	Chińskie twierdzenie o resztach, rozkład pierścienia, funkcja Eulera, twierdzenie Lagrange'a, Eulera, Fermata. Systemy szyfrowania. Kryptoanaliza. Szyfry blokowe. Tryby ECB i CBC. Szyfry strumieniowe. Szyfry afiniczne. Szyfr Hilla. Szyfr przestawieniowy.	2
Wy6	Szyfr RSA: generowanie kluczy, szyfrowanie. Twierdzenie RSA, rozszyfrowywanie kryptogramów. Bezpieczeństwo RSA. RSA i faktoryzacja. Ataki na RSA.	1
Wy7	Liczby pierwsze. Sita (Eratostenesa, Sundarama, Atkina-Bernsteina). Liczby Mersenn'a. Generowanie liczb pierwszych. Testy pierwszości. Test Fermata i liczby pseudopierwsze. Liczby Carmichaela. Test Millera-Rabina. Świadkowie złożoności.	2
Wy8	Faktoryzacja liczb złożonych, szyfry Rabina, ElGamala. Logarytmy dyskretne. Wymiana kluczy Diffiego-Hellmana. Technologia blockchain. Kryptowaluta bitcoin.	2
	Suma godzin	15

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Sprawy organizacyjne. Szyfrowanie i kryptoanaliza szyfrów	2

	historycznych.	
Ćw2	Systemy liczbowe i złożoności obliczeniowa. Własności podzielności.	1
Ćw3	Algorytm Euklidesa i rozszerzony algorytm Euklidesa. Algebra modularna. Kongruencje i układy kongruencji.	2
Ćw4	Największy wspólny dzielnik i najmniejsza wspólna wielokrotność. Chińskie twierdzenie o resztach. Szybkie potęgowanie modularne. Funkcja Eulera.	2
Ćw5	Chińskie twierdzenie o resztach. Szybkie potęgowanie modularne. Funkcja Eulera.	2
Ćw6	Teoria grup i pierścieni. Wyznaczanie generatorów i określanie rzędu elementów grupy multiplikatywnej.	2
Ćw7	Liczby pierwsze. Liczby Mersenn'a. Test Fermata i liczby pseudopierwsze. Liczby Carmichaela.	2
Ćw8	Kolokwium zaliczeniowe.	2
	Suma godzin	15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.
 N2. Ćwiczenia – rozwiązywanie zadań, kartkówki, szyfrowanie i kryptoanaliza w grupach
 N3. Konsultacje.
 N4. 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 kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_K01 – PEU_K03 PEU_U01	Ćwiczenia: kolokwium, aktywność na zajęciach, kartkówki.
F2	PEU_W01; PEU_U01	Wykład: kolokwium pisemne.
P=F1 (zaliczenie ćwiczeń), P=F2 (ocena z wykładu)		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] J. A. Buchmann -- Wprowadzenie do kryptografii, Warszawa 2006
 [2] N. Koblitz – Wykłady z teorii liczb i kryptografii, Warszawa 2006
 [3] N. Koblitz – Algebraiczne aspekty kryptografii, Warszawa 2000
 [4] C. Bagiński – Wstęp do teorii grup, Warszawa 2002

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] A. Białynicki-Birula – Algebra, Warszawa 1980
- [2] D. Kahn - Łamacze kodów. Historia kryptografii, Warszawa 2004
- [3] J. Gomez – Matematycy szpiegzy i hakerzy, 2012
- [4] M. Karbowski – Podstawy kryptografii, Gliwice 2014
- [5] M. I. Kargapólow, J. I. Mierzlakow – Podstawy teorii grup, Warszawa 1989

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

Konrad Wieczorek, konrad.wieczorek@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa w języku polskim Kosmologia	
Nazwa w języku angielskim Cosmology	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Stopień studiów i forma: I /stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: wybieralny	
Kod przedmiotu	FZP001108W
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75				
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)	1,28				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Wiedza z zakresu mechaniki klasycznej i podstaw fizyki kwantowej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie podstawowej wiedzy z zakresu kosmologii
- C2 Utrwalanie kompetencji społecznych, takich jak: odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu; przestrzeganie obyczajów panujących w środowisku akademickim i społeczeństwie

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 rozumie znaczenie fizyki dla postępu nauk przyrodniczych i technicznych, dla poznania świata oraz dla rozwoju cywilizacyjnego

PEU_W02 ma ogólną wiedzę w zakresie podstawowych koncepcji i zasad dotyczących

rozszerzającego się Wszechświata

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi posługiwać się aparatem matematycznym z zakresu matematyki wyższej w rozstrzygnięciu zagadnień dotyczących wszechświata w skali makroskopowej

PEU_U02 potrafi przeprowadzić analizę ilościową związaną z zagadnieniem fizycznym i sformułować wnioski jakościowe, potrafi uczyć się samodzielnie na podstawie dostępnych materiałów dydaktycznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozumie potrzebę i konieczność ciągłego doksztalcania się, w tym samokształcenia, pracy w grupie; rozumie potrzebę przekazywania społeczeństwu informacji dotyczących osiągnięć fizyki; potrafi przekazać takie informacje; rozumie potrzebę popularyzacji fizyki

PEU_K02 rozumie wpływ rozwoju fizyki na środowisko naturalne i społeczeństwo; potrafi rozstrzygnąć dylematy związane z wykonywaniem zawodu, postępuje etycznie

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Paradoks nocnego nieba	2
Wy2	Izotropowy i jednorodny wszechświat	2
Wy3	Formalizm: wektory kontra- i kowariantne, tensory	2
Wy4	Tensor metryczny Metryka Robertsona - Walkera	4
Wy5	Równanie Friedmanna	2
Wy6	Scenariusze ewolucji	2
Wy7	Dynamiczna i termodynamiczna ekspansja	2
Wy8	Scenariusz Wielkiego Wybuchu	2
Wy9	Hipoteza inflacyjna	2
Wy10	Pochodzenie pierwiastków: wodór i hel	2
Wy11	Inne pierwiastki	2
Wy12	Materia ciemna	2
Wy13	Ciemna energia i entropia wszechświata	2
Wy14	Kwantowa granica Wielkiego Wybuchu	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład tradycyjny N2. Zasoby cyfrowe N4. Konsultacje N5. Praca własna

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w	Numer efektu	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
--------------------------------	--------------	---

trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)	kształcenia	
F1	PEU_W01, PEU_W02, PEU_U01, PEU_U02,	Odpowiedzi ustne, dyskusje,
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_U01, PEU_K01, PEU_K02.	Zaliczenie pisemne
P=F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></p> <p>[1] M. Roos, <i>Introduction to Cosmology</i></p> <p>[2] Ł. Radośniński, A. Radosz, <i>Introduction to Relativity and Cosmology</i>, Wrocław 2011</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></p> <p>[1] S. Weinberg, <i>Gravitation and Cosmology</i></p>
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
prof. dr hab. Andrzej Radosz, Andrzej.Radosz@pwr.edu.pl prof. Paweł Gusin, Pawel.Gusin@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: PRZETWARZANIE INFORMACJI OBRAZOWEJ	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: IMAGE INFORMATION PROCESSING	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy): n/d	
Poziom i forma studiów:	I / II stopień / jednolite studia magisterskie*, stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany *
Kod przedmiotu	INP001021L
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			50		
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)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)			1.28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza z zakresu programowania w Matlabie (zaliczony kurs minimum 15 h).
2. Kurs przeznaczony jest dla studentów II lub III roku

CELE PRZEDMIOTU

C1 Osiągnięcie przedmiotowych efektów kształcenia

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 poznanie i rozumienie podstawowych pojęć z zakresu analizy obrazów cyfrowych, poznanie i rozumienie zagadnień związanych z przestrzeniami barwnymi, parametry tych przestrzeni,
- PEU_W02 poznanie i rozumienie działania przestrzennych numerycznych filtrów dolno- i górno-przepustowych do złożonej analizy zdjęć cyfrowych, do wyodrębniania treści obrazowej, do przetwarzania informacji obrazowej w zastosowaniach do zdjęć mikroskopowych, sPEUroskopowych, medycznych, satelitarnych i innych,
- PEU_W03 poznanie i rozumienie działania filtrów fourierowskich do analizy częstotliwościowej zdjęć cyfrowych w celu wyodrębniania treści obrazu lub w celu eliminowania treści,
- PEU_W04 poznanie i rozumienie przekształceń morfologicznych stosowanych do rozpoznawania obiektów w obrazie (rozpoznawanie liter, postaci, przedmiotów i innych obiektów),
- PEU_W05 rozumienie konieczności ustawicznego samokształcenia w zakresie szybko rozwijających się technik numerycznych, technik przetwarzania obrazu,
- PEU_W06 rozumienie wpływu rozwijających się technik komputerowych na jakość życia, na poprawę jakości i efektywności pracy, na poprawę naturalnego środowiska (*green computing*).

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01 umiejętność poprawnego stosowania podstawowych pojęć z zakresu technik analizy obrazu,
- PEU_U02 umiejętność przetwarzania treści obrazu przez przeprowadzenie liniowej i nieliniowej filtracji, zmiany treści, redukcji szumu, poprawy jakości,
- PEU_U03 umiejętność przeprowadzenia detekcji krawędzi w obrazie, wykrywania szczegółów spełniających założone kryteria przez zastosowanie macierzy konwolucji dla operatorów różniczkowych,
- PEU_U04 umiejętność zastosowania analizy częstotliwościowej i filtracji częstotliwości, operacji na widmach częstotliwości, umiejętność stosowania dwuwymiarowej dyskretnej transformaty Fouriera i transformaty odwrotnej, w celu wyodrębniania treści obrazu lub jej eliminacji,
- PEU_U05 umiejętność zastosowania przekształceń morfologicznych stosowanych do rozpoznawania obiektów w obrazie (rozpoznawanie liter, postaci, przedmiotów i innych obiektów),
- PEU_U06 umiejętność samodzielnego zdobywania wiedzy, jej krytycznej analizy, umiejętność przedstawiania swojego punktu widzenia, obrony swoich tez, umiejętność skutecznego radzenia sobie z popełnionymi błędami, umiejętność budowania relacji opartych na odpowiedzialności, uczciwości i rzetelności w działaniu.

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU_K01 zwiększenie otwartości na wiedzę i ciekawości świata, w tym świata zaawansowanej techniki komputerowej, udoskonalenie kreatywnego myślenia i poszerzenie horyzontu myślowego,
- PEU_K02 zwiększenie poczucia konieczności doksztalcania się, udoskonalenie umiejętności samodzielnego zdobywania wiedzy, udoskonalenie umiejętności krytycznej analizy wyszukanych informacji,
- PEU_K03 budowanie relacji opartych na odpowiedzialności, uczciwości i rzetelności w działaniu, rozwijanie umiejętności czerpania zadowolenia z wykonanych obowiązków, zadań lub przedsięwzięć, podnoszenie konsekwencji w działaniu,

branie odpowiedzialności za wyniki własnych działań,
 PEU_K04 rozwinięcie zdolności samodzielnego stosowania posiadanych umiejętności,
 PEU_K05 udoskonalanie metod wyboru strategii do realizacji najbardziej optymalnego rozwiązania, rozwinięcie zdolności samooceny przy testowaniu własnej pracy,
 rozwinięcie skutecznej efektywności radzenia sobie z popełnionymi błędami,
 PEU_K06 podniesienie konkurencyjności naszych absolwentów na rynku pracy.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie teoretyczne do tematu. Operacje na macierzach w Matlabie – powtórka. Wczytanie do macierzy obrazu kolorowego i ze stopniami szarości. Obrót i odbicie obrazu. Negatyw obrazu. Progowanie jasności. Zmiana jasności i kontrastu. Podstawienie jednego koloru innym. Zadanie do wykonania (punktowane).	4
La2	Wprowadzenie teoretyczne do tematu. Wyznaczenie histogramu jasności w obrazie kolorowym i czarno-białym. Wykorzystanie histogramu do automatycznego oznaczenia tła obrazowego (do określenia udziału procentowego jednej informacji w drugiej, np. skład chemiczny na zdjęciu mikroskopowym, poziom absorpcji próbki itp.). Zadanie do wykonania (punktowane).	4
La3	Wprowadzenie teoretyczne do tematu. Operacje na histogramach z wykorzystaniem dystrybuanty jasności. Modelowanie histogramu dla założonego celu. Zadanie do wykonania (punktowane).	4
La4	Wprowadzenie teoretyczne do tematu. Dolnoprzepustowe filtry przestrzenne. Filtry nieliniowe. Redukcja szumu w obrazie i innych elementów niepożądanych. Analiza zdjęć nocnych, zdjęć ultrasonograficznych i spektroskopowych. Zadanie do wykonania (punktowane).	4
La5	Wprowadzenie teoretyczne do tematu. Górnoprzepustowe filtry różniczkowe. Wykrywanie krawędzi, wykrywanie szczegółów spełniających założone kryteria. Składanie filtrów różniczkowych i operatorów. Porównanie wyników. Zadanie do wykonania (punktowane).	4
La6	Wprowadzenie teoretyczne do tematu. Analiza fourierowska obrazów. Filtracja częstotliwości. Wydajność własnego (napisanego przez studenta) algorytmu w porównaniu do szybkiej transformaty Fouriera. Eliminacja jednych obszarów w obrazie i wzmacnianie innych wg zadanych kryteriów. Zadanie do wykonania (punktowane).	4
La7	Wprowadzenie teoretyczne do tematu. Przekształcenia morfologiczne typu szkieletyzacja zastosowane do zdjęć mikroskopowych (np. analiza pęknięć monokryształu). Zadanie do wykonania (punktowane).	4
La8	Całościowe zadanie projektowe do samodzielnego wykonania.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wprowadzenie teoretyczne, poprzedzające laboratorium właściwe.

- N2. Opracowane przykłady obrazów cyfrowych w procesie przetwarzania.
 N3. Opracowane przykłady kodu, omawiane w części wprowadzenia do tematu.
 N4. e-materiały do zajęć umieszczone w Internecie.
 N5. Zadania programistyczne do samodzielnego wykonania.
 N6. Wspólnie wykonywanie poszczególnych elementów/etapów projektu.
 N7. Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.
 N8. Praca własna studenta i przygotowanie całościowego projektu.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_U01 – PEU_U05	Ocena punktowa z zadania kończącego laboratorium.
F2	PEU_U01 – PEU_U05	Ocena punktowa z całościowego zadania projektowego.
P	Suma wszystkich uzyskanych punktów	

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] W. Malina, M. Smiatacz: „Metody cyfrowego przetwarzania obrazów”, Wydawnictwo EXIT, Warszawa 2005,
- [2] Z. Wróbel, R. Koprowski: „Praktyka przetwarzania obrazów z zadaniami” Wydawnictwo EXIT, Warszawa 2008
- [3] M. Stachurski "Metody numeryczne w programie Matlab" Mikom 2003
- [4] Marek Doros, "Przetwarzanie obrazów", Wydawnictwo WSliZ, 2003.
- [5] Anna Zawada-Tomkiewicz, „Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów”, Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, 2000.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] R. Tadeusiewicz, P. Korohoda: „Komputerowa analiza obrazów”, Wyd. UJ, Kraków, 1998
- [2] R. Tadeusiewicz, M. Flasiński: „Rozpoznawanie obrazów”. PWN, 1991
- [3] Andrzej Materka, „Elementy cyfrowego przetwarzania i analizy obrazów”, PWN, 1991.

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

Mateusz Popek

mateusz.popek@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim ... Wstęp do nauczania maszynowego	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim ... Introduction to Machine Learning	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I stopień / stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	.....
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	25		25		
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	1		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)	0,68		0,68		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Algebra i analiza matematyczna: wektory, macierze, pochodne i całki.
2. Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka.
3. Umiejętność programowania w języku python.

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zrozumienie na czym polega uczenie w oparciu o dane.
- C2 Poznanie szerokiego spektrum metod nauczania maszynowego.
- C3 Zrozumienie jak budowane są modele w oparciu o dane.
- C4 Zastosowanie algorytmów do rzeczywistych problemów, optymalizacja modeli, ocena uzyskanej dokładności.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zrozumienie koncepcji uczenia w kontekście komputerów.

PEU_W02 Poznanie zasad uczenia nadzorowanego (supervised), nienadzorowanego (unsupervised) oraz przez wzmocnienie (reinforcement).

PEU_W03 Zrozumienie etapów treningu, testowania i walidacji w nauczaniu maszynowym.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Projektowanie i uruchamianie programów nauczania maszynowego.

PEU_U02 Wykorzystanie metod nauczania maszynowego do symulacji i analiz.

PEU_U03 Ewaluacja i interpretacja wyników otrzymanych z wykorzystaniem metod nauczania maszynowego.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Zrozumienie potrzeby pogłębiania wiedzy.

PEU_K02 Umiejętność pracy w roli członka zespołów interdyscyplinarnych.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do sztucznej inteligencji i nauczania maszynowego	1
Wy2	Perceptron – zasada działania	1
Wy3	Perceptron – regresja liniowa i <i>logistic regression</i>	2
Wy4	<i>Support Vector Machines</i>	2
Wy5	<i>The Kernel Trick</i> , regularyzacja	1
Wy6	<i>Ridge regression</i>	1
Wy7	Klasteryzacja, metoda <i>k-Nearest Neighbors Method</i>	1
Wy8	Redukcja wymiarowości, metoda <i>Principal Component Analysis</i>	2
Wy9	Autoenkodery	1
Wy10	Głębokie sieci neuronowe, <i>backpropagation</i>	1
Wy11	<i>(Restricted) Boltzmann Machines</i>	2
	Suma godzin	15

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		
Ćw2		
Ćw3		
Ćw4		
..		
	Suma godzin	

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Podstawy programowania w pythonie, biblioteki numpy, scikit-learn,	1

	matplotlib	
La2	Perceptron – programowanie bez wykorzystania bibliotek	1
La3	Perceptron - z wykorzystaniem bibliotek	1
La4	Perceptron - projekty	2
La5	<i>Logistic regression</i>	1
La6	<i>Support Vector Machines</i> , kernelizacja	2
La7	<i>Support Vector Machines</i> - projekty	2
La8	Klasteryzacja	1
La9	Redukcja wymiarowości, PCA, autoenkodery - projekty	2
La10	Głębokie sieci, <i>backpropagation</i>	1
La11	<i>Restricted Boltzmann Machines</i>	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1		
Pr2		
Pr3		
Pr4		
...		
	Suma godzin	

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1		
Se2		
Se3		
...		
	Suma godzin	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Prezentacja komputerowa, projektor, ekran, prezenter
N2. Środowisko programistyczne Jupyter
N3. Komputery

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	Test końcowy
F2	PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03	Kolokwia, projekty, test końcowy
$P = (F1 + F2)/2$		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u>

- [1] T. Mitchell, "Machine Learning", McGraw Hill (1997)
[2] S. Rogers, M. Girolami, "A first course in Machine Learning", CRC Press (2011)
[3] Y. Abu-Mostafa, M. Magdon-Ismail, H-T Lin, "Learning from Data", AMLBook (2012)
[4] Charu C. Aggarwal "Neural Networks and Deep Learning. A Textbook", Springer (2018)
(<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-94463-0>)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, "Deep Learning", MIT Press (2016) (<https://www.deeplearningbook.org/>)
[2] Aurélien Géron, "Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems", O'Reilly (2019)
[3] François Chollet, "Deep Learning with Python", Manning Publications (2017)

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

Maciej Maśka, maciej.maska@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI

KARTA PRZEDMIOTU**Nazwa przedmiotu w języku polskim: Modelowanie 3D****Nazwa przedmiotu w języku angielskim: 3D modelling****Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa****Specjalność (jeśli dotyczy):****Poziom i forma studiów: I 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)			50		
Forma zaliczenia			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)			1.28		

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza z zakresu geometrii, wektorów i ruchu w przestrzeni trójwymiarowej
2. Podstawowa wiedza z zakresu programowania
3. Sugerowane kursy: Algebra-1, Fizyka-1-A, Techniki Programowania

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie podstawowych umiejętności z zakresu modelowania 3D, obróbki grafiki i wykonywania prostych animacji
- C2 Zdobycie wiedzy z zakresu zastosowań praktycznych grafiki 3D i druku 3D w inżynierii biomedycznej
- C3 Zdobycie wiedzy z zakresu modelowania 3D i optymalizowania modelu z przeznaczeniem do wydruku przestrzennego
- C4 Zdobycie wiedzy praktycznej z zakresu druku 3D w szczególności odnośnie: materiałów, rodzajów drukarek, obróbki wydruków (szlifowanie, klejenie)

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zna i rozumie w zaawansowanym stopniu teorie, fakty i metody z zakresu modelowania 3D przydatne do rozwiązywania prostych zadań.

PEU_W02 rozumie techniki stosowane przy tworzeniu modeli i animacji 3D

PEU_W03 ma ogólną wiedzę w zakresie podstawowych koncepcji i zasad dotyczących tworzenia modeli 3D z przeznaczeniem do wydruku.

PEU_W04 ma ogólną wiedzę na temat aspektów technicznych druku 3D w tym: typów drukarek, materiałów drukarskich, obróbki wydruków.

PEU_W05 zna podstawowe metody modelowania i wizualizacji obiektów 3D.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi zaprojektować i wykonać modele 3D prostych obiektów.

PEU_U02 ma umiejętność samokształcenia się, potrafi samodzielnie zaplanować przebieg i proces modelowania i druku 3D, także wykorzystując aktualne trendy i oprogramowania w tym zakresie.

PEU_U03 potrafi posługiwać się programami do modelowania 3D w celu utworzenia i optymalizacji modeli do druku.

PEU_U04 potrafi wykonać wydruk 3D spełniający określone wcześniej założenia pod względem funkcjonalności i wytrzymałości mechanicznej.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 potrafi konsultować się w grupie studenckiej i wyciągać wnioski z doświadczenia innych osób pracujących nad podobnymi modelami.

PEU_K02 jest gotów do samodzielnego podejmowania decyzji o sposobie modelowania i technik druku 3D, a także przyjmowania odpowiedzialności za skutki tych działań.

PEU_K03 współpracuje w grupie w celu utworzenia jednego modelu 3D z części tworzonych przez wiele osób.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – laboratorium

Liczba godzin

La1	Wprowadzenie do środowiska Blender	1
La2	Tworzenie, przemieszczanie i edytowanie prostych obiektów trójwymiarowych	2
La3	Zaawansowana edycja obiektów	2
La4	1) Nakładanie materiałów na obiekty, modyfikatory powierzchni 2) Renderowanie scen do obrazów rastrowych	2
La5	1) Nakładanie tekstur na obiekty 2) Tła scen 3) Mapowanie UV	2
La6	1) Kamery, światła i ustawienia środowiska 2) System cząsteczkowy i fizyczny	2
La7	1) Przygotowywanie wydruku 3D w Blenderze 2) Obróbka poedycyjna 3) Dodatki	2
La8	1) Modyfikatory symetrii 2) Podstawy animacji 3) Łączenie obiektów potomnych z rodzicami	2
La9	1) Wstęp do druku 3D, podstawowe informacje o drukarkach, materiałach, BHP 2) Pierwsze wydruki	3
La10	Modelowanie 3D w kierunku druku przestrzennego (Fusion 360)	2
La11	1) Oprogramowanie tnące 2) Druk własnych modeli	2
La12	Optymalizacja wydruków pod względem mechanicznym i techniki wydruku	2
La13	Praca grupowa: wykonanie jednego większego, funkcjonalnego mechanicznie modelu z części zaprojektowanych i drukowanych osobno przez poszczególnych uczestników kursu	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Komputer i oprogramowanie
N2. Tablica
N3. Projektor
N4. Listy zadań
N5. Drukarki 3D
N6. Zasoby cyfrowe dotyczące druku 3D i modelowania

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	Ocena rozwiązań zadań z list i sposobu ich prezentacji
F2	PEU_W05 PEU_U01 PEU_U02 PEU_K02	Ocena wykonania zadania przydzielonego na ostatnich zajęciach z części dot. grafiki 3D
F3	PEU_W03 PEU_W04	Ocena przygotowania, optymalizacji i jakości wydruku gotowego modelu 3D
F4	PEU_U03	Ocena modelu przygotowanego w celu

	PEU_U04	rozwiązania konkretnego problemu mechanicznego (np. zawiasy, elementy obracające się, zapadki itp.)
F5	PEU_U03 PEU_U04 PEU_K01 PEU_K03	Ocena jakości części przygotowanych do wspólnego, grupowego modelu
P — średnia z F1-F5		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Instrukcja obsługi Blendera
- [2] John M. Blain, The Complete Guide to Blender Graphics: Computer Modelling and Animation, CRC Press, Boca Raton 2012
- [3] Frederik Steinmetz & Gottfried Hofmann, The Cycles Encyclopedia, self-published 2016
- [4] James Chronister, Blender Basics Classroom Tutorial Book 5th Edition Online, self-published 2017
- [5] B. Redwood, F. Schöffler, B. Garret, The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications, 2017, 3D Hubs B.V.
- [6] J. Prusa, 3D Printing Handbook, 2018, Prusa Research s.r.o

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Prusa knowledge base: <https://help.prusa3d.com/en/>
- [2] Tutoriale wbudowane w Fusion 360
- [3] Filmy dostępne na www.blenderguru.org

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

**Sebastian Kraszewski,
Mateusz Popek**

Zespół dydaktyczny
Wykład:

Ćwiczenia:

Laboratorium:
Sebastian Kraszewski, Mateusz Popek, Mateusz Rzycki, Dominik Drabik

Projekt:

Seminarium:

WYDZIAŁ PPT

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim **Komputerowe wspomaganie eksperymentu**

Nazwa w języku angielskim **Computer supported experiment**

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

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: **I, stacjonarna**

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

Kod przedmiotu **INP001005L**

Grupa kursów **NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			75		
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)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)			1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Podstawowe umiejętności posługiwania się komputerem

CELE PRZEDMIOTU

C1 Zapoznanie studentów z pojęciami demonstracji i symulacji fizycznych z wykorzystaniem komputera.

C2 Zapoznanie studentów z programowaniem skryptów w pakiecie OriginLab.

C3 Zapoznanie studentów z podstawami pakietu LabView.

C4 Przykłady i zastosowanie pakietu LabView w symulacjach i eksperymentach fizycznych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Posiada podstawową wiedzę o programowaniu skryptów w pakiecie *OriginLab*.

PEU_W02 Posiada podstawową wiedzę o zastosowaniach pakietu *LabView* do obsługi demonstracji i eksperymentów fizycznych z wykorzystaniem komputera.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Umie programować skrypty rozszerzające możliwości pakietu *OriginLab*.

PEU_U02 Umie projektować i programować, z wykorzystaniem pakietu *LabView*, proste demonstracje fizyczne

PEU_U03 Umie oprogramować, z wykorzystaniem pakietu *LabView*, proste urządzenia i sterować nimi poprzez komputer

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Rozumie ogólnopoznawcze i cywilizacyjno-techniczne znaczenie poznanych zagadnień.

PEU_K02 Rozumie konieczność samokształcenia.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie	1
La1, La2	Wprowadzenie do obsługi skryptów w <i>OriginLab</i>	3
La3, La4	Programowanie: analiza danych numerycznych i wizualizacja z zastosowaniem skryptów w <i>OriginLab</i>	4
La5	Zapoznanie się z interfejsem pakietu <i>LabView</i> . Pierwszy program	2
La6	Struktury i typy danych	2
La7, La8	Wizualizacja	4
La9, La10	Symulacje urządzeń pomiarowych	4
La11, La12	Podstawy komunikacji pomiędzy komputerem a urządzeniami zewnętrznymi	4
La13, La14	Programowanie: demonstracji fizycznych, interfejsów komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi – projekt	4
La15	Projekt	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład problemowy wspomagany przykładami

N2. Strona internetowa z udostępnionymi materiałami dydaktycznymi

N3. Testy sprawdzające stopień przyswajania informacji przez studentów

N4. Konsultacje

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_W02, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03	Sprawdziany postępów w opanowaniu materiału
P (laboratorium)	PEU_W02, PEU_U02, PEU_U03	Projekt

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Podręcznik użytkownika pakietu OriginLab.
- [2] „*LabVIEW w praktyce*” - Marcin Chruściel, Wydawnictwo BTC 2008.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Dokumentacja pakietu *OriginLab* – dostępna w pakiecie jak i na stronach internetowych producenta.
- [2] Dokumentacja pakietu *LabView* – dostępna w pakiecie jak i na stronach internetowych producenta.

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

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

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki..... / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim**Optoelektroniczna aparatura pomiarowa....**

Nazwa w języku angielskim ...**Optoelectronics measurement devices.....**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): ...**Inżynieria Kwantowa....**

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: **I / H stopień***, stacjonarna / **niestacjonarna***

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

Kod przedmiotu **...FTP001001WL**

Grupa kursów **NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	25		25		
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		1		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			1		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	0,68		0,68		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

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 (rezystor, kondensator, dioda, tranzystor) (WIEDZA)

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zaprezentowanie technologii „NET”.
- C2 Zapoznanie studentów ze sposobami tworzenia programów dla Windows.
- C3 Przedstawienie najpopularniejszych interfejsów używanych do komunikacji z aparaturą pomiarową.
- C4 Zaprezentowanie podstaw analizy danych pomiarowych.
- C5 Zapoznanie studentów z aktualnie dostępnymi i wykorzystywanymi technologiami w

- optoelektronicznej aparaturze pomiarowej.
- C6 Przedstawienie sposobów pozyskiwania danych z czujników pomiarowych oraz przesyłania ich do komputera.
- C7 Zaprezentowanie sposobów sterowania pracą zewnętrznych urządzeń pomiarowych z poziomu komputera

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU_W01 Utrwalenie wiedzy z zakresu programowania w języku C++.
- PEU_W02 Podstawowa wiedza dotycząca technologii „.NET”.
- PEU_W03 Podstawowa wiedza na temat tworzenia aplikacji Windows na potrzeby komputerowej obsługi aparatury pomiarowej.
- PEU_W04 Podstawowa wiedza dotycząca budowy i wykorzystania bibliotek DLL.
- PEU_W05 Szczegółowa wiedza na temat interfejsów komunikacyjnych wykorzystywanych do sterowania aparaturą pomiarową.
- PEU_W06 Szczegółowa wiedza dotycząca standaryzacji protokołów komunikacyjnych z aparaturą pomiarową.
- PEU_W07 Szczegółowa i podbudowana teoretycznie wiedza na temat działania i wykorzystania układów elektronicznych takich jak: wzmacniacze operacyjne, przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe.
- PEU_W08 Szczegółowa i podbudowana teoretycznie wiedza z zakresu budowy i działania fotodetektorów oraz źródeł światła.
- PEU_W09 Podstawowa wiedza na temat reprezentacji danych pomiarowych w pamięci komputera.
- PEU_W10 Szczegółowa wiedza dotycząca budowy, działania oraz obsługi kamer wideo.
- PEU_W11 Podstawowa wiedza na temat cyfrowej analizy sygnałów.
- PEU_W12 Podstawowa wiedza na temat cyfrowej analizy informacji obrazowej.

Z zakresu umiejętności:

- PEU_U01 Umiejętność zaplanowania i wykonania eksperymentów związanych z pomiarami parametrów optycznych i elektrycznych fotodetektorów.
- PEU_U02 Umiejętność oceny przydatności i możliwości wykorzystania nowoczesnych metod pomiarowych w optoelektronice.
- PEU_U03 Umiejętność wykorzystania języków programowania do komputerowej obsługi 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	<p>Wprowadzenie: podanie literatury do przedmiotu i warunków zaliczenia.</p> <p>Technologia „.NET”: filozofia .NET, przestrzenie nazw, zmienne zarządzane i niezarządzane.</p> <p>Microsoft Visual Studio: omówienie środowiska programistycznego</p> <p>Elementy aplikacji Windows Forms: kontrolki systemu Windows, konwersje typów, mechanizm zdarzeń</p>	2
Wy2	<p>Biblioteki DLL: mechanizmy ActivX, przygotowanie i korzystanie z biblioteki DLL</p> <p>Reprezentacja danych pomiarowych w pamięci komputera: tworzenie dynamicznych struktur danych (wektory i macierze), Podstawy operacji na strukturach danych (dostęp do elementów, kopiowanie, przeszukiwanie). Podstawy grafiki w Windows.</p>	2
Wy3	<p>Interfejsy komunikacyjne: omówienie protokołów komunikacyjnych oraz zastosowania interfejsów: RS232, USB, FireWire, GPIB, Ethernet</p> <p>Technologie IVI (Interchangeable Virtual Instrument), VISA (Virtual Instrument Software Architecture): omówienie standaryzacji protokołów komunikacyjnych</p>	2
Wy4	<p>Wzmacniacze i przetworniki: wzmacniacz operacyjny, układy wykorzystujące wzmacniacze operacyjne, budowa i działanie przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych</p>	2
Wy5	<p>Źródła i detektory: budowa i działanie fotodetektorów, budowa i działanie źródeł światła (koherentnych i niekoherentnych)</p>	2
Wy6	<p>Kamery wideo: działanie przetworników obrazu, mechanizmy obsługi cyfrowej i analogowych kamer wideo, wyświetlanie grafiki w Windows</p>	2
Wy7	<p>Podstawy analizy obrazów: przetwarzanie informacji obrazowej, wykonywanie operacji matematycznych na obrazach, filtracja, progowanie, segmentacja, przekształcenia geometryczne i morfologiczne</p>	2
Wy8	Kolokwium zaliczeniowe	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Aplikacje Windows Forms: obsługa podstawowych kontrolki Windows,	4
La2	Pomiar ogniskowej soczewki: komputerowa obsługa cyfrowej kamery wideo, sterowanie pracą silników krokowych, wykorzystanie algorytmu autofocus do oceny ostrego widzenia przedmiotu	4
La3	Wyznaczanie charakterystyk spektralnej fotodiody: komputerowa obsługa multimetru cyfrowego, sterowanie pracą monochromatora	4
La4	Skalowanie fotodetektorów: sterowanie pracą zasilacza diody laserowej, komputerowa obsługa miernika mocy optycznej oraz multimetru cyfrowego	4
La5	Cyfrowa analiza obrazów: komunikacja z cyfrowym aparatem fotograficznym, obsługa cyfrowej kamery wideo, komputerowa	8

	analiza informacji obrazowej	
La6	Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: komputerowa obsługa karty analogowo-cyfrowej, filtracja cyfrowa, analiza spektralna	4
La7	Wyrównanie zaległości w realizacji programu zajęć	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Prezentacja multimedialna (PowerPoint)
 N2. Pokaz obsługi aparatury pomiarowej (np. multimetry cyfrowe, karta analogowo-cyfrowa, cyfrowa kamera wideo)
 N3. Obsługa kompilatora języka C++
 N4. Obsługa aparatury pomiarowej: np. multimetry cyfrowe, karta analogowo-cyfrowa, cyfrowa kamera wideo, monochromator, zasilacz diod laserowych, miernik mocy optycznej
 N5. Zadania projektowe dla studentów: np. pomiar charakterystyki spektralnej fotodiody
 N6. Pytania sprawdzające wiedzę studentów: np. budowa i działanie fotodiody

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_U01, PEU_U02, PEU_U03	Zadania projektowe. Konstrukcja i oprogramowanie układu pomiarowego. Wykonanie pomiarów.
P	PEU_W01 ÷ PEU_W12	Kolokwium zaliczeniowe z całości materiału: 2-3 pytania „otwarte”, dotyczące budowy i działania aparatury pomiarowej. Pytania testowe dotyczące technologii oprogramowania oraz parametrów aparatury pomiarowej.

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] A. Zajewski, *Programowanie w językach C i C++ z wykorzystaniem pakietu Borland C++*,
 [2] M. Owczarek, *Visual C++ 2008, Praktyczne przykłady*
 [3] R. G. Lyons, *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*
 [4] R. Tadeusiewicz, *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*
 [5] P. Horowitz, W. Hill, *Sztuka elektroniki*

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] R. Klette, P. Zamperoni, *Handbook of image processing operators*
 [2] A. Daniluk, *USB, Praktyczne programowanie z Windows API w C++*
 [3] A. Daniluk, *RS 232C - praktyczne programowanie. Od Pascala i C++ do Delphi i Buildera*

[4] J. Templeman, D. Vitter, *Visual Studio .NET: .NET Framework. Czarna księga*

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

Dr inż. Sławomir Drobczyński
slawomir.drobczynski@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ ...PPT... / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim ... *Inżynierskie systemy informatyczne*

Nazwa w języku angielskim ... *Computer engineering systems*

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

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: **I / ~~II~~ stopień***, stacjonarna / **niestacjonarna***

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

Kod przedmiotu **INP001011WP**.....

Grupa kursów **TAK**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15			15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	25			25	
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)				X	
Liczba punktów ECTS	1			1	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				1	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	0,68			0,68	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Umiejętność implementacji podanych algorytmów numerycznych.

Podstawowa wiedza z zakresu algebry i analizy matematycznej.

CELE PRZEDMIOTU

C1 Nabycie wiedzy w zakresie działania i stosowania metody elementów skończonych

C2 Nabycie umiejętności przeprowadzenia analizy numerycznej zjawisk fizycznych z wykorzystaniem oprogramowania Comsol

C3 Nabycie kompetencji społecznych w zakresie: rozumienia potrzeby pogłębiania własnej wiedzy, określania priorytetów w realizacji zadania, oraz kolejności realizacji jego etapów, potrzeby ciągłego podnoszenia kompetencji zawodowych, działania w sposób kreatywny.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 ma uporządkowaną wiedzę w zakresie metody elementów skończonych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi przeprowadzić analizę numeryczną zjawisk fizycznych stosując oprogramowanie Comsol

Z zakresu kompetencji:

PEU_K01 Zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia.

PEU_K02 Potrafi określić priorytety w realizacji zadania, oraz kolejność i terminy realizacji jego etapów.

PEU_K03 Rozumie potrzebę ciągłego podnoszenia kompetencji zawodowych

PEU_K04 Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny, innowacyjny i przedsiębiorczy

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Metoda elementów skończonych: dyskretyzacja, aproksymacja, scalenie i rozwiązywanie układu równań	5h
Wy2	Przedstawienie podstawowych możliwości oprogramowania Comsol: geometria, siatkowanie, fizyka zjawisk, analiza wyników	5h
Wy3	Przedstawienie zaawansowanych możliwości oprogramowania Comsol	5h
	Suma godzin	15h

Forma zajęć – projekt		Liczba godzin
La1	Opracowanie własnej implementacji metody elementów skończonych do wskazanego zagadnienia fizycznego	5h
La2	Opracowanie modelu wskazanego prostego zjawiska fizycznego w środowisku Comsol, przeprowadzenie obliczeń	4h
La3	Opracowanie modelu wskazanego złożonego zjawiska fizycznego w środowisku Comsol, przeprowadzenie obliczeń	6h
	Suma godzin	15h

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład w formie tradycyjnej z wykorzystaniem prezentacji komputerowej
N2. Zajęcia projektowe z rozwiązywaniem problemów fizycznych z wykorzystaniem oprogramowania Comsol.
N3. Konsultacje pozwalające na uzupełnienie treści programowych.

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, PEU_K03, PEU_K04	Ocena realizacji zadanych projektów modelowania problemów fizycznych oraz opracowanych sprawozdań
P=F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Notatki do wykładu w formie elektronicznej udostępnione na stronie internetowej wykładowcy
- [2] Dokumentacja oprogramowania Comsol (<https://www.comsol.eu>)

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

Karol Tarnowski, karol.tarnowski@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim ...*Programowanie obliczeń komputerowych*

Nazwa w języku angielskim ...*Programming of computer calculations*.....

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

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: **I /~~II~~ stopień***, stacjonarna /**niestacjonarna***

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

Kod przedmiotu

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)	25		25		
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)	X				
Liczba punktów ECTS	1		1		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			1		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	0,68		0,68		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Zna składnie i podstawowe instrukcje języka programowania Python.

Potrafi sformułować proste algorytmy.

Potrafi zaimplementować proste algorytmy w języku programowania Python.

Potrafi formułować i implementować algorytmy wykorzystujące: funkcje, rekurencję i iterację oraz różne struktury danych.

Potrafi analizować wybrane właściwości poznanych algorytmów

CELE PRZEDMIOTU

C1 Utrwalenie oraz rozszerzenie umiejętności programistycznych

C2 Nabycie umiejętności konstruowania oraz posługiwania się złożonymi typami danych – klasy.

C3 Nabycie umiejętności wykorzystania bibliotek do obliczeń numerycznych oraz wizualizacji danych

C4 Nabycie umiejętności w zakresie zarządzania klasami – dziedziczenie oraz polimorfizm klas.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zna paradygmat programowania obiektowego.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Potrafi konstruować oraz wykorzystywać klasy w implementacjach programów.

PEU_U02 Potrafi wykorzystywać biblioteki do programowania obliczeń komputerowych oraz wizualizacji danych.

PEU_U03 Potrafi zarządzać klasami wykorzystując dziedziczenie oraz polimorfizm klas.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Potrafi potrzebę samodzielnego zdobywania wiedzy.

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Paradygmaty programowania.	1h
Wy2	Funkcje anonimowe. Wyrażenia listowe. Wyrażenia generujące.	2h
Wy3	Klasa oraz obiekt. Przeciążanie operatorów.	2h
Wy4	Biblioteka numpy	2h
Wy5	Biblioteka matplotlib	2h
Wy6	Biblioteka scipy	2h
Wy7	Dziedziczenie.	2h
Wy8	Mechanizm wyjątków.	2h
	Suma godzin	15h

Forma zajęć – laboratorium		Liczba godzin
La1	Powtórzenie materiału kursu Podstawy programowania.	1h
La2	Praktyczna realizacja zagadnień Wy2 – funkcje anonimowe.	1h
La3	Praktyczna realizacja zagadnień Wy3 – wyrażenia listowe, wyrażenia generujące.	1h
La4	Zaliczenie cząstkowe 1.	1h
La5	Praktyczna realizacja zagadnień Wy3 – klasy i obiekty, przeciążanie operatorów.	1h
La6	Praktyczna realizacja zagadnień Wy4 - numpy.	1h
La7	Praktyczna realizacja zagadnień Wy5 - matplotlib.	1h
La8	Zaliczenie cząstkowe 2	1h
La9	Praktyczna realizacja zagadnień Wy6 - scipy.	1h
La10	Praktyczna realizacja zagadnień Wy6 – kontynuacja.	1h
La11	Zaliczenie cząstkowe 3	1h
La12	Praktyczna realizacja zagadnień Wy7.	1h
La13	Praktyczna realizacja zagadnień Wy8.	1h
La14	Zaliczenie końcowe	1h
La15	Zaliczenie poprawkowe	1h
	Suma godzin	15h

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Ćwiczenia laboratoryjne z rozwiązywaniem zadań związanych z treściami

programowymi.

N2. Notatki do zajęć oraz listy zadań udostępniane w formie elektronicznej.

N3. Konsultacje pozwalające na uzupełnienie treści programowych.

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_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_U04, PEU_K01	Ocena rozwiązań zadań z zaliczeń cząstkowych
F2	PEU_W01, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_U04	Ocena rozwiązań zadań z kolokwium zaliczeniowego
P= (F1+F2)/2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

[1] T. Gaddis, *Python dla zupełnie początkujących*, Helion, Gliwice, 2019.

[2] M. Lutz, *Python. Wprowadzenie*, Helion, Gliwice, 2022.

[3] M. Sysło, *Algorytmy*, Helion, Gliwice, 2016

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

[1] M. Dawson, *Python dla każdego. Podstawy programowania.*, Helion, Gliwice, 2014.

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

Karol Tarnowski, karol.tarnowski@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ WPPT	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim PODSTAWY GRAFIKI INŻYNIERSKIEJ	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim BASICS OF ENGINEERING GRAPHICS	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): INŻYNIERIA KWANTOWA	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I stopień, stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny / ogólnouczeniowy
Kod przedmiotu	INP 001001L
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)			30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)			50		
Forma zaliczenia			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)			1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza ogólnotechniczna na poziomie maturalnym.
2. Podstawowe umiejętności rysowania i obsługi sprzętu komputerowego.
3. Kurs jest przeznaczony dla studentów I roku.

CELE PRZEDMIOTU

C1 Osiągnięcie przedmiotowych efektów uczenia się.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zna i rozumie podstawowe pojęcia z zakresu grafiki inżynierskiej, w tym normy europejskie rysunku technicznego wykonawczego i złożeniowego,

PEU_W02 zna zasady zapisu konstrukcji, wymiarowania i tolerowania wymiarów, oznaczania chropowatości powierzchni i rysowania połączeń,

PEU_W03 zna proces tworzenia dokumentacji technicznej projektu inżynierskiego według norm europejskich dla rysunków wykonawczych i złożeniowych,

PEU_W04 zna narzędzia do dwuwymiarowego rysunku inżynierskiego – program AutoCAD, będący standardem w dziedzinie projektowania wspomaganego komputerowo (CAD),

PEU_W05 rozumie konieczność podjęcia dalszego kształcenia w projektowaniu komputerowym i konieczność kształcenia ustawicznego.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi wykonać rysunek techniczny w rzutach prostokątnych,

PEU_U02 potrafi opisać, czytać i interpretować rysunki techniczne,

PEU_U03 umie wykonać całościową dokumentację techniczną w formie elektronicznej,

PEU_U04 potrafi efektywnie korzystać z narzędzia do rysunku technicznego – programu AutoCAD w zakresie projektowania dwuwymiarowego,

PEU_U05 umie samodzielnie zdobywać wiedzę, krytycznie ją analizować, skutecznie radzić sobie z popełnionymi błędami, budować relacje oparte na odpowiedzialności i rzetelności w działaniu.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 rozwija zdolność kreatywnego myślenia, skupienia się na rzeczach istotnych i poszerza horyzont myślowy,

PEU_K02 rozwija zdolność samooceny przy testowaniu własnej pracy i utrwala umiejętności rzetelnego i odpowiedzialnego wykonywania zadań,

PEU_K03 rozumie konieczność samokształcenia, dostrzega wpływ osiągnięć technologicznych na postęp techniczny, rozwój nauki i ochronę środowiska,

PEU_K04 rozumie potrzebę odpowiedzialnego postępowania i należytej sumienności w procesie zdobywania wiedzy, a także rozwijania umiejętności czerpania zadowolenia z wykonanych obowiązków, zadań lub przedsięwzięć,

PEU_K05 rozwija zdolność samodzielnego stosowania posiadanych umiejętności i efektywnego radzenia sobie z popełnionymi błędami.

PEU_K06 podnosi konkurencyjność absolwentów Politechniki Wrocławskiej na rynku pracy.

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie do AutoCAD: profil użytkownika, menu główne i podręczne, palety narzędziowe, rysowanie i modyfikowanie obiektów, narzędzia do rysowania precyzyjnego i lokalizacji obiektów.	2
La2	Wprowadzenie do rysunku technicznego: szkicowanie techniczne, rzutowanie prostokątne, rodzaje i zastosowania linii, kompozycja rysunku. Przykłady rysunków, wspólne rysowanie i omówienie. Elementy wiedzy teoretycznej.	2
La3	Tworzenie szablonu rysunku w AutoCAD: wprowadzanie i edycja warstw, granice rysunku, rysowanie precyzyjne (siatka i skok), tabliczka rysunkowa. Projekt i wykonanie formatki arkusza z tabliczką rysunkową (szablon projektu).	2
La4	Zadanie do samodzielnego wykonania, bazujące na umiejętnościach z poprzednich laboratoriów. Model prosty z krawędziami i otworami.	2
La5	Rysowanie w AutoCAD krawędzi zaokrąglonych. Definiowanie linii nieciągłych do oznaczenia krawędzi niewidocznych, linii środkowych i osi symetrii otworów. Tworzenie i edycja warstw rysunkowych. Przykłady	2

	rysunków, wspólne rysowanie i omówienie. Elementy wiedzy teoretycznej.	
La6	Zadanie do samodzielnego wykonania, bazujące na umiejętnościach z poprzednich laboratoriów. Model prosty z łukami i otworami.	2
La7	Rysowanie i kreskowanie przekrojów i kładów w rysunku technicznym. Wybór miejsca i rodzaju przekroju, oznaczenie krojenia. Wspólne rysowanie przykładów i ich omówienie. Elementy wiedzy teoretycznej.	2
La8	Zadanie do samodzielnego wykonania, bazujące na umiejętnościach z poprzednich laboratoriów. Model typu korpus z przekrojem prostym.	2
La9	Wymiarowanie w rysunku wykonawczym wg norm europejskich. Style wymiarowania. Wprowadzanie odchyłek. Wspólne rysowanie przykładów z wymiarowaniem i ich omówienie. Elementy wiedzy teoretycznej.	2
La10	Zadanie do samodzielnego wykonania, bazujące na umiejętnościach z poprzednich laboratoriów. Modele typu tuleja, wał z przekrojem prostym, złożonym i/lub kładami.	2
La11	Oznaczanie pasowania i chropowatości powierzchni w rysunku technicznym. Zasady pasowania części według stałego otworu lub wałka. Tworzenie symboli chropowatości w AutoCAD. Wspólne rysowanie przykładów i ich omówienie. Elementy wiedzy teoretycznej.	2
La12	Rysunek złożeniowy i rysunki wykonawcze prostego urządzenia (z połączeniami rozłącznymi). Zasady oznaczania, numerowania i kreskowania części składowych w złożeniu. Zasady tworzenia dokumentacji technicznej urządzenia. Wspólne rysowanie przykładów i ich omówienie. Elementy wiedzy teoretycznej.	2
La13	Projekt końcowy cz. 1: zespół elementów urządzenia, model typu prosty mechanizm. Przygotowanie koncepcji mechanizmu w oparciu o normy, konsultacja i przygotowanie wstępnych szkiców rysunków wykonawczych poszczególnych części.	2
La14	Projekt końcowy cz.2: zespół elementów urządzenia, model typu prosty mechanizm. Wykonanie w AutoCAD kompletnych rysunków wykonawczych i rysunku złożeniowego, z pełnym wymiarowaniem, pasowaniami i opisem. Przygotowanie całościowej dokumentacji projektu.	2
La15	Laboratorium poprawkowe i odróbkowe. Podsumowanie zajęć. Wystawianie ocen.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1 Wykład tradycyjny z multimedialnymi prezentacjami i filmami.
N2 Pokazy programu AutoCAD na wykładzie.
N3 Tworzenie projektów w AutoCADzie na laboratorium.
N4 E-materiały dydaktyczne zgodne z tematyką kursu umieszczone w Internecie.
N5 Wspólne wykonywanie poszczególnych elementów/etapów rysunku technicznego na laboratorium uczącym.
N6 Zadania projektowe do samodzielnego wykonania na laboratorium po zajęciach uczących.
N7 Konsultacje stacjonarne i online, czat, kontakt tradycyjną pocztą elektroniczną.
N8 Praca własna studenta.

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_W05	Ocena znajomości rysunku technicznego na podstawie efektu wykonanych prac.

F2	PEU_U01 – PEU_U05, PEU_K01 – PEU_K06	Ocena wykonanych zadań laboratoryjnych (rysunki odręczne i komputerowe).
P		Średnia wszystkich uzyskanych ocen.

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] T. Dobrzański „Rysunek techniczny maszynowy”, wydanie 27, WNT Warszawa 2021.
- [2] J. Burcan „Podstawy rysunku technicznego”, WNT Warszawa 2016.
- [3] I. Rydzanicz, „Zapis konstrukcji: podstawy”, Oficyna Wyd. PWr Wrocław 2000.
- [4] A. Pikoń „AutoCAD 2021 PL: pierwsze kroki”, Helion 2020.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] I. Rydzanicz, „Rysunek techniczny jako zapis konstrukcji: zadania”, WNT, Warszawa 1999.
- [2] Dokumentacja techniczna zainstalowanego oprogramowania.
- [3] Materiały i kursy na temat AutoCAD-a w Internecie.

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

dr hab. inż. Łukasz Gelczuk, prof. uczelni, lukasz.gelczuk@pwr.wroc.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim	Techniki charakteryzacji strukturalnych i fotoelektrycznych właściwości materiałów
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Technics of the structural and photoelectrical characterisation of materials' properties.
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	
Specjalność (jeśli dotyczy):	.....
Poziom i forma studiów:	I stopień , stacjonarna
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu	.....
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30			30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50			75	
Forma zaliczenia	<u>zaliczenie na ocenę</u> zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	<u>zaliczenie na ocenę</u> zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2			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)	0,68			1,28	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Elementarna wiedza z zakresu rachunku różniczkowego i całkowego.
2. Podstawy fizyki ciała stałego.

CELE PRZEDMIOTU

C1Poznanie podstaw fizycznych nowoczesnych zaawansowanych technik pomiarowych

stosowanych do badań strukturalnych i fotoelektrycznych materiałów litych i cienkich warstw ciał stałych.

C2 Nabycie umiejętności przeprowadzenia badań strukturalnych i fotoelektrycznych wybranych materiałów litych i cienkich warstw przy użyciu zaawansowanych technik eksperymentalnych.

C3 Nabycie umiejętności realizacji projektu badań strukturalnych i fotoelektrycznych wybranych materiałów litych i cienkich warstw.

C4 Nabycie umiejętności pracy w zespole

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zna podstawy fizyczne działania wybranych zaawansowanych metod służących do przeprowadzenia badań strukturalnych i fotoelektrycznych materiałów litych i cienkich warstw

PEU_W02 zna nowoczesne zaawansowane techniki pomiarowe służące do wytwarzania i charakteryzacji materiałów litych i cienkich warstw ciał stałych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi wyjaśnić podstawy fizyczne wybranych zaawansowanych metod badań strukturalnych i fotoelektrycznych właściwości materiałów litych i cienkich warstw ciał stałych.

PEU_U02 potrafi przeprowadzić podstawowe pomiary na wybranych zaawansowanych systemach pomiarowych służących do badania właściwości strukturalnych i fotoelektrycznych materiałów litych i cienkich warstw ciał stałych

PEU_U03 potrafi zaprojektować i przeprowadzić cykl pomiarów służący do przeprowadzenia analizy właściwości strukturalnych i fotoelektrycznych wybranych materiałów litych i cienkich warstw ciał stałych.

PEU_U04 potrafi zredagować opis zrealizowanego projektu.

PEU_U05 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 potrafi poszukiwać rozwiązania i realizować postawione zadania w zespole.

PEU_K02 rozumie potrzebę samokształcenia

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy 1	Omówienie wybranych praktycznych zagadnień z zakresu technik pomiarowych, m.in. podstawy pomiaru techniką lock-in, elementy układów optycznych (siatka dyfrakcyjna), polaryzacja światła (ćwierćfalówka i półfalówka) itp.	2
Wy 2	Drgania sieci krystalicznej dla modelu kryształu jedno-, dwu-, i trój-wymiarowego. Relacja dyspersji. Podstawy fizyczne metod badawczych służących do wyznaczania modów fononowych: technika rozpraszania neutronów termicznych, odbicie i absorpcja światła w pod-	2

	czerwieni.	
Wy 3	Podstawy fizyczne metod badawczych służących do wyznaczenia modów fononowych c.d.: Rozpraszanie Rayleigha, Brillouina i Ramana. Model makroskopowy i kwantowy rozpraszania Ramana. Tensor Ramana. Elipsoidalność polaryzowalności. Reguła wykluczenia.	2
Wy 4	Optymalizacja systemu pomiarowego spektrometru Ramana. System T64000 Horiba-Jobin-Yvone.	2
Wy 5	Podstawy fizyczne działania skaningowego mikroskopu: tunelowego (STM), elektronowego (SEM) i transmisyjnego (TEM). Podstawy fizyczne działania mikroskopu sił atomowych (AFM). Porównanie możliwości badawczych ww. mikroskopów.	2
Wy 6	Technika badania topografii powierzchni AFM. Tryby działania (kontaktowy, bezkontaktowy, przerywany). Mody pracy systemu XE70 Park System: m.in. AFM, mikroskop sił elektrostatycznych - standardowy (EFM) i rozszerzony, (EEFM). Technika wyznaczenia potencjału kontaktowego metodą Kelvina (KPFM). Podstawy fizyczne i zastosowania.	2
Wy 7	Metoda wyznaczenia potencjału kontaktowego i fotonapieża powierzchniowego przy pomocy sondy Kelvina (KP) w układzie SKP5050. Technika spektroskopii fotonapieża powierzchniowego. Podstawy fizyczne i zastosowania.	2
Wy 8	Polaryzacja liniowa i nieliniowa II rzędu. Aplikacja efektu mieszania częstości. Generacja II-giej i III-ciej harmonicznej. Warunek dopasowania faz. Kryształy jednoosiowe i warunek dopasowania faz.	2
Wy 9	Laser impulsowy OPO. Zasada działania Q-switcha. Zasada działania lasera przestrajalnego Panther Ex-OPO wraz z pompą Surelite Continuum. Podstawy fizyczne.	2
Wy 10	Równanie Poissona i zależność pojemności od napięcia dla złącza Schottky'ego i dla złącza p-n. Głębokie poziomy pułapkowe. Równanie kinetyczne. Zasada równowagi szczegółowej.	2
Wy 11	Metody badania głębokich poziomów pułapkowych DLTS i LaplaceDLTS. Podstawy fizyczne i zastosowanie. System DLS82E i LDLTS IFPAN.	2
Wy 12	Metody badania głębokich poziomów pułapkowych komplementarne do techniki DLTS (z oświetleniem: DLOS, ODLTS, MCTS) oraz technika admitancyjna. Podstawy fizyczne i zastosowanie.	2
Wy 13	Technika impedancyjna badania litych i cienkich warstw ciał stałych. Analizator impedancji Zurich Instruments. Podstawy fizyczne i zastosowanie.	2
Wy 14	Badanie widm optycznych: transmisji, odbicia, fotoprądu, czułości spektralnej oraz wydajności kwantowej elementów światłoczułych - System Bentham PVE300E. Badanie parametrów fotoogniw w standardowych warunkach oświetlenia przy użyciu symulatora Słońca. Podstawy fizyczne i zastosowanie.	2
Wy 15	Test zaliczeniowy	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Zajęcia organizacyjne. Zaprezentowanie stanowisk pomiarowych i	2

	omówienie tematyki ćwiczeń projektowych.	
Pr1	Modyfikacja cienkiej warstwy metalicznej wiązką lasera impulsowego o bardzo dużej mocy. Ocena zmiany widm transmisji.	4
Pr2	Badania topografii powierzchni ogniw krzemowych. Mikroskopia sił atomowych.	4
Pr3	Badanie złączy półprzewodnikowych metodami elektrycznymi (I-V, C-V, DLTS).	4
Pr4	Wyznaczanie pracy wyjścia metali i półprzewodników z zastosowaniem sondy Kelvina.	4
Pr5	Spektroskopia ramanowska ciał stałych.	4
Pr6	Wyznaczenie czułości i wydajności kwantowej ogniw krzemowych oraz ich sprawności za pomocą pomiaru charakterystyk I-V z wykorzystaniem symulatora słońca.	4
Pr 7	Zajęcia odróbkowe	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1 Wykład tradycyjny z prezentacjami multimedialnymi uzupełniony demonstracjami zjawisk fizycznych.
 N2 E-materiały do wykładu umieszczone w Internecie.
 N3 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.
 N4 Praca własna – przygotowanie do zajęć projektowych i do testu zaliczeniowego

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, PEU_U04, PEU_U05 PEU_K01, PEU_K02,	Odpowiedź ustna i raport z projektu
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_K02	Testy i aktywność na wykładzie
F3	PEU_W01, PEU_W02	Test zaliczeniowy
P1 = średnia ze wszystkich ocen F1		
P2 = (F2+F3)/2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Materiały do wykładu, dostępne poprzez internet: : <https://popko.wppt.pwr.edu.pl>
 [2] E.Popko "Nowoczesne metody badania struktur półprzewodnikowych w laboratorium NLTK". Część I i Część II. ZPR PWr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej
 [3] M.Fox, „Optical properties of solids” Oxford University Press 2010
 [4] Instrukcje obsługi urządzeń i oprogramowania systemów pomiarowych laboratorium NLTK

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Peter Y.Yu, Manuel Cardona „Fundamentals of Semiconductors” ed. Springer-verlag (19990
- [2] D.K.Schreder” Semiconductor Material and Device characterization” John Wiley&Sons NY 1998
- [4] D. A. Neamen “Semiconductor Physics and Devices. Basic principles” McGraw – Hill, Singapore, 2012.

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

Ewa Popko ewa.popko@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PPT / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: Obliczenia z zasad pierwszych w inżynierii układów atomowych.

Nazwa w języku angielskim: 'Ab initio' calculations in the atomic systems engineering

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: wybieralny

Kod przedmiotu

Grupa kursów NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50		75		
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę		zaliczenie na ocenę		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2		3		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			3		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	0,68		1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

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

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Nabycie podstawowej wiedzy teoretycznej w zakresie metod obliczeniowych *ab initio* w fizyce układów atomowych
- C2. Nabycie praktycznej umiejętności zastosowanie metod *ab initio* do wyznaczania podstawowych charakterystyk fizycznych wybranych układów atomowych (cząsteczka, kryształ, powierzchnia kryształu)
- 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 Posiada rozszerzoną wiedzę o teoretycznych podstawach metod obliczeniowych *ab initio*

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Umie zastosować metody obliczeniowe *ab initio* do modelowania wybranych zagadnień fizycznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Rozumie konieczność samokształcenia.

PEU_K02 Potrafi współpracować w ramach zespołu badawczego

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wstęp do pakietu ABINIT	2
Wy2	Cząsteczka H ₂ - najprostszy układ atomowy; podstawowe parametry obliczeniowe	2
Wy3	Wyznaczanie podstawowych właściwości fizycznych cząsteczki H ₂	2
Wy4	Problem zbieżności wyników obliczeń ze względu na parametry obliczeniowe	2
Wy5	Hamiltonian układu wieloelektronowego; przybliżenie Borna-Oppenheimera	2
Wy6	Problem niejednorodny gazu elektronowego - przybliżenia; Tw. Hohenberga-Kohna; elementy Teorii Funkcjonału Gęstości	2
Wy7	Odwzorowanie Kohna-Shama, równania K-S; funkcyjna korelacji-wymiany	2
Wy8	Układy periodyczne; Reprezentacja fal płaskich; tw Blocha; strefa Brillouina; całkowanie w przestrzeni odwrotnej	2
Wy9	Odpowiedź na zaburzenie zewnętrzne: naprężenie, pole elektryczne, przemieszczenie atomu; metody różnic skończonych; rachunek zaburzeń DFT	4

Wy10	Tensory liniowej odpowiedzi: tensor elastyczny (notacja Voighta), podatność elektryczna, macierz stałych siłowych, tensory pochodne (piezoelektryczny, piezoeelastyczny, ładunek efektywny Borna)	2
Wy11	Dynamika sieci, przybliżeni harmoniczne, macierz dynamiczna; elementy termodynamiki; metody wyjścia poza przybliżenie harmoniczne	4
Wy12	Stany wzbudzone; elektronowa struktura pasmowa – problem przerwy wzbronionej; funkcjonały dedykowane; metody post-DFT	2
Wy13	Przykłady zastosowań w bieżących problemach badawczych	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć: laboratorium	Temat	Liczba godzin
La1-2	Cząsteczka H ₂ , obliczenia jakościowe wielkości fizycznych (długość równowagowa, potencjał, częstość oscylacji, struktura elektronowa) bez analizy zbieżności	4
La3	Analiza zbieżności ze względu na parametry kontrolne; obliczenia ilościowe wielkości fizycznych cząsteczki H ₂ ; reprezentacje graficzne	2
La4-6	Krystaliczny krzem; wyznaczanie parametrów sieciowych oraz struktury elektronowej	6
La7-9	Kryształ i powierzchnia aluminium; wyznaczanie parametrów sieciowych kryształu i struktury jonowej powierzchni; energia powierzchniowa	6
La10-15	Wybrane zaawansowane techniki obliczeniowe (tensor elastyczny, dynamika sieci, tensor dielektryczny, ferromagnetyzm)	12
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Praca z komputerem pod nadzorem prowadzącego laboratorium, w tym praca w małym 2-3 osobowym zespole
 N2. Sprawozdania z ćwiczeń w formie prezentacji ustnych
 N3. Konsultacje indywidualne z prowadzącym kurs
 N4. Praca własna, w tym praca własna z komputerem
 N5. Praca własna – studia literaturowe

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 F2 P=0.4*F1+0.6*F2	PEU_W01, PEU_U01 PEU_K01,	Kolokwium pisemne Sprawozdania ustne z wykonywanych projektów

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Richard M. Martin, *Electronic structure, Basic Theory and Practical Methods*, Cambridge University Press (2004)

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] <http://www.abinit.org/>
[2] materiały dostarczone przez prowadzącego

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

Dr inż. Paweł Scharoch, pawel.scharoch@pwr.wroc.pl

WYDZIAŁ PPT

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: *Przyrządy i układy półprzewodnikowe*

Nazwa w języku angielskim: *Semiconductor devices and circuits*

Kierunek studiów: *Inżynieria kwantowa*

Specjalność:

Stopień studiów i forma: *I; stacjonarne*

Rodzaj przedmiotu: *wybieralny*

Kod przedmiotu *FZP001091W,L*

Grupa kursów NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	25		50		
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę		zaliczenie na ocenę		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (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 kontaktu (BU)	0,68		1,28		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Elementarna wiedza z zakresu rachunku różniczkowego i całkowego.

CELE PRZEDMIOTU

C1 Poznanie podstaw fizycznych działania przyrządów półprzewodnikowych i układów ich pracy.

C2 Nabycie umiejętności przeprowadzenia podstawowych pomiarów fotoelektrycznych przyrządów półprzewodnikowych

C3 Nabycie umiejętności napisania raportu z przeprowadzonego eksperymentu

C4 Nabycie umiejętności pracy w zespole

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 zna podstawy fizyczne działania wybranych przyrządów półprzewodnikowych
PEU_W02 zna podstawowe układy pracy wybranych przyrządów półprzewodnikowych

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi wyjaśnić podstawy fizyczne działania wybranych przyrządów półprzewodnikowych i układy ich pracy

PEU_U02 potrafi zestawić prosty układ do pomiaru podstawowych charakterystyk wybranych przyrządów półprzewodnikowych

PEU_U03 potrafi napisać raport z wykonanych pomiarów

PEU_U04 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 potrafi poszukiwać rozwiązania i realizować postawione zadania w zespole.

PEU_K02 rozumie potrzebę samokształcenia

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć-wykład		Liczba godzin
Wy1	Półprzewodnikowe złącze p-n	2
Wy2	Złącze metal-izolator-półprzewodnik (MIS) i metal-tlenek-półprzewodnik (MOS).	1
Wy3	Tranzystor polowy JFET, MOSFET, MESFET	1
Wy4	Heterozłącze półprzewodnikowe.	1
Wy5	Efekt fotowoltaiczny. Fotodiody.	1
Wy7	Urządzenia na ładunku związanym (CCD).	1
Wy8	Tranzystor bipolarny. Podstawy działania.	1
Wy9	Zakresy pracy i układy włączenia tranzystora. Charakterystyki stałoprądowe. Model Ebersa – Molla. Tranzystor jako czwórnik aktywny.	1
Wy10	Dioda LED i laser półprzewodnikowy.	2
Wy11	Wybrane przyrządy półprzewodnikowe (termistory, warystory, hallotron, magnetorezystor, fotorezystor, chłodziarka Peltiera, tyrystory)	2
Wy12	Nowoczesne urządzenia półprzewodnikowe na strukturach niskowymiarowych.	1
Wy14	Test zaliczeniowy	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie do laboratorium.	2
La2	Pomiar charakterystyk statycznych tranzystora bipolarnego i foto-	4

	tranzystora.	
La3	Pomiar charakterystyk I-U diody prostowniczej i diod Zenera metodą punkt po punkcie oraz metodą oscyloskopową.	4
La4	Pomiar charakterystyk elektrycznych tyrystora.	4
La5	Układy różniczkujące i całkujące RC.	4
La6	Prostownik jedno- i dwupołówkowy	4
La7	Badanie cyfrowych układów elektronicznych TTL	4
La8	Odróbka zajęć	4
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1 Wykład tradycyjny z prezentacjami multimedialnymi uzupełniony demonstracjami zjawisk fizycznych.
 N2 E-materiały do wykładu umieszczone w Internecie.
 N3 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.
 N4 Praca własna – przygotowanie do laboratorium i do testu zaliczeniowego
 N5 Instrukcje – wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych
 N6 Instrukcje robocze do 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_U01-PEU_U04, PEU_K01, PEU_K02,	Odpowiedź ustna i raport z ćwiczenia laborator.
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_K02	Testy i aktywność na wykładzie
F3	PEU_W01, PEU_W02	Test zaliczeniowy
P1 = średnia ze wszystkich ocen F1		
P2 = F3 z uwzględnieniem F2		
Test zaliczeniowy + F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Materiały do wykładu, dostępne poprzez internet: popko.wppt.pwr.edu.pl
- [2] Fizyka dla Szkół Wyższych t. 3, rozdział 9, wyd. Openstax
<https://cnx.org/contents/u2KTPvIK@8.12:tyRWITJ7@2/Wst%C4%9>
- [3] E. Płaczek-Popko, „Fizyka odnawialnych źródeł energii” Skrypt DBC
- [4] W. Marciniak “Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone” WNT Warszawa 1987
- [5] S. Kuta „Elementy i układy elektroniczne” Wyd. AGH, wyd. I 2000

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] D.A.Neamen „Semiconductor Physics and Devices”, ed. McGraw-Hill, 2012
- [2] M. Rusek, J. Pasierbiński “Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach” WNT Warszawa 1990

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

Ewa Popko ewa.popko@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych problemów Techniki..... / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim Projektowanie Struktur Półprzewodnikowych

Nazwa w języku angielskim Design of Semiconductor Structures

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy

Kod przedmiotu FTP002037WP

Grupa kursów ~~TAK~~ / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30			15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50			25	
Forma zaliczenia	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			1	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				1	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	1,28			0,68	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Zaliczone kursy z analizy matematycznej
2. Zaliczone kursy z algebry
3. Zaliczona fizyka ogólna
4. Umiejętność programowania
5. Zaliczone kursy z mechaniki kwantowej

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Dostarczenie wiedzy na temat podstawowych związków półprzewodnikowych oraz nowych związków i struktur półprzewodnikowych przeznaczonych do konstrukcji takich przyrządów półprzewodnikowych jak lasery, baterie słoneczne, detektory, tranzystory, itd.

- C2 Udoskonalenie umiejętności programowania poprzez poznanie możliwości takich narzędzi programistycznych pozwalających tworzyć aplikacje w wieloma oknami i wizualizację otrzymywanych wyników. Projektowanie struktury od strony numerycznej pod kątem konkretnych zastosowań.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zna podstawowe materiały półprzewodnikowe.

PEU_W02 Wie jak rozwiązać równanie Schrödingera numerycznie.

PEU_W03 Wie jak uwzględnić naprężenia i efekty polaryzacyjne w materiałach półprzewodnikowych.

PEU_W04 Ma podstawową wiedzę z zakresu zjawisk zachodzących w przyrządach półprzewodnikowych w szczególności fizyki laserów.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Umie zaproponować nowe rozwiązania materiałowe pod kątem ich potencjalnych zastosowań.

PEU_U02 Umie wyznaczyć wartości własne, będące rozwiązaniem równania Schrödingera.

PEU_U03 Umie napisać program bazujący na aplikacji obsługującej okna i wizualizujący otrzymywane wyniki.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Rozróżnia sformułowania ogólne i podstawowe od szczegółowych przykładów

PEU_K02 Identyfikuje zastosowania mechaniki kwantowej.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Klasyfikacja przyrządów półprzewodnikowych: - podział przyrządów półprzewodnikowych - zastosowanie przyrządów półprzewodnikowych we współczesnym życiu - parametry przyrządów półprzewodnikowych, kryteria ich doboru oraz ich ograniczenia fizyczne	2
Wy2	Podstawowe materiały półprzewodnikowe: - półprzewodniki grupy IV, III-V, II-VI i inne - chemiczne trendy w relacji stała sieciowa i przerwa energetyczna - położenie pasm względem poziomu próżni - technologie otrzymywania materiałów półprzewodnikowych	2
Wy3	Domieszkowanie półprzewodników: - głębokie i płytkie domieszki - naturalne defekty - położenie głębokich i płytkich poziomów domieszkowych względem poziomu próżni	

	<ul style="list-style-type: none"> - chemiczne trendy w domieszkowaniu półprzewodników - energia stabilizacji poziomu Fermiego 	
Wy4	<p>Związki półprzewodnikowe mieszane:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przybliżenie kryształu wirtualnego, prawo Vegarda - nieciągłość pasm - technologia otrzymywania związków mieszanych 	2
Wy5	<p>Związki półprzewodnikowe mieszane:</p> <ul style="list-style-type: none"> - związki półprzewodnikowe osadzone na dwuskładnikowych podłożach - podłoża w technologii półprzewodnikowej ich wytwarzanie i ograniczenia - heterostrukтуры - stopy numeryczne (ang. digital alloys) 	2
Wy6	<p>Naprężenia w strukturach półprzewodnikowych:</p> <ul style="list-style-type: none"> - potencjały deformacyjne - przesunięcia pasm w heterostrukturach z naprężeniami ściskającymi oraz rozciągającymi - grubość krytyczna 	2
Wy7	<p>Efekty polaryzacyjne w wybranych strukturach półprzewodnikowych</p> <ul style="list-style-type: none"> - polaryzacja spontaniczna, polaryzacja piezoelektryczna - wbudowane pola elektryczne - wykorzystanie efektów polaryzacyjnych w przyrządach półprzewodnikowych 	2
Wy8	<p>Zjawiska fizyczne w przyrządach półprzewodnikowych i ich modelowanie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - równanie Schrödingera, stany związane - numeryczna postać równania Schrödingera - numeryczne metody rozwiązania równania Schrödingera 	2
Wy9	<p>Zjawiska fizyczne w przyrządach półprzewodnikowych i ich modelowanie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - równanie Poissona - samouzgodnione rozwiązanie równania Schrödingera i Poissona w studniach kwantowych 	2
Wy10	<p>Części pasywne oraz aktywne w wybranych przyrządach półprzewodnikowych</p>	2
Wy11	Diody elektroluminescencyjne i lasery krawędziowe	2
Wy12	Lasery typu VCSEL oraz lasery kaskadowe	2
Wy13	Modulatory światła i tranzystory	2
Wy14	Detektory i baterie słoneczne	2
Wy15	Powtórzenie materiału i wyrównanie zaległości	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć – projekt		Liczba godzin
La1	Poznanie środowisk oprogramowania umożliwiających napisanie aplikacji obsługującej okna, (Visual Studio Pojektury Windows Form	2

	application lub Wx-Devcpp Forms Application) bazujących na języku programowania c++ lub innym	
La2	Napisanie programu umożliwiającego poprzez wprowadzenie danych narysowanie funkcji, narysowanie jej poprzez dobór odpowiedniego komponentu. Poznanie komponentów obsługujących podstawowe kontrolki.	2
La3	Numeryczne rozwiązanie równania Schrödingera, dla studni parabolicznej i potencjału Coulombowskiego. Wyznaczanie wartości własnych poprzez sprowadzenie równania Schrödingera do algebraicznego zagadnienia własnego.	4
La4	Wliczanie funkcji falowych, jako wartości własnych algebraicznego zagadnienia własnego.	4
La5	Uwzględnienie naprężeń w strukturach półprzewodnikowych.	2
La6	Generowanie potencjałów odpowiadających rzeczywistym półprzewodnikowym studniom kwantowym.	2
La7	Obliczanie stanów związanych w wybranych strukturach półprzewodnikowych. Obliczanie energii przejścia podstawowego w studniach kwantowych.	4
La8	Praca nad programem końcowym i opisem programu.	10
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Forma tradycyjna: wykład
 N2 Demonstracje i pokazy programów obliczających parametry materiałów półprzewodnikowych
 N3 Tradycyjne: wyprowadzanie i omawianie zagadnień na tablicy
 N4 Dodatkowe konsultacje dla zainteresowanych studentów
 N5 Internet: wyszukiwanie potrzebnych materiałów poprzez wyszukiwarki.

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_W02	Ocena z programu
F2	PEU_W03	Ocena z programu
F3	PEU_W03	Kolokwium zaliczeniowe i sprawozdanie z projektu.
F4	PEU_W04	Kolokwium zaliczeniowe i sprawozdanie z projektu.
P Zaliczenie w formie pisemno ustnej. Ocena z napisanego sprawozdania do programu końcowego.		

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 (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL) Robert Kudrawiec, robert.kudrawiec@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych problemów Techniki..... / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: Eksperymentalne metody badania materiałów półprzewodnikowych

Nazwa w języku angielskim: Experimental methods of study semiconductor materials

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: wybieralny

Kod przedmiotu FZP001231WP

Grupa kursów ~~FAK~~ / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30			15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	50			25	
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę	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 kontaktu (BU)	1,28			0,68	

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Zaliczone kursy z analizy matematycznej
2. Zaliczone kursy z algebry
3. Zaliczona fizyka ogólna
4. Zaliczony wstęp do fizyki ciała stałego lub podobny/równoważny kurs

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Dostarczenie wiedzy na temat podstawowych metod eksperymentalnych służących do badania materiałów i struktur półprzewodnikowych.
- C2 Udoskonalenie umiejętności posługiwania się aparaturą pomiarową, umiejętności analizy wyników eksperymentalnych oraz pisania raportów z badań.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zna podstawowe metody eksperymentalne badania materiałów i struktur półprzewodnikowych.

PEU_W02 Wie jak działają wybrane urządzenia pomiarowe.

PEU_W03 Ma pogłębioną wiedzę z zakresu zjawisk fizycznych wykorzystanych w wybranych metodach pomiarowych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Umie posłużyć się aparaturą pomiarową.

PEU_U02 Umie dobrać właściwą metodę eksperymentalną do zbadania/wyznaczenia danej wielkości (lub danego parametru) w materiale półprzewodnikowym.

PEU_U03 Umie przeprowadzić pomiary i zebrać dane pomiarowe.

PEU_U04 Umie opracować wyniki pomiarów i sporządzić z tego raport.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Potrafi pracować w grupie i dzielić się obowiązkami.

PEU_K02 Rozpoznaje role materiałów półprzewodnikowych w codziennym życiu oraz potrzebę badania nowych materiałów półprzewodnikowych.

PEU_K03 Rozumie rolę metod eksperymentalnych w rozwoju technologii półprzewodnikowej.

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Podział metod eksperymentalnych służących badaniu materiałów i struktur półprzewodnikowych oraz ich ogólna charakterystyka: - metody strukturalne - metody elektryczne - metody optyczne	2
Wy2	Metody strukturalne – pomiary XRD: - równie Bragów oraz zjawisko dyfrakcji na kryształach - dyfraktometr rentgenowski - wielkości wyznaczone metodą XRD w materiałach i strukturach półprzewodnikowych	2
Wy3	Metody strukturalne – mikroskopia elektronowa: - transmisja elektronów przez ciało stałe oraz zjawiska temu towarzyszące - mikroskop elektronowy - wielkości wyznaczone metodą mikroskopii elektronowej dla struktur półprzewodnikowych	2
Wy4	Metody strukturalne – SIMS i RBS: - zjawisko wtórnej emisji jonów z ciała stałego, zjawisko rozpraszania Rutherforda - aparatura do pomiarów SIMS i RBS - wielkości wyznaczone metodą SIMS oraz RBS dla struktur półprzewodnikowych	2
Wy5	Metody elektryczne – pomiar efektu Halla oraz termosiły - zjawisko Halla, metoda Van der Pauwa - zastosowanie efektu Halla do wyznaczanie koncentracji nośników w materiałach półprzewodnikowych - efekt Seebecka, Peltiera i powstawanie termosiły w ciele stałym - wyznaczanie koncentracji nośników w materiałach półprzewodnikowych na podstawie pomiarów termosiły	2
Wy6	Metody elektro-optyczne – pomiar fotoprądu: - absorpcja międzypasmowa, optyczna jonizacja domieszek w materiałach półprzewodnikowych, wbudowane pole elektryczne i efekt fotowoltaiczny - przykłady zastosowań pomiarów fotoprądu do badań materiałów półprzewodnikowych	2
Wy7	Metody optyczne – odbicie i transmisja światła: - funkcja dielektryczna, stałe optyczne i relacje Kramersa-Kroniga - układy do pomiarów odbicia i transmisji światła przez próbkę półprzewodnikową - przykłady zastosowań pomiarów odbicia i transmisji światła do badania struktury pasmowej półprzewodników	2
Wy8	Metody optyczne – optyczna spektroskopia różnicowa: - detekcja fazo-czuła w spektroskopii optycznej - układy do pomiarów widm modulowanego odbicia i transmisji światła - przykłady zastosowań pomiarów modulowanego odbicia i trans-	2

	misji do badania przejść optycznych w strukturach półprzewodnikowych	
Wy9	Metody optyczne – fotoluminescencja i katodoluminescencja: - zjawisko fotoluminescencji i katodoluminescencji - układy do pomiarów widm fotoluminescencji i katodoluminescencji - przykłady zastosowań techniki fotoluminescencji i katodoluminescencji do badania struktur półprzewodnikowych	2
Wy10	Metody optyczne – czasowo-rozdzielcza fotoluminescencja: - dynamika nośników w strukturach półprzewodnikowych - układy do pomiarów widm czasowo-rozdzielczej fotoluminescencji - przykłady pomiarów czasowo-rozdzielczej fotoluminescencji w strukturach półprzewodnikowych	2
Wy11	Metody optyczne – spektroskopia absorpcyjna w dalekiej podczerwieni: - interferometr Michelsona i zasada działania układu FTIR - absorpcja światła na drganiach sieci - absorpcja na swobodnych nośnikach - przykłady pomiarów widm absorpcji dla wybranych materiałów i struktur półprzewodnikowych	2
Wy12	Metody optyczne – spektroskopia foto-akustyczna: - zjawisko generacji fali termicznej na skutek absorpcji światła w ciele stałym - układy do pomiarów widm foto-akustycznych - przykłady pomiarów widm foto-akustycznych dla materiałów i struktur półprzewodnikowych	2
Wy13	Metody optyczne – foto-indukowane odbicie mikrofal: - zjawisko foto-indukowanego odbicia fali elektromagnetycznej od ciała stałego w zakresie mikrofalowym - układy do pomiarów foto-indukowanego odbicia mikrofal - przykłady zastosowania foto-indukowanego odbicia mikrofal do wyznaczania czasów życia nośników w półprzewodnikach ze skośną przerwa energetyczną	2
Wy14	Wykorzystanie wysokich ciśnień hydrostatycznych w badaniach półprzewodników - metody uzyskiwania wysokich ciśnień hydrostatycznych - komory do pomiarów właściwości strukturalnych, elektrycznych i optycznych ciała stałego w wysokich ciśnieniach hydrostatycznych - przykłady zastosowania wysokich ciśnień do badania wybranych zjawisk w materiałach i strukturach półprzewodnikowych	2
Wy15	Powtórzenie materiału i wyrównanie zaległości	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć – projekt	Liczba godzin
Studenci podzieleni na grupy wybierają jeden z projektów z poniższej listy i realizują go przez cały semestr. Do wyboru jest 12 projektów.	

P1	Pomiary temperaturowej zależności widma odbicia i transmisji światła dla półprzewodnikowych związków mieszanych.	30
P2	Pomiary temperaturowej zależności fotoluminescencji dla półprzewodnikowych związków mieszanych.	30
P3	Pomiary przejść optycznych w półprzewodnikowych studniach kwantowych metodą fotoodbicia.	30
P4	Pomiary wbudowanych pól elektrycznych w strukturach półprzewodnikowych metodą bezkontaktowego elektroodbicia.	30
P5	Pomiary skośnej przerwy energetycznej metodą spektroskopii fotoakustycznej dla wybranych materiałów półprzewodnikowych.	30
P6	Pomiary czasów życia nośników w półprzewodnikach ze skośną przerwą energetyczną metodą fotoindukowanego odbicia mikrofal.	30
P7	Wyznaczanie koncentracji nośników w próbkach półprzewodnikowych na podstawie pomiarów termosiły.	30
P8	Pomiary fotoprądu dla wybranych materiałów półprzewodnikowych.	30
P9	Pomiary koncentracji nośników w próbkach półprzewodnikowych metodą Hala.	30
P10	Pomiary widm modulowanej transmisji dla cienkich warstw półprzewodnikowych.	30
P11	Pomiary widm piezodbicia dla wybranych materiałów półprzewodnikowych.	30
P12	Pomiary optyczne w wysokich ciśnieniach hydrostatycznych.	30
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykład prowadzony z wykorzystaniem slajdów
N2 Wyprowadzanie i omawianie zagadnień na tablicy
N3 Dodatkowe konsultacje dla zainteresowanych studentów
N4 Internet: wyszukiwanie potrzebnych materiałów poprzez wyszukiwarki
N5 Praca w grupie

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
P1	PEU_W01 – PEU_W03	Zaliczenie w formie pisemno-ustnej.
F1	PEU_U01 – PEU_U04	Ocena za raport ze realizowanego projektu.

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Characterization of Semiconductor Materials, Principles and Methods, Gary F. McGuire, William Andrew (1989).
- [2] Characterization of Semiconductor Heterostructures and Nanostructures, Editors: Giovanni Agostini Carlo Lamberti Carlo Lamberti, Elsevier Science, (2008).
- [3] Optical Characterization of Semiconductors, Infrared, Raman, and Photoluminescence Spectroscopy, Sidney Perkowitz, Academic Press (1993).
- [4] Semiconductor Research: Experimental Techniques, Editors: A. Patane and N. Balkan, Springer (2012).

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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