

## EFEKTY UCZENIA SIĘ I TREŚCI PROGRAMOWE ZAJĘĆ

Kierunek: **Fizyka**

Poziom studiów: **studia drugiego stopnia**

Nazwa zajęć: **Pracownia magisterska 1**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie prawa fizyki z zakresu studiów magisterskich

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi korzystać z literatury, w tym również anglojęzycznej

2. Potrafi napisać opracowanie naukowe wykorzystujące wyniki przeprowadzonych badań naukowych i dostępne źródła literaturowe, z uwzględnieniem właściwego odniesienia do istniejącej literatury i stanu wiedzy

3. Potrafi analizować wyniki badań oraz na ich podstawie formułować wnioski

4. Potrafi w sposób twórczy kojarzyć fakty wynikające z danych teoretycznych, numerycznych i doświadczalnych tworząc spójny obraz zjawiska

**Treści programowe dla zajęć:**

Organizacja pracy nad tematyką magisterskiej i dostosowanie adekwatnych środków do zrealizowania zadania naukowego, przygotowanie planu pracy magisterskiej

Wybór i zastosowanie teorii fizycznych, metod badawczych i koniecznych obliczeń numerycznych w celu realizacji projektu pracy magisterskiej, umiejętność systematycznego gromadzenia wyników, wniosków i danych

Metody pisania raportu końcowego w formie pracy magisterskiej na bazie wykonanych badań i danych literaturowych

Przygotowanie prezentacji przedstawiającej wyniki uzyskanych badań

Nazwa zajęć: **Podstawy teorii pól kwantowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. wie dlaczego kwantowa teoria pola jest niezbędna do opisu fizyki cząstek elementarnych

2. zna opis swobodnych pól kwantowych (skalarnych, spinorowych, wektorowych) i rozumie pojęcie propagacji kwantów tych pól (propagator Feynmana)

3. wie w jaki sposób można wprowadzić oddziaływania do kwantowej teorii pola skalarnego i rozumie jak te oddziaływania modyfikują propagację cząstek

4. zna twierdzenia Wicka i jego rolę w obliczaniu funkcji korelacji

5. rozumie rozwinięcia perturbacyjne w teorii oddziałującej i jej przedstawienie graficzne za pomocą diagramów Feynmana

6. rozumie pojęcie przekroju czynnego na rozpraszanie cząstek

7. rozumie rolę lokalnej symetrii cechowania  $U(1)$  w elektrodynamice kwantowej

8. zna reguły Feynmana dla elektrodynamiki kwantowej

9. zna i rozumie sformułowanie nieabelowych teorii z cechowaniem (teoria elektroslaba i chromodynamika kwantowa)

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi napisać równania ruchu dla swobodnych pól kwantowych (skalarnych, spinorowych, wektorowych)

2. potrafi wyprowadzić propagatory Feynmana dla pól skalarnych, spinorowych, wektorowych i znaleźć związki między nimi

3. potrafi zastosować twierdzenie Wicka do obliczania funkcji korelacji

4. umie obliczyć rozwinięcia perturbacyjne wybranych funkcji korelacji oddziałującego pola skalarnego

5. umie stosować technikę diagramów Feynmana do obliczania rozwinięć perturbacyjnych dla oddziałujących pól skalarnych

6. potrafi obliczać proste przekroje czynne na rozpraszanie w oddziałującej teorii pola skalarnego

7. potrafi powiązać wymaganie niezmienniczości względem lokalnej transformacji cechowania z pojawieniem się oddziaływań pomiędzy cząstkami

8. potrafi stosować reguły Feynmana do obliczania podstawowych procesów elektrodynamiki kwantowej

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. umie przedstawić stan badań nad fizyką cząstek elementarnych w języku zrozumiałym dla nie-fizyków
2. rozumie doniesienia o badaniach nad cząstkami elementarnymi (np. z CERNu)

**Treści programowe dla zajęć:**

Kwantowa teoria pola jako formalizm Modelu Standardowego cząstek elementarnych  
Przypomnienie niezbędnych podstaw szczególnej teorii względności i klasycznej teorii pola  
Swobodne pola skalarne, spinorowe i wektorowe  
Oddziałująca teoria pola skalarnego  
Symetria cechowania jako podstawa oddziałujących kwantowych teorii pola materii  
Podstawowe procesy elektrodynamiki kwantowej  
Podstawy nieabelowych teorii cechowania - chromodynamiki kwantowej i teorii elektroslabej

Nazwa zajęć: **Fabrication and characterization of nanonstructures**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the operation principles of the physical and chemical vapor deposition, as well as surface structuring techniques.
2. knows the operation principles of the analysis techniques from the following branches: - electron microscopy and diffraction, - scanning probe microscopy, - photoelectron spectroscopy, - electronic properties.
3. knows the most important features of carbon-based nanostructures including specific fabrication methods and analysis techniques.
4. has practical knowledge on:- operation and maintenance of an ultra-high vacuum chamber,- deposition of thin metallic films with the use of physical deposition techniques.

**in terms of skills:**

1. is able to identify and perform basic analysis of images and spectra obtained with the presented techniques
2. is able to choose experimental techniques according to the specific needs, i.e. select the proper fabrication route followed by the most relevant analysis techniques.
3. is able to prepare samples and identify apparatus parameters for thin film deposition.
4. is able to perform basic characterization of obtained thin films with the use of AFM technique.

**in terms of social competences:**

1. understands the complexity of the presented techniques and the role of qualified technical staff in operating the ultra-high vacuum equipment.
2. is able to cooperate in the fabrication and basic analysis of thin films under supervision of experienced lab technician.

**Treści programowe dla zajęć:**

Basic issues of physics of conductors; electric transport and localization phenomena; metal-insulator transitions; conducting nanostructures.

Physics of vacuum, vacuum technologies (pumps, gauges, etc.).

Vapor deposition techniques (PVD, CVD, ALD, MBE).

Surface structuring techniques (IBS, GLAD, thermal reconstruction).

Introduction to electron microscopy (TEM, SEM), spectroscopy (EDS) and diffraction (LEED, RHEED).

Introduction to scanning probe microscopy (STM, AFM and related techniques).

Photoelectron spectroscopy (XPS, UPS, Auger).

Nazwa zajęć: **Język angielski specjalistyczny**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi w sposób przystępny przedstawić fakty z zakresu fizyki, porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach w języku angielskim
2. potrafi przygotować dokumentację projektową, opracowania i raporty w języku angielskim
3. potrafi przygotować wystąpienia ustne w języku angielskim, dotyczące zagadnień teoretycznych i praktycznych
4. potrafi posługiwać się językiem obcym na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego oraz zna język angielski w stopniu umożliwiającym czytanie literatury fachowej, pozwalającym na samodzielne uzupełnianie wykształcenia
5. zna i potrafi stosować słownictwo dotyczące fizyki oraz określenia używane w tekstach o charakterze naukowym

**Treści programowe dla zajęć:**

Opisywanie swojego zakresu pracy; Opisywanie sposobu działania np. urządzenia, aparatury  
Cechy stylu naukowego. Stosowanie strony biernej do opisu procesów oraz wyrażania relacji  
przyczynowo-skutkowych  
Praca nad przygotowaniem indywidualnej prezentacji na temat związany z fizyką  
Praca z artykułami dotyczącymi fizyki  
Korzystanie ze słowników internetowych i słowników zwrotów (collocations), Nauka słownictwa za  
pomocą platformy Moodle

Nazwa zajęć: **Przejścia fazowe i zjawiska krytyczne**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. wie, jak opisuje się przejście fazowe w języku matematycznym.
2. zna podstawowe własności modeli klasycznych i kwantowych w których występują przejścia fazowe.
3. zna podstawowe teorie tłumaczące istnienie przejść fazowych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi odtworzyć samodzielnie podstawowe własności modeli klasycznych i kwantowych w których występują przejścia fazowe.
2. potrafi tłumaczyć zjawiska z zakresu podstaw przejść fazowych odwołując się do teorii pola średniego, teorii skalowania i metody grupy renormalizacji.
3. potrafi rozwiązywać proste problemy na poziomie podręcznika N. Goldenfeld: Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group w zakresie rozdziałów 1,2,3,5,8,9

**Treści programowe dla zajęć:**

Skalowanie i analiza wymiarowa. prawa skalowania w fizyce statystycznej

Przejścia fazowe w teorii. istnienie przejść fazowych. granica termodynamiczna. hipoteza ergodyczna

Przejścia fazowe w praktyce. jedno i dwuwymiarowy model Ising. macierz przejść. funkcja korelacji. teoria pola średniego

Teoria Landau. parametr porządku i łamanie symetrii. funkcjonal Landau. funkcje korelacji w przestrzeni prostej i odwrotnej. kryterium Ginzburga

Teoria skalowania. wykładniki krytyczne. hipoteza skalowania. prawa skalowania

Grupa renormalizacji w układach klasycznych. podstawowe cechy metody GR: transformacja GR i jej własności – przykłady dla modelu Isinga 1D i 2D. skalowanie a GR: sposób obliczania wykładników krytycznych. sposób obliczania funkcji korelacji

„Finite size scaling”

Nazwa zajęć: **Metody obliczeniowe w fizyce**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawowe metody numeryczne używane w różniczkowaniu i całkowaniu numerycznym, algebrze liniowej (zagadnienie własne, SVD), analizie błędów, rozwiązywaniu równań różniczkowych, analizie Fouriera i symulacjach Monte Carlo.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi zastosować podstawowe metody numeryczne używane w różniczkowaniu i całkowaniu numerycznym, algebrze liniowej (zagadnienie własne, SVD), analizie błędów, rozwiązywaniu równań różniczkowych, analizie Fouriera i symulacjach Monte Carlo używając jednego z następujących języków programowania: julia, python, C.

**Treści programowe dla zajęć:**

Różniczkowanie i całkowanie numeryczne

Algebra liniowa: zagadnienie własne, SVD

Generacja liczb losowych o zadanym rozkładzie prawdopodobieństwa, analiza danych pomiarowych i błędów statystycznych

Podstawowe metody numeryczne rozwiązywania równań różniczkowych

Dyskretna analiza Fouriera

Symulacje Monte Carlo

Nazwa zajęć: **Pracownia magisterska 1**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie prawa fizyki z zakresu studiów magisterskich

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi korzystać z literatury, w tym również anglojęzycznej

2. Potrafi napisać opracowanie naukowe wykorzystujące wyniki przeprowadzonych badań naukowych i dostępne źródła literaturowe, z uwzględnieniem właściwego odniesienia do istniejącej literatury i stanu wiedzy

3. Potrafi analizować wyniki badań oraz na ich podstawie formułować wnioski

4. Potrafi w sposób twórczy kojarzyć fakty wynikające z danych teoretycznych, numerycznych i doświadczalnych tworząc spójny obraz zjawiska

**Treści programowe dla zajęć:**

Organizacja pracy nad tematyką magisterskiej i dostosowanie adekwatnych środków do zrealizowania zadania naukowego, przygotowanie planu pracy magisterskiej

Wybór i zastosowanie teorii fizycznych, metod badawczych i koniecznych obliczeń numerycznych w celu realizacji projektu pracy magisterskiej, umiejętność systematycznego gromadzenia wyników, wniosków i danych

Metody pisania raportu końcowego w formie pracy magisterskiej na bazie wykonanych badań i danych literaturowych

Przygotowanie prezentacji przedstawiającej wyniki uzyskanych badań

Nazwa zajęć: **Analiza strukturalna makromolekuł**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawy budowy makrocząsteczek na różnych poziomach od budowy atomu, wiązania chemicznego, oddziaływań między poszczególnymi elementami struktury do złożonych układów, ze szczególnym uwzględnieniem cząsteczek biologicznych i polimerów

2. Zna zjawiska fizyczne wykorzystywane w wybranych technikach eksperymentalnych

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi powiązać wiedzę o budowie makrocząsteczek ze zjawiskiem fizycznym, np. oddziaływaniem promieniowania elektromagnetycznego z materią w zależności od długości fali i wskazać technikę eksperymentalną wykorzystującą to zjawisko.

2. potrafi samodzielnie wybrać właściwą technikę i zaprojektować eksperyment, którego celem jest zbadanie określonego parametru związanego z budową makrocząsteczki

3. potrafi samodzielnie interpretować wyniki wybranych technik eksperymentalnych, wykorzystując gotowe narzędzia informatyczne lub tworząc własne

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. rozumie konsekwencje bezkrytycznego akceptowania wyników złożonych eksperymentów, dąży do weryfikacji ich przy pomocy innych technik eksperymentalnych i wykazuje gotowość do podjęcia dyskusji z innymi ekspertami

**Treści programowe dla zajęć:**

Budowa materii na poziomie atomowym i cząsteczkowym, wiązania chemiczne, oddziaływania stabilizujące strukturę cząsteczek. Parametry opisujące kształt i strukturę cząsteczek. Parametry termodynamiczne opisujące stabilność struktury.

Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego i neutronowego z materią. Klasyfikacja technik eksperymentalnych według rodzaju oddziaływania i długości fali. Klasyfikacja technik badawczych ze względu na badaną własność struktury i ze względu na rozdzielczość.

Podstawy teoretyczne wybranych technik eksperymentalnych i rodzaj informacji o strukturze jaki można z nich otrzymać. Narzędzia przydatne do opracowania i interpretacji wyników. Ograniczenia metod. Potencjalne źródła błędów oraz techniki komplementarne.

Nazwa zajęć: **Seminar on Modern Trends in Physics Research 1**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the latest trends and research directions in physics presented by outstanding representatives of science from Poland and abroad

2. knows where to place the research tasks he/she performs for preparation of his/her master's thesis in the context of the development of modern physics

**in terms of skills:**

1. improves the skills to present and disseminate the scientific results, based on the presentations of the speakers

2. understands the need to deepen the understanding and obtain new knowledge in the broad context of physics and related sciences

3. develops the ability to use the English language with specialized terminology of physical sciences

**in terms of social competences:**

1. is ready to critical evaluation and revision of knowledge and information, and understands the importance of science and fundamental research in the development of modern society

**Treści programowe dla zajęć:**

The participation in the "Modern Trends in Physics Research" seminars held weekly at the Faculty of Physics, where the latest scientific achievements are presented, preceded by short information about the basic laws and phenomena in the field discussed by the speakers.

Nazwa zajęć: **Seminarium magisterskie 1**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie najnowsze osiągnięcia naukowe dotyczące tematu badawczego w ramach realizowanej pracy magisterskiej

2. zna i rozumie metody badawcze wykorzystywane w zagadnieniach dotyczących pracy magisterskiej

3. zna metody analizy danych właściwych dla rozwiązywanego zagadnienia

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przygotować i wygłosić referat na zadany temat związany z tematyką pracy magisterskiej

2. potrafi korzystać ze źródeł literaturowych, także w języku angielskim, czyta ze zrozumieniem tekst naukowy dotyczący tematyki pracy magisterskiej

3. potrafi przygotować prezentację naukową przedstawiającą teorię i koncepcję badań, aktualny stan wiedzy, metody badawcze oraz interpretację i dyskusję otrzymanych wyników

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i dyskusji na temat prowadzonych badań

**Treści programowe dla zajęć:**

sposoby prezentacji bezpośredniej wyników (przygotowanie i wygłoszenie prezentacji) oraz prowadzenie dyskusji naukowej

metodyka przygotowania opracowań naukowych, w tym pracy magisterskiej

problematyka etyki i plagiatu w badaniach i opracowaniach naukowych, np. w pracach magisterskich, artykułach naukowych, cytowanie źródeł

Nazwa zajęć: **Transport energii i elektronów w układach molekularnych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. potrafi wyjaśnić na czym polega doniosłość teorii Förstera transportu energii wzbudzenia elektronowego oraz opisać jej zastosowania

2. potrafi wyjaśnić na czym polega transport energii wzbudzenia elektronowego w teorii Dextera (oddziaływanie wymienne) i porównać tę teorię z teorią Förstera (oddziaływanie kulombowskie)

3. potrafi wyjaśnić teoretyczne podstawy oddziaływania ekscytonowego między dwiema cząsteczkami oraz wyprowadzić wzory na energie przejść ekscytonowych dimeru, ich siły dipola oraz prawdopodobieństwa lokalizacji wzbudzenia na poszczególnych cząsteczkach; wytłumaczyć wpływ oddziaływań ekscytonowych na widma absorpcji oligomerów

4. potrafi opisać podstawowe założenia teorii Marcusa transportu elektronów oraz przedyskutować zależności stałej szybkości przeniesienia elektronu między cząsteczkami od różnych parametrów w tej teorii

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wyprowadzić wzory związane z teoriami transportu energii: Förstera, Dextera i ekscytonową

**Treści programowe dla zajęć:**

Teoria Förstera transportu energii wzbudzenia elektronowego

Teoria Dextera transportu energii wzbudzenia elektronowego

Oddziaływania ekscytonowe w dimerze i oligomerach

Teoria Marcusa transportu elektronów

Nazwa zajęć: **Pracownia specjalistyczna**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane fakty, zjawiska, koncepcje i teorie właściwe dla fizyki oraz złożone zależności między nimi
2. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody i narzędzia badawcze oraz modele matematyczne stosowane w fizyce
3. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody obliczeniowe oraz techniki informatyczne stosowane do rozwiązywania złożonych problemów z zakresu fizyki
4. zna główne tendencje badawcze i rozwojowe w obszarze fizyki

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi planować i wykonywać obserwacje, eksperymenty, obliczenia teoretyczne lub symulacje komputerowe z zakresu fizyki oraz w sposób krytyczny ocenić i przedyskutować otrzymane wyniki
2. potrafi znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach, w szczególności w czasopiśmie naukowych podstawowych dla fizyki
3. potrafi napisać opracowanie naukowe przedstawiające wyniki przeprowadzonych badań z uwzględnieniem właściwego odniesienia do istniejącej literatury i aktualnego stanu wiedzy
4. potrafi współdziałać z innymi osobami w ramach zespołu badawczego
5. potrafi samodzielnie określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować program samokształcenia w zakresie niezbędnym do przeprowadzenia projektu badawczego

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści, w szczególności w zakresie fizyki
2. jest gotów/gotowa do uznania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów (także z innych dyscyplin naukowych) w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu

**Treści programowe dla zajęć:**

Wybrane zagadnienia naukowe i metody badawcze z zakresu fizyki.

Nazwa zajęć: **Przejścia fazowe w układach o zredukowanych wymiarach**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. potrafi zastosować zdobytą wiedzę w zakresie poszukiwania nowych materiałów i technologii
2. rozumie podstawowe zagadnienia związane z powstawaniem nanofaz i przejść fazowych w warunkach ograniczonej wymiarowości układów. Zna kryteria przejść fazowych
3. potrafi dokonać porównania omawianej problematyki z istniejącym opisem literaturowym
4. potrafi wybrać i określić techniki eksperymentalne odpowiednie do wyjaśnienia rozwiązywanych problemów

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi krytycznie analizować swoją pracę naukową, omawiać niepewność eksperymentów
2. potrafi prezentować uzyskane wyniki, przygotować poster lub prezentację konferencyjną
3. aktywnie bierze udział w dyskusjach naukowych na temat omawianych problemów

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. posiada umiejętność pracy w grupie, wspólnego rozwiązywania problemów
2. umie krytycznie analizować dyskusowane problemy

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawowe zagadnienia termodynamiki przemian fazowych (przejścia fazowe I i II rodzaju), termodynamika cieczy i mieszanin cieczy,

Zjawiska adsorpcji w nanoporowatych matrycach, oddziaływania międzymolekularne, potencjały międzycząsteczkowe, siły adhezji/kohezji

Struktura i charakterystyka niektórych porowatych matryc krzemionkowych (pory krzemionkowe: MCM-41, SBA-15, Controlled Pore Glasses, KIT) oraz matryc grafitowych (nanorurki węglowe, porowate włókna węglowe ACF, nanowęgle uporządkowane – CMK-3, CMK-8) , niektóre nanomateriały funkcjonalizowane i MOF

Efekty topnienia 2D w substancjach ograniczonych w nanoporach; opis Kosterlitz-Thoulesse – Halperina - Younga – istnienie heksatycznej fazy pośredniej w nanoporach jako wynik efektu topnienia w układach quasydwuwymiarowych; wyniki eksperymentalne

Wpływ oddziaływań ciec-ścianka pora / ciec-ciec na powstawanie nanofaz i ich właściwości a także na charakter przejść fazowych w nanoporach. Wyniki teorii i eksperymentów

Zjawisko zwilżania w nanoporach. Wpływ niejednorodności powierzchni (szorstkości) ścianek porów na powstawanie nanofaz. Modele zwilżalności ścianek matryc nanoporowatych wg. Wenzela i model Cassie-Baxtera; energia zwilżania powierzchni nanoporów, siły adhezji. Wyniki eksperymentalne

Tensor ciśnienia w porach cylindrycznych i szczelinowych, powierzchniowe efekty wysokociśnieniowe w nanoporach; dowody teoretyczne i eksperymentalne  
Struktury lodu ograniczone w nanoporowatych matrycach, nowe fazy lodu; wpływ hydrofobowości powierzchni porów na tworzenie się struktur lodu ograniczonego w nanoporach. Wyniki eksperymentów dyfrakcyjnych  
Metody eksperymentalne w zastosowaniu do analizy struktury i dynamiki nanofaz: WAXS, dyfrakcja neutronów, spektroskopia dielektryczna i ramanowska, FTIR, nasycenie dielektryczne (NDE), techniki tensjometryczne, mikroskopia scanningowa (STM, AFM i techniki pokrewne)  
Przejścia fazowe w cieczach jonowych ograniczonych w węglowych matrycach nanoporowatych badane metodami dielektrycznymi i dyfrakcyjnymi  
Rola zjawisk ograniczenia przestrzennego molekuł w problemach magazynowania energii i ochrony środowiska

Nazwa zajęć: **Wprowadzenie do fizyki materiałów**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Ma wiedzę z zakresu fizyki materiałów niezbędną do opisu ich własności fizykochemicznych oraz zrozumienia zjawisk fizycznych tam występujących
2. Zna i rozumie podstawowe modele fizyczne wyjaśniające własności elektryczne, magnetyczne, optyczne i cieplne materiałów

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi, na podstawie prostych modeli fizycznych, wyznaczyć podstawowe własności elektryczne, magnetyczne, optyczne i cieplne materiałów

**Treści programowe dla zajęć:**

Materia skondensowana: kryształy, ciała amorficzne

Metale, izolatory, półprzewodniki

Elektronowa struktura pasmowa materiałów

Dynamika sieci krystalicznej: fonony akustyczne i optyczne. Relacje dyspersji.

Przewodnictwo elektryczne materiałów: metale, półprzewodniki. Nadprzewodniki klasyczne i wysokotemperaturowe.

Dielektryki: polaryzacja elektronowa, jonowa i dipolowa. Indukcja elektryczna, przenikalność elektryczna. Ferro- i piezoelektryczność.

Magnetyki: dia-, para- i ferromagnetyki, ich własności.

Własności optyczne materiałów.

Nazwa zajęć: **Fizyka materiałów polimerowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. posiada zaawansowaną wiedzę z zakresu fizyki materiałów polimerowych.
2. zna teoretyczne podstawy eksperymentalnych metod fizycznych oraz modele matematyczne stosowane do badań struktury i dynamiki molekularnej materiałów polimerowych.
3. zna w zaawansowanym stopniu wybrane metody obliczeniowe oraz techniki informatyczne stosowane do rozwiązywania typowych problemów z zakresu fizyki materiałów polimerowych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wytłumaczyć i opisać zjawiska z zakresu fizyki polimerów, w szczególności potrafi odtworzyć samodzielnie podstawowe prawa.
2. umie planować i przeprowadzać proste eksperymenty z fizyki polimerów oraz analizować i przedstawiać otrzymane rezultaty.
3. potrafi korzystać z różnych źródeł informacji (literatury fachowej, baz danych, czasopism naukowych) celem poszerzania wiedzy.
4. potrafi przygotować wystąpienia ustne i pisemne oraz prezentacje multimedialne dotyczące zagadnień fizyki materiałów polimerowych

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. potrafi rozwiązywać problemy fizyczne samodzielnie, a także współpracować w zespole.

**Treści programowe dla zajęć:**

Własności fizykochemiczne materiałów polimerowych. Oddziaływania międzymolekularne, procesy polireakcji, rozkłady mas cząsteczkowych, klasyfikacja polimerów. Struktura cząsteczkowa i nadcząsteczkowa polimerów (amorficzna, krystaliczna i mezoskopowa) oraz struktura makroskopowa.

Przemiany fazowe. Stany skupienia materii i fazy materii, reguła Gibbsa, potencjały termodynamiczne, równowaga termodynamiczna, klasyfikacja przemian fazowych według Ehrenfesta, współczesna klasyfikacja przejść fazowych, wykładniki krytyczne, zasada skalowania, zasada uniwersalności.

Stany fizyczne polimerów. Stany skupienia materii i fazy materii, stan szklisty, stan lepkosprężysty, stan wysokoelastyczny, stan lepkopłynny.

Przejście szkliste w polimerach. Definicje stanu szklistego, przejście szkliste: koncepcja objętości swobodnej, interpretacja termodynamiczna oraz ujęcie kinetyczne, metody wyznaczania temperatury przejścia szklistego.

Stan wysokoelastyczny. Ogólna charakterystyka elastomerów, termodynamika elastyczności kauczuku, sprężystość pojedynczego łańcucha, statystyczna teoria elastyczności kauczuku.

Właściwości lepkosprężyste polimerów. Ciecze nienewtonowskie, podstawowe właściwości reologiczne materii, eksperymenty reologiczne, lepkosprężystość liniowa i zasada superpozycji Boltzmanna, zasada równoważności temperaturowo-czasowej, modele mechaniczne ciał lepkosprężystych.

Dynamika molekularna w polimerach. Zmiany konformacyjne makrocząsteczek, parametry aktywacyjne ruchów molekularnych, giętkość makrocząsteczek, dynamika molekularna w stanie szklistym, w obszarze przejścia szklistego, funkcja autokorelacji, funkcja gęstości spektralnej, rozkłady czasów korelacji, nieeksponencjalna funkcja autokorelacji, procesy relaksacyjne, ruchy molekularne w polimerach krystalicznych.

Mieszanki polimerów. Mieszalność polimerów, teoria Flory'ego-Hugginsa, równowagi fazowe, teoria równania stanu, metody określania jednorodności mieszaniny (pomiar temperatury zeszklenia  $T_g$ , jądrowy rezonans magnetyczny NMR, metody rozproszeniowe).

Materiały polimerowe w medycynie. Biomateriały polimerowe, modyfikacja polimerów do celów medycznych, wybrane zastosowania materiałów polimerowych, żele polimerowe.

**Nazwa zajęć: Instrumenty do badania materii miękkiej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. ma wiedzę i rozumie podstawy fizyczne wybranych metod eksperymentalnych służących do określania wybranych właściwości reologicznych, termicznych, zdolności do samoorganizacji oraz metod badania struktury i dynamiki molekularnej materii miękkiej.

2. umie ogólnie opisać podstawową budowę aparatury badawczej i ideę pomiarów oraz procedurę przygotowywania próbek wymaganą do realizacji eksperymentów na aparaturze badawczej omawianej podczas kursu.

3. wie jak właściwie dobrać metodę pomiarową do zbadania określonych właściwości materii miękkiej.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi właściwie zaplanować eksperyment do scharakteryzowania podstawowych właściwości materii miękkiej dokonując odpowiedniego wyboru narzędzi, metod pomiarowych i modelu teoretycznego do analizy danych.

2. potrafi przeprowadzić analizę i dyskusję wyników badań własnych otrzymanych podczas pracy eksperymentalnej w laboratorium oraz przygotować raport z wykonanego doświadczenia z uwzględnieniem wymogów prawa autorskiego.

3. potrafi umiejętnie korzystać z różnych źródeł informacji do rozwoju wiedzy z zakresu zastosowań metod eksperymentalnych do charakteryzacji właściwości miękkiej materii.

**Treści programowe dla zajęć:**

Wprowadzenie - wybór metod badawczych do określania podstawowych właściwości materii miękkiej z uwzględnieniem hierarchiczności struktury i dynamiki molekularnej tej grupy układów.

Metody badań właściwości reologicznych materii miękkiej (układy koloidalne, polimery i związki amfifilowe).

Analiza termiczna układów polimerowych (Różnicowa analiza termiczna DTA, Różnicowa kalorymetria skaningowa DSC, Termograwimetria, Analiza termomechaniczna DMTA).

Metoda szerokopasmowej spektroskopii dielektrycznej (BDS) w badaniach dynamiki molekularnej polimerów amorficznych i semikrystalicznych.

Konduktometria i metody badania napięcia powierzchniowego w określaniu zdolności do samoorganizacji związków powierzchniowo-czynnych.

Relaksometria i dyfuzometria Magnetycznego Rezonansu Jądrowego w badaniach dynamiki i struktury materii miękkiej.

Badanie właściwości polimerów wybranymi metodami rozpraszania promieniowania (Dynamiczne rozpraszanie światła DLS, Małokątowe i Szerokokątowe rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego SAXS i WAXS, Małokątowe rozpraszanie neutronów SANS).



Badanie struktury materii miękkiej metodami mikroskopowymi (Mikroskopia polaryzacyjna, Transmisyjna mikroskopia elektronowa TEM, Mikroskopia sił atomowych AFM, Elektronowa mikroskopia skaningowa SEM).

Nazwa zajęć: **Transport energii i elektronów w układach molekularnych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. potrafi wyjaśnić na czym polega doniosłość teorii Förstera transportu energii wzbudzenia elektronowego oraz opisać jej zastosowania
2. potrafi wyjaśnić na czym polega transport energii wzbudzenia elektronowego w teorii Dextera (oddziaływanie wymienne) i porównać tę teorię z teorią Förstera (oddziaływanie kulombowskie)
3. potrafi wyjaśnić teoretyczne podstawy oddziaływania ekscytonowego między dwiema cząsteczkami oraz wyprowadzić wzory na energie przejść ekscytonowych dimeru, ich siły dipola oraz prawdopodobieństwa lokalizacji wzbudzenia na poszczególnych cząsteczkach; wytłumaczyć wpływ oddziaływań ekscytonowych na widma absorpcji oligomerów
4. potrafi opisać podstawowe założenia teorii Marcusa transportu elektronów oraz przedyskutować zależności stałej szybkości przeniesienia elektronu między cząsteczkami od różnych parametrów w tej teorii

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wyprowadzić wzory związane z teoriami transportu energii: Förstera, Dextera i ekscytonową

**Treści programowe dla zajęć:**

Teoria Förstera transportu energii wzbudzenia elektronowego  
Teoria Dextera transportu energii wzbudzenia elektronowego  
Oddziaływania ekscytonowe w dimerze i oligomerach  
Teoria Marcusa transportu elektronów

Nazwa zajęć: **Fabrication and characterization of nanonstructures**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. knows the operation principles of the physical and chemical vapor deposition, as well as surface structurization techniques.
2. knows the operation principles of the analysis techniques from the following branches: - electron microscopy and diffraction, - scanning probe microscopy, - photoelectron spectroscopy, - electronic properties.
3. knows the most important features of carbon-based nanostructures including specific fabrication methods and analysis techniques.
4. has practical knowledge on:- operation and maintenance of an ultra-high vacuum chamber,- deposition of thin metallic films with the use of physical deposition techniques.

**in terms of skills:**

1. is able to identify and perform basic analysis of images and spectra obtained with the presented techniques
2. is able to choose experimental techniques according to the specific needs, i.e. select the proper fabrication route followed by the most relevant analysis techniques.
3. is able to prepare samples and identify apparatus parameters for thin film deposition.
4. is able to perform basic characterization of obtained thin films with the use of AFM technique.

**in terms of social competences:**

1. understands the complexity of the presented techniques and the role of qualified technical staff in operating the ultra-high vacuum equipment.
2. is able to cooperate in the fabrication and basic analysis of thin films under supervision of experienced lab technician.

**Treści programowe dla zajęć:**

Basic issues of physics of conductors; electric transport and localization phenomena; metal-insulator transitions; conducting nanostructures.

Physics of vacuum, vacuum technologies (pumps, gauges, etc.).

Vapor deposition techniques (PVD, CVD, ALD, MBE).

Surface structurization techniques (IBS, GLAD, thermal reconstruction).

Introduction to electron microscopy (TEM, SEM), spectroscopy (EDS) and diffraction (LEED, RHEED).

Introduction to scanning probe microscopy (STM, AFM and related techniques).

Photoelectron spectroscopy (XPS, UPS, Auger).

**Nazwa zajęć: Podstawy teorii pól kwantowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. wie dlaczego kwantowa teoria pola jest niezbędna do opisu fizyki cząstek elementarnych
2. zna opis swobodnych pól kwantowych (skalarnych, spinorowych, wektorowych) i rozumie pojęcie propagacji kwantów tych pól (propagator Feynmana)
3. wie w jaki sposób można wprowadzić oddziaływania do kwantowej teorii pola skalarnego i rozumie jak te oddziaływania modyfikują propagację cząstek
4. zna twierdzenia Wicka i jego rolę w obliczaniu funkcji korelacji
5. rozumie rozwinięcie perturbacyjne w teorii oddziałującej i jej przedstawienie graficzne za pomocą diagramów Feynmana
6. rozumie pojęcie przekroju czynnego na rozpraszanie cząstek
7. rozumie rolę lokalnej symetrii cechowania  $U(1)$  w elektrodynamice kwantowej
8. zna reguły Feynmana dla elektrodynamiki kwantowej
9. zna i rozumie sformułowanie nieabelowych teorii z cechowaniem (teoria elektrosłaba i chromodynamika kwantowa)

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi napisać równania ruchu dla swobodnych pól kwantowych (skalarnych, spinorowych, wektorowych)
2. potrafi wyprowadzić propagatory Feynmana dla pól skalarnych, spinorowych, wektorowych i znaleźć związki między nimi
3. potrafi zastosować twierdzenie Wicka do obliczania funkcji korelacji
4. umie obliczyć rozwinięcia perturbacyjne wybranych funkcji korelacji oddziałującego pola skalarnego
5. umie stosować technikę diagramów Feynmana do obliczania rozwinięć perturbacyjnych dla oddziałujących pól skalarnych
6. potrafi obliczać proste przekroje czynne na rozpraszanie w oddziałującej teorii pola skalarnego
7. potrafi powiązać wymaganie niezmienniczości względem lokalnej transformacji cechowania z pojawieniem się oddziaływań pomiędzy cząstkami
8. potrafi stosować reguły Feynmana do obliczania podstawowych procesów elektrodynamiki kwantowej

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. umie przedstawić stan badań nad fizyką cząstek elementarnych w języku zrozumiałym dla nie-fizyków
2. rozumie doniesienia o badaniach nad cząstkami elementarnymi (np. z CERNu)

**Treści programowe dla zajęć:**

Kwantowa teoria pola jako formalizm Modelu Standardowego cząstek elementarnych  
Przypomnienie niezbędnych podstaw szczególnej teorii względności i klasycznej teorii pola  
Swobodne pola skalarne, spinorowe i wektorowe  
Oddziałująca teoria pola skalarnego  
Symetria cechowania jako podstawa oddziałujących kwantowych teorii pola materii  
Podstawowe procesy elektrodynamiki kwantowej  
Podstawy nieabelowych teorii cechowania - chromodynamiki kwantowej i teorii elektrosłabej

**Nazwa zajęć: Seminar on Modern Trends in Physics Research 1**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. knows the latest trends and research directions in physics presented by outstanding representatives of science from Poland and abroad
2. knows where to place the research tasks he/she performs for preparation of his/her master's thesis in the context of the development of modern physics

**in terms of skills:**

1. improves the skills to present and disseminate the scientific results, based on the presentations of the speakers
2. understands the need to deepen the understanding and obtain new knowledge in the broad context of physics and related sciences
3. develops the ability to use the English language with specialized terminology of physical sciences

**in terms of social competences:**

1. is ready to critical evaluation and revision of knowledge and information, and understands the importance of science and fundamental research in the development of modern society

**Treści programowe dla zajęć:**

The participation in the "Modern Trends in Physics Research" seminars held weekly at the Faculty of Physics, where the latest scientific achievements are presented, preceded by short information about the basic laws and phenomena in the field discussed by the speakers.

Nazwa zajęć: **Metody obliczeniowe w fizyce**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawowe metody numeryczne używane w różniczkowaniu i całkowaniu numerycznym, algebrze liniowej (zagadnienie własne, SVD), analizie błędów, rozwiązywaniu równań różniczkowych, analizie Fouriera i symulacjach Monte Carlo.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi zastosować podstawowe metody numeryczne używane w różniczkowaniu i całkowaniu numerycznym, algebrze liniowej (zagadnienie własne, SVD), analizie błędów, rozwiązywaniu równań różniczkowych, analizie Fouriera i symulacjach Monte Carlo używając jednego z następujących języków programowania: julia, python, C.

**Treści programowe dla zajęć:**

Różniczkowanie i całkowanie numeryczne

Algebra liniowa: zagadnienie własne, SVD

Generacja liczb losowych o zadanym rozkładzie prawdopodobieństwa, analiza danych pomiarowych i błędów statystycznych

Podstawowe metody numeryczne rozwiązywania równań różniczkowych

Dyskretna analiza Fouriera

Symulacje Monte Carlo

Nazwa zajęć: **Fabrication and characterization of nanostructures**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. knows the operation principles of the physical and chemical vapor deposition, as well as surface structurization techniques.

2. knows the operation principles of the analysis techniques from the following branches: - electron microscopy and diffraction, - scanning probe microscopy, - photoelectron spectroscopy, - electronic properties.

3. knows the most important features of carbon-based nanostructures including specific fabrication methods and analysis techniques.

4. has practical knowledge on:- operation and maintenance of an ultra-high vacuum chamber,- deposition of thin metallic films with the use of physical deposition techniques.

**in terms of skills:**

1. is able to identify and perform basic analysis of images and spectra obtained with the presented techniques

2. is able to choose experimental techniques according to the specific needs, i.e. select the proper fabrication route followed by the most relevant analysis techniques.

3. is able to prepare samples and identify apparatus parameters for thin film deposition.

4. is able to perform basic characterization of obtained thin films with the use of AFM technique.

**in terms of social competences:**

1. understands the complexity of the presented techniques and the role of qualified technical staff in operating the ultra-high vacuum equipment.

2. is able to cooperate in the fabrication and basic analysis of thin films under supervision of experienced lab technician.

**Treści programowe dla zajęć:**

Basic issues of physics of conductors; electric transport and localization phenomena; metal-insulator transitions; conducting nanostructures.

Physics of vacuum, vacuum technologies (pumps, gauges, etc.).

Vapor deposition techniques (PVD, CVD, ALD, MBE).

Surface structurization techniques (IBS, GLAD, thermal reconstruction).

Introduction to electron microscopy (TEM, SEM), spectroscopy (EDS) and diffraction (LEED, RHEED).

Introduction to scanning probe microscopy (STM, AFM and related techniques).

Photoelectron spectroscopy (XPS, UPS, Auger).

Nazwa zajęć: **Seminar on Modern Trends in Physics Research 2**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the latest trends and research directions in physics presented by outstanding representatives of science from Poland and abroad
2. knows where to place the research tasks he/she performs for preparation of his/her master's thesis in the context of the development of modern physics

**in terms of skills:**

1. improves the skills to present and disseminate the scientific results, based on the presentations of the speakers
2. understands the need to deepen the understanding and obtain new knowledge in the broad context of physics and related sciences
3. develops the ability to use the English language with specialized terminology of physical sciences

**in terms of social competences:**

1. is ready to critical evaluation and revision of knowledge and information, and understands the importance of science and fundamental research in the development of modern society

**Treści programowe dla zajęć:**

The participation in the "Modern Trends in Physics Research" seminars held weekly at the Faculty of Physics, where the latest scientific achievements are presented, preceded by short information about the basic laws and phenomena in the field discussed by the speakers.

**Nazwa zajęć: Advanced Techniques of Quantum Optics**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. is familiar with the concept of rotating reference frames
2. is familiar with the adiabatic elimination technique
3. is familiar with the concept of the master equation and its steady-state solution
4. is familiar with the concepts of quantum trajectories and conditional evolution
5. is familiar with the concept of Non-Hermitian Hamiltonians with real eigenvalues
6. is familiar with the method of Heisenberg-Langevin equations
7. is familiar with the concept of the quantum regression hypothesis
8. is familiar with the method of the Holstein-Primakoff transformation
9. is familiar with Quantum Toolbox in Python (QuTiP)

**in terms of skills:**

1. is able to present Hamiltonians in different rotating reference frames
2. is able to simplify Hamiltonians using the adiabatic elimination technique
3. can solve numerically the master equation in QuTiP
4. can describe the conditional evolution of the open quantum system
5. can write and solve Heisenberg-Langevin equations
6. can compute the second order correlation function

**Treści programowe dla zajęć:**

Rotating reference frames

Adiabatic elimination technique

Master equation description of an open quantum system

Quantum trajectories

Parity-Time symmetric Hamiltonians

Heisenberg-Langevin equations

Quantum regression hypothesis and the second order correlation function

Holstein-Primakoff transformation

**Nazwa zajęć: Introduction to Computational Studies of Electronic Structure of Nanosystems**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the mathematical formulation of the first principles approaches and basic theorems upon which the methods are based
2. knows the methodology of various ab initio computational packages

**in terms of skills:**

1. is able to understand physical theoretical concepts used in computational methods of electronic structure of matter
2. can evaluate the computational methods as concerns their scope and effectiveness, precision and complexity and to make a proper choice of a method to use for the specific research problem
3. is able to practically use the computational package of choice to study the electronic structure of simple nanostructures and analyze the results of the computations in physical terms

**in terms of social competences:**

1. can prepare a summary reporting the results in a form of oral seminar and/or journal article based on published papers in the field of nanoscience
2. can explain the role of ab initio methods in physics to people outside the field

**Treści programowe dla zajęć:**

A review of fundamental interactions relevant for the electronic structures of atoms, molecules and condensed matter systems.

A concept of electronic correlations.

A formulation of basic principles of the Hartree-Fock method and the density functional theory (within the self-consistent approach).

Various choices of basis of functions in first principles approaches.

The pseudopotential method.

Methods of optimizing the spatial structures of molecules and condensed matter systems: molecular dynamics, conjugate gradients methods.

Lattice dynamics - harmonic approximation and anharmonicity.

Overview of available implementations of first principles approaches (SIESTA, Quantum Espresso, Abinit, VASP, Wien2k).

Detailed analysis of simple case studies performed with a help of the selected computational packages (including nanosystems modelling).

**Nazwa zajęć: Seminar on Modern Trends in Physics Research 2**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the latest trends and research directions in physics presented by outstanding representatives of science from Poland and abroad
2. knows where to place the research tasks he/she performs for preparation of his/her master's thesis in the context of the development of modern physics

**in terms of skills:**

1. improves the skills to present and disseminate the scientific results, based on the presentations of the speakers
2. understands the need to deepen the understanding and obtain new knowledge in the broad context of physics and related sciences
3. develops the ability to use the English language with specialized terminology of physical sciences

**in terms of social competences:**

1. is ready to critical evaluation and revision of knowledge and information, and understands the importance of science and fundamental research in the development of modern society

**Treści programowe dla zajęć:**

The participation in the "Modern Trends in Physics Research" seminars held weekly at the Faculty of Physics, where the latest scientific achievements are presented, preceded by short information about the basic laws and phenomena in the field discussed by the speakers.

**Nazwa zajęć: Signal and Energy Processing in Nanopatterned Materials**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. (i) discusses the relationship between the period of 1D structure and the size of the first Brillouin zone, (ii) explains the meaning of wave vector.
2. (i) presents and discusses the solutions of 1D Schrödinger equation in a homogeneous medium (plane wave) and periodic medium (Bloch wave), (ii) explains the appearance of the energy gaps in the spectrum of periodic structure.
3. (i) formulates the wave equations for TM and TE polarized electromagnetic waves in photonic crystals and discusses the differences between both polarizations, (ii) derives dispersion relation for elastic longitudinal waves in mono-atomic chain.

4. (i) defines the group and phase velocity, explains the relation of these parameters to the isofrequency contours of 2D dispersion relation, (ii) discusses: the Snell law at the interface of two isotropic materials, and the refraction from right-handed to left-handed metamaterial.

**in terms of skills:**

1. can construct the 2D reciprocal lattices and the first Brillouin zone for square lattice and triangular lattice.
2. can derive the dispersion relation for elastic longitudinal waves in mono- and bi-atomic chain.
3. can apply the plane wave expansion to the differential eigenvalue problem for electric field in 1D photonic crystal.
4. is able to browse (alone and in the group) the English literature to prepare the case study devoted to a particular scientific problem concerning the wave excitations in periodically patterned structures.

**in terms of social competences:**

1. is ready to (i) present the results of scientific research in the form of oral presentation and (ii) participate in the scientific discussion accompanying the presentation of results.

**Treści programowe dla zajęć:**

Description of periodic structures in real and reciprocal space.

Dispersion relation for Bloch waves.

Electronic superlattices, photonic crystals and phononic crystals.

Matamaterials.

Nazwa zajęć: **Seminar on Modern Trends in Physics Research 1**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the latest trends and research directions in physics presented by outstanding representatives of science from Poland and abroad
2. knows where to place the research tasks he/she performs for preparation of his/her master's thesis in the context of the development of modern physics

**in terms of skills:**

1. improves the skills to present and disseminate the scientific results, based on the presentations of the speakers
2. understands the need to deepen the understanding and obtain new knowledge in the broad context of physics and related sciences
3. develops the ability to use the English language with specialized terminology of physical sciences

**in terms of social competences:**

1. is ready to critical evaluation and revision of knowledge and information, and understands the importance of science and fundamental research in the development of modern society

**Treści programowe dla zajęć:**

The participation in the "Modern Trends in Physics Research" seminars held weekly at the Faculty of Physics, where the latest scientific achievements are presented, preceded by short information about the basic laws and phenomena in the field discussed by the speakers.

Nazwa zajęć: **Magnetism and Magnetic Materials**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. Knows the principles of electromagnetic and magnetostatic principles related to the magnetic field and magnetic materials. Knows the basic equations describing magnetostatic potential and magnetic field distribution.
2. Knows the main directions of development of research and technologies related to magnetism and their contribution to the generation and saving of electricity.
3. Knows the basic principles of experimental methods used to study magnetic materials and the dynamics of magnetization and is able to indicate their limitations.
4. Knows the selected models used to describe the magnetism, magnetization dynamics, and spin-wave dynamics in magnetic materials.
5. Knows the different types of magnetic materials, stable magnetization arrangement, magnetization textures that exist in solids, the types of interactions responsible for their stabilization, and the models for describing them.
6. Knows selected topics of the current research in magnetism, and can explain their main principles, e.g., artificial spin ice, magnonics, and magnetic cellular quantum automata.

**in terms of skills:**

1. Uses basic theoretical models to qualitatively describe interactions that exist in magnetic materials, can identify different energy terms, and can describe magnetic properties related to these interactions.
2. Can identify the types of interactions responsible for stabilizing different magnetization textures.
3. Demonstrates the reading of research articles with understanding and ability to present the outcomes, summary, and the importance of research in writing and oral presentations. Show the ability to work in collaboration in the group.
4. Can formulate a research problem and indicate the method and basic methodological approach to its solution.

**Treści programowe dla zajęć:**

Overview of magnetism, magnetic materials, and the current topics of research and technology development.

Basic laws of magnetostatics and electrodynamics related to magnetism, magnetic field, magnetostatic potential, magnetic moment, magnetic dipole, magnetization, and magnetic torque. Exemplary applications of permanent magnets and soft magnets.

Magnetic materials: paramagnetism, ferromagnetism/antiferromagnetism and diamagnetism. Fundamental concepts of magnetism, interactions, and complexity.

Remagnetization process in ferromagnetic materials, single-domain grains, hysteresis, complex magnetization textures, open questions, and actual investigations: super-paramagnets and super-ferromagnets, artificial spin-ice systems, frustration, and stability.

Fundamentals: the origin of magnetism in solids, theoretical models and numerical methods used in computations of properties of the magnetic materials, micromagnetic approach.

Magnetic domains: types and interactions determining their stability.

Experimental methods for characterization of magnetic materials, magnetization textures, and magnetization dynamics. Current trends and needs.

Magnetization dynamics, micromagnetism, Landau-Lifshitz equation, damping.

Magnonics, wave phenomena in ferromagnets and antiferromagnets, spin wave dynamics in thin films, characteristic dispersion relationships, detection techniques, and possible applications.

Nazwa zajęć: **Seminar on Modern Trends in Physics Research 2**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the latest trends and research directions in physics presented by outstanding representatives of science from Poland and abroad

2. knows where to place the research tasks he/she performs for preparation of his/her master's thesis in the context of the development of modern physics

**in terms of skills:**

1. improves the skills to present and disseminate the scientific results, based on the presentations of the speakers

2. understands the need to deepen the understanding and obtain new knowledge in the broad context of physics and related sciences

3. develops the ability to use the English language with specialized terminology of physical sciences

**in terms of social competences:**

1. is ready to critical evaluation and revision of knowledge and information, and understands the importance of science and fundamental research in the development of modern society

**Treści programowe dla zajęć:**

The participation in the "Modern Trends in Physics Research" seminars held weekly at the Faculty of Physics, where the latest scientific achievements are presented, preceded by short information about the basic laws and phenomena in the field discussed by the speakers.

Nazwa zajęć: **Wprowadzenie do fizyki materiałów**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Ma wiedzę z zakresu fizyki materiałów niezbędną do opisu ich własności fizykochemicznych oraz zrozumienia zjawisk fizycznych tam występujących

2. Zna i rozumie podstawowe modele fizyczne wyjaśniające własności elektryczne, magnetyczne, optyczne i cieplne materiałów

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi, na podstawie prostych modeli fizycznych, wyznaczyć podstawowe własności elektryczne, magnetyczne optyczne i cieplne materiałów

**Treści programowe dla zajęć:**

Materia skondensowana: kryształy, ciała amorficzne

Metale, izolatory, półprzewodniki

Elektronowa struktura pasmowa materiałów

Dynamika sieci krystalicznej: fonony akustyczne i optyczne. Relacje dyspersji.

Przewodnictwo elektryczne materiałów: metale, półprzewodniki. Nadprzewodniki klasyczne i wysokotemperaturowe.

Dielektryki: polaryzacja elektronowa, jonowa i dipolowa. Indukcja elektryczna, przenikalność elektryczna. Ferro- i piezoelektryczność.

Magnetyki: dia, para- i ferromagnetyki, ich własności.

Własności optyczne materiałów.

Nazwa zajęć: **Seminarium magisterskie 2**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie najnowsze osiągnięcia naukowe dotyczące tematu badawczego w ramach realizowanej pracy magisterskiej

2. zna i rozumie metody badawcze wykorzystywane w zagadnieniach dotyczących pracy magisterskiej

3. zna metody analizy danych właściwych dla rozważanego zagadnienia

4. zna problematykę etyki i plagiatu w badaniach i opracowaniach naukowych

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przygotować i wygłosić referat na zadany temat związany z tematyką pracy magisterskiej

2. potrafi korzystać ze źródeł literaturowych, także w języku angielskim, czyta ze zrozumieniem tekst naukowy dotyczący tematyki pracy magisterskiej

3. potrafi przygotować prezentację naukową przedstawiającą teorię i koncepcję badań, aktualny stan wiedzy, metody badawcze oraz interpretację i dyskusję otrzymanych wyników

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i dyskusji na temat prowadzonych badań

2. jest gotów/gotowa do prowadzenia dyskusji na temat etyki zawodowej badacza

**Treści programowe dla zajęć:**

sposoby prezentacji bezpośredniej wyników (przygotowanie i wygłoszenie prezentacji) oraz prowadzenie dyskusji naukowej

metodyka przygotowania opracowań naukowych, w tym pracy magisterskiej

problematyka etyki i plagiatu w badaniach i opracowaniach naukowych, np. w pracach magisterskich, artykułach naukowych, cytowanie źródeł

Nazwa zajęć: **Funkcjonalizacja materiałów**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. posiada podstawową wiedzę na temat materiałów i nanomateriałów, w tym ich klasyfikacji, budowy, właściwości, metod otrzymywania i zastosowania.

2. posiada wiedzę na temat modelowania struktury molekularnej i właściwości materiałów poprzez zmianę ich kształtu, rozmiaru, składu, właściwości powierzchni, ładunku i funkcjonalności.

3. zna i rozumie proste i zaawansowane techniki funkcjonalizacji materiałów.

4. potrafi odpowiednio dobrać oraz zna metody charakterystyki sfunkcjonalizowanych materiałów.

5. posiada wiedzę z zakresu poprawnego wykorzystania podstawowych technik laboratoryjnych, a także zna i stosuje zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w laboratorium.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi klasyfikować materiały i nanomateriały

2. potrafi określić wybrane właściwości materiałów na podstawie odpowiednich pomiarów i technik badawczych

3. potrafi na podstawie uzyskanej wiedzy zaplanować eksperyment funkcjonalizacji wybierając odpowiednie metody, w tym również metody charakteryzacji materiałów.

4. potrafi przeprowadzić w skali laboratoryjnej wybrane reakcje funkcjonalizacji materiałów

5. potrafi opracować oraz przedyskutować otrzymane wyniki w formie pisemnego raportu

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. potrafi pracować samodzielnie i grupowo nad zagadnieniem z zakresu funkcjonalizacji materiałów.



2. ma świadomość niezbędności posiadania przez fizyka podstawowej wiedzy z zakresu materiałów i nanomateriałów, metod ich funkcjonalizacji oraz charakterystyki

**Treści programowe dla zajęć:**

Wprowadzenie do tematu funkcjonalizacji materiałów.

Podział materiałów ze względu na ich wymiarowość, kształt i skład. Omówienie właściwości termicznych, chemicznych, magnetycznych, mechanicznych, optycznych i elektrycznych. Metody otrzymywania materiałów i nanomateriałów. Zastosowanie nanomateriałów i bezpieczeństwo ich stosowania, regulacje prawne i komercjalizacja.

Techniki charakterystyki materiałów, w tym techniki mikroskopowe, dyfrakcyjne, spektroskopowe, magnetyczne, techniki termiczne, techniki elektryczne i adsorpcyjne. Omówienie podstawowych informacji, jakie można uzyskać za pomocą w/w metod.

Metody modyfikacji materiałów oraz ich wpływ na zmianę ich ładunku, funkcjonalności, reaktywności, stabilności, zmianę właściwości mechanicznych, termicznych, elektrycznych, optycznych, oraz zabezpieczenie danego materiału przed czynnikami zewnętrznymi. Przedstawienie podstawowych strategii modyfikacji powierzchni materiałów.

Metody inżynierii powierzchni: wbudowywanie heteroatomów i inżynieria defektów, metody mechaniczne. Oddziaływania kowalencyjne - wykorzystanie grup funkcyjnych. Zastosowanie chemisorpcji i fizysorpcji. Oddziaływania elektrostatyczne. Niekowalencyjne lub supramolekularne powinowactwo oparte na układach receptor ligand i słabych interakcjach.

Interpretacja uzyskiwanych wyników oraz przygotowanie raportu z wykonanych badań.

Bezpieczeństwo i higiena pracy w laboratorium

Nazwa zajęć: **Podstawy teorii pól kwantowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. wie dlaczego kwantowa teoria pola jest niezbędna do opisu fizyki cząstek elementarnych
2. zna opis swobodnych pól kwantowych (skalarnych, spinorowych, wektorowych) i rozumie pojęcie propagacji kwantów tych pól (propagator Feynmana)
3. wie w jaki sposób można wprowadzić oddziaływania do kwantowej teorii pola skalarnego i rozumie jak te oddziaływania modyfikują propagację cząstek
4. zna twierdzenia Wicka i jego rolę w obliczaniu funkcji korelacji
5. rozumie rozwinięcie perturbacyjne w teorii oddziałującej i jej przedstawienie graficzne za pomocą diagramów Feynmana
6. rozumie pojęcie przekroju czynnego na rozpraszanie cząstek
7. rozumie rolę lokalnej symetrii cechowania  $U(1)$  w elektrodynamice kwantowej
8. zna reguły Feynmana dla elektrodynamiki kwantowej
9. zna i rozumie sformułowanie nieabelowych teorii z cechowaniem (teoria elektrosłaba i chromodynamika kwantowa)

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi napisać równania ruchu dla swobodnych pól kwantowych (skalarnych, spinorowych, wektorowych)
2. potrafi wyprowadzić propagatory Feynmana dla pól skalarnych, spinorowych, wektorowych i znaleźć związki między nimi
3. potrafi zastosować twierdzenie Wicka do obliczania funkcji korelacji
4. umie obliczyć rozwinięcia perturbacyjne wybranych funkcji korelacji oddziałującego pola skalarnego
5. umie stosować technikę diagramów Feynmana do obliczania rozwinięć perturbacyjnych dla oddziałujących pól skalarnych
6. potrafi obliczać proste przekroje czynne na rozpraszanie w oddziałującej teorii pola skalarnego
7. potrafi powiązać wymaganie niezmienniczości względem lokalnej transformacji cechowania z pojawieniem się oddziaływań pomiędzy cząstkami
8. potrafi stosować reguły Feynmana do obliczania podstawowych procesów elektrodynamiki kwantowej

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. umie przedstawić stan badań nad fizyką cząstek elementarnych w języku zrozumiałym dla nie-fizyków
2. rozumie doniesienia o badaniach nad cząstkami elementarnymi (np. z CERNu)

**Treści programowe dla zajęć:**

Kwantowa teoria pola jako formalizm Modelu Standardowego cząstek elementarnych

Przypomnienie niezbędnych podstaw szczególnej teorii względności i klasycznej teorii pola

Swobodne pola skalarne, spinorowe i wektorowe

Oddziałująca teoria pola skalarnego  
Symetria cechowania jako podstawa oddziałujących kwantowych teorii pola materii  
Podstawowe procesy elektrodynamiki kwantowej  
Podstawy nieabelowych teorii cechowania - chromodynamiki kwantowej i teorii elektrosłabej

Nazwa zajęć: **Teoretyczne podstawy spektroskopii**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. potrafi objaśnić za pomocą podstawowych pojęć elektromagnetyzmu i mechaniki kwantowej zjawiska absorpcji światła i fluorescencji
2. rozumie wyprowadzenie złotej reguły Fermiego dla absorpcji i emisji wymuszonej posługując się teorią zaburzeń
3. potrafi wyjaśnić pojęcie i znaczenie dipolowego momentu przejścia
4. potrafi wyjaśnić wpływ oscylacji jąder atomowych i otoczenia na przejścia elektronowe w cząsteczkach
5. potrafi wyjaśnić efekty przesunięcia Stokesa i lustrzanego odbicia widm absorpcji i fluorescencji
6. rozumie pojęcie spójności kwantowej i potrafi opisać proces jej zaniku
7. potrafi wyjaśnić wpływ relaksacji stochastycznej na dynamikę przejścia pomiędzy dwoma stanami kwantowymi
8. potrafi opisać zjawiska absorpcji promieniowania elektromagnetycznego oraz rezonansu magnetycznego korzystając z pojęcia podatności dynamicznej

**w zakresie umiejętności:**

1. biegle posługuje się matematycznym formalizmem klasycznym i kwantowo-mechanicznym w zakresie niezbędnym do opisu zjawisk absorpcji światła i fluorescencji oraz rezonansu magnetycznego
2. potrafi (a) wyprowadzić złotą regułę Fermiego dla absorpcji i emisji wymuszonej posługując się teorią zaburzeń, (b) wyznaczyć dipolowy moment przejścia dla cząsteczki etylenu (c) oszacować czynniki Francka-Condon dla modelowych cząsteczek
3. potrafi nazywać po angielsku podstawowe pojęcia z zakresu spektroskopii

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawy kwantowo-mechaniczne spektroskopii optycznej1) Funkcje falowe, operatory i wartości oczekiwane2) Równanie Schrödingera3) Superpozycja stanów4) Przestrzenne funkcje falowe prostych i złożonych układów5) Przejścia pomiędzy stanami – teoria zaburzeń (perturbacji) zależnych od czasu6) Związek między czasem życia stanu układu a energią tego stanu

Światło - klasyczny (nie kwantowo-mechaniczny) opis promieniowania elektromagnetycznego1) Siły, pole i potencjał elektrostatyczny2) Promieniowanie elektromagnetyczne – równania Maxwella3) Gęstość energii i natężenie promieniowania

Absorpcja elektronowa1) Oddziaływanie elektronów z oscylującym polem elektrycznym2) Absorpcja i emisja wymuszona3) Dipolowy moment przejścia4) Wpływ oscylacji jąder atomowych na przejścia elektronowe5) Wpływ otoczenia na energie przejść elektronowych6) Spektralne wypalanie dziur7) Efekt Starka

Fluorescencja1) Absorpcja, emisja wymuszona i emisja spontaniczna2) Współczynniki Einsteina3) Przesunięcie Stokesa4) Prawo lustrzanego odbicia

Spójność kwantowa i defazowanie:1) Oscylacje pomiędzy stanami kwantowymi układu izolowanego2) Macierz gęstości3) Stochastyczne równanie Liouville'a4) Wpływ relaksacji na dynamikę przejść kwantowych5) Macierz relaksacji

Podatność dynamiczna:1) Funkcja reakcji i jej transformata Fouriera2) Relaksacja i rezonans3) Dynamiczna podatność elektryczna, refrakcja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego4) Dynamiczna podatność magnetyczna, rezonans magnetyczny

Nazwa zajęć: **Seminarium magisterskie 2**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zdobycie umiejętności wygłaszania referatu na zadany temat związanej z problematyką pracy magisterskiej
2. zdobycie umiejętności dyskusowania na zadany temat
3. zdobycie umiejętności napisania swojej pracy magisterskiej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przygotować i wygłosić referat na zadany temat związany z tematyką pracy magisterskiej

2. potrafi korzystać ze źródeł literaturowych, także w języku angielskim, czyta ze zrozumieniem tekst naukowy dotyczący tematyki pracy magisterskiej
3. potrafi przygotować prezentację naukową przedstawiającą teorię i koncepcję badań, aktualny stan wiedzy, metody badawcze oraz interpretację i dyskusję otrzymanych wyników

**Treści programowe dla zajęć:**

sposoby prezentacji bezpośredniej wyników (przygotowanie i wygłoszenie prezentacji) oraz prowadzenie dyskusji naukowej  
metodyka przygotowania opracowań naukowych, w tym pracy magisterskiej

**Nazwa zajęć: Classical and Quantum Cryptography**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. Upon completion of the module and confirmation of achievement, the students should know: basic cryptology terminology, methods of cryptanalysis of basic ciphers, how to implement selected symmetric cryptosystems, how to implement selected public-key cryptosystems, several digital signature algorithms, basic quantum key distribution protocols, basic classical and quantum factorization algorithms, and how to numerically simulate selected quantum cryptographic systems.

**in terms of skills:**

1. will be able to understand and apply basic cryptographic concepts and algorithms based on the acquired knowledge, as well as to perform numerical implementations and/or simulations of selected algorithms.

2. will be able to actively engage in solving problems posed, independently develop and expand their competencies.

**in terms of social competences:**

1. is ready to critically evaluate his/her knowledge and content received, and to consult the knowledge and problems with experts, while trying to maintain independent and critical thinking, following the motto of Richard Feynman: "Science is the belief in the ignorance of experts. When someone says 'science teaches such and such', he is using the word incorrectly. Science doesn't teach it; experience teaches it."

**Treści programowe dla zajęć:**

week 1:

Introduction to cryptography. Tasks of cryptography: 1. message confidentiality, 2. message authentication, 3. message integrity, 4. message non-repudiation.

War ciphers: 1. Enigma - Rejewski's bomb and Turing's bomb. 2. Ciphers of the Polish-Soviet war of 1920: Miracle on the Vistula. 3. Ciphers of the Wielkopolska Uprising. 4. Global e-intelligence networks: Echelon, PRISM, MUSCULAR and others.

Cryptanalysis of a simple substitution cipher (i.e., the Poe ciphertext). Basic cryptographic terms: Cryptanalysis, decryption, and eavesdropping. Private keys, public keys, and hash functions.

Simple ciphers: 1. substitution ciphers, 2. transposition ciphers, 3. wandering key ciphers, 4. poly-alphabetic ciphers, 5. one-time pad (Vernam's cipher). Principles of secure encryption: diffusion and confusion. Shannon's pastry dough mixing.

week 2:

Introduction to quantum cryptography: Application of no cloning theorem for secure information transfer. BB84 protocol for quantum key distribution. Wiesner's protocol of quantum money. Optical implementations of the BB84 and Wiesner protocols. A brief overview of other quantum protocols and algorithms.

weeks 3 and 4:

Elements of number theory in cryptography: 1. Euclid's algorithm. 2. Euler's algorithm of modular exponentiation. 3. Fermat's little theorem. 4. Euler's theorem. 5. Chinese remainder theorem and Gauss's algorithm. 6. Multiplicative groups, cyclic groups, and their generators. 7. Quadratic residues (modular square roots): properties and algorithms, Legendre and Jacobi symbols, and Blum numbers.

week 5:

Asymmetric cryptography (public-key cryptography): Basic concepts and algorithms. Mathematical computational problems of cryptographic interest. Number of keys in symmetric and asymmetric cryptography. Rivest-Shamir-Adleman (RSA) algorithm. Naive methods of attack on the RSA cryptosystem. RSA hypothesis.

week 6:

Shamir's three-step protocol. A hybrid cryptographic protocol. Cryptographic control of the arms race during the Cold War.

Simple symmetric and asymmetric message authentication protocols. Diffie-Hellman key exchange algorithm. A generalized Diffie-Hellman algorithm for three correspondents. Knapsack algorithms: Merkle-Hellman algorithm.

week 7:

Message encryption and authentication protocols: ElGamal's encryption algorithm, ElGamal's signature algorithm, Rabin's encryption algorithm, Rabin's signature algorithm.

week 8:

Probabilistic encryption: Goldwasser-Micali and Blum-Goldwasser algorithms.

Zero-knowledge proofs of identity: Fiat-Shamir and Feige-Fiat-Shamir identification protocols.

week 9:

Towards the cryptanalysis of RSA:

Number primality tests: 1. Fermat's test, 2. Euler's test, 3. Agrawal-Kayal-Saxena (AKS) test, 4. elliptic curve primality test, 6. Miller's test.

Classical algorithms for number factorization: 1. Eratosthenes sieve, 2. Monte Carlo method, 3. standard and generalized Fermat's methods, 4. Legendre method of continued fractions, 5. Square sieve method, 6. Comparison of their efficiencies.

Prime numbers: Mersenne prime numbers. Great Internet Mersenne Prime Search (GIMPS). Twin prime numbers. Lucas-Lehmer test of Mersenne numbers. Ulam's spiral of prime numbers.

week 10:

The Riemann hypothesis and prime numbers: Euler's Z function. Riemann's zeta function. Millennium Problems. Zeros of the Riemann zeta function and the eigenvalues of Hamiltonians. Bender's PT-symmetric quantum mechanics. The Riemann problem and superluminal communication.

week 11:

Computational complexity of problems in cryptography: Deterministic Turing machine and P-type problems (polynomial time algorithms). Non-deterministic Turing machine and NP-type (non-deterministic polynomial time) problems. Types of problems: NTIME, NP, NEXPTIME, NSPACE, NPSPACE, and NEXPSPACE. NP-hard problems. NP-complete problems. The hypothesis whether  $P = NP$ . Universal Turing machine. Quantum Turing machine as a universal quantum computer. BQP (Bounded-error Quantum Polynomial-time) type problems.

NP-hard problems in cryptography: McEliece cryptosystem, NTRUEncrypt, and Merkle-Hellman cryptosystem. Computational complexity of knapsack algorithms. Is factorization of numbers an NP-complete problem?

week 12:

Quantum algorithms in the cryptanalysis of classical cryptosystems: Shor's factorization algorithm. Implementation of Shor's algorithm using NMR spectroscopy.

week 13:

First and second generation quantum technologies. Quantum annealing for cryptoanalysis. Implementation of quantum annealing using superconducting qubits. Algorithm of factorization by Gauss sums (and Schroedinger cats). Implementation of the Gauss-sum algorithm using NMR spectroscopy.

week 14:

Quantum key distribution protocols: 1. BB84 protocol - a brief reminder. 2. Ekert E91 protocol using entangled states. 3. Bennett B92 protocol using Mach-Zehnder interferometers. 4. Renes R04 protocol. 5. Implementations of BB84 and E91 protocols using a quantum satellite.

week 15:

Post-quantum cryptography, i.e. classical cryptography resistant to quantum cryptanalysis by Shor's algorithm. Recommended public key lengths. RSA challenges and rewards. McEliece cryptosystem.

Concluding remarks: The future of public-key cryptography. The future of quantum cryptography.

**Nazwa zajęć: Mechanika kwantowa układów wielu ciał**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. wie i potrafi uzasadnić dlaczego i jak należy stosować zasady fizyki wielu ciał do zrozumienia niektórych własności ciał stałych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wykonać proste obliczenia używając drugiego kwantowania.

**Treści programowe dla zajęć:**

Pola kwantowe – przypomnienie

1. Oscylator harmoniczny: zerowymiarowa teoria pola
2. Mody kolektywne: fonony, bozony, fermiony
3. Pola jako operatory tworzenia i anihilacji cząstek
4. Równoważność z wielociałowym równaniem Schrödingera

Przykłady drugiej kwantyzacji

1. Transformacja Jordana-Wignera
2. Model Hubbarda

Funkcje Greena

1. Obraz oddziaływania
2. Twierdzenie Wicka
3. Funkcje Greena dla swobodnych fermionów i bozonów
4. Przybliżenie adiabaticzne
5. Twierdzenie Gell-Mann-Lowa
6. Wielocząstkowe funkcje Greena

Teoria cieczy Landaua Fermiego

1. Koncepcja kwazicząstki
2. Neutralna ciecz Fermiego
3. Parametry Landaua
4. Równowagowe rozkłady kwazicząstek
5. Skutki istnienia oddziaływań: renormalizacja magnetyzmu, ściśliwości i masy
6. Amplitudy rozpraszania kwazicząstek
7. Mody kolektywne

Nazwa zajęć: **Analiza strukturalna makromolekuł**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawy budowy makrocząsteczek na różnych poziomach od budowy atomu, wiązania chemicznego, oddziaływań między poszczególnymi elementami struktury do złożonych układów, ze szczególnym uwzględnieniem cząsteczek biologicznych i polimerów
2. Zna zjawiska fizyczne wykorzystywane w wybranych technikach eksperymentalnych

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi powiązać wiedzę o budowie makrocząsteczek ze zjawiskiem fizycznym, np. oddziaływaniem promieniowania elektromagnetycznego z materią w zależności od długości fali i wskazać technikę eksperymentalną wykorzystującą to zjawisko.
2. potrafi samodzielnie wybrać właściwą technikę i zaprojektować eksperyment, którego celem jest zbadanie określonego parametru związanego z budową makrocząsteczki
3. potrafi samodzielnie interpretować wyniki wybranych technik eksperymentalnych, wykorzystując gotowe narzędzia informatyczne lub tworząc własne

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. rozumie konsekwencje bezkrytycznego akceptowania wyników złożonych eksperymentów, dąży do ich weryfikacji przy pomocy innych technik eksperymentalnych i wykazuje gotowość do podjęcia dyskusji z innymi ekspertami

**Treści programowe dla zajęć:**

Budowa materii na poziomie atomowym i cząsteczkowym, wiązania chemiczne, oddziaływania stabilizujące strukturę cząsteczek. Parametry opisujące kształt i strukturę cząsteczek. Parametry termodynamiczne opisujące stabilność struktury.

Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego i neutronowego z materią. Klasyfikacja technik eksperymentalnych według rodzaju oddziaływania i długości fali. Klasyfikacja technik badawczych ze względu na badaną własność struktury i ze względu na rozdzielczość.

Podstawy teoretyczne wybranych technik eksperymentalnych i rodzaj informacji o strukturze jaki można z nich otrzymać. Narzędzia przydatne do opracowania i interpretacji wyników. Ograniczenia metod. Potencjalne źródła błędów oraz techniki komplementarne.

Nazwa zajęć: **Przejścia fazowe i zjawiska krytyczne**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. wie, jak opisuje się przejście fazowe w języku matematycznym.
2. zna podstawowe własności modeli klasycznych i kwantowych w których występują przejścia fazowe.
3. zna podstawowe teorie tłumaczące istnienie przejść fazowych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi odtworzyć samodzielnie podstawowe własności modeli klasycznych i kwantowych w których występują przejścia fazowe.
2. potrafi tłumaczyć zjawiska z zakresu podstaw przejść fazowych odwołując się do teorii pola średniego, teorii skalowania i metody grupy renormalizacji.
3. Student potrafi rozwiązywać proste problemy na poziomie podręcznika N. Goldenfeld: Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group w zakresie rozdziałów 1,2,3,5,8,9

**Treści programowe dla zajęć:**

Skalowanie i analiza wymiarowa. prawa skalowania w fizyce statystycznej  
Przejścia fazowe w teorii. istnienie przejść fazowych. granica termodynamiczna. hipoteza ergodyczna  
Przejścia fazowe w praktyce. jedno i dwuwymiarowy model Ising. macierz przejścia. funkcja korelacji. teoria pola średniego  
Teoria Landaua. parametr porządku i łamanie symetrii. funkcjonal Landaua. funkcje korelacji w przestrzeni prostej i odwrotnej. kryterium Ginzburga  
Teoria skalowania. wykładniki krytyczne. hipoteza skalowania. prawa skalowania  
Grupa renormalizacji w układach klasycznych. podstawowe cechy metody GR: transformacja GR i jej własności – przykłady dla modelu Isinga 1D i 2D. skalowanie a GR: sposób obliczania wykładników krytycznych. sposób obliczania funkcji korelacji  
„Finite size scaling”

Nazwa zajęć: **Analiza strukturalna makromolekuł**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawy budowy makrocząsteczek na różnych poziomach od budowy atomu, wiązania chemicznego, oddziaływań między poszczególnymi elementami struktury do złożonych układów, ze szczególnym uwzględnieniem cząsteczek biologicznych i polimerów
2. Zna zjawiska fizyczne wykorzystywane w wybranych technikach eksperymentalnych

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi powiązać wiedzę o budowie makrocząsteczek ze zjawiskiem fizycznym, np. oddziaływaniem promieniowania elektromagnetycznego z materią w zależności od długości fali i wskazać technikę eksperymentalną wykorzystującą to zjawisko.
2. potrafi samodzielnie wybrać właściwą technikę i zaprojektować eksperyment, którego celem jest zbadanie określonego parametru związanego z budową makrocząsteczki
3. potrafi samodzielnie interpretować wyniki wybranych technik eksperymentalnych, wykorzystując gotowe narzędzia informatyczne lub tworząc własne

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. rozumie konsekwencje bezkrytycznego akceptowania wyników złożonych eksperymentów, dąży do ich weryfikacji przy pomocy innych technik eksperymentalnych i wykazuje gotowość do podjęcia dyskusji z innymi ekspertami

**Treści programowe dla zajęć:**

Budowa materii na poziomie atomowym i cząsteczkowym, wiązania chemiczne, oddziaływania stabilizujące strukturę cząsteczek. Parametry opisujące kształt i strukturę cząsteczek. Parametry termodynamiczne opisujące stabilność struktury.  
Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego i neutronowego z materią. Klasyfikacja technik eksperymentalnych według rodzaju oddziaływania i długości fali. Klasyfikacja technik badawczych ze względu na badaną własność struktury i ze względu na rozdzielczość.  
Podstawy teoretyczne wybranych technik eksperymentalnych i rodzaj informacji o strukturze jaki można z nich otrzymać. Narzędzia przydatne do opracowania i interpretacji wyników. Ograniczenia metod. Potencjalne źródła błędów oraz techniki komplementarne.

Nazwa zajęć: **Teoretyczne podstawy spektroskopii**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. potrafi objaśnić za pomocą podstawowych pojęć elektromagnetyzmu i mechaniki kwantowej zjawiska absorpcji światła i fluorescencji
2. rozumie wyprowadzenie złotej reguły Fermiego dla absorpcji i emisji wymuszonej posługując się teorią zaburzeń
3. potrafi wyjaśnić pojęcie i znaczenie dipolowego momentu przejścia

4. potrafi wyjaśnić wpływ oscylacji jąder atomowych i otoczenia na przejścia elektronowe w cząsteczkach
5. potrafi wyjaśnić efekty przesunięcia Stokesa i lustrzanego odbicia widm absorpcji i fluorescencji
6. rozumie pojęcie spójności kwantowej i potrafi opisać proces jej zaniku
7. potrafi wyjaśnić wpływ relaksacji stochastycznej na dynamikę przejścia pomiędzy dwoma stanami kwantowymi
8. potrafi opisać zjawiska absorpcji promieniowania elektromagnetycznego oraz rezonansu magnetycznego korzystając z pojęcia podatności dynamicznej

**w zakresie umiejętności:**

1. biegle posługuje się matematycznym formalizmem klasycznym i kwantowo-mechanicznym w zakresie niezbędnym do opisu zjawisk absorpcji światła i fluorescencji oraz rezonansu magnetycznego
2. potrafi (a) wyprowadzić złotą regułę Fermiego dla absorpcji i emisji wymuszonej posługując się teorią zaburzeń, (b) wyznaczyć dipolowy moment przejścia dla cząsteczki etylenu (c) oszacować czynniki Francka-Condon dla modelowych cząsteczek
3. potrafi nazywać po angielsku podstawowe pojęcia z zakresu spektroskopii

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawy kwantowo-mechaniczne spektroskopii optycznej 1) Funkcje falowe, operatory i wartości oczekiwane 2) Równanie Schrödingera 3) Superpozycja stanów 4) Przestrzenne funkcje falowe prostych i złożonych układów 5) Przejścia pomiędzy stanami – teoria zaburzeń (perturbacji) zależnych od czasu 6) Związek między czasem życia stanu układu a energią tego stanu

Światło - klasyczny (nie kwantowo-mechaniczny) opis promieniowania elektromagnetycznego 1) Siły, pole i potencjał elektrostatyczny 2) Promieniowanie elektromagnetyczne – równania Maxwella 3) Gęstość energii i natężenie promieniowania

Absorpcja elektronowa 1) Oddziaływanie elektronów z oscylującym polem elektrycznym 2) Absorpcja i emisja wymuszona 3) Dipolowy moment przejścia 4) Wpływ oscylacji jąder atomowych na przejścia elektronowe 5) Wpływ otoczenia na energie przejść elektronowych 6) Spektralne wypalanie dziur 7) Efekt Starka

Fluorescencja 1) Absorpcja, emisja wymuszona i emisja spontaniczna 2) Współczynniki Einsteina 3) Przesunięcie Stokesa 4) Prawo lustrzanego odbicia

Spójność kwantowa i defazowanie: 1) Oscylacje pomiędzy stanami kwantowymi układu izolowanego 2) Macierz gęstości 3) Stochastyczne równanie Liouville'a 4) Wpływ relaksacji na dynamikę przejść kwantowych 5) Macierz relaksacji

Podatność dynamiczna: 1) Funkcja reakcji i jej transformata Fouriera 2) Relaksacja i rezonans 3) Dynamiczna podatność elektryczna, refrakcja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego 4) Dynamiczna podatność magnetyczna, rezonans magnetyczny

Nazwa zajęć: **Seminar on Modern Trends in Physics Research 1**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the latest trends and research directions in physics presented by outstanding representatives of science from Poland and abroad
2. knows where to place the research tasks he/she performs for preparation of his/her master's thesis in the context of the development of modern physics

**in terms of skills:**

1. improves the skills to present and disseminate the scientific results, based on the presentations of the speakers
2. understands the need to deepen the understanding and obtain new knowledge in the broad context of physics and related sciences
3. develops the ability to use the English language with specialized terminology of physical sciences

**in terms of social competences:**

1. is ready to critical evaluation and revision of knowledge and information, and understands the importance of science and fundamental research in the development of modern society

**Treści programowe dla zajęć:**

The participation in the "Modern Trends in Physics Research" seminars held weekly at the Faculty of Physics, where the latest scientific achievements are presented, preceded by short information about the basic laws and phenomena in the field discussed by the speakers.

Nazwa zajęć: **Pracownia magisterska 2**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie definicje oraz pojęcia z zakresu fizyki, w szczególności z informacji kwantowej i spintroniki

2. zna i stosuje zasady BHP w miejscu pracy i w laboratorium fizycznym

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi analizować wyniki badań oraz na ich podstawie formułować wnioski

2. potrafi korzystać z literatury, w tym również anglojęzycznej

3. potrafi napisać opracowanie naukowe wykorzystujące wyniki przeprowadzonych badań naukowych dostępne źródła literaturowe, z uwzględnieniem właściwego odniesienia do istniejącej literatury i stanu wiedzy

4. potrafi w sposób twórczy kojarzyć fakty wynikające z danych teoretycznych, numerycznych i doświadczalnych tworząc spójny obraz zjawiska

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do przedstawiania zdobytej wiedzy oraz prowadzenia dyskusji z zakresu nauk fizycznych

2. jest gotów/gotowa do stosowania alternatywnych rozwiązań w pracy badawczej w celu ochrony środowiska oraz propagowania etyki zawodowej

**Treści programowe dla zajęć:**

organizacja pracy nad tematyką pracy magisterskiej i dostosowanie adekwatnych środków do zrealizowania zadania naukowego

wybór i zastosowanie teorii fizycznych, metod badawczych i koniecznych obliczeń numerycznych w celu realizacji projektu pracy magisterskiej, umiejętność systematycznego gromadzenia wyników, wniosków i danych

metody pisania raportu końcowego w formie pracy magisterskiej na bazie wykonanych badań i danych literaturowych

bezpieczeństwo i higiena pracy w miejscu pracy i w laboratorium fizycznym

przygotowanie prezentacji ustnej lub plakatowej przedstawiającej wyniki uzyskanych badań

Nazwa zajęć: **Pracownia specjalistyczna**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane fakty, zjawiska, koncepcje i teorie właściwe dla biofizyki molekularnej oraz złożone zależności między nimi

2. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody i narzędzia badawcze oraz modele matematyczne stosowane w biofizyce molekularnej

3. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody obliczeniowe oraz techniki informatyczne stosowane do rozwiązywania złożonych problemów z zakresu biofizyki molekularnej

4. zna główne tendencje badawcze i rozwojowe w obszarze biofizyki molekularnej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi planować i wykonywać obserwacje, eksperymenty, obliczenia teoretyczne lub symulacje komputerowe z zakresu biofizyki molekularnej oraz w sposób krytyczny ocenić i przedyskutować otrzymane wyniki

2. potrafi znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach, w szczególności w czasopiśmie naukowych podstawowych dla biofizyki molekularnej

3. potrafi napisać opracowanie naukowe przedstawiające wyniki przeprowadzonych badań z uwzględnieniem właściwego odniesienia do istniejącej literatury i aktualnego stanu wiedzy

4. potrafi współdziałać z innymi osobami w ramach zespołu badawczego

5. potrafi samodzielnie określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować program samokształcenia w zakresie niezbędnym do przeprowadzenia projektu badawczego

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści, w szczególności w zakresie biofizyki molekularnej

2. jest gotów/gotowa do uznania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów (także z innych dyscyplin naukowych) w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu

**Treści programowe dla zajęć:**

Wybrane zagadnienia naukowe i metody badawcze z zakresu biofizyki molekularnej.

Nazwa zajęć: **Fizyka komputerów kwantowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**



1. wie w jaki sposób opisywane są kubity nadprzewodzące (np. transmon) oraz ich oddziaływania.
2. wie jakie są źródła i metody ograniczania zaburzeń kubitów nadprzewodzących.
3. wie jakie są metody kontroli oddziaływań między kubitami i jaki jest ich związek z obliczeniami kwantowymi.
4. wie w jaki sposób mierzony jest stan kubitów nadprzewodzących oraz zna ograniczenia z tym związane.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi modelować oddziaływania kubitów nadprzewodzących z użyciem komputera.

**Treści programowe dla zajęć:**

Inżynieria obwodów kwantowych  
Szum, dekoherencja, redukcja błędów  
Kontrola kubitów - implementacje bramek wielokubitowych  
Odczyt kubitów - techniki pomiarowe

Nazwa zajęć: **Ciecze przechłodzone i szkliva**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. podstawowe koncepcje i prawa fizyki niezbędne do opisu zjawisk i procesów zachodzących podczas przechładzania cieczy
2. podstawowe techniki eksperymentalne wykorzystywane w badaniach mechanicznych, dynamicznych i termodynamicznych właściwości cieczy przechłodzonych

**w zakresie umiejętności:**

1. wyjaśnić najważniejsze zjawiska i procesy towarzyszące schładzaniu cieczy
2. zdefiniować temperaturę zeszklenia korzystając z pojęć i praw mechaniki, dynamiki molekularnej i termodynamiki
3. zaprezentować i omówić wyniki pochodzące z badań eksperymentalnych i symulacyjnych związanych z problemem przechładzania cieczy

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. poszerzania, aktualizowania i krytycznej oceny wiedzy z obszarów przenikania się różnych dyscyplin nauk przyrodniczych

**Treści programowe dla zajęć:**

Statyczne i dynamiczne funkcje korelacji gęstości  
Relaksacja lepko-sprężysta i relaksacja strukturalna  
Temperaturowa zależność lepkości i czasu relaksacji  
Podstawy termodynamiczne procesu krystalizacji  
Pojęcie stanu równowagi w odniesieniu do cieczy przechłodzonej i szkła  
Wybrane teorie przejścia szklistego  
Zastosowanie unikalnych właściwości cieczy przechłodzonych i szkieł

Nazwa zajęć: **Dyfuzja w ośrodkach prostych i złożonych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. umie opisać podstawowe zjawiska fizyczne zachodzące w zawiesinach koloidowych
2. rozumie i potrafi korzystając z wiedzy teoretycznej wytłumaczyć podstawowe zjawiska i procesy spotykane w zawiesinach koloidów
3. zna teoretyczne podstawy wybranych metod eksperymentalnych stosowanych w badaniach struktury i dynamiki zawiesin koloidowych
4. ma wiedzę w zakresie technicznych zastosowań zawiesin koloidowych (aktualnych i innowacyjnych) oraz zna zasady bezpiecznego użytkowania tych materiałów (w odniesieniu do zdrowia człowieka i środowiska naturalnego)

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi właściwie zaplanować eksperyment do rozwiązywania prostego problemu badawczego z dziedziny fizyki zawiesin koloidowych dokonując odpowiedniego wyboru narzędzi, metod pomiarowych i modelu teoretycznego do analizy danych
2. umie zastosować teorię przy rozwiązywaniu zadań rachunkowych, w analizie i dyskusji danych eksperymentalnych (uzyskanych z różnych metod badawczych) oraz potrafi krytycznie ocenić otrzymane wyniki
3. potrafi korzystać z różnych źródeł informacji do rozwoju wiedzy z zakresu fizyki zawiesin koloidów
4. umie przygotowywać wystąpienia ustne i pisemne prezentacje multimedialne (w języku polskim) dotyczące zagadnień fizyki koloidów oraz zaprezentować je we właściwej formie

5. umie współpracować z grupą przy rozwiązywaniu zadań i problemów badawczych

**Treści programowe dla zajęć:**

Zawiesiny koloidowe, definicja, miejsce w materii miękkiej, oddziaływania, przykłady z życia, zastosowania techniczne.

Dlaczego koloid nie tonie – liczba Reynoldsa, szybkość sedimentacji, liczba Pecklet;

Historyczne aspekty w badaniach dyfuzji: Ruchy Browna, równanie Ficka, opór ośrodka, artykuł Einsteina

Dyfuzja rozcieńczonej zawiesiny cząsteczek – podejście termodynamiczne (stężenia, potencjały, strumień, prawo ciągłości)

Dyfuzja rozcieńczonej zawiesiny cząsteczek – podejście mikroskopowe (błądzenie przypadkowe, gęstość prawdopodobieństwa, równanie Fokkera-Plancka)

Analityczne i numeryczne rozwiązania równania dyfuzji w prostych przypadkach (punktowa fluktuacja, fala stężenia)

Wybrane przykłady dyfuzji z więzami i w polu sił (sedymetacja, elektroforeza, dyfuzja przez błonę)

Skale czasowe w dyfuzji cząsteczek przez ośrodki ze strukturą

Metody pomiarowe współczynników dyfuzji: metody fluorescencyjne i video, metody rozproszeniowe (światła, Rentgena i neutronów), NMR

Przygotowywanie próbek do pomiarów współczynnika dyfuzji

Pomiary współczynników dyfuzji z wykorzystaniem różnych metod dla:

- układów modelowych (rozcieńczone zawiesiny)
- układów oddziałujących elektrostatycznie i entropowo
- cząsteczek w modelowych układach złożonych (żele, zawiesiny makrocząsteczek)

Nazwa zajęć: **Nonlinear Dynamics and Chaos**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. Students know and understand facts, phenomena, concepts and theories that are used in the modern research on nonlinear and chaotic systems

**in terms of skills:**

1. Students know mathematical/computational tools and know how to implement them to examine properties of nonlinear systems within and outside of physics.

2. Students can read and analyse modern scientific literature on nonlinear and chaotic systems and are able to explain these ideas to others.

**in terms of social competences:**

1. Students can critically analyse their own knowledge and results published by other scientists.

**Treści programowe dla zajęć:**

One-dimensional systems, stability, allowed behaviours

Bifurcations in one-dimensional systems

Imperfect bifurcations and catastrophies

One-dimensional systems on a circle, oscillations, synchronisation

Two-dimensional linear systems, matrix form, eigenvalues and allowed behaviours

Two-dimensional nonlinear systems, fixed points, Jacobi matrix, stability analysis, attractors and basins of attraction

Conservative and reversible systems

Limit cycles and criteria for their existence

Bifurcations in two-dimensional systems

Lorenz equations and strange attractors

Chaotic maps and tools for their analysis

Fractals, fractal dimension, fractal properties of strange attractors

Cellular automata and the problem of emergence in nonlinear systems

Nazwa zajęć: **Pracownia magisterska 2**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie definicje oraz pojęcia z zakresu fizyki

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi analizować wyniki badań oraz na ich podstawie wyciągać wnioski

2. potrafi korzystać z literatury, w tym również anglojęzycznej

3. potrafi napisać opracowanie naukowe wykorzystując wyniki przeprowadzonych badań naukowych i dostępne źródła literaturowe, właściwie odnosząc się do aktualnego stanu wiedzy

4. potrafi w sposób twórczy kojarzyć fakty wynikające z rozważań teoretycznych, wyników numerycznych i doświadczalnych tworząc w ten sposób spójny obraz zjawiska fizycznego

**Treści programowe dla zajęć:**

organizacja pracy nad tematyką magisterskiej i w kontekście zastosowania środków stosownych do zrealizowania zadania naukowego

wybór i zastosowanie teorii fizycznych i doświadczalnych metod badawczych i obliczeń numerycznych w celu realizacji projektu pracy magisterskiej, umiejętność systematycznego gromadzenia wyników, wniosków i danych

metody pisania raportu końcowego w formie pracy magisterskiej na podstawie wykonanych badań i danych literaturowych

przygotowanie prezentacji ustnej lub plakatowej przedstawiającej wyniki uzyskanych badań

Nazwa zajęć: **Magnetyzm i nadprzewodnictwo**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. posiada wiedzę z zakresu podstawowych zjawisk i teorii magnetyzmu, nadprzewodnictwa i nadprzewodników topologicznych.

2. zna zasady eksperymentalnych metod badawczych w dziedzinie magnetyzmu i nadprzewodnictwa oraz potrafi wskazać ich ograniczenia.

3. zna metody budowy modeli matematycznych właściwych dla magnetyzmu i nadprzewodnictwa.

4. ma ogólną wiedzę na temat aktualnych trendów rozwojowych oraz najnowszych odkryć w dziedzinie magnetyzmu i nadprzewodnictwa.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi rozwiązywać metodami obliczeniowymi problemy i zagadnienia związane z magnetyzmem i nadprzewodnictwem przy użyciu standardowych metod matematycznych stosowanych w tych dziedzinach.

2. potrafi znaleźć potrzebne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach.

3. potrafi samodzielnie opracować i przedstawić zagadnienia z zakresu magnetyzmu i nadprzewodnictwa w oparciu o literaturę naukową.

**Treści programowe dla zajęć:**

Wprowadzenie do magnetyzmu. Podstawowe pojęcia magnetyzmu, moment magnetyczny, anizotropia magnetyczna, pole rozmagnesowania, rodzaje materiałów magnetycznych i uporządkowania magnetycznego.

Magnetyzm elektronów. Spin elektronu, doświadczenie Sterna-Gerlacha. Izolowane momenty magnetyczne, diamagnetyzm, paramagnetyzm, reguły Hunda, spin jądrowy i struktura nadsubtelna.

Pole krystaliczne, efekt Jahna-Tellera. Techniki rezonansu magnetycznego.

Oddziaływania: magnetyczne oddziaływanie dipolowe, oddziaływania wymienne - pochodzenie i różne rodzaje.

Magnetyzm w ciałach stałych. Rodzaje porządku magnetycznego; podstawowe modele magnetyzmu pasmowego i magnetyzmu momentów zlokalizowanych. Przegląd struktur magnetycznych.

Porządek i złamanie symetrii. Teoria ferromagnetyzmu Landaua. Konsekwencje złamanej symetrii; sztywność, przemiany fazowe, wzbudzenia.

Fale spinowe w ferromagnesach: podejście półklasyczne i teoria kwantowa, magnony. Kondensacja magnonów Bosego-Einsteina. Wstęp do spintroniki magnonowej.

Anizotropia magnetyczna. Zjawiska ferromagnetyczne.

Domeny, ścianki domenowe: rodzaje i formacja. Proces namagnesowania.

Magnetyzm w metalach. Oddziaływanie RKKY, wzbudzenia w gazie elektronowym, fale gęstości spinowej, efekt Kondo, gwiazdy neutronowe. Wprowadzenie do modelu Hubbarda.

Magnetyzm w nanoskali. Małe cząstki magnetyczne, frustracja, topologia. Cienkie warstwy i wielowarstwy.

Podstawowe zjawiska nadprzewodnictwa. Przegląd historyczny. Nadprzewodniki typu I i II, nadprzewodniki wysokotemperaturowe.

Elektromagnetyzm nadprzewodników. Równania Londonów. Teoria nadprzewodnictwa Ginzburga-Landaua; długość koherencji; kwantyzacja strumienia i eksperymenty Little-Park.

Teoria BCS; pochodzenie przyciągającego oddziaływania; stan podstawowy BCS; efekt izotopowy; wzbudzenia i przerwa energetyczna; temperatury skończone i temperatura krytyczna  $T_c$ , gęstość stanów BCS. Głębokość penetracji.

Model półprzewodnikowy nadprzewodnika, tunelowanie w układach z nadprzewodnikami. Efekt bliskości i odbicie Andriejewa. Stany Yu-Shiba-Rusinov.

Efekt Josephsona: podstawowe zjawiska i zastosowania.

Nadprzewodniki niekonwencjonalne. Równanie przerwy dla niekonwencjonalnego parowania. Miedziany, pniktydy. Nadprzewodniki trypletowe. Nadprzewodniki topologiczne w jednym i dwóch wymiarach; Fermiony Majorany. Nadprzewodnictwo i magnetyzm w pobliżu izolatora topologicznego. Spintronika nadprzewodnikowa - koncepcja.

Nazwa zajęć: **Transport energii i elektronów w układach molekularnych**  
**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**  
**w zakresie wiedzy:**

1. potrafi wyjaśnić na czym polega doniosłość teorii Förstera transportu energii wzbudzenia elektronowego oraz opisać jej zastosowania
2. potrafi wyjaśnić na czym polega transport energii wzbudzenia elektronowego w teorii Dextera (oddziaływanie wymienne) i porównać tę teorię z teorią Förstera (oddziaływanie kulombowskie)
3. potrafi wyjaśnić teoretyczne podstawy oddziaływania ekscytonowego między dwiema cząsteczkami oraz wyprowadzić wzory na energie przejść ekscytonowych dimeru, ich siły dipola oraz prawdopodobieństwa lokalizacji wzbudzenia na poszczególnych cząsteczkach; wytłumaczyć wpływ oddziaływań ekscytonowych na widma absorpcji oligomerów
4. potrafi opisać podstawowe założenia teorii Marcusa transportu elektronów oraz przedyskutować zależności stałej szybkości przeniesienia elektronu między cząsteczkami od różnych parametrów w tej teorii

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wyprowadzić wzory związane z teoriami transportu energii: Förstera, Dextera i ekscytonową

**Treści programowe dla zajęć:**

Teoria Förstera transportu energii wzbudzenia elektronowego  
Teoria Dextera transportu energii wzbudzenia elektronowego  
Oddziaływania ekscytonowe w dimerze i oligomerach  
Teoria Marcusa transportu elektronów

Nazwa zajęć: **Pracownia magisterska 2**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**  
**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie definicje oraz pojęcia z zakresu fizyki

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi analizować wyniki badań oraz na ich podstawie wyciągać wnioski
2. potrafi korzystać z literatury, w tym również anglojęzycznej
3. potrafi napisać opracowanie naukowe wykorzystując wyniki przeprowadzonych badań naukowych i dostępne źródła literaturowe, właściwie odnosząc się do aktualnego stanu wiedzy
4. potrafi w sposób twórczy kojarzyć fakty wynikające z rozważań teoretycznych, wyników numerycznych i doświadczalnych tworząc w ten sposób spójny obraz zjawiska fizycznego

**Treści programowe dla zajęć:**

organizacja pracy nad tematyką magisterskiej i w kontekście zastosowania środków stosownych do zrealizowania zadania naukowego

wybór i zastosowanie teorii fizycznych i doświadczalnych metod badawczych i obliczeń numerycznych w celu realizacji projektu pracy magisterskiej, umiejętność systematycznego gromadzenia wyników, wniosków i danych

metody pisania raportu końcowego w formie pracy magisterskiej na podstawie wykonanych badań i danych literaturowych

przygotowanie prezentacji ustnej lub plakatowej przedstawiającej wyniki uzyskanych badań

Nazwa zajęć: **Seminarium magisterskie 2**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**  
**w zakresie wiedzy:**

1. zdobycie umiejętności wygłaszania referatu na zadany temat związany z problematyką pracy magisterskiej
2. zdobycie umiejętności dyskusowania na zadany temat
3. zdobycie umiejętności napisania swojej pracy magisterskiej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przygotować i wygłosić referat na zadany temat związany z tematyką pracy magisterskiej
2. potrafi korzystać ze źródeł literaturowych, także w języku angielskim, czyta ze zrozumieniem tekst naukowy dotyczący tematyki pracy magisterskiej

3. potrafi przygotować prezentację naukową przedstawiającą teorię i koncepcję badań, aktualny stan wiedzy, metody badawcze oraz interpretację i dyskusję otrzymanych wyników

**Treści programowe dla zajęć:**

sposoby prezentacji bezpośredniej wyników (przygotowanie i wygłoszenie prezentacji) oraz prowadzenie dyskusji naukowej  
metodyka przygotowania opracowań naukowych, w tym pracy magisterskiej

Nazwa zajęć: **Grupa renormalizacji w układach kwantowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie fizyczne podstawy metody grupy renormalizacji zastosowanej do prostych układów kwantowych, także tych, w których występują kwantowe zjawiska krytyczne

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wykonać obliczenia z wykorzystaniem metody numerycznej grupy renormalizacji dla prostych modeli domieszek magnetycznych

2. potrafi wykonać obliczenia z wykorzystaniem metody grupy renormalizacji macierzy gęstości dla prostych modeli układów jednowymiarowych

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej dyskusji o roli nowoczesnych metod obliczeniowych do badania materiałów kwantowych i kwantowych zjawisk krytycznych

**Treści programowe dla zajęć:**

Grupa renormalizacji w fizyce. Omówienie renormalizacji w kontekście układów wykazujących istotne fluktuacje w przestrzeni położeniowej, pędowej i energetycznej. Przedstawienie i omówienie prostych modeli opisujących układy kwantowe.

Zaznajomienie studenta z metodami obliczeniowymi stosowanymi do badań układów kwantowych z wykorzystaniem nowoczesnych pakietów obliczeniowych, takich jak itensor czy QSpace.

Nazwa zajęć: **Pracownia magisterska 1**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie prawa fizyki z zakresu studiów magisterskich

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi korzystać z literatury, w tym również anglojęzycznej

2. Potrafi napisać opracowanie naukowe wykorzystujące wyniki przeprowadzonych badań naukowych i dostępne źródła literaturowe, z uwzględnieniem właściwego odniesienia do istniejącej literatury i stanu wiedzy

3. Potrafi analizować wyniki badań oraz na ich podstawie formułować wnioski

4. Potrafi w sposób twórczy kojarzyć fakty wynikające z danych teoretycznych, numerycznych i doświadczalnych tworząc spójny obraz zjawiska

**Treści programowe dla zajęć:**

Organizacja pracy nad tematyką magisterskiej i dostosowanie adekwatnych środków do zrealizowania zadania naukowego, przygotowanie planu pracy magisterskiej

Wybór i zastosowanie teorii fizycznych, metod badawczych i koniecznych obliczeń numerycznych w celu realizacji projektu pracy magisterskiej, umiejętność systematycznego gromadzenia wyników, wniosków i danych

Metody pisania raportu końcowego w formie pracy magisterskiej na bazie wykonanych badań i danych literaturowych

Przygotowanie prezentacji przedstawiającej wyniki uzyskanych badań

Nazwa zajęć: **Quantum Transport and Nanoscale Physics**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the basic trends in nanoscience in the context of quantum technologies

2. knows and understands the quantum effects that emerge in transport through nanoscale systems

3. is familiar with the basic formalism describing quantum transport in nanostructures

4. knows and understands the role of quantum science in the development of new technologies

**in terms of skills:**

1. is able to solve basic problems and issues related to quantum transport with the aid of learnt theoretical tools/methods

2. is able to read and understand the specialized literature related to quantum transport and general quantum science
3. is able to identify the current trends and challenges in the field of quantum transport and nanoscale physics
4. is able to program and use numerical methods to study transport properties of nanostructures

**in terms of social competences:**

1. is ready to discuss contemporary challenges regarding development of new technologies and quantum science

**Treści programowe dla zajęć:**

Nano-scale, dimensionality, different transport regimes and new effects emerging in nanoscale systems.

Scattering formalism, Landauer formula, tunnel effect, tunneling through a double tunnel junction and the Breit-Wigner formula for resonant tunneling.

Tunneling Hamiltonian, tunnel rates and current: orthodox theory of single-electron transport. Coulomb blockade, sequential tunneling, cotunneling, strong correlations.

Equilibrium Green's function theory: retarded, advanced, lesser and greater Green's functions and their relation to physical quantities, free-electron Green's functions, spectral function, fluctuation-dissipation theorem.

Nonequilibrium transport theory: nonequilibrium Green's functions method and the Meir-Wingreen formula.

Overview of recent advances in transport properties of nanoscale systems.

Nazwa zajęć: **Informatyka kwantowa**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. Przedstawia pojęcia, koncepcje i metody matematyczne informatyki kwantowej.
2. Wyjaśnia modele matematyczne podstawowych zjawisk i idei informatyki kwantowej.

**w zakresie umiejętności:**

1. Stosuje poznane metody do rozwiązywania podstawowych problemów informatyki kwantowej.
2. Analizuje wyniki otrzymywane podczas rozwiązywania problemów informatyki kwantowej.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Krytycznie analizuje posiadaną wiedzę.

**Treści programowe dla zajęć:**

Mechanika kwantowa

Klasyczne obwody

Kwantowe obwody

Uniwersalne bramki kwantowe

Algorytm Deutsch'a i algorytm Deutsch'a-Jozsy

Znajdowanie okresu funkcji

Faktoryzacja

Znajdowanie fazy

Logarytm dyskretny

Kwantowe szukanie

Kwantowe symulowanie układów kwantowych

Kwantowa korekcja błędów

Obliczenia kwantowe tolerujące błędy

Nazwa zajęć: **Prawne, ekonomiczne, społeczne i etyczne aspekty zawodu fizyka**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie rolę nauk fizycznych w kontekście fundamentalnych dylematów współczesnej cywilizacji
2. zna i rozumie podstawowe pojęcia i zasady z zakresu ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego
3. zna podstawowe zasady tworzenia i rozwoju różnych form przedsiębiorczości

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi samodzielnie określić kierunki dalszego rozwoju i zrealizować program samokształcenia

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów do świadomego rozwijania swojej kariery zawodowej z uwzględnieniem zobowiązań społecznych

2. jest gotów do myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy
3. jest gotów do rozwijania dorobku zawodu i podtrzymywania jego etosu
4. jest gotów do przestrzegania i rozwijania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad

**Treści programowe dla zajęć:**

Własność przemysłowa i jej ochrona, prawo patentowe

Prawo autorskie i jego zastosowanie w pracach naukowych i dyplomowych

Regulacje prawne dotyczące prowadzenia działalności gospodarczej w Polsce, formy działalności gospodarczej

Przedsiębiorczość akademicka, komercjalizacja naukowego know-how i nowych technologii

Znaczenie fizyki dla rozwoju i rozwiązywania problemów współczesnej cywilizacji

Nauczanie fizyki w szkole, promocja fizyki jako dyscypliny naukowej

Kariera naukowa, praca w przedsiębiorstwie, czy własna działalność gospodarcza?

Nazwa zajęć: **Instrumenty do badania materii miękkiej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. ma wiedzę i rozumie podstawy fizyczne wybranych metod eksperymentalnych służących do określania wybranych właściwości reologicznych, termicznych, zdolności do samoorganizacji oraz metod badania struktury i dynamiki molekularnej materii miękkiej.

2. umie ogólnie opisać podstawową budowę aparatury badawczej i ideę pomiarów oraz procedurę przygotowywania próbek wymaganą do realizacji eksperymentów na aparaturze badawczej omawianej podczas kursu.

3. wie jak właściwie dobrać metodę pomiarową do zbadania określonych właściwości materii miękkiej.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi właściwie zaplanować eksperyment do scharakteryzowania podstawowych właściwości materii miękkiej dokonując odpowiedniego wyboru narzędzi, metod pomiarowych i modelu teoretycznego do analizy danych.

2. potrafi przeprowadzić analizę i dyskusję wyników badań własnych otrzymanych podczas pracy eksperymentalnej w laboratorium oraz przygotować raport z wykonanego doświadczenia z uwzględnieniem wymogów prawa autorskiego.

3. potrafi umiejętnie korzystać z różnych źródeł informacji do rozwoju wiedzy z zakresu zastosowań metod eksperymentalnych do charakteryzacji właściwości miękkiej materii.

**Treści programowe dla zajęć:**

Wprowadzenie - wybór metod badawczych do określania podstawowych właściwości materii miękkiej z uwzględnieniem hierarchiczności struktury i dynamiki molekularnej tej grupy układów.

Metody badań właściwości reologicznych materii miękkiej (układy koloidalne, polimery i związki amfifilowe).

Analiza termiczna układów polimerowych (Różnicowa analiza termiczna DTA, Różnicowa kalorymetria skaningowa DSC, Termograwimetria, Analiza termomechaniczna DMTA).

Metoda szerokopasmowej spektroskopii dielektrycznej (BDS) w badaniach dynamiki molekularnej polimerów amorficznych i semikrystalicznych.

Konduktometria i metody badania napięcia powierzchniowego w określaniu zdolności do samoorganizacji związków powierzchniowo-czynnych.

Relaksometria i dyfuzometria Magnetycznego Rezonansu Jądrowego w badaniach dynamiki i struktury materii miękkiej.

Badanie właściwości polimerów wybranymi metodami rozpraszania promieniowania (Dynamiczne rozpraszanie światła DLS, Małokątowe i Szerokokątowe rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego SAXS i WAXS, Małokątowe rozpraszanie neutronów SANS).

Badanie struktury materii miękkiej metodami mikroskopowymi (Mikroskopia polaryzacyjna, Transmisyjna mikroskopia elektronowa TEM, Mikroskopia sił atomowych AFM, Elektronowa mikroskopia skaningowa SEM).

Nazwa zajęć: **Przejścia fazowe w układach o zredukowanych wymiarach**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. potrafi zastosować zdobytą wiedzę w zakresie poszukiwania nowych materiałów i technologii

2. rozumie podstawowe zagadnienia związane z powstawaniem nanofaz i przejść fazowych w warunkach ograniczonej wymiarowości układów. Zna kryteria przejść fazowych

3. potrafi dokonać porównania omawianej problematyki z istniejącym opisem literaturowym

4. potrafi wybrać techniki eksperymentalne odpowiednie do wyjaśnienia rozwiązywanych problemów  
**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi analizować swoją pracę naukową, omawiać niepewność eksperymentów
2. potrafi prezentować uzyskane wyniki, przygotować poster lub prezentację konferencyjną
3. jest aktywny w dyskusjach naukowych na temat rozwiązywanych problemów

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. posiada umiejętność pracy w grupie, wspólnego rozwiązywania problemów i planowania nowych rozwiązań
2. potrafi krytycznie analizować omawiane problemy

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawowe zagadnienia termodynamiki przemian fazowych (przejścia fazowe I i II rodzaju), termodynamika cieczy i mieszanin cieczy,

Zjawiska adsorpcji w nanoporowatych matrycach, oddziaływania międzymolekularne, potencjały międzycząsteczkowe, siły adhezji/kohezji

Struktura i charakterystyka niektórych nanoporowatych matryc krzemionkowych (pory krzemionkowe: MCM-41, SBA-15, Controlled Pore Glasses, KIT) oraz matryc grafitowych (nanorurki węglowe, porowate włókna węglowe ACF, nanowęgle uporządkowane – CMK-3, CMK-8), nanomateriały funkcjonalizowane i MOF

Efekty topnienia 2D w substancjach ograniczonych w nanoporach; opis Kosterlitz -Thoulesse – Halperina -Younga – istnienie heksatycznej fazy pośredniej w nanoporach jako wynik efektu topnienia w układach quasidwuwymiarowych; wyniki eksperymentalne

Wpływ oddziaływań molekularnych ciecz-ścianka pora / ciecz-ciecz na powstawanie nanofaz i ich właściwości a także na charakter przejść fazowych cieczy w nanoporach. Wyniki teorii i dotychczasowych eksperymentów

Zjawisko zwilżania w nanoporach. Wpływ niejednorodności (szorstkości) ścianek porów na powstawanie i własności nanofaz. Modele zwilżalności wg. Wenzela i opisu Cassie-Baxtera; energia zwilżania ścianek porowatych, siły adhezji/kohezji. Wyniki eksperymentalne

Tensor ciśnienia w nanoporach cylindrycznych i szczelinowych; powierzchniowe efekty wysokociśnieniowe w nanoporach, dowody teoretyczne i eksperymentalne

Struktury lodu ograniczone w nanoporowatych matrycach, nowe fazy lodu; wpływ hydrofobowości powierzchni nanoporów na struktury lodu ograniczonego w porach. Wyniki eksperymentów dyfrakcyjnych

Przejścia fazowe w mieszaninach cieczy ograniczonych w nanoporowatych matrycach. Opis teoretyczny i wyniki eksperymentalne z wykorzystaniem metod spektroskopii dielektrycznej i kalorymetrii skaningowej

Metody eksperymentalne w zastosowaniu do analizy struktury i dynamiki nanofaz: WAXS, dyfrakcja neutronów, spektroskopia dielektryczna i ramanowska, FTIR, nasycenie dielektryczne (NDE), techniki tensjometryczne, mikroskopia skaningowa (STM, AFM i techniki pokrewne)

Przejścia fazowe w cieczach jonowych, zamkniętych w porach nanowęglowych badane metodami dielektrycznymi i dyfrakcyjnymi. Zjawiska ograniczenia przestrzennego molekuł w problemach magazynowania energii

Nazwa zajęć: **Przejścia fazowe w układach o zredukowanych wymiarach**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. potrafi zastosować zdobytą wiedzę w zakresie poszukiwania nowych materiałów i technologii
2. rozumie podstawowe zagadnienia związane z powstawaniem nanofaz i przejść fazowych w warunkach ograniczonej wymiarowości układów. Zna kryteria przejść fazowych
3. potrafi dokonać porównania omawianej problematyki z istniejącym opisem literaturowym
4. potrafi wybrać techniki eksperymentalne odpowiednie do wyjaśnienia rozwiązywanych problemów

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi analizować swoją pracę naukową, omawiać niepewność eksperymentów
2. potrafi prezentować uzyskane wyniki, przygotować poster lub prezentację konferencyjną
3. aktywnie uczestniczy w dyskusjach naukowych na temat rozwiązywanych problemów

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. posiada umiejętność pracy w grupie, wspólnego rozwiązywania problemów i planowania nowych rozwiązań



2. potrafi krytycznie analizować przedstawiane problemy

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawowe zagadnienia termodynamiki przemian fazowych (n-wymiarowość przemian fazowych), termodynamika cieczy i mieszanin cieczy,

Zjawiska adsorpcji w nanoporowatych matrycach, oddziaływania międzymolekularne, potencjały międzycząsteczkowe, siły adhezji/kohezji

Struktura i charakterystyka niektórych nanoporowatych matryc krzemionkowych (pory krzemionkowe: MCM-41, SBA-15, Controlled Pore Glasses, KIT) oraz matryc grafitowych (nanorurki węglowe, porowate włókna węglowe ACF, nanowęgle uporządkowane – CMK-3, CMK-8) a także niektórych nanomateriałów funkcjonalizowanych i MOF

Efekty topnienia 2D w substancjach ograniczonych w nanoporach; opis Kosterlitz -Thoulesse – Halperina -Younga – istnienie heksatycznej fazy pośredniej w nanoporach jako wynik efektu topnienia w układach quasydwuwymiarowych; wyniki eksperymentalne

Wpływ oddziaływań molekularnych ciecz-ścianka pora / ciecz-ciecz na powstawanie nanofaz i ich właściwości a także na charakter przejść fazowych cieczy w nanoporach. Wyniki teorii i dotychczasowych eksperymentów

Zjawisko zwilżania w nanoporach. Wpływ niejednorodności ( szorstkości) ścianek porów na powstawanie i własności nanofaz. Modele zwilżalności wg. Wenzela i opisu Cassie-Baxtera; energia zwilżania ścianek porowatych, siły adhezji/kohezji. Wyniki eksperymentalne

Tensor ciśnienia w nanoporach cylindrycznych i szczelinowych; powierzchniowe efekty wysokociśnieniowe w nanoporach, dowody teoretyczne i eksperymentalne

Struktury lodu ograniczone w nanoporowatych matrycach, nowe fazy lodu; wpływ hydrofobowości powierzchni nanoporów na struktury lodu ograniczonego w porach. Wyniki eksperymentów dyfrakcyjnych

Przejścia fazowe w mieszaninach cieczy ograniczonych w nanoporowatych matrycach. Opis teoretyczny i wyniki eksperymentalne z wykorzystaniem metod spektroskopii dielektrycznej i kalorymetrii skaningowej

Metody eksperymentalne w zastosowaniu do analizy struktury i dynamiki nanofaz: WAXS, dyfrakcja neutronów, spektroskopia dielektryczna i ramanowska, FTIR , nasycenie dielektryczne (NDE), techniki tensjometryczne, mikroskopia skaningowa (STM, AFM i techniki pokrewne)

Przejścia fazowe w cieczach jonowych, zamkniętych w porach nanowęglowych badane metodami dielektrycznymi i dyfrakcyjnymi. Zjawiska ograniczenia przestrzennego molekuł w problemach magazynowania energii

Nazwa zajęć: **Instrumenty do badania materii miękkiej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. ma wiedzę i rozumie podstawy fizyczne wybranych metod eksperymentalnych służących do określania wybranych właściwości reologicznych, termicznych, zdolności do samoorganizacji oraz metod badania struktury i dynamiki molekularnej materii miękkiej.

2. umie ogólnie opisać podstawową budowę aparatury badawczej i ideę pomiarów oraz procedurę przygotowywania próbek wymaganą do realizacji eksperymentów na aparaturze badawczej omawianej podczas kursu.

3. wie jak właściwie dobrać metodę pomiarową do zbadania określonych właściwości materii miękkiej.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi właściwie zaplanować eksperyment do scharakteryzowania podstawowych właściwości materii miękkiej dokonując odpowiedniego wyboru narzędzi, metod pomiarowych i modelu teoretycznego do analizy danych.

2. potrafi przeprowadzić analizę i dyskusję wyników badań własnych otrzymanych podczas pracy eksperymentalnej w laboratorium oraz przygotować raport z wykonanego doświadczenia z uwzględnieniem wymogów prawa autorskiego.

3. potrafi umiejętnie korzystać z różnych źródeł informacji do rozwoju wiedzy z zakresu zastosowań metod eksperymentalnych do charakteryzacji właściwości miękkiej materii.

**Treści programowe dla zajęć:**

Wprowadzenie - wybór metod badawczych do określania podstawowych właściwości materii miękkiej z uwzględnieniem hierarchiczności struktury i dynamiki molekularnej tej grupy układów.

Metody badań właściwości reologicznych materii miękkiej (układy koloidalne, polimery i związki amfifilowe).

Analiza termiczna układów polimerowych (Różnicowa analiza termiczna DTA, Różnicowa kalorymetria skaningowa DSC, Termograwimetria, Analiza termomechaniczna DMTA).

Metoda szerokopasmowej spektroskopii dielektrycznej (BDS) w badaniach dynamiki molekularnej polimerów amorficznych i semikrystalicznych.

Konduktometria i metody badania napięcia powierzchniowego w określaniu zdolności do samoorganizacji związków powierzchniowo-czynnych.

Relaksometria i dyfuzometria Magnetycznego Rezonansu Jądrowego w badaniach dynamiki i struktury materii miękkiej.

Badanie właściwości polimerów wybranymi metodami rozpraszania promieniowania (Dynamiczne rozpraszanie światła DLS, Małokątowe i Szerokokątowe rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego SAXS i WAXS, Małokątowe rozpraszanie neutronów SANS).

Badanie struktury materii miękkiej metodami mikroskopowymi (Mikroskopia polaryzacyjna, Transmisyjna mikroskopia elektronowa TEM, Mikroskopia sił atomowych AFM, Elektronowa mikroskopia skaningowa SEM).

**Nazwa zajęć: Pracownia specjalistyczna**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane fakty, zjawiska, koncepcje i teorie właściwe dla fizyki materiałowej oraz złożone zależności między nimi
2. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody i narzędzia badawcze oraz modele matematyczne stosowane w fizyce materiałowej
3. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody obliczeniowe oraz techniki informatyczne stosowane do rozwiązywania złożonych problemów z zakresu fizyki materiałowej
4. zna główne tendencje badawcze i rozwojowe w obszarze fizyki materiałowej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi planować i wykonywać obserwacje, eksperymenty, obliczenia teoretyczne lub symulacje komputerowe z zakresu fizyki materiałowej oraz w sposób krytyczny ocenić i przedyskutować otrzymane wyniki
2. potrafi znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach, w szczególności w czasopiśmie naukowych podstawowych dla fizyki materiałowej
3. potrafi napisać opracowanie naukowe przedstawiające wyniki przeprowadzonych badań z uwzględnieniem właściwego odniesienia do istniejącej literatury i aktualnego stanu wiedzy
4. potrafi współdziałać z innymi osobami w ramach zespołu badawczego
5. potrafi samodzielnie określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować program samokształcenia w zakresie niezbędnym do przeprowadzenia projektu badawczego

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści, w szczególności w zakresie fizyki materiałowej
2. jest gotów/gotowa do uznania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów (także z innych dyscyplin naukowych) w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu

**Treści programowe dla zajęć:**

Wybrane zagadnienia naukowe i metody badawcze z zakresu fizyki materiałowej.

**Nazwa zajęć: Przejścia fazowe i zjawiska krytyczne**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. wie, jak opisuje się przejście fazowe w języku matematycznym.
2. zna podstawowe własności modeli klasycznych i kwantowych w których występują przejścia fazowe.
3. zna podstawowe teorie tłumaczące istnienie przejść fazowych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi odtworzyć samodzielnie podstawowe własności modeli klasycznych i kwantowych w których występują przejścia fazowe.
2. potrafi tłumaczyć zjawiska z zakresu podstaw przejść fazowych odwołując się do teorii pola średniego, teorii skalowania i metody grupy renormalizacji.
3. potrafi rozwiązywać proste problemy na poziomie podręcznika N. Goldenfeld: Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group w zakresie rozdziałów 1,2,3,5,8,9

**Treści programowe dla zajęć:**

Skalowanie i analiza wymiarowa. prawa skalowania w fizyce statystycznej

Przejścia fazowe w teoriia. istnienie przejść fazowychb. granica termodynamicznac. hipoteza ergodyczna

Przejścia fazowe w praktycea. jedno i dwuwymiarowy model Isingab. macierz przejściac. funkcja korelacji d. teoria pola średniego

Teoria Landauaa. parametr porządku i łamanie symetriib. funkcjonał Landauac. funkcje korelacji w przestrzeni prostej i odwrotnejd. kryterium Ginzburga

Teoria skalowaniaa. wykładniki krytyczneb. hipoteza skalowaniac. prawa skalowania

Grupa renormalizacji w układach klasycznycha. podstawowe cechy metody GR: transformacja GR i jej własności – przykłady dla modelu Isinga 1D i 2Db. skalowanie a GR: sposób obliczania wykładników krytycznychc. sposób obliczania funkcji korelacji

„Finite size scaling”

Nazwa zajęć: **Pracownia magisterska 1**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie definicje oraz pojęcia z zakresu fizyki, w szczególności z informacji kwantowej i spintroniki

2. zna i stosuje zasady BHP w miejscu pracy i w laboratorium fizycznym

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi analizować wyniki badań oraz na ich podstawie formułować wnioski

2. potrafi korzystać z literatury, w tym również anglojęzycznej

3. potrafi napisać opracowanie naukowe wykorzystujące wyniki przeprowadzonych badań naukowych i dostępne źródła literaturowe, z uwzględnieniem właściwego odniesienia do istniejącej literatury i stanu wiedzy

4. potrafi w sposób twórczy kojarzyć fakty wynikające z danych teoretycznych, numerycznych i doświadczalnych tworząc spójny obraz zjawiska

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do przedstawiania zdobytej wiedzy oraz prowadzenia dyskusji z zakresu nauk fizycznych

2. jest gotów/gotowa do stosowania alternatywnych rozwiązań w pracy badawczej w celu ochrony środowiska oraz propagowania etyki zawodowej

**Treści programowe dla zajęć:**

organizacja pracy nad tematyką pracy magisterskiej i dostosowanie adekwatnych środków do zrealizowania zadania naukowego, przygotowanie planu pracy magisterskiej

wyбір i zastosowanie teorii fizycznych, metod badawczych i koniecznych obliczeń numerycznych w celu realizacji projektu pracy magisterskiej, umiejętność systematycznego gromadzenia wyników, wniosków i danych

metody pisania raportu końcowego w formie pracy magisterskiej na bazie wykonanych badań i danych literaturowych

bezpieczeństwo i higiena pracy w miejscu pracy i w laboratorium fizycznym

przygotowanie prezentacji ustnej lub plakatowej przedstawiającej wyniki uzyskanych badań

Nazwa zajęć: **Pracownia specjalistyczna IKS**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie definicje oraz pojęcia z zakresu fizyki, ze szczególnym uwzględnieniem informacji kwantowej i spintroniki

2. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody, narzędzia badawcze oraz modele matematyczne stosowane w informacji kwantowej i spintronice

3. zna główne tendencje badawcze i rozwojowe w obszarze informacji kwantowej i spintroniki

4. zna i stosuje zasady BHP w miejscu pracy i w laboratorium fizycznym

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi analizować wyniki badań oraz na ich podstawie formułować wnioski

2. potrafi korzystać z literatury, w tym również anglojęzycznej

3. potrafi napisać opracowanie naukowe wykorzystujące wyniki przeprowadzonych badań naukowych i dostępne źródła literaturowe, z uwzględnieniem właściwego odniesienia do istniejącej literatury i stanu wiedzy

4. potrafi współdziałać z innymi osobami w ramach zespołu badawczego

5. potrafi samodzielnie określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować program samokształcenia w zakresie niezbędnym do przeprowadzenia projektu badawczego

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. nabiera umiejętności pracy zespołowej i samokształcenia w oparciu o najnowszą literaturę
2. nabiera umiejętności przedstawiania zdobytej wiedzy oraz prowadzenia dyskusji z zakresu nauk fizycznych

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawowe zagadnienia i metody badawcze związane z informacją kwantową i technologiami kwantowymi.

Podstawowe zagadnienia i metody badawcze związane ze spintroniką, układami magnetycznymi i materiałami kwantowymi.

Nazwa zajęć: **Seminarium magisterskie 2**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zdobycie umiejętności wygłaszania referatu na zadany temat związany z problematyką pracy magisterskiej
2. zdobycie umiejętności dyskusowania na zadany temat
3. zdobycie umiejętności napisania swojej pracy magisterskiej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przygotować i wygłosić referat na zadany temat związany z tematyką pracy magisterskiej
2. potrafi korzystać ze źródeł literaturowych, także w języku angielskim, czyta ze zrozumieniem tekst naukowy dotyczący tematyki pracy magisterskiej
3. potrafi przygotować prezentację naukową przedstawiającą teorię i koncepcję badań, aktualny stan wiedzy, metody badawcze oraz interpretację i dyskusję otrzymanych wyników

**Treści programowe dla zajęć:**

sposoby prezentacji bezpośredniej wyników (przygotowanie i wygłoszenie prezentacji) oraz prowadzenie dyskusji naukowej

metodyka przygotowania opracowań naukowych, w tym pracy magisterskiej

Nazwa zajęć: **Ciecze przechłodzone i szkliva**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. podstawowe koncepcje i prawa fizyki niezbędne do opisu zjawisk i procesów zachodzących podczas przechładzania cieczy
2. podstawowe techniki eksperymentalne wykorzystywane w badaniach mechanicznych, dynamicznych i termodynamicznych właściwości cieczy przechłodzonych

**w zakresie umiejętności:**

1. wyjaśnić najważniejsze zjawiska i procesy towarzyszące schładzaniu cieczy
2. zdefiniować temperaturę zeszklenia korzystając z pojęć i praw mechaniki, dynamiki molekularnej i termodynamiki
3. zaprezentować i omówić wyniki pochodzące z badań eksperymentalnych i symulacyjnych związanych z problemem przechładzania cieczy

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. poszerzania, aktualizowania i krytycznej oceny wiedzy z obszarów przenikania się różnych dyscyplin nauk przyrodniczych

**Treści programowe dla zajęć:**

Statyczne i dynamiczne funkcje korelacji gęstości

Relaksacja lepko-sprężysta i relaksacja strukturalna

Temperaturowa zależność lepkości i czasu relaksacji

Podstawy termodynamiczne procesu krystalizacji

Pojęcie stanu równowagi w odniesieniu do cieczy przechłodzonej i szkła

Wybrane teorie przejścia szklistego

Zastosowania unikalnych właściwości cieczy przechłodzonych i szkieł

Nazwa zajęć: **Wybrane zagadnienia fizyki teoretycznej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. przedstawia wybrane pojęcia, koncepcje i metody fizyki teoretycznej

2. rozumie i wyjaśnia podstawowe modele i techniki obliczeniowe w kontekście wybranych zagadnień fizyki teoretycznej

**w zakresie umiejętności:**

1. stosuje poznane metody do rozwiązywania wybranych problemów fizyki teoretycznej
2. dokonuje krytycznej analizy wyników otrzymywanych podczas rozwiązywania problemów fizyki teoretycznej

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Rozumie istotę wybranych problemów fizyki teoretycznej oraz metod obliczeniowych i potrafi je objaśnić niespecjalistom

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawy technik obliczeniowych używanych w fizyce teoretycznej

Modelowanie i zastosowania procesów losowych (dyfuzja, rozpad promieniotwórczy, relaksacja)

Metody Monte Carlo i ich zastosowania: perkolacje, ferromagnetyk Isinga, przejścia fazowe, układy nieuporządkowane

Układy nierównowagowe: procesy wzrostu i struktury fraktalne (model Eden, model DLA), separacja faz, symulowane wyżarzanie

Współczesne koncepcje i trendy w fizyce ciała stałego i materii skondensowanej

Nazwa zajęć: **Funkcjonalizacja materiałów**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. posiada podstawową wiedzę na temat materiałów i nanomateriałów, w tym ich klasyfikacji, budowy, właściwości, metod otrzymywania i zastosowania.
2. posiada wiedzę na temat modelowania struktury molekularnej i właściwości materiałów poprzez zmianę ich kształtu, rozmiaru, składu, właściwości powierzchni, ładunku i funkcjonalności.
3. zna i rozumie proste i zaawansowane techniki funkcjonalizacji materiałów.
4. potrafi odpowiednio dobrać oraz zna metody charakterystyki sfunkcjonalizowanych materiałów.
5. posiada wiedzę z zakresu poprawnego wykorzystania podstawowych technik laboratoryjnych, a także zna i stosuje zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w laboratorium.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi klasyfikować materiały i nanomateriały
2. potrafi określić wybrane właściwości materiałów na podstawie odpowiednich pomiarów i technik badawczych
3. potrafi na podstawie uzyskanej wiedzy zaplanować eksperyment funkcjonalizacji wybierając odpowiednie metody, w tym również metody charakteryzacji materiałów.
4. potrafi przeprowadzić w skali laboratoryjnej wybrane reakcje funkcjonalizacji materiałów
5. potrafi opracować oraz przedyskutować otrzymane wyniki w formie pisemnego raportu

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. potrafi pracować samodzielnie i grupowo nad zagadnieniem z zakresu funkcjonalizacji materiałów.
2. ma świadomość niezbędności posiadania przez fizyka podstawowej wiedzy z zakresu materiałów i nanomateriałów, metod ich funkcjonalizacji oraz charakterystyki

**Treści programowe dla zajęć:**

Wprowadzenie do tematu funkcjonalizacji materiałów.

Podział materiałów ze względu na ich wymiarowość, kształt i skład. Omówienie właściwości termicznych, chemicznych, magnetycznych, mechanicznych, optycznych i elektrycznych. Metody otrzymywania materiałów i nanomateriałów. Zastosowanie nanomateriałów i bezpieczeństwo ich stosowania, regulacje prawne i komercjalizacja.

Techniki charakterystyki materiałów, w tym techniki mikroskopowe, dyfrakcyjne, spektroskopowe, magnetyczne, techniki termiczne, techniki elektryczne i adsorpcyjne. Omówienie podstawowych informacji, jakie można uzyskać za pomocą w/w metod.

Metody modyfikacji materiałów oraz ich wpływ na zmianę ich ładunku, funkcjonalności, reaktywności, stabilności, zmianę właściwości mechanicznych, termicznych, elektrycznych, optycznych, oraz zabezpieczenie danego materiału przed czynnikami zewnętrznymi. Przedstawienie podstawowych strategii modyfikacji powierzchni materiałów.

Metody inżynierii powierzchni: wbudowywanie heteroatomów i inżynieria defektów, metody mechaniczne. Oddziaływania kowalencyjne - wykorzystanie grup funkcyjnych. Zastosowanie chemisorpcji i fizysorpcji. Oddziaływania elektrostatyczne. Niekowalencyjne lub supramolekularne powinowactwo oparte na układach receptor ligand i słabych interakcjach.

Interpretacja uzyskiwanych wyników oraz przygotowanie raportu z wykonanych badań.

Bezpieczeństwo i higiena pracy w laboratorium

**Nazwa zajęć: Seminarium magisterskie 1**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie najnowsze osiągnięcia naukowe dotyczące tematu badawczego w ramach realizowanej pracy magisterskiej
2. zna i rozumie metody badawcze wykorzystywane w zagadnieniach dotyczących pracy magisterskiej
3. zna metody analizy danych właściwych dla rozwiązywanego zagadnienia

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przygotować i wygłosić referat na zadany temat związany z tematyką pracy magisterskiej
2. potrafi korzystać ze źródeł literaturowych, także w języku angielskim, czyta ze zrozumieniem tekst naukowy dotyczący tematyki pracy magisterskiej
3. potrafi przygotować prezentację naukową przedstawiającą teorię i koncepcję badań, aktualny stan wiedzy, metody badawcze oraz interpretację i dyskusję otrzymanych wyników

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i dyskusji na temat prowadzonych badań

**Treści programowe dla zajęć:**

sposoby prezentacji bezpośredniej wyników (przygotowanie i wygłoszenie prezentacji) oraz prowadzenie dyskusji naukowej

metodyka przygotowania opracowań naukowych, w tym pracy magisterskiej

problematyka etyki i plagiatu w badaniach i opracowaniach naukowych, np. w pracach magisterskich, artykułach naukowych, cytowanie źródeł

**Nazwa zajęć: Pracownia magisterska 2**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie definicje oraz pojęcia z zakresu fizyki

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi analizować wyniki badań oraz na ich podstawie wyciągać wnioski
2. potrafi korzystać z literatury, w tym również anglojęzycznej
3. potrafi napisać opracowanie naukowe wykorzystując wyniki przeprowadzonych badań naukowych i dostępne źródła literaturowe, właściwie odnosząc się do aktualnego stanu wiedzy
4. potrafi w sposób twórczy kojarzyć fakty wynikające z rozważań teoretycznych, wyników numerycznych i doświadczalnych tworząc w ten sposób spójny obraz zjawiska fizycznego

**Treści programowe dla zajęć:**

organizacja pracy nad tematyką magisterskiej i w kontekście zastosowania środków stosownych do zrealizowania zadania naukowego

wybór i zastosowanie teorii fizycznych i doświadczalnych metod badawczych i obliczeń numerycznych w celu realizacji projektu pracy magisterskiej, umiejętność systematycznego gromadzenia wyników, wniosków i danych

metody pisania raportu końcowego w formie pracy magisterskiej na podstawie wykonanych badań i danych literaturowych

przygotowanie prezentacji ustnej lub plakatowej przedstawiającej wyniki uzyskanych badań

**Nazwa zajęć: Grupa renormalizacji w układach kwantowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie fizyczne podstawy metody grupy renormalizacji zastosowanej do prostych układów kwantowych, także tych, w których występują kwantowe zjawiska krytyczne

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wykonać obliczenia z wykorzystaniem metody numerycznej grupy renormalizacji dla prostych modeli domieszek magnetycznych
2. potrafi wykonać obliczenia z wykorzystaniem metody grupy renormalizacji macierzy gęstości dla prostych modeli układów jednowymiarowych

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej dyskusji o roli nowoczesnych metod obliczeniowych do badania materiałów kwantowych i kwantowych zjawisk krytycznych

**Treści programowe dla zajęć:**

Grupa renormalizacji w fizyce. Omówienie renormalizacji w kontekście układów wykazujących istotne fluktuacje w przestrzeni położeniowej, pędowej i energetycznej. Przedstawienie i omówienie prostych modeli opisujących układy kwantowe.

Zaznajomienie studenta z metodami obliczeniowymi stosowanymi do badań układów kwantowych z wykorzystaniem nowoczesnych pakietów obliczeniowych, takich jak itensor czy QSpace.

Nazwa zajęć: **Ciecze przechłodzone i szkliva**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. podstawowe koncepcje i prawa fizyki niezbędne do opisu zjawisk i procesów zachodzących podczas przechładzania cieczy
2. podstawowe techniki eksperymentalne wykorzystywane w badaniach mechanicznych, dynamicznych i termodynamicznych właściwości cieczy przechłodzonych

**w zakresie umiejętności:**

1. wyjaśnić najważniejsze zjawiska i procesy towarzyszące schładzaniu cieczy
2. zdefiniować temperaturę zeszklenia korzystając z pojęć i praw mechaniki, dynamiki molekularnej i termodynamiki
3. zaprezentować i omówić wyniki pochodzące z badań eksperymentalnych i symulacyjnych związanych z problemem przechładzania cieczy

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. poszerzania, aktualizowania i krytycznej oceny wiedzy z obszarów przenikania się różnych dyscyplin nauk przyrodniczych

**Treści programowe dla zajęć:**

Statyczne i dynamiczne funkcje korelacji gęstości  
Relaksacja lepko-sprężysta i relaksacja strukturalna  
Temperaturowa zależność lepkości i czasu relaksacji  
Podstawy termodynamiczne procesu krystalizacji  
Pojęcie stanu równowagi w odniesieniu do cieczy przechłodzonej i szkła  
Wybrane teorie przejścia szklistego  
Zastosowanie unikalnych właściwości cieczy przechłodzonych i szkieł

Nazwa zajęć: **Metody obliczeniowe w fizyce**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawowe metody numeryczne używane w różniczkowaniu i całkowaniu numerycznym, algebrze liniowej (zagadnienie własne, SVD), analizie błędów, rozwiązywaniu równań różniczkowych, analizie Fouriera i symulacjach Monte Carlo.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi zastosować podstawowe metody numeryczne używane w różniczkowaniu i całkowaniu numerycznym, algebrze liniowej (zagadnienie własne, SVD), analizie błędów, rozwiązywaniu równań różniczkowych, analizie Fouriera i symulacjach Monte Carlo używając jednego z następujących języków programowania: julia, python, C.

**Treści programowe dla zajęć:**

Różniczkowanie i całkowanie numeryczne  
Algebra liniowa: zagadnienie własne, SVD  
Generacja liczb losowych o zadanym rozkładzie prawdopodobieństwa, analiza danych pomiarowych i błędów statystycznych  
Podstawowe metody numeryczne rozwiązywania równań różniczkowych  
Dyskretna analiza Fouriera  
Symulacje Monte Carlo

Nazwa zajęć: **Seminarium magisterskie 3**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie najnowsze osiągnięcia naukowe dotyczące tematu badawczego w ramach realizowanej pracy magisterskiej
2. zna i rozumie metody badawcze wykorzystywane w zagadnieniach dotyczących pracy magisterskiej
3. zna metody analizy danych właściwych dla rozwiązywanego zagadnienia
4. zna problematykę etyki i plagiatu w badaniach i opracowaniach naukowych

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przygotować i wygłosić referat na zadany temat związany z tematyką pracy magisterskiej
2. potrafi korzystać ze źródeł literaturowych, także w języku angielskim, czyta ze zrozumieniem tekst naukowy dotyczący tematyki pracy magisterskiej
3. potrafi przygotować prezentację naukową przedstawiającą teorię i koncepcję badań, aktualny stan wiedzy, metody badawcze oraz interpretację i dyskusję otrzymanych wyników

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i dyskusji na temat prowadzonych badań
2. jest gotów/gotowa do prowadzenia dyskusji na temat etyki zawodowej badacza

**Treści programowe dla zajęć:**

sposoby prezentacji bezpośredniej wyników (przygotowanie i wygłoszenie prezentacji) oraz prowadzenie dyskusji naukowej  
metodyka przygotowania opracowań naukowych, w tym pracy magisterskiej  
problematyka etyki i plagiatu w badaniach i pracach naukowych, np. w pracach magisterskich, artykułach naukowych, cytowanie źródeł

**Nazwa zajęć: Język angielski specjalistyczny**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi w sposób przystępny przedstawić fakty z zakresu fizyki, porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach w języku angielskim
2. potrafi przygotować dokumentację projektową, opracowania i raporty w języku angielskim
3. potrafi przygotować wystąpienia ustne w języku angielskim, dotyczące zagadnień teoretycznych i praktycznych
4. potrafi posługiwać się językiem obcym na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego oraz zna język angielski w stopniu umożliwiającym czytanie literatury fachowej, pozwalającym na samodzielne uzupełnianie wykształcenia
5. zna i potrafi stosować słownictwo dotyczące fizyki oraz określenia używane w tekstach o charakterze naukowym

**Treści programowe dla zajęć:**

Opisywanie swojego zakresu pracy; Opisywanie sposobu działania np. urządzenia, aparatury  
Cechy stylu naukowego. Stosowanie strony biernej do opisu procesów oraz wyrażania relacji przyczynowo-skutkowych  
Praca nad przygotowaniem indywidualnej prezentacji na temat związany z fizyką  
Praca z artykułami dotyczącymi fizyki  
Korzystanie ze słowników internetowych i słowników zwrotów (collocations), Nauka słownictwa za pomocą platformy Moodle

**Nazwa zajęć: Magnetism and Magnetic Materials**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. Knows the principles of electromagnetic and magnetostatic principles related to the magnetic field and magnetic materials. Knows the basic equations describing magnetostatic potential and magnetic field distribution.
2. Knows the main directions of development of research and technologies related to magnetism and their contribution to the generation and saving of electricity.
3. Knows the basic principles of experimental methods used to study magnetic materials and the dynamics of magnetization and is able to indicate their limitations.
4. Knows the selected models used to describe the magnetism, magnetization dynamics, and spin-wave dynamics in magnetic materials.
5. Knows the different types of magnetic materials, stable magnetization arrangement, magnetization textures that exist in solids, the types of interactions responsible for their stabilization, and the models for describing them.
6. Knows selected topics of the current research in magnetism, and can explain their main principles, e.g., artificial spin ice, magnonics, and magnetic cellular quantum automata.

**in terms of skills:**

1. Uses basic theoretical models to qualitatively describe interactions that exist in magnetic materials, can identify different energy terms, and can describe magnetic properties related to these interactions.
2. Can identify the types of interactions responsible for stabilizing different magnetization textures.



3. Demonstrates the reading of research articles with understanding and ability to present the outcomes, summary, and the importance of research in writing and oral presentations. Show the ability to work in collaboration in the group.

4. Can formulate a research problem and indicate the method and basic methodological approach to its solution.

**Treści programowe dla zajęć:**

Overview of magnetism, magnetic materials, and the current topics of research and technology development.

Basic laws of magnetostatics and electrodynamics related to magnetism, magnetic field, magnetostatic potential, magnetic moment, magnetic dipole, magnetization, and magnetic torque. Exemplary applications of permanent magnets and soft magnets.

Magnetic materials: paramagnetism, ferromagnetism/antiferromagnetism and diamagnetism. Fundamental concepts of magnetism, interactions, and complexity.

Remagnetization process in ferromagnetic materials, single-domain grains, hysteresis, complex magnetization textures, open questions, and actual investigations: super-paramagnets and super-ferromagnets, artificial spin-ice systems, frustration, and stability.

Fundamentals: the origin of magnetism in solids, theoretical models and numerical methods used in computations of properties of the magnetic materials, micromagnetic approach.

Magnetic domains: types and interactions determining their stability.

Experimental methods for characterization of magnetic materials, magnetization textures, and magnetization dynamics. Current trends and needs.

Magnetization dynamics, micromagnetism, Landau-Lifshitz equation, damping.

Magnonics, wave phenomena in ferromagnets and antiferromagnets, spin wave dynamics in thin films, characteristic dispersion relationships, detection techniques, and possible applications.

Nazwa zajęć: **Mechanika kwantowa układów wielu ciał**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. wie i potrafi uzasadnić dlaczego i jak należy stosować zasady fizyki wielu ciał do zrozumienia niektórych własności ciał stałych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wykonać proste obliczenia używając drugiego kwantowania.

**Treści programowe dla zajęć:**

Pola kwantowe – przypomnienie

1. Oscylator harmoniczny: zerowymiarowa teoria pola
2. Mody kolektywne: fonony, bozony, fermiony
3. Pola jako operatory tworzenia i anihilacji cząstek
4. Równoważność z wielociałowym równaniem Schrödingera

Przykłady drugiej kwantyzacji

1. Transformacja Jordana-Wignera
2. Model Hubbarda

Funkcje Greena

1. Obraz oddziaływania
2. Twierdzenie Wicka
3. Funkcje Greena dla swobodnych fermionów i bozonów
4. Przybliżenie adiabatyczne
5. Twierdzenie Gell-Mann-Lowa
6. Wielocząstkowe funkcje Greena

Teoria cieczy Landaua Fermiego

1. Koncepcja kwazicząstki
2. Neutralna ciecz Fermiego
3. Parametry Landaua
4. Równowagowe rozkłady kwazicząstek
5. Skutki istnienia oddziaływań: renormalizacja magnetyzmu, ściśliwości i masy
6. Amplitudy rozpraszania kwazicząstek
7. Mody kolektywne

Nazwa zajęć: **Fotofizyka molekularna**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane fakty, zjawiska, koncepcje i teorie z zakresu fotofizyki molekularnej
2. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody i narzędzia badawcze fotofizyki molekularnej
3. posiada ogólną wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju i wybranych najnowszych odkryciach w zakresie fotofizyki molekularnej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi posługiwać się specjalistyczną terminologią z zakresu fotofizyki molekularnej, zarówno w języku polskim jak i w języku angielskim
2. potrafi analizować problemy z zakresu fotofizyki molekularnej oraz znajdować ich rozwiązania w oparciu o poznane teorie i metody
3. potrafi planować i wykonywać badania doświadczalne oraz obserwacje z zakresu fotofizyki molekularnej oraz analizować ich wyniki
4. potrafi w sposób przystępny przedstawić fakty (wyniki badań, odkrycia, aktualny stan wiedzy) z zakresu fotofizyki molekularnej w formie wystąpień ustnych lub prac pisemnych
5. umie wyszukiwać informacje niezbędne do właściwego zinterpretowania lub uzupełnienia rozwiązywanego problemu z zakresu fotofizyki molekularnej

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści z zakresu fotofizyki molekularnej

**Treści programowe dla zajęć:**

Wzbudzone stany elektronowe molekuł: różne formy energii molekuł, diagram Jabłońskiego, absorpcja światła i prawo Lamberta-Beera, możliwe procesy dezaktywacji wzbudzonych stanów singletowych i trypletowych, charakterystyka spektralna fluorescencji (przesunięcie Stokesa, reguła Kashy, zasada lustrzanego odbicia), anizotropia fluorescencji, rezonansowy transfer energii, własności fizyczne i chemiczne cząsteczek w stanie wzbudzonym.

Stacjonarne pomiary absorpcji i emisji: budowa i działanie typowych spektrofotometrów UV-Vis i spektrofluorymetrów, przyrządy do spektroskopii optycznej (źródła światła, monochromatory, filtry optyczne, fotopowielacze, polaryzatory), metodyka pomiarów i najczęściej popełniane błędy.

Dynamika stanów wzbudzonych: współczynniki Einsteina (definicje, zależność między współczynnikami, zależność między współczynnikiem B a widmem absorpcji), równanie Stricklera-Berga, czas życia stanu wzbudzonego, wydajność kwantowa fluorescencji, fluorescencja stacjonarna a fluorescencja czasowo-rozdzielcza.

Wpływ rozpuszczalnika i otoczenia na własności fotofizyczne molekuł: (1) podstawowy efekt rozpuszczalnikowy – równanie Lipperta-Matagi, wyznaczanie momentu dipolowego cząsteczki w stanie wzbudzonym, wpływ temperatury na relaksację rozpuszczalnikową i obserwowane przesunięcia Stokesa; (2) specyficzny efekt rozpuszczalnikowy – wiązanie wodorowe, stany lokalnie wzbudzone i stany z wewnętrznym przeniesieniem ładunku, zmiany w stałej szybkości zaniku bezpromienistego, wpływ lepkości rozpuszczalnika, ekscimery.

Wygaszanie fluorescencji: wygaszacze fluorescencji, teoria wygaszania dynamicznego (równanie Sterna-Volmera), wygaszanie statyczne, kombinacja wygaszania dynamicznego i statycznego, przykłady wygaszania dynamicznego i statycznego, odstępstwa od równania Sterna-Volmera, wpływ ekranowania sterycznego i ładunku na wygaszanie, idea sfery wygaszania, częściowa dostępność fluoroforu dla wygaszacza.

Materiały fotochemiczne: struktura, charakterystyka, zastosowania i specyficzne właściwości niektórych powszechnie stosowanych materiałów fotochemicznych; naturalne absorbery i emitery w materii biologicznej, znaczniki fluorescencyjne biomolekuł.

**Nazwa zajęć: Fizyka materiałów polimerowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. posiada zaawansowaną wiedzę z zakresu fizyki materiałów polimerowych.
2. zna teoretyczne podstawy eksperymentalnych metod fizycznych oraz modele matematyczne stosowane do badań struktury i dynamiki molekularnej materiałów polimerowych.
3. zna w zaawansowanym stopniu wybrane metody obliczeniowe oraz techniki informatyczne stosowane do rozwiązywania typowych problemów z zakresu fizyki materiałów polimerowych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wytłumaczyć i opisać zjawiska z zakresu fizyki polimerów, w szczególności potrafi odtworzyć samodzielnie podstawowe prawa.
2. umie planować i przeprowadzać proste eksperymenty z fizyki polimerów oraz analizować i przedstawiać otrzymane rezultaty.

3. potrafi korzystać z różnych źródeł informacji (literatury fachowej, baz danych, czasopism naukowych) celem poszerzania wiedzy.

4. potrafi przygotować wystąpienia ustne i pisemne oraz prezentacje multimedialne dotyczące zagadnień fizyki materiałów polimerowych

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. potrafi rozwiązywać problemy fizyczne samodzielnie, a także współpracować w zespole.

**Treści programowe dla zajęć:**

Własności fizykochemiczne materiałów polimerowych. Oddziaływania międzymolekularne, procesy polireakcji, rozkłady mas cząsteczkowych, klasyfikacja polimerów. Struktura cząsteczkowa i nadcząsteczkowa polimerów (amorficzna, krystaliczna i mezoskopowa) oraz struktura makroskopowa. Przemiany fazowe. Stany skupienia materii i fazy materii, reguła Gibbsa, potencjały termodynamiczne, równowaga termodynamiczna, klasyfikacja przemian fazowych według Ehrenfesta, współczesna klasyfikacja przejść fazowych, wykładniki krytyczne, zasada skalowania, zasada uniwersalności.

Stany fizyczne polimerów. Stany skupienia materii i fazy materii, stan szklisty, stan lepkosprężysty, stan wysokoelastyczny, stan lepkopłynny.

Przejście szkliste w polimerach. Definicje stanu szklistego, przejście szkliste: koncepcja objętości swobodnej, interpretacja termodynamiczna oraz ujęcie kinetyczne, metody wyznaczania temperatury przejścia szklistego.

Stan wysokoelastyczny. Ogólna charakterystyka elastomerów, termodynamika elastyczności kauczuku, sprężystość pojedynczego łańcucha, statystyczna teoria elastyczności kauczuku.

Właściwości lepkosprężyste polimerów. Ciecze nienewtonowskie, podstawowe właściwości reologiczne materii, eksperymenty reologiczne, lepkosprężystość liniowa i zasada superpozycji Boltzmanna, zasada równoważności temperaturowo-czasowej, modele mechaniczne ciał lepkosprężystych.

Dynamika molekularna w polimerach.. Zmiany konformacyjne makrocząsteczek, parametry aktywacyjne ruchów molekularnych, giętkość makrocząsteczek, dynamika molekularna w stanie szklistym, w obszarze przejścia szklistego, funkcja autokorelacji, funkcja gęstości spektralnej, rozkład czasów korelacji, nieeksponencjalna funkcja autokorelacji, procesy relaksacyjne, ruchy molekularne w polimerach krystalicznych.

Mieszanie polimerów. Mieszalność polimerów, teoria Flory'ego-Hugginsa, równowagi fazowe, teoria równania stanu, metody określania jednorodności mieszaniny (pomiar temperatury zeszklenia  $T_g$ , jądrowy rezonans magnetyczny NMR, metody rozproszeniowe).

Materiały polimerowe w medycynie. Biomateriały polimerowe, modyfikacja polimerów do celów medycznych, wybrane zastosowania materiałów polimerowych, żele polimerowe.

Nazwa zajęć: **Fotofizyka molekularna**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane fakty, zjawiska, koncepcje i teorie z zakresu fotofizyki molekularnej

2. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody i narzędzia badawcze fotofizyki molekularnej

3. posiada ogólną wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju i wybranych najnowszych odkryciach w zakresie fotofizyki molekularnej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi posługiwać się specjalistyczną terminologią z zakresu fotofizyki molekularnej, zarówno w języku polskim jak i w języku angielskim

2. potrafi analizować problemy z zakresu fotofizyki molekularnej oraz znajdować ich rozwiązania w oparciu o poznane teorie i metody

3. potrafi planować i wykonywać badania doświadczalne oraz obserwacje z zakresu fotofizyki molekularnej oraz analizować ich wyniki

4. potrafi w sposób przystępny przedstawić fakty (wyniki badań, odkrycia, aktualny stan wiedzy) z zakresu fotofizyki molekularnej w formie wystąpień ustnych lub prac pisemnych

5. umie wyszukać informacje niezbędne do właściwego zinterpretowania lub uzupełnienia rozwiązywanego problemu z zakresu fotofizyki molekularnej

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści z zakresu fotofizyki molekularnej

**Treści programowe dla zajęć:**

Wzbudzone stany elektronowe molekuł: różne formy energii molekuł, diagram Jabłońskiego, absorpcja światła i prawo Lamberta-Beera, możliwe procesy dezaktywacji wzbudzonych stanów singletowych i

trypletowych, charakterystyka spektralna fluorescencji (przesunięcie Stokesa, reguła Kashy, zasada lustrzanego odbicia), anizotropia fluorescencji, rezonansowy transfer energii, własności fizyczne i chemiczne cząsteczek w stanie wzbudzonym.

Stacjonarne pomiary absorpcji i emisji: budowa i działanie typowych spektrofotometrów UV-Vis i spektrofluorometrów, przyrządy do spektroskopii optycznej (źródła światła, monochromatory, filtry optyczne, fotopowielacze, polaryzatory), metodyka pomiarów i najczęściej popełniane błędy.

Dynamika stanów wzbudzonych: współczynniki Einsteina (definicje, zależność między współczynnikami, zależność między współczynnikiem B a widmem absorpcji), równanie Stricklera-Berga, czas życia stanu wzbudzonego, wydajność kwantowa fluorescencji, fluorescencja stacjonarna a fluorescencja czasowo-rozdzielcza.

Wpływ rozpuszczalnika i otoczenia na własności fotofizyczne molekuł: (1) podstawowy efekt rozpuszczalnikowy – równanie Lipperta-Matagi, wyznaczanie momentu dipolowego cząsteczki w stanie wzbudzonym, wpływ temperatury na relaksację rozpuszczalnikową i obserwowane przesunięcia Stokesa; (2) specyficzny efekt rozpuszczalnikowy – wiązanie wodorowe, stany lokalnie wzbudzone i stany z wewnętrznym przeniesieniem ładunku, zmiany w stałej szybkości zaniku bezpromienistego, wpływ lepkości rozpuszczalnika, ekscimery.

Wygaszanie fluorescencji: wygaszacze fluorescencji, teoria wygaszania dynamicznego (równanie Sterna-Volmera), wygaszanie statyczne, kombinacja wygaszania dynamicznego i statycznego, przykłady wygaszania dynamicznego i statycznego, odstępstwa od równania Sterna-Volmera, wpływ ekranowania sterycznego i ładunku na wygaszanie, idea sfery wygaszania, częściowa dostępność fluoroforu dla wygaszacza.

Materiały fotochemiczne: struktura, charakterystyka, zastosowania i specyficzne właściwości niektórych powszechnie stosowanych materiałów fotochemicznych; naturalne absorbery i emitery w materii biologicznej, znaczniki fluorescencyjne biomolekuł.

#### Nazwa zajęć: **Magnetism and Magnetic Materials**

#### **On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. Knows the principles of electromagnetic and magnetostatic principles related to the magnetic field and magnetic materials. Knows the basic equations describing magnetostatic potential and magnetic field distribution.
2. Knows the main directions of development of research and technologies related to magnetism and their contribution to the generation and saving of electricity.
3. Knows the basic principles of experimental methods used to study magnetic materials and the dynamics of magnetization and is able to indicate their limitations.
4. Knows selected topics of the current research in magnetism, and can explain their main principles, e.g., artificial spin ice, magnonics, and magnetic cellular quantum automata.
5. Knows the different types of magnetic materials, stable magnetization arrangement, magnetization textures that exist in solids, the types of interactions responsible for their stabilization, and the models for describing them.
6. Knows selected topics of the current research in magnetism, and can explain their main principles, e.g., artificial spin ice, magnonics, magnetic cellular quantum automata.

#### **in terms of skills:**

1. Uses the basic theoretical models to describe qualitatively interactions existing in magnetic materials, can identify different energy terms, and can describe magnetic properties related to these interactions.
2. Can identify the types of interactions responsible for the stabilization of different magnetization textures.
3. Demonstrates the reading of research articles with understanding and ability to present the outcomes, summary, and the importance of research in writing and oral presentations. Show the ability to work in collaboration in the group.
4. Can formulate a research problem and indicate the method and basic methodological approach to its solution.

#### **Treści programowe dla zajęć:**

Overview of magnetism, magnetic materials, and the current topics of research and technology development.

Basic laws of magnetostatics and electrodynamics related to magnetism, magnetic field, magnetostatic potential, magnetic moment, magnetic dipole, magnetization, and magnetic torque. Exemplary applications of permanent magnets and soft magnets.

Magnetic materials: paramagnetism, ferromagnetism/antiferromagnetism and diamagnetism. Fundamental concepts of magnetism, interactions, and complexity.

Remagnetization process in ferromagnetic materials, single-domain grains, hysteresis, complex magnetization textures, open questions, and actual investigations: super-paramagnets and super-ferromagnets, artificial spin-ice systems, frustration, and stability.

Fundamentals: the origin of magnetism in solids, theoretical models and numerical methods used in computations of the properties of magnetic materials, micromagnetic approach.

Magnetic domains: types and interactions determining their stability.

Experimental methods for characterization of magnetic materials, magnetization textures, and magnetization dynamics. Current trends and needs.

Magnetization dynamics, micromagnetism, Landau-Lifshitz equation, damping.

Magnonics, wave phenomena in ferromagnets and antiferromagnets, spin wave dynamics in thin films, characteristic dispersion relationships, detection techniques and possible applications.

**Nazwa zajęć: Quantum Information and Optics**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. acquires basic knowledge of quantum computer science focused on its optical implementations, within the scope defined by the program content.

**in terms of skills:**

1. develops the ability to solve simple quantum-information problems based on the acquired knowledge, as well as the ability to performing numerical simulations of quantum algorithms.

**in terms of social competences:**

1. develops the skills of self-learning and teamwork.

2. is ready to critically evaluate his/her knowledge and content received, and to consult the knowledge and problems with experts, while trying to maintain independent and critical thinking, using the motto of Richard Feynman: "Science is the belief in the ignorance of experts. When someone says 'science teaches such and such', he is using the word incorrectly. Science doesn't teach it; experience teaches it."

**Treści programowe dla zajęć:**

Week 1 Introduction to quantum optics and quantum information  
Week 2 Quantum interference: paradoxes and applications  
Week 3 Squeezed states and detection of gravitational waves  
Week 4 Schrödinger cat paradox and its applications  
Week 5 Quasiprobabilities and tests of nonclassicality  
Week 6 Quantum entanglement and quantum nonlocality  
Week 7 Quantum teleportation, entanglement swapping, and dense coding  
Week 8 Quantum tomography  
Week 9 Two models of quantum computing via quantum gates and quantum annealing  
Week 10 Superconducting quantum computers  
Week 11 Linear-optical quantum computers  
Week 12 Quantum error correction codes  
Week 13 Quantum algorithms I  
Week 14 Quantum algorithms II  
Week 15 Quantum supremacy and the future of quantum technologies

**Nazwa zajęć: Dyfuzja w ośrodkach prostych i złożonych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. umie opisać podstawowe zjawiska fizyczne zachodzące w zawiesinach koloidowych
2. rozumie i potrafi korzystając z wiedzy teoretycznej wytłumaczyć podstawowe zjawiska i procesy spotykane w zawiesinach koloidów
3. zna teoretyczne podstawy wybranych metod eksperymentalnych stosowanych w badaniach struktury i dynamiki zawiesin koloidowych
4. ma wiedzę w zakresie technicznych zastosowań zawiesin koloidowych (aktualnych i innowacyjnych) oraz zna zasady bezpiecznego użytkowania tych materiałów (w odniesieniu do zdrowia człowieka i środowiska naturalnego)

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi właściwie zaplanować eksperyment do rozwiązywania prostego problemu badawczego z dziedziny fizyki zawiesin koloidowych dokonując odpowiedniego wyboru narzędzi, metod pomiarowych i modelu teoretycznego do analizy danych
2. umie zastosować teorię przy rozwiązywaniu zadań rachunkowych, w analizie i dyskusji danych eksperymentalnych (uzyskanych z różnych metod badawczych) oraz potrafi krytycznie ocenić otrzymane wyniki
3. potrafi korzystać z różnych źródeł informacji do rozwoju wiedzy z zakresu fizyki zawiesin koloidów
4. umie przygotowywać wystąpienia ustne i pisemne prezentacje multimedialne (w języku polskim) dotyczące zagadnień fizyki koloidów oraz zaprezentować je we właściwej formie
5. umie współpracować z grupą przy rozwiązywaniu zadań i problemów badawczych

### **Treści programowe dla zajęć:**

Zawiesiny koloidowe, definicja, miejsce w materii miękkiej, oddziaływania, przykłady z życia, zastosowania techniczne.

Dlaczego koloid nie tonie – liczba Reynoldsa, szybkość sedymentacji, liczba Pecklet;

Historyczne aspekty w badaniach dyfuzji: Ruchy Browna, równanie Ficka, opór ośrodka, artykuł Einsteina

Dyfuzja rozcieńczonej zawiesiny cząsteczek – podejście termodynamiczne (stężenia, potencjały, strumień, prawo ciągłości)

Dyfuzja rozcieńczonej zawiesiny cząsteczek – podejście mikroskopowe (błądzenie przypadkowe, gęstość prawdopodobieństwa, równanie Fokkera-Plancka)

Analityczne i numeryczne rozwiązania równania dyfuzji w prostych przypadkach (punktowa fluktuacja, fala stężenia)

Wybrane przykłady dyfuzji z więzami i w polu sił (sedymentacja, elektroforeza, dyfuzja przez błonę)

Skale czasowe w dyfuzji cząsteczek przez ośrodki ze strukturą

Metody pomiarowe współczynników dyfuzji: metody fluorescencyjne i video, metody rozproszeniowe (światła, Rentgena i neutronów), NMR

Przygotowywanie próbek do pomiarów współczynnika dyfuzji

Pomiary współczynników dyfuzji z wykorzystaniem różnych metod dla:

- układów modelowych (rozcieńczone zawiesiny)
- układów oddziałujących elektrostatycznie i entropowo
- cząsteczek w modelowych układach złożonych (żele, zawiesiny makrocząsteczek)

Nazwa zajęć: **Mechanika kwantowa układów wielu ciał**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. wie i potrafi uzasadnić dlaczego i jak należy stosować zasady fizyki wielu ciał do zrozumienia niektórych własności ciał stałych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wykonać proste obliczenia używając drugiego kwantowania.

**Treści programowe dla zajęć:**

Pola kwantowe – przypomnienie

1. Oscylator harmoniczny: zerowymiarowa teoria pola
2. Mody kolektywne: fonony, bozony, fermiony
3. Pola jako operatory tworzenia i anihilacji cząstek
4. Równoważność z wielociałowym równaniem Schrödingera

Przykłady drugiej kwantyzacji

1. Transformacja Jordana-Wignera
2. Model Hubbarda

Funkcje Greena

1. Obraz oddziaływania
2. Twierdzenie Wicka
3. Funkcje Greena dla swobodnych fermionów i bozonów
4. Przybliżenie adiabatyczne
5. Twierdzenie Gell-Mann-Lowa
6. Wielocząstkowe funkcje Greena

Teoria cieczy Landaua Fermiego

1. Koncepcja kwazicząstki
2. Neutralna ciecz Fermiego
3. Parametry Landaua
4. Równowagowe rozkłady kwazicząstek
5. Skutki istnienia oddziaływań: renormalizacja magnetyzmu, ściśliwości i masy
6. Amplitudy rozpraszania kwazicząstek
7. Mody kolektywne

Nazwa zajęć: **Fizyka materiałów polimerowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. posiada zaawansowaną wiedzę z zakresu fizyki materiałów polimerowych.

2. zna teoretyczne podstawy eksperymentalnych metod fizycznych oraz modele matematyczne stosowane do badań struktury i dynamiki molekularnej materiałów polimerowych.

3. zna w zaawansowanym stopniu wybrane metody obliczeniowe oraz techniki informatyczne stosowane do rozwiązywania typowych problemów z zakresu fizyki materiałów polimerowych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wytłumaczyć i opisać zjawiska z zakresu fizyki polimerów, w szczególności potrafi odtworzyć samodzielnie podstawowe prawa.
2. umie planować i przeprowadzać proste eksperymenty z fizyki polimerów oraz analizować i przedstawiać otrzymane rezultaty.
3. potrafi korzystać z różnych źródeł informacji (literatury fachowej, baz danych, czasopism naukowych) celem poszerzania wiedzy.
4. potrafi przygotować wystąpienia ustne i pisemne oraz prezentacje multimedialne dotyczące zagadnień fizyki materiałów polimerowych

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. potrafi rozwiązywać problemy fizyczne samodzielnie, a także współpracować w zespole.

**Treści programowe dla zajęć:**

Własności fizykochemiczne materiałów polimerowych. Oddziaływania międzymolekularne, procesy polireakcji, rozkłady mas cząsteczkowych, klasyfikacja polimerów. Struktura cząsteczkowa i nadcząsteczkowa polimerów (amorficzna, krystaliczna i mezoskopowa) oraz struktura makroskopowa. Przemiany fazowe. Stany skupienia materii i fazy materii, reguła Gibbsa, potencjały termodynamiczne, równowaga termodynamiczna, klasyfikacja przemian fazowych według Ehrenfesta, współczesna klasyfikacja przejść fazowych, wykładniki krytyczne, zasada skalowania, zasada uniwersalności.

Stany fizyczne polimerów. Stany skupienia materii i fazy materii, stan szklisty, stan lepkosprężysty, stan wysokoelastyczny, stan lepkopłynny.

Przejście szkliste w polimerach. Definicje stanu szklistego, przejście szkliste: koncepcja objętości swobodnej, interpretacja termodynamiczna oraz ujęcie kinetyczne, metody wyznaczania temperatury przejścia szklistego.

Stan wysokoelastyczny. Ogólna charakterystyka elastomerów, termodynamika elastyczności kauczuku, sprężystość pojedynczego łańcucha, statystyczna teoria elastyczności kauczuku.

Właściwości lepkosprężyste polimerów. Ciecze nienewtonowskie, podstawowe właściwości reologiczne materii, eksperymenty reologiczne, lepkosprężystość liniowa i zasada superpozycji Boltzmanna, zasada równoważności temperaturowo-czasowej, modele mechaniczne ciał lepkosprężystych.

Dynamika molekularna w polimerach w stanie stałym. Zmiany konformacyjne makrocząsteczek, parametry aktywacyjne ruchów molekularnych, giętkość makrocząsteczek, dynamika molekularna w stanie szklistym, w obszarze przejścia szklistego, funkcja autokorelacji, funkcja gęstości spektralnej, rozkład czasów korelacji, nieeksponencjalna funkcja autokorelacji, procesy relaksacyjne, ruchy molekularne w polimerach krystalicznych.

Mieszalniny polimerów. Mieszalność polimerów, teoria Flory'ego-Hugginsa, równowagi fazowe, teoria równania stanu, metody określania jednorodności mieszaniny (pomiar temperatury zeszklenia  $T_g$ , jądrowy rezonans magnetyczny NMR, metody rozproszeniowe).

Materiały polimerowe w medycynie. Biomateriały polimerowe, modyfikacja polimerów do celów medycznych, wybrane zastosowania materiałów polimerowych, żełe polimerowe.

Nazwa zajęć: **Spin Waves in Nanostructures and Nanotextures**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. discusses the basic assumptions of micromagnetism and presents the basic properties of the Landau-Lifshitz equation.
2. explains the concept of magnetization pinning, discusses the canonical configurations for spin wave propagation in magnetic films.
3. discusses the different ways of introducing the (quasi)periodicity in magnonic (quasi)crystals; explains the concept of frustrated configuration; presents the different mechanism of antiferromagnetic coupling in synthetic antiferromagnets.
4. describes the magnetic configurations of: magnetic vortex, Neel and Bloch domain wall, skyrmion; formulates and interprets Thiele equation for vortex dynamics.
5. outlines the advantages of magnonics for high-frequency signal processing in nanoscale.

**in terms of skills:**

1. can linearize the Landau-Lifshitz equation for basic magnonic systems.
2. can draw and discuss the spin wave dispersion relation for forward, backward and Damon-Eshbach configuration.

3. is able to apply the plane wave expansion method to linearized Landau-Lifshitz equation for 1D magnonic crystal, with periodically changed anisotropy field.
4. can calculate numerically the skyrmion number for given configuration of magnetization.
5. is able to discuss the properties of selected magnonic devices and demonstrate how they are implemented on the basis of current literature.

**in terms of social competences:**

1. presents the results of the student project to the group; participates in the discussion on the presented results.

**Treści programowe dla zajęć:**

Magnetization dynamics  
Spin waves in confined nanostructures  
Magnonic crystals and quasicrystals  
Magnetic textures  
Magnonic devices

Nazwa zajęć: **Fotofizyka molekularna**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane fakty, zjawiska, koncepcje i teorie z zakresu fotofizyki molekularnej
2. zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody i narzędzia badawcze fotofizyki molekularnej
3. posiada ogólną wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju i wybranych najnowszych odkryciach w zakresie fotofizyki molekularnej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi posługiwać się specjalistyczną terminologią z zakresu fotofizyki molekularnej, zarówno w języku polskim jak i w języku angielskim
2. potrafi analizować problemy z zakresu fotofizyki molekularnej oraz znajdować ich rozwiązania w oparciu o poznane teorie i metody
3. potrafi planować i wykonywać badania doświadczalne oraz obserwacje z zakresu fotofizyki molekularnej oraz analizować ich wyniki
4. potrafi w sposób przystępny przedstawić fakty (wyniki badań, odkrycia, aktualny stan wiedzy) z zakresu fotofizyki molekularnej w formie wystąpień ustnych lub prac pisemnych
5. umie wyszukać informacje niezbędne do właściwego zinterpretowania lub uzupełnienia rozwiązywanego problemu z zakresu fotofizyki molekularnej

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści z zakresu fotofizyki molekularnej

**Treści programowe dla zajęć:**

Wzbudzone stany elektronowe molekuł: różne formy energii molekuł, diagram Jabłońskiego, absorpcja światła i prawo Lamberta-Beera, możliwe procesy dezaktywacji wzbudzonych stanów singletowych i trypletowych, charakterystyka spektralna fluorescencji (przesunięcie Stokesa, reguła Kashy, zasada lustrzanego odbicia), anizotropia fluorescencji, rezonansowy transfer energii, własności fizyczne i chemiczne cząsteczek w stanie wzbudzonym.

Stacjonarne pomiary absorpcji i emisji: budowa i działanie typowych spektrofotometrów UV-Vis i spektrofluorymetrów, przyrządy do spektroskopii optycznej (źródła światła, monochromatory, filtry optyczne, fotopowielacze, polaryzatory), metodyka pomiarów i najczęściej popełniane błędy.

Dynamika stanów wzbudzonych: współczynniki Einsteina (definicje, zależność między współczynnikami, zależność między współczynnikiem B a widmem absorpcji), równanie Stricklera-Berga, czas życia stanu wzbudzonego, wydajność kwantowa fluorescencji, fluorescencja stacjonarna a fluorescencja czasowo-rozdzielcza.

Wpływ rozpuszczalnika i otoczenia na własności fotofizyczne molekuł: (1) podstawowy efekt rozpuszczalnikowy – równanie Lipperta-Matagi, wyznaczanie momentu dipolowego cząsteczki w stanie wzbudzonym, wpływ temperatury na relaksację rozpuszczalnikową i obserwowane przesunięcia Stokesa; (2) specyficzny efekt rozpuszczalnikowy – wiązanie wodorowe, stany lokalnie wzbudzone i stany z wewnętrznym przeniesieniem ładunku, zmiany w stałej szybkości zaniku bezpromienistego, wpływ lepkości rozpuszczalnika, ekscimery.

Wygaszanie fluorescencji: wygaszacze fluorescencji, teoria wygaszania dynamicznego (równanie Sterna-Volmera), wygaszanie statyczne, kombinacja wygaszania dynamicznego i statycznego, przykłady wygaszania dynamicznego i statycznego, odstępstwa od równania Sterna-Volmera, wpływ



ekranowania sterycznego i ładunku na wygaszanie, idea sfery wygaszania, częściowa dostępność fluoroforu dla wygaszacza.

Materiały fotochemiczne: struktura, charakterystyka, zastosowania i specyficzne właściwości niektórych powszechnie stosowanych materiałów fotochemicznych; naturalne absorbery i emitery w materii biologicznej, znaczniki fluorescencyjne biomolekuł.

Nazwa zajęć: **Teoretyczne podstawy spektroskopii**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. potrafi objaśnić za pomocą podstawowych pojęć elektromagnetyzmu i mechaniki kwantowej zjawiska absorpcji światła i fluorescencji
2. rozumie wyprowadzenie złotej reguły Fermiego dla absorpcji i emisji wymuszonej posługując się teorią zaburzeń
3. potrafi wyjaśnić pojęcie i znaczenie dipolowego momentu przejścia
4. potrafi wyjaśnić wpływ oscylacji jąder atomowych i otoczenia na przejścia elektronowe w cząsteczkach
5. potrafi wyjaśnić efekty przesunięcia Stokesa i lustrzanego odbicia widm absorpcji i fluorescencji
6. rozumie pojęcie spójności kwantowej i potrafi opisać proces jej zaniku
7. potrafi wyjaśnić wpływ relaksacji stochastycznej na dynamikę przejścia pomiędzy dwoma stanami kwantowymi
8. potrafi opisać zjawiska absorpcji promieniowania elektromagnetycznego oraz rezonansu magnetycznego korzystając z pojęcia podatności dynamicznej

**w zakresie umiejętności:**

1. biegle posługuje się matematycznym formalizmem klasycznym i kwantowo-mechanicznym w zakresie niezbędnym do opisu zjawisk absorpcji światła i fluorescencji oraz rezonansu magnetycznego
2. potrafi (a) wyprowadzić złotą regułę Fermiego dla absorpcji i emisji wymuszonej posługując się teorią zaburzeń, (b) wyznaczyć dipolowy moment przejścia dla cząsteczki etylenu (c) oszacować czynniki Francka-Condon dla modelowych cząsteczek
3. potrafi nazywać po angielsku podstawowe pojęcia z zakresu spektroskopii

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawy kwantowo-mechaniczne spektroskopii optycznej1) Funkcje falowe, operatory i wartości oczekiwane2) Równanie Schrödingera3) Superpozycja stanów4) Przestrzenne funkcje falowe prostych i złożonych układów5) Przejścia pomiędzy stanami – teoria zaburzeń (perturbacji) zależnych od czasu6) Związek między czasem życia stanu układu a energią tego stanu

Światło - klasyczny (nie kwantowo-mechaniczny) opis promieniowania elektromagnetycznego1) Siły, pole i potencjał elektrostatyczny2) Promieniowanie elektromagnetyczne – równania Maxwella3) Gęstość energii i natężenie promieniowania

Absorpcja elektronowa1) Oddziaływanie elektronów z oscylującym polem elektrycznym2) Absorpcja i emisja wymuszone3) Dipolowy moment przejścia4) Wpływ oscylacji jąder atomowych na przejścia elektronowe5) Wpływ otoczenia na energie przejść elektronowych6) Spektralne wypalanie dziur7) Efekt Starka

Fluorescencja1) Absorpcja, emisja wymuszona i emisja spontaniczna2) Współczynniki Einsteina3) Przesunięcie Stokesa4) Prawo lustrzanego odbicia

Spójność kwantowa i defazowanie:1) Oscylacje pomiędzy stanami kwantowymi układu izolowanego2) Macierz gęstości3) Stochastyczne równanie Liouville'a4) Wpływ relaksacji na dynamikę przejść kwantowych5) Macierz relaksacji

Podatność dynamiczna:1) Funkcja reakcji i jej transformata Fouriera2) Relaksacja i rezonans3) Dynamiczna podatność elektryczna, refrakcja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego4) Dynamiczna podatność magnetyczna, rezonans magnetyczny

Nazwa zajęć: **Seminarium magisterskie 1**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie najnowsze osiągnięcia naukowedy dotyczące tematu badawczego w ramach realizowanej pracy magisterskiej
2. zna i rozumie metody badawcze wykorzystywane w zagadnieniach dotyczących pracy magisterskiej
3. zna metody analizy danych właściwych dla rozwiązywanego zagadnienia
4. zna problematykę etyki i plagiatu w badaniach i opracowaniach naukowych

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przygotować i wygłosić referat na zadany temat związany z tematyką pracy magisterskiej

2. potrafi korzystać ze źródeł literaturowych, także w języku angielskim, czyta ze zrozumieniem tekst naukowy dotyczący tematyki pracy magisterskiej

3. potrafi przygotować prezentację naukową przedstawiającą teorię i koncepcję badań, aktualny stan wiedzy, metody badawcze oraz interpretację i dyskusję otrzymanych wyników

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i dyskusji na temat prowadzonych badań

2. jest gotów/gotowa do prowadzenia dyskusji na temat etyki zawodowej badacza

**Treści programowe dla zajęć:**

sposoby prezentacji bezpośredniej wyników (przygotowanie i wygłoszenie prezentacji) oraz prowadzenie dyskusji naukowej

metodyka przygotowania opracowań naukowych, w tym pracy magisterskiej

problematyka etyki i plagiatu w badaniach i opracowaniach naukowych, np. w pracach magisterskich, artykułach naukowych, cytowanie źródeł

Nazwa zajęć: **Dyfuzja w ośrodkach prostych i złożonych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. umie opisać podstawowe zjawiska fizyczne zachodzące w zawiesinach koloidowych

2. rozumie i potrafi korzystając z wiedzy teoretycznej wytłumaczyć podstawowe zjawiska i procesy spotykane w zawiesinach koloidów

3. zna teoretyczne podstawy wybranych metod eksperymentalnych stosowanych w badaniach struktury i dynamiki zawiesin koloidowych

4. ma wiedzę w zakresie technicznych zastosowań zawiesin koloidowych (aktualnych i innowacyjnych) oraz zna zasady bezpiecznego użytkowania tych materiałów (w odniesieniu do zdrowia człowieka i środowiska naturalnego)

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi właściwie zaplanować eksperyment do rozwiązywania prostego problemu badawczego z dziedziny fizyki zawiesin koloidowych dokonując odpowiedniego wyboru narzędzi, metod pomiarowych i modelu teoretycznego do analizy danych

2. umie zastosować teorię przy rozwiązywaniu zadań rachunkowych, w analizie i dyskusji danych eksperymentalnych (uzyskanych z różnych metod badawczych) oraz potrafi krytycznie ocenić otrzymane wyniki

3. potrafi korzystać z różnych źródeł informacji do rozwoju wiedzy z zakresu fizyki zawiesin koloidów

4. umie przygotowywać wystąpienia ustne i pisemnej prezentacje multimedialne (w języku polskim) dotyczące zagadnień fizyki koloidów oraz zaprezentować je we właściwej formie

5. umie współpracować z grupą przy rozwiązywaniu zadań i problemów badawczych

**Treści programowe dla zajęć:**

Zawiesiny koloidowe, definicja, miejsce w materii miękkiej, oddziaływania, przykłady z życia, zastosowania techniczne.

Dlaczego koloid nie tonie – liczba Reynoldsa, szybkość sedymentacji, liczba Pecklet;

Historyczne aspekty w badaniach dyfuzji: Ruchy Browna, równanie Ficka, opór ośrodka, artykuł Einsteina

Dyfuzja rozcieńczonej zawiesiny cząsteczek – podejście termodynamiczne (stężenia, potencjały, strumień, prawo ciągłości)

Dyfuzja rozcieńczonej zawiesiny cząsteczek – podejście mikroskopowe (błądzenie przypadkowe, gęstość prawdopodobieństwa, równanie Fokkera-Plancka)

Analityczne i numeryczne rozwiązania równania dyfuzji w prostych przypadkach (punktowa fluktuacja, fala stężenia)

Wybrane przykłady dyfuzji z więzami i w polu sił (sedymentacja, elektroforeza, dyfuzja przez błonę)

Skale czasowe w dyfuzji cząsteczek przez ośrodki ze strukturą

Metody pomiarowe współczynników dyfuzji: metody fluorescencyjne i video, metody rozproszeniowe (światła, Rentgena i neutronów), NMR

Przygotowywanie próbek do pomiarów współczynnika dyfuzji

Pomiary współczynników dyfuzji z wykorzystaniem różnych metod dla:

- układów modelowych (rozcieńczone zawiesiny)
- układów oddziałujących elektrostatycznie i entropowo
- cząsteczek w modelowych układach złożonych (żele, zawiesiny makrocząsteczek)

Nazwa zajęć: **Seminar on Modern Trends in Physics Research 2**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the latest trends and research directions in physics presented by outstanding representatives of science from Poland and abroad
2. knows where to place the research tasks he/she performs for preparation of his/her master's thesis in the context of the development of modern physics

**in terms of skills:**

1. improves the skills to present and disseminate the scientific results, based on the presentations of the speakers
2. understands the need to deepen the understanding and obtain new knowledge in the broad context of physics and related sciences
3. develops the ability to use the English language with specialized terminology of physical sciences

**in terms of social competences:**

1. is ready to critical evaluation and revision of knowledge and information, and understands the importance of science and fundamental research in the development of modern society

**Treści programowe dla zajęć:**

The participation in the "Modern Trends in Physics Research" seminars held weekly at the Faculty of Physics, where the latest scientific achievements are presented, preceded by short information about the basic laws and phenomena in the field discussed by the speakers.

Nazwa zajęć: **Grupa renormalizacji w układach kwantowych**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie fizyczne podstawy metody grupy renormalizacji zastosowanej do prostych układów kwantowych, także tych, w których występują kwantowe zjawiska krytyczne

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wykonać obliczenia z wykorzystaniem metody numerycznej grupy renormalizacji dla prostych modeli domieszek magnetycznych
2. potrafi wykonać obliczenia z wykorzystaniem metody grupy renormalizacji macierzy gęstości dla prostych modeli układów jednowymiarowych

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej dyskusji o roli nowoczesnych metod obliczeniowych do badania materiałów kwantowych i kwantowych zjawisk krytycznych

**Treści programowe dla zajęć:**

Grupa renormalizacji w fizyce. Omówienie renormalizacji w kontekście układów wykazujących istotne fluktuacje w przestrzeni położeniowej, pędowej i energetycznej. Przedstawienie i omówienie prostych modeli opisujących układy kwantowe.

Zaznajomienie studenta z metodami obliczeniowymi stosowanymi do badań układów kwantowych z wykorzystaniem nowoczesnych pakietów obliczeniowych, takich jak itensor czy QSpace.

Nazwa zajęć: **Wybrane zagadnienia fizyki doświadczalnej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawowe właściwości fotofizyczne molekuł.
2. zna podstawowe prawa dotyczące dyfuzji molekuł w cieczach prostych i ośrodkach złożonych.
3. zna wybrane zagadnienia dotyczące właściwości nanomateriałów.
4. zna wybrane zagadnienia dotyczące modulacji i dyfrakcji światła laserowego oraz działania światłowodów.
5. zna wybrane zagadnienia dotyczące struktury polimerów, nanokompozytów polimerowych oraz układów micelarnych.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przeanalizować wyniki i wykonać pomiary jądrowego rezonansu magnetycznego oraz elektronowego rezonansu magnetycznego.
2. potrafi przeanalizować wyniki oraz wykonać pomiary absorpcji stacjonarnej i absorpcji przejściowej w zakresie widzialnym i ultrafioletowym.
3. potrafi przeanalizować wyniki i wykonać pomiary przy użyciu mikroskopii optycznej, mikroskopii sił atomowych oraz wyznaczyć kąt zwilżania.
4. potrafi przeanalizować wyniki i wykonać pomiary przy użyciu spektroskopii fluorescencyjnej, spektroskopii korelacji fotonów oraz spektroskopii Brillouina.
5. potrafi użyć przestrzennego modulatora światła do generacji zaawansowanych dyfrakcyjnych elementów optycznych.

6. potrafi przeanalizować wyniki oraz wykonać pomiary z użyciem spektroskopii Ramana i w podczerwieni.

**Treści programowe dla zajęć:**

Właściwości fotofizyczne molekuł w roztworze badane za pomocą stacjonarnej spektroskopii optycznej. Dyfuzja molekuł w cieczach prostych i ośrodkach złożonych badane za pomocą spektroskopii korelacji fotonów, spektroskopii korelacji fluorescencji i mikroskopii optycznej.

Badanie mechanicznych właściwości nanomateriałów za pomocą spektroskopii Brillouina i mikroskopii optycznej.

Zobrazowanie powierzchni, ocena jej szorstkości i sprawdzenie, jaki ma to wpływ na zwilżanie powierzchni różnymi cieczami.

Badania dynamiki molekularnej i struktury polimerów, biopolimerów oraz nanokompozytów polimerowych z wykorzystaniem spektrometru impulsowego NMR, fali ciągłej NMR oraz spektrometru EPR.

Badania systemów dostarczania leków oraz substancji aktywnych farmakologicznie za pomocą spektroskopii NMR, EPR, spektroskopii Ramana i spektroskopii w podczerwieni.

Użycie przestrzennego modulatora światła do generacji programowalnych dyfrakcyjnych elementów optycznych celem pożądanego modulacji światła laserowego; użycie dwurdzeniowego sprzęgacza światłowodowego w mikroskopii fluorescencyjnej.

Podstawy absorpcji przejściowej - obserwacja fotoindukowanych zmian w próbce w zakresie ultrafioletu i światła widzialnego.

Stacjonarna i czasowo-rozdzielcza spektroskopia nanowarstw materiałów stosowanych w fotowoltaice.

Nazwa zajęć: **Seminarium magisterskie 1**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie najnowsze osiągnięcia naukowe dotyczące tematu badawczego w ramach realizowanej pracy magisterskiej
2. zna i rozumie metody badawcze wykorzystywane w zagadnieniach dotyczących pracy magisterskiej
3. zna metody analizy danych właściwych dla rozwiązywanego zagadnienia

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi przygotować i wygłosić referat na zadany temat związany z tematyką pracy magisterskiej
2. potrafi korzystać ze źródeł literaturowych, także w języku angielskim, czyta ze zrozumieniem tekst naukowy dotyczący tematyki pracy magisterskiej
3. potrafi przygotować prezentację naukową przedstawiającą teorię i koncepcję badań, aktualny stan wiedzy, metody badawcze oraz interpretację i dyskusję otrzymanych wyników

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/gotowa do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i dyskusji na temat prowadzonych badań

**Treści programowe dla zajęć:**

sposoby prezentacji bezpośredniej wyników (przygotowanie i wygłoszenie prezentacji) oraz prowadzenie dyskusji naukowej

metodyka przygotowania opracowań naukowych, w tym pracy magisterskiej

problematyka etyki i plagiatu w badaniach i opracowaniach naukowych, np. w pracach magisterskich, artykułach naukowych, cytowanie źródeł

Nazwa zajęć: **Funkcjonalizacja materiałów**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. posiada podstawową wiedzę na temat materiałów i nanomateriałów, w tym ich klasyfikacji, budowy, właściwości, metod otrzymywania i zastosowania.
2. posiada wiedzę na temat modelowania struktury molekularnej i właściwości materiałów poprzez zmianę ich kształtu, rozmiaru, składu, właściwości powierzchni, ładunku i funkcjonalności.
3. zna i rozumie proste i zaawansowane techniki funkcjonalizacji materiałów.
4. potrafi odpowiednio dobrać oraz zna metody charakterystyki sfunkcjonalizowanych materiałów.
5. posiada wiedzę z zakresu poprawnego wykorzystania podstawowych technik laboratoryjnych, a także zna i stosuje zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w laboratorium.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi klasyfikować materiały i nanomateriały
2. potrafi określić wybrane właściwości materiałów na podstawie odpowiednich pomiarów i technik badawczych

3. potrafi na podstawie uzyskanej wiedzy zaplanować eksperyment funkcjonalizacji wybierając odpowiednie metody, w tym również metody charakteryzacji materiałów.
4. potrafi przeprowadzić w skali laboratoryjnej wybrane reakcje funkcjonalizacji materiałów
5. potrafi opracować oraz przedyskutować otrzymane wyniki w formie pisemnego raportu

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. potrafi pracować samodzielnie i grupowo nad zagadnieniem z zakresu funkcjonalizacji materiałów.
2. ma świadomość niezbędności posiadania przez fizyka podstawowej wiedzy z zakresu materiałów i nanomateriałów, metod ich funkcjonalizacji oraz charakterystyki

**Treści programowe dla zajęć:**

Wprowadzenie do tematu funkcjonalizacji materiałów.

Podział materiałów ze względu na ich wymiarowość, kształt i skład. Omówienie właściwości termicznych, chemicznych, magnetycznych, mechanicznych, optycznych i elektrycznych. Metody otrzymywania materiałów i nanomateriałów. Zastosowanie nanomateriałów i bezpieczeństwo ich stosowania, regulacje prawne i komercjalizacja.

Techniki charakterystyki materiałów, w tym techniki mikroskopowe, dyfrakcyjne, spektroskopowe, magnetyczne, techniki termiczne, techniki elektryczne i adsorpcyjne. Omówienie podstawowych informacji, jakie można uzyskać za pomocą w/w metod.

Metody modyfikacji materiałów oraz ich wpływ na zmianę ich ładunku, funkcjonalności, reaktywności, stabilności, zmianę właściwości mechanicznych, termicznych, elektrycznych, optycznych, oraz zabezpieczenie danego materiału przed czynnikami zewnętrznymi. Przedstawienie podstawowych strategii modyfikacji powierzchni materiałów.

Metody inżynierii powierzchni: wbudowywanie heteroatomów i inżynieria defektów, metody mechaniczne. Oddziaływania kowalencyjne - wykorzystanie grup funkcyjnych. Zastosowanie chemisorpcji i fizysorpcji. Oddziaływania elektrostatyczne. Niekowalencyjne lub supramolekularne powinowactwo oparte na układach receptor ligand i słabych interakcjach.

Interpretacja uzyskiwanych wyników oraz przygotowanie raportu z wykonanych badań.

Bezpieczeństwo i higiena pracy w laboratorium

Nazwa zajęć: **Wprowadzenie do fizyki materiałów**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Ma wiedzę z zakresu fizyki materiałów niezbędną do opisu ich własności fizykochemicznych oraz zrozumienia zjawisk fizycznych tam występujących
2. Zna i rozumie podstawowe modele fizyczne wyjaśniające własności elektryczne, magnetyczne optyczne i cieplne materiałów

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi, na podstawie prostych modeli fizycznych, wyznaczyć podstawowe własności elektryczne, magnetyczne, optyczne i cieplne materiałów

**Treści programowe dla zajęć:**

Materia skondensowana: kryształy, ciała amorficzne

Metale, izolatory, półprzewodniki

Elektronowa struktura pasmowa materiałów

Dynamika sieci krystalicznej: fonony akustyczne i optyczne. Relacje dyspersji.

Przewodnictwo elektryczne materiałów: metale, półprzewodniki. Nadprzewodniki klasyczne i wysokotemperaturowe.

Dielektryki: polaryzacja elektronowa, jonowa i dipolowa. Indukcja elektryczna, przenikalność elektryczna. Ferro- i piezoelektryczność.

Magnetyki: dia, para- i ferromagnetyki, ich własności.

Własności optyczne materiałów.

Nazwa zajęć: **Quantum Information and Optics**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. acquires basic knowledge of quantum computer science focused on its optical implementations, within the scope defined by the program content.

**in terms of skills:**

1. develops the ability to solve simple quantum-information problems based on the acquired knowledge, as well as the ability to performing numerical simulations of quantum algorithms.

**in terms of social competences:**

1. develops the skills of self-learning and teamwork.

2. is ready to critically evaluate his/her knowledge and content received, and to consult the knowledge and problems with experts, while trying to maintain independent and critical thinking, using the motto of Richard Feynman: "Science is the belief in the ignorance of experts. When someone says 'science teaches such and such', he is using the word incorrectly. Science doesn't teach it; experience teaches it."

**Treści programowe dla zajęć:**

Week 1 Introduction to quantum optics and quantum information  
Week 2 Quantum interference: paradoxes and applications  
Week 3 Squeezed states and detection of gravitational waves  
Week 4 Schrödinger cat paradox and its applications  
Week 5 Quasiprobabilities and tests of nonclassicality  
Week 6 Quantum entanglement and quantum nonlocality  
Week 7 Quantum teleportation, entanglement swapping, and dense coding  
Week 8 Quantum tomography  
Week 9 Two models of quantum computing via quantum gates and quantum annealing  
Week 10 Superconducting quantum computers  
Week 11 Linear-optical quantum computers  
Week 12 Quantum error correction codes  
Week 13 Quantum algorithms I  
Week 14 Quantum algorithms II  
Week 15 Quantum supremacy and the future of quantum technologies

Nazwa zajęć: **Spintronika: podstawy i zastosowania**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawowe teorie i modele magnetyzmu (w tym mikroskopowe mechanizmy oddziaływań wymiennych), potrafi scharakteryzować materiały magnetyczne
2. zna i potrafi opisać międzywarstwowe oddziaływanie wymienne oraz zjawisko gigantycznego i tunelowego magnetooporu
3. zna koncepcje i zasady działania pamięci magnetycznych i magnetycznych głowic odczytujących
4. zna definicje prądu spinowego i spinowego momentu siły indukowanego transferem spinu
5. potrafi wyjaśnić proces magnetycznego przełączania i indukowanej prądem spinowym dynamiki magnetycznej
6. zna i potrafi wyjaśnić istotę oddziaływania spin-orbita; potrafi wymienić i opisać typy oddziaływań spinowo-orbitalnych występujących w heterostrukturach półprzewodnikowych (oddz. spin-orbita Rashby, Dresselhausa)
7. zna i potrafi wyjaśnić efekty transportowe indukowane oddziaływaniem spin-orbita (anomalny i spinowy efekt Halla, indukowana prądem polaryzacja spinowa, spinowo-orbitalny moment siły)
8. zna podstawowe koncepcje w elektronice spinowej wykorzystującej topologiczne własności materii (topologiczne izolatory, kwantowe efekty transportowe - kwantowy spinowy i anomalny efekt Halla)
9. potrafi opisać ścianki domenowe i skyrmiony oraz potrafi wskazać ich aplikacje w układach spintronicznych
10. zna podstawowe koncepcje związane ze spintroniką opartą na heterostrukturach van-der-Waalsa oraz na materiałach antyferromagnetycznych i nadprzewodzących
11. zna koncepcję wykorzystania spinu elektronu w informatyce kwantowej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi samodzielnie sformułować i rozwiązać (analitycznie i numerycznie) proste problemy teoretyczne związane z efektami spinowymi w elektronice spinowej
2. posiada umiejętność czytania specjalistycznej literatury z zakresu spintroniki i potrafi na jej podstawie przeprowadzić analizę wybranego zagadnienia opracowywanego w ramach zajęć

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. nabiera umiejętność pracy zespołowej i samokształcenia w oparciu o najnowszą literaturę przedmiotu
2. zna współczesne trendy rozwoju inżynierii materiałowej w kontekście zapotrzebowań elektroniki spinowej

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawowe wiadomości nt. spinu elektronu i magnetyzmu; magnetyzm orbitalny i spinowy, magnetyzm zlokalizowany i wędrowny, rodzaje oddziaływań wymiennych, rodzaje materiałów magnetycznych.

Wykorzystanie własności magnetycznych w konwencjonalnej elektronice (pasywna rola spinu); magnetyczne pamięci, magnetyczne głowice odczytujące

Magnetyczne heterostruktury; międzywarstwowe oddziaływanie wymienne; gigantyczny (GMR) i tunelowy (TMR) magnetoopór; zawory spinowe (aktywna rola spinu)

Zastosowania GMR i TMR w sensorach pola magnetycznego i technologiach informatycznych: głowice odczytujące oparte na zaworach spinowych, magnetyczne pamięci szybko dostępne (MRAM)

Inne układy wykazujące GMR lub TMR; heterostrukтуры półprzewodnikowe; jedno-elektronowa i molekularna elektronika spinowa; magnetyczny tranzystor jednoelektronowy  
Prąd spinowy i spinowy moment siły indukowany transferem spinu; magnetyczne przełączanie i indukowana prądem spinowym magnetyczna dynamika  
Spinowo-orbitalne oddziaływania; spinowy efekt Halla; spinowo-orbitalny moment siły; dynamika magnetyczna indukowana oddziaływaniami spinowo-orbitalnymi  
Nowe kwantowe materiały dla spintroniki: struktury van der Waalsa; izolatory topologiczne; nadprzewodniki  
Niekolinarne struktury magnetyczne w spintronice - skyrmiony i ścianki domenowe  
Spin elektronu jako qubit; konstrukcja bramek logicznych wykorzystujących oddziaływanie wymienne do wykonania procesów kwantowych obliczeń

Nazwa zajęć: **Spintronika: podstawy i zastosowania**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawowe teorie i modele magnetyzmu (w tym mikroskopowe mechanizmy oddziaływań wymiennych), potrafi scharakteryzować materiały magnetyczne
2. zna i potrafi opisać międzywarstwowe oddziaływanie wymienne oraz zjawisko gigantycznego i tunelowego magnetooporu
3. zna koncepcje i zasady działania pamięci magnetycznych i magnetycznych głowic odczytujących
4. zna definicje prądu spinowego i spinowego momentu siły indukowanego transferem spinu
5. potrafi wyjaśnić proces magnetycznego przełączania i indukowanej prądem spinowym dynamiki magnetycznej
6. zna i potrafi wyjaśnić istotę oddziaływania spin-orbita; potrafi wymienić i opisać typy oddziaływań spinowo-orbitalnych występujących w heterostrukturach półprzewodnikowych (oddz. spin-orbita Rashby, Dresselhausa)
7. zna i potrafi wyjaśnić efekty transportowe indukowane oddziaływaniem spin-orbita (anomalny i spinowy efekt Halla, indukowana prądem polaryzacja spinowa, spinowo-orbitalny moment siły)
8. zna podstawowe koncepcje w elektronice spinowej wykorzystującej topologiczne własności materii (topologiczne izolatory, kwantowe efekty transportowe - kwantowy spinowy i anomalny efekt Halla)
9. potrafi opisać ścianki domenowe i skyrmiony oraz potrafi wskazać ich aplikacje w układach spintronicznych
10. zna podstawowe koncepcje związane ze spintroniką opartą na heterostrukturach van-der-Waalsa oraz na materiałach antyferromagnetycznych i nadprzewodzących
11. zna koncepcję wykorzystania spinu elektronu w informatyce kwantowej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi samodzielnie sformułować i rozwiązać (analitycznie i numerycznie) proste problemy teoretyczne związane z efektami spinowymi w elektronice spinowej
2. posiada umiejętność czytania specjalistycznej literatury z zakresu spintroniki i potrafi na jej podstawie przeprowadzić analizę wybranego zagadnienia opracowywanego w ramach zajęć

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. nabiera umiejętność pracy zespołowej i samokształcenia w oparciu o najnowszą literaturę przedmiotu
2. zna współczesne trendy rozwoju inżynierii materiałowej w kontekście zapotrzebowań elektroniki spinowej

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawowe wiadomości nt. spinu elektronu i magnetyzmu; magnetyzm orbitalny i spinowy, magnetyzm zlokalizowany i wędrowny, rodzaje oddziaływań wymiennych, rodzaje materiałów magnetycznych.

Wykorzystanie własności magnetycznych w konwencjonalnej elektronice (pasywna rola spinu); magnetyczne pamięci, magnetyczne głowice odczytujące

Magnetyczne heterostrukтуры; międzywarstwowe oddziaływanie wymienne; gigantyczny (GMR) i tunelowy (TMR) magnetoopór; zawory spinowe (aktywna rola spinu)

Zastosowania GMR i TMR w sensorach pola magnetycznego i technologiach informatycznych: głowice odczytujące oparte na zaworach spinowych, magnetyczne pamięci szybko dostępne (MRAM)

Inne układy wykazujące GMR lub TMR; heterostrukтуры półprzewodnikowe; jedno-elektronowa i molekularna elektronika spinowa; magnetyczny tranzystor jednoelektronowy

Prąd spinowy i spinowy moment siły indukowany transferem spinu; magnetyczne przełączanie i indukowana prądem spinowym magnetyczna dynamika

Spinowo–orbitalne oddziaływania; spinowy efekt Halla; spinowo–orbitalny moment siły; dynamika magnetyczna indukowana oddziaływaniami spinowo-orbitalnymi

Nowe kwantowe materiały dla spintroniki: struktury van der Waalsa; izolatory topologiczne; nadprzewodniki

Niekolinearne struktury magnetyczne w spintronice - skyrmiony i ścianki domenowe

Spin elektronu jako qubit; konstrukcja bramek logicznych wykorzystujących oddziaływanie wymienne do wykonania procesów kwantowych obliczeń

Nazwa zajęć: **Quantum Information and Optics**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. acquires basic knowledge of quantum computer science focused on its optical implementations, within the scope defined by the program content.

**in terms of skills:**

1. develops the ability to solve simple quantum-information problems based on the acquired knowledge, as well as the ability to performing numerical simulations of quantum algorithms.

**in terms of social competences:**

1. develops the skills of self-learning and teamwork.

2. is ready to critically evaluate his/her knowledge and content received, and to consult the knowledge and problems with experts, while trying to maintain independent and critical thinking, using the motto of Richard Feynman: "Science is the belief in the ignorance of experts. When someone says 'science teaches such and such', he is using the word incorrectly. Science doesn't teach it; experience teaches it."

**Treści programowe dla zajęć:**

Week 1 Introduction to quantum optics and quantum information  
Week 2 Quantum interference: paradoxes and applications  
Week 3 Squeezed states and detection of gravitational waves  
Week 4 Schrödinger cat paradox and its applications  
Week 5 Quasiprobabilities and tests of nonclassicality  
Week 6 Quantum entanglement and quantum nonlocality  
Week 7 Quantum teleportation, entanglement swapping, and dense coding  
Week 8 Quantum tomography  
Week 9 Two models of quantum computing via quantum gates and quantum annealing  
Week 10 Superconducting quantum computers  
Week 11 Linear-optical quantum computers  
Week 12 Quantum error correction codes  
Week 13 Quantum algorithms I  
Week 14 Quantum algorithms II  
Week 15 Quantum supremacy and the future of quantum technologies

Nazwa zajęć: **Spintronika: podstawy i zastosowania**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawowe teorie i modele magnetyzmu (w tym mikroskopowe mechanizmy oddziaływań wymiennych), potrafi scharakteryzować materiały magnetyczne

2. zna i potrafi opisać międzywarstwowe oddziaływanie wymienne oraz zjawisko gigantycznego i tunelowego magnetooporu

3. zna koncepcje i zasady działania pamięci magnetycznych i magnetycznych głowic odczytujących

4. zna definicje prądu spinowego i spinowego momentu siły indukowanego transferem spinu

5. potrafi wyjaśnić proces magnetycznego przełączania i indukowanej prądem spinowym dynamiki magnetycznej

6. zna i potrafi wyjaśnić istotę oddziaływania spin-orbita; potrafi wymienić i opisać typy oddziaływań spinowo-orbitalnych występujących w heterostrukturach półprzewodnikowych (oddz. spin-orbita Rashby, Dresselhausa)

7. zna i potrafi wyjaśnić efekty transportowe indukowane oddziaływaniem spin-orbita (anomalny i spinowy efekt Halla, indukowana prądem polaryzacja spinowa, spinowo-orbitalny moment siły)

8. zna podstawowe koncepcje w elektronice spinowej wykorzystującej topologiczne własności materii (topologiczne izolatory, kwantowe efekty transportowe - kwantowy spinowy i anomalny efekt Halla)

9. potrafi opisać ścianki domenowe i skyrmiony oraz potrafi wskazać ich aplikacje w układach spintronicznych

10. zna podstawowe koncepcje związane ze spintroniką opartą na heterostrukturach van-der-Waalsa oraz na materiałach antyferromagnetycznych i nadprzewodzących

11. zna koncepcję wykorzystania spinu elektronu w informatyce kwantowej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi samodzielnie sformułować i rozwiązać (analitycznie i numerycznie) proste problemy teoretyczne związane z efektami spinowymi w elektronice spinowej



2. posiada umiejętność czytania specjalistycznej literatury z zakresu spintroniki i potrafi na jej podstawie przeprowadzić analizę wybranego zagadnienia opracowywanego w ramach zajęć

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. nabiera umiejętność pracy zespołowej i samokształcenia w oparciu o najnowszą literaturę przedmiotu

2. zna współczesne trendy rozwoju inżynierii materiałowej w kontekście zapotrzebowań elektroniki spinowej

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawowe wiadomości nt. spinu elektronu i magnetyzmu; magnetyzm orbitalny i spinowy, magnetyzm zlokalizowany i wędrowny, rodzaje oddziaływań wymiennych, rodzaje materiałów magnetycznych.

Wykorzystanie własności magnetycznych w konwencjonalnej elektronice (pasywna rola spinu); magnetyczne pamięci, magnetyczne głowice odczytujące

Magnetyczne heterostrukтуры; międzywarstwowe oddziaływanie wymienne; gigantyczny (GMR) i tunelowy (TMR) magnetoopór; zawory spinowe (aktywna rola spinu)

Zastosowania GMR i TMR w sensorach pola magnetycznego i technologiach informatycznych: głowice odczytujące oparte na zaworach spinowych, magnetyczne pamięci szybko dostępne (MRAM)

Inne układy wykazujące GMR lub TMR; heterostrukтуры półprzewodnikowe; jedno-elektronowa i molekularna elektronika spinowa; magnetyczny tranzystor jednoelektronowy

Prąd spinowy i spinowy moment siły indukowany transferem spinu; magnetyczne przełączanie i indukowana prądem spinowym magnetyczna dynamika

Spinowo-orbitalne oddziaływania; spinowy efekt Halla; spinowo-orbitalny moment siły; dynamika magnetyczna indukowana oddziaływaniami spinowo-orbitalnymi

Nowe kwantowe materiały dla spintroniki: struktury van der Waalsa; izolatory topologiczne; nadprzewodniki

Niekolinearne struktury magnetyczne w spintronice - skyrmiony i ścianki domenowe

Spin elektronu jako qubit; konstrukcja bramek logicznych wykorzystujących oddziaływanie wymienne do wykonania procesów kwantowych obliczeń

Nazwa zajęć: **Quantum Information and Optics**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. acquires basic knowledge of quantum computer science focused on its optical implementations, within the scope defined by the program content.

**in terms of skills:**

1. develops the ability to solve simple quantum-information problems based on the acquired knowledge, as well as the ability to performing numerical simulations of quantum algorithms.

**in terms of social competences:**

1. develops the skills of self-learning and teamwork.

2. is ready to critically evaluate his/her knowledge and content received, and to consult the knowledge and problems with experts, while trying to maintain independent and critical thinking, using the motto of Richard Feynman: "Science is the belief in the ignorance of experts. When someone says 'science teaches such and such', he is using the word incorrectly. Science doesn't teach it; experience teaches it."

**Treści programowe dla zajęć:**

Week 1 Introduction to quantum optics and quantum information Week 2 Quantum interference:

paradoxes and applications Week 3 Squeezed states and detection of gravitational waves Week 4

Schrödinger cat paradox and its applications Week 5 Quasiprobabilities and tests of

nonclassicality Week 6 Quantum entanglement and quantum nonlocality Week 7 Quantum teleportation,

entanglement swapping, and dense coding Week 8 Quantum tomography Week 9 Two models of

quantum computing via quantum gates and quantum annealing Week 10 Superconducting quantum

computers Week 11 Linear-optical quantum computers Week 12 Quantum error correction codes Week

13 Quantum algorithms I Week 14 Quantum algorithms II Week 15 Quantum supremacy and the future

of quantum technologies

Nazwa zajęć: **Spintronika: podstawy i zastosowania**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna podstawowe teorie i modele magnetyzmu (w tym mikroskopowe mechanizmy oddziaływań wymiennych), potrafi scharakteryzować materiały magnetyczne

2. zna i potrafi opisać międzywarstwowe oddziaływanie wymienne oraz zjawisko gigantycznego i tunelowego magnetooporu
3. zna koncepcje i zasady działania pamięci magnetycznych i magnetycznych głowic odczytujących
4. zna definicje prądu spinowego i spinowego momentu siły indukowanego transferem spinu
5. potrafi wyjaśnić proces magnetycznego przełączania i indukowanej prądem spinowym dynamiki magnetycznej
6. zna i potrafi wyjaśnić istotę oddziaływania spin-orbita; potrafi wymienić i opisać typy oddziaływań spinowo-orbitalnych występujących w heterostrukturach półprzewodnikowych (oddz. spin-orbita Rashby, Dresselhausa)
7. zna i potrafi wyjaśnić efekty transportowe indukowane oddziaływaniem spin-orbita (anomalny i spinowy efekt Halla, indukowana prądem polaryzacja spinowa, spinowo-orbitalny moment siły)
8. zna podstawowe koncepcje w elektronice spinowej wykorzystującej topologiczne własności materii (topologiczne izolatory, kwantowe efekty transportowe - kwantowy spinowy i anomalny efekt Halla)
9. potrafi opisać ścianki domenowe i skyrmiony oraz potrafi wskazać ich aplikacje w układach spintronicznych
10. zna podstawowe koncepcje związane ze spintroniką opartą na heterostrukturach van-der-Waalsa oraz na materiałach antyferromagnetycznych i nadprzewodzących
11. zna koncepcję wykorzystania spinu elektronu w informatyce kwantowej

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi samodzielnie sformułować i rozwiązać (analitycznie i numerycznie) proste problemy teoretyczne związane z efektami spinowymi w elektronice spinowej
2. posiada umiejętność czytania specjalistycznej literatury z zakresu spintroniki i potrafi na jej podstawie przeprowadzić analizę wybranego zagadnienia opracowywanego w ramach zajęć

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. nabiera umiejętność pracy zespołowej i samokształcenia w oparciu o najnowszą literaturę przedmiotu
2. zna współczesne trendy rozwoju inżynierii materiałowej w kontekście zapotrzebowań elektroniki spinowej

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawowe wiadomości nt. spinu elektronu i magnetyzmu; magnetyzm orbitalny i spinowy, magnetyzm zlokalizowany i wędrowny, rodzaje oddziaływań wymiennych, rodzaje materiałów magnetycznych.

Wykorzystanie własności magnetycznych w konwencjonalnej elektronice (pasywna rola spinu); magnetyczne pamięci, magnetyczne głowice odczytujące

Magnetyczne heterostruktury; międzywarstwowe oddziaływanie wymienne; gigantyczny (GMR) i tunelowy (TMR) magnetoopór; zawory spinowe (aktywna rola spinu)

Zastosowania GMR i TMR w sensorach pola magnetycznego i technologiach informatycznych: głowice odczytujące oparte na zaworach spinowych, magnetyczne pamięci szybko dostępne (MRAM)

Inne układy wykazujące GMR lub TMR; heterostruktury półprzewodnikowe; jedno-elektronowa i molekularna elektronika spinowa; magnetyczny tranzystor jednoelektronowy

Prąd spinowy i spinowy moment siły indukowany transferem spinu; magnetyczne przełączanie i indukowana prądem spinowym magnetyczna dynamika

Spinowo-orbitalne oddziaływania; spinowy efekt Halla; spinowo-orbitalny moment siły; dynamika magnetyczna indukowana oddziaływaniami spinowo-orbitalnymi

Nowe kwantowe materiały dla spintroniki: struktury van der Waalsa; izolatory topologiczne; nadprzewodniki

Niekolinearne struktury magnetyczne w spintronice - skyrmiony i ścianki domenowe

Spin elektronu jako qubit; konstrukcja bramek logicznych wykorzystujących oddziaływanie wymienne do wykonania procesów kwantowych obliczeń

**Fizyka specjalność Physics of Advanced Materials for Energy Processing)**

Poziom studiów: **studia drugiego stopnia**

Nazwa zajęć: **Sunlight energy conversion**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. can describe the principles of operation of basic solar cells and solar fuel devices.
2. is able to clarify the physical origins of the efficiency limits in sunlight energy conversion.

3. can explain the use of nanomaterials and hybrid organic-inorganic composites in novel sunlight conversion devices.

**in terms of skills:**

1. can recognize experimental instrumentation for basic and more advanced characterization of solar cells.

**in terms of social competences:**

1. is able to compare different kinds of solar cells.

**Treści programowe dla zajęć:**

The operation of silicon, thin films and multi-junction solar cells.

Systems used for solar fuels, especially water splitting devices.

The physical origins of efficiency limits in solar cell and solar fuel devices.

Emerging photovoltaic systems: organic, quantum dot, dye-sensitized and perovskites solar cells.

The role of nanomaterials and hybrid organic-inorganic composites in solar cells and solar fuel devices.

Experimental techniques used to study solar cell devices, including time-resolved spectroscopy.

**Nazwa zajęć: Signal and Energy Processing in Nanopatterned Materials**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. (i) discusses the relationship between the period of 1D structure and the size of the first Brillouin zone, (ii) explains the meaning of wave vector.

2. (i) presents and discuss the solutions of 1D Schrodinger equation in a homogeneous medium (plane wave) and periodic medium (Bloch wave), (ii) explains the appearance of the energy gaps in the spectrum of periodic structure.

3. presents the principle of working for tandem solar cell and intermediate band solar cells.

4. formulates the wave equations for TM and TE polarized electromagnetic waves in photonic crystals and discuss the differences between both polarizations.

5. (i) defines the group and phase velocity, explain the relation of these parameters to the isofrequency contours of 2D dispersion relation, (ii) discusses: the Snell law at the interface of two isotropic materials, and the refraction from right-handed to left-handed metamaterial.

**in terms of skills:**

1. constructs the 2D reciprocal lattices and the first Brillouin zone for square lattice and triangular lattice.

2. derives the dispersion relation for elastic longitudinal waves in mono-atomic chain.

3. browses (alone and in the group) the English literature to prepare the case study devoted to a particular scientific problem concerning the wave excitations in periodically patterned structures.

**in terms of social competences:**

1. (i) presents the results of scientific research in the form of oral presentation, (ii) participates in the scientific discussion accompanying the presentation of results.

**Treści programowe dla zajęć:**

Description of periodic structures in real and reciprocal space.

Dispersion relation for Bloch waves.

Electronic states in semiconductor superlattices; tandem and intermediate band solar cells.

Photonic crystals and phononic crystals.

**Nazwa zajęć: Laboratory of experimental techniques**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the principles of selected optical spectroscopic and microscopic methods.

2. knows the principles of selected resonance spectroscopic methods (e.g. NMR, EPR).

3. knows the principles of selected methods of layers deposition.

4. knows the principles of operation of basic electronic elements.

**in terms of skills:**

1. is able to analyze the results of experiments and prepare a report.

**Treści programowe dla zajęć:**

Use (or preparation of) several solid state samples for the measurements using stationary absorption and optical microscopy.

Use (or preparation of) several solid state samples for the measurements using NMR and/or EPR spectroscopy.

Basic experiments with electronic elements.

**Nazwa zajęć: Down- and up-conversion in nanomaterials**

**On successful completion of this course, a student  
in terms of knowledge:**

1. Know synthesis and functionalization methods of advanced nanostructures
2. Have a knowledge about spectroscopic properties of lanthanide ions
3. Understand the mechanisms responsible for the luminescence in lanthanide-doped nanomaterials
4. Know techniques necessary for characterization of nanomaterials
5. Know the necessary properties of nanomaterials required for applications in biomedicine, lighting and energy conversion

**in terms of skills:**

1. is able to design materials containing lanthanide ions for energy conversion purposes
2. knows which techniques and why should be used for the analysis of photophysical properties of luminescent materials
3. will be able to predict the factors affecting the quality of the conversion of radiation into energy
4. can use literature sources

**in terms of social competences:**

1. is aware of the importance of rare earth elements in science, modern technologies and energy conversion applications
2. can use the literature to gain current knowledge on a given topic
3. has the ability to work in a team, discuss research problems and clearly present their results and conclusions

**Treści programowe dla zajęć:**

Basics of lanthanides photo-physical properties

Mechanisms of luminescence in lanthanide-doped nanomaterials

Down-conversion and down-shifting in nanomaterials containing lanthanide ions

Up-conversion of nanomaterials containing lanthanide ions

“Wet” chemical synthesis of lanthanide-doped nanomaterials: thermolysis and hydro(solvo)thermal strategies

Enhancement of emission properties of nanomaterials: core/shell nanoparticles

Functionalization and surface modification of nanoparticles

Spectroscopic and structural characterisation techniques of lanthanide-doped nanomaterials

Upconversion nanoparticles for biomedical applications

Upconversion nanoparticles for photovoltaic cells

Nazwa zajęć: **Magnetism and Magnetic Materials**

**On successful completion of this course, a student  
in terms of knowledge:**

1. Knows the principles of electromagnetic and magnetostatic principles related to the magnetic field and magnetic materials. Knows the basic equations describing magnetostatic potential and magnetic field distribution.
2. Knows the main directions of development of research and technologies related to magnetism and their contribution to the generation and saving of electricity.
3. Knows the basic principles of experimental methods used to study magnetic materials and the dynamics of magnetization and is able to indicate their limitations.
4. Knows selected topics of the current research in magnetism, and can explain their main principles, e.g., artificial spin ice, magnonics, and magnetic cellular quantum automata.
5. Knows the different types of magnetic materials, stable magnetization arrangement, magnetization textures that exist in solids, the types of interactions responsible for their stabilization, and the models for describing them.
6. Knows selected topics of the current research in magnetism, and can explain their main principles, e.g., artificial spin ice, magnonics, magnetic cellular quantum automata.

**in terms of skills:**

1. Uses the basic theoretical models to describe qualitatively interactions existing in magnetic materials, can identify different energy terms, and can describe magnetic properties related to these interactions.
2. Can identify the types of interactions responsible for the stabilization of different magnetization textures.
3. Demonstrates the reading of research articles with understanding and ability to present the outcomes, summary, and importance of research in writing.
4. Can formulate a research problem and indicate the method and basic methodological approach to its solution.

**Treści programowe dla zajęć:**

Overview of magnetism, magnetic materials, and the current topics of research and technology development.

Basic laws of magnetostatics and electrodynamics related to magnetism, magnetic field, magnetostatic potential, magnetic moment, magnetic dipole, magnetization, and magnetic torque. Exemplary applications of permanent magnets and soft magnets.

Magnetic materials: paramagnetism, ferromagnetism/antiferromagnetism and diamagnetism. Fundamental concepts of magnetism, interactions in magnetic materials, and complexity.

Remagnetization process in ferromagnetic materials, single-domain grains, hysteresis, complex magnetization textures, open questions, and actual investigations: super-paramagnets and super-ferromagnets, artificial spin-ice systems, frustration, and stability.

Fundamentals: the origin of magnetism in solids, theoretical models and numerical methods used in computations of the properties of magnetic materials, micromagnetic approach.

Magnetic domains: types and interactions determining their stability.

Experimental methods for characterization of magnetic materials, magnetization textures, and magnetization dynamics. Current trends and needs.

Magnetization dynamics, micromagnetism, Landau-Lifshitz equation, damping.

Magnonics, wave phenomena in ferromagnets and antiferromagnets, spin wave dynamics in thin films, characteristic dispersion relationships, detection techniques and possible applications.

**Nazwa zajęć: Introduction to metamaterials, plasmonics, and photonic crystals**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. lists the main types and explain the underlying physics of metamaterials in different parts of electromagnetic spectrum
2. can explain the origin and specifics of the main physical scenarios and functionality achievable in unitary and gradient metasurfaces
3. explains the basic physical principles, advantages, and restrictions for the selected types of plasmonic structures
4. can explain the basics of one- and two-dimensional photonic crystals
5. describes the specifics of the selected materials in the connection with metamaterials/metasurfaces

**in terms of skills:**

1. can select a proper class of the structures and list the basic design features depending on the required application
2. can properly select or refine a proper physical and/or mathematical model to solve a particular problem
3. perform a comparative analysis of two or more different routes to the same functionality

**Treści programowe dla zajęć:**

Introduction to metamaterials

Metasurfaces -- quasiplanar functional metamaterials

Specifics of choice of materials and design principles of metamaterials/metasurfaces in different parts of electromagnetic spectrum

Basics of plasmonic structures (incl. plasmonic metasurfaces), surface plasmons, localized surface plasmons

One- and two-dimensional photonic crystals, photonic-crystal slabs, recent trends

**Nazwa zajęć: Electric and thermoelectric transport at the nanoscale**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the basic trends in nanoscience and quantum effects that emerge in transport through nanostructures
2. knows the role of nanotechnology in the development of civilization
3. knows the basic formalism describing electric and thermoelectric transport in nanostructures

**in terms of skills:**

1. is able to study the transport properties of nanostructures using simple models and methods

**in terms of social competences:**

1. is ready to discuss contemporary challenges of modern nanoscale technologies

**Treści programowe dla zajęć:**

Introduction: Electric and thermoelectric properties: classical versus quantum

Quantum interference effects in low-dimensional systems, transmission through a double tunnel barrier, Breit-Wigner formula

Scattering theory for electric and thermoelectric transport. Landauer formula  
Linear response theory: Seebeck coefficient, heat conductance and thermoelectric figure of merit.  
Thermoelectricity as a probe of correlations in nanoscale systems, nanoscale heat engines  
Single-electron charging effects, Coulomb blockade, Kondo effect

Nazwa zajęć: **Brillouin scattering**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. Student knows the Coulomb and magnetic interactions and their applications in spectroscopy.
2. Student knows Brillouin scattering -theory and experimental setup
3. Student knows the ideas of fabrication nanostructures and their limitations
4. Student acquires the knowledge of phonon, magnon and their interaction in experiment.

**in terms of skills:**

1. The student has the necessary knowledge to analyze the measurement results.
2. The student is able to obtain information from available literature and databases and other sources. In addition, he can use the information obtained so to analyze the experimental results and draw simple conclusions.

**in terms of social competences:**

1. The student is ready for solving physical problems independently as well as in collaboration team.
2. The student is aware of the importance of condensed matter physics in society and its impact to individual sectors of the economy.

**Treści programowe dla zajęć:**

Dynamic in solid state

Fabrication of the samples - 1D, 2D 3D nanostructures

Kind of waves in solid state physics - surface acoustic waves and spin waves

Brillouin spectroscopy - theory and experiment

Phonons, magnons and their interaction - experimental part

Nazwa zajęć: **Physical properties of 1D and 2D materials and their application in low energy consuming electronic devices - part 1**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. Will get knowledge about recent development on fabrication of low dimensional materials, their properties and their applications in low energy consuming devices.

**in terms of skills:**

1. Will be able to match materials to selected applications and discuss phenomena most suitable for the applications.

**Treści programowe dla zajęć:**

Basics of solid state. Observation of quantum phenomena in solids as a result of dimension reduction.

The effect of the dimension reduction on charge and phonon transport in solids.

Nazwa zajęć: **Thermodynamics of electrolyte solutions**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. can explain terms such as thermal, mechanical and diffusive equilibrium, entropy, temperature, pressure and chemical potential.
2. can explain terms such as microcanonical ensemble, canonical ensemble, grand canonical ensemble, the Helmholtz free energy, the grand canonical potential.
3. understands terms such as perfect and real solutions, chemical potential of solutes in solutions, fugacity, activity.
4. can explain electrolytic dissociation, electrolytes (strong, weak), the laws of electrostatics.
5. can explain the Poisson-Boltzmann equation.
6. can explain the Stern layer.

**in terms of skills:**

1. can calculate the internal energy, the entropy, the Helmholtz free energy, the pressure, the chemical potential and the equation of state of ideal gases and mixtures of ideal gases.
2. can solve the Poisson-Boltzmann equation for electrolytes at charged surfaces.
3. is able to derive the Debye-Hueckel theory of electrolytes.

**Treści programowe dla zajęć:**

Thermal, mechanical and diffusive equilibrium, entropy, temperature, pressure, chemical potential.

Microcanonical, canonical, grand canonical ensembles, the Helmholtz free energy, the grand canonical potential .

The internal energy, the entropy, the Helmholtz free energy, the pressure, the chemical potential, the equation of state of ideal gases and their mixtures.

Perfect and real solutions, the chemical potential of solutes in solutions, fugacity, activity.

The Poisson-Boltzmann equation, The Poisson-Boltzmann equation for electrolytes at charged surfaces.

The Debye-Hueckel theory of electrolytes.

**Nazwa zajęć: Fabrication and analysis of surface nanostructures I**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. Will learn how to operate a scanning electron microscope and an e-beam lithography unit.

**in terms of skills:**

1. Will learn the basics of an electron beam lithography technique.

**Treści programowe dla zajęć:**

Basics of the electron beam lithography.

**Nazwa zajęć: Voltammetry and chronoamperometry of materials for sunlight energy conversion**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows how to perform the measurements of electrodes in three-electrode configuration using the potentiostat and LED illumination.

2. knows how to determine the open circuit voltage, redox potential of the materials and photocurrent decay of the electrodes at different illumination wavelength and intensity.

**in terms of skills:**

1. is able to prepare electrodes for voltammetry and chronoamperometry measurements.

2. can prepare a written report on the characterization of electrodes for sunlight energy conversion.

**Treści programowe dla zajęć:**

Preparation of electrodes with photocatalytic or photovoltaic properties.

Setting the voltammetry and chronoamperometry measurements in three-electrode configuration.

Operation of potentiostat and LED illumination sources.

Learning how to extract open circuit voltage and redox potentials from the measured data, how to present the materials current response as a function of illumination intensity and wavelength, and how to prepare a report on electrode characterization.

**Nazwa zajęć: Focused Ion Beam technique**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. will have essential experience in the operation and maintenance of Focused Ion Beam apparatus

2. will have practical experience in sample preparation for Transmission Electron Microscopy imaging on a Focused Ion Beam

3. will have practical experience in designing and fabricating periodic microstructures with the use of a Focused Ion Beam

**in terms of skills:**

1. the essential operation of the Focused Ion Beam apparatus, e.g., sample mounting, beam calibration and adjustment, stage navigation

2. sample preparation for Transmission Electron Microscopy

3. designing and fabrication of periodic microstructures on Si substrates with the use of a Focused Ion Beam and Xenos Exposure Control Program

**Treści programowe dla zajęć:**

Introduction to the Focused Ion Beam technique.

Sample preparation for a Transmission Electron Microscopy.

Designing and fabrication of periodic microstructures.

**Nazwa zajęć: Introduction to computational studies of electronic structure of nanosystems**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the mathematical formulation of the first principles approaches and basic theorems upon which the methods are based

2. knows the methodology of various ab initio computational packages

**in terms of skills:**

1. is able to understand physical theoretical concepts used in computational methods of electronic structure of matter
2. can evaluate the computational methods as concerns their scope and effectiveness, precision and complexity and to make a proper choice of a method to use for the specific research problem
3. is able to practically use the computational package of choice to study the electronic structure of simple nanostructures and analyze the results of the computations in physical terms

**in terms of social competences:**

1. can explain the role of ab initio methods in physics to people outside the field

**Treści programowe dla zajęć:**

A review of fundamental interactions relevant for the electronic structures of atoms, molecules and condensed matter systems.

A concept of electronic correlations.

A formulation of basic principles of the Hartree-Fock method and the density functional theory (within the self-consistent approach).

Various choices of basis of functions in first principles approaches.

The pseudopotential method.

Methods of optimizing the spatial structures of molecules and condensed systems: molecular dynamics, conjugate gradients methods.

Lattice dynamics - harmonic approximation and anharmonicity.

Overview of available implementations of first principles approaches (SIESTA, Quantum Espresso, Abinit, VASP, Wien2k).

Detailed analysis of simple case studies performed with a help of the selected computational packages (including nanosystems modelling).

Nazwa zajęć: **Introduction to neutron scattering**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. understands and knows neutron scattering method according to the plan of the course.

**in terms of skills:**

1. can understand the specialized lecture given in English

**Treści programowe dla zajęć:**

Neutron properties, basic theory of neutron scattering,

Elastic (neutron diffraction), quasielastic and inelastic neutron scattering (neutron spectroscopy)

Neutron scattering facilities and productions of neutrons

Neutron detection, instrumentations and instrument components of spectrometers, diffractometers and reflectometers

Methodology of measurements and access to neutron facilities

The comparison of neutron scattering with complementary spectroscopic methods, like Xray diffraction, infrared absorption, dielectric and NMR spectroscopy

Examples of using neutron methods in condensed physics and soft matter, in particular: in materials for energy conversion and energy storage, ionic and conducting systems, fuel cell, thin films, nanocomposites, porous systems, photovoltaic systems, biological systems, membranes, proteins, etc.

Nazwa zajęć: **Preparation and characterization of solar cells**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows how to fabricate dye-sensitized and/or perovskite solar cell.
2. knows the operation of basic experimental instrumentation used for the characterization of solar cells.
3. knows how to calculate the photovoltaic parameters from current-voltage curves.

**in terms of skills:**

1. will be able to prepare a written report on the solar cell characterization based on the measured data

**Treści programowe dla zajęć:**

Fabrication of dye-sensitized and/or perovskite solar cell.

Measurements of C-V curves and IPCE spectra of solar cells as well as the absorbance of the active material.

Explanation how to calculate basic photovoltaic parameters (short circuit current, open circuit voltage, fill factor, total efficiency, quantum efficiency) from the measured data and how to prepare a report on solar cell characterization.



**Nazwa zajęć: Liquids in confinement; the novel phases of substances in nanopores**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. The student will be able to apply the obtained knowledge in the range of searching for new materials and technologies
2. The student will be able to understand the basic issues related to the formation of nanophases in nanoporous matrices
3. The student will be able to choose the appropriate experimental techniques suitable for elucidation of exploration problems,
4. The student will be able to perform experiments and analyze the obtained results. The student will also be able to determine the uncertainties of the experiments
5. The student will be able to compare the obtained experimental results with descriptions existing in the literature

**in terms of skills:**

1. The student will be able to make a proper presentation of the obtained results
2. The student will be able to prepare the scientific poster or conference presentation
3. The student will be able to actively participate in scientific discussions

**in terms of social competences:**

1. The student should be able to cooperate well with the research team
2. The student has the ability to critically analyze their results and expand their knowledge

**Treści programowe dla zajęć:**

Structure and characterization of some nanoporous matrices (silica pores: MCM-41, SBA-15, Controlled Pore Glasses and nanocarbon pores: activated carbon fibres, nanotubes, ordered nanocarbons materials: CMK-3, CMK-8, functionalized nanoporous materials and MOF using Scanning Probe Microscopy techniques (STM, AFM and related techniques)

The influence of the fluid-wall / fluid-fluid interactions on the nanophases formation confined in porous systems., 2D melting effects of the substances confined in nanopores studied by dielectric and DSC methods

Wetting properties of the liquids on walls of the nanopores; influence of pore roughness on the adhesion processes measured by Tensiometric Techniques, analysis of the wetting mechanism (Wenzel or Cassie-Baxter models) of liquids in pores.

Surface-driven high pressure processing effects in nanopores deformation of the pore walls –those effects will be analysed using Raman Spectroscopy, FTIR and WAXS methods. The quasi-high pressure effects in nanopores are recently considered in the literature

Investigation of the melting phenomenon of the ionic liquid confined in carbon nanoporous matrices using the dielectric method

Discussion and comparison of the results of experimental methods used for the analysis of the properties of confined nanophases: WAXS, Neutron Diffraction, Dielectric and Raman Spectroscopy, Dielectric Saturation (NDE), Tensiometric Techniques, Scanning Probe Microscopy (STM, AFM and related techniques)

Preparing a preliminary report on the performed experimental research (possibility of presentation in the form of a poster)

**Nazwa zajęć: Electron microscopy**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. a student will be able to explain the theoretical aspects of electron beam
2. a student will be able to explain types of interaction of electrons with matter
3. a student will be able to describe construction and function of particular parts of electron microscopes

**in terms of skills:**

1. a student will be able to conduct simple experiment of imaging and diffraction

**Treści programowe dla zajęć:**

Generating electron beam, microscope alignment

Sample preparation using various techniques

Image acquisition and processing

Analysis of data using dedicated software

**Nazwa zajęć: Time-resolved absorption measurements**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the basis of experimental set-ups to measure changes in UV-vis absorption
2. knows how to characterize photophysical properties of the samples

**in terms of skills:**

1. knows to perform fitting of the kinetic models to time-resolved absorption traces
2. is able to use the English language in the field of optical spectroscopy and photophysics

**Treści programowe dla zajęć:**

1. Operation of pulsed lasers
2. Subpicosecond transient absorption, nanosecond laser flash photolysis, LED induced transient absorption
3. Fitting of the kinetic models to time-resolved absorption traces

Nazwa zajęć: **Specialized English**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of skills:**

1. can read and understand articles/scientific texts in English and select information relevant to research as part of the master's thesis
2. can speak fluently in English and discuss scientific topics in English
3. can write short scientific texts, summaries, etc. in English
4. speak about and describe various areas of Physics in English

**Treści programowe dla zajęć:**

Analysis of summaries (formulation of summaries, performing various grammar and lexical exercises based on ready-made summaries)

Conversational exercises (conversation topics closely related to the area of physics and biophysics)

Grammar and lexical exercises aimed at improving language competences at an advanced level, used in writing scientific texts

Analysis of publications, scientific texts and performing grammar and lexical exercises closely related to the content of the analyzed publication

Preparing oral speeches - presentations on topics closely related to Physics.

Nazwa zajęć: **External practices (4 weeks)**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. understands the principles of occupational health and safety related to the dissertation work.

**in terms of skills:**

1. can cooperate in the company or research group using the knowledge of physics of materials and energy processing.
2. can use the specialized equipment or advanced methodology in the company or research group.

**in terms of social competences:**

1. is ready to perform professional roles in the company or research group.
2. is ready to use his/her knowledge or ask for the professional advice to solve the problems in the company or the research group.

**Treści programowe dla zajęć:**

Internship in a R&D company or a research group.

Nazwa zajęć: **Coarse-grained Monte Carlo simulations of polymers**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. can explain the basic concepts used to describe the conformational properties of polymers.
2. can explain the main idea behind the Monte Carlo method and the Metropolis algorithm.
3. can explain the concept of coarse graining and the main features of the bond fluctuation model in relation to Monte Carlo simulations of polymers.

**in terms of skills:**

1. is able to write his/her own computer program to carry out Monte Carlo simulations based on the Metropolis acceptance probability.
2. is able to write his/her own computer program to carry out numerical integration based on the Monte Carlo method.

**Treści programowe dla zajęć:**

The Monte Carlo method.

The Metropolis algorithm.

Applications of the Monte Carlo method (numerical integration, hard spheres, soft spheres, Ising systems).

The bond fluctuation model.

Introduction to polymer physics.

**Nazwa zajęć: Fabrication and analysis of surface nanostructures II**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. has basic practical knowledge on operation and maintenance of an ultra-high vacuum chamber.
2. has practical knowledge on deposition of thin metallic films with the use of electron-beam thermal deposition technique.

**in terms of skills:**

1. is able to prepare samples and identify apparatus parameters for thin film deposition.
2. is able to perform basic characterization of obtained thin films with the use of AFM technique.

**in terms of social competences:**

1. Is able to cooperate in the deposition process under supervision of experienced lab technician.

**Treści programowe dla zajęć:**

Operation of vacuum pumps, valves and gauges—obtaining and maintaining of ultra-high vacuum.

Operation of electron-beam thermal evaporation equipment and quartz balance-deposition of thin metallic films and multilayers with specific thickness.

Imaging and determination of roughness and thickness of thin films with AFM technique.

**Nazwa zajęć: Spectroscopic characterization of down- and up-converting nanomaterials**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. know techniques necessary for characterization of luminescent materials
2. have a knowledge about spectroscopic properties of lanthanide ions
3. understand the mechanisms responsible for the luminescence in lanthanide-doped nanomaterials
4. is able to characterize luminescent properties of materials using a spectrofluorometer and lasers as excitation source

**in terms of skills:**

1. is able to design materials containing lanthanide ions for energy conversion purposes
2. knows which techniques and why should be used for the analysis of photophysical properties of luminescent materials
3. knows the procedures and safety regulations on laser laboratory
4. can use software for data analysis

**in terms of social competences:**

1. is aware of the importance of rare earth elements in science, modern technologies and energy conversion applications
2. has the ability to work in a team, discuss research problems and clearly present their results and conclusions

**Treści programowe dla zajęć:**

Mechanisms of luminescence in lanthanide-doped nanomaterials in connection to spectroscopic equipment

Technical aspects of equipment necessary for emission measurements

Measurements of luminescence excitation and emission spectra of samples showing down- or up-conversion phenomenon

Determination of emission mechanisms and processes taking place in selected samples on the basis of luminescence decays and luminescence power dependencies measurements

Analysis of obtained data and introduction to spectroscopic properties reporting

**Nazwa zajęć: Nuclear magnetic resonance**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. understands and knows NMR method according to the plan of the course.

**in terms of skills:**

1. can understand the specialized course given in English

**Treści programowe dla zajęć:**

Course learning content: basic theory of NMR the construction of NMR spectrometers measuring of the shape of NMR lines and T1 relaxation times

**Nazwa zajęć: Micromagnetic simulations**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. Student knows basic problems of static properties of magnetic systems
2. Student knows the basics of magnetization dynamics and spin waves.
3. Student knows the basics of time and position dependent signal processing using Fast Fourier Transforms.

**in terms of skills:**

1. Student is able to use the Python programming language and jupyter-lab environment for the analysis of scientific data.
2. Student is able to numerically determine the static magnetic configuration and the hysteresis loop.
3. Student can study the resonant response of ferromagnetic systems.
4. Student can study the fundamentals of spin wave dynamics

**Treści programowe dla zajęć:**

Simulate equilibrium magnetic configurations and calculate hysteresis loops.

Determine resonant frequencies and visualize corresponding mode profiles in magnetic systems.

To study the propagation of spin waves and to determine the dispersion relation of spin waves.

Execution of individual projects on current topics in magnetization dynamics and/or spin wave dynamics, using all theoretical and practical knowledge acquired during the course.

**Nazwa zajęć: Molecular dynamics simulations – part II**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. understands and knows MD simulations method according to the plan of the course.

**in terms of skills:**

1. can understand the specialized course given in English.

**Treści programowe dla zajęć:**

The preparation of input data for MD simulations for complex systems (including configuration files, force field files, files with parameters controlling simulations) Simulations in different ensembles (NPT, NVT) Different force fields for water molecules Methods of minimization of simulated systems Advanced analysis of structural and dynamical properties of simulated systems obtained data (e.g. visualization the trajectory):

- structural properties, e.g. pair correlation functions, radial distribution functions)

- dynamical properties (angular correlation functions, diffusion coefficients in 2 and 3 dimensions)

**Nazwa zajęć: X-ray diffraction and Differential Scanning Calorimetry**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. know how what is and how to describe the crystal lattice
2. explain the theoretical background of x-ray diffraction
3. describe the construction of a typical X-ray diffractometer and the operating principle of the device
4. explain the theoretical background of the DSC technique
5. describe the construction of a Differential Scanning Calorimeter (DSC 8000, and others) and the operating principle of the device

**in terms of skills:**

1. be able to plan the diffraction experiment, choose a proper method
2. be able to plan the calorimetric experiment, choose a proper method
3. prepare various types of measurement samples (XDR and DSC)
4. have the skills allowing to interpret the results of X-ray and DSC results

**Treści programowe dla zajęć:**

History of crystallography. Current/modern devices.

DSC, what is it? History/current devices.

Measurement techniques in XRD, DSC.

X-ray and DSC in practice.

**Nazwa zajęć: Functional nanomaterials and photocatalysis**

**On successful completion of this course, a student in terms of knowledge:**

1. On successful completion of this course, a student will be able to describe the basic principles of photocatalysis (thermodynamics, kinetics, mass transfer, electron transfer and reaction mechanisms); give examples of photocatalytic reactions and its applications
2. On successful completion of this course, a student will be able to explain the basic characteristics of semiconductor / electrolyte interfaces and processes related to photocatalysis
3. On successful completion of this course, a student will be able to describe and compare energy efficiencies of the semiconductor nanomaterials and plasmon-based nanocomposites in photocatalysis
4. On successful completion of this course, a student will be able to be acquainted with experimental techniques for investigation of semiconductor / electrolyte interfaces under light irradiation as well as be able to explain one of these techniques in detail

**in terms of skills:**

1. On successful completion of this course, a student will be able to explain the basic characteristics of semiconductor / electrolyte interfaces and processes related to photocatalysis

**Treści programowe dla zajęć:**

Principles of semiconductors and semiconductor surfaces  
Principles of solid state photoelectrochemistry and photocatalysis  
Semiconductor / electrolyte interface; mechanism of surface reactions and charge carrier transfer mechanisms at surfaces  
Emerging photocatalytic nanomaterials and nanocomposites. Fabrication of practical photocatalysts  
The role of co-catalysts and the plasmon resonant photocatalysis  
Experimental techniques to study semiconductor / electrolyte interfaces under light irradiation  
Applications of photocatalysts

**Nazwa zajęć: Students seminars 3**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the results of discoveries in the field of materials for energy processing

**in terms of skills:**

1. is able to find the necessary information in professional literature
2. can prepare oral presentations in English

**in terms of social competences:**

1. can prepare a seminar that fits into the given schedule (conference-like presentations with questions from the audience)

**Treści programowe dla zajęć:**

Various aspects of the physics of materials for energy processing, related to the chosen lectures (or master thesis).

Presentation of 2 seminars (25-30 min each).

**Nazwa zajęć: Fundamentals of control engineering**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. (i) formulates state-space representation for the linear system of one or two degrees of freedom, (ii) describes the relation between the transfer function and state-space representation.

**in terms of skills:**

1. derives transfer function from state-space representation.
2. (i) calculates numerically the impulse response and the step response for the system defined by state-space representation or transfer function, (ii) predicts the step response for integrator or differentiator.
3. (i) calculates numerically Bode plots for the system described by the transfer function, (ii) interprets the Bode plot for low-pass and high-pass filters.

**in terms of social competences:**

1. browses the English literature and technical manuals to realize the project concerning the simulation analog and/or digital systems using dedicated software.

**Treści programowe dla zajęć:**

Dynamical systems  
State-space representation and transfer function for linear dynamical systems  
Time and frequency characteristics of linear systems

**Nazwa zajęć: Students seminars 1**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the results of discoveries in the field of materials for energy processing.

**in terms of skills:**

1. is able to find the necessary information in professional literature.
2. can prepare oral presentations in English.

**in terms of social competences:**

1. can prepare a seminar that fits into the given schedule (conference-like presentations with questions from the audience).

**Treści programowe dla zajęć:**

Various aspects of the physics of materials for energy processing, related to the chosen lectures.  
Presentation of 4 seminars (25-30 min each) on the topics proposed by the lecturers.

Nazwa zajęć: **Students seminars 4**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the results of discoveries in the field of materials for energy processing.

**in terms of skills:**

1. is able to find the necessary information in professional literature.
2. can prepare oral presentations in English.

**in terms of social competences:**

1. can prepare a seminar that fits into the given schedule (conference-like presentations with questions from the audience).

**Treści programowe dla zajęć:**

Various aspects of the physics of materials for energy processing, related to the chosen lectures (or master thesis).

Presentation of 2 seminars.

Nazwa zajęć: **Molecular dynamics simulations – part I**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. understands and knows MD simulations method according to the plan of the course.

**in terms of skills:**

1. can understand the specialized course given in English

**Treści programowe dla zajęć:**

Basic theory of MD  
Preparation of input data for MD simulations for simple organic systems (including configuration files, force field files, control parameters)  
Solving basic problems related to starting the simulations  
Analysing obtained data (e.g. visualization the trajectory), extraction the important parameters from trajectory (e.g. mean square displacement)

Nazwa zajęć: **Students seminars 2**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the results of discoveries in the field of materials for energy processing.

**in terms of skills:**

1. is able to find the necessary information in professional literature.
2. can prepare oral presentations in English.

**in terms of social competences:**

1. can prepare a seminar that fits into the given schedule (conference-like presentations with questions from the audience).

**Treści programowe dla zajęć:**

Various aspects of the physics of materials for energy processing, related to the chosen lectures (or master thesis).

Presentation of 2 seminars (25-30 min each).

Nazwa zajęć: **Coarse-grained molecular dynamics simulations of polyelectrolytes**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. can explain the general concept of the molecular dynamics simulation method and Langevin dynamics.
2. can explain the Kremer-Grest model of polymers.

3. can explain terms such as Verlet algorithm, periodical boundary conditions, cutoff radius, Verlet list, Ewald summation.
4. can explain what polyelectrolytes are.

**in terms of skills:**

1. can write a LAMMPS script incorporating Langevin dynamics to simulate polyelectrolytes.
2. can carry out simulations of polyelectrolytes using a LAMMPS script.

**Treści programowe dla zajęć:**

The molecular dynamics simulation method, the Langevin dynamics.  
The Kremer-Grest model of polymers, Coulomb interactions  
Verlet algorithm, periodical boundary conditions, Ewald summation.  
Introduction to LAMMPS scripts

Nazwa zajęć: **Fundamentals of entrepreneurship**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the differences between various legal forms of having a small business as well as understands basic processes which are implemented in a typical small companies.
2. understands the role the sector of small/medium companies plays in modern economy.

**in terms of skills:**

1. is able to define a business model for a typical small company and see the strengths and weaknesses of it.
2. understands various forms of labour contracts and is able to apply it to his/her own situation.

**in terms of social competences:**

1. is capable to interact with partners and/or investors in the process of creation of a new company; is able to manage employees and coworkers in the context of small business.

**Treści programowe dla zajęć:**

Thinking business; defining product; comparing with competition, case analysis; external financement; risk management.

Nazwa zajęć: **Confined effects of liquids in nanoporous matrices**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. The student will be able to applied the obtained knowledge in the range of searching of a new materials and technologies
2. The student will be able to understand the basic issues of forming of the new nanophases in nanoporous matrices
3. The student will be able to make comparison of the discussed problems with the literature existing description
4. The student will be able to choose the experimental techniques relevant to the searching problems

**in terms of skills:**

1. The student will be able to analyze his scientific work, discuss the uncertainty of the experiments
2. The student will be able to prepare poster or conference presentation
3. The student should be active in scientific discussions

**in terms of social competences:**

1. The student should be able to critically analyze the discussed problems
2. The student will have the ability to work in a research team

**Treści programowe dla zajęć:**

Basic issues of the phase transitions (n-dimensionality of phase transitions)) thermodynamics of liquids and liquids mixtures,

Adsorption in nanoporous matrices, intermolecular interactions, intermolecular potentials, adhesion/cohesion forces

Structure and characterization of some silica porous matrices (silica pores: MCM-41, SBA-15, Controlled Pore Glasses, KIT and nanocarbons: carbon fibres nanotubes, ordered nanocarbons –CMK-3, CMK-8 , functionalized nanomaterials and MOF

2D melting effects in substances confined in nanopores; Kosterlitz-Thoulesse –Halperin-Young description – the existence of hexatic intermediate phase in nanopores; experimental results

The influence of the fluid-wall / fluid-fluid interactions on the nanophases formation and their properties. Theory and experimental results

Wettability parameter in pores. Influence of the pore roughness on the nanophases formation. Wenzel and Casie-Baxter models of wettability in porous matrices. Experimental results

Pressure tensor in cylindrical and slit shape pores; surface-driven high pressure processing effects in nanopores, theoretical and experimental evidences  
Structures of ice confined in nanoporous matrices, the novel phases of ice; the influence of hydrophobicity of the pore surface on the structures of confined ice. Results of diffractions experiments  
Mixtures of liquids confined in nanoporous matrices. Theoretical description and experimental results using DSC and dielectric spectroscopy methods  
Experimental methods in application for the analysis of the structure and dynamics of the confined nanophases: WAXS, Neutron Diffraction, Dielectric and Raman Spectroscopy, Dielectric Saturation (NDE), Tensiometric Techniques, Scanning Probe Microscopy (STM, AFM and related techniques)  
Properties of ionic liquids confined in nanocarbons pores studied using dielectric and diffractions methods  
Phenomena of spatial constraint of molecules in energy storage problems.

**Nazwa zajęć: Conducting nanostructures. Methods of fabrication and analysis**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the operation principles of the physical and chemical vapor deposition, as well as surface structurization techniques.
2. knows the operation principles of the analysis techniques from the following branches:- electron microscopy and diffraction,- scanning probe microscopy,- photoelectron spectroscopy,- electronic properties.
3. know the most important features of carbon-based nanostructures including specific fabrication methods and analysis techniques.

**in terms of skills:**

1. is able to identify and perform basic analysis of images and spectra obtained with the presented techniques.
2. is able to choose experimental techniques according to the specific needs, i.e. select the proper fabrication route followed by the most relevant analysis techniques.

**in terms of social competences:**

1. understands the complexity of the presented techniques and the role of qualified technical staff in operating the ultra-high vacuum equipment.

**Treści programowe dla zajęć:**

Basic issues of physics of conductors; electric transport and localization phenomena; metal-insulator transitions; conducting nanostructures.

Physics of vacuum, vacuum technologies (pumps, gauges, etc.).

Vapor deposition techniques (PVD, CVD, ALD, MBE).

Surface structurization techniques (IBS, GLAD, thermal reconstruction).

Introduction to electron microscopy (TEM, SEM), spectroscopy (EDS) and diffraction (LEED, RHEED).

Introduction to scanning probe microscopy (STM, AFM and related techniques).

Photoelectron spectroscopy (XPS, UPS, Auger).

**Nazwa zajęć: Physical properties of 1D and 2D materials and their application in low energy consuming electronic devices - part 2**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. Students will deepen their knowledge of physical and chemical processes discussed in part one of the course. New materials and their applications in contemporary devices will be introduced.

**in terms of skills:**

1. Will be able to match materials to selected applications and discuss phenomena most suitable for the applications.

**Treści programowe dla zajęć:**

New passive and active electronic components based on low dimensional materials.

Application of low dimensional materials in modern electronic devices.

Advanced analysis/discussion of physical phenomena observed in low dimensional materials.

**Nazwa zajęć: Introduction to fluorescence spectroscopy**



**On successful completion of this course, a student  
in terms of knowledge:**

1. have a basic knowledge of processes, concepts and theories related to the phenomenon of fluorescence
2. know the terminology associated with the phenomenon of fluorescence
3. is able to explain the regularities associated with the phenomenon of fluorescence using the language of mathematics

**in terms of skills:**

1. is able to perform quantitative analysis for problems related to the phenomenon of fluorescence and formulate qualitative conclusions on this basis
2. is able to plan and perform simple fluorescence measurements and analyze their results
3. is able to easily present facts (research results, discoveries, current state of knowledge, etc.) related to the phenomenon of fluorescence

**Treści programowe dla zajęć:**

Phenomenon of fluorescence: Jablonski diagram, absorption of light and Beer-Lambert law, spectral characteristics of fluorescence (Stokes shift, emission spectra vs. excitation wavelength, mirror-image rule), fluorescence anisotropy.

Construction and operation of a typical spectrofluorometer.

Fluorescence lifetimes and quantum yields, Strickler-Berg equation, steady-state vs. time-resolved fluorescence.

Resonance energy transfer, fluorescence quenching.

Nazwa zajęć: **Biophotovoltaic materials**

**On successful completion of this course, a student  
in terms of knowledge:**

1. knows the principles of photosynthetic light conversion
2. is able to explain the relationship between the structure and function of selected light-converting proteins (purple bacterial reaction centers and Photosystem I)
3. knows the Förster and Dexter theories of intermolecular energy transport as well as Marcus theory of electron transport
4. knows the mode of operation of basic experimental instrumentation for optical electrochemical, and spectroelectrochemical measurements (for steady-state and time-resolved absorption and fluorescence, chronoamperometry, voltamperometry)
5. is familiar with photovoltaic cells containing biohybrid materials composed of photosynthetic proteins and inorganic components (conducting glass, semiconductors, conducting gels)

**in terms of skills:**

1. learns specialized English language

**Treści programowe dla zajęć:**

Principles of photosynthetic light conversion in photosynthetic proteins

Förster and Dexter theories of intermolecular energy transport; Marcus theory of electron transport

Basic optical and electrochemical experimental techniques

Photovoltaic cells containing biohybrid materials composed of photosynthetic proteins and inorganic components

Nazwa zajęć: **Dissertation lab (diploma) 3**

**On successful completion of this course, a student  
in terms of knowledge:**

1. knows the detailed physical issues related to the materials for energy processing investigated for the Master Thesis.
2. knows the latest scientific achievements in the field of his/her dissertation.

**in terms of skills:**

1. can analyze the results obtain in his/her dissertation experiments or calculations.
2. is able to prepare written report and oral presentation of the results for the dissertation.
3. is able to collaborate in the supervisor group.
4. can solve the scientific problems during the dissertation research by his/her own.

**in terms of social competences:**

1. is ready for critical use of his/her knowledge in the dissertation research and is ready for using the experts help.
2. is ready for playing a certain role in the research group.
3. is ready for being the author of the Thesis and/or co-author of the scientific publication.

**Treści programowe dla zajęć:**

Individual learning and studies of literature related to the dissertation.

Realizing experiments or calculations related to the dissertation.

Participation in the group seminars and preparation of written reports and oral presentations of the obtained results related to the dissertation.

Writing the Master Thesis and/or participation in writing the scientific publication.

**Nazwa zajęć: Numerical simulations of metamaterials, plasmonic structures, and photonic crystals**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the basic software for numerical simulations in the area of metamaterials, plasmonics, photonic crystals; knows specifics of CST Studio Suite software

2. knows the basics of numerical simulations for metamaterials and metasurfaces by using CST

3. knows the basics of numerical simulations for plasmonic structures and photonic crystals by using CST

4. knows the specifics of numerical solution of the scattering, waveguide, and eigenwave problems by using CST

**in terms of skills:**

1. can create a model of the studied structure and select a proper solver

2. can prepare and run simulations, collect and analyze the results for a simple metasurface

3. can prepare and run simulations, collect and analyze the results for simple plasmonic structures/photonic crystals

**Treści programowe dla zajęć:**

Overview of the software for numerical simulations in the area of metamaterials, plasmonics and photonic crystals; choice of software; introduction to CST Studio Suite.

Getting started with CST simulations: building the model, setting parameters, preparing the output

Basics of numerical simulations for metamaterials and metasurfaces by using CST; specifics of unitary and gradient metasurfaces

Basics of numerical simulations for plasmonic structures and photonic crystals by using CST

Solution of scattering, waveguide and eigenwave problems by using CST

**Nazwa zajęć: Dissertation lab (diploma) 2**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the detailed physical issues related to the materials for energy processing investigated for the Master Thesis.

2. knows the latest scientific achievements in the field of his/her dissertation.

3. knows the issues related to the ownership of data, publications and/or patents.

**in terms of skills:**

1. can analyze the results obtain in his/her dissertation experiments or calculations.

2. is able to prepare a written report and an oral presentation of the results for the dissertation.

3. is able to collaborate in the supervisor group.

4. can solve the scientific problems during the dissertation research by his/her own.

**in terms of social competences:**

1. is ready for critical use of his/her knowledge in the dissertation research and is ready for using the experts help.

2. is ready for playing a certain role in the research group.

3. is ready for being the author of the Thesis and/or co-author of the scientific publication.

**Treści programowe dla zajęć:**

Individual learning and studies of literature related to the dissertation.

Realizing experiments or calculations related to the dissertation.

Participation in the group seminars and preparation of written reports and oral presentations of the obtained results related to the dissertation.

Writing the Master Thesis and/or participation in writing the scientific publication.

**Nazwa zajęć: Optical microscopy: from bright field to confocal fluorescence**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. Know the principles of different optical microscopy techniques

**in terms of skills:**

1. Be able to observe, record and analyse images of standard (fluorescent) samples in the bright field (epi-fluorescence) mode
2. Be able to configure and perform confocal microscopy experiments on fluorescent samples
3. Be able to perform one advanced microscopy experiment (choice dependent on individual interests and available options)
4. Be able to prepare a written report on imaging standard samples using different optical microscopy techniques

**Treści programowe dla zajęć:**

Learning principles of different optical microscopy techniques

Observing, recording and analysing images of standard (fluorescent) samples in the bright field (epi-fluorescence) mode.

Designing and performing experiments of confocal microscopy on standard fluorescent samples.

Performing one advanced microscopy experiment

Preparing a report on the advanced microscopy experiment

Nazwa zajęć: **Dissertation lab (diploma) 1**

**On successful completion of this course, a student**

**in terms of knowledge:**

1. knows the detailed physical issues related to the materials for energy processing investigated for the Master Thesis.
2. knows the latest scientific achievements in the field of his/her dissertation.
3. understands the principles of occupational health and safety related to the dissertation work.

**in terms of skills:**

1. can analyze the results obtained in his/her dissertation experiments or calculations.
2. is able to prepare a written report and an oral presentation of the results for the dissertation.
3. is able to collaborate in the supervisor group.
4. can solve the scientific problems during the dissertation research by his/her own.

**in terms of social competences:**

1. is ready for critical use of his/her knowledge in the dissertation research and is ready for using the experts helps.
2. is ready for playing a certain role in the research group.

**Treści programowe dla zajęć:**

Individual learning and studies of literature related to the dissertation.

Realizing experiments or calculations related to the dissertation.

Participation in the group seminars and preparation of written reports and oral presentations of the obtained results related to the dissertation.

## Fizyka - moduł nauczycielski

Nazwa zajęć: **Podstawy psychologii dla nauczycieli cz. 1 (wykład)**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie podstawowe pojęcia w psychologii służące wyjaśnianiu przebiegu procesów intelektualnych, emocjonalno-wolicjonalnych, komunikacyjnych, uczenia się, cele, zadania i metody psychologii oraz możliwości wykorzystania psychologii w szkole.
2. Zna i rozumie normy rozwojowe dotyczące aspektu fizycznego (wzrost, motoryka, seksualność), psychicznego (poznanie, emocje, wola), społecznego (moralność).
3. Zna i rozumie mechanizm psychicznej adaptacji dziecka w wieku szkolnym, identyfikuje charakterystyczny dla wieku rodzaj motywacji, mechanizm funkcjonowania osobowości, poznawczego ustosunkowywania się, komunikowania się, uczenia się i różnice indywidualne w tym zakresie oraz możliwe zaburzenia.
4. Rozumie centralne znaczenie w rozwoju dziecka w wieku szkolnym uczenia się pod kierunkiem, uwagi dowolnej, moralności konwencjonalnej, współpracy rówieśniczej, przyczyny nieprawidłowości w przebiegu procesu ich rozwoju oraz późniejsze rozwojowo skutki wynikające z tych nieprawidłowości.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi obserwować zachowania społeczne i ich uwarunkowania, analizować i interpretować sytuacje i zdarzenia w praktyce szkolnej w oparciu o wiedzę psychologiczną
2. Potrafi obserwować procesy rozwojowe uczniów.
3. Potrafi dostosować sytuację nauczania przedmiotu do możliwości uczenia się dziecka w wieku szkolnym.
4. Potrafi wspierać dziecko w wieku szkolnym w zakresie uczenia się przedmiotowej wiedzy, nabywania umiejętności i kształtowania nastawień.
5. Potrafi rozpoznać symptomy prawidłowego i nieprawidłowego przebiegu procesu rozwoju dziecka w wieku szkolnym w obszarze rozwoju osobowości, funkcji intelektualnych, funkcji społeczno-emocjonalnych, wolicjonalnych, moralności, komunikacji i współpracy.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotowy do wykorzystania zdobytej wiedzy psychologicznej do analizy zdarzeń pedagogicznych, krytycznego myślenia o funkcjonowaniu człowieka w sytuacji szkolnej.
2. Jest gotowy do autorefleksji nad własnym rozwojem zawodowym oraz refleksji na temat roli nauczyciela w procesie nauczania i wychowania uczniów.
3. Jest gotów do interweniowania w momencie rozpoznania sytuacji zagrażającej rozwojowi dziecka.

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawowe pojęcia psychologii. Cele i zadania psychologii, możliwości wykorzystania psychologii w szkole. Myślenie krytyczne w pracy nauczyciela.

Struktura i funkcje podstawowych procesów psychicznych. Procesy poznawcze, spostrzeganie, odbiór i przetwarzanie informacji, mowa i język, myślenie i rozumowanie, uczenie się i pamięć, uwaga, emocje i motywacje w procesach regulacji zachowania.

Psychologiczne koncepcje człowieka a interpretacja zachowań ucznia i sytuacji w szkole. Kontekst psychologiczny projektowania procesów edukacyjnych. Psychologiczne podstawy pracy nauczyciela. Teorie integralnego rozwoju ucznia. Biologiczne i społeczne czynniki rozwoju. Rozwój wybranych funkcji psychicznych. Rozwój a wychowanie.

Rozwój psychiczny człowieka w cyklu życia oraz zadania rozwojowe stojące przed uczniem i nauczycielem w kolejnych okresach rozwojowych.

Zachowania społeczne i ich uwarunkowania a interpretacja funkcjonowania podmiotów w sytuacji szkolnej.

Proces funkcjonalnej i dysfunkcjonalnej adaptacji do środowiska; sytuacja psychologiczna; dynamika sytuacji psychologicznej (okresy: kryzysu strukturalnego, okresu stabilnego, kryzysu funkcjonalnego). Dynamika środowisk społecznych w rozwoju; środowiska socjalizujące, prymitywizujące, zaburzające; zróżnicowane przedmiotowe środowisk rozwoju.

Dynamika i struktura wieku rozwojowego dziecka w wieku szkolnym (kryzys 7 rż, nauczanie początkowe; nauczanie przedmiotowe; kryzys 13 rż); kryzys funkcjonalny poczucie niższości versus poczucie produktywności; rola mechanizmu kompensacji i zasobów społecznych

Kierowanie sytuacją szkolną; fizyczne i społeczne aspekty sytuacji szkolnej; środowisko szkolne jako źródło zadań (zjawisko frustracji) i środków pomocniczych (wiedza, umiejętności, postawy).

Samokontrola i samoopanowanie (identyfikacja i uczenie się od innych); umiejętność rozpoznawania konwencji w wieku szkolnym; proces opanowywanie wzoru funkcjonowania (samokontroli zachowania i procesów psychicznych) zgodnie z konwencjami; dynamika i struktura funkcji psychicznych (funkcje intelektualne i wolicjonalno-emocjonalne).

Niezmienniki funkcjonalne; zasady i reguły konstytutywne i konstytuowane; pojęcia spontaniczne i naukowe.

**Nazwa zajęć: Podstawy pedagogiki dla nauczycieli cz. 2 (ćwiczenia)**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie specyfikę profesji nauczycielskiej oraz etykę zawodową nauczyciela. Zna pragmatykę zawodową oraz tematykę oceny jakości pracy nauczyciela.
2. Zna i rozumie dynamikę rozwoju zawodowego nauczyciela wraz z potencjałem i zagrożeniami każdego z etapów rozwoju oraz wariantów tożsamości zawodowej/typów karier zawodowych.
3. Zna tematykę oceny jakości pracy szkoły (oraz systemu edukacyjnego) w świetle wyników pomiarów diagnostycznych oraz mierzenia osiągnięć szkolnych uczniów.

**w zakresie umiejętności:**

1. Rozumie sytuację psychospołeczną ucznia z doświadczeniem migracyjnym, potrafi udzielić mu wsparcia. Zna regulacje prawne dotyczące szkolnej sytuacji ucznia z zapleczem migracyjnym.
2. Rozumie konieczność różnicowania wsparcia udzielanego uczniom z różnych układów ryzyka, potrafi takie wsparcie zaplanować.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów podejmować działania na rzecz kształtowania dojrzałej tożsamości zawodowej i radzenia sobie w toku profesjonalnej biografii z wyzwaniem zawodowymi.

**Treści programowe dla zajęć:**

Specyfika startu zawodowego (potencjał i zagrożenia). Dynamika rozwoju zawodowego nauczyciela oraz warianty tożsamości zawodowej.

Wsparcie uczniów z różnych układów ryzyka: potrzeba równowagi w układzie wsparcie-zasoby ucznia/jego środowiska-doświadczane obciążenia. Analizy przypadków.

Dzieci i młodzież z doświadczeniem migracyjnym w polskiej szkole.

Ocena jakości pracy szkoły w świetle badań diagnostycznych oraz pomiarów osiągnięć szkolnych uczniów

Ocena pracy nauczyciela w szkole. Pragmatyka zawodowa.

**Nazwa zajęć: Laboratorium psychologiczne: ewaluacja praktyk w szkole ponadpodstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie umiejętności:**

1. Posiada umiejętności oraz jest gotów wykorzystywać zdobytą wiedzę psychologiczną w celu analizy zdarzeń (w oparciu o sytuacje obserwowane i opisane na praktykach, w tym związane z trudnościami rozwojowymi i związanymi ze zdrowiem psychicznym (np. dysharmonie i zaburzenia rozwojowe, zaburzenia zachowania, obniżenie nastroju, depresja itp.).
2. Potrafi projektować i autoewaluować ścieżkę własnego rozwoju, zaplanować działania na rzecz rozwoju zawodowego.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów podejmować autorefleksję nad własnym rozwojem zawodowym, potrzebami i celami w procesie identyfikacji z rolą nauczyciela.
2. Jest gotów do wrażliwego rozpoznawania etycznych aspektów pracy nauczyciela ze szczególnym uwzględnieniem sytuacji komunikacyjnych.

**Treści programowe dla zajęć:**

Refleksja na temat dotychczasowego kształcenia psychologiczno-pedagogicznego (wiedzy, umiejętności doświadczeń z praktyki) odniesienie do indywidualnych potrzeb i wartości studenta i przyszłego nauczyciela (osobiste odniesienie, uwewnętrznienie treści).

Rozpoznanie i analiza powiązań między treściami realizowanymi na różnych przedmiotach psych-ped, wspieranie tworzenie umysłowej mapy całości, zintegrowanie treści – jako przykład analiza sytuacji trudnych (trudności rozwojowe i związane ze zdrowiem psychicznym (np. dysharmonie i zaburzenia rozwojowe, zaburzenia zachowania, obniżenie nastroju, depresja itp.).

Zasoby własne w pracy nauczyciela - projektowanie ścieżki własnego rozwoju, identyfikacja potrzeb i celów osobistych i zawodowych, metody i techniki samorozwojowe, kompetencje komunikacyjne.

**Nazwa zajęć: Praktyki w szkole podstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie zadania dydaktyczne realizowane przez szkołę lub placówkę systemu oświaty.
2. Zna i rozumie sposób funkcjonowania oraz organizację pracy dydaktycznej szkoły lub placówki systemu oświaty.
3. Zna i rozumie rodzaje dokumentacji działalności dydaktycznej prowadzonej w szkole lub placówce systemu oświaty.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wyciągnąć wnioski z obserwacji pracy dydaktycznej nauczyciela, jego interakcji z uczniami oraz sposobu planowania i przeprowadzania zajęć dydaktycznych;aktywnie obserwować stosowane przez nauczyciela metody i formy pracy oraz wykorzystywane pomoce dydaktyczne, a także sposoby oceniania uczniów orazzadawania i sprawdzania pracy domowej.
2. potrafi zaplanować i przeprowadzić pod nadzorem opiekuna praktyk zawodowych serię lekcji lub zajęć.
3. potrafi analizować, przy pomocy opiekuna praktyk zawodowych oraz nauczycieli akademickich prowadzących zajęcia w zakresie przygotowania psychologiczno-pedagogicznego, sytuacje i zdarzenia pedagogiczne zaobserwowane lub doświadczone w czasie praktyk.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotowy/a do skutecznego współdziałania z opiekunem praktyk zawodowych i nauczycielami w celu poszerzania swojej wiedzy dydaktycznej oraz rozwijania umiejętności wychowawczych.

**Treści programowe dla zajęć:**

Zapoznanie się z: Regulaminem szkoły, Sposobem funkcjonowania oraz organizacją pracy szkoły, Sposobem pracy nauczyciela przedmiotu, Wewnątrzszkolnym systemem oceniania, Zasadami prowadzenia podstawowej dokumentacji związanej z procesem dydaktycznym.

Obserwacja: Pracy zespołu wychowawców klas, Zajęć przedmiotowych, Pracy samorządu uczniowskiego.

Uczestnictwo w pozalekcyjnych działaniach opiekuńczo-wychowawczych nauczycieli, w tym dyżurach na przerwach międzylekcyjnych.

Prowadzenie zajęć z wykorzystaniem dostępnych zasobów pracowni fizycznej oraz biblioteki szkolnej, analiza przebiegu zajęć, autorefleksja.Praca indywidualna z uczniami, określanie zdolności i potrzeb, projektowanie i realizowanie zajęć z wybranym uczniem lub grupą.

**Nazwa zajęć: Podstawy pedagogiki dla nauczycieli cz. 1 (ćwiczenia)**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie specyfikę pracy z klasą z uwagi na proces rozwoju grupy. Rozumie potrzebę dostosowania funkcjonowania w roli lidera do potrzeb grupy. Zna zasady zawierania kontraktu wychowawczego z klasą/ucznikiem.
2. Zna style kierowania grupą i rozumie ich skutki dla efektywności pracy uczniów oraz klimatu klasy.
3. Rozumie potencjał konfliktów w relacjach społecznych. Zna metody rozwiązywania sytuacji konfliktowych w sytuacjach szkolnych.
4. Zna indywidualne i społeczne konsekwencje stereotypów, uprzedzeń. Rozumie mechanizmy dyskryminacji a także przesłanki i przejawy dyskryminacji w relacjach szkolnych.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi potrafi zaplanować zajęcia służące zawieraniu kontraktu wychowawczego (z klasą/uczniem) i pracować wychowawczo z klasą/uczniem z wykorzystaniem kontraktu. Potrafi animować życie społeczno-kulturalne klasy adekwatnie wobec potrzeb uczniów/zespołu klasowego.
2. Potrafi w ramach pracy wychowawczej z klasą planować działania/zajęcia integrujące grupę, animujące zespołowe inicjatywy uczniów, wspierające samorządność i autonomię uczniów. Potrafi stosować konstruktywne wzorce komunikacyjne.
3. Potrafi zaprojektować i przeprowadzić działania z zakresu edukacji na rzecz równości i edukacji antydyskryminacyjnej w środowisku szkolnym (oraz ich ewaluację).
4. Zna zasady pracy opiekuńczo-wychowawczej nauczyciela i potrafi zgodnie z nimi zaplanować pracę z klasą/uczniem.
5. Posługuje się zasadami i normami etycznymi, kierując się empatią i poczuciem odpowiedzialności za podjęcie działań profilaktycznych i interwencyjnych wobec przejawów dyskryminacji w środowisku szkolnym.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów podejmować współpracę z nauczycielami, specjalistami i środowiskiem pozaszkolnym na rzecz wspierania funkcji wychowawczej szkoły.

**Treści programowe dla zajęć:**

Rozwój grupy – ewolucja roli wychowawcy jako lidera grupy.

Kontrakt wychowawczy – wspieranie samorządności i podmiotowości uczniów.

Style kierowania grupą i ich konsekwencje dla klimatu klasy oraz efektywności pracy uczniów.

Konflikt w relacjach szkolnych – specyfika i metody rozwiązywania. Konstruktywna komunikacja.

Integracja klasy – praktyczne rozwiązania. Poszanowanie godności uczniów.

Edukacja na rzecz równości oraz profilaktyka antydyskryminacyjna w szkole jako adekwatne działania wobec przejawów dyskryminacji w środowisku szkolnym.

Nazwa zajęć: **Laboratorium psychologiczne: przygotowanie do praktyk w szkole ponadpodstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Rozumie pojęcie autorefleksji i samorozwoju oraz konieczność ciągłego rozwijania się i doskonalenia dla efektywnego funkcjonowania w roli nauczyciela
2. Zna i rozumie mechanizm stresu i wypalenia zawodowego w pracy nauczyciela

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi identyfikować i analizować sytuacje trudne w szkole, aktywnie poszukuje strategii radzenia sobie w sytuacjach trudnych (w tym strategii radzenia sobie ze stresem w sytuacjach szkolnych)

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów do podejmowania działań w obszarze profilaktyki zdrowia i higieny pracy w zawodzie nauczyciela (stres, wypalenie zawodowe, radzenie sobie z trudnościami)
2. Jest gotów do refleksji nad własnymi potrzebami i celami w procesie identyfikacji z rolą nauczyciela

**Treści programowe dla zajęć:**

Refleksja na temat dotychczasowego kształcenia psychologiczno-pedagogicznego (wiedzy, umiejętności doświadczeń z praktyki) odniesienie do indywidualnych potrzeb i wartości jako studenta i przyszłego nauczyciela (osobiste odniesienie, uwewnętrznienie treści).

Zasoby własne w pracy nauczyciela – metody samooceny zasobów i ograniczeń, sposoby wspieranie rozwoju osobistego, nauczyciel w procesie uczenia się przez całe życie. Indywidualne strategie radzenia sobie z trudnościami w relacjach.

Stres i zarządzanie stresem – czynniki obciążające w pracy nauczyciela, czynniki indywidualne wpływające na reakcję stresową i ich identyfikacja, strategie radzenia sobie ze stresem

Nauczycielskie wypalenie zawodowe: Procesu wypalenia zawodowego i jego składowe. Profilaktyka wypalenia zawodowego w pracy nauczyciela.

Nazwa zajęć: **Podstawy psychologii dla nauczycieli cz. 1 (ćwiczenia)**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie poznawcze i pozapoznawcze uwarunkowania procesu uczenia się.
2. Zna i rozumie rolę motywacji, emocji i procesów wolicjonalne w procesie uczenia się.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi rozpoznawać różnice indywidualne w procesie uczenia się u siebie i uczniów.
2. Potrafi rozpoznawać bariery i trudności uczniów w procesie uczenia się.

3. Potrafi identyfikować potrzeby uczniów w rozwoju uzdolnień i zainteresowań, tworzyć sytuacje motywujących do nauki uczniów szkół podstawowych.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów do inspirowania i angażowania uczniów do samodzielnego, odpowiedzialnego i zaangażowanego uczenia się (zgodnie z ideą uczenia się przez całe życie).

**Treści programowe dla zajęć:**

Modele uczenia się, koncepcje klasyczne i współczesne. Metody i techniki uczenia się: strategie poznawcze i metapoznawcze.

Metody i techniki uczenia się: psychologia różnic indywidualnych - różnice indywidualne w zakresie inteligencji, temperamentu, osobowości i stylu poznawczego, stylu uczenia się. Trudności w uczeniu się, przyczyny i strategie pracy z nimi.

Metody i techniki identyfikacji oraz wspomagania rozwoju uzdolnień i zainteresowań: rozpoznawanie zasobów i ograniczeń, poszerzanie autonomii i samodzielności; samoregulacja w procesie uczenia się. Motywacja, emocje i procesy wolicjonalne w procesie uczenia się.

Nazwa zajęć: **Praktyka psychologiczno-pedagogiczna w szkole ponadpodstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Ma wiedzę dotyczącą organizacji, struktury i funkcjonowania szkoły ponadpodstawowej.
2. Zna i rozumie organizację, statut i plan pracy szkoły ponadpodstawowej, program wychowawczo-profilaktyczny oraz program realizacji doradztwa zawodowego.
3. Zna i rozumie zadania i obowiązki nauczyciela w szkole ponadpodstawowej (także w zakresie zapewniania uczniom bezpieczeństwa).

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi wyciągać wnioski z obserwacji pracy wychowawcy klasy, jego interakcji z uczniami oraz sposobu, w jaki planuje i przeprowadza zajęcia wychowawcze w szkole ponadpodstawowej.
2. Potrafi wyciągać wnioski z obserwacji sposobu integracji działań wychowawczych i dydaktycznych przez nauczycieli przedmiotów w szkole ponadpodstawowej.
3. Potrafi wyciągać wnioski, w miarę możliwości, z bezpośredniej obserwacji pracy rady pedagogicznej i zespołu wychowawców klas w szkole ponadpodstawowej.
4. Potrafi wyciągać wnioski z bezpośredniej obserwacji pozalekcyjnych działań wychowawczych nauczycieli w szkole ponadpodstawowej, w tym podczas dyżurów na przerwach międzylekcyjnych i zorganizowanych wyjść grup uczniowskich.
5. Potrafi zaplanować i przeprowadzić zajęcia wychowawcze w szkole ponadpodstawowej pod nadzorem opiekuna praktyk zawodowych.
6. Potrafi analizować, przy pomocy opiekuna praktyk zawodowych oraz nauczycieli akademickich prowadzących zajęcia w zakresie przygotowania psychologiczno-pedagogicznego, sytuacje i zdarzenia pedagogiczne zaobserwowane lub doświadczone w czasie praktyk w szkole ponadpodstawowej.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów do skutecznego współdziałania z opiekunem praktyk zawodowych i z nauczycielami w celu poszerzenia swojej wiedzy.

**Treści programowe dla zajęć:**

Organizacja pracy szkoły ponadpodstawowej:

- zadania charakterystyczne dla placówki danego typu
- środowisko działania szkoły (struktura organizacyjna oraz zadania i rola poszczególnych podmiotów procesu kształcenia, w tym dyrektora szkoły, pedagoga/psychologa szkolnego, rady pedagogicznej, wychowawcy)
- organizacja pracy szkoły: kultura organizacyjna szkoły (procedury; dokumentacja i obieg dokumentów; rodzaje dokumentów, dokumenty prawa wewnątrzszkolnego)
- bezpieczeństwo uczniów w szkole i poza nią - procedury
- rola i zadania działających w szkole społecznych organów.

Organizacja i zadania pomocy psychologiczno-pedagogicznej w szkole ponadpodstawowej:

- zadania psychologa i pedagoga i ich realizacja
- regulacje prawne dot. pomocy-psychologiczno-pedagogicznej oraz analiza dokumentów szkolnych
- realizacja zasad edukacji włączającej w szkole ponadpodstawowej
- współpraca pedagoga i psychologa z nauczycielami
- specyfika trudności wychowawczych w szkole ponadpodstawowej.

Specyfika pracy nauczyciela i wychowawcy klasy w szkole ponadpodstawowej:



- obowiązki wychowawcy klasy (warsztat pacy nauczyciela-wychowawcy, dokumentacja pracy z wychowawczej, sprawozdania, analizy)
- praca wychowawcza nauczyciela przedmiotowego
- pozalekcyjna oferta szkoły (koła zainteresowań, przerwa, organizacja wycieczek szkolnych i wyjść klasowych).

Nazwa zajęć: **Emisja głosu**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Posiada wiedzę na temat: budowy aparatu głosu, sposobów oddychania, powstawania głosu oraz higieny postępowania się głosem.

**w zakresie umiejętności:**

1. Posiada umiejętność świadomego postępowania się głosem oraz zastosowania zdobytej wiedzy na temat zasad właściwej pracy głosem.

2. Posiada umiejętność zastosowania zdobytej wiedzy na temat sposobów i miejsca poprawnej artykulacji głosek.

3. Dostrzega zależność między oddychaniem a mową.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Stosuje odpowiednią profilaktykę dysfunkcji w obrębie aparatu głosu.

**Treści programowe dla zajęć:**

Budowa aparatu głosowego, zjawiska fizjologiczne związane z powstaniem głosu (ćwiczenia rozluźniające).

Układ oddechowy – budowa. Typy oddychania (ćwiczenia oddechowe).

Artykulacja w pracy głosem (ćwiczenia usprawniające aparat mowy, ćwiczenia fonacyjne, ćwiczenia dykcji).

Patologie głosu, ich objawy i sposoby leczenia. Higiena głosu.

Nazwa zajęć: **Laboratorium pedagogiczne: ewaluacja praktyk w szkole podstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Posiada orientację w katalogu praw dziecka a także w krajowych i międzynarodowych regulacjach dotyczących praw człowieka, dziecka, ucznia (także z niepełnosprawnościami).

2. Posiada podstawową wiedzę dot. statusu, praw i obowiązków nauczyciela, odpowiedzialności prawnej opiekuna, nauczyciela, wychowawcy, pragmatyki zawodowej.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi analizować zjawiska/sytuacje/epizody pojawiające się w pracy wychowawczej z klasą/ucniem w szkole podstawowej i na tej podstawie formułować wnioski i planować działania.

2. Proponuje strategie działania w zaobserwowanych lub doświadczonych sytuacjach trudnych w relacjach nauczyciela z klasą/ucniem szkoły podstawowej.

3. Potrafi zaprojektować ścieżkę rozwoju zawodowego.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów podejmować działania na rzecz kształtowania dojrzałej tożsamości zawodowej i radzenia sobie w toku profesjonalnej biografii z wyzwaniami zawodowymi.

2. Jest gotów podejmować współpracę z nauczycielami i innymi podmiotami życia szkolnego (oraz środowiska lokalnego) na rzecz szkoły i społeczności szkolnej.

**Treści programowe dla zajęć:**

Analiza wybranych doświadczeń zgromadzonych przez studentów w trakcie ich praktyki w szkole: trudne zachowania uczniów i nauczycieli, ich uwarunkowania i konsekwencje, możliwe rozwiązania. Dobre praktyki.

Prezentacja katalogu praw dziecka oraz zasad prawnych stanowiących klauzule generalne w postępowaniach z udziałem dziecka (zasada dobra dziecka, zasada prymatu rodziców w wychowaniu dziecka).

Refleksja na temat dotychczasowego kształcenia psychologiczno-pedagogicznego (wiedzy, umiejętności doświadczeń z praktyki) odniesienie do indywidualnych potrzeb i wartości jako studenta oraz przyszłego nauczyciela (osobiste odniesienie, uwewnętrznienie treści).

Projektowanie ścieżki własnego rozwoju zawodowego.

Nazwa zajęć: **Podstawy pedagogiki dla nauczycieli cz. 1 (wykład)**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie specyfikę, istotę oraz funkcje wychowania i jego aksjologiczne, filozoficzne a także antropologiczne założenia.
2. Zna i rozumie relacje zachodzące między rozwojem a wychowaniem, potrafi powiązać modele wychowania z określonymi koncepcjami rozwoju człowieka.
3. Potrafi zanalizować interakcje nauczyciel-uczeń realizowane w różnych modelach wychowania, potrafi wskazać ich przejawy oraz ocenić skutki dla rozwoju ucznia.
4. Zna strukturę, właściwości i dynamikę procesu wychowania oraz metody oddziaływania wychowawczego. Rozumie mechanizmy wpływu oraz potencjał i ograniczenia każdej z metod.
5. Potrafi scharakteryzować przejawy ukrytego programu szkoły. Rozumie ich skutki i znaczenie.
6. Potrafi scharakteryzować tradycyjne i alternatywne podejście do edukacji szkolnej. Potrafi tę wiedzę wykorzystać w analizie praktyki szkolnej (z uwzględnieniem różnych wymiarów tej analizy m. in.: filozofii kształcenia, organizacji procesu uczenia się – nauczania, relacji nauczyciel – uczeń).
7. Zna i rozumie funkcje i cele edukacji szkolnej (na różnych jej szczeblach) we współczesnym społeczeństwie.
8. Zna organizację i funkcjonowanie systemu oświaty w Polsce z uwzględnieniem sytuacji uczniów z SPE. Zna i rozumie pojęcie specjalne potrzeby edukacyjne, segregacja, integracja, inkluzja.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi wykorzystać zdobytą wiedzę pedagogiczną w analizie i interpretacji zjawisk życia szkolnego.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów wspierać uczniów w ich rozwoju, udzielać pomocy w sytuacjach trudnych, okazywać empatię oraz rozwijać swój warsztat zawodowy.

**Treści programowe dla zajęć:**

Zjawisko wychowania i jego relacje wobec enkulturacji, socjalizacji, edukacji, opieki, kształcenia. Struktura i dynamika procesu wychowania.

Sposoby myślenia o wychowaniu wyodrębnione ze względu na przyjmowane w nich założenia dotyczące natury rozwoju człowieka (ich założenia filozoficzne i psychologiczne).

Specyfika interakcji edukacyjnych/wychowawczych: rodzaje interakcji nauczyciel-uczeń i ich edukacyjne/wychowawcze konsekwencje.

Metody oddziaływania wychowawczego w pracy z uczniem/klasą.

Modele współczesnej szkoły: od podejść tradycyjnych do alternatywnych. Ideologie edukacyjne i ich odzwierciedlenie w praktyce szkolnej.

Zróżnicowanie koncepcyjne szkół alternatywnych: wybrane egzemplifikacje. Alternatywne formy edukacji (unschooling, edukacja domowa).

Ukryty program szkoły- identyfikacja przejawów, interpretacja, funkcje.

Organizacja i funkcjonowanie systemu oświaty. Planowanie i dokumentowanie pracy szkoły.

Specjalne potrzeby edukacyjne – ustalenia definicyjne; sytuacja ucznia z SPE w systemie oświaty.

Nazwa zajęć: **Laboratorium pedagogiczne: przygotowanie do praktyk w szkole ponadpodstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Rozumie specyfikę pracy wychowawczej z młodzieżą. Zna dobre praktyki w tym zakresie.
2. Zna współczesne zagrożenia dzieci i młodzieży i ich konsekwencje dla jednostek i środowiska szkoły (agresja, przemoc, uzależnienia).
3. Rozumie znaczenie współpracy nauczyciela/szkoły z rodziną ucznia oraz środowiskiem lokalnym. Potrafi zaplanować spotkanie oraz rozmowę z rodzicami.
4. Zna podstawowe regulacje prawne z zakresu doradztwa zawodowego w systemie edukacyjnym ze szczególnym uwzględnieniem zadań wychowawcy klasy.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi znaleźć i i wykorzystać zasoby przydatne w procesie wspierania uczniów w planowaniu ścieżki edukacyjno-zawodowej.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotowy do krytycznej refleksji nad własnym profesjonalnym warsztatem nauczyciela-wychowawcy.
2. Jest gotowy do podejmowania współpracy z nauczycielami, specjalistami, rodzicami na rzecz wsparcia uczniów i szkoły w rozwoju.

**Treści programowe dla zajęć:**

Specyfika, obszary i zasady prowadzenia pracy wychowawczej z klasą w szkołach ponadpodstawowych. Praktyczne rozwiązania w pracy wychowawczej (p. program Golden Five)

Przemoc, agresja, uzależnienia – przejawy w środowisku szkolnym. Przeciwdziałanie i profilaktyka.

Partnerstwo edukacyjne: szkoła- rodzina-środowisko lokalne. Relacje nauczyciel-uczeń-rodzice.  
Regulacje prawne z zakresu doradztwa zawodowego w systemie edukacyjnym. Wychowawca w roli doradcy.  
Zasoby przydatne w procesie wspierania uczniów, w planowaniu ścieżki edukacyjno-zawodowej.  
Narzędzia, przydatne w procesie odkrywania i rozwijania potencjału uczniów.

**Nazwa zajęć: Podstawy psychologii dla nauczycieli cz. 2 (ćwiczenia)**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie mechanizm psychicznej adaptacji adolescenta, identyfikuje charakterystyczny dla wieku rodzaj motywacji, mechanizm funkcjonowania osobowości, poznawczego ustosunkowywania się, komunikowania się, uczenia się i różnice indywidu-lane w tym zakresie oraz możliwe zaburzenia.
2. Rozumie centralne znaczenie w rozwoju adolescenta uczenie się zgodnie z zainteresowaniami, myślenia hipotetyczno-dedukcyjnego i pojęciowego, moralności postkonwencjonalnej, formowania się po-czucia tożsamości, przyczyny nieprawidłowości w przebiegu procesu ich rozwoju oraz późniejsze rozwojowo skutki wynikające z tych nieprawidłowości.
3. Zna i rozumie symptomy prawidłowego i nieprawidłowego przebiegu procesu rozwoju adolescenta w obszarze rozwoju osobowości, funkcji intelektualnych, funkcji społeczno-emocjonalnych, wolicjonalnych, moralności, komunikacji i współpracy.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi dostosować sytuację nauczania przedmiotu do możliwości uczenia się adolescenta.
2. Potrafi wspierać adolescenta w zakresie uczenia się przedmiotowej wiedzy, nabywania umiejętności i kształtowania nastawień.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów do interweniowania w momencie rozpo-znania sytuacji zagrażającej rozwojowi adolescenta.

**Treści programowe dla zajęć:**

Proces funkcjonalnej i dysfunkcjonalnej adaptacji adolescenta do świata dorosłych; sytuacja konfliktu zewnętrznego i wewnętrznego; dynamika sytuacji psychologicznej adolescenta.

Dynamika i struktura wieku rozwojowego adolescenta: kryzys 13 rż, okres stabilny dorastania, kryzys funkcjonalny tożsamość versus pomieszanie tożsamości; proces formowania tożsamości; faza: rozproszenia tożsamości, tożsamości negatywnej, osiągniętej tożsamości, statusy tożsamości (tradycyjne i współczesne podejścia).

Kierowanie sytuacją szkolną adolescenta; fizyczne i społeczne aspekty sytuacji szkolnej; rola morderium społecznego; rozbudzanie zainteresowań i wyobraźni; stymulowanie twórczego i krytycznego myślenia.

Samokontrola i samoopanowywanie; identyfikacja z „innymi” i uczenie się zgodnie z własnymi zainteresowaniami; podejmowanie decyzji i zachowywanie wierności sobie i innym; dynamika i struktura funkcji psychicznych w okresie adolescencji (centralna rola funkcji myślenia pojęciowego).

Projektowanie jako najważniejsza rozwojowo forma działalności w okresie adolescencji; tworzenie pojęć teoretycznych; myślenie hipotetyczno-dedukcyjne.

Nieziemienniki funkcjonalne; ideologie, wartości, teorie.

**Nazwa zajęć: Technologie informacyjne dla nauczycieli fizyki w szkole podstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie kompetencje merytoryczne, dydaktyczne i wychowawcze nauczyciela, w tym potrzebę zawodowego rozwoju, także z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnej, oraz dostosowywania sposobu komunikowania się do poziomu rozwoju uczniów i stymulowania aktywności poznawczej uczniów, w tym kreowania sytuacji dydaktycznych.
2. zna i rozumie konwencjonalne i niekonwencjonalne metody nauczania, w tym metody aktywizujące i metodę projektów, proces uczenia się przez działanie, odkrywanie lub dociekanie naukowe oraz pracę badawczą ucznia, a także zasady doboru metod nauczania typowych dla danego przedmiotu lub rodzaju zajęć.

3. zna i rozumie rolę internetu i mediów jako środków edukacyjnych, ich zastosowanie. Rozumie potrzebę wyszukiwania, adaptacji i tworzenia elektronicznych zasobów edukacyjnych i projektowania multimediów.

4. zna i rozumie metody kształcenia w odniesieniu do nauczanego przedmiotu lub prowadzonych zajęć, a także znaczenie kształtowania postawy odpowiedzialnego i krytycznego wykorzystywania mediów cyfrowych oraz poszanowania praw własności intelektualnej.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi kreować sytuacje dydaktyczne służące aktywności i rozwojowi zainteresowań uczniów oraz popularyzacji wiedzy.

2. potrafi dobierać metody pracy klasy oraz środki dydaktyczne, w tym z zakresu technologii informacyjno-komunikacyjnej, aktywizujące uczniów i uwzględniające ich zróżnicowane potrzeby edukacyjne.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotowy/a do promowania odpowiedzialnego i krytycznego wykorzystywania mediów cyfrowych oraz poszanowania praw własności intelektualne.

2. jest gotowy/a do rozwijania u uczniów ciekawości, aktywności i samodzielności poznawczej oraz logicznego i krytycznego myślenia.

**Treści programowe dla zajęć:**

Podstawy Python - możliwości wykorzystania Python do przygotowania materiałów dydaktycznych i pracy na lekcjach fizyki.

Operacje arytmetyczne - Python jako kalkulator. Działana na plikach z danymi.

Prezentacja graficzna funkcji z wykorzystaniem modułu Matplotlib - przygotowanie materiałów dydaktycznych do zajęć z kinematyki (ruch jednostajny i jednostajnie zmienny prostoliniowy). Animacja w Python - przygotowanie animacji dydaktycznej pokazującej mody drgań struny.

Prezentacja graficzna natężenia pola elektrycznego w układach ładunków ( punktowe, dipole, układy wielu ładunków) - przygotowanie materiałów dydaktycznych do zajęć z Elektrostatyki. Przygotowanie skryptu pokazującego powstawanie obrazu w soczewce lub zwierciadle (dodatkowy).

**Nazwa zajęć: Podstawy dydaktyki**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna usytuowanie dydaktyki w zakresie pedagogiki, a także przedmiot i zadania współczesnej dydaktyki oraz relację dydaktyki ogólnej do dydaktyk szczegółowych.

2. zna zagadnienie klasy szkolnej jako środowiska edukacyjnego: style kierowania klasą, problem ładu i dyscypliny, procesy społeczne w klasie, integrację klasy szkolnej, tworzenie środowiska sprzyjającego postępom w nauce oraz sposób nauczania w klasie zróżnicowanej pod względem poznawczym, kulturowym, statusu społecznego lub materialnego;

3. zna i rozumie współczesne koncepcje nauczania i cele kształcenia – źródła, sposoby ich formułowania oraz ich rodzaje; zasady dydaktyki, metody nauczania, treści nauczania i organizację procesu kształcenia oraz pracy uczniów;

4. zna i rozumie zagadnienie lekcji jako jednostki dydaktycznej oraz jej budowę, modele lekcji i sztukę prowadzenia lekcji, a także style i techniki pracy z uczniami; interakcje w klasie; środki dydaktyczne;

5. zna i rozumie konieczność projektowania działań edukacyjnych dostosowanych do zróżnicowanych potrzeb i możliwości uczniów, w szczególności możliwości psychofizycznych oraz tempa uczenia się, a także potrzebę i sposoby wyrównywania szans edukacyjnych, znaczenie odkrywania oraz rozwijania predyspozycji i uzdolnień oraz zagadnienia związane z przygotowaniem uczniów do udziału w konkursach i olimpiadach przedmiotowych; autonomię dydaktyczną nauczyciela;

6. zna i rozumie sposoby i znaczenie oceniania osiągnięć szkolnych uczniów: ocenianie kształtujące w kontekście efektywności nauczania, wewnątrzszkolny system oceniania, rodzaje i sposoby przeprowadzania sprawdzianów i egzaminów zewnętrznych; tematykę oceny efektywności dydaktycznej nauczyciela i jakości działalności szkoły oraz edukacyjną wartość dodaną;

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi zidentyfikować potrzeby dostosowania metod pracy do klasy zróżnicowanej pod względem poznawczym, kulturowym, statusu społecznego lub materialnego;

2. potrafi zaprojektować działania służące integracji klasy szkolnej;

3. potrafi dobierać metody nauczania do nauczanych treści i zorganizować pracę uczniów;

4. potrafi wybrać model lekcji i zaprojektować jej strukturę;

5. potrafi zaplanować pracę z uczniem zdolnym, przygotowującą go do udziału w konkursie przedmiotowym;

6. potrafi dokonać oceny pracy ucznia i zaprezentować ją w formie oceny kształtującej;

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotów/owa do twórczego poszukiwania najlepszych rozwiązań dydaktycznych sprzyjających postępom uczniów;

**Treści programowe dla zajęć:**

Przedmiot i zadania współczesnej dydaktyki. Dydaktyka ogólna a dydaktyki przedmiotowe. Podstawowe pojęcia dydaktyczne. Współczesne systemy dydaktyczne. Organizacja systemu oświatowego w Polsce. Autonomia szkoły i nauczyciela w Polsce. Modele współczesnej szkoły. Rola szkoły w społeczeństwie i państwie.

Fizjologiczne, psychologiczne i neurologiczne podstawy procesu nauczania i uczenia się. Pojęcie procesu nauczania-uczenia się. Realizacja procesu kształcenia w szkole.

Cele kształcenia. Funkcje i istota celów kształcenia. Klasyfikacja celów kształcenia. Związek wartości z celami kształcenia.

Programy i treści kształcenia. Kryteria doboru treści kształcenia. Plany i programy nauczania jako podstawowe dokumenty w pracy szkoły. Podstawa programowa.

Metody kształcenia. Podział metod kształcenia. Metody uczenia się. Kryteria doboru metod kształcenia. Style i techniki pracy z uczniem.

Formy organizacyjne kształcenia. Istota systemu klasowo-lekcyjnego. Struktura lekcji. Rodzaje i typy lekcji. Organizacja zajęć pozalekcyjnych.

Środki dydaktyczne w procesie nauczania-uczenia się. Funkcja i klasyfikacja środków dydaktycznych. Edukacja medialna i internetowa w dydaktyce przedmiotowej. Rola podręczników szkolnych.

Planowanie pracy dydaktycznej.

Sprawdzanie i ocenianie szkolnych osiągnięć uczniów. Pomiar osiągnięć uczniowskich. Pojęcie i istota oceny. Kryteria oceniania. Znaczenie i funkcja oceniania. Ocena wewnętrzna i zewnętrzna osiągnięć ucznia.

Praca z uczniem o specjalnych potrzebach edukacyjnych. Niepowodzenia szkolne. Praca z uczniem zdolnym. Formy pracy z uczniem zdolnym.

Rozwój zawodowy i personalny nauczyciela. Osobowość nauczyciela. Umiejętność samooceny i analizy własnej pracy nauczyciela. Nauczyciel jako przewodnik ucznia w procesie uczenia się.

**Nazwa zajęć: Praktyki w szkole ponadpodstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie zadania dydaktyczne realizowane przez szkołę lub placówkę systemu oświaty.

2. Zna i rozumie sposób funkcjonowania oraz organizację pracy dydaktycznej szkoły lub placówki systemu oświaty.

3. Zna i rozumie rodzaje dokumentacji działalności dydaktycznej prowadzonej w szkole lub placówce systemu oświaty.

**w zakresie umiejętności:**

1. potrafi wyciągnąć wnioski z obserwacji pracy dydaktycznej nauczyciela, jego interakcji z uczniami oraz sposobu planowania i przeprowadzania zajęć dydaktycznych; aktywnie obserwować stosowane przez nauczyciela metody i formy pracy oraz wykorzystywane pomoce dydaktyczne, a także sposoby oceniania uczniów oraz zadawania i sprawdzania pracy domowej.

2. potrafi zaplanować i przeprowadzić pod nadzorem opiekuna praktyk zawodowych serię lekcji lub zajęć.

3. potrafi analizować, przy pomocy opiekuna praktyk zawodowych oraz nauczycieli akademickich prowadzących zajęcia w zakresie przygotowania psychologiczno-pedagogicznego, sytuacje i zdarzenia pedagogiczne zaobserwowane lub doświadczane w czasie praktyk.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotowy/a do skutecznego współdziałania z opiekunem praktyk zawodowych i nauczycielami w celu poszerzania swojej wiedzy dydaktycznej oraz rozwijania umiejętności wychowawczych.

**Treści programowe dla zajęć:**

Zapoznanie się z: Regulaminem szkoły, Sposobem funkcjonowania oraz organizacją pracy szkoły, Sposobem pracy nauczyciela przedmiotu, Wewnątrzszkolnym systemem oceniania, Zasadami prowadzenia podstawowej dokumentacji związanej z procesem dydaktycznym.

Obserwacja: Pracy zespołu wychowawców klas, Zajęć przedmiotowych, Pracy samorządu uczniowskiego.

Uczestnictwo w pozalekcyjnych działaniach opiekuńczo-wychowawczych nauczycieli, w tym dyżurach na przerwach międzylekcyjnych.

Prowadzenie zajęć z wykorzystaniem dostępnych zasobów pracowni fizycznej oraz biblioteki szkolnej, analiza przebiegu zajęć, autorefleksja. Praca indywidualna z uczniami, określanie zdolności i potrzeb, projektowanie i realizowanie zajęć z wybranym uczniem lub grupą.

Nazwa zajęć: **Kultura języka**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Ma uporządkowaną podstawową wiedzę o funkcjonowaniu narządu głosu. Zna terminologię używaną w emisji głosu. Rozumie związek między oddychaniem a prawidłowym procesem mówienia. Zna rodzaje głosów. Ma nawyki prawidłowej fonacji. Zna sposoby i miejsca poprawnej artykulacji samogłosek i spółgłosek. Zna zjawisko rezonansu i potrafi sklasyfikować rezonatory oraz określić ich rolę w prawidłowej fonacji. Ma podstawową wiedzę o najczęściej występujących zaburzeniach głosu i patologii narządu mowy.

2. właściwie zdefiniować podstawowe pojęcia związane z poprawną komunikacją językową, wyjaśniać zależności między różnymi sytuacjami komunikacyjnymi z uwzględnieniem poprawności językowej, etyki i estetyki słowa i skuteczności komunikacyjnej

3. Zna zasady właściwego użycia języka. rozumie, na czym polega naruszanie norm etycznych w komunikacji międzyludzkiej.

**w zakresie umiejętności:**

1. korzystać z dostępnych źródeł ortopedycznych, rozstrzygać problemy poprawnościowe, z którymi styka się w różnych typach tekstów

2. dobierać środki językowe optymalnie dostosowane do sytuacji komunikacyjnej

3. Ma nawyki prawidłowej fonacji. Zna sposoby i miejsca poprawnej artykulacji samogłosek i spółgłosek. Zna i stosuje podstawowe zasady higieny głosu i relaksacji.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. dobierać środki językowe optymalnie dostosowane do sytuacji komunikacyjnej, stosować zasady grzeczności językowej w mowie i w piśmie

**Treści programowe dla zajęć:**

Głos jako narzędzie pracy nauczyciela; Anatomia i fizjologia narządu głosu Proces tworzenia głosu i jego rodzaje. Oddychanie a proces mówienia, tory oddechowe, appoggio Sposoby artykulacji samogłosek i spółgłosek. Interpretacja głosowa tekstu, ćwiczenia prawidłowej dykcji i artykulacji Zjawisko rezonansu, klasyfikacja rezonatorów i ich rola w prawidłowej fonacji Przyczyny i rodzaje zaburzeń głosu. Higiena głosu

Składniki kultury języka: poprawność językowa, sprawność językowa, etyka słowa, estetyka słowa. Zasady właściwego użycia języka. Naruszanie norm etycznych w komunikacji międzyludzkiej. Grzeczność w komunikacji językowej (interpersonalnej oraz w komunikowaniu publicznym). Grzeczność w relacjach nauczyciel – uczeń. Etykieta korespondencji tradycyjnej (prywatnej i oficjalnej) oraz elektronicznej.

Podstawowe pojęcia kultury języka: norma, uzus, innowacja językowa, błąd językowy. Struktura współczesnej normy językowej: norma wzorcowa i norma użytkowa (potoczna). Najczęstsze błędy fonetyczne, gramatyczne i stylistyczne. Różnicowanie współczesnej polszczyzny. Różnice między językiem mówionym i pisanym. Oficjalny i nieoficjalny wariant ustnej odmiany polszczyzny ogólnej. Regionalne i środowiskowe odmiany polszczyzny ogólnej. Język w Internecie – nowa forma oralności (język zapisany).

Język jako wartość (w życiu jednostki i społeczeństwa). Świadomość językowa współczesnych Polaków i ich postawy wobec języka. Ustawa o języku polskim i działalność Rady Języka Polskiego.

Estetyczne kategorie oceny stylu wypowiedzi. Cechy dobrego stylu. Elementy wpływające na walory estetyczne wypowiedzi (stosowność, logika, błąd stylistyczny). Wulgaryzmy w języku; brutalizacja języka publicznego.

Nazwa zajęć: **Metody nauczania fizyki w szkole ponadpodstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie kompetencje merytoryczne, dydaktyczne i wychowawcze nauczyciela, w tym potrzebę zawodowego rozwoju, także z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnej, oraz dostosowywania sposobu komunikowania się do poziomu rozwoju uczniów i stymulowania aktywności poznawczej uczniów, w tym kreowania sytuacji dydaktycznych; znaczenie autorytetu nauczyciela oraz zasady interakcji ucznia i nauczyciela w toku lekcji; moderowanie interakcji między uczniami; rolę nauczyciela jako popularyzatora wiedzy oraz znaczenie współpracy nauczyciela w procesie

dydaktycznym z rodzicami lub opiekunami uczniów, pracownikami szkoły i środowiskiem pozaszkolnym.

2. zna i rozumie konwencjonalne i niekonwencjonalne metody nauczania, w tym metody aktywizujące i metodę projektów, proces uczenia się przez działanie, odkrywanie lub dociekanie naukowe oraz pracę badawczą ucznia, a także zasady doboru metod nauczania typowych dla danego przedmiotu lub rodzaju zajęć.

3. zna i rozumie metodykę realizacji poszczególnych treści kształcenia w obrębie przedmiotu lub zajęć – rozwiązania merytoryczne i metodyczne, dobre praktyki, dostosowanie oddziaływań do potrzeb i możliwości uczniów lub grup uczniowskich o różnym potencjale i stylu uczenia się, typowe dla przedmiotu lub rodzaju zajęć błędy uczniowskie, ich rolę i sposoby wykorzystania w procesie dydaktycznym.

4. zna i rozumie organizację pracy w klasie szkolnej i grupach: potrzebę indywidualizacji nauczania, zagadnienie nauczania interdyscyplinarnego, formy pracy specyficzne dla przedmiotu fizyka. Zna sposoby organizowania przestrzeni klasy szkolnej, z uwzględnieniem zasad projektowania uniwersalnego: środki dydaktyczne (podręczniki i pakiety edukacyjne), pomoce dydaktyczne – dobór i wykorzystanie zasobów edukacyjnych, w tym elektronicznych i obcojęzycznych, edukacyjne zastosowania mediów i technologii informacyjno-komunikacyjnej.

5. zna i rozumie metody kształcenia w odniesieniu do nauczanego przedmiotu lub prowadzonych zajęć, a także znaczenie kształtowania postawy odpowiedzialnego i krytycznego wykorzystywania mediów cyfrowych oraz poszanowania praw własności intelektualnej.

6. zna i rozumie rolę diagnozy, kontroli i oceniania w pracy dydaktycznej; ocenianie i jego rodzaje: ocenianie bieżące, semestralne i roczne, ocenianie wewnętrzne i zewnętrzne; funkcje oceny; Zna egzaminy kończące etap edukacyjny i sposoby konstruowania testów, sprawdzianów oraz innych narzędzi przydatnych w procesie oceniania uczniów w ramach nauczanego przedmiotu; Zna i rozumie diagnozę wstępną grupy uczniowskiej i każdego ucznia w kontekście nauczanego przedmiotu lub prowadzonych zajęć oraz sposoby wspomagania rozwoju poznawczego uczniów; potrzebę kształtowania pojęć, postaw, umiejętności praktycznych, w tym rozwiązywania problemów, i wykorzystywania wiedzy; Zna metody i techniki skutecznego uczenia się, metody strukturyzacji wiedzy oraz rozumie konieczność powtarzania i utrwalania wiedzy i umiejętności.

7. zna warsztat pracy nauczyciela; właściwe wykorzystanie czasu lekcji przez ucznia i nauczyciela; zagadnienia związane ze sprawdzaniem i ocenianiem jakości kształcenia oraz jej ewaluacją, a także z koniecznością analizy i oceny własnej pracy dydaktyczno-wychowawczej.

8. potrzebę kształtowania u ucznia pozytywnego stosunku do nauki, rozwijania ciekawości, aktywności i samodzielności poznawczej, logicznego i krytycznego myślenia, kształtowania motywacji do uczenia się danego przedmiotu i nawyków systematycznego uczenia się, korzystania z różnych źródeł wiedzy, w tym z Internetu, oraz przygotowania ucznia do uczenia się przez całe życie przez stymulowanie go do samodzielnej pracy.

#### **w zakresie umiejętności:**

1. potrafi kreować sytuacje dydaktyczne służące aktywności i rozwojowi zainteresowań uczniów oraz popularyzacji wiedzy. Potrafi podejmować skuteczną współpracę w procesie dydaktycznym z rodzicami lub opiekunami uczniów, pracownikami szkoły i środowiskiem pozaszkolnym; Potrafi dobrać metody pracy klasy oraz środki dydaktyczne, w tym z zakresu technologii informacyjno-komunikacyjnej, aktywizujące uczniów i uwzględniające ich zróżnicowane potrzeby edukacyjne.

2. potrafi merytorycznie, profesjonalnie i rzetelnie oceniać pracę uczniów wykonywaną w klasie i w domu. Potrafi skonstruować sprawdzian służący ocenie danych umiejętności uczniów oraz rozpoznać błędy uczniowskie i wykorzystać je w procesie dydaktycznym. Potrafi przeprowadzić wstępną diagnozę umiejętności ucznia.

#### **w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotowy/a do adaptowania metod pracy do potrzeb i różnych stylów uczenia się uczniów.

2. jest gotowy/a do popularyzowania wiedzy wśród uczniów i w środowisku szkolnym oraz pozaszkolnym oraz do zachęcania uczniów do podejmowania prób badawczych.

3. jest gotowy/a do promowania odpowiedzialnego i krytycznego wykorzystywania mediów cyfrowych oraz poszanowania praw własności intelektualnej.

4. jest gotowy/a do kształtowania umiejętności współpracy uczniów, w tym grupowego rozwiązywania problemów.

5. jest gotowy/a do budowania systemu wartości i rozwijania postaw etycznych uczniów oraz kształtowania ich kompetencji komunikacyjnych i nawyków kulturalnych a także do rozwijania ich ciekawości, aktywności i samodzielności poznawczej oraz logicznego i krytycznego myślenia.

6. jest gotowy/a do kształtowania nawyku systematycznego uczenia się i korzystania z różnych źródeł wiedzy, w tym z Internetu oraz do stymulowania uczniów do uczenia się przez całe życie przez samodzielną pracę.

**Treści programowe dla zajęć:**

Prezentowanie przez studentów przygotowanych scenariuszy lekcji pokazowych ze wszystkich klasycznych działów fizyki: mechanika, ciepło, elektryczność i magnetyzm, optyka, fizyka współczesna. Nagrywanie prezentacji studenckich i dyskusja błędów dydaktycznych.

Omawianie sposobów uatrakcyjniania lekcji fizyki – przygotowywanie scenariuszy lekcji oraz przygotowywanie krótkich filmów dydaktycznych.

Metody rozwiązywania zadań z fizyki.

Konkursy fizyczne, praca z uczniem zdolnym.

Sposoby weryfikacji wiedzy, metody oceniania, ocena kształtująca.

Nazwa zajęć: **Uczeń z SPE w szkole**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. Zna regulacje prawne dotyczące pomocy psychologiczno-pedagogicznej w szkole oraz prowadzone w szkole działania, stosowane procedury i praktykę dokumentowania wsparcia udzielanego uczniom z SPE.

2. Potrafi scharakteryzować i rozpoznawać przejawy SPE, omówić funkcjonowanie szkolne uczniów z SPE. Rozumie potrzebę doboru odpowiednich metod pracy do specjalnych potrzeb uczniów w odniesieniu do programu nauczania i podstawy programowej.

3. Zna i potrafi scharakteryzować wyzwania związane z funkcjonowaniem ucznia z SPE w środowisku szkolnym (zwłaszcza w grupie rówieśniczej).

4. Wskazuje źródła barier w integracji społecznej osób z SPE, zna możliwości współpracy szkoły z różnymi podmiotami otoczenia pozaszkolnego w celu ich niwelowania.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi zaproponować adekwatne do potrzeb ucznia wsparcie/dostosowanie w procesie uczenia się-nauczania oraz w społecznym funkcjonowaniu ucznia z SPE. Potrafi współpracować ze specjalistami oraz rodziną ucznia.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest wrażliwy na wyzwania związane z wchodzeniem ucznia z SPE w dorosłość i dostrzega rolę nauczyciela oraz zespołu klasowego w optymalizowaniu rozwoju ucznia z SPE w tym okresie życia.

**Treści programowe dla zajęć:**

Pomoc psychologiczno-pedagogiczna w szkole - regulacje prawne. Zadania nauczyciela przedmiotu/wychowawcy/pedagoga i psychologa szkolnego.

Funkcjonowanie szkolne uczniów z SPE – wybrane przykłady.

Metody pracy z uczniami z SPE - wybrane przykłady.

Uczeń zdolny jako uczeń z SPE.

Uczeń o specjalnych potrzebach edukacyjnych w grupie rówieśniczej. Bariery integracji społecznej; możliwe wsparcie.

Specyficzne wyzwania adolescencji i wczesnej dorosłości ucznia z SPE.

Nazwa zajęć: **Metodyka nauczania fizyki w szkole podstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka w zakresie wiedzy:**

1. zna i rozumie kompetencje merytoryczne, dydaktyczne i wychowawcze nauczyciela, w tym potrzebę zawodowego rozwoju, także z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnej, oraz dostosowywania sposobu komunikowania się do poziomu rozwoju uczniów i stymulowania aktywności poznawczej uczniów, w tym kreowania sytuacji dydaktycznych; znaczenie autorytetu nauczyciela oraz zasady interakcji ucznia i nauczyciela w toku lekcji; moderowanie interakcji między uczniami; rolę nauczyciela jako popularyzatora wiedzy oraz znaczenie współpracy nauczyciela w procesie dydaktycznym z rodzicami lub opiekunami uczniów, pracownikami szkoły i środowiskiem pozaszkolnym.

2. zna i rozumie konwencjonalne i niekonwencjonalne metody nauczania, w tym metody aktywizujące i metodę projektów, proces uczenia się przez działanie, odkrywanie lub dociekanie naukowe oraz pracę badawczą ucznia, a także zasady doboru metod nauczania typowych dla danego przedmiotu lub rodzaju zajęć.

3. zna i rozumie metodykę realizacji poszczególnych treści kształcenia w obrębie przedmiotu lub zajęć – rozwiązania merytoryczne i metodyczne, dobre praktyki, dostosowanie oddziaływań do potrzeb i



możliwości uczniów lub grup uczniowskich o różnym potencjale i stylu uczenia się, typowe dla przedmiotu lub rodzaju zajęć błędy uczniowskie, ich rolę i sposoby wykorzystania w procesie dydaktycznym.

4. zna i rozumie organizację pracy w klasie szkolnej i grupach: potrzebę indywidualizacji nauczania, zagadnienie nauczania interdyscyplinarnego, formy pracy specyficzne dla przedmiotu fizyka. Zna sposoby organizowania przestrzeni klasy szkolnej, z uwzględnieniem zasad projektowania uniwersalnego: środki dydaktyczne (podręczniki i pakiety edukacyjne), pomoce dydaktyczne – dobór i wykorzystanie zasobów edukacyjnych, w tym elektronicznych i obcojęzycznych, edukacyjne zastosowania mediów i technologii informacyjno-komunikacyjnej.

5. zna i rozumie metody kształcenia w odniesieniu do nauczanego przedmiotu lub prowadzonych zajęć, a także znaczenie kształtowania postawy odpowiedzialnego i krytycznego wykorzystywania mediów cyfrowych oraz poszanowania praw własności intelektualnej.

6. zna i rozumie rolę diagnozy, kontroli i oceniania w pracy dydaktycznej; ocenianie bieżące, semestralne i roczne, ocenianie wewnętrzne i zewnętrzne; funkcje oceny; Zna egzaminy kończące etap edukacyjny i sposoby konstruowania testów, sprawdzianów oraz innych narzędzi przydatnych w procesie oceniania uczniów w ramach nauczanego przedmiotu; Zna i rozumie diagnozę wstępną grupy uczniowskiej i każdego ucznia w kontekście nauczanego przedmiotu lub prowadzonych zajęć oraz sposoby wspomagania rozwoju poznawczego uczniów; potrzebę kształtowania pojęć, postaw, umiejętności praktycznych, w tym rozwiązywania problemów, i wykorzystywania wiedzy; Zna metody i techniki skutecznego uczenia się, metody strukturyzacji wiedzy oraz rozumie konieczność powtarzania i utrwalania wiedzy i umiejętności.

7. zna warsztat pracy nauczyciela; właściwe wykorzystanie czasu lekcji przez ucznia i nauczyciela; zagadnienia związane ze sprawdzaniem i ocenianiem jakości kształcenia oraz jej ewaluacją, a także z koniecznością analizy i oceny własnej pracy dydaktyczno-wychowawczej.

8. potrzebę kształtowania u ucznia pozytywnego stosunku do nauki, rozwijania ciekawości, aktywności i samodzielności poznawczej, logicznego i krytycznego myślenia, kształtowania motywacji do uczenia się danego przedmiotu i nawyków systematycznego uczenia się, korzystania z różnych źródeł wiedzy, w tym z Internetu, oraz przygotowania ucznia do uczenia się przez całe życie przez stymulowanie go do samodzielnej pracy.

#### **w zakresie umiejętności:**

1. potrafi kreować sytuacje dydaktyczne służące aktywności i rozwojowi zainteresowań uczniów oraz popularyzacji wiedzy. Potrafi podejmować skuteczną współpracę w procesie dydaktycznym z rodzicami lub opiekunami uczniów, pracownikami szkoły i środowiskiem pozaszkolnym; Potrafi dobierać metody pracy klasy oraz środki dydaktyczne, w tym z zakresu technologii informacyjno-komunikacyjnej, aktywizujące uczniów i uwzględniające ich zróżnicowane potrzeby edukacyjne.

2. potrafi merytorycznie, profesjonalnie i rzetelnie oceniać pracę uczniów wykonywaną w klasie i w domu. Potrafi skonstruować sprawdzian służący ocenie danych umiejętności uczniów oraz rozpoznać błędy uczniowskie i wykorzystać je w procesie dydaktycznym. Potrafi przeprowadzić wstępną diagnozę umiejętności ucznia.

#### **w zakresie kompetencji społecznych:**

1. jest gotowy/a do adaptowania metod pracy do potrzeb i różnych stylów uczenia się uczniów.

2. jest gotowy/a do popularyzowania wiedzy wśród uczniów i w środowisku szkolnym oraz pozaszkolnym oraz do zachęcania uczniów do podejmowania prób badawczych.

3. jest gotowy/a do promowania odpowiedzialnego i krytycznego wykorzystywania mediów cyfrowych oraz poszanowania praw własności intelektualnej.

4. jest gotowy/a do kształtowania umiejętności współpracy uczniów, w tym grupowego rozwiązywania problemów.

5. jest gotowy/a do budowania systemu wartości i rozwijania postaw etycznych uczniów oraz kształtowania ich kompetencji komunikacyjnych i nawyków kulturalnych a także do rozwijania ich ciekawości, aktywności i samodzielności poznawczej oraz logicznego i krytycznego myślenia.

6. jest gotowy/a do kształtowania nawyku systematycznego uczenia się i korzystania z różnych źródeł wiedzy, w tym z Internetu oraz stymulowania uczniów do uczenia się przez całe życie przez samodzielną pracę.

#### **Treści programowe dla zajęć:**

Analiza podstawy programowej i rozkładu materiału na podstawie wybranego podręcznika do nauki fizyki w szkole podstawowej.

Tworzenie scenariuszy lekcji do kolejnych działów fizyki:

- mechanika,
- elektryczność i magnetyzm
- optyka,

- termodynamika, budowa materii.

Ocena, ocenianie, ocena kształtująca. Samoocena nauczyciela, autorefleksja.

Lekcja pokazowa. Lekcja z eksperymentem, rodzaje.

Przeprowadzenie eksperymentów z wybranych działów fizyki pod kątem wykorzystania w procesie dydaktycznym (ze spisu doświadczeń Pracowni Dydaktyki Fizyki):

- a) Mechanika
- b) Elektryczność i magnetyzm
- c) Optyka
- d) Termodynamika

Prezentowanie przygotowanych lekcji, analiza, wzajemne ocenianie, samoocena.

**Nazwa zajęć: Laboratorium pedagogiczne: przygotowanie do praktyk w szkole podstawowej**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Posiada wiedzę dotyczącą procesu diagnozowania uczniów, ich środowisk wychowawczych oraz zespołu klasowego. Zna podstawowe techniki i metody diagnostyczne dobrane do potrzeb i możliwości uczniów, potrafi je wykorzystywać w diagnozie nauczycielskiej.

2. Zna organizację procesów wychowania w szkole. Zna cel i zasady konstruowania programu wychowawczo-profilaktycznego szkoły. Zna obowiązki wychowawcy klasy w zakresie planowania, prowadzenia i dokumentowania pracy wychowawczej oraz dbania o bezpieczeństwo i zdrowie uczniów.

3. Posiada orientację w zakresie podstaw prawnych regulujących system oświaty w Polsce, w tym tzw. prawa wewnątrzszkolnego.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi skonstruować i zastosować narzędzia służące do diagnozowania ucznia oraz zespołu klasowego (struktura socjometryczna, przywództwo, klimat klasowy, role grupowe itp.). Potrafi na tej podstawie planować pracę wychowawczą z uczniem/grupą.

2. Zna schemat studium indywidualnego przypadku (opis i analiza przypadku/problemu) i potrafi sporządzić je na podstawie wyników zaprojektowanych badań diagnostycznych wraz ze wskazówkami do dalszej pracy z uczniem.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Rozumie konieczność rozwijania swych kompetencji wychowawczych, jest gotów pogłębiać swą wiedzę i doskonalić warsztat wychowawcy klasy.

**Treści programowe dla zajęć:**

Diagnoza wstępna ucznia - elementy diagnozy całościowej. Wyznaczniki poprawności, zasady i zastosowanie diagnozy w pracy z uczniem (w tym błędy etyczne). Opis i analiza przypadku – struktura i funkcja.

Podstawowe metody i techniki w diagnozowaniu i ocenianiu w pracy nauczyciela (obserwacja, wywiad i rozmowa, analiza wytworów dziecka, socjometria, kwestionariusze i testy). Diagnoza jako relacja społeczna, zniekształcenia w spostrzeganiu społecznym.

Diagnoza sytuacji psychospołecznej ucznia w szkole. Funkcjonowanie dziecka w klasie szkolnej (np. role, pozycja, wzajemne relacje z uczniami oraz z nauczycielem/ami). Badanie socjometryczne i jego analiza.

Regulacje prawne dotyczące systemu oświaty z uwzględnieniem tzw. prawa wewnątrzszkolnego. Charakterystyka statusu prawnego nauczyciela.

Warsztat pracy wychowawcy klasy w zakresie planowania, prowadzenia i dokumentowania pracy wychowawczej w klasie oraz szkole. Odpowiedzialność prawna nauczyciela za bezpieczeństwo i ochronę zdrowia uczniów (regulacje prawne, procedury zapewniania bezpieczeństwa, rozwiązania praktyczne).

**Nazwa zajęć: Bezpieczeństwo uczniów w szkole**

**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Zna i analizuje akty prawne dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy nauczyciela. Zna zasady odpowiedzialności opiekuna, nauczyciela, wychowawcy za bezpieczeństwo i ochronę zdrowia uczniów.

2. Posiada wiedzę na temat zasad BHP w szkole (podstawowej i ponadpodstawowej) w tym zagadnienia związane ergonomią zawodu nauczyciela.

3. Posiada wiedzę na temat zagrożeń w szkole (podstawowej i ponadpodstawowej) i trafnie ocenić przyczynę zaistniałych sytuacji niebezpiecznych.

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi trafnie rozpoznać potrzebę udzielenia pierwszej pomocy przedmedycznej dzieciom i młodzieży.
2. Potrafi udzielić pierwszej pomocy uczniom w tym także potrafi wykonać podstawowe zabiegi resuscytacyjne u dzieci i młodzieży.

**Treści programowe dla zajęć:**

Regulacje prawne dotyczące bhp w szkole (podstawowej i ponadpodstawowej)

Rozpoznawanie zagrożeń na terenie szkoły (podstawowej i ponadpodstawowej)

Zasady bezpieczeństwa i rozpoznanie zagrożeń podczas zajęć w szkole (w tym lekcji wychowania fizycznego), szkolnych grupowych wyjść uczniowskich, wycieczek szkolnych

Wypadki i sytuacje zagrożenia bezpieczeństwa uczniów w szkole, procedury postępowania

Ergonomia zawodu nauczyciela: ocena ryzyka pracy, choroby zawodowe

Rozpoznawanie stanów nagłego zagrożenia zdrowotnego u dzieci i młodzieży

Udzielanie pierwszej pomocy przedmedycznej w sytuacjach nagłego zagrożenia zdrowotnego dzieci i młodzieży.

Podstawowe zabiegi resuscytacyjne u dzieci i młodzieży.

Nazwa zajęć: **Laboratorium psychologiczne: przygotowanie do praktyk w szkole podstawowej**  
**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**

**w zakresie wiedzy:**

1. Zna i rozumie rolę komunikacji intrapersonalnej i interpersonalnej w efektywnym realizowaniu zadań nauczyciela.
2. Zna i rozumie prawidłowości i zagrożenia w zachowaniach społecznych.

**w zakresie umiejętności:**

1. Identyfikuje prawidłowości i zagrożenia w procesie komunikowania się w sytuacji szkolnej.
2. Potrafi świadomie projektować sytuacje komunikacyjne i modyfikować zachowania komunikacyjne zwiększając ich efektywność.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów do autorefleksji nad własnymi zasobami i ograniczeniami w procesie budowania relacji i komunikowania się.
2. Jest gotów do budowania relacji wzajemnego zaufania między wszystkimi podmiotami procesu kształcenia (uczniów i dorosłych), włączające ich w działania sprzyjające efektywności nauczania.

**Treści programowe dla zajęć:**

Zachowania społeczne i ich uwarunkowania w sytuacji szkolnej (postawy, stereotypy, uprzedzenia, zachowania asertywne, zachowania agresywne i uległe, konflikty).

Proces komunikowania się – podstawowe narzędzia obserwacji i analizy sytuacji komunikacyjnej (komunikacja werbalna i niewerbalna). Bariery i trudności w komunikowaniu się. Bariery komunikacyjne w szkole i w klasie. Znaczenie emocji w procesach budowania relacji. Porozumiewanie się w sytuacjach trudnych, problemowych i konfliktowych.

Techniki i metody usprawniania komunikacji, komunikacja intrapersonalna i interpersonalne w pracy nauczyciela, techniki aktywnego słuchania, zasady udzielania informacji zwrotnych, empatia dla siebie i dla innych. Style komunikowania się uczniów i nauczycieli.

Zasoby własne w pracy nauczyciela – identyfikacja zasobów i ograniczeń własnych w roli nauczyciela jako członka zespołu nauczycielskiego, w różnych rolach, współpraca z osobami tworzącymi społeczność szkolną i lokalną, porozumiewanie się ludzi w instytucjach. Media i ich wpływ na procesy komunikowania się uczniów i nauczycieli.

Nazwa zajęć: **Praktyka psychologiczno-pedagogiczna w szkole podstawowej**  
**Po zakończeniu zajęć i potwierdzeniu osiągnięcia efektów uczenia się student/ka**  
**w zakresie wiedzy:**

1. Ma wiedzę dotyczącą organizacji, struktury i funkcjonowania szkoły podstawowej.
2. Zna i rozumie organizację, statut i plan pracy szkoły podstawowej, program wychowawczo-profilaktyczny oraz program realizacji doradztwa zawodowego.
3. Zna i rozumie zadania i obowiązki nauczyciela w szkole podstawowej (także w zakresie zapewniania uczniom bezpieczeństwa).

**w zakresie umiejętności:**

1. Potrafi wyciągać wnioski z obserwacji pracy wychowawcy klasy, jego interakcji z uczniami oraz sposobu, w jaki planuje i przeprowadza zajęcia wychowawcze w szkole podstawowej.
2. Potrafi wyciągać wnioski z obserwacji sposobu integracji działań opiekuńczo-wychowawczych i dydaktycznych przez nauczycieli przedmiotów w szkole podstawowej.

3. Potrafi wyciągać wnioski, w miarę możliwości, z bezpośredniej obserwacji pracy rady pedagogicznej i zespołu wychowawców klas w szkole podstawowej.
4. Potrafi wyciągać wnioski z bezpośredniej obserwacji pozalekcyjnych działań opiekuńczo-wychowawczych nauczycieli w szkole podstawowej, w tym podczas dyżurów na przerwach międzylekcyjnych i zorganizowanych wyjść grup uczniowskich.
5. Potrafi zaplanować i przeprowadzić zajęcia wychowawcze w szkole podstawowej pod nadzorem opiekuna praktyk zawodowych.
6. Potrafi analizować, przy pomocy opiekuna praktyk zawodowych oraz nauczycieli akademickich, sytuacje i zdarzenia pedagogiczne zaobserwowane lub doświadczone w czasie praktyk w szkole podstawowej.

**w zakresie kompetencji społecznych:**

1. Jest gotów do skutecznego współdziałania z opiekunem praktyk zawodowych i z nauczycielami w celu poszerzania swojej wiedzy.

**Treści programowe dla zajęć:**

Organizacja pracy szkoły podstawowej:

- zadania charakterystyczne dla placówki danego typu
- środowisko działania szkoły (struktura organizacyjna oraz zadania i rola poszczególnych podmiotów procesu kształcenia, w tym dyrektora szkoły, pedagoga/psychologa szkolnego, rady pedagogicznej, wychowawcy)
- organizacja pracy szkoły: kultura organizacyjna szkoły (procedury; dokumentacja i obieg dokumentów; rodzaje dokumentów, dokumenty prawa wewnątrzszkolnego)
- bezpieczeństwo uczniów w szkole i poza nią - procedury
- rola i zadania działających w szkole społecznych organów.

Organizacja i zadania pomocy psychologiczno-pedagogicznej w szkole podstawowej:

- zadania psychologa i pedagoga i ich realizacja
- regulacje prawne dot. pomocy-psychologiczno-pedagogicznej oraz analiza dokumentów szkolnych
- realizacja zasad edukacji włączającej w szkole podstawowej
- współpraca pedagoga i psychologa z nauczycielami
- specyfika trudności wychowawczych w szkole podstawowej.

Specyfika pracy nauczyciela i wychowawcy klasy:

- obowiązki wychowawcy klasy (warsztat pracy nauczyciela-wychowawcy, dokumentacja pracy z wychowawczej, sprawozdania, analizy)
- praca wychowawcza nauczyciela przedmiotowego
- pozalekcyjna oferta szkoły (zajęcia opiekuńczo-wychowawcze, koła zainteresowań, przerwa, organizacja wycieczek szkolnych i wyjść klasowych).