

PROGRAM STUDIÓW

WYDZIAŁ: Podstawowych Problemów Techniki

KIERUNEK STUDIÓW: Inżynieria Kwantowa

Przyporządkowany do dyscypliny: Nauki fizyczne

POZIOM KSZTAŁCENIA: **studia drugiego stopnia**

FORMA STUDIÓW: **stacjonarna**

PROFIL: **ogólnoakademicki**

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

OBOWIĄZUJE OD CYKLU KSZTAŁCENIA: 2021/2022

Zawartość:

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

*niepotrzebne skreślić

ZAKŁADANE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Wydział: Podstawowych Problemów Techniki

Kierunek studiów: Inżynieria Kwantowa

Poziom studiów: studia drugiego stopnia

Profil: ogólnoakademicki

Umiejscowienie kierunku

Dziedzina nauki: Nauki ścisłe i przyrodnicze

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

Nauki fizyczne

Objaśnienie oznaczeń:

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

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

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

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

W – kategoria „wiedza”

U – kategoria „umiejętności”

K – kategoria „kompetencje społeczne”

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

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

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

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

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

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

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

*niepotrzebne usunąć

Kierunkowe efekty uczenia się

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

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

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

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

*niepotrzebne usunąć

OPIS PROGRAMU STUDIÓW

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

1. Opis ogólny

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

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

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

2. Opis szczegółowy

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

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

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

D2

D3

D4

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

D1 % punktów ECTS

D2 % punktów ECTS

D3 % punktów ECTS

D4 % punktów ECTS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Opis procesu prowadzącego do uzyskania efektów uczenia się:

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

4. Lista bloków zajęć:

4.1. Lista bloków zajęć obowiązkowych:

4.1.3 Lista bloków kierunkowych

4.1.3.1 Blok *Przedmioty obowiązkowe kierunkowe*

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

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

7

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

Razem (dla bloków kierunkowych):

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

4.2 Lista bloków wybieralnych

4.2.1 Lista bloków kształcenia ogólnego

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

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

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

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

Razem dla bloków kształcenia ogólnego:

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

4.2.3 Lista bloków kierunkowych

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

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

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

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

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

12

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

Razem dla bloków kierunkowych:

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

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

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

5. Sposoby weryfikacji zakładanych efektów uczenia się

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

6. Zakres egzaminu dyplomowego:

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

Lista pytań obowiązujących na egzaminie magisterskim Inżynieria Kwantowa

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

Terminy zaliczeń określa Regulamin Studiów w Politechnice Wrocławskiej.

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

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

8. Plan studiów (załącznik nr 4)

Zaopiniowane przez właściwy organ uchwałodawczy Samorządu Studenckiego:

.....
Data

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

.....
Data

.....
Podpis Dziekana Wydziału / Dyrektora Filii

*niepotrzebne skreślić

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

PLAN STUDIÓW

WYDZIAŁ: Podstawowych Problemów Techniki

KIERUNEK STUDIÓW: Inżynieria kwantowa

POZIOM KSZTAŁCENIA: studia drugiego stopnia

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

PROFIL: ogólnoakademicki

SPECJALNOŚĆ:

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

OBOWIĄZUJE OD CYKLU KSZTAŁCENIA: 2021/2022

*niepotrzebne skreślić

Struktura planu studiów (opcjonalnie)

1) w układzie punktowym

(miejsce na zamieszczenie schematu planu studiów)

2) w układzie godzinowym

(miejsce na zamieszczenie schematu planu studiów)

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

Semestr 1

Kursy/grupy kursów obowiązkowe liczba punktów ECTS 27

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

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

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

Razem w semestrze

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

Semestr 2

Kursy/grupy kursów obowiązkowe liczba punktów ECTS 7

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

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

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

Moduł wykładów wybieralnych (18 pkt ECTS):

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

Moduł laboratoriów wybieralnych (15 pkt ECTS):

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

Semestr 3

Kursy/grupy kursów obowiązkowe liczba punktów ECTS 27

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

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

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

Razem w semestrze:

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

2. Zestaw egzaminów w układzie semestralnym

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

3. Liczby dopuszczalnego deficytu punktów ECTS po poszczególnych semestrach

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

Opinia właściwego organu Samorządu Studenckiego

.....
Data

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

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

.....
Data

.....
Podpis Dziekana Wydziału / Dyrektora Filii

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

²Tradycyjna – T, zdalna – Z

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

⁴Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca mechaniki kwantowej w ujęciu całkowania funkcjonalnego

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca informatyki kwantowej i kwantowej kryptografii

Z zakresu umiejętności

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowej informatyki i kwantowej kryptografii

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

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

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

C1 Uzyskanie wiedzy dotyczącej niskowymiarowych struktur półprzewodnikowych wykorzystywanych w laserach.

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

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

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

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

| |
|--|
| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA |
| <u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> [1] S. Adachi, Properties of Semiconductor Alloys: Group-IV, III-V, and II-VI Semiconductors, Wiley (2009). [2] Metody algebraiczne rozwiązywania równania Schrodingera. W. Salejda, M.H. Tyc, M. Just, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002. <u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> [1] Artykuły w Applied Physics Letters, Journal of Applied Physics i innych czasopismach. |
| OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL) Robert Kudrawiec, robert.kudrawiec@pwr.edu.pl |

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 - wiedza dotycząca kwantowych efektów w nanoplazmonice

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowych w plazmonice

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki/ STUDIUM.....

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

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

PEU_U03 - potrafi przeprowadzić analizę numeryczną wybranych zjawisk kwantowych

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEU_K02 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

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

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI

KARTA PRZEDMIOTU

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Posiada wiedzę z zakresu podstaw optyki kwantowej

PEU_W02 Zna zastosowania optyki kwantowej w nauce i technice

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Potrafi rozwiązywać standardowe zagadnienia w zakresie podstaw optyki kwantowej

PEU_U02 Umie stosować zdobytą wiedzę w praktyce naukowej i technicznej

PEU_U03 Jest w stanie poszerzać wiedzę w oparciu o literaturę naukową

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEU_K02 Ma nawyk poszerzania wiedzy i samokształcenia

PEU_K03 Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA fdfdf

Literatura podstawowa:

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

Literatura uzupełniająca:

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

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

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

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

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

** - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia

*** - z tabeli powyżej

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca zastosowania teorii grup w fizyce.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01- umiejętność stosowania metod teorii grup w fizyce.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

C1 Cele określone przez wykładowcę przedmiotu.

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Wiedza dotycząca materiału kursu.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Umiejętności nabyte w trakcie kursu.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

| |
|--|
| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA |
| <p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> [1] Literatura odpowiadająca tematowi kursu.</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> [1] Literatura odpowiadająca tematowi kursu.</p> |
| OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL) |
| Wykładowca kursu |

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

C4 Wykształcenie umiejętności prowadzenia dyskusji naukowej w grupie

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 - rozumie potrzebę samokształcenia.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Konsultacje

N2. Praca własna – przygotowanie do seminarium

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

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

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

Grzegorz Harań, haran@pwr.edu.pl

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 znajomość podstawowych modeli i metod fizyki

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 umiejętność przygotowania i przedstawienia prezentacji

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 umiejętność organizacji pracy, realizacji działań zgodnie z etyką zawodową

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Prezentacja

N2. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium

N3. Dyskusja dotycząca prezentacji

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

| |
|--|
| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA |
|--|

| |
|--------------------------------------|
| <u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> |
|--------------------------------------|

| |
|--|
| [1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium |
|--|

| |
|---|
| <u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> |
|---|

| |
|--|
| [1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium |
|--|

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 umiejętność przygotowywania tekstów naukowych i publikacji dotyczących dyscypliny naukowej fizyka

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 umiejętność organizacji pracy, realizacji działań zgodnie z etyką zawodową

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Praca własna – studia literaturowe, prowadzenie badań

N2. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

| |
|--|
| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA |
|--|

| |
|--------------------------------------|
| <u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> |
|--------------------------------------|

| |
|--|
| [1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium |
|--|

| |
|---|
| <u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> |
|---|

| |
|--|
| [1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium |
|--|

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

| |
|---------------------------------|
| Opiekun pracy dyplomowej |
|---------------------------------|

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład z użyciem prezentacji komputerowej

N2. Dyskusja w formie pytań do prelegenta

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

| |
|--|
| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA |
|--|

| |
|---|
| Literatura cytowana przez prelegentów seminariów. |
|---|

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

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

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki/ STUDIUM.....

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 potrafi poszukiwać rozwiązania i realizować postawione zadania w zespole.

PEU_K02 rozumie potrzebę samokształcenia

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.

N2 Praca własna – przygotowanie do laboratorium i do testu zaliczeniowego

N3 Instrukcje – wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych

N4 Instrukcje robocze do ćwiczeń laboratoryjnych

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

Jarosław Domaradzki jaroslaw.domaradzki@pwr.edu.pl

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 znajomość podstawowych modeli i metod fizyki

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 umiejętność przygotowania i przedstawienia prezentacji

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 umiejętność organizacji pracy, realizacji działań zgodnie z etyką zawodową

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Prezentacja

N2. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium

N3. Dyskusja dotycząca prezentacji

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

| |
|--|
| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA |
|--|

| |
|--------------------------------------|
| <u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> |
|--------------------------------------|

| |
|--|
| [1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium |
|--|

| |
|---|
| <u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> |
|---|

| |
|--|
| [1] Literatura naukowa dotycząca tematyki seminarium |
|--|

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

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

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 umiejętność przygotowywania tekstów naukowych i publikacji dotyczących dyscypliny naukowej fizyka

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 umiejętność organizacji pracy, realizacji działań zgodnie z etyką zawodową

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Praca własna – studia literaturowe, prowadzenie badań.

N2. Pisanie pracy.

N3. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

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

| | |
|--|------------|
| WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM..... | |
| KARTA PRZEDMIOTU | |
| Nazwa przedmiotu w języku polskim Metody kwantowej teorii pola w fizyce statystycznej | |
| Nazwa przedmiotu w języku angielskim Methods of quantum field theory in statistical physics | |
| Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa | |
| Specjalność (jeśli dotyczy): | |
| Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna | |
| Rodzaj przedmiotu: | wybieralny |
| Kod przedmiotu | FZP001533 |
| Grupa kursów | NIE |

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej i fizyki statystycznej

CELE PRZEDMIOTU

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

| |
|--|
| |
|--|

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca podstawowych metod teorii funkcji Greena

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca nierównowagowych funkcji Greena i kwantowych zjawisk transportu

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowej teorii nierównowagowych procesów

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

WYDZIAŁ PPT

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim Fizyka półprzewodników – dynamika i oddziaływania

Nazwa w języku angielskim Physics of semiconductors: dynamics and interactions

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): inżynieria kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: II stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: Wybieralny

Kod przedmiotu FZP001513

Grupa kursów NIE

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEK_K02 Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład informacyjny wspomagany materiałem graficznym z elementami dyskusji problemowej

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

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

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

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

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

Artykuły w czasopismach naukowych

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca nadprzewodnictwa w układach niekonwencjonalnych.

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

Grzegorz Harań, haran@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu w języku polskim Funkcje korelacji w fizyce materii skondensowanej

Nazwa przedmiotu w języku angielskim Correlation functions in condensed matter physics

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria Kwantowa

Specjalność (jeśli dotyczy):

Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna /

Rodzaj przedmiotu: wybieralny

Kod przedmiotu FZP001515

Grupa kursów NIE

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

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

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 perturbacyjnego rachunku funkcji Greena.

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

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metody perturbacyjnego rachunku funkcji Greena.

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

| |
|---|
| Grzegorz Harań, haran@pwr.edu.pl |
|---|

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

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

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

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – Potrafi znajdować reprezentacje grupy Poincare

PEU_U02 – Potrafi obliczać całki funkcjonalne w kwantowej teorii pola

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 – umiejętności posługiwania się złożonym aparatem matematycznym.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – metoda tradycyjna z wykorzystaniem multimediiów

N2. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - przestrzeganie obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Laboratorium komputerowe (w czasie wykładu)

N3. Konsultacje

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

prof. dr hab. Antoni C. Mituś

antoni.mitus@pwr.edu.pl

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca wielocząstkowych układów fermionowych normalnych i nadciekłych

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01-wiedza dotycząca kwantowych efektów topologicznych zwłaszcza w fizyce hallowskiej

Z zakresu umiejętności

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowych efektów topologicznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

| |
|--|
| |
|--|

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie własnego projektu

OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

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

PEU_W03 – wiedza dotycząca nadprzewodnictwa w obecności nieporządku.

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

PEU_W05 – znajomość podstawowych zjawisk transportu w metalach.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność konstrukcji jednocząstkowego hamiltonianu ciasnego wiązania.

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEU_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

Grzegorz Harań, haran@pwr.edu.pl

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01- wiedza dotycząca kwantowych zjawisk fizycznych będących efektem nietrywialnej topologii

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

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 - umiejętność stosowania metod topologii w fizyce kwantowej

PEU_U02 - umiejętność klasyfikowania materiałów i stanów pod względem własności topologicznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia

PEU_K02 - rozumienia znaczenia nowych idei w nauce

PEU_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

Maciej Maśka, maciej.maśka@pwr.edu.pl

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
KARTA PRZEDMIOTU

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

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

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

Specjalność (jeśli dotyczy): **brak**

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

Rodzaj przedmiotu: **wybieralny**

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

Grupa kursów: **NIE**

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

...

Z zakresu umiejętności:

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

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna oraz online.

N2. Konsultacje z prowadzącym.

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01– potrafi matematycznie opisać czystą dekoherencję fazową

PEU_U02 - posiada umiejętności potrzebne do opisu innych rodzajów dekoherencji

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEU_K02 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1.wykład z elementami dyskusji problemowej

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

| |
|--|
| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA |
|--|

| |
|--------------------------------------|
| <u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> |
|--------------------------------------|

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

| |
|---|
| <u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> |
|---|

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 - posiada wiedzę teoretyczną dotyczącą opisu prądu płynącego przez nanostruktury

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – umie zastosować funkcje Greena do opisu realistycznego układu

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEU_K02 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 wykład z elementami dyskusji problemowej

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 – potrafi policzyć splątanie dla dowolnego stanu dwóch kubitów

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEU_K02 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1.wykład z elementami dyskusji problemowej

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

| | | |
|------|---------|--|
| | PEU_K02 | |
| P=F1 | | |

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

C1 Zaznajomienie słuchacza z tradycyjnymi technikami uczenia maszynowego, nadzorowanego i

nienadzorowanego.

C2 Zaznajomienie z aktualnie rozwijanymi algorytmami uczenia głębokiego.

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład multimedialny
N2.
N3.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

PEK_W02 Zna potencjalne zastosowania układów nieergodycznych w technice

Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 Potrafi poddać analizie standardowe zagadnienia z zakresu dynamiki układów zamkniętych

PEK_U02 Umie stosować zdobytą wiedzę w praktyce naukowej i technicznej

PEK_U03 Jest w stanie poszerzać wiedzę w oparciu o literaturę naukową

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEK_K02 Ma nawyk poszerzania wiedzy i samokształcenia

PEK_K03 Wykazuje kreatywność w rozwiązywaniu zagadnień i problemów fizycznych

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład

N2. Konsultacje

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie prezentacji

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA fdfdf

Literatura podstawowa:

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

Literatura uzupełniająca:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

Znajomość podstaw klasycznej elektrodynamiki, mechaniki kwantowej i kwantowej fizyki statystycznej

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

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

PEU_W03 Zdobycie wiedzy o zjawiskach instantownych w fizyce fazy skondensowanej

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Rozwinięcie umiejętności w zakresie efektywnego modelowania makroskopowych układów fazy stałej

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawowa wiedza z zakresu chemii ogólnej i chemii organicznej

CELE PRZEDMIOTU

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

półprzewodnikowych i fotoprzewodzących.

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 ma podstawową wiedzę z zakresu chemii i fizykochemii polimerów

PEU_W02 zna metody preparatyki materiałów polimerowych o pożądanych właściwościach

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

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

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

...

Z zakresu umiejętności:

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

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

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

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

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

PEU_W02 posiada wiedzę na temat zaawansowanych metod badania właściwości fizycznych dielektryków

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

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 potrafi przeprowadzić analizę klasyfikującą dielektryk do grupy materiałów polarnych

PEU_U02 potrafi zanalizować procesy występujące w widmach dielektrycznych

PEU_U03 potrafi dopasować model relaksacji do zbadanego widma dielektrycznego

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

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

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zna metody otrzymywania powierzchni idealnych ciał stałych.

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

PEU_W03 Wie o zjawiskach fizykochemicznych występujących na powierzchniach ciał stałych.

PEU_W04 Ma wiedzę o wzbudzeniach obecnych na powierzchniach ciał stałych.

Z zakresu umiejętności:

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

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

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

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

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

Z zakresu umiejętności:

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

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

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Fizyka ciała stałego

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 posiada podbudowaną eksperymentalnie wiedzę z zakresu półprzewodnikowych nanostruktur koloidalnych

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

Z zakresu umiejętności:

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

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

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM.....

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

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

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

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

| | |
|---|--|
| WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki / STUDIUM..... | |
| KARTA PRZEDMIOTU | |
| Nazwa przedmiotu w języku polskim: <i>Zaawansowane modelowanie zjawisk fizycznych za pomocą Maple</i> | |
| Nazwa przedmiotu w języku angielskim: <i>Advanced Modeling of Physical Phenomena with Maple</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: FZP001517 | |
| Grupa kursów: TAK / NIE* | |

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

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

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

Z zakresu umiejętności:

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

PEU_U02 posiada umiejętność samodzielnego uczenia się w zakresie zagadnień fizyki teoretycznej

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

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

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

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

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

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

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

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

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

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

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

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

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

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

CELE PRZEDMIOTU

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

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Podstawowa wiedza dotycząca technologii programowalnych układów FPGA.

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

PEU_W03 Podstawowa wiedza dotycząca budowy mikrokontrolerów.

PEU_W04 Podstawowa wiedza na temat tworzenia oprogramowania dla systemów mikroprocesorowych.

PEU_W05 Podstawowa wiedza na temat projektowania i implementacji filtrów cyfrowych.

Z zakresu umiejętności:

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

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

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

TREŚCI PROGRAMOWE

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

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

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

| STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE |
|--|
| <p>N1. Prezentacja multimedialna (PowerPoint)</p> <p>N2. Pokaz obsługi środowisk programistycznych np. Altera Quartus,</p> <p>N3. Obsługa kompilatora języka C++ dla mikroprocesorów,</p> <p>N4. Obsługa makiet prototypowych dla układów FPGA i mikrokontrolerów,</p> <p>N5. Zadania projektowe dla studentów: np. próbkowanie sygnału analogowego z wykorzystaniem mikrokontrolera,</p> <p>N6. Pytania sprawdzające wiedzę studentów: np. budowa i działanie układów sekwencyjnych</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_U01, PEU_U02, PEU_U03 | Zadania projektowe. Oprogramowanie układu pomiarowego. Wykonanie pomiarów. |
| F2 | PEU_W01 – PEU_W05 | Kolokwium zaliczeniowe z całości materiału: pytania „otwarte”, dotyczące np. budowy i działania układów programowalnych i mikrokontrolerów. |
| $P=0,5*(F1+F2)$ | | |

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

2009,

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

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

Dr hab. inż. Sławomir Drobczyński
slawomir.drobczynski@pwr.edu.pl

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

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość podstaw fizycznych działania przyrządów półprzewodnikowych, a w szczególności ogniw słonecznych

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Poznanie metod pomiarowych do charakteryzacji ogniw słonecznych.
- C2 Nabycie umiejętności obsługi urządzeń / systemów do charakteryzacji ogniw słonecznych.
- C3 Wykonanie pomiarów i sporządzenie raportu.
- C4 Nabycie umiejętności pracy w zespole.
- C5 Poznanie metod technologii otrzymywania ogniw słonecznych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 Zna i rozumie fizyczne podstawy działania ogniw słonecznych.

PEU_W02 Zna materiały oraz technologie półprzewodnikowe, służące do wytwarzania i konstrukcji ogniw słonecznych.

PEU_W03 Zna metody / techniki pomiarowe służące do charakteryzacji przyrządów półprzewodnikowych.

Z zakresu umiejętności:

PEU_U01 Potrafi samodzielnie obsłużyć urządzenia / systemy pomiarowe do charakteryzacji ogniw słonecznych oraz przeprowadzić pomiar.

PEU_U02 Potrafi sporządzić odpowiedni raport z pomiarów oraz dokonać analizy uzyskanych wyników.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU_K01 Rozumie potrzebę samokształcenia.

PEU_K02 Jest przygotowany do pracy w grupie.

TREŚCI PROGRAMOWE

| Forma zajęć - laboratorium | | Liczba godzin |
|----------------------------|---|---------------|
| La1 | Wprowadzenie do laboratorium. Przedstawienie zasad zaliczenia kursu. Prezentacja i omówienie urządzeń pomiarowych do charakteryzacji ogniw słonecznych. Przygotowanie próbek do pomiarów. | 3 |
| La2 | Pomiary elektryczne fotoogniw: wstępne pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych oraz pomiary sprawności na symulatorze słońca | 3 |
| La3 | Pomiary wydajności kwantowej fotoogniw na urządzeniu do wykonywania pomiarów spektralnych BENTHAM. | 3 |
| La4 | Pomiary topografii powierzchni fotoogniw wykorzystując mikroskop AFM. | 3 |
| La5 | Pomiary pracy wyjścia fotoogniw przy wykorzystaniu sondy Kelvina. | 3 |
| La6 | Pomiary fotonapięcia powierzchniowego (SPV) przy oświetleniu różnymi długościami fali. | 3 |
| La7 | Zbadanie właściwości strukturalnych wytworzonych próbek poprzez pomiary rozpraszania Ramana. | 3 |
| La8 | Pomiary charakterystyk pojemnościowo-napięciowych wybranych ogniw. | 3 |
| La9 | Badanie wpływu temperatury i natężenia światła na parametry ogniw słonecznych. | 3 |
| La10 | Zajęcia odróbkowe. | 3 |
| Suma godzin | | 30 |

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 E-materiały do wykładu umieszczone w Internecie.

N2 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.

N3 Praca własna – przygotowanie do laboratorium i opracowanie raportu.

N4 Instrukcje – wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych.

N5 Instrukcje robocze do układów pomiarowych.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

| Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)) | Numer efektu uczenia się | Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się |
|--|--|--|
| F1 | PEU_W01,PEU_W02, PEU_W03,PEU_U01, PEU_U02,PEU_K01, PEU_K02 | Odpowiedź ustna w trakcie realizacji pomiarów i pisemne raporty z pomiarów |
| P = średnia ze wszystkich ocen F1 | | |

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Materiały do laboratorium, dostępne poprzez internet : www.if.pwr.wroc.pl/~zielony
- [2] E.Płaczek-Popko, „Fizyka odnawialnych źródeł energii” Skrypt DBC
- [3] E.Płaczek-Popko, „Laboratorium Fotoogniw” Skrypt DBC
- [4] E.Jarzębski „Energia słoneczna” 1990.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] P.Wurfel „Physics of Solar Cells”, ed. Wiley-Vch, Weinham 2009.
- [2] J.Nelson “ The Physics of Solar Cells” ed. Imperial College Press, London, 2009.

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

Eunika Zielony

eunika.zielony@pwr.edu.pl

Katarzyna Gwóźdź

katarzyna.r.gwozdz@pwr.edu.pl

| | |
|--|--------------------------------|
| WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI | |
| KARTA PRZEDMIOTU | |
| Nazwa przedmiotu w języku polskim: Elementy chemii kwantowej | |
| Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Elements of quantum chemistry | |
| Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa | |
| Specjalność (jeśli dotyczy): | |
| Poziom i forma studiów: | II stopień, stacjonarna |
| Rodzaj przedmiotu: | wybieralny |
| Kod przedmiotu | |
| Grupa kursów | TAK |

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

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość Analizy matematycznej i Algebry liniowej.
2. Znajomość fizyki na poziomie kursu Fizyka I.
- 3.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Zapoznanie z wybranymi technikami chemii kwantowej i modelowania molekularnego.
- C2. Nauczenie posługiwania się przykładowym programem do obliczeń kwantowo-chemicznych.
- C3. Nabycie umiejętności poprawnego przewidywania właściwości materii na podstawie analizy

otrzymanych danych kwantowo-chemicznych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU_W01 – posiada znajomość metod Hartree-Focka oraz DFT wraz ze stosowanymi założeniami i przybliżeniami

PEU_W02 – posiada znajomość empirycznych metod stosowanych w chemii obliczeniowej

PEU_W03 – posiada wiedzę na temat metody dynamiki molekularnej (klasycznej)

PEU_W04 – posiada wiedzę na temat metody dynamiki molekularnej ab initio

...

PEU_U01 – potrafi posługiwać się wybranym programem do obliczeń kwantowo-chemicznych

PEU_U02 – potrafi posługiwać się wybranym programem do klasycznej dynamiki molekularnej

PEU_U03 – potrafi posługiwać się wybranym programem do dynamiki molekularnej ab initio.

...

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

TREŚCI PROGRAMOWE

| Forma zajęć - wykład | | Liczba godzin |
|----------------------|--|---------------|
| Wy1 | Wprowadzenie do przedmiotu – cele i zastosowania chemii obliczeniowej; organizacja zajęć. | 2 |
| Wy2 | Podstawy chemii kwantowej. Równanie Schroedingera niezależne od czasu, przybliżenie adiabatyczne i BO. | 2 |
| Wy3 | Metoda Hartree-Focka: metoda LCAO, wyznacznik Slatera, bazy funkcyjne. | 2 |
| Wy4 | Metody DFT. | 2 |
| Wy5 | Potencjały empiryczne stosowane w chemii obliczeniowej; przybliżenia i algorytmy. | 2 |
| Wy6 | Metoda dynamiki molekularnej; implementacja zespołów statystycznych, algorytmy. | 2 |
| Wy7 | Zastosowania dynamiki molekularnej. | 2 |
| Wy8 | Kolokwium zaliczeniowe. | 1 |
| | Suma godzin | 15 |

| Forma zajęć - laboratorium | | Liczba godzin |
|-----------------------------------|--|----------------------|
| La1 | Sposób prowadzenia i zaliczenia laboratorium. Nauka poleceń systemu Linux. | 2 |
| La2 La3 | Obliczenia kwantowo-chemiczne struktury i własności prostych cząsteczek. | 4 |
| La4 La5 | Symulacje klasyczną metodą dynamiki molekularnej. | 4 |
| La6 La7 | Symulacje metodą dynamiki molekularnej Car-Parrinello lub Born-Oppenheimer MD. | 4 |
| La8 | Projekt zaliczeniowy | 1 |
| | Suma godzin | 15 |

| STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE |
|--|
| N1. wykład z prezentacją multimedialną N2. wykorzystanie gotowego oprogramowania do obliczeń kwantowo-chemicznych. N3. opracowanie projektu końcowego. |

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

| Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)) | Numer efektu uczenia się | Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się |
|---|--------------------------|---|
| P (wykład) | PEU_W01- PEU_W04 | Kolokwium zaliczeniowe |
| P (laboratorium) | PEU_U01- PEU_U03 | Projekt |
| $P = F1*0.5+F2*0.5$ | | |

| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA |
|--|
| <u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u> [1] L. Pielą "Idee chemii kwantowej", wyd. PWN [2] A. Kaczmarek-Kędziera, M. Ziegler-Borowska, D. Kędziera "Chemia obliczeniowa w laboratorium organicznym" Wydawnictwo Naukowe Mikołaja Kopernika [3] D. Heermann "Podstawy symulacji komputerowych w fizyce", wyd. WNT [4] James B. Foresman and Æleen Frish "Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods: A Guide to Using Gaussian" Gaussian, Inc |
| <u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u> [1] I. N. Levine "Quantum chemistry", wyd. Prentice Hall [2] D. Frenkel, B. Smit "Understanding Molecular Simulation", wyd. Academic Press [3] C.J. Cramer "Essentials of Computational Chemistry", Willey |
| OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL) Paweł Lipkowski pawel.lipkowski@pwr.edu.pl |

