

SPIS TREŚCI

1.	<i>Instytut Fizyki</i>	2
1.1	<i>Adres</i>	2
1.2	<i>Władze</i>	2
1.3	<i>Struktura</i>	2
2.	<i>Organizacja studiów na kierunku Fizyka</i>	6
3.	<i>Stosowane metody dydaktyczne i organizacja kształcenia</i>	9
4.	<i>Praktyki studenckie</i>	9
5	<i>Baza dydaktyczna</i>	10
6	<i>Sprawy studenckie</i>	11
7	<i>Program studiów</i>	12
8	<i>Informacje o przedmiotach</i>	25
9	<i>Nauczyciele akademicki Instytutu Fizyki</i>	168

1. Instytut Fizyki

1.1 Adres

pl. Marii Curie-Skłodowskiej 1
20-031 Lublin
tel. 81-537-61-43, 81-537-61-88;
fax: 81-537-61-91
e-mail: fizyka@umcs.lublin.pl

Strona www IF: <http://www.fizyka.umcs.lublin.pl>

1.2 Władze

Dyrektor:

Prof. dr hab. **Mieczysław Budzyński**
Zakład Metod Jądrowych
e-mail: mieczyslaw.budzynski@umcs.pl

Zastępca Dyrektora:

dr hab. **Andrzej Pelc**
Zakład Spektrometrii Mas
e-mail: andrzej.pelc@umcs.pl

1.3 Struktura

W skład Instytutu wchodzi 11 zakładów: Zakład Astrofizyki i Teorii Grawitacji, Zakład Fizyki Matematycznej, Zakład Teorii Fazy Skondensowanej, Zakład Teorii Jądra Atomu (w ramach Katedry Fizyki Teoretycznej), Pracownia Dydaktyki Fizyki, Zakład Biofizyki, Zakład Fizyki Jonów i Implantacji, Zakład Fizyki Molekularnej, Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur, Zakład Metod Jądrowych, Zakład Spektrometrii Mas.

- Katedra Fizyki Teoretycznej
www: <http://kft.umcs.lublin.pl/pomorski/>
Kierownik Katedry:

prof. dr hab. **Krzysztof Pomorski** Zakład Teorii Jądra Atomu
e-mail: krzysztof.pomorski@umcs.lublin.pl

Utworzona w 1995 roku Katedra Fizyki Teoretycznej jest złożona z czterech zakładów. Badania naukowe prowadzone w Katedrze dotyczą głównie zagadnień struktury jądra atomu i reakcji jądrowych, teorii fazy skondensowanej, astrofizyki i fizyki Słońca, nanofizyki oraz fizyki matematycznej. W tych dziedzinach KFT osiągnęła znaczącą pozycję w kraju i ma liczące się kontakty międzynarodowe. Wyrazem jakości badań może być stale rosnąca liczba artykułów w czasopismach tzw. listy filadelfijskiej, plasująca Katedrę fizyki Teoretycznej w ścisłej czołówce polskich zespołów fizyków teoretyków. Dokonania naukowe KFT zostały dostrzeżone przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej, która w ramach programu MILAB przyznała grant na remont pomieszczeń Katedry oraz w ramach subwencji interwencyjnych dała poważną dotację na rozbudowę klastra obliczeniowego.

Od roku 1994 KFT organizuje coroczne Warsztaty Fizyki Jądrowej w Kazimierzu Dolnym, które przekształciły się z imprezy ogólnopolskiej w międzynarodową konferencję (<http://kft.umcs.lublin.pl/wfj/>). Materiały Warsztatów w Kazimierzu są publikowane w filadelfijskim czasopiśmie International Journal of Modern Physics E, wydawanym przez World-Scientific.

W skład Katedry wchodzi następujące Zakłady:

- Zakład Fizyki Matematycznej

Kierownik: prof. dr hab. Andrzej Gózdź
tel. 81-537-62-39
e-mail: andrzej.gozdz@umcs.lublin.pl

W zakładzie prowadzone są prace naukowe z mechaniki kwantowej i jej podstaw, symetrii układów fizycznych, metod algebraicznych w zastosowaniu do teorii jądra atomowego, teorii grawitacji, modeli kosmologicznych i fizyki czarnych dziur. Ponadto prowadzone są wstępne prace dotyczące informatyki kwantowej.

- Zakład Astrofizyki i Teorii Grawitacji

www: <http://kft.umcs.lublin.pl/kmur/>
Kierownik: prof. dr hab. Krzysztof Murawski
tel. 81-537-61-98
e-mail: kamur@umcs.lublin.pl

Badania naukowe pracowników Zakładu koncentrują się na fizyce Słońca i czarnych dziur. Przedmiotem szczegółowych zainteresowań są:

- Fizyka Słońca, zjawiska falowe i turbulencje
- Niskoenergetyczna teoria strun, czarne dziury i defekty topologiczne

- Symulacje numeryczne procesów falowych w atmosferze Słońca
- Numeryczne metody rozwiązywania równań różniczkowych
- Oscylacje i fale w strukturach magnetycznych korony słonecznej
- Fale stochastyczne w płynach
- Metody typu Godunowa w numerycznym rozwiązywaniu równań falowych
- Termodynamika wielowymiarowych czarnych dziur i czarnych pierścieni
- Późnoczesowe zachowanie pól w czasoprzestrzeniach czarnych dziur

- Zakład Teorii Fazy Skondensowanej

www: <http://kft.umcs.lublin.pl/ztfs>

Kierownik: prof. dr hab. Karol Wysokiński

tel. 81-537-62-36

e-mail: karol.wysokinski@umcs.lublin.pl

Problematyka badawcza Zakładu obejmuje różnorakie zagadnienia z fizyki fazy skondensowanej i fizyki statystycznej. Obecnie prowadzone prace obejmują m.in.: teorię nadprzewodnictwa i własności nanostruktur układów półprzewodnikowych.

- Zakład Teorii Jądra Atomu

Kierownik: prof. dr hab. Bożena Pomorska

tel. 81-537-61-68

fax: 81-537-61-90

e-mail: bozena.pomorska@umcs.lublin.pl

- Zakład Biofizyki

www: <http://biophys.umcs.lublin.pl/>

Kierownik: prof. dr hab. **Wiesław I. Gruszecki**

tel. 81-537-62-52

e-mail: wieslaw@umcs.lublin.pl

Problematyka naukowa, którą zajmują się pracownicy Zakładu koncentruje się wokół zagadnień związanych z badaniem mechanizmów fizycznych odpowiedzialnych za regulację fotosyntetycznego transportu energii oraz ładunku elektrycznego. Ponadto prowadzone są prace eksperymentalne związane z badaniem własności strukturalnych oraz dynamicznych błon lipidowych. W badaniach naukowych stosowane są metody: spektroskopii absorpcyjnej, fluorescencji, rozpraszania ramanowskiego, FTIR, elektrochromizmu, DSC, monowarstw na powierzchni wody. W Zakładzie prowadzone są również prace związane z matematycznym modelowaniem kinetyki reakcji enzymatycznych.

- Zakład Fizyki Jonów i Implantacji

Kierownik: dr hab. **Jerzy Żuk**, prof. UMCS, pok. 8,

tel. 81-537-62-08

e-mail: jerzy.zuk@umcs.lublin.pl

Implantacja jonowa jest ważną metodą inżynierii materiałowej, umożliwiającą syntezę oraz modyfikację struktur półprzewodników i izolacyjnych, na przykład uzyskiwanie nanostruktur o ciekawych własnościach fizycznych. Unikalny w kraju implantator jonów UNIMAS o maksymalnej energii jonów 300 keV jest głównym urządzeniem Zakładu. Prowadzone są badania wtórnej emisji jonów oraz fotonów w trakcie oddziaływania wiązek jonowych z ciałem stałym. Pracownicy Zakładu zajmują się także poznawaniem własności optycznych struktur półprzewodnikowych, takich jak np. implantowany jonowo porowaty krzem, SiC i związki grupy A3-B5. W badaniach tych stosujemy techniki: elipsometrii, fotoluminescencji oraz modulacyjnej spektroskopii odbiciowej. Prowadzimy również symulacje komputerowe oddziaływania jonów oraz plazmy w związku z zastosowaniami w tokamakach.

- Zakład Fizyki Molekularnej

Kierownik: dr hab. **Leszek Wójcik**, prof. UMCS, pok. 508 tel. 081-537-61-29

e-mail: leszek.wojcik@umcs.lublin.pl

Prace naukowe Zakładu dotyczą doświadczalnej fizyki molekularnej. Prowadzone są masowo-spektrometryczne badania zjawisk jonizacyjnych w gazach (klastery, reakcje jonowo-molekularne, wychwyt elektronowy) oraz laserowej desorpcji i jonizacji wspomaganej matrycą (MALDI).

- Pracownia Dydaktyki Fizyki

Kierownik: dr **Waldemar Berej**, pok. 353 tel. 81-537-61-97

e-mail: berej@umcs.lublin.pl

www: <http://www.zfo.umcs.lublin.pl/>

Prowadzone są badania zjawiska termoemisji jonowej i jej fluktuacji, dyfuzji powierzchniowej i termicznej desorpcji jonów. Inne badania dotyczą formowania się jonów i szybkich neutralów w niejednorodnych obszarach wyładowania w gazie i ich oddziaływanie z powierzchnią ciała stałego. Kontynuowane są badania nad studiowaniem podstaw fizyki na uniwersyteckich kierunkach przyrodniczych. Prowadzone są prace z dziedziny dydaktyki fizyki.

- Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur

www: <http://www.fnano.umcs.lublin.pl/>

Kierownik: prof. dr hab. **Mieczysław Jalochoński**, pok. 404, tel. 81-537-62-85

e-mail: mieczyslaw.jalochowski@umcs.lublin.pl

W Zakładzie dominuje eksperymentalna i teoretyczna problematyka fizyki metalicznych nanostruktur. Badany jest wpływ ograniczenia rozmiarów nanostrukturalnych obiektów na ich strukturę elektronową. Monoatomowe łańcuchy atomów metali wytwarzane są na wysoceuporządkowanych, wycinalnych powierzchniach krzemu Si(335), Si(557), itp. Metaliczne studnie kwantowe i klastery są wytwarzane na atomowo gładkich powierzchniach Si(111)-(7x7)Au, Si(111)-(6x6)Au i innych rekonstruowanych powierzchniach krzemu. Prace doświadczalne prowadzone są w pięciu układach

ultrawysokiej próżni (UHV). Podstawowymi metodami ekperymentalnymi są: dyfrakcja wysokoenergetycznych elektronów (RHEED), tunelowa mikroskopia skaningowa (STM), fotoemisja z kątową rozdzielczością (ARPES) i optyczna odbiciowa spektroskopia różnicowa.

- Zakład Metod Jądrowych
www: <http://zfy.umcs.lublin.pl/>

Kierownik: prof. dr hab. **Mieczysław Budzyński**, pok. 161 tel: 81-537-61-93
e-mail: mieczyslaw.budzynski@umcs.lublin.pl

Badania prowadzone zastosowaniem metody anihilacji pozytonów w fizyce oraz chemii ciała stałego. Inne grupy wchodzące w skład Instytutu Fizyki UMCS zajmują się tematyką związaną ze Spektroskopią Mösbauerowską oraz Zaburzonymi Korelacjami γ - γ .

Głównym tematem prac grupy anihilacyjnej jest tworzenie pozytonu i jego własności. Dlatego też obiektem badań są izolatory, a w szczególności materiały organiczne oraz porowate materiały krzemionkowe.

- Zakład Spektrometrii Mas

Kierownik: prof. dr hab. **Stanisław Hałas**
tel. 81-537-62-75
e-mail: stanislaw.halas@umcs.lublin.pl

2. *Organizacja studiów na kierunku Fizyka*

W Instytucie Fizyki UMCS prowadzone są:

- Fizyka techniczna, studia stacjonarne inżynierskie na kierunku na specjalnościach:
 - fizyka medyczna
 - nowoczesne materiały i techniki pomiarowe
- Fizyka, studia stacjonarne I stopnia na kierunku na specjalnościach:
 - bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna
 - biofizyka molekularna i medyczna
 - fizyka teoretyczna i astrofizyka
 - fizyka doświadczalna
- Fizykochemia nowych materiałów, studia stacjonarne I stopnia na kierunku
- Studia II stopnia, stacjonarne na specjalnościach:
 - fizyka teoretyczna
 - współczesna fizyka stosowana.
- Studia III stopnia, stacjonarne (Studia Doktoranckie).

Treści kształcenia określone w standardach jako podstawowe i kierunkowe realizowane są wspólnie dla wszystkich specjalności, głównie na pierwszym roku. Na każdym kolejnym roku wzrasta liczba godzin przedmiotów specjalistycznych

W programie studiów stacjonarnych jako przedmioty ogólne uwzględnione są zajęcia z wychowania fizycznego (60 godzin), języka obcego (120 godzin), technologii informacyjnej (30 godzin), filozofii (30 godzin), logiki (30 godzin) oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony własności intelektualnej

i wprowadzenia do problematyki Unii Europejskiej.

W miesiącach wakacyjnych po IV semestrze studenci odbywają trzytygodniową praktykę zawodową.

Absolwent studiów I stopnia na kierunku fizyka posiada wiedzę i umiejętności zawarte w opisie standardów kształcenia w zakresie fizyki. Absolwent zna język obcy na poziomie biegłości B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego Rady Europy oraz umie posługiwać się językiem specjalistycznym w stopniu niezbędnym do wykonywania zawodu. Ukończenie studiów I stopnia przygotowuje absolwenta do podjęcia studiów drugiego stopnia.

Student zdobywa dodatkową wiedzę specjalistyczną przygotowującą go do pojęcia pracy zawodowej – w zależności od wybranej specjalności. W planach studiów I stopnia oferujemy obecnie 4 specjalności:

- Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna,

Absolwent będzie posiadał umiejętność posługiwania się wiedzą z zakresu podstawowych zagadnień fizyki a szczególnie fizyki jądrowej, umiejętność znajdowania informacji w literaturze i bazach danych. Absolwent dysponował będzie umiejętnością interpretacji i ilościowego opisu zjawisk fizycznych w świecie ożywionym i nieożywionym. Absolwent specjalności Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna będzie ponadto posiadał wiedzę i umiejętności przydatne przy obsłudze urządzeń jądrowych stosowanych w przemyśle, szpitalach, radiologicznej ochronie środowiska, jednostkach naukowo-badawczych, reaktorach i elektrowniach jądrowych krajowych oraz zagranicznych. Ponadto znajomość Prawa Atomowego i aktów wykonawczych umożliwi naszym absolwentom podjęcie pracy w jednostkach nadzoru jądrowego.

Absolwent posiadał będzie także podstawową wiedzę i umiejętności związane z użytkowaniem oraz oprogramowaniem sprzętu komputerowego. Ponadto, absolwent władał będzie językiem angielskim w stopniu umożliwiającym swobodne komunikowanie się oraz korzystanie z anglojęzycznej literatury specjalistycznej z zakresu fizyki, fizyki jądrowej i atomistyki.

- Biofizyka molekularna i medyczna

Absolwent studiów będzie posiadał umiejętność posługiwania się wiedzą z zakresu podstawowych zagadnień fizyki i biofizyki, umiejętność znajdowania informacji w literaturze i bazach danych. Absolwent dysponował będzie umiejętnością interpretacji i ilościowego opisu zjawisk fizycznych w świecie ożywionym i nieożywionym. Absolwent specjalności Biofizyka molekularna i medyczna posiadał będzie ponadto wiedzę związaną z zasadami funkcjonowania aparatury badawczej stosowanej w analizie związków chemicznych, między innymi tych o znaczeniu biologicznym, oraz aparatury stosowanej we współczesnej diagnostyce medycznej. Absolwent posiadał będzie także podstawową wiedzę i umiejętności związane z użytkowaniem oraz oprogramowaniem sprzętu komputerowego. Ponadto, absolwent władał będzie językiem angielskim w stopniu umożliwiającym swobodne komunikowanie się oraz korzystanie z anglojęzycznej literatury specjalistycznej z zakresu fizyki i biofizyki.

Absolwenci przygotowani będą do podjęcia pracy w laboratoriach badawczych zakładów przemysłu biotechnologicznego, związanych z ochroną środowiska oraz laboratoriach i pracowniach służby zdrowia.

- Fizyka doświadczalna

Studia na specjalności Fizyka Doświadczalna stwarzają możliwość kształcenia ukierunkowanego na zdobycie umiejętności pracy doświadczalnej z użyciem najnowocześniejszych aparatur, technologii i technik pomiarowych. Program zajęć zawiera dwa zasadnicze, współgrające elementy: solidne podstawy fizyki i matematyki zawarte w serii wykładów i konwersatoriów, oraz bogaty zestaw zajęć laboratoryjnych, pracowni informatycznych i elektronicznych. Absolwent specjalności Fizyka Doświadczalna stanie się specjalistą w zakresie obsługi nowoczesnych aparatur, urządzeń pomiarowych sterowanych elektronicznie, oraz będzie w stanie efektywnie korzystać z metod komputerowej rejestracji i opracowania wyników pomiarów. Szczególny nacisk zostanie położony na kształcenie w zakresie fizyki współczesnej, w tym z zakresu nanotechnologii oraz spektroskopowych i dyfraktometrycznych metod badania ciał stałych. Absolwent specjalności Fizyka Doświadczalna zdobędzie gruntowną wiedzę o pracy z urządzeniami wykorzystującymi warunki próżniowe, w tym z urządzeniami ultra-wysokiej próżni (UHV). Zajęcia laboratoryjne prowadzone będą zarówno w specjalistycznych pracowniach dydaktycznych jak i w laboratoriach naukowych.

- Fizyka teoretyczna i astrofizyka.

Absolwent studiów będzie posiadał umiejętność posługiwania się wiedzą z zakresu podstawowych zagadnień fizyki teoretycznej i astrofizyki. Absolwent dysponował będzie umiejętnością interpretacji i ilościowego opisu zjawisk fizycznych. Absolwent posiadał będzie także podstawową wiedzę i umiejętności związane z użytkowaniem oraz oprogramowaniem sprzętu komputerowego, umiejętność znajdowania informacji w literaturze i bazach danych, a także będzie znał elementy programowania i posługiwania się różnymi technikami wspomagającymi prace fizyka i astrofizyka. Ponadto, absolwent władał będzie językiem angielskim w stopniu umożliwiającym korzystanie z literatury anglojęzycznej. Ponadto absolwenci będą przygotowani do pracy w firmach wymagających ogólnego wykształcenia z fizyki będącej dobrą bazą do uzupełnienia, poprzez kursy specjalistyczne, umiejętności wymaganych przez pracodawcę.

Opis sylwetki absolwenta dla każdej ze specjalności znajduje się na stronie internetowej Instytutu Fizyki:

<http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/art.php?action=view&cat=kandydaci&artID=83>

Kierunek Fizykochemia nowych materiałów jest prowadzony przez Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki oraz Wydział Chemii UMCS. Celem studiów jest przekazanie wiedzy w zakresie podstawowych zagadnień fizyki i chemii; uzyskanie biegłości w wybranej specjalności, umożliwiającej podjęcie pracy w przemyśle, jednostkach badawczych (uczelniach) oraz innych. Absolwent powinien posiadać podstawową wiedzę w zakresie z chemii i fizyki, a także nowoczesnych materiałów, metod ich produkcji i wykorzystania. Będzie specjalistą w zakresie obsługi nowoczesnej aparatury i urządzeń pomiarowych oraz będzie efektywnie korzystać z metod komputerowej rejestracji i opracowania wyników pomiarów. Szczególny nacisk zostanie położony na kształcenie w zakresie współczesnej fizykochemii, w tym z zakresu nanotechnologii oraz spektroskopowych i dyfraktometrycznych metod badania ciał stałych. Absolwent powinien posiadać umiejętności rozwiązywania problemów zawodowych, gromadzenia, przetwarzania oraz przekazywania informacji, a także powinien posiadać umiejętność pracy zespołowej. Wiedza teoretyczna wspierana jest w trakcie studiów licznymi zajęciami praktycznymi: ćwiczeniami laboratoryjnymi, ćwiczeniami terenowymi, wycieczkami technicznymi, praktykami itp. Studentom zapewniamy liczne, nowoczesne laboratoria wyposażone w specjalistyczną aparaturę pomiarową, sprzęt najnowszej generacji z dostępem do Internetu, bogate biblioteki i

czytelnie gromadzące książki i czasopisma. Kierunek „Fizykochemia nowych materiałów” to kierunek innowacyjny na UMCS będący kluczem do technologicznej przyszłości regionu lubelskiego. Jest to kierunek unikalny, nie realizowany dotychczas w żadnej uczelni w Polsce. Absolwenci studiów pierwszego stopnia uzyskują tytuł inżyniera i mogą kontynuować naukę na magisterskich studiach drugiego stopnia na UMCS lub wybranych kierunkach politechnicznych.

Studia II stopnia (magisterskie)

Studia II stopnia trwają 4 semestry i kończą się uzyskaniem zawodowego tytułu magistra fizyki. Prowadzone są w trybie stacjonarnym w zakresie dwu specjalności – fizyki teoretycznej i współczesnej fizyki stosowanej. Program studiów obejmuje łącznie 1005 godzin i pozwala na uzyskanie 120 punktów ECTS, 30 w każdym semestrze.

Program studiów uwzględnia wszystkie podstawowe treści kształcenia zawarte w przedmiotach przewidzianych w minimach programowych dla kierunku fizyka i dodatkowe treści zawarte w przedmiotach specjalizacyjnych.

W I semestrze studenci mają wspólne zajęcia, obejmują one 345 godzin przedmiotów podstawowych i kierunkowych. Wybór specjalności następuje po I semestrze. W ramach każdej specjalności w siatkach zajęć uwzględniono 7 wykładów specjalistycznych, na które student zapisuje się zgodnie z własnymi preferencjami. Wykłady te będą odbywały się co 2 lata. W związku z tym student może kształtować profil wykształcenia dokonując wyboru spośród około 30 wykładów, przygotowujących go do wykonywania zawodu lub dalszego kształcenia.

Liczba godzin przedmiotów kierunkowych i specjalistycznych w obydwu specjalnościach jest inna.

Absolwent posiada poszerzoną, w stosunku do studiów I stopnia, wiedzę ogólną z zakresu nauk fizycznych oraz wiedzę specjalistyczną w zakresie jednej z dwu specjalności:

- fizyka teoretyczna
- współczesna fizyka stosowana.

Absolwent posiada wiedzę i umiejętności pozwalające na definiowanie oraz rozwiązywanie problemów fizycznych rutynowych jak i niestandardowych. Potrafi korzystać z literatury oraz prowadzić dyskusje fachowe na różnym poziomie.

Absolwent posiada wiedzę i umiejętności umożliwiające podjęcie pracy w jednostkach badawczych, laboratoriach diagnostycznych, gospodarce oraz szkolnictwie (po ukończeniu dodatkowego kursu pedagogicznego przygotowującego do zawodu nauczyciela).

Absolwent jest przygotowany do podjęcia kształcenia na studiach III stopnia.

Studia III stopnia (Studia Doktoranckie)

Studia doktoranckie prowadzone są tylko w trybie stacjonarnym. Trwają 4 lata. Są bezpłatne. Zakres studiów obejmuje fizykę doświadczalną i teoretyczną. Do obowiązków doktorantów należy, między innymi prowadzenie zajęć dydaktycznych ze studentami. Doktoranci mogą otrzymywać stypendium doktoranckie.

Adres strony Studiów Doktoranckich z Fizyki:

<http://kft.umcs.lublin.pl/studium/studium/glowna.htm>

3. *Stosowane metody dydaktyczne i organizacja kształcenia*

Program studiów na kierunku fizyka realizowany jest w ramach przedmiotów prowadzonych w formie wykładów, seminariów, konwersatoriów, lektoratów, ćwiczeń audytoryjnych, laboratoriów oraz

pracowni (dyplomowych i magisterskich). Dominującą formą zajęć na specjalnościach doświadczalnych są laboratoria, na teoretycznych konwersatoria i laboratoria.

Na studiach I stopnia od 2009 roku ogólna forma organizacji kształcenia będzie polegała na uruchamianiu naprzemiennie 2 specjalności. W zajęciach z przedmiotów podstawowych i kierunkowych student będzie uczestniczył ze swoim rocznikiem, natomiast w zajęciach specjalistycznych – wraz z rocznikiem starszym lub młodszym, zaliczając przedmioty specjalistyczne oferowane w danym roku. Zmiana bloku przedmiotów specjalistycznych co drugi rok umożliwi studentom realizację wszystkich 4 specjalności. Studentom, którzy będą uczestniczyli w zajęciach specjalistycznych z innym rocznikiem dziekan ustali indywidualną organizację toku studiów.

Na studiach II stopnia od roku ubiegłego stosowany jest wybór „dwustopniowy”. Po pierwsze student wybiera specjalność, *Fizyka teoretyczna* lub *Współczesna fizyka stosowana*, którą chce studiować. Następnie może zapisywać się zgodnie z własnymi zainteresowaniami na wykłady specjalistyczne. W obecnym programie studiów II stopnia wprowadzono po 7 wykładów specjalistycznych dla każdej specjalności. Wykłady będą się odbywały co 2 lata. W związku z tym student ma możliwość dokonania wyboru spośród prawie 30 różnych wykładów. Jednym z zadań projektu „[Programowa i strukturalna reforma systemu kształcenia na Wydziale Mat-Fiz-Inf](#)” jest przygotowanie 20 nowych wykładów specjalistycznych tzw. „prorynkowych”. Będą one stanowiły bloki specjalizacyjne przygotowujące do podjęcia pracy w zawodach jak: fizyka medyczna, radiologia, energetyka jądrowa, automatyzacja układów pomiarowych, fizyka materiałowa/nanotechnologia.

4. *Praktyki studenckie*

Celem praktyki zawodowej jest zdobycie wiedzy i umiejętności praktycznych oraz wykształcenie umiejętności stosowania wiedzy teoretycznej zdobytej w trakcie studiów. Ponadto praktyki potencjalnie zwiększają szanse znalezienia zatrudnienia po ukończeniu studiów. Praktyki zawodowe są integralną częścią programów studiów na kierunku fizyka.

Praktyki odbywają się na I stopniu studiów – trwają łącznie 3 tygodnie (75 godz.) i odbywają się po czwartym semestrze, w czasie wolnym od zajęć dydaktycznych (zazwyczaj w miesiącach wakacyjnych). Kierownikiem praktyk studenckich na kierunku fizyka jest dr Artur Markowski.

Studenci odbywają praktyki w szpitalach - w zakładach medycyny nuklearnej, w instytutach naukowych, zakładach przemysłowych regionu Lubelszczyzny.

Ponadto studenci specjalności „**Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna**” uczestniczą w tygodniowej praktyce w Zjednoczonym Instytucie Badań jądrowych w Dubnej, kończącej się uzyskaniem certyfikatu o odbytym, oraz odbywają krótkie szkolenia w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku.

5. *Baza dydaktyczna*

- **Bazę dydaktyczną i naukową** wydziału stanowi kompleks trzech budynków przy pl. Marii Curie Skłodowskiej o powierzchni całkowitej ponad 13 tys. m², oraz jeden budynek przy ulicy Zana o powierzchni około 600 m². Podział bazy lokalowej polega na formalnym przypisaniu określonych sal pod opiekę Instytutom naukowym. Bazę dydaktyczną Instytutu fizyki można podzielić na trzy typy sal:
 - Sale wykładowe
 - Pracownie komputerowe
 - Laboratoria

Sale wykładowe - Instytut dysponuje 9 salami o łącznej powierzchni 355 m² i aulą o powierzchni 214 m². Wszystkie sale wyposażone są w rzutniki multimedialne. Aula fizyki posiada duże zaplecze, w którym zgromadzone są zestawy eksperymentalne do demonstracji wykorzystywanych do prowadzenia wykładów.

Pracownie komputerowe – Do dyspozycji studentów fizyki posiadamy trzy sale, każda wyposażona w 15(+1) stanowisk (numeracja wewnętrzna, 10, 251 i 1006). Komputery wyposażone są w licencjonowane oprogramowanie konieczne do prowadzenia wszystkich rodzajów zajęć na kierunku fizyka. Ponadto 2 sale mają wyposażenie do prowadzenia zajęć budowy sieci komputerowych CISCO CCNA. Wszystkie pracownie mają dostęp do Internetu. Ponadto w jednym z budynków studenci mają dostęp do bezprzewodowego Internetu.

Laboratoria – Podzielone są na kilka etapów ze względu na stopień trudności wykonywanych eksperymentów i zgromadzonej aparatury:

- pracownia fizyczna wstępna – 8 stanowisk
- pracownia fizyczna I (3 sale: mechanika i termodynamika, elektryczność i optyka i fizyka współczesna) – łącznie 45 stanowisk
- pracownia II – 18 stanowisk
- pracownia specjalistyczna (tematyczne pracownie: biofizyki, fizyki jądrowej, fizyki ciała stałego i fizyki stosowanej i molekularnej) – łącznie 32 stanowiska
- pracownia elektroniki analogowej – 18 stanowisk
- pracownia elektroniki cyfrowej (tzw. mikroprocesorowa) – 8 stanowisk

Ponadto na Wydziale posiadamy **3 klastery**, z których jeden jest własnością Katedry Fizyki Teoretycznej i będzie wykorzystywany do prowadzenia zajęć na specjalności Fizyka teoretyczna na II stopniu studiów na kierunku fizyka.

- **System biblioteczno-informacyjny** stanowi Biblioteka Główna i biblioteki specjalistyczne.

Biblioteka Główna, mieszcząca się w centrum kampusu uniwersyteckiego dysponuje księgozbiorem liczącym wg stanu na dzień 31.12.2008 roku ogółem 1 155 643 woluminów i jednostek bibliotecznych, w tym 882 711 druków zwartych, 351 409 wydawnictw ciągłych, 316 523 zbiorów specjalnych. Cały zasób systemu biblioteczno-informacyjnego liczy 2 486 718 woluminów i jednostek bibliotecznych. Biblioteka dysponuje 360 miejscami w czytelnich głównego gmachu Biblioteki i 650 miejscami w sieci czytelnich bibliotek instytutowych. Biblioteka Główna posiada 53 stanowiska komputerowe. Od roku 2008 tworzona jest Biblioteka Cyfrowa UMCS <http://dlibra.umcs.lublin.pl/dlibra>, obejmująca następujące kolekcje: dziedzictwo kulturowe, nauka i dydaktyka, regionalia. Priorytetowym celem tego projektu jest sieciowe udostępnienie tekstów prac naukowych powstałych w UMCS. Aktualnie w BC UMCS znajduje się 1385 pozycji.

Szkolenia biblioteczne prowadzone są stacjonarnie oraz w trybie online na platformie Wirtualnego Kampusu Biblioteki <http://biblioteka.kampus.umcs.lublin.pl/moodle/>.

Biblioteka tworzy dostępną online bazę „Bibliografia Dorobku Naukowego UMCS” <http://libases.umcs.lublin.pl/expertus/pub/default.html>.

Biblioteka Instytutu Fizyki posiada księgozbiór gromadzący 18691 vol. książek, 14407 vol. czasopism, 28 tytułów czasopism bieżących drukowanych (20-polskich, 8-zagranicznych). Księgozbiór przeznaczony jest głównie do użytku studentów.

Zgodnie z pismem okólnym Pani Minister Kudryckiej pracownicy i studenci posiadają od bieżącego roku dostęp do elektronicznej wersji czasopism poprzez Wirtualną Bazę Nauki <http://www.wbn.edu.pl/>.

6. Sprawy studenckie

- **Koło Naukowe Studentów Fizyki**

Studenci kierunku fizyka są zrzeszeni w Kole Naukowym Studentów Fizyki (KNSF). Swoją działalność dokumentują na stronie internetowej: <http://www.knsf.umcs.lublin.pl/>. Opiekunem KNSF jest prof. Stanisław Krawczyk, obecny prodziekan Wydziału.

W ramach KNSF studenci prowadzą różnorodną działalność:

- w 2007 r organizowali ogólnopolską VI Sesję Kół Naukowych Fizyków
- corocznie uczestniczyli w Sesjach Kół Naukowych prezentując na każdej kilka referatów
- współorganizowali konferencję [Dzień Energetyki Jądrowej](#) - Lublin - 24 października 2008r.
- brali udział w lubelskich piknikach naukowych (prezentacja eksperymentów)
- uczestniczą w organizacji „Drzwi otwartych” na Wydziale (spotkania z kandydatami, prezentacja eksperymentów).

<http://www.knsf.umcs.lublin.pl/>

- **Stypendia, czesne**

Pomoc materialna dla studentów Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie wypłacana jest ze środków funduszu pomocy materialnej dla studentów i doktorantów, tworzonego w Uczelni na podstawie art. 103 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym. Pomoc świadczona jest w następujących formach: stypendium socjalne, stypendium specjalne dla osób niepełnosprawnych, stypendium za wyniki w nauce lub sporcie, stypendium ministra za osiągnięcia w nauce, stypendium ministra za wybitne osiągnięcia sportowe, stypendium na wyżywienie, stypendium mieszkaniowe, zapomoga. Stypendium socjalne, na wyżywienie i mieszkaniowe są świadczeniami o charakterze socjalnym, tzn. ich otrzymanie zależy od sytuacji materialnej studenta. Stypendium za wyniki w nauce lub sporcie oraz stypendia marszałka województwa czy ministra są świadczeniami wypracowanymi przez studenta, tzn. do ich otrzymania potrzebne są: wysoka średnia oraz wybitne osiągnięcia naukowe lub sportowe uzyskane w poprzednim roku akademickim. Stypendium ministra za osiągnięcia w nauce i za wybitne osiągnięcia sportowe regulują przepisy rozporządzenia Ministra NiSW. Pozostałe formy pomocy materialnej uregulowane są przez przepisy „Regulaminu ustalania wysokości, przyznawania i wypłacania świadczeń pomocy materialnej dla studentów UMCS” stanowiącego załącznik do Zarządzenia Nr 59/2009 Rektora UMCS z dnia 7 października 2009 roku. Decyzje o przyznaniu pomocy materialnej podejmuje Wydziałowe Studenckie Komisje Socjalne. Wysokość stypendium naukowego uzależniona jest od średniej z ocen. W roku akademickim 2009/10 przyznano na Wydziale 54 stypendia naukowe na 218 studentów kierunku fizyka. Nauka na kierunku fizyka w trybie studiów stacjonarnych jest bezpłatna, jednak zgodnie z zarządzeniem nr 22/2009 Rektora UMCS z dnia 24 kwietnia 2009 roku, studenci ponoszą opłaty za dodatkową specjalność, powtarzanie przedmiotu (warunkowy wpis na nast. semestr), za wznowienie studiów, za powtarzanie roku oraz za zajęcia na dodatkowych, nieobjętych programem przedmiotach. Na tej zasadzie odpłatne jest uzyskanie uprawnień pedagogicznych opisanych w punkcie (300 zł za semestr, studia trwają 4 semestry).

7. *Program studiów*

Fizyka techniczna-I stopień - Fizyka medyczna:

Program studiów dostępny jest na stronach:

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/Plan_st-Fizyka_Tech_2012_krk.pdf

http://syjon.umcs.lublin.pl/mery/course/studies_plan/1994/

Nazwa przedmiotu	Semestr	Liczba godzin	ECTS	Forma zajęć	Forma zaliczenia
Analiza matematyczna	1	30.0	7.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	1	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Metody opracowania wyników pomiarów	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki	1	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	1	60.0		konwersatorium	zaliczenie
Pracownia fizyczna wstępna	1	45.0	2.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Repetitorium z fizyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie

Repetytorium z matematyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie
Technologie informacyjne	1	30.0	2.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Algebra z geometrią	2	30.0	5.0	wykład	egzamin
Algebra z geometrią	2	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Analiza matematyczna	2	30.0	5.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	2	30.0		konwersatorium	zaliczenie
I Pracownia fizyczna	2	45.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	2	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki	2	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	2	60.0		konwersatorium	zaliczenie
Rysunek techniczny	2	15.0	1.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Elektronika i elektrotechnika	3	30.0	3.0	wykład	egzamin
I Pracownia fizyczna	3	45.0	5.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	3	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki	3	60.0	10.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	3	60.0		konwersatorium	zaliczenie
Podstawy fizyki kwantowej	3	30.0	5.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki kwantowej	3	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Pracownia elektroniki	3	60.0	5.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Wychowanie fizyczne	3	30.0	1.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Anatomia i fizjologia	4	30.0	2.0	wykład	egzamin
Fizyka atomowa	4	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka ciała stałego	4	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka jądrowa	4	30.0	3.0	wykład	egzamin
Grafika inżynierska	4	15.0	6.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Grafika inżynierska	4	45.0		laboratorium	zaliczenie
Język angielski	4	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Metody matematyczne fizyki	4	30.0	5.0	wykład	egzamin
Metody matematyczne fizyki	4	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Podstawy optyki geometrycznej i falowej	4	30.0	2.0	wykład	egzamin
Pracownia fizyczna II	4	60.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Wychowanie fizyczne	4	30.0	1.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Anatomia i fizjologia wzroku	5	15.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Biochemia fizyczna	5	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Chemia	5	30.0	4.0	wykład	egzamin

Detekcja promieniowania. Dozymetria	5	15.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Język angielski	5	30.0	2.0	konwersatorium	egzamin
Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią	5	15.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Optyka instrumentalna	5	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki technicznej	5	30.0	4.0	wykład	egzamin
Pracownia fizyki medycznej	5	90.0	5.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Prawo atomowe i ochrona radiologiczna	5	15.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Urządzenia rentgenowskie i jądrowe	5	15.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Efekty biologiczne oddziaływania promieniowania jonizującego	6	15.0	2.0	wykład	egzamin
Elementy programowania	6	45.0	3.0	laboratorium	egzamin
Etyka	6	30.0	1.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Finanse i rachunkowość dla inżynierów	6	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Obrazowanie medyczne	6	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Pracownia metod jądrowych	6	75.0	8.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Radiochemia	6	30.0	7.0	wykład	egzamin
Radiochemia	6	45.0		laboratorium	zaliczenie
Seminarium	6	30.0	5.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Metody fizyczne diagnostyki i terapii medycznej	7	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Pracownia dyplomowa	7	0.0	15.0	laboratorium	egzamin
Pracownia kliniczna	7	75.0	5.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Przedmiot humanistyczny	7	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Seminarium dyplomowe	7	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę

Fizyka techniczna - I stopień - Nowoczesne materiały i techniki pomiarowe:

Program studiów dostępny jest na stronach:

<http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/2011-02-nomitep.pdf>

http://syjon.umcs.lublin.pl/merv/course/studies_plan/1995/

Nazwa przedmiotu	Semestr	Liczba godzin	ECTS	Forma zajęć	Forma zaliczenia
Analiza matematyczna	1	30.0	7.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	1	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Metody opracowania wyników pomiarów	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki	1	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	1	60.0		konwersatorium	zaliczenie
Pracownia fizyczna wstępna	1	45.0	2.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Repetitorium z fizyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie
Repetitorium z matematyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie
Technologie informacyjne	1	30.0	2.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Algebra z geometrią	2	30.0	5.0	wykład	egzamin
Algebra z geometrią	2	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Analiza matematyczna	2	30.0	5.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	2	30.0		konwersatorium	zaliczenie
I Pracownia fizyczna	2	45.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	2	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki	2	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	2	60.0		konwersatorium	zaliczenie
Rysunek techniczny	2	15.0	1.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Elektronika i elektrotechnika	3	30.0	3.0	wykład	egzamin
I Pracownia fizyczna	3	45.0	5.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	3	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki	3	60.0	10.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	3	60.0		konwersatorium	zaliczenie
Podstawy fizyki kwantowej	3	30.0	5.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki kwantowej	3	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Pracownia elektroniki	3	60.0	5.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Wychowanie fizyczne	3	30.0	1.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Fizyka atomowa	4	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka ciała stałego	4	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka jądrowa	4	30.0	3.0	wykład	egzamin
Grafika inżynierska	4	15.0	6.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Grafika inżynierska	4	45.0		laboratorium	zaliczenie
Język angielski	4	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę

Metody matematyczne fizyki	4	30.0	5.0	wykład	egzamin
Metody matematyczne fizyki	4	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Numeryczne metody opracowania i wizualizacji wyników pomiarów	4	15.0	4.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Numeryczne metody opracowania i wizualizacji wyników pomiarów	4	45.0		laboratorium	zaliczenie
Pracownia fizyczna II A	4	60.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Technologia wysokiej próżni i niskich temperatur	4	15.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Wychowanie fizyczne	4	30.0	1.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Automatyka pomiarów	5	30.0	3.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Chemia	5	30.0	4.0	wykład	egzamin
Fizyka materii skondensowanej	5	30.0	5.0	wykład	egzamin
Fizyka materii skondensowanej	5	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Fizyka nanostruktur	5	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Język angielski	5	30.0	2.0	konwersatorium	egzamin
Metody dyfrakcyjne i mikroskopowe	5	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki technicznej	5	30.0	4.0	wykład	egzamin
Pracownia fizyczna II B	5	90.0	5.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Finanse i rachunkowość dla inżynierów	6	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Logika i filozofia	6	30.0	1.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Materiały magnetyczne	6	15.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Metody otrzymywania i badania nanostruktur	6	30.0	4.0	wykład	egzamin
Metody otrzymywania i badania nanostruktur	6	15.0		seminarium	zaliczenie
Metody spektroskopowe	6	30.0	3.0	wykład	egzamin
Nanofotonika	6	30.0	3.0	wykład	egzamin
Pracownia specjalistyczna	6	60.0	8.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	6	30.0	5.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Zajęcia warsztatowe	6	45.0	2.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Bionanotechnologia	7	15.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę

Ceramiki i kompozyty	7	15.0	1.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Nowoczesne materiały i technologie	7	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Polimery naturalne i syntetyczne	7	15.0	1.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Pracownia dyplomowa	7	0.0	15.0	laboratorium	egzamin
Przedmiot humanistyczny	7	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Radiacyjna modyfikacja materiałów	7	15.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Seminarium dyplomowe	7	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę

Fizyka – I stopień - Fizyka doświadczalna

Program studiów dostępny jest na stronach:

http://syjon.umcs.lublin.pl/merv/course/studies_plan/1991/

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/2011-prog_stud_fizyka.pdf

Nazwa przedmiotu	Semestr	Liczba godzin	ECTS	Forma zajęć	Forma zaliczenia
Analiza matematyczna	1	30.0	7.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	1	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Metody opracowania wyników pomiarów	1	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Metody opracowania wyników pomiarów	1	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Podstawy fizyki	1	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	1	60.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Pracownia fizyczna wstępna	1	45.0	3.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Repetitorium z fizyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie
Repetitorium z matematyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie
Technologie informacyjne	1	30.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Algebra z geometrią	2	30.0	4.0	wykład	egzamin
Algebra z geometrią	2	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Analiza matematyczna	2	30.0	4.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	2	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Astronomia	2	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
I Pracownia fizyczna	2	45.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	2	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki	2	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	2	60.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie

I Pracownia fizyczna	3	45.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	3	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Mechanika klasyczna i relatywistyczna	3	30.0	4.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	3	60.0	10.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	3	60.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Wychowanie fizyczne	3	30.0	0.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Fizyka atomowa	4	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka ciała stałego	4	30.0	4.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka jądrowa	4	30.0	2.0	wykład	egzamin
Język angielski	4	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Logika	4	30.0	2.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki kwantowej	4	30.0	10.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki kwantowej	4	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Wychowanie fizyczne	4	30.0	1.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Język angielski	5	30.0	4.0	konwersatorium	egzamin
Seminarium dyplomowe	5	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Termodynamika i fizyka statystyczna	5	30.0	3.0	wykład	egzamin
Termodynamika i fizyka statystyczna	5	15.0		konwersatorium	zaliczenie
Elektrodynamika	6	30.0	5.0	wykład	egzamin
Elektrodynamika	6	15.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Filozofia	6	15.0	2.0	wykład	egzamin
Filozofia	6	15.0		konwersatorium	zaliczenie
Pracownia dyplomowa	6	0.0	10.0	konwersatorium	egzamin
Seminarium dyplomowe	6	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę

Fizyka – I stopień – Fizyka teoretyczna i astrofizyka

Program studiów dostępny jest na stronach:

http://syjon.umcs.lublin.pl/merv/course/studies_plan/1992/

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/2011-prog_stud_fizyka.pdf

Nazwa przedmiotu	Semestr	Liczba godzin	ECTS	Forma zajęć	Forma zaliczenia
Fizyka fazy skondensowanej	1	45.0	8.0	wykład	egzamin
Fizyka fazy skondensowanej	1	45.0		konwersatorium	zaliczenie
Fizyka kwantowa	1	30.0	5.0	wykład	egzamin

Fizyka kwantowa	1	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Fizyka teoretyczna	1	30.0		wykład	egzamin
Fizyka teoretyczna	1	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Laboratorium fizyczne	1	105.0	10.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny	1	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Elementy programowania	2	30.0	4.0	wykład	egzamin
Fizyka cząstek elementarnych	2	30.0	3.0	wykład	egzamin
Fizyka jądrowa II	2	15.0	5.0	wykład	egzamin
Fizyka jądrowa II	2	15.0		konwersatorium	zaliczenie
Pracownia mikroprocesorowa	2	45.0	4.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Pracownia specjalistyczna	2	90.0	8.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	2	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	2	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny I	2	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny II	2	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Historia i metodologia fizyki	3	30.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Pracownia specjalistyczna	3	90.0	8.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	3	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	3	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Sterowanie układami pomiarowymi	3	15.0		wykład	zaliczenie na ocenę
Sterowanie układami pomiarowymi	3	30.0		laboratorium	zaliczenie
Wykład specjalistyczny I	3	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny II	3	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Pracownia magisterska	4	30.0	20.0	laboratorium	egzamin
Seminarium	4	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	4	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny I	4	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny II	4	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę

Fizyka – I stopień – Biofizyka molekularna i medyczna

Program studiów dostępny jest na stronach:

http://syjon.umcs.lublin.pl/merv/course/studies_plan/1990/

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/2011-prog_stud_fizyka.pdf

Nazwa przedmiotu	Semestr	Liczba	ECTS	Forma zajęć	Forma zaliczenia
------------------	---------	--------	------	-------------	------------------

		godzin			
Analiza matematyczna	1	30.0	7.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	1	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Metody opracowania wyników pomiarów	1	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Metody opracowania wyników pomiarów	1	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Podstawy fizyki	1	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	1	60.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Pracownia fizyczna wstępna	1	45.0	3.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Repetitorium z fizyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie
Repetitorium z matematyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie
Technologie informacyjne	1	30.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Algebra z geometrią	2	30.0	4.0	wykład	egzamin
Algebra z geometrią	2	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Analiza matematyczna	2	30.0	4.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	2	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Astronomia	2	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
I Pracownia fizyczna	2	45.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	2	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki	2	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	2	60.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
I Pracownia fizyczna	3	45.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	3	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Mechanika klasyczna i relatywistyczna	3	30.0	4.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	3	60.0	10.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	3	60.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Wychowanie fizyczne	3	30.0	0.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Fizyka atomowa	4	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka ciała stałego	4	30.0	4.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka jądrowa	4	30.0	2.0	wykład	egzamin
Język angielski	4	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Logika	4	30.0	2.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki kwantowej	4	30.0	10.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki kwantowej	4	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Wychowanie fizyczne	4	30.0	1.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Język angielski	5	30.0	4.0	konwersatorium	egzamin

Seminarium dyplomowe	5	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Termodynamika i fizyka statystyczna	5	30.0	3.0	wykład	egzamin
Termodynamika i fizyka statystyczna	5	15.0		konwersatorium	zaliczenie
Elektrodynamika	6	30.0	5.0	wykład	egzamin
Elektrodynamika	6	15.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Filozofia	6	15.0	2.0	wykład	egzamin
Filozofia	6	15.0		konwersatorium	zaliczenie
Pracownia dyplomowa	6	0.0	10.0	konwersatorium	egzamin
Seminarium dyplomowe	6	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę

Fizyka – I stopień – Bezpieczeństwo radiowe i ochrona radiologiczna

Program studiów dostępny jest na stronach:

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/2011-prog_stud_fizyka.pdf

http://syjon.umcs.lublin.pl/merv/course/studies_plan/1989/

Nazwa przedmiotu	Semestr	Liczba godzin	ECTS	Forma zajęć	Forma zaliczenia
Analiza matematyczna	1	30.0	7.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	1	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Metody opracowania wyników pomiarów	1	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Metody opracowania wyników pomiarów	1	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Podstawy fizyki	1	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	1	60.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Pracownia fizyczna wstępna	1	45.0	3.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Repetitorium z fizyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie
Repetitorium z matematyki	1	15.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie
Technologie informacyjne	1	30.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Algebra z geometrią	2	30.0	4.0	wykład	egzamin
Algebra z geometrią	2	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Analiza matematyczna	2	30.0	4.0	wykład	egzamin
Analiza matematyczna	2	30.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Astronomia	2	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
I Pracownia fizyczna	2	45.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	2	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki	2	60.0	12.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	2	60.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie

I Pracownia fizyczna	3	45.0	6.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Język angielski	3	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Mechanika klasyczna i relatywistyczna	3	30.0	4.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	3	60.0	10.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki	3	60.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Wychowanie fizyczne	3	30.0	0.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Fizyka atomowa	4	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka ciała stałego	4	30.0	4.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Fizyka jądrowa	4	30.0	2.0	wykład	egzamin
Język angielski	4	30.0	1.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Logika	4	30.0	2.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Podstawy fizyki kwantowej	4	30.0	10.0	wykład	egzamin
Podstawy fizyki kwantowej	4	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Wychowanie fizyczne	4	30.0	1.0	Ćwiczenia	zaliczenie na ocenę
Język angielski	5	30.0	4.0	konwersatorium	egzamin
Seminarium dyplomowe	5	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Termodynamika i fizyka statystyczna	5	30.0	3.0	wykład	egzamin
Termodynamika i fizyka statystyczna	5	15.0		konwersatorium	zaliczenie
Elektrodynamika	6	30.0	5.0	wykład	egzamin
Elektrodynamika	6	15.0	0.0	konwersatorium	zaliczenie
Filozofia	6	15.0	2.0	wykład	egzamin
Filozofia	6	15.0		konwersatorium	zaliczenie
Pracownia dyplomowa	6	0.0	10.0	konwersatorium	egzamin
Seminarium dyplomowe	6	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę

Fizyka – II stopień – Fizyka teoretyczna

Program studiów dostępny jest na stronach:

http://syjon.umcs.lublin.pl/merv/course/studies_plan/1986/

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/ps2st/fizteo_09.pdf

Nazwa przedmiotu	Semestr	Liczba godzin	ECTS	Forma zajęć	Forma zaliczenia
Fizyka fazy skondensowanej	1	45.0	8.0	wykład	egzamin
Fizyka fazy skondensowanej	1	45.0		konwersatorium	zaliczenie
Fizyka kwantowa	1	30.0	5.0	wykład	egzamin

Fizyka kwantowa	1	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Fizyka teoretyczna	1	30.0		wykład	egzamin
Fizyka teoretyczna	1	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Laboratorium fizyczne	1	105.0	10.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny	1	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Kwantowa teoria pola	2	30.0	7.0	wykład	egzamin
Kwantowa teoria pola	2	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Seminarium	2	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Teoria jądra atomowego	2	30.0	6.0	wykład	egzamin
Teoria jądra atomowego	2	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Współczesna teoria grawitacji	2	30.0	8.0	wykład	egzamin
Współczesna teoria grawitacji	2	45.0		konwersatorium	zaliczenie
Fizyka cząstek elementarnych i oddziaływań podstawowych	3	30.0	4.0	wykład	egzamin
Fizyka cząstek elementarnych i oddziaływań podstawowych	3	15.0		konwersatorium	zaliczenie
Historia i metodologia fizyki	3	30.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Komputerowe modelowanie procesów fizycznych	3	15.0	6.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Komputerowe modelowanie procesów fizycznych	3	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Programowanie rozproszone i równoległe	3	30.0	9.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Programowanie rozproszone i równoległe	3	45.0		laboratorium	zaliczenie
Seminarium	3	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Pracownia magisterska	4	30.0	20.0	laboratorium	egzamin
Seminarium	4	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę

Fizyka – II stopień – Współczesna fizyka stosowana

Program studiów dostępny jest na stronach:

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/ps2st/wspfizsto_09.pdf

http://syjon.umcs.lublin.pl/merv/course/studies_plan/1987/

Nazwa przedmiotu	Semestr	Liczba godzin	ECTS	Forma zajęć	Forma zaliczenia
Fizyka fazy skondensowanej	1	45.0	8.0	wykład	egzamin
Fizyka fazy skondensowanej	1	45.0		konwersatorium	zaliczenie
Fizyka kwantowa	1	30.0	5.0	wykład	egzamin
Fizyka kwantowa	1	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Fizyka teoretyczna	1	30.0		wykład	egzamin
Fizyka teoretyczna	1	30.0		konwersatorium	zaliczenie
Laboratorium fizyczne	1	105.0	10.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny	1	30.0	2.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Elementy programowania	2	30.0	4.0	wykład	egzamin
Fizyka cząstek elementarnych	2	30.0	3.0	wykład	egzamin
Fizyka jądrowa II	2	15.0	5.0	wykład	egzamin
Fizyka jądrowa II	2	15.0		konwersatorium	zaliczenie
Pracownia mikroprocesorowa	2	45.0	4.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Pracownia specjalistyczna	2	90.0	8.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	2	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	2	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny I	2	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny II	2	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Historia i metodologia fizyki	3	30.0	2.0	konwersatorium	zaliczenie na ocenę
Pracownia specjalistyczna	3	90.0	8.0	laboratorium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	3	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	3	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Sterowanie układami pomiarowymi	3	15.0		wykład	zaliczenie na ocenę
Sterowanie układami pomiarowymi	3	30.0		laboratorium	zaliczenie
Wykład specjalistyczny I	3	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny II	3	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Pracownia magisterska	4	30.0	20.0	laboratorium	egzamin
Seminarium	4	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Seminarium	4	30.0	2.0	seminarium	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny I	4	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę
Wykład specjalistyczny II	4	30.0	3.0	wykład	zaliczenie na ocenę

Fizykochemia nowych materiałów – I stopień :

Program studiów dostępny jest na stronach:

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/aktspec/fizykochemia_2013.pdf

http://syjon.umcs.lublin.pl/merv/course/studies_plan/2309/

Moduł	ECTS	Łącznie				
		WY	CW	LB	KW	SE
Moduły obowiązkowe						
Bezpieczeństwo pracy i ergonomia (PRAKT)	1	15				
Chemia analityczna z elementami chemii ilościowej	9	30		30	30	
Chemia nieorganiczna i elementy chemii ogólnej	8	45		60	15	
Klasyczna chemia jakościowa	4			30		
Matematyka	12	60			90	
Podstawy fizyki 1	14	60		45	90	
Algebra i geometria	2	15			30	
Krystalografia i podstawy krystalochemii	3	15		15		
Opracowywanie wyników pomiarów	1				15	
Technologie informacyjne	1			15		
Wf	1		30			
Chemia fizyczna z elementami fizykochemii granic faz (PRAKT)	8	45		45	30	
Podstawy fizyki 2	8	30		45	45	
Rysunek techniczny (PRAKT)	1			15		
Chemia organiczna	8	45		45	15	
Elektronika i optoelektronika (PRAKT)	8	45		45	15	
Elementy fizyki współczesne	4	30			30	
Fizyka materii skondensowanej	6	30			45	
Mechanika kwantowa	2	15			15	

Pracownia metod fizycznych 1 (PRAKT)	6			75		
Elementy biologii	3	30		45		
Elementy inżynierii chemicznej	3	15		15	15	
Radiochemia	3	15			15	
Technologia wybranych materiałów inżynierskich (PRAKT)	5	30		15		
Grafika inżynierska (PRAKT)	5	15		30		
Suma	126	585	30	570	495	
Moduły wybieralne						
Repetytoria z fizyki	1	15				
Repetitorium z chemii	1	15				
Repetitorium z matematyki	1	15				
Lektorat z języka obcego	8				120	
Fizykochemia ciała stałego	4	30		30		
Metody spektroskopowe badania materii (PRAKT)	4	30		30		
Chemia koloidów	5	15		30		
Fizykochemia półprzewodników	1	15				
Metale i stopy (PRAKT)	1	15				
Metody dyfrakcyjne badania materii	5	15		30		
Radioizotopy i radiofarmaceutyki (PRAKT)	1	15				
Zastosowanie metod fizykochem. w badaniu materiałów	2	30				
Zielona chemia	1	15				
Biomateriały	4	30		30		
Ceramiki i kompozyty	2	30				
Elementy automatyki pomiarów (PRAKT)	5	15		30		
Elementy programowania komputerowego	3	15		30		
Finanse i rachunkowość dla inżynierów	2	30				
Fizyka nanostruktur	3	30		15		
Materiały polimerowe i węglowe	2	30		30		
Nowoczesne materiały elektroniczne i optyczne (PRAKT)	2	30				

Nowoczesne materiały magnetyczne	2	30				
Pracownia metod fizycznych 2 (PRAKT)	6			75		
Pracownia mikroprocesorowa (PRAKT)	3			45		
Radiacyjna modyfikacja materiałów (PRAKT)	2	30				
Elementy inżynierii biochemicznej	3	15		30		
Filozofia z elementami logiki	1	15				
Fizykochemia i technologia nanomateriałów	4	30		30		
Metodyka badań naukowych	2	30				
Nanofotonika	1	15				
Pracownia mechanicznej obróbki materiałów (PRAKT)	2			15		
Przedsiębiorczość innowacyjna	1	15				
Seminarium dyplomowe	6			30		
Suma	91	615		480	120	

SEMESTR I

Moduł							
	1						
	WY	CW	LB	KW	SE	E C T S	Z A L

moduły obowiązkowe

Bezpieczeństwo pracy i ergonomia (PRAKT)	15					1	Z
Chemia analityczna z elementami chemii ilościowej	15			15		3	E
Chemia nieorganiczna i elementy chemii ogólnej	45		60	15		8	E
Klasyczna chemia jakościowa			30			4	Z
Matematyka	30			45		6	E

Podstawy fizyki 1	30			45		6	E
Suma	135		90	120		28	

moduły
obowiązkowe wybieralne

Repetytoria z fizyki	15					1	Z
Repetytorium z chemii	15					1	Z
Repetytorium z matematyki	15					1	Z
Suma	45					3	

SEMESTR II

Modul							E C T S	Z A L
	WY	CW	LB	KW	SE			

moduły obowiązkowe

Bezpieczeństwo pracy i ergonomia (PRAKT)								
Chemia analityczna z elementami chemii ilościowej	15		30	15		6	E	
Chemia nieorganiczna i elementy chemii ogólnej								
Klasyczna chemia jakościowa								
Matematyka	30			45		6	E	
Podstawy fizyki 1	30		45	45		8	E	
Algebra i geometria	15			30		2	Z	
Krystalografia i podstawy krystalochemii	15		15			3	E	
Opracowywanie wyników pomiarów				15		1	Z	
Technologie informacyjne			15			1	Z	
Wf		30				1	Z	
Suma	105	30	105	150		28		

moduły wybieralne

Lektorat z języka obcego				30		2	Z	
Suma				30		2		

SEMESTR III

Moduł							
	3						
	WY	CW	LB	KW	SE	E C T S	Z A L

moduły obowiązkowe

Chemia fizyczna z elementami fizykochemii granic faz (PRAKT)	45		45	30		8	E
Podstawy fizyki 2	30		45	45		8	E
Rysunek techniczny (PRAKT)			15			1	Z
Suma	75		105	75		17	

moduły wybieralne

Lektorat z języka obcego				30		2	Z
Fizykochemia ciała stałego	30		30			4	Z
Suma	30		30	30		6	

SEMESTR IV

Moduł							
	4						
	WY	CW	LB	KW	SE	E C T S	Z A L

moduły obowiązkowe

Chemia organiczna	45		45	15		8	E
Elektronika i optoelektronika (PRAKT)	45		45	15		8	E
Elementy fizyki współczesne	30			30		4	E
Fizyka materii skondensowanej	30			45		6	E
Mechanika kwantowa	15			15		2	E
Pracownia metod fizycznych 1 (PRAKT)			75			6	Z
Suma	165		165	120		34	

moduły wybieralne

Lektorat z języka obcego				30		2	Z
Metody spektroskopowe badania materii (PRAKT)	30		30			4	E
Suma	30		30	30		6	

SEMESTR V

Modul							
	5						
	WY	CW	LB	KW	SE	E C T S	Z A L

moduły obowiązkowe

Elementy biologii	30		45			3	E
Elementy inżynierii chemicznej	15		15	15		3	E
Radiochemia	15			15		3	Z
Technologia wybranych materiałów inżynierskich (PRAKT)	30		15			5	E
Grafika inżynierska (PRAKT)							
Suma	90		75	30		14	

moduły wybieralne

Lektorat z języka obcego				30		2	Z
Chemia koloidów	15		30			5	Z
Fizykochemia półprzewodników	15					1	Z
Metale i stopy (PRAKT)	15					1	Z
Metody dyfrakcyjne badania materii	15		30			5	E
Radioizotopy i radiofarmaceutyki (PRAKT)	15					1	Z
Zastosowanie metod fizykochem. w badaniu materiałów	30					2	Z
Zielona chemia	15					1	Z
Suma	120		60	30		18	

SEMESTR VI

Modul							
-------	--	--	--	--	--	--	--

	6						
	WY	CW	LB	KW	SE	E C T S	Z A L

moduły obowiązkowe

Grafika inżynierska (PRAKT)	15		30			5	E
Suma	15		30			5	

moduły wybieralne

Biomateriały	30		30			4	E
Ceramiki i kompozyty	30					2	Z
Elementy automatyki pomiarów (PRAKT)	15		30			10	Z
Elementy programowania komputerowego	15		30			3	Z
Finanse i rachunkowość dla inżynierów	30					2	Z
Fizyka nanostruktur	30		15			3	E
Materiały polimerowe i węglowe	30		30			2	Z
Nowoczesne materiały elektroniczne i optyczne (PRAKT)	30					2	Z
Nowoczesne materiały magnetyczne	30					2	Z
Pracownia metod fizycznych 2 (PRAKT)			75			6	Z
Pracownia mikroprocesorowa (PRAKT)			45			3	Z
Radiacyjna modyfikacja materiałów (PRAKT)	30					2	Z
Suma	270		255			41	

SEMESTR VII

Moduł							
	7						
	WY	CW	LB	KW	SE	E C T S	Z A L

	moduły	wybieralne				
Elementy inżynierii biochemicznej	15		30		3	Z
Filozofia z elementami logiki	15				1	Z
Fizykochemia i technologia nanomateriałów	30		30		4	E
Metodyka badań naukowych	30				2	Z
Nanofotonika	15				1	Z
Pracownia mechanicznej obróbki materiałów (PRAKT)			15		2	Z
Przedsiębiorczość innowacyjna	15				1	Z
Seminarium dyplomowe			30		6	Z
Suma	120		105		20	

8. Informacje o przedmiotach

Szczegółowe informacje dotyczące przedmiotów realizowanych w trakcie studiów I i II stopnia dostępne są odpowiednio na stronach:

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/syl/SYLLABUS_3.pdf

http://www.fizyka.umcs.lublin.pl/dokum/syl/SYLLABUS_2.pdf

Studia I stopnia (licencjackie)

Zajęcia wspólne dla wszystkich specjalności

PRZEDMIOT: *Podstawy fizyki*

LICZBA GODZIN: 60 WY + 60 KW w sem. I, 60 WY + 60 KW w sem. II

FORMA ZALICZENIA: egzamin ustny

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe

PROWADZĄCY: prof. S. Krawczyk

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. S. Krawczyk

MINIMA PROGRAMOWE: Podstawowe wielkości fizyczne – pomiar. Międzynarodowy układ jednostek SI. Wektory i wielkości wektorowe w fizyce. Ruch prostoliniowy. Ruch w dwóch i trzech wymiarach. Siła i ruch. Zasady dynamiki Newtona. Energia kinetyczna, praca. Energia potencjalna, zachowanie energii. Zderzenia. Ruch obrotowy brył sztywnych. Statyka i

dynamika płynów. Drgania mechaniczne. Oddziaływanie grawitacyjne, pole grawitacyjne. Transformacja Lorentza. Elektryczność i magnetyzm – ładunek elektryczny, pole elektryczne. Prawo Coulomba. Prawo Gaussa. Potencjał elektryczny. Dielektryk w polu elektrycznym. Kondensatory. Prąd elektryczny, prawa przepływu prądu. Obwody elektryczne. Pola magnetyczne. Prawo Ampera. Indukcja i indukcyjność. Prąd zmienny. Równania Maxwella.

TREŚCI REALIZOWANE:

SEMESTR I

Wstęp

Uzupełnienie matematyczne – układy współrzędnych i wektory, algebra wektorów, funkcja pochodna i pierwotna, całka oznaczona.

Rozwój pojęć i najważniejszych teorii fizycznych od starożytności do współczesności.

Struktura fizyki: pojęcia i wielkości fizyczne, podstawowe teorie i relacje między nimi.

Newtonowska mechanika punktu materialnego

Układy współrzędnych (kartezjański, biegunowy, sferyczny) i wektory w tych układach.

Położenie, prędkość, przyspieszenie, tor, droga.

Krzywizna toru, przyspieszenie styczne i normalne.

Masa i pęd. Zasady dynamiki.

Środek masy układu punktów materialnych.

Prawo zachowania pędu.

Praca, energia kinetyczna i energia potencjalna.

Moment pędu. Prawo zachowania momentu pędu. Moment siły.

Pole grawitacyjne. Potencjał i zachowawczy charakter pola grawitacyjnego.

Ruch w polu siły centralnej.

Obrót i kąt skierowany. Prędkość i przyspieszenie kątowe.

Opis ruchu w ruchomym układzie odniesienia. Siły bezwładności.

Szczególna teoria względności

Transformacje Galileusza i doświadczenie Michelsona i Morleya.

Transformacje Lorentza.

Jednoczesność zjawisk.

Dylatacja i kontrakcja.

Prędkość względna.

Podłużny relatywistyczny efekt Dopplera.

Masa relatywistyczna.

Energia relatywistyczna.

Mechanika bryły

Moment pędu bryły sztywnej. Moment bezwładności.

Dynamika bryły sztywnej. Energia kinetyczna ruchu obrotowego.

Statyka bryły, oddziaływanie ciał w warunkach równowagi sił.

Ruch harmoniczny

Oscylator harmoniczny prosty. Częstość, amplituda, faza. Energia oscylatora.

Oscylacje tłumione.

Oscylacje wymuszone. Rezonans.

Elementy mechaniki ośrodków ciągłych

Klasyfikacja ośrodków ciągłych.
Ośrodki sprężyste. Prawo Hooke'a.
Hydrostatyka.
Przepływ cieczy idealnej. Równanie Bernoulliego.
Przepływ cieczy lepkiej, współczynnik lepkości.

SEMESTR II

Elementy termodynamiki i fizyki molekularnej

Termodynamika

Równowaga cieplna i temperatura. Pomiar temperatury.
Zjawiska cieplne – rozszerzalność cieplna, konwekcja, przewodnictwo cieplne.
Gaz doskonały – równanie stanu. Termometr gazowy i temperatura absolutna.
Energia wewnętrzna, ciepło i praca.
I zasada termodynamiki.
Molowe ciepła właściwe. Procesy termodynamiczne, silniki cieplne (Carnot) i pompa cieplna.
II zasada termodynamiki, entropia i odwracalność procesów termodynamicznych.

Oddziaływania międzycząsteczkowe

Energia wewnętrzna jako właściwość atomów i molekuł oraz ich oddziaływań.
Opis statystyczny układów wielu ciał. Rozkłady Maxwella i Boltzmanna.
Zasada ekwipartycji energii a ciepło właściwe gazów i ciał stałych.
Doświadczenie Joule'a-Thompsona i równanie van der Waalsa. Skraplanie gazów, przemiany fazowe i wykres fazowy.
Siły spójności, napięcie powierzchniowe i siły przylegania, właściwości powierzchniowe ciał (rozpuszczalność, hydrofilowość, hydrofobowość i ich związek z oddziaływaniami molekularnymi).

Elektrostatyka i prąd elektryczny

Oddziaływania elektryczne, pole elektryczne, prawo Coulomba.
Natężenie pola elektrostatycznego.
Prawo Gaussa (postać całkowa).
Potencjał pola elektrostatycznego. Powierzchnie ekwipotencjalne i linie sił. R-nie Poissona.
Dipol elektryczny w polu elektrycznym. Polaryzacja ośrodka materialnego. Przenikalność dielektryczna.
Pojemność elektryczna przewodnika odosobnionego i pojemność względna.
Energia pola elektrycznego.
Prąd elektryczny stały, natężenie i gęstość prądu. Makroskopowe i lokalne prawo Ohma.
Wydzielanie ciepła w przepływie prądu.
Zjawiska termoelektryczne, ogniwa chemiczne i siła elektromotoryczna.
Prawa Kirchhoffa dla obwodów elektrycznych.

Część III – pole magnetyczne, indukcja elektromagnetyczna

Siła Lorentza i siła elektrodynamiczna. Indukcja pola magnetycznego.
Silnik elektryczny i elektromagnetyczne przyrządy pomiarowe.
Prawo Biota i Savarta. Pole magnetyczne prądów.
Prawo Ampere'a (twierdzenie o cyrkulacji).
Indukcja elektromagnetyczna, prawo Faradaya. Samoi indukcja.
Prąd zmienny w obwodzie RLC. Impedancja.

Dipol magnetyczny. Pole magnetyczne w materii. Przenikalność magnetyczna.
Energia pola magnetycznego.
Prąd przesunięcia i II prawo indukcji elektromagnetycznej. Fale elektromagnetyczne.
Równania Maxwella.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład jest poprzedzony krótkim repetytorium z matematyki. Wykład jest ilustrowany dużym zestawem doświadczeń, a wszystkie omawiane działy fizyki rozpoczynane są od definicji podstawowych pojęć. Jednym z celów wykładu – oprócz zapoznania słuchaczy z wymienionymi powyżej dziedzinami fizyki - jest też ukazanie spójnej struktury fizyki, opartej na podstawowych prawach i złożonej z teorii o różnym stopniu ogólności. Wykładowi towarzyszy konwersatorium.

PODRECZNIKI:

1. I.W. Sawieljew - Wykłady z fizyki
2. R. Resnick, D. Halliday (J. Walker) - Fizyka, t. I i II (I-V)
3. B. Jaworski, A. Dietla, L. Miłkowska - Kurs fizyki, t. I-III
4. Ch. Kittel, W.D. Knight, M.A. Ruderman - Mechanika
5. F.C. Crawford - Fale
6. E.M. Purcell - Elektryczność i magnetyzm.

PRZEDMIOT: *Repetytorium z fizyki*

LICZBA GODZIN: 15 KW

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe

PROWADZĄCY: dr M. Wiertel, dr W. Korczak, dr A. Markowski, dr M. Pietrow, dr K. Zając

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr M. Wiertel

TREŚCI REALIZOWANE:

Ruch w jednym i dwóch wymiarach; względność ruchu;
Siły występujące w przyrodzie; zasady dynamiki Newtona;
Energia, zasada zachowania energii, praca; pęd, zasada zachowania pędu;
Oddziaływania grawitacyjne, pole grawitacyjne;
Oddziaływania elektryczne, pole elektrostatyczne;
Prąd elektryczny;
Pole magnetyczne.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia są prowadzone w formie konwersatorium. Stanowią uzupełnienie zajęć z Podstaw Fizyki. Zawierają proste treści, które nie wykraczają poza poziom szkoły średniej. Szczególny nacisk jest położony na przypomnienie wybranych podstawowych pojęć i praw fizycznych.

Student po zakończeniu zajęć powinien:

- umieć, posługując się poprawnym językiem, opisywać i wyjaśniać wybrane zjawiska fizyczne,
- znać podstawowe wielkości fizyczne i ich jednostki,
- znać wybrane prawa fizyczne, potrafić je zastosować do konkretnych sytuacji, zapisać je zależnością matematyczną, wyciągać z nich wnioski,

- umieć rysować i analizować wykresy ilustrujące proste zależności między różnymi wielkościami fizycznymi.

Podstawę zaliczenia stanowi aktywny udział w zajęciach.

LITERATURA:

1. P. G. Hewitt, Fizyka wokół nas.
2. D. Halliday, R. Resnick, Fizyka.
3. M. Skorko, Fizyka dla przyrodników.
4. J. Domański, J. Turło, Nieobliczeniowe zadania z fizyki.

PRZEDMIOT: *Repetitorium z matematyki*

LICZBA GODZIN: 15 KW

FORMA ZALICZENIA: kolokwium pisemne, które odbywa się po dwóch miesiącach od rozpoczęcia studiów

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe

PROWADZĄCY: dr M. Wiertel, dr W. Korczak, dr A. Markowski, dr M. Pietrow,
dr K. Zając

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr W. Korczak

TREŚCI REALIZOWANE: rachunek wektorowy, różniczkowy i całkowy

OPIS ZAJĘĆ: W ramach repetytorium studenci przyzwyczajają się do zapisu potęgowego wielkich i małych liczb, ćwiczą przekształcenia algebraiczne, stosują funkcje trygonometryczne oraz wykonują wykresy podstawowych funkcji. Następnie zapoznają się z elementami rachunku wektorowego, różniczkowego i całkowego. Opanowują umiejętność składania i rozkładania wektorów, a także obliczania iloczynu skalarnego i wektorowego. Wyznaczają pochodne, znajdują ekstrema funkcji, oswajają się z pojęciem różniczki. Obliczają najprostsze całki, uczą się stosowania całek oznaczonych w konkretnych sytuacjach.

LITERATURA:

1. W. Korczak, M. Trajdos, Wektory pochodne całki, PWN 2009 (wyd. trzecie poprawione) oraz wydania wcześniejsze.

PRZEDMIOT: *Pracownia fizyczna wstępna*

LICZBA GODZIN: 45 LB

FORMA ZALICZENIA:

GRUPA PRZEDMIOTÓW:

PROWADZĄCY: dr W. Berej, dr W. Korczak, dr A. Smolira, dr M-ta Wiertel, dr R. Zdyb

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr W. Berej

TREŚCI REALIZOWANE: Celem zajęć w pracowni fizycznej wstępnej jest nabranie wprawy w najbardziej podstawowych umiejętnościach przydatnych w eksperymentowaniu: obserwacji oraz starannego pomiaru wielkości fizycznych. Studenci wykonują doświadczenia w małych 2-3 osobowych zespołach, każdorazowo przygotowując zestaw z udostępnionych elementów oraz przyrządów pomiarowych. Część doświadczeń ma charakter obserwacyjny, w innych wykonywane pomiary pozwalają sprawdzić wiele istotnych prawidłowości i praw fizycznych z głównych

działów fizyki: mechaniki, termodynamiki, elektryczności i magnetyzmu oraz optyki. W ten sposób zajęcia pozwalają powtórzyć w doświadczeniach część materiału ze szkolnego kursu fizyki, a z drugiej strony służą przygotowaniu do zajęć w pracowni fizycznej I. Wśród tematów przeprowadzanych eksperymentów znajdują się między innymi: okres wahadła matematycznego, ruch wózka na równi, prawo Hooke'a, ruch drgający ciała zawieszonego na sprężynie, mieszanie wody zimnej i gorącej, ciepło parowania wody w temperaturze wrzenia, zjawisko termoelektryczne, prawo Ohma, przepływ prądu w połączeniu równoległym, prawo odbicia i załamania światła, całkowite wewnętrzne odbicie, obrazy w zwierciadłach sferycznych i soczewkach.

Warto podkreślić, że zajęcia nie ograniczają się do wykonywania eksperymentów. Dużą wagę przywiązuje się również do wyjaśnienia zagadnień i pojęć fizycznych, których one dotyczą.

LITERATURA:

1. J. Blinowski, J. Trylski, *Fizyka dla kandydatów na wyższe uczelnie*, PWN 1974.
2. P.G. Hewitt, *Fizyka wokół nas*, PWN 2003.
3. Instrukcje do doświadczeń przygotowane przez producenta sprzętu.

Zaliczenie: na podstawie wykonania doświadczeń, przygotowania opisów niektórych z nich wybranych przez prowadzącego zajęcia oraz wyników sprawdzianów wiadomości.

PRZEDMIOT: *I pracownia fizyczna*

LICZBA GODZIN: 90 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: dr. Zdyb, dr M. Pietrow, dr B. Zgardzińska, dr A. Smolira, dr M. Turek

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr R. Zdyb

MINIMA PROGRAMOWE: Metody pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej – także z zastosowaniem technik elektronicznych i komputerowego wspomagania eksperymentu. Planowanie pomiarów, budowa układów pomiarowych, wykonanie pomiarów, ocena niepewności pomiarów.

TREŚCI REALIZOWANE: Metody pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej oraz współczesnej z zastosowaniem technik elektronicznych wspomagania eksperymentu. Planowanie pomiarów, budowa układów pomiarowych, wykonanie pomiarów, ocena niepewności pomiarów.

OPIS ZAJĘĆ: Spis eksperymentów:

MECHANIKA

M1 GĘSTOŚĆ POWIETRZA

Wyznaczanie gęstości powietrza

M2 PRZYSPIESZENIE ZIEMSKIE

a) Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego

- b) Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą spadkownicy Atwooda
- M3 WAHADŁO SPRĘŻYNOWE
Sprawdzanie wzoru na okres drgań wahadła sprężynowego
- M4 WAHADŁO TORSYJNE
a) Wyznaczanie modułu skręcenia metodą dynamiczną
b) Wyznaczanie momentu bezwładności brył nieregularnych
c) Wyznaczanie momentów bezwładności brył względem różnych osi obrotu i elipsoidy bezwładności
- M5 WAHADŁO KRZYŻOWE OBERBECKA
a) Wyznaczanie momentu bezwładności wahadła krzyżowego Oberbecka
b) Wyznaczanie zależności przyspieszenia kąтового od zmian momentu bezwładności
- M6 ZASADA ZACHOWANIA PĘDU
a) Zderzenia sprężyste
b) Zderzenia niesprężyste
- M7 WAHADŁO BALISTYCZNE SKRĘTNE
Wyznaczanie prędkości pocisku za pomocą wahadła balistycznego skrętnego
- M8 WAHADŁA SPRĘŻONE
a) Pomiar częstości drgań współfazowych i przeciwfazowych wahadeł sprzężonych
b) Pomiar momentu bezwładności wahadła metodą drgań wahadeł sprzężonych
- M9 WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA TARCIA TOCZNEGO
a) Wyznaczanie współczynnika tarcia tocznego za pomocą wahadła wychylnego
b) Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego na podstawie pomiaru okresu drgań wahadła wychylnego
- M10 FALE GŁOSOWE
a) Wyznaczanie prędkości fali głosowej metodą rezonansu
b) Wyznaczanie prędkości fali głosowej w ciałach stałych za pomocą rury Kundta
- M11 LEPKOŚĆ CIECZY
a) Pomiar zależności współczynnika lepkości od temperatury metodą przepływu przez rurkę kapilarną
b) Wyznaczanie współczynnika lepkości metodą wypływu cieczy z naczynia przez kapilarę
d) Wyznaczanie współczynnika lepkości metodą Stokesa
- M12 NAPIĘCIE POWIERZCHNIOWE
a) Pomiar napięcia powierzchniowego metodą kapilary
b) Pomiar napięcia powierzchniowego metodą pęcherzykową
- M13 ROZSZERZALNOŚĆ CIEPLNA
Wyznaczanie współczynnika rozszerzalności liniowej ciał stałych
- M14 CIEPŁO WŁAŚCIWE
d) Wyznaczanie ciepła właściwego cieczy metodą szeregowego i równoległego połączenia grzałek
- M15 I ZASADA TERMODYNAMIKI
Wyznaczanie współczynnika C_p/C_V dla powietrza
- M16 WRZENIE CIECZY
Pomiar zależności temperatury wrzenia wody od ciśnienia i wyznaczenie ciepła parowania
- M17 WILGOTNOŚĆ POWIETRZA
- M18 MASA CZĄSTECZKOWA

Wyznaczanie masy molowej metodą V. Mayera

ELEKTRYCZNOŚĆ

- E1 POLE ELEKTROSTATYCZNE
Wyznaczanie rozkładu potencjału dla elektrod różnych kształtów.
- E2 OPÓR ELEKTRYCZNY
b) Wyznaczanie oporu elektrycznego metodą mostka Wheatstone'a.
d) Praktyczne stosowanie prawa Ohma.
- E3 ELEKTROLIZA
a) Oporność elektrolitu
b) Wyznaczanie równoważnika elektrochemicznego miedzi i wodoru oraz stałej Faraday'a.
- E4 SIŁA ELEKTROMOTORYCZNA
a) Wyznaczanie siły elektromotorycznej ogniwa metoda kompensacji.
- E5 ZJAWISKA TERMOELEKTRYCZNE
a) Cechowanie termoogniwa i pomiar siły termoelektrycznej
- E6 LAMPY ELEKTRONOWE
a) Wyznaczanie oporu elektrycznego diody.
b) Wyznaczanie nachylenia charakterystyki i współczynnika wzmocnienia triody.
- E8 POJEMNOŚĆ ELEKTRYCZNA
b) Wyznaczanie pojemności kondensatora z parametrów generatora drgań piłowych.
- E9 LAMPA OSCYLOSKOPOWA
a) Wyznaczanie czułości lampy oscyloskopowej oraz pomiar przekładni transformatora.
b) Wyznaczanie częstości drgań kamertonu.
- E10 PÓŁPRZEWODNIKI
a) Dioda półprzewodnikowa
b) Sporządzanie charakterystyk tranzystora.
- E11 POLE MAGNETYCZNE
b) Pomiar wektora indukcji w szczelinie elektromagnesu.
- E13 OBWODY PRĄDU ZMIENNEGO Z ELEMENTAMI RLC
a) Wyznaczanie współczynnika indukcji własnej solenoidu.

OPTYKA

- O1 SOCZEWKI
a) Wyznaczenie zdolności zbierającej soczewek z pomiaru odległości przedmiotu i obrazu od soczewki.
b) Wyznaczenie zdolności zbierającej soczewek metodą Bessela.
- O2 MIKROSKOP
a) Cechowanie mikroskopu i pomiar małych przedmiotów.
c) Pomiar powiększenia liniowego mikroskopu.
- O3 WSPÓŁCZYNNIK ZAŁAMANIA ŚWIATŁA
a) Pomiar współczynnika załamania światła za pomocą mikroskopu.
b) Wyznaczenie współczynnika załamania światła za pomocą refraktometru Abbego.
- O4 SIATKA DYFRAKCYJNA.
Wyznaczenie długości fali światła za pomocą siatki dyfrakcyjnej.
- O5 SPEKTROSKOP

- Wykreślenie krzywej dyspersji i pomiar długości fal niektórych linii widmowych.
- O6 POLARYZACJA ŚWIATŁA
 a) Wyznaczenie kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji przez płytkę kwarcową, terpentynę i roztwór cukru.
 b) Skręcenie płaszczyzny polaryzacji w polu magnetycznym i wyznaczenie stałej Verdetta.
- O7 LASER He-Ne
 Wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej za pomocą światła lasera He-Ne.
- O8 INTERFEROMETR JAMINA
 Wyznaczenie względnego współczynnika załamania światła dla roztworów.
- K1 EFEKT FOTOELEKTRYCZNY
 a) Określenie zależności natężenia prądu fotoelektrycznego od strumienia świetlnego oraz grubości warstwy pochłaniającej.
 b) Wyznaczenie współczynnika absorpcji cieczy.
- K2 PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ
 Pomiar względnego natężenia promieniowania za pomocą elektroskopu.
- K3 POCHŁANIANIE PROMIENI BETA
 Badanie absorpcji promieniowania beta.
- K4 TERMOEMISJA
 Wyznaczenie pracy wyjścia elektronu z wolframu.
- K5 CHARAKTERYSTYKI SPEKTRALNE ELEMENTÓW ŚWIATŁOCZUŁYCH
 a) Sporządzenie charakterystyki spektralnej i prądowo-napięciowej dla fotokomórki próżniowej.
 b) Sporządzenie charakterystyki spektralnej i prądowo-napięciowej dla fotokomórki gazowej.
 c) Wyznaczenie charakterystyki spektralnej fotoopornika.
- K6 MIKROFALE
 a) Badanie zależności natężenia promieniowania od odległości od źródła mikrofal.
 b) Wyznaczenie długości fali promieniowania mikrofalowego.
 c) Wyznaczenie zdolności zbierającej soczewki mikrofalowej.
 d) Wyznaczenie długości fali promieniowania mikrofalowego za pomocą siatki dyfrakcyjnej.
- K7 WYZNACZENIE STAŁEJ PLANCKA I PRACY WYJŚCIA FOTOELEKTRONÓW

Do zaliczenia kolokwium wymagana jest znajomość zagadnień obejmujących tematykę wykonywanego eksperymentu w zakresie określonym przez wykład z Podstaw fizyki.

Zaliczenie poszczególnych ćwiczeń odbywa się na podstawie kolokwium sprawdzającego, sposobu wykonywania ćwiczenia oraz opracowania, przy czym ocena ostateczna zaliczenia danego ćwiczenia wpisana do karty ćwiczeń jest średnią z trzech wymienionych ocen pozytywnych.

Do otrzymania zaliczenia konieczne jest wykonanie 10 ćwiczeń w ciągu semestru.

LITERATURA:

1. W. Bulanda, M. Sowa, H. Murlak-Stachura, Ćwiczenia eksperymentalne z fizyki – Mechanika, termodynamika, fizyka molekularna, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2003.
2. Z. Wroński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki – Elektryczność, Wydawnictwo UMCS, Lublin 1995.

3. J. Sielanko, M. Sowa, Ćwiczenia eksperymentalne z fizyki – Optyka i fizyka współczesna, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2002.
4. D. Halliday, R. Resnik, J. Walker, Podstawy fizyki, Wydawnictwo Naukowe PWN 2005/2006.

PRZEDMIOT: *Metody opracowania wyników pomiarów*

LICZBA GODZIN: 15WY + 30 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe

PROWADZĄCY: prof. S. Hałas, dr A. Wójtowicz

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. S. Hałas

TREŚCI REALIZOWANE: zmienna losowa, najczęściej stosowane rozkłady, obliczanie wartości średnich i wariancji, prawo propagacji błędów, estymatory, metoda najmniejszych kwadratów.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia są prowadzone w drugiej połowie semestru zimowego na pierwszym roku studiów. Celem wykładu jest przybliżenie studentom terminologii probabilistycznej i statystycznej. Od studentów wymagana jest znajomość podstawowych wzorów i metod rachunku różniczkowego i całkowego, np. często jest stosowane „całkowanie przez części” podczas obliczania średniej i wariancji dla niektórych rozkładów.

Laboratorium jest prowadzone przez doświadczonych adiunktów w salach komputerowych, co daje możliwość prowadzenia obliczeń numerycznych. Celem laboratorium jest również nabycie przez studentów umiejętności posługiwania się programami do graficznego przedstawiania wyników doświadczeń.

LITERATURA:

1. Stanisław Hałas i Artur Wójtowicz, Skrypt do wykładu z metod statystycznych, dostępny na stronie WWW.knsf.umcs.lublin.pl.
2. Siegmund Brandt, Analiza danych, PWN 1998.
3. Roman Nowak, Statystyka dla fizyków, PWN 2002.

PRZEDMIOT: *Technologie informacyjne*

LICZBA GODZIN: 30 KW

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe, kierunkowe, specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr A. Staszczak, dr hab. J. Matyjasek, dr J. Kraśkiewicz

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr A. Staszczak

MINIMA PROGRAMOWE: Podstawy technik informatycznych, przetwarzanie tekstów, arkusz kalkulacyjny, bazy danych, grafika menedżerska i/lub prezentacyjna, usługi w sieciach informatycznych, pozyskiwanie i przetwarzanie informacji.

TREŚCI REALIZOWANE:

I. MS Word lub OpenOffice Writer- edytor tekstu

- formatowanie tekstu
- tabele
- grafika w edytorze
- wzory matematyczne

II. MS Excel lub OpenOffice Calc- arkusz kalkulacyjny

- adresowanie komórek
- rodzaje i format danych
- formatowanie komórek
- zastosowanie funkcji i formuł w tabeli
- tworzenie wykresów
- Excel, jako baza danych do korespondencji seryjnej w edytorze MS Word

III. Gnuplot- program do tworzenia wykresów funkcji

- wykresy funkcji jednej- i dwuzmiennych

IV. LaTeX2e- oprogramowanie do zautomatyzowanego składu tekstu

- polskie znaki diakrytyczne (różne standardy kodowania znaków i ich wzajemna konwersja)
- składanie wyrażeń matematycznych
- Beamer, klasa LaTeX-a wykorzystywana przy tworzeniu prezentacji multimedialnych

V. Maxima- program CAS (system algebry komputerowej), wspomagający wykonywanie obliczeń symbolicznych.

- podstawowe działania arytmetyczne w Maximie
- układy równań
- macierze
- funkcje
- elementarne zagadnienia analizy matematycznej

OPIS ZAJĘĆ:

LITERATURA:

1. Aleksandra Kula: *ABC Word 2003 PL* (2003).
2. Maciej Groszek: *ABC Excel 2003 PL* (2004).
3. Mirosław Dziewoński: *Open Office 2.0 PL* (2005).
4. Nie za krótkie wprowadzenie do systemu LaTeX2e, <http://ftp.gust.org.pl/pub/CTAN/info/lshort/polish/lshort2e.pdf> .
5. Harvey J. Greenberg: *A Simplified Introduction to LaTeX*, <http://www.gust.org.pl/doc/documentation> .
6. Thomas Williams, Colin Kelley: *gnuplot An Interactive Plotting Program*, <http://www.gnuplot.info/docs/gnuplot.pdf> .
7. *Maxima Manual*, <http://maxima.sourceforge.net/docs/manual/en/maxima.pdf> .

PRZEDMIOT: *Astronomia*

LICZBA GODZIN: 30WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe

PROWADZĄCY: prof. M. Rogatko, prof. K. Murawski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Rogatko

MINIMA PROGRAMOWE: *Treści kształcenia:* Ważniejsze odkrycia astronomiczne do połowy XIX wieku. Nośniki informacji o Wszechświecie. Fizyka i ewolucja gwiazd. Materia międzygwiazdowa. Budowa Galaktyki. Astronomia pozagalaktyczna. Elementy kosmologii.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje : rozumienia zjawisk astronomicznych i praw nimi rządzących: posługiwania się terminologią astronomiczną: oceny aktualnego stanu badań astronomicznych.

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Teorie powstania Wszechświata- czasoprzestrzeń Newtona, Minkowskiego, Einsteina. Doświadczenia potwierdzające relatywistyczną teorię grawitacji. Wielowymiarowy Wszechświat (teoria strun/M teoria). Zasada holograficzna. Pianowa struktura Wszechświata. Teoria inflacji i wielość Wszechświatów.
2. Wielki wybuch, Wszechświat jednorodny i izotropowy, promieniowanie relikto we (dane z satelitów COBE, WAMP, Planck), równanie kosmicznego trójkąta, ciemna materia, ciemna energia. Alternatywy dla wielkiego wybuchu.
3. Ciemna materia i ciemna energia, własności, modyfikacje struktur wielkoskalowych przez te czynniki. Efekt całkowity Wolfa-Sachsa, ciemny przepływ. Historia Wszechświata wypełnionego ciemną energią.
4. Formowanie się struktur we Wszechświecie, kryterium Jeansa. Rozkład ciemnej materii (projekt COSMOS). Obserwacyjne dowody istnienia ciemnej materii – zderzenia klastrów galaktyk. Symulacje numeryczne tworzenia się struktur wielkoskalowych (symulacja milenijna).
5. Młode obiekty gwiazdowe. Mgławice międzygwiazdowe, typy mgławic. Formowanie się protogwiazd, dyski planetarne, obiekty Herbiga-Haro, gwiazdy typu T-Tauri.
6. Brązowe karły, testy obserwacyjne, występowanie. Ewolucja gwiazd- diagram Hertzsprunga-Russella, typy widmowe gwiazd, gwiazdy ciągu głównego.
7. Ewolucja gwiazd masywnych, końcowe stadia ewolucji gwiazd. Mgławice planetarne, białe karły, granica masy Chandrasekhara, białe karły w układach podwójnych (klasyczna nowa, karłowata nowa, supernowa). Gwiazdy supernowe, rodzaje, typy, symulacje numeryczne ich wybuchów. Gwiazdy neutronowe, teoria budowy, dane obserwacyjne. Procesy astrofizyczne z udziałem gwiazd neutronowych (efekt kuli armatniej, akrecja materii, zlewanie). Gwiazdy kwarkowe.
8. Czarne dziury, teoria, typy, proces Hawkinga, hipoteza kosmiczne cenzury, proces Penrose'a. Symulacje numeryczne podróży przez czarną dziurę. Astrofizyczne czarne dziury, ich typy. Czarne dziury w układach podwójnych, dyski akrecyjne, jety. Obserwacyjne potwierdzenie istnienia czarnych dziur (dane z teleskopu Hubble'a, satelity Chandra). Supermasywne czarne dziury w jądrach galaktyk. Wpływ czarnej dziury na budowę klastra galaktyk (gromada Perseusza, Hydry, NGC 12750)-zjawisko 'cooling flow' i powstawanie fal akustycznych. Bardzo zwarte galaktyki karłowate. Rola czarnych dziur w formowaniu i ewolucji galaktyk.
9. Błyski promieniowania gamma, historia, rodzaje błysków. Przypuszczalne mechanizmy tego zjawiska. Kategorie błysków gamma.
10. Magnetary, historia odkrycia, teoria powstawania. Bardzo silne pola magnetyczne i ich własności. Wpływ magnetarów na atmosferę ziemską.

11. Galaktyki, budowa, morfologia najbliższych galaktyk. Galaktyki wczesnego Wszechświata (głębokie tło obserwacji teleskopu Hubble'a). Kłustry galaktyk- budowa własności, zderzenia kłustrów galaktyk. Aktywne jądra galaktyk (AGN)- blazary, kwazary, galaktyki Seiferta. Najdalsze obiekty obserwowanego Wszechświata (Himiko).
12. Planety poza układem słonecznym. Równanie Drake'a, prawdopodobieństwo powstania życia we Wszechświecie. Planety przy pulsarach, białych karłach, brązowych karłach, gorące Jowisze. Metody poszukiwania planet poza układem słonecznym. Misja satelity Kepler.
13. Metody obserwacji Wszechświata: historia teleskopu, teleskopy optyczny, radiowe, kosmiczne, satelity.
14. Ogólna charakterystyka Układu Słonecznego, Słońce: budowa wnętrza Słońca, atmosfera Słońca, problem ogrzewania korony słonecznej, zjawisko generacji pola magnetycznego, konwekcja
15. Planety skaliste i gazowe, charakterystyka wnętrza planet, problem generacji wewnętrznego pola magnetycznego, atmosfery i magnetosfery planet
16. Plazma słoneczna, opis fenomenologiczny plazmy, równania plazmowe, wiatr słoneczny, problem przyspieszania wiatru słonecznego
17. Magnetosfera Ziemi, komety, oddziaływanie wiatru słonecznego z planetami, heliosfera.

OPIS ZAJĘĆ:

Tematyka wykładów będzie dotyczyła zagadnień zawartych w minimach programowych a dodatkowo zostanie przeanalizowana następująca problematyka:

1. Najnowsze odkrycia astronomiczne (dane z teleskopów Hubble'a i satelitów Chandra, Kepler i innych) będą przedstawiane na bieżąco,
2. Treści wykładowe będą ilustrowane filmami, animacjami i symulacjami procesów astrofizycznych
3. Problemy dotyczące fizyki Słońca, planet i drobnych ciał Układu Słonecznego oraz plazmy astrofizycznej

Zagadnienia związane z astrofizyką czarnych dziur, błysków gamma, magnetarów, pulsarów rentgenowskich, powstawania i ewolucji pozaziemskich układów planetarnych.

LITERATURA:

1. R. Berlusevic- Relativity, Astrophysics and Cosmology, Wiley 2008.
2. B. Carroll, D. Ostlie- Modern Astrophysics, Pearson-Addison 2007.
3. H. Holcomb- Foundations of Modern Cosmology, Oxford Un.Press 2005.
4. J.A. Peacock- Cosmological Physics, Cambridge Un.Press 1999.
5. P. Coles, F. Lucchin- Cosmology – The Origin and Evolution of Cosmic Structure, Wiley 2002.
6. Dane z misji satelitarnych zorganizowanych przez ESA, NASA.
7. M. Aschwanden, *Physics of the solar corona. An introduction*, Springer, 2006
8. T. E. Cravens, *Physics of solar system plasmas*, Cambridge University Press, Cambridge 1997.
9. Kivelson & Russell (eds): *Introduction to Space Physics*, Cambridge University Press, Cambridge 1995.

Skrócony program wykładu:

1. Pojęcie czasoprzestrzeni, teorie powstania Wszechświata,
2. Wczesny Wszechświat, promieniowanie reliktowe, głębokie tło obserwacji teleskopu Hubble'a,
3. Ciemna materia, ciemna energia,
4. Powstawanie i ewolucja gwiazd, materia międzygwiazdowa,
5. Białe karły, pulsary, supernowe,
6. Magnetary,
7. Czarne dziury (mikrokwazary, kwazary),
8. Błyski promieniowania gamma,
9. Powstawanie galaktyk, ich rodzaje i budowa,
10. Aktywne jądra galaktyk, kwazary, blazary,
11. współczesne metody obserwacji Wszechświata,
12. Planety poza układem słonecznym.
13. Ogólna charakterystyka Układu Słonecznego
14. Słońce: budowa wnętrza Słońca, atmosfera Słońca
15. Plazma słoneczna
16. Wiatr słoneczny
17. Planety skaliste i gazowe
18. Magnetosfera Ziemi
19. Komety
20. Oddziaływanie wiatru słonecznego z planetami
21. Heliosfera

PRZEDMIOT: *Podstawy Fizyki II*
LICZBA GODZIN: 90 WY + 90 KW
FORMA ZALICZENIA: egzamin
GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe
PROWADZĄCY: prof. M. Budzyński
OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Budzyński

MINIMA PROGRAMOWE: Drgania mechaniczne i Fale. Drgania elektromagnetyczne. Prąd zmienny. Fale elektromagnetyczne. Optyka. Fala świetlna na granicy dwóch ośrodków. Polaryzacja światła. Dyfrakcja i interferencja światła. Prędkość światła. Współczynnik załamania światła – jego dyspersja. Klasyczne i nieklasyczne źródła światła. Detektory optyczne. Budowa materii – Zjawiska nieklasyczne, koncepcja fotonu. Stabilność atomu, model Rutherforda-Bohra. Fale de Broglie’a. Równanie Schrödingera. Atom wodoru. Obiekty kwantowe w polach zewnętrznych. Modele jądrowe. Promieniotwórczość. Klasyfikacja cząstek elementarnych.

TREŚCI REALIZOWANE: Drgania mechaniczne i Fale: fale sprężyste, równanie falowe, fale stojące, rezonans, energia fali sprężystej, dźwięk, efekt Dopplera, prędkości naddźwiękowe, dudnienia. Drgania elektromagnetyczne: drgania swobodne w obwodzie LC, drgania swobodne tłumione (obwód RLC), drgania elektryczne wymuszone. Prąd zmienny: moc wydzielana w obwodzie, transformator. Fale elektromagnetyczne: równania Maxwella, elektromagnetyczna fala płaska, energia fal elektromagnetycznych, wektor Poyntinga, pęd światła, widmo fal elektromagnetycznych, prędkość fazowa i grupowa, promieniowanie dipola, fotometria: strumień świetlny, oświetlenie. Optyka. Fala świetlna na granicy dwóch ośrodków: prawo odbicia i załamania, nieliniowe odbicie światła, całkowite wewnętrzne odbicie, płytka płasko-równoległa, równanie zwierciadła, konstrukcja graficzna obrazu, zwierciadło płaskie, symetria zwierciadlana, załamanie światła na powierzchni sferycznej, równanie soczewki, przyrządy optyczne, lupa, oko, aberacje układów optycznych. Polaryzacja światła: zjawisko polaryzacji światła, metody polaryzacji, kryształy dwójłomne, dwójłomność wymuszona, efekt Kerra, zjawisko Faradaya (efekt magnetoptyczny). Dyfrakcja i interferencja światła: zasada Huyghensa a prawo Snelliusa, doświadczenie Yuonga, spójność, prążki równego nachylenia, prążki równej grubości, pierścienie Newtona, interferometr Michelsona, dyfrakcja Fraunhofera na jednej szczelinie, natężenie prążków obrazu dyfrakcyjnego, siatka dyfrakcyjna. Prędkość światła, metody pomiaru. Współczynnik załamania światła – jego dyspersja: pryzmat - załamanie i rozszczepienie światła, dyspersja, tęczą pierwotna i wtórna. Klasyczne i nieklasyczne źródła światła: żarówka klasyczna i halogenowa, dioda elektroluminescencyjna LED. Detektory optyczne: Fotopowielacz, płyty mikrokanalikowe MCP. Fotorezystor, fotodioda, fotoogniwo. Detektory termiczne, termopara, bolometr, komórka Golay’a. Budowa materii – Zjawiska nieklasyczne, koncepcja fotonu: promieniowanie ciała doskonale czarnego, koncepcja Plancka, zjawisko fotoelektryczne, emisja spontaniczna i wymuszona, zasada działania lasera, zjawisko Comptona. Stabilność atomu, model Rutherforda-Bohra: doświadczenie Rutherforda, model Bohra, moment pędu elektronu, spin elektronu, doświadczenie Sterna-Gerlacha, zasada Pauliego, układ okresowy pierwiastków, promieniowanie rentgenowskie, widmo ciągłe, charakterystyczne, promieniowanie synchrotronowe. Fale de Broglie’a: fale materii, doświadczenie Davissona-Germera, dualizm korpuskularno-falowy. Równanie Schrödingera. Atom wodoru. Obiekty kwantowe w polach zewnętrznych: sprzężenie spin-orbita. Zjawisko Zemana. Zjawisko Starka Modele jądrowe. Promieniotwórczość. Klasyfikacja cząstek elementarnych.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład prowadzony jest według planu. W ramach wykładu prowadzone są demonstracje zjawisk fizycznych. Jeśli warunki techniczne nie pozwalają na przeprowadzenie demonstracji to wykład ilustrowany jest kolorowymi transparencjami. Treści omawiane na wykładzie są w miarę potrzeby rozszerzane na konwersatoriach. Zasadnicza forma zajęć konwersatoryjnych to zadania fizyczne ilustrujące i rozszerzające treści przedstawione na wykładzie. Konwersatoria zaliczane są na stopień. Podstawą do zaliczenia konwersatorium jest: aktywne uczestnictwo na zajęciach oraz pomyślne wyniki ze sprawdzianów pisemnych. Pozytywna ocena z konwersatorium jest warunkiem dopuszczenia do egzaminu. Ponadto jest brana pod uwagę podczas egzaminu. W przypadku różnicy ocen z egzaminu i konwersatorium większej niż 1 wykładowca konsultuje się z osobą prowadzącą konwersatorium. Zdaniem Podstaw fizyki II jest przekazanie i ugruntowanie wiedzy ogólnej z zakresu fizyki oraz jej zapisu za pomocą formuł matematycznych. Studenci powinni dobrze rozumieć podstawy fizyki oraz posiadać ogólną wiedzę o demonstracji zjawisk fizycznych. Ponadto powinni dostrzegać i rozumieć zjawiska fizyczne zachodzące w ich otoczeniu.

LITERATURA:

1. R.P. Feynman, R.B.Leighton, M.Sands, Feynmana wykłady z fizyki. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (2001).
2. D.Halliday, R.Resnick, J.Walker, Podstawy fizyki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (2003).
3. W.Bogusz, J.Garbarczyk, F.Krok, Podstawy fizyki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa (2005).
4. I.W.Sawieliew, Wykłady z fizyki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (1994).
5. A.K.Wróblewski, J.A.Zakrzewski, Wstęp do fizyki, PWN, Warszawa (1989).
6. J.Ginter. Fizyka fal, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (1993).
7. J.R.Meyer-Arendt, Wstęp do optyki, PWN, Warszawa (1977).
8. F.S.Crowford Jr, Fale, PWN, Warszawa (1975).

PRZEDMIOT: *Mechanika klasyczna i relatywistyczna*

LICZBA GODZIN: 30, WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTOW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. A. Gózdź, prof. K. Pomorski, prof. M. Rogatko, dr hab. J. Matyjasek

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. A. Gózdź

MINIMA PROGRAMOWE: Prawa ruchu układów mechanicznych - zasady i wynikające z nich równania ruchu. Układ inercjalny. Własności czasoprzestrzeni - związane z nimi prawa zachowania: energii, pędu i momentu pędu. Ruch punktu materialnego. Zagadnienie ruchu dwóch ciał. Całkowanie równań ruchu - ruch w polu centralnym, ruch harmoniczny. Grawitacja, prawa Keplera. Małe drgania. Zderzenia cząstek. Ruch ciała sztywnego. Elementy mechaniki relatywistycznej opartej o szczególną teorię względności. Relatywistyczne równania ruchu.

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Struktura i własności czasoprzestrzeni.
 - a) Czasoprzestrzenie Arystotelesa, Galileusza i Lorentza.

- b) Względność ruchu. Układy odniesienia - w szczególności definicja inercjalnego układu współrzędnych.
- c) Własności fizycznych zdarzeń w czasoprzestrzeniach Arystotelesa, Galileusza i Lorentza.
- 2. Prawa ruchu układów mechanicznych (nierelatywistycznych i relatywistycznych).
 - a) Pojęcie stopni swobody układu fizycznego. Współrzędne uogólnione. Przestrzenie konfiguracyjne.
 - b) Lokalne i globalne zasady dynamiki: równania różniczkowe jako równania ruchu, zasady wariacyjne, więzy.
 - c) Ogólne zagadnienie całkowania równań ruchu.
 - d) Informacja o zasadach zachowania i ich powiązaniu ze strukturą czasoprzestrzeni.
 - e) Własności wybranych wielkości fizycznych w czasoprzestrzeniach Galileusza i Lorentza.
- 3. Ruch punktu materialnego.
 - a) Pojęcie punktu materialnego i jego ograniczenia.
 - b) Nierelatywistyczna oraz relatywistyczna kinematyka pojedynczego punktu materialnego. Problemy relatywistycznej kinematyki na przykładzie ruchu jednostajnie przyspieszonego.
 - c) Nierelatywistyczna oraz relatywistyczna dynamika pojedynczego punktu materialnego w polu sił zewnętrznych.
- 4. Ogólne zagadnienie ruchu dwóch ciał.
 - a) Układ środka masy (pędu).
 - b) Równania dynamiki Newtona w przypadku dwóch ciał. Wzmianka o układach wielu ciał. Zasady zachowania dla skończonej liczby oddziałujących punktów materialnych.
- 5. Ruch w polu centralnym.
 - a) Siły centralne i ich przykłady.
 - b) Równania ruchu dla sił centralnych i ich rozwiązanie.
 - c) Przykład: ruch cząstki w polu grawitacyjnym. Całki ruchu, zasady zachowania.
- Prawa Keplera.
- 6. Zderzenia cząstek.
 - a) Ruch w układzie laboratoryjnym i układzie środka masy.
 - b) Zderzenia sprężyste i niesprężyste (zasady zachowania).
 - c) Rozpraszanie (parametr zderzenia, przekrój czynny).
 - d) Przykład: wzór Rutherforda
- 7. Małe drgania.
 - a) Określenie małych drgań (rozwiniecie energii potencjalnej w szereg potęgowy).
 - b) Ogólne zagadnienie małych drgań o jednym stopniu swobody.
 - c) Oscylator harmoniczny w dwóch i trzech wymiarach.
 - d) Pojęcie współrzędnych normalnych.
- 8. Ruch ciała sztywnego.
 - a) Określenie ciała sztywnego i jego ruchów. Ciało sztywne w mechanice relatywistycznej ?
 - b) Ruchy translacyjne i rotacyjne. Współrzędne parametryzujące stopnie swobody ciała sztywnego.
 - c) Układ wewnętrzny (sztywno związany z ciałem). Układy nieinercjalne.
 - d) Równania ruchu bryły sztywnej. Przykłady rozwiązań.
- 9. Idea ośrodków ciągłych.
 - a) Pole prędkości i deformacja.
 - b) Równania ciągłości. Prawa zachowania.
 - c) Ciecze.
 - d) Ciała sprężyste.

e) Klasyczne pola fizyczne.

OPIS ZAJĘĆ: Wprowadzenie pojęcia czasoprzestrzeni na bazie jego historycznego rozwoju pozwala określić poprzez geometrię podstawowe cechy czasoprzestrzeni Arystotelesa, Galileusza i Minkowskiego. Pojęcie ruchu względnego oraz własności geometryczne odpowiedniej czasoprzestrzeni pozwalają zbudować podstawowe transformacje czasoprzestrzenne jakimi są transformacje Galileusza i Lorentza. Konfrontacja z rzeczywistością umożliwia podanie zakresu ich stosowności. Punkt 1. pozwala zrozumieć fundamentalne pojęcie jakim jest czasoprzestrzeń.

2. Mechanika ciał wymaga wprowadzenia pojęcia stopni swobody ciała fizycznego oraz podania zasad ewolucji stanu układu ciała w czasie. Zasady te można podzielić na lokalne, przykładem czego są równania Newtona oraz globalne, których typowym przedstawicielem jest zasada najmniejszego działania. Nieusuwalnym elementem koniecznym do opisu ruchu ciał mechanicznych są także warunki początkowe oraz ewentualne więzy nałożone na układ fizyczny. Podstawowym celem punktu 2. jest pokazanie ogólnego schematu dynamiki. Punkt 3. jest najprostszym przykładem wykorzystania powyższego schematu dynamiki. Na tym przykładzie można pokazać przede wszystkim opis ruchu pojedynczego ciała w polach zewnętrznych zarówno dla ruchu nierelatywistycznego jak i relatywistycznego. Zagadnienie dwóch ciał jest jedynym stosunkowo prosto traktowalnym problemem wielociałowym gdyż sprowadza się do problemu jednego ciała. Przy tej okazji można jednak pokazać kilka cech oraz potencjalne trudności występujące w układach wielu ciał. Siły centralne przedstawione w punkcie 5. są standardowym przykładem pozwalającym wykorzystać symetrię fizyczną układu do rozwiązania problemu jego ewolucji czasowej. Przykład ten może też być dobrze zwizualizowany przez odwołanie się do struktury naszego układu planetarnego. Zderzenia ciał opisane są w punkcie 6. Oprócz ogólnych cech takich zderzeń w wykładzie proponowane jest przedstawienie przypadku rozpraszania cząstek w polu sił centralnych. Ten przykład ma istotne odniesienie do typowych metod badań własności cząstek w mikroświecie, a także w opisie ruchu ciał niebieskich. Jest on rozszerzeniem poprzedniego punktu, który ogranicza się do orbit zamkniętych.

Drgania są jednym z najczęściej spotykanym typem ruchu układu wielu ciał. Jedynie opis drgań o małych amplitudach jest relatywnie prosty. W punkcie 7. przedstawione jest wprowadzenie do małych drgań z wykorzystaniem uproszczonych równań ruchu poprzez przybliżenie potencjału wielomianem drugiego stopnia. Wprowadzenie współrzędnych normalnych pozwala na pokazanie fizycznej natury drgań złożonych. Jest jednocześnie dobrym wstępem do wykorzystania tego narzędzia w mechanice kwantowej (pojęcie zagadnienia własnego). Ciało sztywne jest drugim, bardzo dobrym przykładem pierwszego przybliżenia opisu, globalnego ruchu, układu złożonego z bardzo wielu cząstek. Parametryzacja ruchu przez wprowadzenie translacji i obrotów daje fundamentalne pojęcie o zachowaniu się wielu układów fizycznych. Zrozumienie zachowania się rotora klasycznego, oprócz drgań najbardziej pospolitego ruchu ciał klasycznych, uzupełnia obraz fizycznego zachowania się układów zarówno klasycznych jak i kwantowych. Zamknięcie elementarnego cyklu nauczania mechaniki przedstawionego powyżej wymaga wprowadzenia drugiego, oprócz idei punktu materialnego, pojęcia jakim jest ośrodek ciągły. W punkcie 9. podane będą podstawowe informacje pozwalające zrozumieć ideę układów o kontinuum stopni swobody. Ich waga jest związana z faktem, że pojęcie ośrodka ciągłego jest pierwszym przybliżeniem bardzo szerokiej klasy układów fizycznych występujących w przyrodzie. W szczególności pojęcie pola wymaga zrozumienia tych idei. Przedstawiony powyżej cykl jest minimalnym zestawem problemów pozwalającym na dalszą naukę np.

elektrodynamiki i mechaniki kwantowej. Wykład prowadzony metodą tradycyjną umożliwiającą bezpośrednią interakcję ze studentem.

3. Ćwiczenia, przez prace sprawdzające powinny umożliwić kontrolę zrozumienia przez studenta wszystkich punktów zawartych w programie.

LITERATURA:

1. R.S. Ingarden, A. Jamiołkowski: Mechanika klasyczna, PWN, 1980.
2. K. Pomorski: Mechanika teoretyczna, UMCS, 2000.
3. G. Białkowski: Mechanika klasyczna, PWN.
4. W. Rubinowicz, W. Krolikowski: Mechanika teoretyczna, PWN.
5. L.D. Landau, E.M. Lifszic: Mechanika, PWN.
6. I. Olchowski: Mechanika teoretyczna, PWN.

PRZEDMIOT: *Podstawy fizyki kwantowej*

LICZBA GODZIN: 30 WY + 30 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin pisemny + zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe

PROWADZĄCY: prof. B. Pomorska, prof. R. Taranko, prof. M. Załuzny

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. B. Pomorska

MINIMA PROGRAMOWE: *Treści kształcenia:* Korpuskularne własności promieniowania. Falowe własności cząstek. Budowa atomów. Spektroskopia. Metody matematyczne w mechanice kwantowej – przestrzenie wektorowe, przestrzenie Hilberta, notacja Diraca, operatory – reprezentacja w bazie ciągłej i dyskretnej. Postulaty mechaniki kwantowej – stan układu kwantowego, przyporządkowanie wielkościom mierzalnym operatorów, pomiar i wartości własne operatorów, probabilistyczna interpretacja wyników pomiarów, ewolucja czasowa układu kwantowego. Zasada nieoznaczoności. Oscylator harmoniczny – reprezentacja położeniowa i energetyczna. Moment pędu i spin. Symetrie w mechanice kwantowej – symetrie względem przesunięć w przestrzeni i w czasie, symetrie względem obrotów – związek z zasadami zachowania.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: rozumienia istoty zjawisk kwantowych: wykorzystywania formalizmu mechaniki kwantowej do opisu zjawisk kwantowych.

TREŚCI REALIZOWANE:

I. Trochę historii

- 1) Pierwotna teoria kwantów (1900-1913)
- 2) Model atomu Bohra, widma liniowe (1913-1925)
- 3) Fale materii (1925) de Broglie’a
- 4) Mechanika macierzowa Heisenberga
- 5) Mechanika falowa Schrödingera
- 6) Zastosowania

II. Trochę doświadczenia

- 1) Widma ciała doskonale czarnego (1900 – Planck)
- 2) Zjawisko fotoelektryczne (1905 – Einstein)
- 3) Jonizacja gazów światłem nadfioletowym (Stokes)

- Pojęcie fotonu $h\nu$ (1926 – Lewis)
- 4) Ciepła właściwe ciał stałych – fonony i kwanty energii (1907 – Einstein); kwanty fal dźwiękowych (1912 – Debye)
- 5) Widma atomów (1913 – Bohr)
- 6) Pochłanianie elektronów w parach rtęci (1914 – Frank-Hertz)
- 7) Rozszczepienie wiązki atomów wodoru w polu magnetycznym
- 8) Rozpraszanie promieni Röntgena na lekkich materiałach (1923 – Compton)
- 9) Dyfrakcja i odbicie elektronów na kryształach Ni (1926 – Davisson-Germer)
- 10) Interferencja elektronu przechodzącego przez 2 szczeliny

III. Od rozwiązania do równania

- 1) Postulaty de Broglie’a
- 2) Prędkość grupowa i fazowa fali
- 3) Amplituda fali
- 4) Zasada nieokreśloności Heisenberga
- 5) Pęd i położenie
- 6) Energia i czas
- 7) Probabilistyczna interpretacja funkcji falowej – gęstość prawdopodobieństwa
- 8) Wartości średnie wielkości fizycznych – operatory
 - a) Położenie
 - b) Pęd
 - c) Energia i czas
- 9) Równanie Schrödingera
- 10) Równanie Schrödingera zależne od czasu

IV. Trochę matematyki

- 1) Przestrzeń funkcyjna
 - a) liniowa
 - b) unitarna
 - c) Hilberta
- 2) Operatory
 - a) liniowe
 - b) hermitowskie
- 3) Równanie własne operatora
 - a) Wartości własne operatorów hermitowskich
 - b) Funkcje własne operatorów hermitowskich
 - c) Funkcje własne operatorów komutujących
- 4) Reprezentacja macierzowa operatorów
 - a) Wektory
 - b) Macierze
 - c) Równanie własne macierzy
 - d) Diagonalizacja macierzy

V. Postulaty mechaniki kwantowej

- 1) Postulat o przyporządkowaniu operatorów hermitowskich wielkościom fizycznym.
- 2) Warunki komutacji operatorów
- 3) Postulat o wartościach własnych
 - a) Zagadnienie własne operatora położenia cząstki

- b) Zagadnienie własne operatora pędu cząstki
- c) Zagadnienie własne trzeciej składowej momentu pędu
- d) Zagadnienie własne kwadratu momentu pędu
- e) Zagadnienie własne energii kinetycznej cząstki swobodnej
- f) Zagadnienie własne energii cząstki w pudle nieprzepuszczalnym
- g) Zagadnienie własne energii w polu potencjalnym o symetrii sferycznej
- 4) Postulat o wartości średniej
 - a) Interpretacja współczynników rozwinięcia funkcji w bazie
 - b) Interpretacja funkcji
 - c) Reprezentacja położeniowa i pędowa
 - d) Zasada komplementarności (odpowiedniości) Bohra
- 5) Postulat o rozwoju funkcji własnej w czasie
 - a) Rozwiązanie równania Schrödingera zależnego od czasu dla przypadku stacjonarnego
 - b) Obraz Heisenberga i Schrödingera
 - c) Równanie ruchu operatora
 - d) Całki ruchu i warunku symetrii
- 6. Związek mechaniki kwantowej i klasycznej
- VI. Zastosowania – problemy jednocząstkowe**
 - a) Atom Wodoru
 - b) Jon wodoropodobny
 - c) Jądro atomu

OPIS ZAJĘĆ: Wykład prowadzony jest „kredą na tablicy” z ilustracjami z literatury wyników na ekranie. Każde 90 minut dotyczy nowego zagadnienia. Oznaczenia wielkości są ujednolicone. Wzory wyprowadzone są jak najdokładniej – wyniki podkreślone ramką. Pożądane są na bieżąco pytania z sali.

Na konwersatorium rozwiązywane są zadania ze zbiorów podawane wcześniej w formie drukowanej i w internecie. Przeprowadzone są 2 kolokwia zaliczeniowe. Zaliczenie KW jest warunkiem wpisu stopnia z egzaminu. Egzamin obejmuje cały materiał. Każdy student dostaje 3 zagadnienia: matematyczne, postulat mechaniki kwantowej i zastosowanie.

Egzamin przeprowadzany jest w formie pisemnej, wyniki mogą być poprawione ustnie, zaraz po ogłoszeniu. Egzamin poprawkowy, ostatniego dnia sesji, przeprowadzany jest w formie ustnej.

LITERATURA:

1. S. Szpikowski, Podstawy mechaniki kwantowej, UMCS, Lublin 2008.
2. S. Szpikowski, Mechanika kwantowa I, UMCS, Lublin 1978; S. Szpikowski, Mechanika kwantowa II, UMCS, Lublin 1994 (teoria grup).
3. J. P. Elliott, Model kolektywny jądra atomu, Preprint IBJ AT(30-1) 875 (Rochester, New York).
4. A. S. Davydov, Mechanika kwantowa, PWN, W-wa 1967 (w szczególności II kwantyzacja).
5. D. Błochincew, Podstawy mechaniki kwantowej, PWN W-wa 1954.
6. L. I. Schiff, Mechanika kwantowa, PWN, W-wa 1977.
7. L. D. Landau, E. M. Lifszyc, Mechanika kwantowa – krótki kurs fizyki teoretycznej, t. II (teoria nierelatywistyczna).
8. R. L. Liboff, Wstęp do mechaniki kwantowej, PWN, W-wa 1987.

9. S. Brandt, H. D. Dahmenn, *Mechanika kwantowa w obrazach*, PWN, W-wa 1989.
10. I. Białynicki-Birula, M. Cieplak, J. Kamiński, *Teoria kwantów – mechanika falowa*, PWN, W-wa 1991.
11. P. T. Matthews, *Wstęp do mechaniki kwantowej*, PWN, W-wa 1981.
12. L. W. Tarasov, *Podstawy mechaniki kwantowej – interpretacje*, PWN, 1974.
13. E. W. Wichman, *Fizyka kwantowa – kurs Berkeleyowski*, PWN, W-wa 1980.
14. F. Mott, *Podstawy mechaniki kwantowej*, PWN, W-wa 1980.
15. A. B. Migdał, *Jakościowe metody w teorii kwantowej*, PWN, W-wa 1980.
16. M. Walker, *Bomba atomowa Hitlera – mit i prawda o fizyce jądrowej* (Amber 1998).

PRZEDMIOT: *Fizyka atomowa*

LICZBA GODZIN: 30WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe

PROWADZĄCY: prof. J. Żuk, dr M. Turek

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. J. Żuk

MINIMA PROGRAMOWE: Stabilność atomów, model Rutherforda-Bohra. Fale de Broglie'a. Równanie Schrödingera. Atom wodoru. Obiekty kwantowe w polach zewnętrznych.

TREŚCI REALIZOWANE: Model Bohra. Atom wodoropodobny ze spinem. Struktura subtelna atomu wodoru. Sprzężenia momentu pędu w atomie wieloelektronowym. Nadsztelne oddziaływanie magnetyczne. Wpływ pól zewnętrznych na poziomy energii atomu. Reguły wyboru. Czas życia atomu i jego wyznaczanie. Zarys teorii oddziaływania atomu z promieniowaniem. Emisja wymuszona. Lasery. Techniki spektroskopii bezdopplerowskiej. Pułapki jonowe i atomowe. Współczesne eksperymenty fizyki atomowej.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład rozpoczyna się opisem modelu Bohra wraz z informacją o jego ograniczeniach. W dalszym ciągu, na gruncie mechaniki kwantowej omówione jest kolejno: kwantowanie energii i momentu pędu dla atomu wodoropodobnego oraz wieloelektronowego (ze spinem), wpływ oddziaływania spin-orbita na poziomy energii elektronów, struktura subtelna atomu wodoru, pochodzenie struktury nadsztelnej linii atomowych oraz wpływ pól zewnętrznych na atom (efekty: Zemana i Starka). Następnie podany jest zarys teorii oddziaływania atom-foton. Wprowadzone będą reguły wyboru dla przejść promienistych. Opisane będą metody pomiaru czasu życia atomu w stanie wzbudzonym. Przybliży się słuchaczom drogę od koncepcji Einsteina emisji wymuszonej do jej realizacji technicznej w postaci laserów. W końcowej części Wykładu omówione będą nowe laserowe techniki badawcze, które pozwoliły zrealizować koncepcję spektroskopii bezdopplerowskiej, spulapkować atomy oraz przeprowadzić wiele przełomowych eksperymentów, m. innymi realizację doświadczalną chłodzenia optycznego, kondensatu Bose-Einsteina, czy też interferencji atomów.

Plan wykładu Fizyka atomowa:

1. **Model Bohra.**
2. Funkcje falowe elektronów w atomie wodoropodobnym, rozkłady gęstości prawdopodobieństwa.
3. Kwantowanie energii i momentu pędu elektronów w atomie; liczby kwantowe.
4. Spin elektronu i spinowy moment magnetyczny, doświadczenie Sterna-Gerlacha.

5. Wpływ oddziaływania spin-orbita na stany elektronowe.
6. Struktura subtelna atomu wodoru; doświadczenie Lamba.
7. Sprzężenie momentu pędu w atomie wieloelektronowym. Termy spektralne, reguła Hunda.
8. Oddziaływanie nadsubtelne powłoki elektronowej i jądra atomu.
9. Atom w zewnętrznym polu magnetycznym, efekt Zeemana.
10. Atom w zewnętrznym polu elektrycznym, efekt Starka.
11. Zarys teorii oddziaływania atomu z promieniowaniem. Rodzaje przejść promienistych, współczynniki Einsteina.
12. Reguły wyboru dla przejść optycznych w atomie.
13. Czas życia atomu w stanie wzbudzonym. Doświadczenie Wiena i współczesne metody pomiaru czasu życia atomów i jonów.
14. Emisja wymuszona, pompowanie optyczne, doświadczenie Kastlera.
15. Lasery: rubinowy, He-Ne, barwnikowy, lasery półprzewodnikowe.
16. Poszerzenie linii atomowych. Techniki spektroskopii bezdopplerowskiej (spektroskopia nasyceniowa, dudnieniowa, wielofotonowa).
17. Laserowe chłodzenie atomów. Pułapki jonowe i atomowe. Zegar atomowy.
18. Współczesne eksperymenty fizyki atomowej (tworzenie kondensatu Bose-Einsteina, interferometria atomowa, laser atomowy).

Prowadzący wykład Fizyka Atomowa bazuje na wiedzy słuchaczy wyniesionej z wykładów: Podstawy Fizyki oraz Podstawy Mechaniki Kwantowej.

LITERATURA:

1. H. Haken, H.C. Wolf, „Atomy i kwanty. Wprowadzenie do współczesnej spektroskopii atomowej”, PWN, 1997.
2. H.A. Enge, M.R. Wehr, J.A. Richards, „Wstęp do fizyki atomowej”, PWN, 1983.
3. R. Eisberg, R. Resnick, „Fizyka kwantowa atomów, cząsteczek, ciał stałych, jąder i cząstek elementarnych”, PWN, 1983.

PRZEDMIOT: *Fizyka jądrowa*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. M. Budzyński, dr hab. B. Jasińska

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Budzyński

MINIMA PROGRAMOWE: nie istnieją

TREŚCI REALIZOWANE: Przekształcenia promieniotwórcze, energia rozpadu Q. Naturalne źródła promieniowania jonizującego, rodziny promieniotwórcze, promieniowanie kosmiczne. Czas życia jąder atomowych i cząstek elementarnych. Wyznaczanie wieku. Przekrój czynny całkowity i różniczkowy. Rozpraszanie Rutherforda. Oddziaływanie cząstek naładowanych z ośrodkiem. Oddziaływanie kwantów z ośrodkiem. Detektory: jonizacyjne, Czerenkowa, scyntylacyjne, półprzewodnikowe, śladowe. Detektory cząstek neutralnych. Akceleratory cząstek. Jednostki aktywności i dozy. Wpływ promieniowania jonizującego na organizmy żywe.

Rozmiary i kształty jąder. Masy jąder atomowych i cząstek elementarnych. Spin i moment magnetyczny. Inne wielkości kwantowe charakteryzujące cząstki elementarne. Energia wiązania jąder atomowych. Model kropłowy, powłokowy. Elementy teorii przemiany. Elementy teorii rozpadu. Niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych. Reakcje jądrowe. Rozszczepienie spontaniczne i indukowane. Reakcja rozszczepienia. Reaktor jądrowy. Proces nukleosyntezy. Nukleosynteza w gwiazdach. Model standardowy

OPIS ZAJĘĆ: Wykład prowadzony jest według planu. W ramach wykładu prowadzone są, o ile jest to możliwe demonstracje zjawisk jądrowych. W przypadku braku technicznych możliwości demonstracji procesów jądrowych wykład jest obficie ilustrowany kolorowymi transparencjami. Demonstrowana jest praca detektorów promieniowania jonizującego przyrządów oraz przyrządów dozymetrycznych.

Duży nacisk położony jest na aspekty ekologiczne: właściwe postępowanie z ze źródłami promieniowania jonizującego, działanie promieniowania jonizującego na materię żywą, oraz działanie promieniowania jonizującego na organizm człowieka. Omawiany jest system ochrony radiologicznej oraz demonstrowane dawkomierze indywidualne.

Studenci powinni dobrze rozumieć podstawy fizyki jądrowej oraz jej zastosowania w naukach przyrodniczych i gospodarce.

LITERATURA:

1. E.Skrzypczak, Z.Szepliński, Wstęp do fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych”, PWN, Warszawa (2002).
2. J.Kenet Shultis, R.E.Faw, Fundamentals of nuclear science and engineering, Marcel Dekker, Inc, New York – Basel (2002).
3. H.D.Perkins „Wstęp do fizyki wysokich energii”, PWN, Warszawa (2004).
3. B.Nerlo-Pomorska, K.Pomorski „Zarys teorii jądra atomowego”, PWN, Warszawa (1999).
4. V.Acosta, C.L.Cowan, B.J.Graham – Podstawy fizyki współczesnej” PWN, Warszawa (1987).
5. T. Mayer-Kuckuk „Fizyka jądrowa” PWN, Warszawa (1983).
6. A.Strzałkowski – „Wstęp do fizyki jądra atomowego”, PWN, Warszawa (1978).
7. „Encyklopedia fizyki współczesnej” po red. A.K.Wróblewskiego, PWN, Warszawa (1983).
8. S.Szczeniowski – „Fizyka doświadczalna. Fizyka jądrowa i cząstek elementarnych”, PWN, Warszawa (1974).

PRZEDMIOT: *Fizyka ciała stałego*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. T. Domański, prof. K.I. Wysokiński, prof. M. Jałochowski, prof. M. Załuzny

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. T. Domański

TREŚCI REALIZOWANE: Podstawy fizyki materii skondensowanej

OPIS ZAJĘĆ: Tematyka zajęć dotyczy podstawowych zagadnień fizyki materii skondensowanej oraz niektórych wybranych współczesnych zagadnień (np. nadciekłości i nadprzewodnictwa).

1. Rodzaje wiązań w ciałach stałych
(van der Waalsa, jonowe, kowalencyjne, metaliczne).
2. Sieci krystaliczne
 - a) sieć Bravais, baza, wektor translacji, wektory proste, komórka elementarna, komórka Wignera-Seitza
 - b) oznaczanie kierunków i płaszczyzn w kryształach (wskaźniki Millera)
3. Dyfrakcja fal na kryształach oraz koncepcja sieci odwrotnej
 - a) warunek Braggów dyfrakcji fal na kryształach, sformułowanie Lauego
 - b) doświadczalne metody dyfrakcyjne
 - c) definicja sieci odwrotnej, strefy Brillouina, konstrukcja Ewalda
 - d) geometryczny czynnik strukturalny, czynnik atomowy
4. Drgania sieci krystalicznej
 - a) klasyczny opis drgań sieci jonów
 - b) zależność dyspersyjna, typy i rodzaje polaryzacji drgań
 - c) koncepcja fononów
 - d) wkład energetyczny drgań sieci krystalicznych (model Einsteina, model Debye'a)
5. Opis układu elektronów przewodnictwa
 - a) model gazu elektronów swobodnych w metalach
 - b) gęstość stanów
 - c) energia Fermiego
 - d) ciepło właściwe układu elektronowego
6. Zjawiska transportu w metalach
 - a) tensor przewodnictwa
 - b) model Drude'go (czas relaksacji, średnia droga swobodna, ruchliwość)
 - c) efekt Halla (klasyczny oraz kwantowy)
 - d) paramagnetyzm Pauliego
 - e) zjawisko termoelektryczne
 - f) rezonans cyklotronowy
7. Analiza pasmowej struktury elektronowej
 - a) stany Blocha, dozwolone stany energetyczne w strukturach periodycznych
 - b) klasyfikacja materiałów na przewodniki, półmetale, półprzewodniki oraz izolatory
 - c) półprzewodniki samoistne, prawo działania mas, koncentracja nośników ładunku
 - d) półprzewodniki domieszkowane typu n oraz p
8. Heterozłącza

- a) praca wyjścia, kontaktowa różnica potencjałów
- b) złącza metal-metal, metal-półprzewodnik, półprzewodnik-półprzewodnik
- c) zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne i wewnętrzne
- 9. Właściwości magnetyczne
 - a) paramagnetyzm i diamagnetyzm
 - b) oddziaływanie wymiany
 - c) uporządkowanie ferromagnetyczne (temperatura Curie, prawo Curie-Weissa)
 - d) zjawisko antyferromagnetyzmu (temperatura Neel'a)
 - e) fale spinowe
- 10. Nadprzewodnictwo i nadciekłość
 - a) odkrycie i właściwości fizyczne nadprzewodników
 - b) stan BCS, koncepcja par Coopera oraz lokalnych par elektronowych
 - c) nadciekłość ^4He
 - d) egzotyczne przykłady stanu nadciekłego oraz nadprzewodzącego

LITERATURA:

1. Ch. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN Warszawa (1999).
2. H. Ibach, H. Luth, *Fizyka ciała stałego*, PWN Warszawa (1996).
3. N.W. Ashcroft N.D. Mermin, *Fizyka ciała stałego*, PWN Warszawa (1986).
4. J.M. Ziman, *Wstęp do teorii ciała stałego*, PWN Warszawa (1977).

PRZEDMIOT: *Termodynamika i fizyka statystyczna*

LICZBA GODZIN: 30 WY + 15 KW

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. K.I. Wysokiński, prof. M. Załużny, prof. R. Taranko

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. K.I. Wysokiński

MINIMA PROGRAMOWE: *Treści kształcenia:* Podstawowe pojęcia termodynamiki. Energia wewnętrzna, entalpia, praca, ciepło. Gaz doskonały – opis termodynamiczny. Entropia – definicja fenomenologiczna i statystyczna, entropia gazu doskonałego. Energia swobodna, entalpia swobodna, potencjał chemiczny. Zasady termodynamiki. Procesy odwracalne i nieodwracalne, samorzutne i wymuszone. Równowaga termodynamiczna. Układy zamknięte, otwarte i izolowane. Elementy termodynamiki procesów nierównowagowych – równania przepływów, transport ciepła. Zespoły statystyczne – mikrokanoniczny, kanoniczny. Wielki rozkład kanoniczny.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: rozumienia zależności termodynamicznych; opisu zjawisk i procesów na gruncie termodynamiki i fizyki statystycznej.

TREŚCI REALIZOWANE:

- I. Podstawowe pojęcia termodynamiki fenomenologicznej - **przypomnienie**
 1. Pochodzenie praw termodynamiki fenomenologicznej. Procesy odwracalne i nieodwracalne, samorzutne i wymuszone.

2. Układy zamknięte, otwarte i izolowane. Pojęcie i właściwości równowagi termodynamicznej - zerowa zasada termodynamiki - wnioski
3. II zasada termodynamiki – wnioski - energia swobodna, entalpia swobodna, potencjał chemiczny.
4. Właściwości ciał prostych wynikające z istnienia entropii
5. Prawo wzrostu entropii, przykłady, sprawność silników cieplnych, praca stracona
6. Trzecia zasada termodynamiki - sformułowania Nernsta i Plancka
- II. Układy wielofazowe i wieloskładnikowe
 1. Pojęcie fazy. Parametry opisujące stan układu wielofazowego, wieloskładnikowego. Potencjały termodynamiczne. Przemiany fazowe
 2. Ogólne warunki równowagi układu wielofazowego wieloskładnikowego
 3. Gibbsa reguła faz
- III. Elementy kinetycznej teorii gazów
 1. Elementy termodynamiki procesów nierównowagowych – równania przepływów, transport ciepła
- IV. Klasyczna mechanika statystyczna
 1. Cele i zadania termodynamiki statystycznej. Mechaniczny opis układów termodynamicznych o wielu stopniach swobody
 2. Prawdopodobieństwo termodynamiczne. Entropia w fizyce statystycznej - wzór Boltzmanna. Addytywność entropii.
 3. Rozkład mikrokanoniczny - wyprowadzenie równania stanu i funkcji termodynamicznych gazu doskonałego
 4. Rozkład kanoniczny - związek z entropią
 5. Układy otwarte - wielki rozkład kanoniczny - związek z termodynamiką
- V. Rozkłady kwantowe
 1. Opis stanu układu w mechanice kwantowej. Średnie w statystycznej mechanice kwantowej.
 2. Zespoły kwantowe – funkcje rozkładu. Zespołu
 - a. mikrokanonicznego
 - b. kanonicznego
 - c. wielkiego kanonicznego
- VI. Zastosowania praw termodynamiki statystycznej
 1. Statystyczna interpretacja zasad termodynamiki
 - a. interpretacja I i II zasady
 - b. interpretacja III zasady termodynamiki - zakres stosowalności
 2. Statystyki kwantowe
 - a. wielka suma stanów idealnych gazów: fermionowego i bozonowego
 - b. gaz elektronów w metalach i półprzewodnikach - równanie stanu
 3. Fluktuacje i ruchy Browna
 - a. ogólna teoria fluktuacji
 - b. fluktuacje energii i liczby cząstek
 - c. ruchy Browna – elementy opisu zjawiska.

OPIS ZAJĘĆ:

Istotnym elementem zajęć jest fakt, iż są to wykłady i ćwiczenia dla III roku studiów licencjackich, a studenci już wysłuchali elementarnego kursu termodynamiki w ramach kursu fizyki na I/II roku.

Wykład prowadzony będzie mieszanymi technikami (klasyczny wykład z wyprowadzeniami najważniejszych wzorów oraz z wykorzystaniem techniki multimedialnej: grafoskop, rzutnik komputerowy, itp.) w taki sposób, aby studenci mniej zaznajomieni z tematem mogli bez problemów śledzić tok rozumowania, a jednocześnie wykład nie był nudny dla bardziej zaawansowanych uczestników.

W procesie tym pomocne będzie wykorzystanie elementów zdalnego nauczania na platformie Moodle <https://fizyka.kampus.umcs.lublin.pl/moodle/>. Zasoby zawierają krótką informację o treściach zrealizowanych wykładów, zadania do wykonania w domu oraz pomocnicze materiały graficzne i niektóre teksty przydatne studentom do opanowania treści wykładu. Studenci podczas wykładu są informowani o możliwościach zapisu na 'kurs' i hasłach dostępowych.

Celem zajęć jest zaznajomienie studentów z najważniejszymi aspektami fenomenologicznej i statystycznej 'nauki o cieple'.

W trakcie towarzyszących wykładowi zajęć konwersatoryjnych będą rozwiązywane zadania ilustrujące praktyczne aspekty termodynamicznego i statystycznego opisu materii w równowadze i jej właściwości cieplnych.

Wiedza studentów będzie sprawdzana na bieżąco oraz w trakcie dwu-dwugodzinnych kolokwii. Niestety nie przewidziano egzaminu. Zaliczenie będzie miało charakter dwuczęściowy. Ważną składową oceny końcowej będzie ocena uzyskana na zajęciach konwersatoryjnych. W trakcie rozmowy z wykładowcą zostaną sprawdzone wiadomości teoretyczne „*rozumienia zależności termodynamicznych; opisu zjawisk i procesów na gruncie termodynamiki i fizyki statystycznej.*”

LITERATURA:

1. J. Werle, Termodynamika fenomenologiczna, PWN, Warszawa (1957).
2. T L Hill, An Introduction to Statistical Thermodynamics, Addison Wesley London (1961).
3. K. Huang, Mechanika Statystyczna, PWN Warszawa (1978).
4. A_ Isihara, Statistical Physics, Academic Press New York (1971).
5. K. Huang, Podstawy fizyki statystycznej, PWN, Warszawa (2006).
6. H. Haug, A-P. Jauho, Quantum Kineics In transport nad optics of semiconductors (Sprinter Verlag, Berlin 1966).
7. J. Klamut, K. Durczewski, J. Sznajd, Wstęp do fizyki przejść fazowych, Ossolineum, Wrocław 1979
8. K. Zalewski, Wykłady z termodynamiki fenomenologicznej i statystycznej, PWN, Warszawa 1973
9. Z. Jacyna-Onyszkiewicz, Zasady termodynamiki kwantowej, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 1996.
10. T. Balcerzak, Wykłady z termodynamiki i fizyki statystycznej, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2000.

PRZEDMIOT: *Elektrodynamika*
LICZBA GODZIN: 15 WY + 15 KW
FORMA ZALICZENIA: egzamin i zaliczenie
GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne
PROWADZĄCY: prof. K. Pomorski, prof. A. Baran
OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. K. Pomorski

MINIMA PROGRAMOWE: *Treści kształcenia:* Elektrostatyka – Prawo Coulomba. Prawo Gaussa. Potencjał elektryczny – równanie Poissona, równanie Laplace'a. Praca i energia w elektrostatyce. Pole elektryczne w materii – dielektryki, podatność elektryczna, przenikalność elektryczna. Magnetostatyka – Siła Lorentza. Prawo Biot-Savarta. Prawo Ampera. Magnetyczny potencjał wektorowy. Indukcja elektromagnetyczna. Pola zmienne w czasie. Prawo indukcji Faradaya. Prąd przesunięcia Maxwella. Równania Maxwella. Potencjały i pola źródeł zmiennych w czasie. Potencjał wektorowy i skalarny. Transformacje cechowania. Elektrodynamika a teoria względności.

Efekty kształcenia -umiejętności i kompetencje: rozumienia zjawisk elektromagnetycznych i podstawowych praw rządzących nimi: opisu zjawisk i procesów z zakresu elektrodynamiki

TREŚCI REALIZOWANE: równania Maxwella w ośrodkach materialnych, polaryzacja elektryczna i magnetyczna ośrodka, ośrodki anizotropowe; siły działające na dielektryk, tensor naprężeń Maxwella; fale elektromagnetyczne i ich polaryzacja, fale w ośrodku przewodzącym, odbicie i załamanie fali, amplitudy fal odbitych i złamanych, fale stojące w rezonatorach, falowody, fale w ośrodku anizotropowym; teoria promieniowania, wektor i dipol Hertza, przybliżenie dipolowe, promieniowanie anteny liniowej, dyspersja fal elektromagnetycznych, promieniowanie Czerenkowa;

OPIS ZAJĘĆ: Przedmiotem wykładu jest elektrodynamika makroskopowa ośrodków ciągłych. Planuje się przedstawienie jakościowo nowych w stosunku do próżni zjawisk elektromagnetycznych zachodzących w ośrodkach materialnych, jak i efektów pojawiających się na granicy dwóch ośrodków. Wytwarzanie, własności i rozchodzenie się fal elektromagnetycznych a w szczególności światła, w takich ośrodkach będzie stanowiło dominującą część wykładu i zajęć na konwersatorium. Omówiona też będzie najprostsza teoria dyspersji fal elektromagnetycznych w ośrodkach zaproponowana przez Lorentza, tak aby student mógł zrozumieć mikroskopową naturę dyspersji i zapoznać się na tym przykładzie z metodami tworzenia modeli teoretycznych.

W czasie konwersatorium przewiduje się przygotowywanie przez studentów krótkich referatów ilustrujących treści przedstawiane na wykładzie, oraz rozwiązywanie przez nich, lub prowadzącego zajęcia, zadań i problemów dotyczących tej dziedziny fizyki, np. z podręczników [2,4].

LITERATURA:

1. K. Pomorski, Elektrodynamika, Wyd. UMCS, Lublin, 2007.
2. D.J. Griffiths, Podstawy elektrodynamiki, PWN, Warszawa, 2005.
3. L.D. Landau, E.M. Lifszyc, Elektrodynamika ośrodków ciągłych, PWN, Warszawa 1977.
4. M. Suffczyński, Elektrodynamika, PWN, Warszawa 1980.

PRZEDMIOT: *Algebra z geometrią*

LICZBA GODZIN: 30 WY + 30KW

FORMA ZALICZENIA: kolokwia, egzamin pisemny i ustny

GRUPA PRZEDMIOTÓW: grupa treści podstawowych.

PROWADZĄCY: dr Zbigniew Radziszewski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr Zbigniew Radziszewski

MINIMA PROGRAMOWE: Układy równań liniowych. Macierze. Wyznaczniki. Wybrane struktury algebraiczne – grupy, pierścienie, ciała. Przestrzenie liniowe rzeczywiste i zespolone. Odwzorowania liniowe – własności. Zagadnienie wartości własnych. Formy liniowe, biliniowe i hermitowskie. Przestrzenie z iloczynem skalarnym. Przestrzenie unitarne.

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Struktury algebraiczne: własności działań, grupy (grupa permutacji), pierścienie ($\mathbb{Z}_n$, pierścienie wielomianów $R[x]$), ciała ($\mathbb{Z}_p$ i $\mathbb{R}$), izomorfizmy struktur algebraicznych.
2. Ciało liczb zespolonych: konstrukcja ciała liczb zespolonych, algebraiczna, trygonometryczna i wykładnicza postać liczby zespolonej, wzór de Moivre'a, pierwiastki n -tego stopnia liczby zespolonej, Zasadnicze Twierdzenie Algebry, schemat Hornera.
3. Przestrzenie liniowe rzeczywiste i zespolone: definicja i podstawowe własności, liniowa zależność i niezależność wektorów, baza i wymiar przestrzeni liniowej, zmiana bazy i zmiana współrzędnych, odwzorowania liniowe, zagadnienie wartości i wektorów własnych, formy liniowe, biliniowe i hermitowskie.
4. Macierze i wyznaczniki: działania na macierzach, definicja i własności wyznacznika, rozwinięcie Laplace'a i inne metody obliczania wyznacznika, rząd macierzy, macierz odwrotna i sposoby jej wyznaczania.
5. Układy równań liniowych: układy Cramera, ogólna teoria układów równań liniowych (tw. Kroneckera-Capelliego).
6. Przestrzenie unitarne i unormowane: definicje iloczynu skalarnego i normy, ortogonalizacja Grama-Schmidta.
7. Dwu i trójwymiarowa przestrzeń euklidesowa: wektory zaczepione i swobodne, iloczyn skalarny, wektorowy i mieszany, równania prostych i płaszczyzn.
8. Informacja o przekształceniach afinicznych i izometriach przestrzeni euklidesowej.
9. Informacja o krzywych i powierzchniach drugiego stopnia.

OPIS ZAJĘĆ:

Wykłady:

- wprowadzanie i omawianie pojęć wymienionych w Treści realizowanej.
- ilustrowanie nowych pojęć i zagadnień za pomocą przykładów.
- przykłady zastosowań przedstawionych treści.
- pytania studentów, dodatkowe wyjaśnienia trudniejszych zagadnień.
- podanie studentom zasadniczego zestawu zadań do rozwiązania na konwersatorium.

Konwersatoria:

- sprawdzenie stopnia opanowania przez studentów treści z ostatniego wykładu, dodatkowe wyjaśnienia do tematów trudniejszych.
- rozwiązywanie zadań podanych przez wykładowcę.

- rozwiązywanie zadań wybranych ze zbiorów zadań przez prowadzącego konwersatorium.
- sugestie dotyczące zagadnień i zadań do samodzielnego rozwiązania przez studenta w domu.
- przykłady zastosowania programów komputerowych, do rozwiązywania niektórych zadań i problemów.
- przeprowadzenie dwóch kolokwii na ocenę mającą wpływ na ocenę końcową na egzaminie.

LITERATURA:

1. Klukowski J., Nabiałek I., *Algebra dla studentów*.
2. Jurlewicz T., Skoczylas Z., *Algebra liniowa 1,2*
- Definicje, twierdzenia, wzory
- Przykłady i zadania
- Kolokwia i egzaminy
3. Kostrikin A. I., *Wstęp do algebry cz.2 Algebra liniowa*.
4. Jeśmanowicz L., Łoś J., *Zbiór zadań z algebry*.
5. Stankiewicz J., Wilczek K., *Algebra z geometrią*.
6. Radziszewski Z., *Geometria analityczna, podstawy teorii i zbiór zadań z rozwiązaniami*.

PRZEDMIOT: *Analiza matematyczna*

LICZBA GODZIN: 60WY + 60 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin po każdym semestrze

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe

PROWADZĄCY: dr A. Miernowski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr A. Miernowski

MINIMA PROGRAMOWE: Indukcja matematyczna. Rachunek zbiorów.

Odwzorowania – ich własności. Elementy topologii w przestrzeniach metrycznych. Ciągi liczbowe. Granica i ciągłość funkcji. Rachunek różniczkowy funkcji jednej zmiennej i funkcji wielu zmiennych. Całka nieoznaczona i całka oznaczona funkcji jednej zmiennej. Zastosowania rachunku całkowego. Szeregi liczbowe. Ciągi i szeregi funkcyjne. Równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe w zakresie niezbędnym dla mechaniki punktów i pól. Zagadnienia graniczne – początkowe, brzegowe. Szeregi i całki Fouriera. Teoria przestrzeni Hilberta. Elementy analizy wektorowej. Funkcje zespolone.

TREŚCI REALIZOWANE: Elementy logiki i teorii zbiorów, zasada indukcji, funkcje i ich własności, przegląd funkcji elementarnych, złożenie funkcji i funkcje odwrotne, ciągi, granice ciągów, liczba e , logarytmy naturalne, szeregi – kryteria zbieżności, szeregi potęgowe, promień zbieżności, granice funkcji, funkcje ciągłe, ciągłość funkcji elementarnych, asymptoty, pochodna funkcji, podstawowe reguły rachunku różniczkowego, pochodne funkcji elementarnych, pochodne wyższych rzędów, interpretacja fizyczna pochodnych, ekstrema funkcji, punkty przegięcia, badanie przebiegu zmienności funkcji, twierdzenia o wartości średniej, wzór Taylora, różniczka funkcji, obliczanie

przybliżonych wartości funkcji, zastosowanie pochodnych do obliczania granic funkcji, całka nieoznaczona, całki z funkcji elementarnych, całkowanie przez części i przez podstawienie, całka oznaczona, związek całki nieoznaczonej z oznaczoną, zastosowanie całek w fizyce, ciągi i szeregi funkcyjne, zbieżność jednostajna, szeregi i całki Fouriera, metryka na płaszczyźnie i w przestrzeni, ciągi na płaszczyźnie i w przestrzeni, granice ciągów, funkcje dwóch i więcej zmiennych, granica funkcji, funkcje ciągłe, pochodne cząstkowe, pochodna kierunkowa, wzór Taylora dla funkcji dwóch zmiennych, ekstrema funkcji wielu zmiennych, funkcje uwikłane, całki podwójne i potrójne, całkowanie po obszarach normalnych, zamiana zmiennych w całkach, współrzędne biegunowe, współrzędne sferyczne, współrzędne walcowe, zastosowania całek wielokrotnych w fizyce, całki krzywoliniowe pierwszego i drugiego rodzaju i ich interpretacja fizyczna, całki powierzchniowe, równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe - rozwiązanie, warunki początkowe i warunki brzegowe, przestrzeń Hilberta, elementy analizy wektorowej, funkcje zespolone.

OPIS ZAJĘĆ: po każdej partii materiału studenci otrzymują zestaw zadań ilustrujący zagadnienia omawiane na wykładzie i jednocześnie stanowiące formę przygotowania do kolokwium

LITERATURA:

Do wykładu:

1. K. Kuratowski „Rachunek różniczkowy i całkowy” PWN Warszawa 1973
2. A. Birkholc „Analiza matematyczna dla nauczycieli” PWN Warszawa 1980
3. F. Leja „Rachunek różniczkowy i całkowy ze wstępem do równań różniczkowych” PWN Warszawa 1977
4. F. Leja „Funkcje zespolone” PWN Warszawa 1976
5. E. Złotkiewicz „Wykład z analizy matematycznej” Wydawnictwo UMCS Lublin 1997
6. L. M. Drużkowski „Analiza matematyczna dla fizyków” Wydawnictwo UJ Kraków 1995
7. L. Górniewicz, R. Ingarden „Analiza matematyczna dla fizyków” Wydawnictwo UT Toruń 1995
8. G. Fichtenholz „Rachunek różniczkowy i całkowy” PWN Warszawa 1995
9. F. Leja „Funkcje zespolone” PWN Warszawa 1976

Konwersatorium

1. W. Krywicki, L. Włodarski „Analiza matematyczna w zadaniach” PWN Warszawa 1999
2. B. Demidowicz „Zbiór zadań z analizy matematycznej” Naukowa Książka Lublin 1992-93
3. W. Stankiewicz, J. Wojtowicz „Zadania z matematyki dla wyższych uczelni technicznych” PWN Warszawa 2002
4. J. Banaś, S. Wędrychowicz „Zbiór zadań z analizy Matematycznej” WNT Warszawa 2004

Specjalność (do wyboru)
Fizyka Teoretyczna i Astrofizyka

PRZEDMIOT: *Metody matematyczne*

LICZBA GODZIN: 15 WY oraz 30 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. A. Gózdź.

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. A. Gózdź

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Euklidesowy rachunek tensorowy.
 - 1.1 Układy krzywoliniowe.
 - 1.2 Pojęcie tensora i jego przykłady.
 - 1.3 Tensor metryczny.
 - 1.4 Operacje na tensorach.
2. Równania różniczkowe cząstkowe.
 - 2.1 Równania różniczkowe cząstkowe fizyki klasycznej i kwantowej.
 - 2.2 Zagadnienia brzegowe i początkowe.
 - 2.3 Metoda separacji zmiennych.
3. Wybrane funkcje specjalne.
 - 3.1 Wielomiany ortogonalne (Legendre’a, Hermite’a i Laguerre’a).
 - 3.2 Funkcja gamma Eulera.
 - 3.3 Funkcje kuliste.
 - 3.4 Funkcje Bessela.
4. Przestrzeń Hilberta.
 - 4.1 Definicja iloczynu skalarnego, przestrzeń unitarna.
 - 4.2 Przestrzeń unormowana, norma wektora, związek normy z iloczynem skalarnym.
 - 4.3 Nierówności Schwartz–Cauchy, Höldera i Minkowskiego.
 - 4.4 Definicja i przykłady przestrzeni Hilberta.
 - 4.5 Bazy ortonormalne i ich konstrukcja
 - 4.6 Suma ortogonalna i iloczyn tensorowy przestrzeni Hilberta
 - 4.7 Funkcjonały liniowe, lemat Riesza, zapis Diraca.
 - 4.8 Norma operatora, operatory ograniczone.
 - 4.9 Reprezentacje macierzowe operatorów liniowych.
 - 4.10 Sprzężenie hermitowskie operatora liniowego.
 - 4.11 Operatory: hermitowskie, rzutowe, unitarne, diagonalne w bazie
 - 4.12 Problem własny operatora hermitowskiego.
5. Dystrybucja δ -Diraca.

OPIS ZAJĘĆ: Ze względu na bardzo małą liczbę godzin przeznaczonych na metody matematyczne wykład zawiera tylko kilka, z wielu niezbędnych pojęć pojawiających się nawet w elementarnej fizyce. Rachunek tensorowy jest niezbędnym elementem i narzędziem rozumienia zarówno mechaniki klasycznej jak i elektrodynamiki. Podstawowe informacje o równaniach różniczkowych cząstkowych są konieczne we wszystkich działach fizyki, tak samo jak

rozszerzenie zakresu znanych przez studenta funkcji. Elementy teorii Hilberta są koniecznym formalizmem w zrozumieniu fizyki kwantowej, będącej, ze względu na swoją specyfikę, najmniej intuicyjnym z wykładanych działów fizyki. Konwersatorium, prowadzone w formie ćwiczeń rachunkowych, ściśle powiązane z powyższymi tematami ma za zadanie pomóc w ich przyswojeniu.

LITERATURA:

1. F. W. Byron, R. W. Fuller: Matematyka w fizyce klasycznej i kwantowej, PWN, 1973, vol.1,2.
2. W. Młak: Wstęp do teorii przestrzeni Hilberta, PWN, 1972.
3. A. Alexiewicz: Analiza funkcjonalna, PWN, 1969, MM49.
4. W. Kołodziej: Wybrane rozdziały analizy matematycznej, PWN, 1982, BM36.
5. A. V. Balakrishnan: Analiza funkcjonalna stosowana, PWN, 1992.
6. Musielak: Analiza Funkcjonalna, PWN.
7. H. Margenau, G. M. Murphy: Matematyka w fizyce i chemii, PWN 1962.
8. L. Schwartz: Metody matematyczne w fizyce, PWN 1984.

PRZEDMIOT: *Geometryczne Metody Fizyki*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr hab. J. Matyjasek, prof. M. Rogatko

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Rogatko

TREŚCI REALIZOWANE: program autorski

OPIS ZAJĘĆ:

1. Rozmaitości i odwzorowania gładkie
 - a) rozmaitości różniczkowe
 - b) odwzorowania gładkie
 - c) przestrzeń styczna i kostyczna
2. Tensory i formy na rozmaitości
 - a) odwzorowania indukowane
3. Pochodna zewnętrzna. Pochodna Liego. Pochodna kowariantna.
4. Geometria rozmaitości riemannowskich
 - a) Rozmaitości riemannowskie
 - b) pochodna kowariantna Levi-Civita
 - c) krzywizna rozmaitości riemannowskich.
5. Twierdzenie Stokesa
6. Zastosowania fizyczne
 - a) w mechanice
 - b) w elektrodynamice
 - c) w teorii sprężystości i hydrodynamice
 - d) w szczególnej teorii względności
 - e) w ogólnej teorii względności

LITERATURA:

1. K. Cegielka, Geometria różniczkowa, Warszawa 1981.
2. M. Spivak, A Comprehensive Introduction to Differential Geometry, vol I Willmington, 1979.
3. C. T. J. Dodson, T. Poston, Tensor Geometry, Springer, 1980.

PRZEDMIOT: *Metody obliczeniowe i programowanie*

LICZBA GODZIN: 30WY + 30KW

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie (KW) egzamin (WY)

GRUPA PRZEDMIOTÓW: podstawowe, kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. A. Baran, prof. K. Murawski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. A. Baran

TREŚCI REALIZOWANE:

Metody obliczeniowe – Podstawowe równania fizyki i metody ich rozwiązywania. Metody symulacji procesów fizycznych.

Programowanie - Podstawy arytmetyki komputerowej. Błędy obliczeń i ich propagacja. Podstawowe algorytmy obliczeniowe. Struktury danych. Programowanie. Fortran i Java jako dwa różne podejścia programistyczne. Obliczenia symboliczne. Środowiska programistyczne do obliczeń symbolicznych. Przykłady obliczeń symbolicznych.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład prowadzony w tradycyjny sposób, ilustrowany przykładami przy użyciu technik multimedialnych.

KW. Nauka programowania w językach Fortran i Java. Zapoznanie studenta z różnymi środowiskami programistycznymi. Realizacja podstawowych algorytmów i zadań postawionych na wykładzie (pochodne, metody rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych, całkowanie numeryczne, aproksymacja, itp., symulacja procesów fizycznych przy zastosowaniu metod Monte-Carlo)

Zaliczenie: Zajęcia (KW) zalicza się na podstawie obecności studenta, aktywności oraz na podstawie przedstawionych opracowań zagadnień postawionych na zajęciach.

LITERATURA:

1. Dowolne podręczniki programowania w Java i Fortran.
2. R. H. Landau, M.J. Paez, Computational Physics. Wiley.

PRZEDMIOT: *Mechanika ośrodków ciągłych*

LICZBA GODZIN: 30WY + 30 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. M. Rogatko, dr hab. J. Matyjasek, prof. K. Pomorski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Rogatko

TREŚCI REALIZOWANE: w trakcie wykładu realizowane będą treści związane z liniową teorią sprężystości i mechaniką płynów. Treści wykładowe ilustrowane będą przykładami zjawisk zachodzących w układach astrofizycznych.

Na ćwiczeniach audytoryjnych przewidziane jest rozwiązywanie zadań i problemów mających przybliżyć i ugruntować treści wykładowe. Zadania rozwiązywane będą z następujących podręczników:

1. G.E. Mase- 'Theory and Problem of Continuum Mechanics' McGraw-Hill 1970,
2. zadania znajdujące się w polecanych pozycjach literaturowych.

OPIS ZAJĘĆ: tematyka wykładów

1. Pojęcie ośrodka ciągłego, odkształcenie ciał, współrzędne Eulera i Lagrange'a, tensor odkształcenia we współr. Lagrange'a i Eulera, definicja tensora odkształcenia (klasyczna-tensorowa, Cauchy'ego, Greena-Zerny), tensor obrotu.
2. Stan naprężenia, siły masowe i powierzchniowe, wektor naprężenia, tensor naprężenia, naprężenia główne, kierunki główne naprężeń.
3. Równania ruchu dla ciała odkształcalnego, równanie ciągłości, pochodna materiałowa. Zasada zachowania momentu pędu dla ośrodka ciągłego, symetryczność tensora naprężeń. Tensor odkształceń i naprężeń we współrzędnych krzywoliniowych.
4. Zasada zachowania energii dla ciała odkształcalnego, energia swobodna, związki Duhamela-Neumanna (stałe materiałowe w kontekście termodynamicznym).
5. Warunki nierozdzielności,
6. Równania konstytutywne (naprężeniowe i odkształceniowe), stałe materiałowe dla ciała anizotropowego, symetrie i składowe tensora sztywności ośrodka anizotropowego. Ośrodek anizotropowy, ortotropowy, izotropowy. Stałe Lamé. Uogólnione prawo Hooke'a.
7. Elastostatyka, równania przemieszczeniowe liniowej teorii sprężystości, warunki brzegowe.
8. Równania naprężeniowe Beltrami-Michelsa, warunki brzegowe.
9. Zasada prac wirtualnych, twierdzenia energetyczne liniowej teorii sprężystości (twierdzenie o minimum energii potencjalnej, tw. Clapeyrona, tw. Castigliano o minimum energii komplementarnej, tw. wariacyjne Reissnera, tw. Bettiego o wzajemności prac). Zasada Hamiltona dla ośrodka ciągłego.
10. Zasada Saint-Venanta, płaski stan naprężenia i odkształcenia – funkcja Airy'ego.
11. Strumień gęstości cieczy, równanie ciągłości dla cieczy, równanie Eulera i jego własności. Hydrostatyka cieczy. Przykłady: warstwa cieczy o stałej temperaturze, samograwitująca politropa – równanie Lane-Emdena.
12. Równanie Bernoulliego, strumień energii, strumień pędu, zachowanie cyrkulacji prędkości wzdłuż konturu.
13. Pojęcie cieczy nieściśliwej i cieczy lepkiej, równania ruchu cieczy lepkiej, współczynniki lepkości. Równania dla cieczy lepkiej we współrzędnych krzywoliniowych. Dyssypacja energii w cieczy nieściśliwej.
14. Propagacja fal w płynach: fale dźwiękowe, fale uderzeniowe, fale wybuchów. Przykłady astrofizyczne.
15. Elementy hydrodynamiki relatywistycznej, tensor energii pędu dla cieczy, relatywistyczne równania hydrodynamiki.

LITERATURA:

1. W. Nowacki- Teoria sprężystości, PWN 1970.

2. A. Green, W. Zerna-Theoretical Elasticity, Oxford Un. Press 1960.
3. L. Landau, E. Lifszyc- Teoria sprężystości (wybrane rozdziały), PWN 2009.
4. L. Landau, E. Lifszyc- Hydrodynamika (wybrane rozdziały), PWN 2009.
5. C. Clarke, B. Carswell- Principles of Astrophysical Fluid Dynamics, Cambridge Un.Press 2007.
6. K. Pomorski, - Mechanika teoretyczna (rozdz. 9-13) UMCS 2000.

Skrócony program wykładów:

1. Odkształcenie ciał, tensor odkształcenia, tensor obrotu,
2. Stan naprężenia, tensor naprężenia,
3. Równania ruchu dla ciała odkształcalnego,
4. Zasada zachowania momentu pędu dla ciała odkształcalnego,
5. Pochodna substancjalna,
6. Równanie ciągłości,
7. Warunki nierozdzielności,
8. Zasada zachowania energii dla ciała odkształcalnego,
9. Równania konstytutywne, prawo Hooke'a,
10. Równania przemieszczeniowe teorii sprężystości,
11. Równania Beltramiego-Michelsa,
12. Twierdzenia energetyczne liniowej teorii sprężystości.
13. Płaski stan naprężenia i odkształcenia.
14. Równanie ciągłości dla cieczy, równanie Eulera,
15. Hydrostatyka,
16. Strumień energii i pędu dla cieczy,
17. Ciecz nieściśliwa i lepka,
18. Fale w płynach,
19. Elementy hydrodynamiki relatywistycznej.

PRZEDMIOT: *Metody komputerowe w astrofizyce*

LICZBA GODZIN: 30WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. K. Murawski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. K. Murawski

TREŚCI REALIZOWANE:

Krótki przegląd praw zachowania

Równania Eulera

Warunek Rankine'a-Hugoniota dla fali szokowej

Metody objętości skończonych

Linijowe równanie adwekcji

Jawne i niejawne metody dyskretyzacji równań; analiza stabilności schematu numerycznego

Metody wyższego rzędu dokładne

Problem Riemanna dla równań Eulera

Metody numeryczne dla równań Eulera

Wielowymiarowe układy równań

Praktyczne metody kodowania schematów numerycznych

Elementy programowania równoległego

OPIS ZAJĘĆ: Wykład obejmuje zagadnienia związane z zastosowaniem metod komputerowych w astrofizyce. W szczególności dyskutowane są numeryczne metody rozwiązywania równań opisujących dynamikę plazmy astrofizycznej (równanie adwekcji, fizyka Słońca, oddziaływania wiatru słonecznego z magnetosferami planet i komet). Punktem wyjścia w każdym z tych zagadnień są podstawowe pojęcia i definicje, a treść wykładu jest ilustrowana — jeżeli to możliwe — wykorzystaniem metod komputerowych do animacji zjawisk astrofizycznych.

Forma zaliczenia: obrona projektów zaliczeniowych.

LITERATURA:

1. Zingale, M. Lecture notes, 2006.
2. Toro, E. F., *Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics: A Practical Introduction*, Springer 1999.
3. Mathews J. H., Fink K. D., *Numerical Methods using MATLAB*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New York 1999.
4. Murawski, K., *Analytical and numerical methods for wave propagation in fluids*, World Scientific, 2002.

5. Press W. H., Flannery B. P., Teukolsky S. A., Vetterling W., *Numerical recipes*, Cambridge Univ. Press, New York 1986.
6. LeVeque , R., *Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems*, Cambridge University Press, Cambridge 2002.

PRZEDMIOT: *Fizyka Słońca i Układu Słonecznego*

LICZBA GODZIN: 30WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. K. Murawski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. K. Murawski

TREŚCI REALIZOWANE:

Elementy kinetycznej teorii plazmy

Podstawowe zjawiska plazmowe

Teoria płynowa i MHD

Fale i oscylacje

Szoki i nieciągłości

Anihilacja pola magnetycznego

Fizyka Słońca

Wiatr słoneczny

Oddziaływanie wiatru słonecznego z planetami

Magnetosfera Ziemi

Magnetosfery innych planet

Pogoda kosmiczna

OPIS ZAJĘĆ: Wykład obejmuje zagadnienia związane z fizyką Słońca i Układu Słonecznego. W szczególności dyskutowane będą zagadnienia dotyczące fizyki plazmy astrofizycznej, oddziaływania wiatru słonecznego z magnetosferami planet i komet. Punktem wyjścia w każdym z tych zagadnień są podstawowe pojęcia i definicje, a treść wykładu jest ilustrowana — jeżeli to możliwe — animacjami obserwowanych zjawisk astrofizycznych.

Forma egzaminu: egzamin pisemny lub obrona projektów egzaminacyjnych.

LITERATURA:

1. Gombosi, T., *Physics of the Space Environment*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998.
2. Aschwanden, M., *Physics of the solar corona. An introduction*, Springer, 2006
3. Cravens, T. E., *Physics of solar system plasmas*, Cambridge University Press, Cambridge 1997.
4. Kivelson & Russell (eds): *Introduction to Space Physics*, Cambridge University Press, Cambridge 1995.
5. Murawski, K., *Analytical and numerical methods for wave propagation in fluids*, World Scientific, 2002.

PRZEDMIOT: *Mechanika kwantowa wielu ciał*

LICZBA GODZIN: 30 WY + 30 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. M. Załuźny

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Załuźny

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Równanie Schrödingera dla układu dwu- i wielocząstkowego.
2. Cząstki nierozróżnialne. Związek spinu ze statystykami kwantowymi.
 - Fermiony, zakaz Pauliego i wyznacznik Diraca-Slatera.
 - Bozony.
 - Rozkład Boltzmana jako przybliżenie rozkładów kwantowych.
3. Koncepcja wzbudzeń elementarnych (kwazicząstek) w układach oddziaływujących cząstek. Metoda drugiej kwantyzacji.
4. Układy nie oddziałujących cząstek.
 - Jednorodny gaz Fermiego.
 - Gaz fotonowy.
 - Kondensacja Bosego-Einsteina
5. Układy oddziałujących fermionów.
 - Układ dwu elektronów. Oddziaływania wymienne. Atom helu i dwuelektronowa kropka kwantowa.
 - Przybliżenie pola średniego dla układów wieloelektronowych.
 - Równania Hartree'go i Hartree'go - Focka

- Przybliżenie Thomasa - Fermiego i jego uogólnienie (metoda funkcjonału gęstości).
 - Zastosowania przybliżenia pola średniego do gazu elektronowego w nanostrukturach.
 - Teoria Landaua cieczy Fermiego.
6. Częsteczki wieloatomowe i kryształy.
- Przybliżenie Borna – Oppenheimera i przybliżenie harmoniczne.
 - Drgania normalne i fonony.
 - Kwantowy model kryształu. Wzbudzenia jednocząstkowe i efekty kolektywne (plazmowy, polarny...).
 - Przewodnictwo elektryczne. Równanie Boltzmana.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład tradycyjny uzupełniony ćwiczeniami rachunkowymi. Jest on pomyślany jest jako rozszerzenie wykładów „Podstawy fizyki kwantowej”, „Fizyka atomowa” oraz „Fizyka ciała stałego”.

LITERATURA:

1. R. Eisberg, R. Resnick, *Fizyka kwantowa atomów, cząsteczek, ciał stałych, jąder i cząstek elementarnych*, PWN 1983.
2. I. Białynicki-Birula, M. Cieplak, J. Kamiński, *Teoria kwantów*, PWN 1991.
3. W. Ashcroft, N. D. Mermin, *Fizyka ciała stałego*, PWN 1986.
4. W. Harrison, *Teoria ciała stałego*, PWN 1976.
5. L. Fetter, J. D. Walecka, *Kwantowa teoria układu wielu cząstek*, PWN 1988.

PRZEDMIOT: *Komputerowe modelowanie zjawisk fizycznych*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. K. Murawski, prof. A. Baran

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. K. Murawski

TREŚCI REALIZOWANE: Układy oscylujące (wahadła, sprężyny) opisywane równaniami różniczkowymi zwyczajnymi, kinematyka ruchu dwuwymiarowego, układy dynamiczne opisywane II zasadą dynamiki Newtona, rozwiązywanie równań falowych, opis procesów dyfuzyjnych i rozwiązywanie równań Laplace'a, symulacje cieczy nieściśliwej, równanie Schroedingera, układy astrofizyczne (Słońce, komety, planety).

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest wypracowanie technik modelowania komputerowego zjawisk fizycznych i przygotowanie słuchaczy do przeprowadzenia eksperymentów komputerowych.

Forma zaliczenia: obrona projektów zaliczeniowych.

LITERATURA:

1. Motyka M., *Symulacje komputerowe w fizyce*, Helion, Gliwice 2002.
2. Pang T., *Metody obliczeniowe w fizyce*, PWN, Warszawa 2001.
3. Dryja M., Jankowski J., Jankowska M., *Przegląd metod i algorytmów numerycznych*, PWN, Warszawa 1988.
4. Fortuna Z., Macukow B., Wąsowski J., *Metody numeryczne*, WNT, Warszawa 1993.
5. Mathews J. H., Fink K. D., *Numerical Methods using MATLAB*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New York 1999.
6. Murawski, K., *Analytical and numerical methods for wave propagation in fluids*, World Scientific, 2002.
7. Press W. H., Flannery B. P., Teukolsky S. A., Vetterling W., *Numerical recipes*, Cambridge Univ. Press, New York 1986.

RZEDMIOT: *Klasyczna teoria pola*

LICZBA GODZIN: 30WY + 30 KW

FORMA ZALICZENIA: egz ustny i pisemny

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. M. Rogatko, dr hab. J. Matyjasek, dr J. Kraśkiewicz

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Rogatko

TREŚCI REALIZOWANE: w trakcie wykładu realizowane będą treści związane z klasyczną teorią pól. Treści wykładowe ilustrowane będą przykładami zjawisk zachodzących w układach fizycznych i kosmologii.

Na ćwiczeniach audytoryjnych przewidziane jest rozwiązywanie zadań i problemów mających przybliżyć i ugruntować treści wykładowe. Zadania rozwiązywane będą z następujących podręczników:

- 1.V.Radovanovic- ‘Problem Book In quantum Fidel Theory’ (Classical Fields), rozdz.I-V, Springer (2005).

OPIS ZAJĘĆ: tematyka wykładów

1. Grupa Lorentza, grupa Poincarego, przestrzeń Minkowskiego, tensory czterowymiarowe. Algebra grupy Lorentza (generatory pędu, momentu pędu, spinu). Pola klasyczne w czasoprzestrzeni Minkowskiego, definicja spinu dla pól masywnych, skrętności dla pól bezmasowych.
2. Twierdzenie Noether ,kanoniczny tensor energii pędu jego własności i składowe. Pochodna funkcjonalna, własności. Zasada wariacyjna w teorii pola, równania ruchu . Klasyczna teoria pola z więzami.

3. Równanie Kleina-Gordona, prąd prawdopodobieństwa, granica nierelatywistyczna równania, lorentzowska niezmienniczość równania, interpretacja polowa (cząstki o spinie 0). Oddziaływanie cząstek skalarnych z polem magnetycznym. Funkcjonał dla pola skalarnego.
4. Równanie dla cząstek o spinie połowkowym, linearyzacja równania Kleina-Gordona-równanie Diraca, czterowymiarowe spinory, prąd prawdopodobieństwa. Funkcjonał dla pól o spinie połowkowym.
5. Równanie Diraca dla cząstki swobodnej, operatory rzutowe dla energii i spinu, składowe duże i małe.
6. Lorentzowska niezmienniczość równania Diraca. Operator infinityzermalnej i skończonej transformacji Lorentza, macierze gamma i ich algebra.
7. Niezmienniki biliniowe, sprzężenie ładunkowe, odbicie przestrzenne.
8. Pola o spinie 1, wariacyjne wyprowadzenie równań Maxwella, masowe pola o spinie 1- równania Proca.
9. Pola cechowania, elektrodynamika jako teoria z cechowaniem, pola Yanga-Millsa. Symetria lokalna i globalna.
10. Spontaniczne złamanie symetrii globalnej -twierdzenie Goldstone'a. Spontaniczne złamanie symetrii lokalnej - mechanizm Higgsa. Przykład: spontanicznie złamana symetria $U(1)$ – nadprzewodnictwo.
11. Geometria teorii pól z cechowaniem – formy różniczkowe.
12. Monopol Diraca, Wu-Yanga, t'Hoofta-Polyakova, wiry Nielsena-Olesena.
13. Solitony, instantony, ładunek topologiczny,
14. Jednowymiarowe teorie pola: cząstka relatywistyczna w polu elektromagnetycznym.
15. Pola o spinie 2, linearyzacja równania Einsteina, teoria grawitacji jako teoria pola z cechowaniem.
16. Cząstki o spinie $3/2$, równanie Rarity-Schwingera.

LITERATURA:

1. K.A.Meissner- Klasyczna teoria pola, PWN 2002.
2. L.Landau, E.Lifszyc- Teoria pola (wybrane rozdziały), PWN 1985.
3. J.D.Bjorken, S.D.Drell- Relatywistyczna teoria pola (wybrane rozdziały), PWN 1985.
4. K.Huang- Quarks, Leptons and Gauge Fields (wybrane rozdziały), World Scientific 1992.

Skrócona wersja programu:

1. Grupa Lorentza, Poincarego,
2. Twierdzenie Noether (kanoniczny tensor energii pędu, składowe tensora energii pędu), teoria pola z więzami,
3. Równanie Kleina-Gordona,
4. Równanie Diraca (skrętność, składowe duże i małe, statyczne rozwiązanie równania),
5. Lorentzowska współzmienniczość równania Diraca,
6. Operator infinityzermalnej i skończonej transformacji Lorentza,
7. Niezmienniki biliniowe, sprzężenie ładunkowe, odbicie przestrzenne,
8. Pola o spinie 1, masowe pola o spinie 1,
9. Symetria lokalna i globalna,
10. Twierdzenie Goldstone'a i mechanizm Higgsa,
11. Pola Yanga-Millsa,
12. Monopol Diraca, Wu-Yanga, t'Hoofta-Polyakova,

- 13. Solitony, instantony, ładunek topologiczny,
- 14. Pola o spinie 2, linearyzacja równania Einsteina,
- 15. Cząstki o spinie 3/2.

PRZEDMIOT: *Wstęp do Kosmologii*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr hab. J. Matyjasek, prof. M. Rogatko

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr hab. J. Matyjasek

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Dane obserwacyjne. Skala odległości we Wszechświecie.
 - a) paralaksa trygonometryczna
 - b) ruchy własne
 - c) gwiazdy typu RR Lutni, cefeidy
 - d) związek Tully'ego-Fishera
 - e) związek Faber-Jacksona
 - d) supernowe typu Ia
 - f) prawo Hubble'a
2. Elementy geometrii różniczkowej
3. Geometria czasoprzestrzeni
 - a) przestrzenie symetryczne
 - b) zasada kosmologiczna
 - c) rozwiązanie Robertsona-Walera
 - d) tensor energii-pędu cieczy doskonałej
 - e) równanie stanu
4. Modele kosmologiczne
 - a) dynamika ekspansji
 - b) epoka promienista
 - c) epoka dominacji materii
 - b) człon kosmologiczny
5. Promieniowanie reliktowe
 - a) odkrycie
 - b) eksperymenty: COBE, FIRAS, WMAP
6. Trudności modelu standardowego
 - a) problem płaskości
 - b) problem horyzontów
 - c) monopole
7. Model inflacyjny
8. Formowanie się struktury we Wszechświecie

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest przedstawienie w możliwie pełny i ścisły sposób podstaw współczesnej kosmologii. W punkcie pierwszym omówione zostaną najważniejsze rezultaty obserwacyjne leżące u podstaw współczesnej kosmologii. Ponieważ interesujące nas obiekty, znajdują się w odległościach wykluczających ich bezpośrednie badanie zmuszeni jesteśmy wykorzystać metody pośrednie. Pierwszym analizowanym na wykładzie problemem obserwacyjnym jest kwestia skali odległości we Wszechświecie. Obiekty, takie jak gwiazdy

znajdujące się w odległości mniejszej kilkaset parseków możemy określić za pomocą metod geometryczny (paralaksa trygonometryczna). W przypadkach, w których metody geometryczne zawodzą wykorzystujemy ruchy własne, gwiazdy typu delta Cephei i RR Lyrae. Do pomiaru odległości galaktyk możemy wykorzystać relacje Tullego-Fishera (galaktyki spiralne) lub Faber-Jacksona (galaktyki eliptyczne). Przeanalizowany zostanie mechanizm powstawania supernowych typu Ia. W tej części wykładu omówione zostanie obserwacyjne prawo Hubble'a i rozkład materii we Wszechświecie. W punkcie drugim zostaną przedstawione podstawy geometrii różniczkowej stosowanej w Kosmologii. W szczególności w sposób zwięzły zostaną omówione różnice różniczkowalne, pola wektorowe i tensorowe. Pochodne Liego i pochodne kowariantne oraz wektory Killinga. Przeanalizowane zostaną również równania Einsteina pola grawitacyjnego. Dane obserwacyjne sugerują, że Wszechświat może być opisany za pomocą rozwiązania Robertsona-Walkera. W tej części wykładu zostaną opisane konsekwencje płynące z przyjętej Zasady Kosmologicznej (w szczególności udowodnione zostanie twierdzenie, że izotropowość względem każdego punktu czasoprzestrzeni pociąga za sobą jej jednorodność). Podana zostanie klasyfikacja trójwymiarowych przestrzeni symetrycznych. Członem źródłowym równań Einsteina jest tensor energii-pędu. W przypadku kosmologii jest to tensor energii-pędu cieczy doskonałej z odpowiednio dobranym równaniem stanu. Na wykładzie zostaną podane typowe relacje pomiędzy ciśnieniem i gęstością materii dla epoki promienistej i pyłowej. W punkcie czwartym omówione zostaną standardowe modele kosmologiczne. Analiza równań Einsteina prowadzona będzie w sposób jakościowy. Przedstawione zostaną modele kosmologiczne opisujące epokę promienistą i epokę dominacji materii. Przedyskutowana zostanie kwestia osobliwości. Ponieważ zgodnie z najnowszymi obserwacjami tempo ekspansji Wszechświata rośnie, na wykładzie przeanalizowana zostanie rola stałej kosmologicznej, ciemnej materii i ciemnej energii. Trudności modelu standardowego i badania promieniowania reliktowego stanowią treść punktów 5 i 6. W szczególności na wykładzie zostaną podane główne obserwacyjne charakterystyki promieniowania reliktowego i ich konsekwencje dla teoretycznego opisu modeli kosmologicznych. Przedstawione zostaną problemy nierozzerwalnie związane z modelem standardowym, między innymi: problem płaskości, problem horyzontów i problem związany z monopolami. Ostatnia część wykładu poświęcona będzie modelowi inflacyjnemu i zagadnieniom związanym z wielką unifikacją. W szczególności zostanie pokazane w jaki sposób przyjęcie modelu inflacyjnego rozwiązuje problemy modelu standardowego. Wykład będzie prowadzony w sposób tradycyjny, ale istotną rolę w procesie dydaktycznym będzie pełniła komputerowa algebra symboliczna. Pakietem, który będzie wykorzystywany jest ogólnodostępny (darmowy) pakiet Maxima, pozwalający wyliczyć, po napisaniu odpowiednich programów, obiekty takie jak współczynniki koneksji, tensor Riemanna, Ricciego lub Einsteina. Podejście takie usuwa konieczność przeprowadzania uciążliwych, rutynowych obliczeń i pozwala skupić się na treści fizycznej badanych zagadnień. Prezentowane treści pozwalają nie tylko zapoznać się z aktualnym stanem kosmologii, ale też umożliwią studentom zrozumienie i interpretację nowych wyników obserwacyjnych.

LITERATURA:

1. P. J. E. Peebles, Principles of Cosmology, Princeton, 1993.
2. J. A. Peacock, Cosmological Physics, Cambridge, 1999.
3. J. N. Islam, An Introduction to Mathematical Cosmology, Cambridge, 1993.

PRZEDMIOT: *Fizyka cząstek elementarnych*
LICZBA GODZIN: 30 WY
FORMA ZALICZENIA: egzamin
GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne
PROWADZĄCY: dr J. Kraśkiewicz
OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr J. Kraśkiewicz

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Wstęp – historia rozwoju fizyki cząstek elementarnych, jednostki.
2. Produkcja i detekcja cząstek – promieniowanie kosmiczne, reakcje jądrowe, akceleratory, detektory cząstek.
3. Elementy kinematyki relatywistycznej.
4. Przekroje czynne, rozpady i rezonanse.
5. Symetrie i prawa zachowania – tw. Noether, izospin, parzystość, sprzężenie ładunkowe, symetria CPT.
6. Hadrony i kwarki – klasyfikacja hadronów, model kwarkowy hadronów.
7. Oddziaływania elementarne – własności oddziaływań elektromagnetycznych, słabych, silnych i grawitacyjnych, klasyfikacja cząstek i pól w modelu standardowym, doświadczalne potwierdzenia założeń modelu standardowego.
8. Oddziaływania elektromagnetyczne leptonów i kwarków – procesy elementarne i diagramy Feynmana QED, rozpraszanie elektronów na mionach, rozpraszanie elektronów na nukleonach, rozpraszanie głęboko nieelastyczne, partony i kwarki.
9. Oddziaływania silne kwarków – założenia chromodynamiki kwantowej, diagramy Feynmana QCD, uwięzienie i asymptotyczna swoboda kwarków, efektywny potencjał międzykwarkowy.
10. Oddziaływania słabe – sprzężenie V-A, łamanie parzystości, obojętne mezony K, niezachowanie symetrii CP.
11. Oddziaływania elektroslabe w modelu standardowym – model Weinberga-Salama, spontaniczne łamanie symetrii.
12. Zjawiska wykraczające poza model standardowy – oscylacje neutrin, supersymetria, superstruny, związek fizyki cząstek elementarnych z kosmologią.

OPIS ZAJĘĆ: Fizyka cząstek elementarnych zajmuje się badaniem fundamentalnych składników materii i ich oddziaływań.

Treść wykładu zawarta jest w trzech podstawowych zagadnieniach: wytwarzanie i detekcja, klasyfikacja oraz oddziaływania cząstek elementarnych. Podkreślona jest rola symetrii i praw zachowania w opisie mikroświata. Omówiony jest Model Standardowy, jako podstawowy opis teoretyczny oddziaływań elektromagnetycznych, słabych i silnych pomiędzy fundamentalnymi składnikami materii, jakimi są leptoni, kwarki i bozony pośredniczące. W ramach tego modelu sklasyfikowane są cząstki elementarne i podana struktura kwarkowa hadronów. Ogólnie wykład wprowadza studenta w świat fizyki wysokich energii i pozwoli zrozumieć wielkie współczesne eksperymenty z tej dziedziny, jakie m.in. będą niedługo przeprowadzane w akceleratorze LHC w CERNie pod Genewą.

LITERATURA:

1. Perkins D. H.: Wstęp do fizyki wysokich energii (2004).
2. Leader E., Predazzi E.: Wstęp do teorii oddziaływań elementarnych (1990).
3. Bransden B., Evans D.: Major J., Cząstki elementarne (1981).
4. G.Białkowski, R.Sosnowski: Cząstki elementarne (1971) (przestarzałe).
5. E.Skrzypczak, Z.Szepliński: Wstęp do fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych (2002).
6. D. Griffiths: Introduction to Elementary Particle Physics (87).

POPULARNE:

1. S.Weinberg: Pierwsze trzy minuty (80).
2. F.Close: Kosmiczna cebula (88).
3. S.Weinberg: Sen o teorii ostatecznej (94).
4. L.Lederman, D.Teresi: Boska cząstka (96).
5. A.Strzałkowski: O siłach rządzących światem (96).
6. K.Fiałkowski: Opowieści o neutrinach (98).

PRZEDMIOT: *Elektrodynamika ośrodków ciągłych*

LICZBA GODZIN: 15 WY + 15 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin i zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. K. Pomorski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. K. Pomorski

TREŚCI REALIZOWANE: równania Maxwella w ośrodkach materialnych, polaryzacja elektryczna i magnetyczna ośrodka, ośrodki anizotropowe; siły działające na dielektryk, tensor naprężeń Maxwella;

fale elektromagnetyczne i ich polaryzacja, fale w ośrodku przewodzącym, odbicie i załamanie fali, amplitudy fal odbitych i złamanych, fale stojące w rezonatorach, falowody, fale w ośrodku anizotropowym;

teoria promieniowania, wektor i dipol Hertza, przybliżenie dipolowe, promieniowanie anteny liniowej, dyspersja fal elektromagnetycznych, promieniowanie Czerenkowa;

OPIS ZAJĘĆ: Przedmiotem wykładu jest elektrodynamika makroskopowa ośrodków ciągłych. Planuje się przedstawienie jakościowo nowych w stosunku do próżni zjawisk elektromagnetycznych zachodzących w ośrodkach materialnych, jak i efektów pojawiających się na granicy dwóch ośrodków. Wytwarzanie, własności i rozchodzenie się fal elektromagnetycznych a w szczególności światła, w takich ośrodkach będzie stanowiło dominującą część wykładu i zajęć na konwersatorium. Omówiona też będzie najprostsza teoria dyspersji fal elektromagnetycznych w ośrodkach zaproponowana przez Lorentza, tak aby student mógł zrozumieć mikroskopową naturę dyspersji i zapoznać się na tym przykładzie z metodami tworzenia modeli teoretycznych.

W czasie konwersatorium przewiduje się przygotowywanie przez studentów krótkich referatów ilustrujących treści przedstawiane na wykładzie, oraz rozwiązywanie przez nich, lub prowadzącego zajęcia, zadań i problemów dotyczących tej dziedziny fizyki, np. z podręczników [2,4].

LITERATURA:

1. K. Pomorski, Elektrodynamika, Wyd. UMCS, Lublin, 2007.
2. D.J. Griffiths, Podstawy elektrodynamiki, PWN, Warszawa, 2005.
3. L.D. Landau, E.M. Lifszyc, Elektrodynamika ośrodków ciągłych, PWN, Warszawa 1977.
4. M. Suffczyński, Elektrodynamika, PWN, Warszawa 1980.

PRZEDMIOT: *Materia jądrowa gwiazd*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. K. Pomorski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. K. Pomorski

TREŚCI REALIZOWNE:

1. oddziaływania w przyrodzie, składniki materii – cząstki elementarne, budowa deuteronu, rozpraszanie nukleon-nukleon, metoda fal parcjalnych, rozpraszanie nukleonów na studni potencjału, teoria zasięgu efektywnego, ogólna postać sił nukleon-nukleon, własności cięższych jąder atomowych, rola zakazu Pauliego, efektywne siły jądrowe i ich wysycanie, rozmiary jąder, model kropłowy jądra atomowego,
2. materia jądrowa, 'gojenie się' funkcji falowej dwóch nukleonów w materii jądrowej, równanie Bethego-Goldstone'a, model cząstek niezależnych (gazu Fermiego), pęd i energia Fermiego, budowa gwiazdy neutronowej,
3. reakcje syntezy jądrowej (nukleosynteza) we wnętrzach gwiazd: p-p, CNO, 3 alfa, dalsze procesy alfa ($C \rightarrow O \rightarrow Ne \rightarrow \dots \rightarrow Fe$); synteza cięższych jąder atomowych, szybki i wolny wychwyt neutronów,

Stabilność gwiazd, oscylacje gwiazd, rotacje gwiazd – przejścia maclaurina i jacobiego, niestabilność poicare.

Opis zajęć:

Przedmiotem wykładu jest materia jądrowa i zachodzące w niej zjawiska fizyczne. Opisuując rozpraszanie nukleon-nukleon i budowę najlżejszych jąder atomowych wyprowadza się studentom

Ogólną postać sił jądrowych działających pomiędzy dwoma nukleonami. Zaś analizując budowę bardziej złożonych jąder atomowych, gdzie zasada zakazu pauliego powoduje zasadniczą zmianę charakteru oddziaływań nukleon-nukleon, uzyskuje się postać efektywnych sił jądrowych działających w materii jądrowej. To właśnie dzięki wysycaniu się sił jądrowych można opisać globalne własności jąder w modelu naładowanej kropli cieczy, który jest najprostszym modelem materii jądrowej. Mając postać efektywnych sił jądrowych wyprowadza się równanie bethego-goldstone'a dla materii jądrowej. W dalszej części wykładu omawia się model materii złożonej niemal z samych neutronów, które są utrzymywane razem dzięki siłom grawitacyjnym. Obiekty te zostały nazwane gwiazdami neutronowymi. W kolejnej części wykładu zostaną przedstawione podstawowe modele nukleosyntezy w gwiazdach, tak aby studenci mogli mieć wyobrażenie o procesach prowadzących do powstania takiej materii z jaką spotykają się w życiu codziennym. Ważnym elementem jest też zagadnienie stabilności szybko rotujących gwiazd. Omówione tu zostanie jedynie klasyczne modele z jednorodnymi rozkładami gęstości.

planuje się, że studenci będą aktywnie uczestniczyli w wykładzie w formie rozbudowanej dyskusji nad przedstawianymi zagadnieniami. Zaliczenie wykładu będzie przeprowadzone w formie pisemnego testu.

LITERATURA:

1. B. Nerlo-Pomorska, K. Pomorski: Zarys teorii jądra atomu, PWN, Warszawa 2000.
2. M. Kubiak: "Gwiazdy i materia międzygwiazdowa i jądra atomu", PWN, Warszawa 1994.
3. A. Opolski, H. Cugier, T. Cirula: "Wstęp do astrofizyki", Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1995.
4. J. S. Stodółkiewicz: "Astrofizyka ogólna z elementami geofizyki", PWN, Warszawa.
5. J. Kreiner: "Astronomia z astrofizyką", PWN, Warszawa, 1992.

Specjalność (do wyboru): Bezpieczeństwo jądrowe

PRZEDMIOT: *Pracownia elektroniki*

LICZBA GODZIN: 60 godz. LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW:

PROWADZĄCY: prof. L. Wójcik, dr hab. K. Bederski, dr A. Wójtowicz

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. L. Wójcik

REALIZOWANE TREŚCI:

Wykaz ćwiczeń przeznaczonych dla studentów Fizyki w Pracowni Elektroniki:

- Badanie charakterystyk diod półprzewodnikowych
- Charakterystyki tranzystorów bipolarnych,
- Charakterystyki tranzystora polowego złączowego
- Charakterystyki tranzystora z izolowaną bramką MOS FET,
- Jednostopniowy wzmacniacz tranzystorowy, wzmacniacze operacyjne –
- Wzmacniacz operacyjny liniowy
- Wzmacniacz różniczkujący i całkujący
- Badanie charakterystyk wzmacniacza LC oraz wzmacniacza szerokopasmowego,
- Charakterystyki wzmacniacza selektywnego z filtrem 2T,
- Oscylograf,
- Badanie własności stabilizatorów napięcia stałego.

Elementy elektroniki cyfrowej:

- elementy logiczne,
- liczniki asynchroniczne, rejestry.

OPIS ZAJĘĆ:

Zapoznanie studentów z budową i działaniem podstawowych elementów i układów elektronicznych ich charakterystykami. Zaznajomienie się z przyrządami pomiarowymi stosowanymi w elektronice (fizyce) – oscylograf.

W ramach zajęć studenci wykonują jedno ćwiczenie konstrukcyjne.

Forma zaliczenia: wykonanie 8 ćwiczeń laboratoryjnych i jednego ćwiczenia konstrukcyjnego. Zaliczenie kolokwium przed każdym ćwiczeniem oraz sporządzenia sprawozdania z każdego wykonywanego ćwiczenia.

LITERATURA:

Do każdego ćwiczenia istnieje opis wypożyczany studentom po wyznaczeniu ćwiczenia. Opisy poszczególnych ćwiczeń zawierają literaturę dodatkową. Studenci mogą korzystać również z pracownianej strony internetowej, gdzie również są dostępne opisy ćwiczeń.

PRZEDMIOT: *Oddziaływanie promieniowania jądrowego z materią*

LICZBA GODZIN: 15 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr Z. Surowiec

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr Z. Surowiec

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Podstawowe pojęcia fizyczne, rys historyczny
2. Mechanizmy powstawania promieniowania jonizującego
3. Prawo i współczynniki osłabienia i absorpcji wiązki promieniowania, średnia droga swobodna, całkowity i różniczkowy przekrój czynny,
4. Przechodzenie ciężkich cząstek naładowanych przez materię: straty jonizacyjne, formuła Bethe-Blocha, relacja zasięg-energia, krzywa Bragga,
5. Oddziaływania elektronów: straty energii na jonizację i promieniowanie, energia krytyczna i jednostka radiacyjna, procesy wielokrotnych rozproszeń kulombowskich,
6. Oddziaływania fotonów: zjawisko fotoelektryczne, efekt Comptona, tworzenie par (e^+, e^-), przekroje czynne na te zjawiska w funkcji energii promieniowania i własności absorbenta, kaskady elektronowo-fotonowe, oddziaływanie rezonansowe (efekt mössbauera)
7. Oddziaływanie neutronów w różnych obszarach ich energii, spowalnianie neutronów

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia realizowane są w postaci wykładu z użyciem nowoczesnych technik multimedialnych. Materiały wykładów w postaci prezentacji multimedialnych zamieszczone są w odpowiednich kursach Wirtualnego Kampusu Instytutu Fizyki UMCS. W ramach Wirtualnego Kampusu studenci mają możliwość wymiany informacji oraz dostęp do dodatkowych materiałów dydaktycznych na stworzonych dla nich forach dyskusyjnych. Zaliczenie przedmiotu jest w postaci egzaminu ustnego.

LITERATURA:

1. A.Strzałkowski, Wstęp do Fizyki Jądrowej, PWN, (1979).
2. E. Skrzypczak, Z Szepliński, Wstęp do fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych, PWN, Warszawa (1995).
3. A.Hryniewicz (red), Człowiek i promieniowanie jonizujące, PWN, Warszawa (2001).

PRZEDMIOT: *Detekcja promieniowania. Dozymetria*

LICZBA GODZIN: 15WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr Z. Surowiec

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr Z. Surowiec

TREŚCI REALIZOWANE:

Detektory promieniowania jonizującego: detektory gazowe, detektory półprzewodnikowe, detektory scyntylacyjne, detektory filmowe, detektory termoluminescencyjne, detektory śladów cząstek, detektory neutronów.

Parametry detektorów: czułość, odpowiedź detektora, czas odpowiedzi, energetyczna zdolność rozdzielcza, czas martwy, wydajność detektora.

Wielkości i jednostki dozymetryczne. Aktywność źródła, aktywność właściwa, dawka pochłonięta, moc dawki, dawka ekspozycyjna, kerma, dawka równoważna, dawka efektywna, efektywna dawka obciążająca, efektywna dawka kolektywna.

Dawki od źródeł zewnętrznych promieniowania fotonowego, źródła wewnętrzne, zanik źródeł promieniowania

Wymagania dotyczące dokładności metod dozymetrycznych

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia realizowane są w postaci wykładu z użyciem nowoczesnych technik multimedialnych. W ramach wykładu prezentowany jest sprzęt dozymetryczny znajdującego się na wyposażeniu Pracowni Izotopowej IF UMCS. Materiały wykładów w postaci prezentacji multimedialnych zamieszczone są w odpowiednich kursach Wirtualnego Kampusu Instytutu Fizyki UMCS. W ramach Wirtualnego Kampusu studenci mają możliwość wymiany informacji i dodatkowych materiałów dydaktycznych na stworzonych dla nich forach dyskusyjnych. Zaliczenie wykładu odbywa się w postaci testu multimedialnego.

LITERATURA:

1. A. Hryniewicz (red), Człowiek i promieniowanie jonizujące, PWN, Warszawa (2001).
2. Postępy Techniki Jądrowej, (kwartalnik, PTN).
3. Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, (dwumiesięcznik, CLOR).
4. E. Fünfer, H. Neuert, Liczniki promieniowania, PWN, Warszawa (1960).

PRZEDMIOT: *Prawo atomowe*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr M. Wiertel, dr Z. Surowiec

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr M. Wiertel

TREŚCI REALIZOWANE: Omawiana jest ustawa Prawo atomowe wraz z rozporządzeniami wykonawczymi. Wykład obejmuje następujące zagadnienia regulowane w ustawie i przepisach wykonawczych:

1. Przepisy ogólne, powiązania ustawy z dyrektywami UE i innymi przepisami międzynarodowymi.
2. Zezwolenia w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej.

3. Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna oraz ochrona zdrowia pracowników.
4. Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna w medycynie.
5. Obiekty jądrowe, materiały i technologie jądrowe.
6. Źródła promieniowania jonizującego.
7. Odpady promieniotwórcze i wypalone paliwo jądrowe.
8. Transport materiałów jądrowych, źródeł promieniowania jonizującego, odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego. Wybrane przepisy międzynarodowych organizacji transportowych.
9. Nadzór i kontrola w zakresie przestrzegania warunków bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej.
10. Ocena sytuacji radiacyjnej kraju i postępowanie w przypadku zdarzeń radiacyjnych.
11. Organizacja i zadania Państwowej Agencji Atomistyki.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład jest prowadzony dla specjalności Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna studiów I stopnia. Jest on poświęcony omówieniu prawnych podstaw działalności w zakresie pokojowego wykorzystania energii atomowej związanego z potencjalnym lub rzeczywistym narażeniem na promieniowanie jonizujące od sztucznych źródeł promieniotwórczych, materiałów jądrowych, urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące, odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego. Znajomość tych podstaw daje możliwość ubiegania się państwowe uprawnienia inspektora ochrony radiologicznej. Wykłady są prowadzone w formie prezentacji multimedialnych. Treść wykładów oraz teksty źródłowe i inne materiały pomocnicze są na bieżąco udostępniane studentom w formie kursu w Wirtualnym Kampusie Instytutu Fizyki UMCS. Egzamin w postaci testu pisemnego ma formę zbliżoną do stosowanej przy ubieganiu się o uprawnienia inspektora ochrony radiologicznej.

LITERATURA:

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – *Prawo atomowe* (tekst jednolity Dz. U. z 2007r., Nr 42, poz. 276 ze zmianą z 2008r.: Nr 93, poz. 583).
2. Rozporządzenia wykonawcze (37) do ustawy *Prawo atomowe* – Wykaz na portalu PAA: <http://www.paa.gov.pl/> (zakładka Akty prawne).
3. *Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych* (ADR 2009) (Dz. U. z 2009r., Nr 27, poz. 162).

PRZEDMIOT: *Rysunek Techniczny*

LICZBA GODZIN: 15 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: mgr P. Dyniec

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: mgr P. Dyniec

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Rzuty prostokątne, rozmieszczenie rzutów, metoda europejska i amerykańska, rzuty aksonometryczne.
2. Znormalizowane elementy rysunku technicznego: formaty arkuszy, tabliczki tytułowe, linie rysunkowe, podziałki, pismo techniczne.

3. Widoki, przekroje, kłady.
4. Wymiarowanie.
5. Tolerowanie wymiarów.
6. Schematy mechaniczne, elektryczne, techniki próżniowej.
7. Wprowadzenie do oprogramowania CAD.

OPIS ZAJĘĆ: Celem zajęć jest zaznajomienie/ nauczanie studentów specjalności doświadczalnych podstaw języka rysunku technicznego. Zakres materiału ma umożliwić czytanie i tworzenie prostych rysunków technicznych podstawowych brył i elementów konstrukcyjnych nieskomplikowanych urządzeń mechanicznych, elektrycznych i próżniowych. Omówione zostaną podstawowe funkcje programu typu CAD. Studenci wykonają proste projekty z pomocą oprogramowania.

Zajęcia będą odbywać się w cyklu cotygodniowym, w formie na przemian występujących po sobie wykładów i ćwiczeń w pracowni wyposażonej w komputery z zainstalowanym specjalistycznym oprogramowaniem typu CAD. Wykłady przeprowadzone zostaną za pomocą slajdów. Ćwiczenia będą polegały na utrwaleniu materiału przedstawionego na wykładzie przez zastosowanie go do konkretnych przykładów. Studenci co dwa tygodnie otrzymywać będą zadania domowe dotyczące bieżących tematów. Warunkiem zaliczenia będzie obecność na zajęciach i pozytywna ocena ze wszystkich zadań domowych.

LITERATURA:

1. T. Dobrzyński, *Rysunek techniczny maszynowy*, WNT, Warszawa 1998.
2. K. Paprocki, *Zasady Zapisu Konstrukcji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2000.
3. A. Bober, M. Dudziak, *Zapis konstrukcji*, PWN, Warszawa 1999.

PRZEDMIOT: *Efekty biologiczne promieniowania jonizującego*

LICZBA GODZIN: 15 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTOW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. J. Sielewiesiuk

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. J. Sielewiesiuk

TREŚCI REALIZOWANE:

- I. Działanie promieniowania na poziomie molekularnym.
 1. Radioliza wody.
 2. Oddziaływanie promieniowania z białkami.
 3. Oddziaływanie promieniowania z kwasami nukleinowymi
- II. Działanie promieniowania na poziomie komórki.
 4. Cykl komórkowy i śmierć komórki po napromienieniu.
 5. Zależność dawka-efekt dla śmierci komórki.
- III. Działanie promieniowania na cały organizm.
 6. Skutki deterministyczne napromienienia.

7. Skutki stochastyczne napromienienia.
9. Zespół szpiku kostnego.
10. Zespół żołądkowo-jelitowy.
11. Zmiany popromienne skóry.
12. Ważniejsze wypadki radiacyjne.

OPIS ZAJĘĆ: Skutki oddziaływania promieniowania jonizującego są zauważalne na bardzo różnych poziomach od poziomu molekularnego do poziomu populacji. Po wysłuchaniu wykładu studenci powinni zrozumieć podstawową kolejność i logikę uszkodzeń radiacyjnych. W wyniku elementarnych aktów jonizacji wody i makrocząsteczek powstają wolne rodniki, które działają na najważniejsze makrocząsteczki biologiczne. W zasadzie wszystkie uszkodzenia są naprawialne poza podwójnymi pęknięciami DNA. Wynika stąd, że najwrażliwszą częścią komórki jest jądro a najbardziej wrażliwym stadium cyklu komórkowego jest replikacja DNA. Dalszą konsekwencją jest zwiększona wrażliwość tkanek, w których funkcjonowanie wpisane są częste podziały komórek. Celem wykładu jest również zapoznanie studentów z metodami ilościowego opisu biologicznych skutków promieniowania oraz z typowymi objawami i przebiegiem choroby popromiennej. Wykład jest ilustrowany przezroczami ppt.

LITERATURA:

1. M. Bryszewska i W. Leyko (red.), Biofizyka dla biologów, rozdz. 11, PWN, Warszawa 1997.
2. A.Z. Hryniewicz (red.), Człowiek i promieniowanie jonizujące, PWN, Warszawa 2001.
3. M. Janiak i A. Wójcik (red.), Medycyna zagrożeń i urazów radiacyjnych, PZWL, Warszawa 2005.
4. A.H.W. Nias, An Introduction to Radiobiology, John Wiley & Sons, Chichester 2000.
5. Postępy Techniki Jądrowej - czasopismo.
6. Ю.Б. Кудряшов, Радиационная биофизика (ионизирующие излучения), Физматлит, Moskwa 2004.

PRZEDMIOT: *Jądrowe metody diagnostyki medycznej i terapii*

LICZBA GODZIN: 15 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr M. Wiertel

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr M. Wiertel

TREŚCI REALIZOWANE: Wykład jest wprowadzeniem w tematykę podstawowych metod obrazowej diagnostyki medycznej i terapii wykorzystujących promieniowanie jonizujące. Szczególny nacisk położono na fizyczne podstawy tych metod. W zwięzły sposób przedstawione są następujące metody:

1. Rentgenodiagnostyka konwencjonalna
2. Tomografia z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego.
3. Tomografia magnetycznego rezonansu jądrowego.
4. Tomografia emisyjna (pozytonów PET i pojedynczych fotonów SPECT).
5. Diagnostyka i terapia radioizotopowa. Scyntygrafia. Radioimmunologia.
6. Teleradioterapia, brachyterapia, radioterapia hadronowa, boronowa terapia neutronowa.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład jest prowadzony dla specjalności Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna studiów I stopnia. Jest on poświęcony omówieniu podstaw nowoczesnych metod diagnostyki obrazowej wykorzystujących promieniowanie jonizujące lub zjawiska jądrowe. W wykładzie uwzględniono podstawy matematyczne metod tomograficznych. W części dotyczącej zastosowań terapeutycznych promieniowania jonizującego uwzględniono zarówno klasyczne jak i niekonwencjonalne metody terapii. Wykłady są prowadzone w formie prezentacji multimedialnych. Treść wykładów oraz materiały uzupełniające są na bieżąco udostępniane studentom w formie kursu w Wirtualnym Kampusie Instytutu Fizyki UMCS.

LITERATURA:

1. Praca zbiorowa pod red. A. Z. Hryniewiczza i E. Rokity *Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska, t I*, PWN, Warszawa 2000.
2. Praca zbiorowa pod red. A. Z. Hryniewiczza i E. Rokity *Fizyczne metody diagnostyki medycznej i terapii, t. II*, PWN, Warszawa 2000.
3. Praca zbiorowa pod red. B. Pruszyńskiego *Diagnostyka obrazowa*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2000.
4. R. Cierniak *Tomografia komputerowa. Budowa urządzeń CT. Algorytmy rekonstrukcyjne*, Akademicka Oficyna Wydawnicza ELIT, Warszawa 2005.
5. Praca zbiorowa pod red. M. Nałęcza *Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000. Tom 9 – Fizyka medyczna*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2002.
6. Praca zbiorowa pod red. J. Linieckiego *Medycyna nuklearna w zarysie*, Akademia Medyczna w Łodzi, Łódź 1987.
7. Praca zbiorowa pod red. M. Nałęcza *Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000. Tom 8 – Obrazowanie biomedyczne*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2002.
8. W. Scharf *Akseleratory biomedyczne* PWN, Warszawa 1994
9. P. F. Kukołowicz *Charakterystyka wiązek terapeutycznych fotonów i elektronów* RTA, Kielce 2001.
10. W. Łobodziec, *Dozymetria promieniowania jonizującego w radioterapii*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1999.

PRZEDMIOT: *Reaktory i elektrownie jądrowe*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr M. Wiertel

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr M. Wiertel

TREŚCI REALIZOWANE: Podstawy fizyczne wykorzystania energii jądrowej - energia rozszczepienia i energia fuzji jądrowej. Podstawowe zjawiska fizyczne w reaktorach jądrowych. Elementy teorii reaktorów jądrowych: podstawowe pojęcia i definicje, ogólne i uproszczone równanie transportu neutronów oraz metody jego rozwiązywania, spowalnianie i termalizacja neutronów. Zasada pracy reaktora i podstawowe pojęcia techniki reaktorowej: paliwo jądrowe, reakcja łańcuchowa, stany pracy, warunki krytyczności, reaktywność, sterowanie pracą reaktora, zatrucie reaktora. Podstawowe typy reaktorów energetycznych – przegląd wybranych

konstrukcji. Budowa i niektóre aspekty związane z eksploatacją elektrowni jądrowych. Wytwarzanie energii cieplnej i elektrycznej w elektrowniach jądrowych. Energetyka jądrowa na tle innych sposobów wytwarzania energii, zasoby paliw jądrowych. Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w energetyce jądrowej. Tendencje rozwojowe w energetyce jądrowej, reaktory IV generacji i synteza kontrolowana.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład jest prowadzony dla specjalności Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna studiów I stopnia. Stanowi on przegląd podstawowych zagadnień wykorzystania energii jądrowej w energetyce. W wykładzie skoncentrowano się na podstawach fizycznych działania reaktorów jądrowych i zagadnieniach bezpiecznej ich eksploatacji. W wykładzie uwzględniono również wybrane aspekty teorii reaktorów jądrowych i techniki reaktorowej. Wykłady będą prowadzone z wykorzystaniem technik multimedialnych. Treść wykładów oraz materiały uzupełniające będą dostępne na bieżąco studentom w formie kursu w Wirtualnym Kampusie Instytutu Fizyki UMCS.

LITERATURA:

1. G. Jezierski *Energia jądrowa: wczoraj i dziś*, WNT, Warszawa 2005.
2. M. Kielkiewicz *Teoria reaktorów jądrowych*, PWN, Warszawa 1987.
3. Z. Celiński, A. Strupczewski *Podstawy energetyki jądrowej* WNT, Warszawa 1984.
4. A. Strupczewski *Podstawy fizyki reaktorowej*, materiały szkoleniowe CLOR, Warszawa 2009.
5. M. Kielkiewicz „Jądrowe reaktory energetyczne”, WNT, Warszawa 1978.
6. G. Ackermann (red) *Eksplatacja elektrowni jądrowych*, WNT, Warszawa 1987.
7. S. Góra *Elektrownie jądrowe*, PWN, Warszawa 1978.
8. J. Kubowski *Podstawy fizyki reaktorowej*, IEA, Świerk 1990.
9. R.L. Murray *Nuclear Reactor Physics*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1957.
10. R. L. Murray *Nuclear energy: An introduction to the concepts, systems, and applications of nuclear processes*, Sixth Edition, Butterworth Heinemann, 2008.
11. S. Glasstone *Podstawy techniki reaktorów jądrowych*, PWN, Warszawa 1958.
12. G. I. Bell, S. Glasstone *Nuclear reactor theory*, Van Nostrand Reinhold Company 1970.
13. T. X. Маргулова "Атомные электрические станции", Высшая школа, Москва 1978.

PRZEDMIOT: *Chemia ogólna*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: forma pisemna

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr hab. Zofia Rzączyńska, prof.UMCS

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr hab. Zofia Rzączyńska, prof.UMCS

TREŚCI REALIZOWANE:

PROGRAM WYKŁADU

I. Podstawowe jednostki, prawa i pojęcia chemii.

Wzory sumaryczne i strukturalne. Reakcje chemiczne. Stopień utlenienia. Bilansowanie reakcji. Nomenklatura związków nieorganicznych.

II. Podstawy obliczeń chemicznych

Definicja mola. Liczba Avogadro. Sposoby wyrażania stężeń roztworów. Normy zanieczyszczeń. Obliczenia stechiometryczne.

III. Budowa atomu

Budowa pozajądrowa atomu. Model kwantowy budowy atomu. Liczby kwantowe. Orbitale atomowe. Zakaz Pauliego, reguły Hundta. Struktury elektronowe pierwiastków.

IV. Układ okresowy pierwiastków

Układ okresowy a budowa elektronowa atomu. Promienie atomowe i jonowe, potencjał jonizacji, powinowactwo elektronowe, elektroujemność. Zmian właściwości pierwiastków w układzie jako konsekwencja ich struktury elektronowej.

V. Wiązanie chemiczne Cz.I

Wiązanie jonowe. Typy sieci jonowych. Promienie jonowe. Energia sieci jonowych. Polaryzacja i kontrpolaryzacja. Właściwości fizyczne układów o wiązaniach jonowych.

VI. Wiązanie chemiczne Cz.II

Wiązanie atomowe. Teoria wiązań walencyjnych. Elementy teorii orbitali molekularnych. Wiązanie metaliczne.

VII. Oddziaływania międzycząsteczkowe.

Siły Van der Waalsa. Wiązania wodorowe. Znaczenie słabych oddziaływań w układach biologicznych.

VIII. Ciała stałe

Sieć krystaliczna, podstawowe układy. Wiązania w sieci. Defekty sieci.

IX. Kinetyka chemiczna

Rodzaje reakcji chemicznych. Teorie szybkości reakcji. Rząd reakcji.

Wpływ temperatury, stężenia na szybkość reakcji. Kataliza.

X. Równowaga chemiczna, równowagi jonowe

Kinetyczna interpretacja stanu równowagi chemicznej. Prawo działania mas. Reguła przekory. Modele kwasu i zasady. Dysocjacja elektrolityczna. Wskaźniki pH. Amfoteryczność. Roztwory buforowe. Iloczyn rozpuszczalności. Aktywność.

Ogólny cel przedmiotu: Opanowanie przez studenta elementarnych praw i pojęć chemii oraz zachodzących między nimi relacji ilościowych; zdolność przewidywania właściwości związków chemicznych i ich oddziaływanie na środowisko.

Wymagane przygotowanie studentów:

Należy założyć umiarkowane przygotowanie studentów przyjmując, że kurs szkoły średniej nie wywarł wpływu na znajomość chemii w tej grupie studentów.

LITERATURA:

1. L. Pajdowski, Chemia ogólna, PWN Warszawa 2000.
2. L. Jones, P. Atkins, Chemia ogólna, PWN Warszawa 2004.
3. A. Bielański, Chemia ogólna i nieorganiczna, PWN Warszawa 1984.
4. J. D. Lee, Zwięzła chemia nieorganiczna, PWN Warszawa 1994.

PRZEDMIOT: *Reakcje jądrowe*
LICZBA GODZIN: 30 WY
FORMA ZALICZENIA: egzamin
GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne
PROWADZĄCY: prof. Krzysztof Pomorski
OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. Krzysztof Pomorski

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Krótka historia rozwoju fizyki jądrowej.
2. Spontaniczne przemiany promieniotwórcze:
 - alfa, widma energii cząstek alfa, czasy życia ze względu na rozpad alfa. Elementy teorii rozpadu alfa, efekt tunelowy, prawo Geigera-Nuttala,
 - beta, widmo energii, neutrina i ich własności, teoria Fermiego, klasyfikacja przejść beta. Niezachowanie parzystości w słabych oddziaływaniach,
 - gamma, klasyfikacja przejść gamma, zasada zachowania momentu pędu i parzystości.
3. Reakcje spontanicznego i indukowanego rozszczepienia ciężkich jąder. Mechanizm reakcji, tunelowanie bariery potencjału. Procesy towarzyszące rozszczepieniu, reaktory jądrowe.
4. Kinematyka reakcji dwuciałowych. Ciepło reakcji. Układ laboratoryjny i układ środka masy. Całkowity i różniczkowy przekrój czynny.
5. Rozpraszania na sferycznie symetrycznej studni potencjału. Rozpraszanie cząstek naładowanych. Metoda fal parcjalnych.
6. Klasyfikacja reakcji wywołanych przez lekkie i średnio ciężkie jony w obszarze niskich energii. Metody rozróżniania tych reakcji.
7. Model Bohra jądra złożonego. Przekrój czynny reakcji. Reakcje rezonansowe. Rozpraszanie rezonansowe i potencjałowe. Wzór Breit-Wignera.
8. Model statystyczny jądra złożonego.
9. Fuzja jąder ciężkich. Kanały rozpadu układu złożonego. Konkurencja rozszczepienie-wyparowanie lekkich cząstek. Metody wytwarzania jąder superciężkich.
10. Reakcje jądrowe przy bardzo wysokich energiach.
11. Reakcje syntezy i energia gwiazd.
12. Pochodzenie pierwiastków, reakcje szybkiego i wolnego wychwytu neutronu.

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest zapoznanie słuchaczy z eksperymentalnymi badaniami i teoretycznym opisem mechanizmu reakcji jądrowych. Przedstawiony jest obecny stan wiedzy w tej dziedzinie i możliwe kierunki dalszych badań.

LITERATURA:

1. E. Skrzypczak i Z. Szepliński, Wstęp do fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych, PWN, Warszawa, 1995.
2. Z. Wilhelmi, Fizyka reakcji jądrowych, PWN, Warszawa, 1976.
3. A. Strzałkowski, Wstęp do fizyki jądra atomowego, PWN, Warszawa, 1978.
4. T. Mayer-Kuckuk, Fizyka jądrowa, PWN, Warszawa, 1986.
5. B. Nerlo-Pomorska i K. Pomorski, Zarys teorii jądra atomu, PWN, Warszawa, 1999.

PRZEDMIOT: *Radiochemia*
LICZBA GODZIN: 30WY
FORMA ZALICZENIA: zaliczenie
GRUPA PRZEDMIOTÓW:
PROWADZĄCY: dr hab. Andrzej Komosa
OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr hab. Andrzej Komosa

TREŚCI REALIZOWANE: Wykład obejmuje poniższe zagadnienia.

Przedmiot zainteresowań radiochemii, początki radiochemii, rola Marii Curie-Skłodowskiej w rozwoju radiochemii. Podstawowe zagadnienia dotyczące przemian jądrowych. Dozymetria: dawki promieniowania, sposoby obliczania dawek i obowiązujące jednostki. Chemia radiacyjna. Izotopy promieniotwórcze w środowisku: podział, stężenia, pochodzenie. Przemieszczanie się izotopów w środowisku. Metody pomiaru małych aktywności radioizotopów. Metody spektrometryczne z wykorzystaniem scyntylatorów (ze szczególnym uwzględnieniem scyntylatorów ciekłych). Spektrometria promieniowania alfa i gamma oraz wpływ różnych czynników na widmo pomiarowe. Zachowanie się śladowych ilości radioizotopów w roztworach wodnych: rola nośnika, zjawiska hydrolizy, tworzenia radiokoloidów, współstrącania izomorficznego. Metody radioanalityczne: wymiana jonowa, współstrącanie, ekstrakcja cieczowa. Wykorzystanie zjawiska wymiany izotopowej i rozcieńczenia izotopowego. Metody oznaczania wybranych radioizotopów w środowisku z zastosowaniem procedur radiochemicznych. Wybrane zagadnienia z chemii paliwa jądrowego (otrzymywanie i przeróbka chemiczna wypalonego paliwa). Datowanie radiowęglowe. Monitoring radiochemiczny środowiska.

OPIS ZAJĘĆ: Zapoznanie studentów kierunku Fizyka z podstawami radiochemii, wykorzystaniem metod radiochemicznych do oznaczeń radioizotopów naturalnych i sztucznych występujących w środowisku. Zapoznanie z metodami pomiaru aktywności stosowanymi w połączeniu z metodami radiochemicznymi.

LITERATURA:

1. W. Szymański, Chemia jądrowa.
2. Radiochemia w ćwiczeniach i zadaniach (red. K. Samochocka).
3. An.N. Niesmiejjanow – Radiochemia.
4. M. Siemiński, Fizyka zagrożeń środowiska.
5. Człowiek i promieniowanie jonizujące (red. A. Z. Hryniewicz).
6. A. Czerwiński, Energia jądrowa i promieniotwórczość.
7. B. Dziunikowski, O fizyce i energii jądrowej.
8. W. Gorączko, Radiochemia i ochrona radiologiczna.

PRZEDMIOT: *Akseleratory i inne urządzenia jądrowe*
LICZBA GODZIN: 30 WY
FORMA ZALICZENIA: praca zaliczeniowa
GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne
PROWADZĄCY: dr hab. B. Jasińska
OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr hab. B. Jasińska

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Ruch cząstki w polu elektrycznym i magnetycznym
2. Budowa źródła elektronów i jonów, ogniskowanie
3. Akceleratory elektrostatyczne (np. van de Graafa)
4. Akceleratory elektrodynamiczne (np. Cockcrofta-Waltona, dynamitron)
5. Akceleratory liniowe wysokiej częstości (z falą bieżącą i stojącą, samofazowanie)
6. Akceleratory kołowe (cyklotron, betatron, synchrotron, synchrociklotron)
7. Zderzacze ciężkich jonów
8. LHC
9. Wybrane zastosowania medyczne w diagnostyce i terapii (min. terapia fotonowa, t. f. mieszana, terapia elektronowa, hadronowa, borowo-neutronowa)
10. produkcja i zastosowanie radioizotopów

OPIS ZAJĘĆ: Wykład prowadzony metodą klasyczną oraz z wykorzystaniem prezentacji multimedialnej.

Treści realizowane w programie wykładu służą dwu celom podstawowym:

1. Zapoznaniu studentów z podstawowymi zasadami ruchu cząstki naładowanej w polu elektromagnetycznym oraz omówieniu podstawowych typów akceleratorów cząstek – zasady fizycznej realizacji przyspieszania w zależności od typu cząstek (elektrony, jony lekkie i ciężkie) oraz energii końcowej.
2. Omówieniu pewnych typów urządzeń wykorzystywanych do badań podstawowych w dziedzinie fizyki, techniki oraz w terapii medycznej. .

LITERATURA:

1. W. Schaff, Akceleratory cząstek naładowanych i ich zastosowania, PWN, 1973.
2. D.W. Perkins, Wstęp do fizyki wysokoenergetycznych, PWN, 2004.
3. W. Scharf, Akceleratory biomedyczne, PWN, 1994.
4. Fizyka medyczna, red G. Pawlicki i in., Akademicka oficyna wydawnicza EXIT, 2002.

PRZEDMIOT: *Materialoznawstwo reaktorowe*

LICZBA GODZIN: 45 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie z oceną

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. B. Słowiński

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. B. Słowiński

TREŚCI REALIZOWANE: Materiały i urządzenia energetyki jądrowej. Materiały inżynierskie: metale i stopy, ceramika, polimery i półprzewodniki. Materiały budowlane i osłonowe (betony i in.). Elektroniczne urządzenia kontroli i sygnalizacji. Specyficzne warunki funkcjonowania materiałów i urządzeń energetyki jądrowej: zachowanie zaplanowanych właściwości mechanicznych, elektrycznych, magnetycznych, optycznych, termodynamicznych w warunkach długotrwałego promieniowania różnego rodzaju i intensywności. Uszkodzenia radiacyjne i aktywacja.

Podstawy fizyczne wiedzy o materiałach. Kwantowomechaniczny charakter oddziaływania pomiędzy atomami w ciałach stałych. Wiązania w ciałach stałych. Rodzaje sił oddziaływania pomiędzy atomami w materiałach i ich przyroda. Uproszczające modele oddziaływania międzyatomowego, oparte na jakościowych przesłankach wynikających z obserwacji. Jakościowy kształt potencjału oddziaływania między atomami. Podstawowe parametry potencjału: odległość równowagowa i energia wiązania (głębokość studni potencjału) i

ich związek z makroskopowymi wielkościami mierzalnymi: gęstością, napięciem powierzchniowym, modułem sprężystości i ciepłem właściwym. Rodzaje sił odpychających – podział modelowy. Najczęściej spotykane przybliżenia analityczne potencjałów oddziaływania międzyatomowego: przybliżenie oscylatora harmonicznego, przybliżenie anharmoniczne. Typy pierwotnych (chemicznych) wiązań występujących w materiałach inżynierskich: kowalენტne, jonowe, metaliczne. Oddziaływania wtórne: wiązania typu wodorowego i oddziaływania van der Waalsa. Charakterystyki ilościowe energii wiązania w tych oddziaływaniach w różnych materiałach.

Oddziaływania szybkich jonów i neutronów z ciałami stałymi i ich wpływ na właściwości fizyczne, chemiczne i mechaniczne ciał. Implantacja jonów jako metoda badania wpływu działania promieniowania korpuskularnego na materiały. Skala energetyczna i charakterystyki czasowo-przestrzenne oddziaływania szybkich jonów z ciałami stałymi: depozycja masy, energii i defektów. Zjawiska fizyczne towarzyszące oddziaływaniu szybkich jonów z ciałem stałym. Straty energii jonów: zderzenia atomowe i elektronowe, ich kształt jakościowy w zależności od prędkości jonów. Typowe trajektorie jonów w materiałach amorficznych, polikrystalicznych i krystalicznych. Najprostsze defekty strukturalne i ich charakterystyka energetyczna. Migracja defektów, tworzenie pęcherzy, puchnięcie i kruszenie materiałów. Rozpylanie katodowe. Analityczna postać średnich strat energii i zasięgów jonów w ciałach stałych. Działanie strumieni neutronów na metale przy różnych temperaturach. Oddziaływania sprężyste i niesprężyste neutronów z jądrami atomowymi w materiałach metalicznych i ich wpływ na strukturę metali przy różnych temperaturach. Samoorganizacja i możliwość osiągnięcia stanu zbliżonego do stabilnej równowagi termodynamicznej pod wpływem promieniowania z zachowaniem niezbędnych właściwości mechanicznych przyszłych materiałów reaktorowych. Średnia długość swobodnego przebiegu neutronów w ciałach stałych, parametr spowolnienia neutronów, współczynnik spowalniania, długość spowalniania, średnia droga dyfuzji i droga migracji neutronów. Przykładowe wartości liczbowe dla różnych materiałów reaktorowych. Zarys głównych kierunków badań w materiałoznawstwie reaktorowym.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład prowadzony jest według planu. Cały materiał wykładowy jest zapisany w postaci elektronicznej w kodzie <.ppt>, jest stale modyfikowany zgodnie z bieżącą literaturą naukową w tej dziedzinie i jest dostępny dla studentów. Ponadto studenci przygotowują swoje referaty w oparciu o przekazywane im do opracowania kopie krótkich artykułów z literatury bieżącej. Mogą również sami zaproponować temat swojej prezentacji, w uzgodnieniu z wykładowcą. Każdy student przygotowuje jedną 20 minutową prezentację, a jeśli liczebność grupy jest niewielka, to dwie takie prezentacje. Po każdym referacie studenckim odbywa się dyskusja, w której jako minimum uczestniczą dwie wyznaczone osoby. Podczas wykładu studenci mogą zadawać dodatkowe pytania dotyczące podstawowych elementów wiedzy z fizyki, niezbędnych do zrozumienia wykładanego tematu. Jest to istotne z uwagi na interdyscyplinarny charakter przedmiotu. Studenci są oceniani głównie w oparciu o przedstawiane referaty i aktywność podczas zajęć. Jest też udostępniony zestaw ok. 50 pytań kontrolnych. Celem wykładu jest zaznajomienie studentów na poziomie wiedzy podstawowej z tak ważną dziedziną o charakterze praktycznym, jaką jest materiałoznawstwo reaktorowe.

LITERATURA:

1. Strzałkowski A. Wstęp do fizyki jądra atomowego. Wyd. UJ.

2. Dobrzański L.A. Wprowadzenie do nauki o materiałach. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.
3. B. Słowiński. Zjawiska radiacyjne w materiałach (wersja elektroniczna). Warszawa, 2005.
4. Neutrons and Synchrotron Radiation in Engineering Materials Science. WILEY-VCH, 2008.
5. A.V. Kozlov. Effect of Neutron Irradiation on Metals at Various Temperatures and the Feasibility of Self-Organization of Accompanying Processes. Physics of Particles and Nuclei. 2006. Vol.37, No.4, pp.587-605.
6. Struktura i właściwości materiałów dla jądrowych reaktorów wysokotemperaturowych. Prace Komisji Metalurgiczno-Odlewniczej. Metalurgia 39. PAN. Oddz. W Krakowie. Wydawnictwo PAN. 1990.
7. А.И. Кондрик и др. Современные материалы для термоядерной энергетики (обзор). Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт». Харьков, 2008.
8. Chr. Lehmann. Introduction of Radiation with Solids and Elementary Defect Production. North-Holland Publishing Company. Amsterdam. New York. Oxford. 1977.
9. Z. Strugalski. Struktura wewnętrzna materiałów. PWN. Warszawa 1981.
10. R. Melechow i K. Tubielewicz. Materiały stosowane w energetyce jądrowej: gatunki, właściwości, degradacja. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa, 2002.
11. Bieżąca literatura naukowa.

PRZEDMIOT: *Pracownia radiochemiczna*

LICZBA GODZIN: 45 LB

FORMA ZALICZENIA: kolokwium końcowe, wykonanie 9 ćwiczeń wraz z opracowaniem, wykonanie 5 opisów ćwiczeń pokazowych.

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr Ewa Skwarek, dr Jacek Patkowski, mgr Marek Reszka

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr Ewa Skwarek

TREŚCI REALIZOWANE: Zapoznanie studentów kierunku Fizyka z metodami wykonywania pomiarów radiometrycznych przy użyciu typowej aparatury pomiarowej (liczników Geigera-Muellera i scyntylacyjnych) i wykorzystaniem uzyskanych wyników oraz zapoznaniem z najnowocześniejszą spektrometryczną aparaturą pomiarową służącą do pomiarów niskich aktywności (na poziomach środowiskowych): spektrometry promieniowania gamma i alfa, spektrometr z ciekłym scyntylatorem.

OPIS ZAJĘĆ: Ćwiczenia wykonywane samodzielnie przez studentów:

Charakterystyka robocza licznika Geigera-Muellera i licznika scyntylacyjnego, wyznaczenie napięcia pracy i czasu martwego liczników. Badanie rozproszenia wstecznego promieniowania beta, pochłaniania promieniowania przez absorbenty, wyznaczenie współczynników pochłaniania i samopochłaniania. Wykorzystanie zjawiska koincydencji do wyznaczenia aktywności źródła Co-60. Wyznaczanie widma promieniowania gamma z użyciem jednokanałowego spektrometru i detektora scyntylacyjnego. Wykorzystanie spektrometru wielokanałowego i detektora scyntylacyjnego do oznaczania K-40 w próbkach naturalnych. Wykrywanie skażeń promieniotwórczych i ocena dawek promieniowania.

Ćwiczenia pokazowe:

Zastosowanie znaczników izotopowych do pomiarów wielkości sorpcji jonów na powierzchni tlenków nieorganicznych. Przygotowanie próbek do datowania radiowęglowego i wykonanie pomiaru z użyciem ciekłego scyntylatora. Spektrometria promieniowania alfa z użyciem detektora krzemowego, spektrometria promieniowania gamma z użyciem detektora germanowego. Spektrometria promieniowania z użyciem ciekłego scyntylatora.

LITERATURA:

1. W. Szymański, Chemia jądrowa.
2. Radiochemia w ćwiczeniach i zadaniach (red. K. Samochocka).
3. An.N. Niesmiejjanow – Radiochemia.
3. M. Siemiński, Fizyka zagrożeń środowiska.
4. Człowiek i promieniowanie jonizujące (red. A. Z. Hryniewicz).
5. A. Czerwiński, Energia jądrowa i promieniotwórczość.
6. B. Dziunikowski, O fizyce i energii jądrowej.
7. W. Gorączko, Radiochemia i ochrona radiologiczna

PRZEDMIOT: *Pracownia fizyki jądrowej*

LICZBA GODZIN: 90 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr R. Zaleski, dr Z. Surowiec

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr R. Zaleski

TREŚCI REALIZOWANE:

Zapoznanie z metodami doświadczalnymi stosowanymi w fizyce jądrowej. Wykorzystanie modularnej elektroniki oraz sterowanych komputerowo systemów akwizycji danych do zestawienia układów pomiarowych. Zaplanowanie i wykonanie pomiarów. Numeryczna analiza danych doświadczalnych i ocena niepewności pomiarowych wyników. Wykonanie sprawozdania z ćwiczenia zawierającego prezentację wyników pomiarów z uwzględnieniem ich niepewności oraz interpretacja tych wyników.

OPIS ZAJĘĆ: Celem pracowni jest nauka obsługi urządzeń, oprogramowania i metod analizy wyników stosowanych w fizyce jądrowej oraz samodzielne rozwiązanie problemu projektowego. Lista ćwiczeń:

1. Badanie statystycznego charakteru emisji i detekcji promieniowania jądrowego.
2. Własności podstawowych układów elektroniki stosowanych w spektroskopii promieniowania jądrowego.
3. Własności i rodzaje fotopowielaczy.
4. Zasada działania, rodzaje i obsługa wielokanałowych analizatorów amplitudy.
5. Widmo energetyczne promieniowania gamma. Rodzaje i własności scyntylatorów.
6. Metody numerycznej analizy danych doświadczalnych.
7. Budowa i charakterystyki spektrometrów licznikowych promieniowania jądrowego.

8. Spektrometr półprzewodnikowy promieniowania alfa.
9. Spektrometr magnetyczny promieniowania beta.
10. Spektrometr scyntylacyjny promieniowania gamma.
11. Spektrometr półprzewodnikowy promieniowania gamma.
12. Absorpcja i detekcja neutronów.
13. Metodyka pomiarów koincydencyjnych.
14. Spektrometr czasów życia.
15. Projektowanie i konstrukcja osłon przed promieniowaniem jonizującym.
16. Projektowanie i testowanie stanowiska pracy z aparaturą emitującą promieniowanie jonizujące.
17. Specyfikacja warunków pracy i opracowanie przepisów BHP dla stanowisk z aparaturą emitującą promieniowanie jonizujące.
18. Przygotowanie wniosku o wydanie pozwolenia na pracę z promieniowaniem jonizującym.

Zadaniem studenta będzie wykonanie dwóch ćwiczeń z grupy ćwiczeń wprowadzających (1-7), trzech ćwiczeń z grupy ćwiczeń aparaturowych (8-14) oraz jednego ćwiczenia projektowego (15-18). W celu uzyskania pozytywnej oceny ćwiczenia wymagane jest:

- zaliczenie kolokwium wstępnego sprawdzającego podstawowe wiadomości niezbędne w zrozumieniu przebiegu i celu doświadczenia;
- prawidłowe zestawienie układu pomiarowego;
- poprawne wykonanie eksperymentu;
- analiza danych doświadczalnych wykorzystująca metody numeryczne;
- zebranie uzyskanych wyników w formie pisemnego sprawozdania oraz ich poprawna interpretacja.

LITERATURA:

1. J. Araminowicz, K. Małuszyńska, M. Przytuła *Laboratorium fizyki jądrowej*, PWN Warszawa 1984.
2. A.Z. Hryniewicz (red.) *Człowiek i promieniowanie jonizujące*, PWN Warszawa 2001.
3. A. Strzałkowski *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN Warszawa 1978.
4. K. N. Muchin *Doświadczalna fizyka jądrowa, t.1 Fizyka jądra atomowego*, WNT, Warszawa 1978.
5. J. B. A. England *Metody doświadczalne fizyki jądrowej*, PWN, Warszawa 1980.
6. W. Szymański *Elementy nauki o promieniowaniu jądrowym dla kierunków ochrony środowiska*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 1999.
7. W. Lisiecki, W. Scharf *Spektrometry rozkładów amplitudowych*, PWN, Warszawa 1973.
8. J.B. Birks *Liczniki scyntylacyjne*, PWT, Warszawa 1956.
9. A. Bielski, R. Ciuryło *Podstawy metod opracowania pomiarów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2001.
10. A. Strzałkowski, A. Śliżyński *Matematyczne metody opracowywania wyników pomiarów*, PWN, Warszawa 1977.
11. R. Nowak *Statystyka dla fizyków*, PWN, Warszawa 2002.
12. Idaho National Laboratory, NaI Gamma Spectrum Catalog, <http://www.inl.gov/gammaray/catalogs/catalogs.shtml>.
13. Brookhaven National Laboratory, Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF), <http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>.

14. Brookhaven National Laboratory, NuDat, <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>.

PRZEDMIOT: *Postępowanie z wypalonym paliwem*

LICZBA GODZIN: 15 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. S. Chwaszczewski, dr Z. Surowiec

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr Z. Surowiec

TREŚCI REALIZOWANE: Wytwarzanie paliwa jądrowego: minerały zawierające uran, wydobywanie i przerób rudy uranowej, wzbogacanie, wytwarzanie paliwa, paliwo jądrowe stosowane w różnych reaktorach energetycznych, zasoby paliw jądrowych, wykorzystanie U238 i Th232;

Wypalanie paliwa jądrowego, charakterystyki paliwa wyładowanego z reaktora, postępowanie z paliwem wyładowanym z reaktora, przechowalniki wypalonego paliwa, procesy zachodzące w przechowywanym paliwie, cykl otwarty wypalonego paliwa, składowanie wypalonego paliwa;

Cykl zamknięty wypalonego paliwa, przerób wypalonego paliwa paliwo MOX;

Transmutacja jądrowa i partitioning (separacja radioaktywnych izotopów) w wypalonym paliwie, projekty instalacji, systemy reaktorowe z akceleratorowymi źródłami (źródła spalacyjne) neutronów tzw. ADS (Accelerator Driven Systems);

Ekonomika postępowania z wypalonym paliwem.

OPIS ZAJĘĆ:

Zajęcia realizowane są w postaci wykładu z użyciem nowoczesnych technik multimedialnych. Materiały wykładów w postaci prezentacji multimedialnych zamieszczone są w odpowiednich kursach Wirtualnego Kampusu Instytutu Fizyki UMCS. W ramach Wirtualnego Kampusu studenci mają możliwość wymiany informacji oraz dostęp do dodatkowych materiałów dydaktycznych na stworzonych dla nich forach dyskusyjnych.

Zaliczenie wykładu następuje po przedstawieniu pracy zaliczeniowej.

LITERATURA:

1. Chwaszczewski S i inni Analiza wariantowa bilansów, unieszkodliwiania i składowania odpadów promieniotwórczych oraz wypalonego paliwa z reaktorów jądrowych nowej generacji (w przypadku podjęcia programu jądrowego w Polsce). w latach 2010 – 2100. (Etap I i II), IEA 1997/98. Praca finansowana i wykonana w ramach Strategicznego Programu Rządowego koordynowanego przez Państwową Agencję Atomistyki (1997-1999).
2. http://www.skb.se/Templates/Standard____16807.aspx.
3. Wald M. Dismantling Nuclear Reactors, Scientific American, March 2003, 33 - 41.
4. Z.P. Zagorski, J. Dziewinski, J. Conca, "Radiolytic effects of plutonium", w plutonium futures – the science, American Institute of Physics Conference Proceedings, New York 2003, vol. 673, 336 - 338.
5. Z.P. Zagorski, Institute of Nuclear Chemistry and Technology Inc, Annual Report 2004.

PRZEDMIOT: *Odpady promieniotwórcze*
LICZBA GODZIN: 15 WY
FORMA ZALICZENIA: zaliczenie
GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne
PROWADZĄCY: prof. S. Chwaszczewski, dr Z. Surowiec
OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr Z. Surowiec

TREŚCI REALIZOWANE:

Źródła odpadów promieniotwórczych w energetyce jądrowej,

Klasyfikacja odpadów promieniotwórczych,

Odpady promieniotwórcze w cyklu paliwowym

Przechowywanie odpadów promieniotwórczych

Ogólne zagrożenia bezpieczeństwa obiektów do przechowywania odpadów promieniotwórczych

Wymagania dotyczące przechowywania odpadów promieniotwórczych

Instalacje do przechowywania stosowane w ZUOP

Metody przetwarzania odpadów

Przygotowanie odpadów promieniotwórczych do składowania

Ilość i rodzaj odpadów wytwarzanych podczas eksploatacji elektrowni jądrowej, likwidacja elektrowni i powstające w tym okresie odpady promieniotwórcze.

Charakterystyka odpadów, sposoby unieszkodliwiania odpadów, gospodarka odpadami promieniotwórczymi z elektrowni jądrowych,

Ekonomika gospodarki odpadami promieniotwórczymi. Ekonomika likwidacji elektrowni jądrowej.

OPIS ZAJĘĆ:

Zajęcia realizowane są w postaci wykładu z użyciem nowoczesnych technik multimedialnych. Materiały wykładów w postaci prezentacji multimedialnych zamieszczone są w odpowiednich kursach Wirtualnego Kampusu Instytutu Fizyki UMCS. W ramach Wirtualnego Kampusu studenci mają możliwość wymiany informacji oraz dostęp do dodatkowych materiałów dydaktycznych na stworzonych dla nich forach dyskusyjnych.

Zaliczenie wykładu następuje po przedstawieniu pracy kontrolnej.

LITERATURA:

1. Celiński Z., Strupczewski A. Podstawy energetyki jądrowej, Warszawa, WNT 1984.
2. Dokumentacja bezpieczeństwa ZUOP, Świerk 2000.
3. Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz Ocena Stanu Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej w Polsce w 2007 roku, PAA, Warszawa, 2008.

PRZEDMIOT: *Oslabienie promieniowania jonizującego*

LICZBA GODZIN: 15 godz.

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie z oceną

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. B. Słowiński

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. B. Słowiński

TREŚCI REALIZOWANE: Ścieżka stabilności i czas życia jąder atomowych. Rozpady jąder atomowych i reakcje jądrowe. Źródła promieniowania jonizującego: akceleratory, reaktory jądrowe, materiały promieniotwórcze, promieniowanie kosmiczne, naturalne źródła promieniowania jonizującego, promieniotwórczość indukowana. Promieniowanie korpuskularne, rodzaje i właściwości. Straty jonizacyjne: czynnik materiałowy i dynamiczny. Przenikanie promieniowania w ośrodkach amorficznych, polikrystalicznych i krystalicznych. Oddziaływanie fotonów z materią: fotoefekt, zjawisko Comptona, tworzenie par, kaskady elektronowo-fotonowe i ich charakterystyki przestrzenne. Oddziaływanie relatywistycznych cząstek naładowanych elektrycznie z materiałami, tworzenie kaskad hadronowych. Oddziaływanie neutronów w materiałach, reakcje typu (n,p). Aktywacja materiałów pod wpływem promieniowania. Rejestracja promieniowania jonizującego, neutronowego i twardego promieniowania elektromagnetycznego. Typowe materiały osłonowe. Czynniki określające zdolność pochłaniania promieniowania różnego rodzaju przez materiały. Zmiana widma energetycznego i składu promieniowania pierwotnego w materiale osłonowym. Oszacowanie efektywnych wymiarów osłon. Zjawiska strukturalne i dynamiczne w materiałach osłonowych. Elementy dozymetrii.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia prowadzone są według planu. Cały materiał jest zapisany w postaci elektronicznej w kodzie <.ppt>, jest stale modyfikowany zgodnie z bieżącą literaturą naukową w tej dziedzinie i jest dostępny dla studentów. Podczas zajęć studenci mogą zadawać dodatkowe pytania dotyczące podstawowych elementów wiedzy z fizyki, niezbędnych do zrozumienia omawianego tematu. Jest udostępniony zestaw 30 pytań kontrolnych.

Celem zajęć jest zaznajomienie studentów na poziomie praktycznej wiedzy podstawowej z problematyką ochrony przed promieniowaniem.

LITERATURA:

1. Strzałkowski A. Wstęp do fizyki jądra atomowego. Wyd. UJ.
2. Dobrzański L.A. Wprowadzenie do nauki o materiałach. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.
3. B. Słowiński. Zjawiska radiacyjne w materiałach (wersja elektroniczna). Warszawa, 2005.
4. Neutrons and Synchrotron Radiation in Engineering Materials Science. WILEY-VCH, 2008.
5. R. Melechow i K. Tubielewicz. Materiały stosowane w energetyce jądrowej: gatunki, właściwości, degradacja. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa, 2002.
6. Martin J.E. Physics of radiation protection: a handbook. Wiley-VCH Verlag&Co. 2006.
7. Callister W.B. Material science and engineering: an introduction. N.Y., J.Wiley&Sons, 2007.
8. Bieżąca literatura naukowa.

PRZEDMIOT: *Pracownia Specjalistyczna Stosowana*

LICZBA GODZIN: 30 LB (studia I stopnia)

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr A. Markowski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr A. Markowski

TREŚCI REALIZOWANE: Zajęcia w Pracowni Specjalistycznej obejmują cykl ćwiczeń laboratoryjnych umożliwiających zaznajomienie studenta z metodami pomiarów z zakresu: spektrometrii mas, defektoskopii ultradźwiękowej i rentgenowskiej, wytwarzania i badania próżni, optycznych metod badania stężeń roztworów.

OPIS ZAJĘĆ:

Wykaz ćwiczeń:

1. Spektrometr mas czasu przelotu jonów.
2. Wyznaczanie podstawowych charakterystyk interferometru.
3. Podwójnie ogniskujący spektrometr mas.
4. Sporządzanie mieszanin gazowych.
5. Wykrywanie wad makroskopowych w materiałach.
6. Podstawowe charakterystyki wysokociśnieniowego spektrometru mas.
7. Wyznaczanie modułu Younga.
8. Pomiar prędkości fali ultradźwiękowej w badanych próbkach.
9. Badanie próżni przy wykorzystaniu stanowiska próżniowego.
10. Badanie składu roztworów mieszanin.

Ocena ostateczna zaliczająca dane ćwiczenie w Pracowni Specjalistycznej jest średnią ocen uzyskanych z:

- kolokwium
- wykonania ćwiczenia
- opracowania złożonego po wykonaniu ćwiczenia.

Liczba ćwiczeń do wykonania przez studentów zależy od liczby godzin przeznaczonych na Pracowni Specjalistyczną w danej siatce godzin.

LITERATURA:

Do poszczególnych ćwiczeń są wykonane ich opisy znajdujące się w teczkach, gdzie podana jest również obowiązująca literatura.

PRZEDMIOT: *Pracownia*

Specjalistyczna

Biofizyki

LICZBA GODZIN: 30 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. W.I. Gruszecki, dr W. Grudziński, dr R. Luchowski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr W. Grudziński

TREŚCI REALIZOWANE:

OPIS ZAJĘĆ: Spis ćwiczeń:

1. Praca z programem HyperChem.
2. Pomiar widm IR prostych związków organicznych.
3. Pomiar widm absorpcji roztworów barwników organicznych.
4. Badanie jednocząsteczkowych warstw lipidów na granicy faz woda powietrze.
5. Izolacja i oczyszczanie barwników aparatu fotosyntetycznego.
6. Badanie przejść fazowych w błonach lipidowych metodą kalorymetryczną.
7. Badanie fluorescencji wybranych związków organicznych.
8. Badanie fotoutleniania chlorofilu w roztworze.

LITERATURA:

1. Wanda Leyko (red.), Biofizyka dla Biologów, PWN Warszawa, 1983.
2. Jerzy Kączkowski, Biochemia roślin, PWN Warszawa, 1992.
3. Lubert Stryer, Biochemia, PWN Warszawa 1997.
4. J. Siewewsiuk Biofizyka lipidów w Biofizyka dla biologów red. M. Bryszewska, W. Leyko, PWN (1997), Warszawa.
5. St. Przestalski Błony komórkowe w Encyklopedia fizyki współczesnej, PWN (1983), Warszawa.
6. Kęcki Z. Podstawy spektroskopii molekularnej, PWN (1972), Warszawa.
7. Twardowski J., Biospektroskopia (cz. 4), PWN Warszawa 1990.
8. H. Haken, H. Ch. Wolf, Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1998.
9. Kołos Włodzimierz Chemia kwantowa, PWN (1986), Warszawa.
10. Konarski J., Teoretyczne podstawy spektroskopii molekularnej” rozdz. 1.2 PWN, Warszawa 1991.
11. Bryszewska M., Leyko W. Biofizyka dla biologów, PWN Warszawa (1997).
12. Zygfryd Witkiewicz, Podstawy chromatografii, WNT, Warszawa, (2000).
13. Paszyc Stefan, Podstawy fotochemii, PWN, Warszawa (1983).
14. Rao C. N. R., Spektroskopia elektronowa związków organicznych, PWN, Warszawa, (1982).
15. Wróbel D. Podstawy fotonowych procesów molekularnych, WPP, Poznań 1998.
16. P. Suppan Chemia i światło, PWN, Warszawa 1997.

PRZEDMIOT: *Pracownia specjalistyczna fizyki ciała stałego***LICZBA GODZIN:** 90 LB**FORMA ZALICZENIA:** zaliczenie z oceną wliczaną do średniej**GRUPA PRZEDMIOTÓW:** specjalistyczne**PROWADZĄCY:** dr T. Kwapiński, dr L. Misiak, dr P. Mazurek, dr M. Krawiec**OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ:** dr T. Kwapiński

TREŚCI REALIZOWANE: Zestawy eksperymentalne znajdujące się na pracowni specjalistycznej fizyki ciała stałego przeznaczone są do samodzielnego wykonania przez studenta i dotyczą następujących zagadnień i zjawisk fizycznych fazy skondensowanej: tunelowanie elektronów przez barierę i obrazowanie powierzchni przy pomocy mikroskopów STM i AFM,

ultrawysoka próżnia UHV, oddziaływanie fali elektromagnetycznej z materią i zjawiska optyczne w półprzewodnikach, przewodnictwo elektryczne metali i półprzewodników, efekt Halla, metody dyfrakcyjne w badaniach powierzchni kryształów (RHEED), złącza metal-półprzewodnik.

Istotą ćwiczeń laboratoryjnych na pracowni specjalistycznej fizyki ciała stałego jest:

- wdrażanie metod eksperymentalnych do kształcenia studentów,
- przekazywanie studentom wiadomości i wiedzy praktycznej,
- kształcenie umiejętności twórczego rozwiązywania problemów badawczych metodą naukową,
- rozumienie zjawisk i procesów fizycznych oraz rozwijanie w ten sposób zdolności poznawczych studenta,
- kształcenie umiejętności rozumowania dedukcyjnego,
- kształcenie umiejętności planowania doświadczeń i procesów fizycznych,
- kształcenie umiejętności budowania i wykorzystania modeli do wyjaśniania zjawisk i procesów fizycznych,
- kształcenie umiejętności stosowania wiedzy fizycznej do wyjaśniania zasad działania przyrządów pomiarowych stosowanych na pracowni specjalistycznej,
- kształcenie umiejętności analizy ilościowej i statystycznej wyników badań doświadczalnych.

OPIS ZAJĘĆ:

Wykaz ćwiczeń znajdujących się na pracowni specjalistycznej fizyki ciała stałego:

1. Pomiar długości drogi dyfuzji nośników mniejszościowych prądu.
Student wykonuje pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych $I(V)$ złącza metal-półprzewodnik, określa typ przewodnictwa w germanie oraz dokonuje pomiaru długości drogi dyfuzji nośników mniejszościowych w Ge.
2. Ruchliwość dryfowa dziur.
Student wykonuje pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych $I(V)$ złącza metal-półprzewodnik oraz czasu dryfu nośników i wyznacza ruchliwość.
3. Zjawisko Halla w półprzewodnikach.
Student wykonuje pomiar napięcia Halla i przewodnictwa elektrycznego półprzewodnika w funkcji temperatury oraz wyznacza przerwę energetyczną półprzewodnika.
4. Dyfrakcja wysokoenergetycznych elektronów (RHEED).
Student rejestruje obrazy dyfrakcyjne RHEED oraz wyznacza podstawowe wektory translacji dwuwymiarowej sieci.
5. Wzrost i pomiar grubości cienkich warstw metali.
Student naparowuje na płytkę cienką warstwę Ag i dokonuje pomiaru jej grubości przy użyciu mikroskopu interferencyjnego.
6. Skanujący mikroskop tunelowy (STM).
Student przygotowuje ostrze STM i próbkę do badań a następnie rejestruje obrazy STM oraz wyznacza stałą sieci badanej tej próbki.
7. Mikroskop sił atomowych (AFM)
Student przygotowuje próbkę do badań, rejestruje obrazy AFM oraz wyznacza stałą sieci badanego materiału.

Student przystępujący do wykonywania ćwiczenia posiada niezbędną, ogólną wiedzę z zakresu fizyki fazy skondensowanej, w szczególności krystalografii, modelu pasmowego ciał stałych, przewodnictwa cieplnego i elektronowego metali oraz półprzewodników, podstawowych metod dyfrakcyjnych i interferencyjnych wykorzystywanych w materii skondensowanej. Ponadto zna

podstawowe pojęcia oraz zjawiska zachodzące w ciałach stałych, jak np. efekt Halla, nadprzewodnictwo, tunelowanie przez barierę, kontaktowa różnica potencjałów i in. Od studenta wymagana jest także znajomość obsługi i podłączeń różnych przyrządów elektronicznych, w szczególności mierników elektrycznych i urządzeń cyfrowych.

Warunkiem przystąpienia studenta do wykonywania ćwiczenia jest opanowanie wiadomości teoretycznych, których zakres określony został szczegółowo w instrukcji do każdego ćwiczenia, na podstawie literatury.

Warunkiem zaliczenia pracowni specjalistycznej fizyki ciała stałego jest: zaliczenie kolokwium wstępnych do każdego ćwiczenia, jakie student wykonuje, zestawienie i prawidłowe przeprowadzenie eksperymentów oraz wykonanie sprawozdań z opisem otrzymanych wyników oraz analizą błędów pomiarowych.

LITERATURA:

1. N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Fizyka ciała stałego, PWN, Warszawa, 1986.
2. Aldert van der Ziel, Podstawy fizyczne elektroniki ciała stałego, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1980.
3. M. Subotowicz (red.), Metody doświadczalne w fizyce ciała stałego, Lublin, 1976.
4. M. Subotowicz (red.), Wstęp do fizyki ciała stałego, UMCS, Lublin 1981.
5. C. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN, Warszawa, 1999.
6. H. Ibach, H. Lüth, Fizyka ciała stałego, PWN Warszawa 1996.

Specjalność (do wyboru): Biofizyka molekularna i medyczna

PRZEDMIOT: *Pracownia elektroniki*

LICZBA GODZIN: 60 LB

FORMA ZALICZENIA:

GRUPA PRZEDMIOTÓW:

PROWADZĄCY: prof. L. Wójcik, dr hab. K. Bederski, dr A. Wójtowicz

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. L. Wójcik

REALIZOWANE TREŚCI: Zapoznanie studentów z budową i działaniem podstawowych elementów i układów elektronicznych ich charakterystykami. Zaznajomienie się z przyrządami pomiarowymi stosowanymi w elektronice (fizyce) – oscylograf.

Wykaz ćwiczeń przeznaczonych dla studentów Fizyki w Pracowni Elektroniki:

- Badanie charakterystyk diod półprzewodnikowych
- Charakterystyki tranzystorów bipolarnych,
- Charakterystyki tranzystora polowego złączowego
- Charakterystyki tranzystora z izolowaną bramką MOS FET,
- Jednostopniowy wzmacniacz tranzystorowy, wzmacniacze operacyjne –
- Wzmacniacz operacyjny liniowy
- Wzmacniacz różniczkujący i całkujący
- Badanie charakterystyk wzmacniacza LC oraz wzmacniacza szerokopasmowego,
- Charakterystyki wzmacniacza selektywnego z filtrem 2T,
- Oscylograf,
- Badanie własności stabilizatorów napięcia stałego.

Elementy elektroniki cyfrowej:

- elementy logiczne,
- liczniki asynchroniczne, rejestry.

W ramach zajęć studenci wykonują jedno ćwiczenie konstrukcyjne.

Forma zaliczenia: wykonanie 8 ćwiczeń laboratoryjnych i jednego ćwiczenia konstrukcyjnego. Zaliczenie kolokwium przed każdym ćwiczeniem oraz sporządzenia sprawozdania z każdego wykonywanego ćwiczenia.

LITERATURA:

Do każdego ćwiczenia istnieje opis wypożyczany studentom po wyznaczeniu ćwiczenia. Opisy poszczególnych ćwiczeń zawierają literaturę dodatkową. Studenci mogą korzystać również z pracownianej strony internetowej, gdzie również są dostępne opisy ćwiczeń.

PRZEDMIOT: *Biochemia fizyczna*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie w formie testu końcowego

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. W.I. Gruszecki

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. W.I. Gruszecki

TREŚCI REALIZOWANE:

W trakcie zajęć realizowane są następujące treści programowe

1. Historia i zakres biochemii
2. Wiązania chemiczne i oddziaływania międzycząsteczkowe
3. Kwasy nukleinowe i przenoszenie informacji genetycznej (replikacja, transkrypcja, translacja)
4. Białka
 - aminokwasy
 - wiązanie peptydowe
 - struktura białek (fizyczne metody badania struktury)
 - enzymy, kofaktory i kinetyka reakcji enzymatycznych
5. Lipidy i błony biologiczne
 - budowa chemiczna lipidów
 - błony biologiczne
 - fizyczne metody badania błon lipidowych
 - transport membranowy i podstawy elektrofizjologii
6. Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią
7. Techniki obrazowania molekuł i reakcji molekularnych.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia mają na celu wprowadzenie studentów w podstawowe zagadnienia związane z właściwościami fizycznymi molekuł istotnych z punktu widzenia organizmów

żywych. W szczególności omawiane są cząsteczki oraz mechanizmy odpowiedzialne za budowę struktur biologicznych oraz za przebieg i regulację metabolizmu w żywych komórkach.

LITERATURA:

1. J.M. Berg, J.L. Tymoczko, L. Stryer, *Biochemia*, PWN, Warszawa, 2005.
2. *Encyklopedia fizyki współczesnej*, PWN, Warszawa, 1983.
3. M. Bryszewska, W. Leyko, *Biofizyka dla biologów*. PWN Warszawa, 1997.
4. Z. Jóźwiak, G. Bartosz, *Biofizyka wybrane zagadnienia wraz z ćwiczeniami*. PWN Warszawa, 2005.

PRZEDMIOT: *Biofizyka ogólna*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. J. Sielewiesiuk

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. J. Sielewiesiuk

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Bioenergetyka. Budowa i rola cząsteczki ATP. Inne cząsteczki z wiązaniami makroergicznymi.
2. Glikoliza jako źródło energii.
3. Oddychanie i fosforylacja oksydacyjna. Problem sprzężenia i chemiosmotyczna teoria Mitchella.
4. Transport tlenu przez krew. Hemoglobina.
5. Fotosynteza. Budowa aparatu fotosyntetycznego roślin.
6. Pochłanianie światła i przekazywanie wzbudzeń do centrów reakcji.
7. Potencjał redoks i Z-schemat fotosyntezy.
8. Wydzielanie tlenu i problem destrukcji fotodynamicznej.
9. Struktura błon komórkowych.
10. Błona komórkowa jako bariera dyfuzyjna dla jonów. Potencjał spoczynkowy.
11. Komórki pobudliwe. Potencjał czynnościowy.
12. Receptory błonowe. Sygnałowanie i rola jonów wapnia.
13. Regulacja syntezy białka.
14. Rytm biologiczny.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład przedstawia najważniejsze zagadnienia bioenergetyki: źródła, przechowanie i przemiany energii na poziomie komórkowym. Druga część wykładu dotyczy przepływu informacji ze środowiska do komórki i wykorzystanie tej informacji w procesach życiowych komórki. Wykład z wykorzystaniem przezroczy Power Point.

LITERATURA:

1. M. Bryszewska i W. Leyko (red.), *Biofizyka dla biologów*, PWN Warszawa 1997.
2. L. Stryer, *Biochemia*, PWN Warszawa 1999.
3. S. Mięgisz, A. Hendrich, *Wybrane zagadnienia z biofizyki*, Volumed, Wrocław 1998.
4. D.O. Hall, K.K. Rao, *Fotosynteza*, WNT, Warszawa 1999.

5. D.G. Nicholls, S.J. Ferguson, Bioenergetyka 2, PWN, Warszawa 1995.

PRZEDMIOT: *Anatomia Człowieka*

LICZBA GODZIN: 15 KW

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie w oparciu o test końcowy

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr Bożena Pawlikowska-Pawłęga

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr Bożena Pawlikowska-Pawłęga

TREŚCI REALIZOWANE:

1. OGÓLNE POJĘCIA ANATOMICZNE
 - a. Postawa anatomiczna, części ciała, orientacja ciała ludzkiego w przestrzeni.
2. UKŁAD SZKIELETOWY
 - a. Formy morfologiczne kości.
 - b. Szkielet osiowy – kręgosłup, szkielet klatki piersiowej.
 - c. Czaszka – mózgoczaszka, trzewioczaszka.
 - d. Szkielet kończyny górnej, szkielet kończyny dolnej.
 - e. Syndesmologia i artrologia ogólna.
3. UKŁAD MIĘŚNIOWY
 - a. Budowa morfologiczna mięśni szkieletowych, typy morfologiczne mięśni szkieletowych, narządy pomocnicze mięśni.
 - b. Topografia mięśni grzbietu, mięśni szyi, klatki piersiowej, mięśni brzucha, mięśni głowy, mięśni kończyny górnej i mięśni kończyny dolnej.
4. UKŁAD NERWOWY
 - a. Tkanka nerwowa.
 - b. Mózgowie , rdzeń kręgowy , opony mózgu i rdzenia kręgowego, nerwy czaskowe, nerwy rdzeniowe.
5. UKŁAD POKARMOWY
 - a. Funkcje układu pokarmowego.
 - b. Topografia i budowa anatomiczna narządów układu pokarmowego: jama ustna, ślinianki, gardło, przełyk, żołądek, jelito cienkie, jelito grube, wątroba, pęcherzyk żółciowy, trzustka.
6. UKŁAD ODDECHOWY
 - a. Górne i dolne drogi oddechowe: jama nosowa, gardło, krtań, tchawica, oskrzela i oskrzeliki.
 - b. Narząd oddechowy: płuca.
7. UKŁAD KRWIONOŚNY
 - a. Serce – budowa i funkcje.
 - b. Krążenie krwi: krwiobieg mały (płucny), krwiobieg duży (wielki).
8. UKŁAD MOCZOWY
 - a. Nerka i zewnętrzne drogi wyprowadzające mocz.
9. UKŁAD ROZRODCZY MĘSKI
 - a. Narządy płciowe męskie wewnętrzne: jądro, najądrze, nasieniowód, gruczoły dodatkowe.
 - b. Narządy płciowe męskie zewnętrzne: moszna, prącie, cewka moczowa.
10. UKŁAD ROZRODCZY ŻEŃSKI
 - a. Narządy płciowe żeńskie wewnętrzne: jajnik, jajowód, macica, pochwa.
 - b. Narządy płciowe żeńskie zewnętrzne.

11. UKŁAD DOKREWNY

- a. Przysadka mózgowa, szyszynka, gruczoł tarczowy, gruczoły, nadnercze.

12. NARZĄDY ZMYŚLÓW

- a. Budowa narządu wzroku: elementy budowy gałki ocznej, oś gałki ocznej, oś wzrokowa, narządy pomocnicze.
- b. Podział i budowa narządu słuchu i równowagi: ucho zewnętrzne, ucho środkowe, ucho wewnętrzne.

13. SKÓRA I JEJ WYTWORY

- a. Skóra i wytwory skóry.

OPIS ZAJĘĆ:

Zajęcia praktyczne:

- rozpoznawanie poszczególnych elementów kości człowieka- kręgow, czaszki, kończyn górnej i dolnej, obręczy kończyn.
- interpretacja preparatów, tk. mięśniowej, kostnej, tk. nerwowej, układu rozrodczego, dokrewnego, oddechowego, krwionośnego, moczowego, pokarmowego, skóry.
- praca z modelami skóry, oka i ucha.
- interpretacja tablic anatomicznych z poszczególnych układów.
- konwersatorium dotyczące poszczególnych zagadnień z anatomii człowieka.

LITERATURA:

1. Anatomia człowieka. Redakcja. Janina Sokołowska-Pituchowa, PZWL, Warszawa 1988 (wyd.5).
2. Atlas anatomii człowieka (3 tomy). Redakcja. Р.Д. СИНЕЛБНИКОВ, „МЕДИЦИНА”, МОСКВА 1972.
3. Atlas anatomii człowieka (3 tomy). Ferenc Kiss i Janos Szentagothai, PZWL, Warszawa 1975 (wyd. 1).
4. Zarys anatomii człowieka. Adam Krechowiecki i Florian Czerwiński, PZWL, Warszawa 1992 (wyd.4).
5. Mianownictwo anatomiczne. Franz Feneis.
6. Musculo-skeletal system. Pamela MacKinnon i John Morris. Oxford medical publications 1986. Vol. I.

PRZEDMIOT: *Chemia fizyczna*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin ustny

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. S. Krawczyk

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. S. Krawczyk

TREŚCI REALIZOWANE:

Stany materii i charakterystyczne zjawiska

- gaz (gaz doskonały, gazy rzeczywiste i ich modelowanie)
- ciecz (struktura; oddziaływania molekularne; napięcie powierzchniowe; dyfuzja, lepkość)
- ciało stałe

Elementy termodynamiki chemicznej

- energia wewnętrzna, entalpia (prawo Hessa), entropia, energia swobodna i entalpia swobodna
- potencjał chemiczny

Równowaga chemiczna

- równowaga reakcji chemicznej – stała równowagi, zależność od temperatury i ciśnienia
- równowagi fazowe w układach jedno- i dwuskładnikowych:
 - wykresy fazowe, reguła faz,
 - równowaga para-ciecz, r-nie Clausiusa-Clapeyrona,
 - prawo Raoult'a, roztwór substancji nielotnej i wyznaczanie mas cząsteczkowych,
 - zależność temperatur wrzenia i krzepnięcia od stężeń,
 - destylacja, azeotropia, eutektyki

Kinetyka chemiczna

- równowaga chemiczna jako stan dynamiczny
- rząd i cząsteczkowość reakcji
- teorie szybkości reakcji:
 - Arrheniusa (zależność od T, energia aktywacji)
 - zderzeniowa (czynnik zderzeniowy w gazie)
 - kompleksu aktywnego (Eyring)
- szybkość przekazu elektronu (Marcus)
- kataliza, reakcje enzymatyczne.

Elektrolity i elektrochemia

- dysocjacja, elektrolity mocne i słabe,
- aktywność i współczynnik aktywności,
- teoria Debye'a mocnych elektrolitów; atmosfera jonowa (warstwa dyfuzyjna), siła jonowa, wpływ na aktywność,
- pH i roztwory buforowe;
- pK i amfolyty (białka), punkt izoelektryczny; elektroforeza
- wskaźniki barwne,
- potencjał elektrochemiczny,
- elektrody: kalomelowa, szklana, Ag/AgCl, platynowa; ogniwa chemiczne

Adsorpcja i warstwy monomolekularne

- napięcie powierzchniowe i aktywność powierzchniowa substancji,
- warstwy monomolekularne i wielowarstwy Langmuira-Blodgett,
- model adsorpcji i izoterma Langmuira; izotermy BET i Freundlicha,
- chemiczne metody analityczne oparte na zjawisku adsorpcji: chromatografia gazowa, chromatografia cieczowa - kolumnowa i cienkowarstwowa

Materia w polach elektrycznym i magnetycznym

- magnetyczny rezonans jądrowy i rezonans paramagnetyczny – podstawy opisu i zastosowań,
- relaksacja dielektryczna

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest przedstawienie podstawowych zjawisk, procesów i teorii z dziedziny chemii, uzupełniających wiedzę o materii skondensowanej objętą zakresem nauczania fizyki doświadczalnej na studiach fizycznych.

LITERATURA:

1. P.W. Atkins – Chemia fizyczna
2. L. Sobczyk, A. Kiszka – Chemia fizyczna dla przyrodników

3. G.M. Barrow – Chemia fizyczna

PRZEDMIOT: *Fizyka medyczna*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie w oparciu o test i/lub obecność

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr W. Grudziński

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr W. Grudziński

TREŚCI REALIZOWANE: W trakcie wykładu realizowane są następujące zagadnienia:

1. Zarys historii fizyki medycznej
2. Zakres zainteresowań fizyki medycznej
3. Zawód specjalisty „Fizyk medyczny”
4. Akceleratory medyczne (rodzaje, budowa, zasada działania, specyfika)
5. Radioterapia
6. brachyterapia (metody LDR, HDR, PDR, MDR)
7. teleterapia (terapia X, gamma, elektronowa, neutronowa, protonowa, ciężkich jonów, borowa terapia neutronowa, technika Gamma Knife, 3D-CRT, IMRT)
8. Elementy dozymetrii i ochrony radiologicznej (jednostki, pojęcia, dawki, wybrane przyrządy)
9. Fizyka zmysłów, mechanika ruchu, sygnały EM w organizmie ludzkim
10. Elementy optometrii
11. Współczesne techniki korekcji wad wzroku (chirurgia refrakcyjna: katarakta, przeszczepy rogówki, keratomia radialna i astygmatyczna, keratomia fotorefrakcyjna, LASIK, Ortokeratoplastyka))

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia realizowane są w postaci wykładu z użyciem nowoczesnych technik multimedialnych. Materiały dodatkowe i uzupełniające w postaci plików PDF, prezentacji multimedialnych i odnośników do stron internetowych zamieszczone są w odpowiednich kursach Wirtualnego Kampusu Instytutu Fizyki UMCS. W ramach Wirtualnego Kampusu studenci mają również możliwość wymiany informacji oraz sformułowania pytań na stworzonych dla nich forach dyskusyjnych.

LITERATURA:

1. Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska. Redakcja. Andrzej Z. Hryniewicz i Eugeniusz Rokita, PWN, Warszawa 1999 (wyd.1, s.331).
2. Fizyczne metody diagnostyki medycznej i terapii. Redakcja. Andrzej Z. Hryniewicz i Eugeniusz Rokita, PWN, Warszawa 2000 (wyd.1, s.231).
3. Scharf Waldemar: Akceleratory biomedyczne., PWN, Warszawa 1994 (wyd.1, s.474).
4. Scharf Waldemar: Akceleratory cząstek naładowanych. Zastosowanie w nauce i technice., PWN, Warszawa 1989 (wyd.1, s.510).
5. Fizyka medyczna. redaktorzy tomu: Grzegorz Pawlicki, Tadeusz Pałko, Natalia Golnik, Barbara Gwiazdowska, Leszek Królicki. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, 2002. ISBN 83-87674-37-0.

PRZEDMIOT: *Budowa cząsteczek*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin ustny

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. S. Krawczyk

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. S. Krawczyk

TREŚCI REALIZOWANE:

I. Wstęp.

Atom wodoru – hamiltonian, funkcje i wartości własne, liczby kwantowe.

Budowa elektronowa atomów pierwiastków cięższych od wodoru: C, O, N, S.

Graficzna reprezentacja funkcji falowych – zapoznanie z programem HyperChem.

II. Wiązanie chemiczne.

Równanie Schrödingera dla cząsteczek dwu- i wieloatomowych.

Przybliżenie Borna-Oppenheimera i separacja równań dla funkcji elektronowej i oscylacyjnej.

Metoda wariacyjna - przykład dla parametrów liniowych.

Jon wodoru H_2^+ - orbitale wiążące i antywiążące, natura wiązania kowalencyjnego.

III. Budowa przestrzenna molekuł i stany elektronowe.

Teoria wiązań skierowanych (walencyjnych) VB.

Budowa elektronowa cząsteczek dwuatomowych homojądrowych. Orbitale σ , π , n .

Hybrydyzacja orbitali atomowych i budowa charakterystycznych grup i cząsteczek wieloatomowych (węglowodory alifatyczne, aromatyczne, alkohole, estry, ketony, kwasy karboksylowe, aminy, wiązanie peptydowe).

Elementy teorii orbitali molekularnych.

Przybliżenie orbitalne (jednoelektronowe) i wyznacznikowe funkcje falowe.

Równania Hartree-Focka i metoda LCAO. Metoda funkcjonału gęstości (DFT).

Metody *ab initio* i półempiryczne. Przykłady obliczeń – struktura geometryczna i struktura elektronowa - polieny, poliaceny, karotenoidy, porfiryny i chlorofile.

Oddziaływania molekularne krótkozasięgowe – koordynacyjne, wodorowe, kompleks z przeniesieniem ładunku i odpowiadające im struktury molekularne.

Elektronowe stany wzbudzone

Opis elektronowych stanów wzbudzonych: konfiguracje wzbudzone jedno- i wielokrotnie.

IV. Stany oscylacyjne.

Klasyczny opis oscylacji.

Układ o wielu stopniach swobody w przybliżeniu harmonicznym: współrzędne geometryczne, masowe i normalne.

Kwantowy opis oscylacji w cząsteczkach.

Wyrażenia dla operatorów energii kinetycznej i potencjalnej i separacja modów we współrzędnych normalnych.

Funkcje i stany oscylatora harmonicznego.

Mody normalne, charakterystyczne częstości oscylacyjne i ich związki ze strukturą i oddziaływaniami molekularnymi.

V. Elektronowo-oscyłacyjne widma absorpcji cząsteczek wieloatomowych.

Prawdopodobieństwo przejścia i dipolowy moment przejścia.

Zmiana geometrii cząsteczki w elektronowym stanie wzbudzonym i jej związek z czynnikami Francka-Condon'a i kształtem widma absorpcji.

OPIS ZAJĘĆ: Głównym celem wykładu jest przedstawienie podstawowych zasad kwantowego opisu struktury geometrycznej, budowy powłoki elektronowej i oscylacji molekuł. Elementy opisu teoretycznego są ilustrowane rezultatami wykonywanych na bieżąco obliczeń (HyperChem): analizą ich wyników liczbowych oraz graficzną prezentacją struktury geometrycznej molekuł, orbitali, oscylacji wewnątrzcząsteczkowych. Analiza przykładowych struktur jest ukierunkowana na kształtowanie intuicyjnych wyobrażeń pomocnych w rozumieniu struktury, oddziaływań molekularnych i podstaw spektroskopii molekuł organicznych.

LITERATURA:

1. Włodzimierz Kołos – Chemia kwantowa.
2. Joanna Sadlej, Włodzimierz Kołos – Atom i cząsteczka.
3. Alojzy Gołębiewski – Chemia kwantowa związków organicznych .
4. Hermann Haken, Hans Wolf – Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej .
5. Lucjan Piela – Idee chemii kwantowej .

PRZEDMIOT: *Współczesna diagnostyka medyczna*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie w oparciu o test i/lub obecność

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr M. Wiertel, dr W. Grudziński, dr R. Luchowski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr W. Grudziński

TREŚCI REALIZOWANE: W trakcie wykładu realizowane są następujące zagadnienia:

1. Obrazowanie rentgenowskie
 - a. budowa lamp RTG, układy sterowania i zasilania, pozycjonowanie wiązki;
 - i. cechy wiązki i ich zależność od parametrów pracy i budowy lampy;
 - b. metody rejestracji, korygowania, wzmacniania i archiwizacji obrazu
 - i. klisze, pamięci luminescencyjne (memory phosphors, flat panel)
 - ii. geometria układu rejestracji,
 - iii. czynniki wpływające na jakość obrazu
 - iv. siatki korygujące, ekrany transformujące i wzmacniające
 - v. system PACS
2. Ultrasonografia
 - a. podstawy fizyczne (rozchodzenie, załamanie, rozdzielczość);
 - b. tryby pracy, ogniskowanie;
 - c. wykorzystanie harmonicznych, usg dopplerowskie
3. Tomografia komputerowa (*Computed Tomography – CT*)
 - a. podstawowe pojęcia (voxel, liczby CT, rekonstrukcja obrazu, projekcja tylna)
 - b. metody rekonstrukcji obrazu (sumacyjna – *back projection*, iteracyjne, analityczne)
 - c. rozwój rentgenowskich technik CT – kolejne generacje urządzeń;
 - d. pozytonowa tomografia emisyjna (*Positron emission tomography*, PET)
 - i. podstawy fizyczne, rozdzielczość
 1. budowa (detektory, scyntylatory)
 - ii. specyfika analizy obrazu (rozpraszanie, osłabienie)

- iii. zakres stosowania
- 4. Obrazowanie magnetycznym rezonansem jądrowym (*magnetic resonance imaging*)
 - a. podstawy fizyczne techniki, zakres stosowania
 - b. budowa aparatu, pomieszczeń

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia realizowane są w postaci wykładu z użyciem nowoczesnych technik multimedialnych. Materiały dodatkowe i uzupełniające w postaci plików PDF, prezentacji multimedialnych i odnośników do stron internetowych zamieszczone są w odpowiednich kursach Wirtualnego Kampusu Instytutu Fizyki UMCS. W ramach Wirtualnego Kampusu studenci mają również możliwość wymiany informacji oraz sformułowania pytań na stworzonych dla nich forach dyskusyjnych.

LITERATURA:

1. Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska. Redakcja. Andrzej Z. Hryniewicz i Eugeniusz Rokita, PWN, Warszawa 1999 (wyd.1, s.331).
2. Fizyczne metody diagnostyki medycznej i terapii. Redakcja. Andrzej Z. Hryniewicz i Eugeniusz Rokita, PWN, Warszawa 2000 (wyd.1, s.231).
3. Peter E.Valk, Dominique Delbeke, Dale L. Bailey, David W. Townsend and Michael N.Maisey (Eds) Positron Emission Tomography Clinical Practice, Springer, 2006
4. Dominik Weishaupt, Victor D. Koechli, Borut Marincek, How Does MRI Work?: An Introduction to the Physics and Function of Magnetic Resonance Imaging, Springer, 2006

PRZEDMIOT: *Modelowanie matematyczne w biofizyce*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTOW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. J. Sielewiesiuk

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. J. Sielewiesiuk

TREŚCI REALIZOWANE:

I. Podstawy dynamiki nieliniowej

1. Liniowy układ dynamiczny n -tego rzędu. Stabilność punktów równowagi. Klasyfikacja punktów równowagi układu 2-go rzędu.
2. Układy nieliniowe. Znajdowanie punktów równowagi. Linearyzacja układu. Izokliny główne, trajektorie i portrety fazowe układów 2-go rzędu.
3. Układy nieliniowe wyższych rzędów. Twierdzenie Tichonowa.

II. Układy oscylacyjne

4. Ogólne własności układów oscylacyjnych. Bifurkacja Hopfa. Kryterium Bendixsona.
5. Generator Van der Pola.
6. Układ Volterra drapieżnik- ofiara.
7. Oscylator Goodwina.
8. Rytm biologiczny.

III. Układy przełącznikowe

9. Selekcja spośród jednakowo sprawnych gatunków wynikająca z oddziaływań antagonistycznych.
10. Schemat regulacji syntezy białka według Jacoba i Monoda.

- IV. Układy pobudliwe
 - 11. Model Hodgkina-Huxleya.
 - 12. Układ FitzHugh-Nagumo.
 - 13. Pobudliwy system reakcji enzymatycznych.
- V. Układy niepunktowe z dyfuzją
 - 14. Podstawy matematyczne.
 - 15. Przykłady struktur dyssypatywnych i fal w ośrodkach pobudliwych.
- VI. Modele z dyskretnym czasem
 - 16. Odwzorowanie logistyczne. Punkty stałe i ich stabilność.
 - 17. Rozwiązania okresowe. Skalowanie, fraktale i chaos.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład ma na celu zapoznanie studentów ze sposobami formułowania modeli matematycznych procesów biologicznych oraz z metodami analizy dynamiki tych modeli. Metody te są prezentowane na przykładach najważniejszych osiągnięć w tej dziedzinie. Wykład ilustrowany przezroczami ppt.

LITERATURA:

1. D.S. Czernawski, J. M. Romanowski i N.W. Stiepanowa, Modelowanie matematyczne w biofizyce, PWN, Warszawa 1979.
2. J. Uchmański, Klasyczna ekologia matematyczna, PWN, Warszawa 1992.
3. H.G. Schuster, Chaos deterministyczny Wprowadzenie, PWN, Warszawa 1993.
4. A.H. Nayfeh and B. Balachandran, Applied Nonlinear Dynamics, Wiley, New York 1994.
5. U. Foryś, Matematyka w biologii, WNT, Warszawa 2005.
6. J.D. Murray, Wprowadzenie do biomatematyki, PWN, Warszawa 2006.

PROWADZĄCY: prof. M. Jałochowski, dr K. Paprocki, dr T. Kwapiński, dr P. Mazurek,
dr L.E. Misiak

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Jałochowski

TREŚCI REALIZOWANE:

Treści kształcenia: Metody pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej – także z zastosowaniem technik elektronicznych i komputerowego wspomaganie eksperymentu. Planowanie pomiarów, budowa układów pomiarowych, wykonanie pomiarów, ocena niepewności pomiarów.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przeprowadzania prostych pomiarów fizycznych; stosowania metodyki pomiarów fizycznych; analizy danych pomiarowych; prezentacji oraz interpretacji wyników pomiarów.

Celem zajęć laboratoryjnych Pracowni Fizycznej II jest:

1. - praktyczna ilustracja zjawisk fizycznych z zakresu podstaw fizyki,
2. - Wdrożenie metod eksperymentalnych do kształcenia studentów,
3. - Nauczenie obsługi przyrządów pomiarowych,
4. - Nauczenie umiejętności zestawiania aparatury i planowania przebiegu eksperymentu,
5. - Nauczenie rejestracji, opracowania i dyskusji wyników pomiarów,
6. - Kształtowania umiejętności i nawyków, osiągnięcie celów edukacyjnych poprzez upodobnienie procesu kształcenia w zakresie fizyki do procesu badania naukowego.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia w Pracowni Fizycznej II trwają dwa semestry. Studenci mają do dyspozycji 12 zestawów ćwiczeń, zakresem tematycznym obejmujących kurs fizyki I-go stopnia. Każdy student wykonuje wybrane ćwiczenia po uprzednim zaliczeniu kolokwium wstępnego dotyczącego znajomości podstaw teorii, aparatury, metod pomiarowych i analizy uzyskanych wyników.

Zaliczenie z Pracowni Fizycznej II student otrzymuje od prowadzącego zajęcia w danej grupie.

Na ocenę końcową wpływają:

2. oceny za poszczególne kolokwia wstępne,
3. wykazane umiejętności i aktywność podczas wykonywania ćwiczenia,
4. jakość sprawozdania z wykonania ćwiczenia,
5. liczba wykonanych ćwiczeń.

W skład ćwiczeń laboratoryjnych wchodzi zestaw pod nazwami:

1. Promieniotwórczość,
2. Zjawisko Faradaya,
3. Mikrofale,
4. Wyznaczanie stosunku e/m ,
5. Doświadczenie Francka-Hertza,
6. Refraktometr Abbego,
7. Własności piroelektryczne kryształów,
8. Efekt Halla w metalach,
9. Doświadczenie Millikana,
10. Rezonanse elektryczne,
11. Licznik Geigera-Mueller,
12. Pomiar siły termoelektrycznej

LITERATURA:

1. T. Dryński, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, PWN, Warszawa 1985.
2. F. Karczmarek, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki dla zaawansowanych*, PWN, Warszawa 1982.
3. D. Porter, *Metody obliczeniowe fizyki*, PWN, Warszawa 1982.
4. S. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna*, Tom I-V, PWN, Warszawa 1983.
5. C. Kitel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN, Warszawa 1999.
6. A. Oleś, *Metody eksperymentalne fizyki ciała stałego*, WNT, Warszawa 1983.
7. A. Strzałkowski, *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN, Warszawa 1978.
8. J. Hennel, *Podstawy elektroniki półprzewodnikowej*, WNT, Warszawa 1995.
9. T. Goworek, *Wstęp do fizyki atomu*, skrypt, UMCS, Lublin 1987.
10. J. Ginter, *Fizyka fal, promieniowanie i dyfrakcja, stany związane*, PWN, Warszawa 1993.
11. R. Litwin, M. Suski, *Technika mikrofalowa*, WNT, Warszawa, 1972.

PRZEDMIOT: *Pracownia Kliniczna* (realizowana w Zakładzie Medycyny Nuklearnej, Okręgowego Szpitala Kolejowego)

LICZBA GODZIN: 75 LB (realizowane przez dwa semestry)

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: mgr K. Standzikowski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: mgr K. Standzikowski

TREŚCI REALIZOWANE:

ZAGADNIENIA:

1. Zapoznanie się z specyfiką pracy w Zakładzie Medycyny Nuklearnej;
2. Zagadnienia ochrony radiologicznej pacjenta i pracownika;
3. Budowa i obsługa generatora radionuklidowego;
4. Budowa i obsługa kalibratora dawek, pomiar aktywności eluatu;
5. Przygotowywanie wybranych radiofarmaceutyków;
6. Budowa i obsługa gammakamery, rodzaje scyntygrafii, parametry akwizycji, przygotowanie pacjenta;
7. Budowa i obsługa radiometrów;
8. Postępowanie z odpadami promieniotwórczymi w Zakładzie;
9. Współczesne Zakłady Medycyny Nuklearnej – inne zastosowania promieniowania jonizującego w medycynie.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia odbywają się w grupach trzyosobowych. Pierwsza grupa pod nadzorem prowadzącego przeprowadza elucję generatora w magazynie źródeł promieniotwórczych. Następnie studenci z otrzymanego roztworu przygotowują radiofarmaceutyki, oraz przy pomocy kalibratora dawek szacują odpowiednie aktywności znacznika dla poszczególnych pacjentów. Druga grupa (trzy osobowa) przygotowuje pokój do badań scyntygraficznych tj. włącza gamma kamerę i ustawia jej początkowe parametry, a w przypadku badania renoscyntygraficznego zmienia kolimator. Przed rozpoczęciem badania studenci układają pacjenta na odpowiedniej leżance i ustawiają głowice gamma kamery w odpowiedniej pozycji. Następnie jedna osoba z grupy wprowadza parametry akwizycji, oraz jeśli wszystko sprawdzi prowadzący zajęcia uruchamia badanie. Obie podgrupy kontrolują i obserwują przebieg badania tak żeby obraz scyntygraficzny był poprawny i jak najlepszej jakości. Wykonują dodatkowe czynności związane

z badaniem. Po wyjściu z zakładu ostatniego pacjenta studenci sprzątają swoje stanowiska pracy i wyłączają poszczególne urządzenia. Następnie miernikiem ECO-C sprawdzają czy nie nastąpiły skażenia pomieszczeń, w szczególności pokoju zabiegowego oraz pokoju scyntygraficznego. Następnie prowadzący sprawdza u studentów czy na odzieży i rękach nie nastąpiła dekontaminacja.

LITERATURA:

1. „Nuclear Medicine the requisites” James H. Thrall, Harvey A. Ziessman.
2. “Atlas of Bone Scintigraphy” Jaroslav Vizda, Hana Krizova, Elen Urbanova.
3. “Year book of nuclear medicine” Paul B. Hoffer, John C. Gore, Alexander Gottschalk, Dirk Sostman, Barry L. Zaret, I. George Zubal.

Specjalność (do wyboru): Fizyka doświadczalna

PRZEDMIOT: *Elektronika*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. L. Wójcik, dr hab. K. Bederski, dr A. Wójtowicz

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. L. Wójcik

TREŚCI REALIZOWANE: Prawo Ohma i prawa Kirchoffa. Sieci rezystorowe – teoria Thevenina. Elementy bierne RLC.

Rezystory: łączenie rezystorów, dzielnik napięcia, potencjometr. Symbole i oznaczenia oporników. Kod paskowy. Kondensatory: rodzaje kondensatorów, symbole i sposoby ich oznakowania. Łączenie kondensatorów, ładowanie i rozładowanie kondensatora przez opór. Indukcyjność: cewka indukcyjna i transformator. Sygnały sinusoidalne, prostokątne, piłowe, trójkątne. Analiza składowych harmoniczných. Elementy RLC w obwodzie prądu zmiennego. Rezonans szeregowy i równoległy. Różne metody pomiaru częstości drgań elektrycznych. Oscylograf – budowa i działanie. Pomiarы dokonуwane przy pomocy oscyloskopu. Składanie drgań sinusoidalnych zachodzących w płaszczyznach wzajemnie prostopadłych – figury Lissajous dla różnych stosunków f_x/f_y . Oscylograf impulsowy – całkowanie i różniczkowanie impulsów. Półprzewodniki: diody półprzewodnikowe o małej koncentracji domieszek. Diody o dużej koncentracji domieszek –dioda tunelowa i dioda Zenera. Diody elektroluminescencyjne. Charakterystyki diod. Tranzystory: budowa tranzystora warstwowego. Model pasmowy tranzystora niespolaryzowanego. Model pasmowy przy polaryzacji złącza emiterowego, polaryzacji zaporowej złącza kolektorowego i jednoczesnej polaryzacji obu złącz. Parametry czwórnikowe tranzystora. Parametry „h” w układzie wspólnego kolektora, wspólnej bazy lub wspólnego emitera. Tranzystory polowe złączowe i z izolowaną bramką Charakterystyki statyczne tranzystora. Praca tranzystora w układzie wzmacniającym. Charakterystyki dynamiczne tranzystora w układzie OE. Jednostopniowy wzmacniacz tranzystorowy – budowa, działanie i charakterystyki. Wzmacniacze złożone: akustyczne, rezonansowe i szerokopasmowe. Charakterystyki wzmacniaczy. Sprzężenia zwrotne we wzmacniaczach. Wzmacniacze operacyjne. Zastosowania wzmacniaczy operacyjnych. Wzmacniacze nieodwracające,

odwracające, wtórники napięciowe, integratory, komparatory, prostowniki liniowe. Wzmacniacze prądu stałego. Pomiar małych prądów. Zastosowanie w spektrometrii mas (elektrometry). Stabilizatory napięcia – parametryczne i kompensacyjne. Parametry i charakterystyki stabilizatorów.

Generatory drgań sinusoidalnych RC i LC. Generacja drgań prostokątnych i trójkątnych.

Elementy elektroniki cyfrowej:

Elementy logiczne AND, NAND, OR, NOR, EXOR. Sumator, dekodery, multipleksery, demultipleksery. Przerzutniki proste i złożone JK MasterSlave. **Liczniki** asynchroniczne i synchroniczne. Pamięci i rejestry. Budowa i działanie mikroprocesora jednoukładowego.

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest przyswojenie przez studentów podstawowych wiadomości z dziedziny elektroniki analogowej, a także przekazanie elementarnych wiadomości z dziedziny elektroniki cyfrowej. Wykład może być uzupełniony praktycznymi zajęciami w Pracowni Elektroniki, gdzie student może wykonując ćwiczenia utrwalić materiał z wykładu.

LITERATURA:

1. P. Horowitz, W. Hill, Sztuka Elektroniki., cz. 1 i cz. 2., Wydawnictwo Komunikacji i Łączności 1995.
2. W. Golde, Wzmacniacze tranzystorowe., WNT, Warszawa 1975.
3. Z. Kulka, M. Nadachowski, Liniowe układy scalone i ich zastosowanie., Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1975.
4. Pracownia Elektroniki , praca zbiorowa pod redakcją L. Gładyszewskiego i M. Subotowicza, UMCS 1972.
5. A. Borkowski, Układy scalone w stabilizatorach napięcia stałego. WNT, Warszawa, 1979.
6. A. Rydzewski, K. Sacha, Mikrokomputer: elementy, budowa i działanie, Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych NOT SIGMA, Warszawa 1987.

PRZEDMIOT: *Pracownia elektroniki*

LICZBA GODZIN: 60 LB

FORMA ZALICZENIA:

GRUPA PRZEDMIOTÓW:

PROWADZĄCY: prof. L. Wójcik, dr hab. K. Bederski, dr A. Wójtowicz

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. L. Wójcik

TREŚCI REALIZOWANE:

Wykaz ćwiczeń przeznaczonych dla studentów Fizyki w Pracowni Elektroniki:

- Badanie charakterystyk diod półprzewodnikowych
- Charakterystyki tranzystorów bipolarnych,
- Charakterystyki tranzystora polowego złączowego
- Charakterystyki tranzystora z izolowaną bramką MOS FET,
- Jednostopniowy wzmacniacz tranzystorowy, wzmacniacze operacyjne –
- Wzmacniacz operacyjny liniowy
- Wzmacniacz różniczkujący i całkujący
- Badanie charakterystyk wzmacniacza LC oraz wzmacniacza szerokopasmowego,
- Charakterystyki wzmacniacza selektywnego z filtrem 2T,

- Oscylograf,
- Badanie własności stabilizatorów napięcia stałego.

Elementy elektroniki cyfrowej:

- elementy logiczne,
- liczniki asynchroniczne, rejestry.

W ramach zajęć studenci wykonują jedno ćwiczenie konstrukcyjne.

OPIS ZAJĘĆ:

Zapoznanie studentów z budową i działaniem podstawowych elementów i układów elektronicznych ich charakterystykami. Zaznajomienie się z przyrządami pomiarowymi stosowanymi w elektronice (fizyce) – oscylograf.

Forma zaliczenia: wykonanie 8 ćwiczeń laboratoryjnych i jednego ćwiczenia konstrukcyjnego. Zaliczenie kolokwium przed każdym ćwiczeniem oraz sporządzenia sprawozdania z każdego wykonywanego ćwiczenia.

LITERATURA:

Do każdego ćwiczenia istnieje opis wypożyczany studentom po wyznaczeniu ćwiczenia. Opisy poszczególnych ćwiczeń zawierają literaturę dodatkową. Studenci mogą korzystać również z pracownianej strony internetowej, gdzie również są dostępne opisy ćwiczeń.

PRZEDMIOT: *Rysunek Techniczny*

LICZBA GODZIN: 15 LB

FORMA ZALICZENIA: zal.

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: mgr P. Dyniec

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: mgr P. Dyniec

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Rzuty prostokątne, rozmieszczenie rzutów, metoda europejska i amerykańska, rzuty aksonometryczne.
2. Znormalizowane elementy rysunku technicznego: formaty arkuszy, tabliczki tytułowe, linie rysunkowe, podziałki, pismo techniczne.
3. Widoki, przekroje, kłady.
4. Wymiarowanie.
5. Tolerowanie wymiarów.
6. Schematy mechaniczne, elektryczne, techniki próżniowej.
7. Wprowadzenie do oprogramowania CAD.

OPIS ZAJĘĆ: Celem zajęć jest zaznajomienie studentów nauczanie studentów specjalności doświadczalnych podstaw języka rysunku technicznego. Zakres materiału ma umożliwić czytanie i tworzenie prostych rysunków technicznych podstawowych brył i elementów konstrukcyjnych nieskomplikowanych urządzeń mechanicznych, elektrycznych i próżniowych. Omówione zostaną podstawowe funkcje programu typu CAD. Studenci wykonają proste projekty z pomocą oprogramowania.

Zajęcia będą odbywać się w cyklu cotygodniowym, w formie na przemian występujących po sobie wykładów i ćwiczeń w pracowni wyposażonej w komputery z zainstalowanym specjalistycznym oprogramowaniem typu CAD. Wykłady przeprowadzone zostaną za pomocą slajdów. Ćwiczenia będą polegały na utrwaleniu materiału przedstawionego na wykładzie przez zastosowanie go do konkretnych przykładów. Studenci co dwa tygodnie otrzymywać będą zadania domowe dotyczące bieżących tematów. Warunkiem zaliczenia będzie obecność na zajęciach i pozytywna ocena ze wszystkich zadań domowych.

LITERATURA:

1. T. Dobrzyński, *Rysunek techniczny maszynowy*, WNT, Warszawa 1998.
2. K. Paprocki, *Zasady Zapisu Konstrukcji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2000.
3. A. Bober, M. Dudziak, *Zapis konstrukcji*, PWN, Warszawa 1999.

PRZEDMIOT: *Pracownia Fizyczna II*

LICZBA GODZIN: 150 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie z oceną wliczaną do średniej

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. M. Jałochowski, dr K. Paprocki, dr T. Kwapiński, dr P. Mazurek, dr L.E. Misiak

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Jałochowski

TREŚCI REALIZOWANE: *Treści kształcenia:* Metody pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej – także z zastosowaniem technik elektronicznych i komputerowego wspomaganie eksperymentu. Planowanie pomiarów, budowa układów pomiarowych, wykonanie pomiarów, ocena niepewności pomiarów.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przeprowadzania prostych pomiarów fizycznych; stosowania metodyki pomiarów fizycznych; analizy danych pomiarowych; prezentacji oraz interpretacji wyników pomiarów.

Celem zajęć laboratoryjnych Pracowni Fizycznej II jest:

7. - praktyczna ilustracja zjawisk fizycznych z zakresu podstaw fizyki,
8. - Wdrożenie metod eksperymentalnych do kształcenia studentów,
9. - Nauczenie obsługi przyrządów pomiarowych,
10. - Nauczenie umiejętności zestawiania aparatury i planowania przebiegu eksperymentu,
11. - Nauczenie rejestracji, opracowania i dyskusji wyników pomiarów,
12. - Kształtowanie umiejętności i nawyków, osiągnięcie celów edukacyjnych poprzez upodobnienie procesu kształcenia w zakresie fizyki do procesu badania naukowego.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia w Pracowni Fizycznej II trwają dwa semestry. Studenci mają do dyspozycji 12 zestawów ćwiczeń, zakresem tematycznym obejmujących kurs fizyki I-go stopnia. Każdy student wykonuje wybrane ćwiczenia po uprzednim zaliczeniu kolokwium wstępnego dotyczącego znajomości podstaw teorii, aparatury, metod pomiarowych i analizy uzyskanych wyników.

Zaliczenie z Pracowni Fizycznej II student otrzymuje od prowadzącego zajęcia w danej grupie. Na ocenę końcową wpływają:

1. oceny za poszczególne kolokwia wstępne,

2. wykazane umiejętności i aktywność podczas wykonywania ćwiczenia,
3. jakość sprawozdania z wykonania ćwiczenia,
4. liczba wykonanych ćwiczeń.

W skład ćwiczeń laboratoryjnych wchodzi zestaw pod nazwami:

1. Promieniotwórczość,
2. Zjawisko Faradaya,
3. Mikrofały,
4. Wyznaczanie stosunku e/m ,
5. Doświadczenie Francka-Hertza,
6. Refraktometr Abbego,
7. Własności piroelektryczne kryształów,
8. Efekt Halla w metalach,
9. Doświadczenie Millikana,
10. Rezonanse elektryczne,
11. Licznik Geigera-Mueller'a,
12. Pomiar siły termoelektrycznej

LITERATURA:

1. T. Dryński, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, PWN, Warszawa 1985.
2. F. Karczmarek, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki dla zaawansowanych*, PWN, Warszawa 1982.
3. D. Porter, *Metody obliczeniowe fizyki*, PWN, Warszawa 1982.
4. S. Szczęniowski, *Fizyka doświadczalna*, Tom I-V, PWN, Warszawa 1983.
5. C. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN, Warszawa 1999.
6. A. Oleś, *Metody eksperymentalne fizyki ciała stałego*, WNT, Warszawa 1983.
7. A. Strzałkowski, *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN, Warszawa 1978.
8. J. Hennel, *Podstawy elektroniki półprzewodnikowej*, WNT, Warszawa 1995.
9. T. Goworek, *Wstęp do fizyki atomu*, skrypt, UMCS, Lublin 1987.
10. J. Ginter, *Fizyka fal, promieniowanie i dyfrakcja, stany związane*, PWN, Warszawa 1993.
11. R. Litwin, M. Suski, *Technika mikrofalowa*, WNT, Warszawa, 1972.

PRZEDMIOT: *Metody spektroskopowe*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. M. Jałochowski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Jałochowski

TREŚCI REALIZOWANE: *Treści kształcenia:* źródła promieniowania do celów spektroskopowych, spektrometry optyczne, detektory promieniowania, spektroskopia optyczna w zakresie widzialnym, spektroskopia optyczna w zakresie podczerwieni, optyka elektronowa, źródła elektronów i jonów, analizatory energii elektronów i jonów, detektory elektronów i jonów, spektroskopia Augera, źródła promieniowania ultrafioletowego, źródła promieniowania X, zjawisko fotoemisji i spektroskopia fotoemisyjna, *Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje:* rozumienie istoty metod spektroskopowych, prowadzenia eksperymentu i sposobu wykorzystania informacji wynikających z pomiarów.

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest nauczanie studentów rozumienia zjawisk fizycznych stanowiących istotę wybranych, powszechnych metod spektroskopowych, oraz poznanie aparatury służącej do pomiarów spektroskopowych.

W części poświęconej optycznym metodom spektroskopowym omówione zostaną źródła promieniowania światła, widma promieniowania emitowane przez poszczególne rodzaje źródeł, elementy optyki formującej wiązki promieniowania, monochromatory, polaryzatory i sposoby zasilania. Opisane zostaną optyczne spektrometry do pomiarów transmisji i odbicia promieniowania. Przedstawione zostaną zasady pracy i charakterystyczne parametry detektorów promieniowania od zakresu dalekiej podczerwieni, do promieniowania w zakresie ultrafioletu. Omówione zostaną metody rejestracji widm spektroskopowych z wykorzystaniem technik komputerowych. Opisane zostaną związki pomiędzy obserwowanym widmem a stałymi materiałowymi i parametrami metali, półprzewodników, izolatorów i roztworów. Przedstawione zostaną sposoby analizy widm i ich numerycznego przetwarzania.

W części poświęconej spektroskopii elektronowym, fotoelektronowym i jonowym omówione zostaną podstawy optyki elektronowej i metody obliczania torów naładowanych cząstek w polach elektrycznych i magnetycznych. Przedstawione i omówione zostaną źródła elektronów, jonów, promieniowania w zakresie dalekiego nadfioletu i miękkiego promieniowania X. Przedstawione zostaną cechy promieniowania synchrotronowego. Omówione zostaną różne typy analizatorów energii elektronów, ich rozdzielczość energetyczna i kątowa oraz sposoby sterowania. Przedstawione zostaną zasady działania różnych detektorów pojedynczych elektronów i jonów oraz sposoby rejestracji jednokanałowej i wielokanałowej. Omówione zostaną podstawy fizyczne zjawiska Augera w ciałach stałych i charakterystyczne elementy widma Augera, w tym związki położenia linii widmowych z rodzajem pierwiastka oraz zasady analizy jakościowej i ilościowej. Przedstawione zostaną podstawy fizyczne zjawiska fotoemisji z pasm walencyjnych i z rdzenia atomowego. Omówione będą zjawiska towarzyszące emisji normalnej i emisji kątowo zależnej. Przedstawione zostaną podstawy fizyczne spektroskopii XPS oraz wykorzystania jej do analizy chemicznej. Omówione zostaną metody rejestracji widm Augera i fotoemisji z wykorzystaniem technik komputerowych. Opisane zostaną związki pomiędzy obserwowanym widmem a składem chemicznym próbki. Przedstawione zostaną sposoby analizy widm i ich numerycznego przetwarzania.

LITERATURA:

1. J. I. Pankove, *Zjawiska optyczne w półprzewodnikach*, WNT, Warszawa, 1974.
2. M. Subotowicz (red.), *Wstęp do fizyki ciała stałego*, UMCS, Lublin 1981.
3. N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, *Fizyka ciała stałego*, PWN, Warszawa, 1986.
4. C. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN, Warszawa 1999.
5. S. Huefner, *Photoelectron Spectroscopy, Principles and Applications, Springer Series in Solid State Science*, Berlin, 1996.
6. J. A. Venables, *Introduction to Surface and Thin Film Processes*, Cambridge University Press, Cambridge 2000.
7. A. Oleś, *Metody eksperymentalne fizyki ciała stałego*, WNT, Warszawa 1983.
8. J. Ginter, *Fizyka fal, promieniowanie i dyfrakcja, stany związane*, PWN, Warszawa 1993.

PRZEDMIOT: *Nowoczesne materiały i technologie*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie na podstawie uczestnictwa i opracowania wybranego zagadnienia tematycznie związanego z wykładem.

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne (studia I stopnia)

PROWADZĄCY: prof. Z. Korczak

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. Z. Korczak

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Przemiany i równowagi fazowe, stan równowagi termodynamicznej, wykresy fazowe.
2. Metody otrzymywania monokryształów:
 - a) Bridgmana-Stckbargera,
 - b) Czochralskiego.
3. Proces epitaksji:
 - a) mody wzrostu cienkich warstw,
 - b) kontrola wzrostu warstwy,
 - c) techniki MBE, VPE, LPE , MOCVD,
 - d) wzrost poprzez samoorganizację, nanorurki.
4. Fullereny: właściwości, otrzymywanie i zastosowanie.
5. Nadprzewodniki wysokotemperaturowe:
 - a) przykładowe związki,
 - b) struktura krystalograficzna,
 - c) zastosowania.
6. Układy niskowymiarowe:
 - a) widmo absorpcyjne nanocząstek,
 - b) klasyfikacja układów niskowymiarowych,
 - c) gęstość stanów w układach niskowymiarowych,
 - d) kwantyzacja energii,
 - e) wytwarzanie układów niskowymiarowych,
 - f) elektryczne i optyczne właściwości układów niskowymiarowych,
 - g) zastosowanie układów niskowymiarowych.
7. Kryształy półprzewodnikowe i fotoniczne, analogie.
8. Najprostsze kryształy fotoniczne – supersieci dielektryczne.
9. Ujemny współczynnik załamania, metamateriały.

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest zapoznanie słuchaczy z wybranymi metodami technologicznymi stosowanymi do otrzymywania nowych materiałów i niskowymiarowych struktur funkcjonalnych. W drugiej części wykład poświęcony jest podstawowym właściwościom nowych materiałów.

Wprowadzeniem do wykładu jest zaznajomienie studentów z terminologią procesów termodynamicznych istotnych z punktu widzenia technologii. Omówione są metody otrzymywania monokryształów materiałów, stanowiących podłoża dla dalszych procesów technologicznych. Tematyka technologiczna obejmuje zagadnienia związane z procesami epitaksji z wiązki molekularnej (MBE), transportu chemicznego (CVD i MOCVD) oraz z fazy ciekłej (LPE). Przedstawione są także metody otrzymywania nadprzewodników wysokotemperaturowych, fullerenów oraz nanorurek. Ta część wykładu przybliży również techniki eksperymentalne stosowane do monitorowania procesów technologicznych.

W części dotyczącej właściwości nowoczesnych materiałów omówione są charakterystyczne cechy nadprzewodników wysokotemperaturowych, fullerenów i ich związków, nanorurek, metalicznych i półprzewodnikowych układów niskowymiarowych oraz metamateriałów. Przedstawione zostaną również charakterystyki materiałów wykazujących gigantyczny magnetyczny opór oraz kryształy fotoniczne. Omówione zostaną zastosowania oraz potencjalne zastosowania nowych materiałów.

LITERATURA:

1. A. Oleś, Metody doświadczalne fizyki ciała stałego, WNT, 1998.
2. M. A. Herman, Heterozłącza półprzewodnikowe, PWN, 1987.
3. J. Żmija, Otrzymywanie monokryształów, PWN, 1998.
4. C. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN, 1999.
5. R.W. Kelsall, I.W. Hamley, T. M.. Geoghegan, Nanotechnologie, PWN, 2008.
6. E. Regis ed. Nanotechnologia: narodziny nowej nauki, czyli Świat cząsteczka po cząsteczce, Prószyński i S-ka, 2001.
7. A. Huczko, Nanorurki węglowe, Bel Studio, 2004.

PRZEDMIOT: *Technologia rejestracji i przetwarzania wyników pomiarów (studia I stopnia)*

LICZBA GODZIN: 45 WY + LB

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr M. Krawiec, dr R. Zaleski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr M. Krawiec, dr R. Zaleski

TREŚCI REALIZOWANE:

Treści kształcenia:

Akwizycja, analiza i przechowywanie danych z wykorzystaniem środowiska programowania LabVIEW. Sterowanie urządzeniami pomiarowymi za pośrednictwem portów USB lub RS-232. Rejestracja i analiza sygnałów.

Efekty kształcenia:

Umiejętność korzystania ze środowiska LabVIEW do akwizycji, analizy i prezentacji danych, w szczególności do: tworzenia i sprawnego wykorzystania własnych podprogramów do sterowania urządzeniami pomiarowymi i analizy sygnałów, tworzenia interfejsów użytkownika, obsługi plików i zapisywania/odczytywania danych. Znajomość zasady działania interfejsów sprzętowych do komunikacji z urządzeniami pomiarowymi.

OPIS ZAJĘĆ:

Celem wykładu jest nauczenie studentów rejestracji i przetwarzania wyników pomiarów z wykorzystaniem środowiska programowania graficznego LabVIEW.

Na wykładzie zaprezentowanie zostanie środowisko LabVIEW, w szczególności: sposób obsługi programu (menu, okna, pomoc), narzędzia dialogowe, tworzenie i wykorzystanie projektów LabVIEW. Przedstawiony zostanie model przepływu danych, wykorzystywany przez LabVIEW, typy danych i możliwości ich łączenia, typy zmiennych i wykorzystanie ich do przekazywania danych oraz obsługa plików z danymi. Omówiona zostanie implementacja programu, włączając w to projektowanie interfejsu użytkownika, wybór typów danych i ich graficzne przedstawienie,

struktury takie jak pętla While i For oraz projektowanie aplikacji modułowych. Opisane zostaną protokoły komunikacji za pośrednictwem interfejsów USB i/lub RS-232.

Podczas zajęć laboratoryjnych student nauczy się tworzyć, modyfikować i sprawnie wykorzystywać aplikacje w środowisku LabVIEW służące do sterowania urządzeniami pomiarowymi, analizować sygnały i obsługiwać pliki. Zdobędzie praktyczną umiejętność komunikacji poprzez porty USB i/lub RS-232 z urządzeniem szkoleniowym do akwizycji i generacji sygnałów, dostarczonym z pakietem LabVIEW. Student opanuje również metody znajdowania błędów w kodzie i obsługi błędów podczas wykonywania programu.

Warunkiem przystąpienia do egzaminu z przedmiotu jest zaliczenie laboratorium (samodzielne wykonanie przez studenta zleconych zadań).

LITERATURA:

1. W. Winiecki, J. Nowak, S. Stanik, Graficzne zintegrowane środowiska programowe do projektowania komputerowych systemów pomiarowo-kontrolnych, Mikom, 2001.
2. W. Tłaczała, Środowisko LabVIEW w eksperymencie wspomaganym komputerowo, WNT 2002.
3. Marcin Chruściel, LabVIEW w praktyce, BTC, 2008.
4. Andrzej Daniluk RS-232C – praktyczne programowanie. Od Pascala i C++ do Delphi i Buildera, Helion, 2007.

PRZEDMIOT: *Metody mikroskopowe i dyfrakcyjne*

LICZBA GODZIN: 30 WY + 30 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. M. Jałochowski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Jałochowski

TREŚCI REALIZOWANE: *Treści kształcenia:* mikroskopia optyczna i jej ograniczenia, transmisyjna mikroskopia elektronowa, mikroskopy polowe, skaningowa mikroskopia tunelowa, skaningowa mikroskopia sił atomowych, dyfrakcja niskoenergetycznych elektronów, dyfrakcja wysokoenergetycznych elektronów, dyfrakcja jonów, dyfrakcja neutronów, dyfrakcja rentgenowska.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: rozumienie istoty metod mikroskopowych i dyfrakcyjnych. Podstawowe umiejętność obsługi mikroskopów i dyfraktometrów. Umiejętność interpretacji obrazów mikroskopowych i dyfrakcyjnych.

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest nauczanie studentów rozumienia zjawisk fizycznych wykorzystanych podczas odwzorowania mikroskopowego oraz podczas zastosowania metod dyfrakcyjnych w badaniach materii. Studenci nabędą umiejętność obsługi mikroskopów i interpretacji obrazów mikroskopowych.

Zajęcia będą zawierały część teoretyczną oraz część konwersatoryjną z naciskiem na ćwiczenie praktycznych umiejętności. W części teoretycznej omówione zostaną różne typy mikroskopów: optyczne, elektronowe, jonowe a także cała rodzina mikroskopów skanujących (Skanning Probe Microscopy), w tym mikroskop tunelowy (STM) i sił atomowych (AFM) wraz z modyfikacjami wynikającymi z wyboru rejestrowanego oddziaływania. Przedstawione zostaną podstawy

fizyczne stanowiące istotę mikroskopii oraz ograniczenia ich zdolności odwzorowania. Przedstawiona zostanie metoda detekcji i zapisu sygnałów przetwarzanych przez urządzenia mikroskopów a także sposoby ich rejestracji i numerycznego opracowania.

W części praktycznej studenci asystowali podczas pomiarów z wykorzystaniem mikroskopu optycznego w warunkach jego maksymalnego powiększenia oraz analizowali efekty dyfrakcyjne. Studenci będą mieli do dyspozycji mikroskop tunelowy i mikroskop sił atomowych. Obydwa mikroskopy zostaną wykorzystane do rejestracji, z pomocą prowadzącego zajęcia, obrazów. Obrazy będą numerycznie opracowane i interpretowane.

Zostaną przedstawione metody dyfrakcyjne badania ciał stałych za pomocą dyfraktometru rentgenowskiego, dyfrakcji powolnych elektronów LEED, dyfrakcji wysokoenergetycznych elektronów RHEED i dyfrakcji jonów. Opisana zostanie aparatura dyfrakcyjna i sposób jej działania oraz metody rejestracji i opracowania wyników pomiarów. Studenci będą wykonywali eksperymenty z wykorzystaniem dyfraktometru rentgenowskiego oraz dyfraktometru RHEED.

LITERATURA:

1. Dekker *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*, Ed. C. I. Contescu, K. Putyera, second edition, CRC Press, Boca Raton 2009.
2. N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, *Fizyka ciała stałego*, PWN, Warszawa, 1986.
3. C. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN, Warszawa 1999.
4. J. A. Venables, *Introduction to Surface and Thin Film Processes*, Cambridge University Press, Cambridge 2000.
5. A. Oleś, *Metody eksperymentalne fizyki ciała stałego*, WNT, Warszawa 1983.
6. J. Ginter, *Fizyka fal, promieniowanie i dyfrakcja, stany związane*, PWN, Warszawa 1993.
7. D. J. O'Connor, B. A. Sexton, R. St. C. Smart, *Surface Analysis Methods in Materials Science, Springer Series in Surface Science*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1992.
8. J. A. Venables, *Introduction to Surface and Thin Film Processes*, Cambridge University Press, Cambridge 2000.

PRZEDMIOT: *Wytwarzanie i miernictwo próżni*

LICZBA GODZIN: 60 godzin (15 WY, 45 LB)

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr T. Kwapiński, dr P. Mazurek, dr R. Zdyb

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr T. Kwapiński

TREŚCI REALIZOWANE: *Treści kształcenia:* kinetyczna teoria gazów, adsorpcja i desorpcja gazów, metody wytwarzania próżni w tym UHV (ultra wysoka próżnia), budowa i zasada działania pomp próżniowych (mechanicznych, molekularnych, sorpcyjnych, kriogenicznych), metody pomiaru próżni, budowa i zasada działania ciśnieniomierzy oraz próżniomierzy UHV, łączenie przewodów i pomp próżniowych, sprawność pomp, higiena próżniowa, urządzenia próżniowe, zastosowanie próżni w badaniach materiałowych i próżniowe linie produkcyjne.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: rozumienie zasad działania pomp i próżniomierzy wysokiej i ultra wysokiej próżni, umiejętność zaprojektowania prostej komory próżniowej oraz przeprowadzenia pomiarów stanu próżni;

OPIS ZAJĘĆ:

Celem wykładu jest nauczanie studentów rozumienia zasad działania urządzeń próżniowych, w szczególność pomp próżniowych i próżniomierzy oraz zapoznanie z terminologią z zakresu próżni.

Przedstawione zostaną podstawy kinetycznej teorii gazów, równanie stanu gazu doskonałego, desorpcja i adsorpcja gazów, skale ciśnień, opis procesów fizycznych zachodzących w próżni oraz sprawność urządzeń pompujących. Omówione będą różne typy pomp próżniowych (w tym pompa rotacyjna, dyfuzyjna, turbomolekularna, jonowa, sublimacyjna) próżniomierzy (w tym jarzeniowy, jonizacyjny, cieplnoprzewodnościowy) oraz wyjaśnione zostaną zasady działania tych urządzeń próżniowych. Student zapozna się także ze sposobem łączenia pomp próżniowych oraz zastosowaniem urządzeń próżniowych we współczesnej nauce i technice.

W czasie zajęć laboratoryjnych student zapozna się z podstawowymi elementami składowymi systemów próżniowych (komory UHV, zawory, manipulatory, śluzy i in.). Ponadto nabierze umiejętności doboru sprzętu próżniowego dla wybranych zadań realizowanych w dowolnym zakresie stosowania próżni oraz umiejętność zaprojektowania komory próżniowej z układem wielu pomp. Student nauczy się także jak postępować aby zlokalizować i usunąć nieszczelność w układzie, która uniemożliwia uzyskanie ultra wysokiej próżni. Będzie również umiał podłączyć do układu próżniomierz i przeprowadzić pomiar stanu próżni podczas procesu pompowania.

Zadania do samodzielnego wykonania:

1. Zaprojektowanie i złożenie prostej komory próżniowej.
2. Badanie stanu próżni w komorze podłączonej do układu jednej lub wielu pomp próżniowych..
3. Wykrycie i usunięcie nieszczelności układu próżniowego.

Student przystępujący do wykonywania ćwiczenia musi wykazać się niezbędną wiedzą z zakresu układów próżni wysokiej i UHV oraz zasad działania pomp próżniowych i próżniomierzy (według materiału przedstawionego na wykładzie). Od studenta wymagana jest także znajomość obsługi i podłączeń różnych przyrządów elektronicznych, w szczególności mierników elektrycznych. Warunkiem przystąpienia do egzaminu z przedmiotu jest zaliczenie laboratorium (samodzielne wykonanie przez studenta zadań 1-3).

LITERATURA:

1. J. Groszkowski, Technika Wysokiej Próżni, Wyd. Naukow-Techniczne, Warszawa 1978.
2. A. Oleś, Metody doświadczalne fizyki ciała stałego, WNT, Warszawa 1998.
3. A. Hałas, Technologia Wysokiej Próżni, Państwowe Wyd. Naukowe, Warszawa 1980.
4. A. Hałas, P. Szewin, Podstawy techniki próżni, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków, 2008.

PRZEDMIOT: *Modelowanie eksperymentu*

LICZBA GODZIN: 15 WY + 45 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr M. Krawiec, dr M. Turek

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr M. Krawiec, dr M. Turek

TREŚCI REALIZOWANE: *Treści kształcenia:* wybrane zagadnienia z mechaniki klasycznej, elektrostatyki, teorii obwodów elektrycznych i optyki liniowej, zjawiska transportu, równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe, transformacja równań różniczkowych do postaci dyskretnej,

metody całkowe rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych, metody iteracyjne i macierzowe rozwiązywania równań różniczkowych cząstkowych, generatory liczb losowych, implementacja numerycznych metod rozwiązywania równań różniczkowych w środowisku MATLAB, opracowanie uzyskanych wyników i ich wizualizacja (wykresy jedno, dwu- i trójwymiarowe, animacja) w środowisku MATLAB.

Efekty kształcenia: umiejętność stworzenia modelu matematycznego danego zjawiska fizycznego, doboru odpowiedniej metody rozwiązywania problemu, zaimplementowania jej w środowisku MATLAB oraz przedstawienia wyników w postaci wykresów, map i animacji.

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest nauczanie studentów modelowania zjawisk fizycznych z wykorzystaniem metod numerycznych i wizualizacji wyników w środowisku MATLAB.

Na wykładzie przedstawione zostaną podstawowe metody numeryczne umożliwiające rozwiązywanie równań różniczkowych opisujących wybrane problemy fizyczne. Problemy omawiane na zajęciach wywodzą się z mechaniki klasycznej, elektrostatyki, teorii obwodów elektrycznych, optyki liniowej oraz zjawiska transportu jak również generacji liczb losowych i wykorzystania metod Monte-Carlo. Zaprezentowane i omówione zostaną metody rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych, w szczególności metoda Eulera, Heuna, Rungego-Kutty i Dormanda-Prince'a oraz metody rozwiązywania równań różniczkowych cząstkowych, w szczególności metody iteracyjne (Jacobiego, Gaussa-Seidela oraz kolejnych nadrelaksacji) i macierzowe. Omówiona zostanie implementacja tych metod oraz wizualizacja wyników w postaci wykresów, map i animacji w środowisku programistycznym MATLAB.

Podczas zajęć laboratoryjnych student nauczy się tworzyć modele matematyczne opisujące różne zjawiska fizyczne, dobierać odpowiednie metody rozwiązywania problemów, zaimplementowania tych metod w środowisku programistycznym MATLAB oraz przedstawienia wyników w postaci jedno-, dwu- i trójwymiarowych wykresów oraz animacji.

Zadania przewidziane do wykonania:

1. Ruch ciężarka na sprężynie.
2. Wahadło.
3. Ruch na równi pochyłej.
4. Ruch punktu materialnego w polu sił centralnych.
5. Wahadła sprzężone.
6. Jednowymiarowy i dwuwymiarowy układ sprężyn z ciężarkami.
7. Ładowanie kondensatora.
8. Obwody RLC.
9. Równanie cząstkowe Laplace'a.
10. Równanie dyfuzji.
11. Równanie transportu ciepła.
12. Odbicie promieni świetlnych od nieregularnej powierzchni.

Student przystępujący do wykonywania ćwiczenia musi wykazać się niezbędną wiedzą z fizyki związaną z danym zagadnieniem, znajomością metody rozwiązywania danego problemu oraz odpowiednią wiedzą konieczną do rozwiązania danego problemu w środowisku MATLAB (według materiału przedstawionego na wykładzie). Wymagana jest także znajomość fizyki w zakresie kursu podstawowego oraz znajomości środowiska MATLAB na poziomie podstawowym. Warunkiem przystąpienia do egzaminu z przedmiotu jest zaliczenie laboratorium (samodzielne wykonanie przez studenta zleconych zadań).

LITERATURA:

1. Z. Fortuna, B. Macukow, J. Wąsowski, Metody Numeryczne, WNT, 2009.
2. J. H. Mathews, K. D. Fink, Numerical Methods using MATLAB, Prentice Hall 1999.
3. A. Bjork, G. Dahlquist, Metody numeryczne, PWN 1987.
4. E. Slavicek - Technika obliczeniowa dla chemików, WNT 1991.

Studia II stopnia (magisterskie)

Zajęcia wspólne dla wszystkich sekcji

PRZEDMIOT: *Laboratorium Fizyczne*

LICZBA GODZIN: 105 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie z oceną wliczaną do średniej

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. M. Jałochowski, dr K. Paprocki, dr M. Krawiec, dr L. Misiak

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Jałochowski

MINIMA PROGRAMOWE: *Treści kształcenia:* Metody pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej – także z zastosowaniem technik elektronicznych i komputerowego wspomaganie eksperymentu. Planowanie pomiarów, budowa układów pomiarowych, wykonanie pomiarów, ocena niepewności pomiarów.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przeprowadzania prostych pomiarów fizycznych; stosowania metodyki pomiarów fizycznych; analizy danych pomiarowych; prezentacji oraz interpretacji wyników pomiarów.

TREŚCI REALIZOWANE: *Treści kształcenia:* Metody pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej – także z zastosowaniem technik elektronicznych i komputerowego wspomaganie eksperymentu. Planowanie pomiarów, budowa układów pomiarowych, wykonanie pomiarów, ocena niepewności pomiarów.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przeprowadzania prostych pomiarów fizycznych; stosowania metodyki pomiarów fizycznych; analizy danych pomiarowych; prezentacji oraz interpretacji wyników pomiarów.

Celem zajęć w Laboratorium Fizycznym jest:

13. - Praktyczna ilustracja zjawisk fizycznych z zakresu podstaw fizyki,
14. - Wdrożenie metod eksperymentalnych do kształcenia studentów,
15. - Nauczenie obsługi przyrządów pomiarowych,
16. - Nauczenie umiejętności zestawiania aparatury i planowania przebiegu eksperymentu,
17. - Nauczenie rejestracji, opracowania i dyskusji wyników pomiarów,
18. - Kształtowanie umiejętności i nawyków, osiągnięcie celów edukacyjnych poprzez upodobnienie procesu kształcenia w zakresie fizyki do procesu badania naukowego.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia w Laboratorium Fizycznym trwają jeden semestr. Studenci mają do dyspozycji 8 zestawów ćwiczeń, zakresem tematycznym obejmujących fizykę atomową, fizykę ciała stałego, fizykę jądrową i optykę. Każdy student wykonuje wybrane ćwiczenia po uprzednim

zaliczeniu kolokwium wstępnego dotyczącego znajomości podstaw teorii, aparatury, metod pomiarowych i analizy uzyskanych wyników.

Zaliczenie z zajęć w Laboratorium Fizycznym student otrzymuje od prowadzącego zajęcia w danej grupie. Na ocenę końcową wpływają:

6. oceny za poszczególne kolokwia wstępne,
7. wykazane umiejętności i aktywność podczas wykonywania ćwiczenia,
8. jakość sprawozdania z wykonania ćwiczenia,
9. liczba wykonanych ćwiczeń.

W skład ćwiczeń laboratoryjnych wchodzi zestaw pod nazwami:

13. Elektronowy Rezonans Paramagnetyczny (EPR),
14. Jądrowy Rezonans Magnetyczny (NMR),
15. Laser He-Ne,
16. Aparat rentgenowski,
17. Dyfraktometr rentgenowski,
18. Kontaktowa różnica potencjału,
19. Fotoprzewodnictwo,
20. Spektrometr scyntylicyjny.

LITERATURA:

12. T. Dryński, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, PWN, Warszawa 1985.
13. F. Karczmarek, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki dla zaawansowanych*, PWN, Warszawa 1982.
14. D. Porter, *Metody obliczeniowe fizyki*, PWN, Warszawa 1982.
15. S. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna*, Tom I-V, PWN, Warszawa 1983.
16. C. Kitel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN, Warszawa 1999.
17. A. Oleś, *Metody eksperymentalne fizyki ciała stałego*, WNT, Warszawa 1983.
18. A. Strzałkowski, *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN, Warszawa 1978.
19. J. Hennel, *Podstawy elektroniki półprzewodnikowej*, WNT, Warszawa 1995.
20. T. Goworek, *Wstęp do fizyki atomu*, skrypt, UMCS, Lublin 1987.
21. J. Ginter, *Fizyka fal, promieniowanie i dyfrakcja, stany związane*, PWN, Warszawa 1993.
22. H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna*, PWN, Warszawa 1994.
23. J. Stankowski, A. Graja, *Wstęp do elektroniki kwantowej*, Warszawa 1972.
24. R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki*, Tom 2.1, i 2.2, PWN, Warszawa 2002.

PRZEDMIOT: *Fizyka teoretyczna*

LICZBA GODZIN: 30 WY + 30 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin ustny

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. R. Taranko, prof. A. Gózdź, prof. K. Pomorski, prof. M. Rogatko, prof. J. Matyjasek

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. R. Taranko

MINIMA PROGRAMOWE: Czasoprzestrzeń Galileusza i czasoprzestrzeń Minkowskiego szczególnej teorii względności. Kinematyka i dynamika punktów materialnych i brył sztywnych. Więzy, zasada d’Alamberta, równania Lagrange’a. Zasady wariacyjne i prawa zachowania.

Twierdzenie Noether. Przestrzeń fazowa, równania Hamiltona. Niezmienniki przekształceń kanonicznych, całki ruchu. Stabilność trajektorii fazowych. Elementy teorii chaosu. Elementy dynamiki relatywistycznej. Elementy mechaniki sprężystych ośrodków rozciągliwych. Elementy klasycznej mechaniki statystycznej. Elementy kwantowej mechaniki statystycznej. Zastosowania klasycznej i kwantowej mechaniki statystycznej w termodynamice i fizyce fazy skondensowanej. Statystyki Fermiego i Bosego.

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Mechanika punktów materialnych, brył sztywnych i ośrodków ciągłych.

- 1.1. Przestrzeń, czas i układy odniesienia, transformacja Galileusza.
- 1.2. Kinematyka punktu materialnego.
- 1.3. Zasady dynamiki Newtona.
- 1.4. Zasady zachowania pędu, momentu pędu i energii.
- 1.5. Oscylator harmoniczny, wahadło matematyczne.
- 1.6. Układy inercjalne i nieinercjalne, siły pozorne (Coriolisa , odśrodkowa)
- 1.7. Dynamika ciał sztywnych:
 - tensor momentu bezwładności,
 - ciało sztywne obracające się wokół osi (wahadło fizyczne),
 - twierdzenie Steinera,
 - kąty Eulera, równanie Eulera.
- 1.8. Zasada d’Alamberta.
- 1.9. Równania Lagrange’a I rodzaju.
- 1.10. Współrzędne uogólnione, równania Lagrange’a II rodzaju.
- 1.11. Równania kanoniczne Hamiltona , całki ruchu, przestrzeń fazowa, twierdzenie Liouville’a, stabilność trajektorii fazowych.
- 1.12. Przekształcenia kanoniczne, równanie Hamiltona-Jacobiego, niezmienniki przekształceń kanonicznych, ruch jako samorozwijające się przekształcenie kanoniczne.
- 1.13. Zasady wariacyjne i zasady zachowania, twierdzenie Noether.
- 1.14. Elementy dynamiki płynów, potencjał zespolony prędkości, równanie ruchu Eulera, równanie Naviera-Stokesa.
- 1.15. Elementy mechaniki ośrodków sprężystych, uogólnione prawo Hooke’a.

2. Elementy mechaniki relatywistycznej.

- 2.1. Transformacja Lorentza.
- 2.2. Analiza równoczesności, dylatacja czasu, skrócenie Lorentza.
- 2.3. Równanie Newtona, zasada najmniejszego działania, energia, masa, pęd w teorii relatywistycznej
- 2.4. Czasoprzestrzeń Galileusza i czasoprzestrzeń Minkowskiego.

3. Elementy teorii chaosu.

- 3.1. Przykłady ruchu chaotycznego.
- 3.2. Iterowanie równania logistycznego, podwajanie okresu, diagram bifurkacyjny, punkt Feigenbauma, stała Feigenbauma
- 3.3. Zbiór Mandelbrota i zbiory Julii.
- 3.4. Chaos w układach dynamicznych: układy dynamiczne, orbity w przestrzeni fazowej, wrażliwość na warunki

początkowe, przekrój Poincarego, pojęcie atraktora.

- 3.5. Fraktalne brzegi basenów przyciągania w przypadku zachowań chaotycznych wahadła zawieszonego pomiędzy trzema magnesami.

4. Elementy klasycznej mechaniki statystycznej.

- 4.1. Mikroskopowy opis stanu układu w mechanice klasycznej, przestrzeń fazowa, twierdzenie Liouville'a, hipoteza ergodyczna.
4.2. Równowagowe zespoły statystyczne: mikrokanoniczny, kanoniczny i wielki kanoniczny, średniowanie po zespole statystycznym.
4.3. Rozkład Maxwella – Boltzmanna, zastosowanie rozkładu do opisu charakterystyk gazu doskonałego: prędkość średnia, średnia energia.

5. Elementy kwantowej mechaniki statystycznej.

- 5.1. Stany czyste i mieszane w mechanice kwantowej, macierz gęstości.
5.2. Zespoły w kwantowej mechanice statystycznej.
5.3. Gaz doskonały: Statystyki Bosego-Einsteina i Fermiego-Diraca.

6. Wybrane zastosowania mechaniki statystycznej w termodynamice i przy opisie fazy skondensowanej

- 6.1. Przykłady zastosowań rozkładu Boltzmanna: wzór barometryczny, opis zbioru liniowych oscylatorów harmoniczych, pole elektryczne wokół atomu domieszkowego w półprzewodniku.
6.2. Klasyczna i kwantowa teorie ciepła właściwego wieloatomowych gazów doskonałych.
6.3. Ciepło właściwe ciała stałego.
6.4. Paramagnetyzm Langevina i prawo Curie, kwantowa teoria paramagnetyzmu.
6.5. Spontaniczne namagnesowanie ferromagnetyka i temperatura Curie.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład realizuje (*metoda tradycyjna--kreda i tablica oraz wyświetlanie przezroczy przy omawianiu zagadnień teorii chaosu*) program zawarty w minimach programowych Ministerstwa w grupie treści kierunkowych z zakresu fizyki teoretycznej dla studiów drugiego stopnia z fizyki. W tych punktach, w których minimum programowe nie precyzują dokładniej zalecanego materiału (zalecając jedynie wyłożenie *elementów*) podane są dokładne tematy wykładu (punkty 3, 4, 5 i 6). Z wykładem stowarzyszone jest konwersatorium, na którym studenci będą rozwiązywać zadania bezpośrednio związane z wykładanym materiałem lub będą przeprowadzać dyskusję na tematy wskazane przez wykładowcę (np. dokończenie czasochłonnych obliczeń rozpoczętych na wykładzie). Zadania tekstowe (ze zbiorów zadań lub książek) rozwiązywane przez studentów wykładowca uzgodni z prowadzącym konwersatorium. Treść tych zadań, jak i informacje na temat materiałów potrzebnych do ich rozwiązania, będą wcześniej podawane studentom w celu lepszego przygotowania się do ich rozwiązania i prowadzenia poszerzonej dyskusji. Wiadomości nabyte w trakcie omawianego konwersatorium będą sprawdzane w sposób ciągły podczas zajęć. Dodatkowo, w ciągu semestru studenci napiszą trzy sprawdziany (czas trwania sprawdzianu—jedna godzina). Na egzaminie studentów obowiązuje również znajomość zagadnień i umiejętność rozwiązywania zadań rozważanych na konwersatorium.

LITERATURA:

Z zakresu *mechaniki teoretycznej i mechaniki kwantowej*

1. W. Królikowski, W. Rubinowicz, *Mechanika teoretyczna*, PWN Warszawa 1998.
2. K. Pomorski, *Mechanika teoretyczna*, Wyd. UMCS, Lublin 2005.
3. B. Średniawa, *Mechanika kwantowa*, PWN Warszawa 1981.
4. A.S. Dawydow *Mechanika kwantowa*, PWN Warszawa 1967.
5. S. Szpikowski, *Elementy mechaniki kwantowej*, Wyd. UMCS Lublin 2006.
6. R. Shankar, *Mechanika kwantowa*, PWN Warszawa 2006

z zakresu *fizyki statystycznej*

7. T. Balcerzak, *Wykłady z termodynamiki i fizyki statystycznej*.
8. A.I. Anselm, *Podstawy fizyki statystycznej i termodynamiki*, PWN Warszawa 1978.
9. K. Huang, *Mechanika statystyczna*
10. R. Kubo, M. Toda, N. Hashitsume, *Fizyka statystyczna*, PWN, Warszawa 1991.

z zakresu *fizyki ciała stałego*

11. C. Kittel *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN Warszawa 1976.
12. R. M. White, *Kwantowa teoria magnetyzmu*, PWN, Warszawa 1979
13. M. Subotowicz (redaktor), *Wstęp do fizyki ciała stałego*, Wyd. UMCS Lublin 1981.
14. N.W. Ashcroft, N.D. Mermin, *Fizyka ciała stałego*, PWN Warszawa 1986.

z zakresu *chaosu deterministycznego*

15. G. Schuster, *Chaos deterministyczny*, PWN Warszawa 1998.
16. E. Ott, *Chaos w układach dynamicznych*, PWN Warszawa 1996.
17. H.-O. Peitgen, H. Urgens, D. Saupe, *Granice chaosu, fraktale*, PWN Warszawa 2002.

PRZEDMIOT: *Fizyka fazy skondensowanej*

LICZBA GODZIN: 45 WY + 45 KW

FORMA ZALICZENIA: egz

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. K.I. Wysokiński, prof. T. Domański, prof. M. Jałochowski, prof. M. Załuźny

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. K.I. Wysokiński

MINIMA PROGRAMOWE: *Treści kształcenia:* Stany skupienia. Elementy krystalografii. Symetria, własności termiczne sieci krystalicznej. Przemiany fazowe. Dielektryki. Magnetyki. Metale. Półprzewodniki. Nadprzewodnictwo. Nadciekłość. Fizyka powierzchni i międzypowierzchni. Metody doświadczalne fizyki faz skondensowanych.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: korzystania z różnych technik eksperymentalnych w badaniach fazy skondensowanej; opisu właściwości i procesów dokonujących się w fazach skondensowanych; rozumienia zjawisk fizycznych w fazach skondensowanych.

TREŚCI REALIZOWANE:

11. Stany skupienia. Faza. Płyny i fazy skondensowane. Ciała amorficzne (bezpostaciowe) i krystaliczne.
12. Podstawy krystalografii

- sieć krystaliczna, komórki elementarne, współczynniki upakowania. Wpływ symetrii kryształu na postać tensorów opisujących zjawiska fizyczne
- 13. Rodzaje wiązań w ciałach stałych. Energia wiązania kryształów gazów szlachetnych
- 14. Sieć odwrotna i jej podstawowe właściwości
 - definicje, konstrukcje. I strefa Brillouine'a
- 15. Twierdzenie Blocha, warunki Borna – von Karmana
 - metoda fal płaskich obliczeń widma kryształów
 - przykład pustej sieci (sc)
- 16. Układ elektronów i jonów w ciele stałym
 - hamiltonian – dyskusja pominiętych członów
 - przybliżenie adiabatyczne (Borna Oppenheimera)
- 17. Przybliżenie jednoelektronowe
 - metoda Hartree dla gazu oddziałujących elektronów
 - metoda Hartree-Focka: równania
 - podstawowe właściwości gazu elektronów swobodnych
- 18. Metody obliczania struktury pasmowej
 - swobodne elektrony, pojęcie pasm
 - metoda ciasnego (mocnego) wiązania
 - inne metody
 - pojęcie gęstości stanów
 - funkcje Wanniera i struktura energetyczna układów nieuporządkowanych
- 19. Metale, półprzewodniki, dielektryki
 - widmo energetyczne
 - właściwości transportowe
- 20. Drgania sieci i fononu
 - Hamiltonian i Lagrangian
 - przybliżenie harmoniczne
 - kwantyzacja: współrzędne uogólnione, operatory, fonony
 - widmo energetyczne fononów w ciałach stałych
 - termodynamika sieci
- 21. Oddziaływanie elektronów z siecią
 - przybliżenie adiabatyczne i dyskusja pomijanych członów
 - Hamiltonian oddziaływania i jego kwantyzacja
 - podstawowe procesy rozproszeniowe i oddziaływanie efektywne elektron-elektron indukowane oddziaływaniem z fononami
 - własności termiczne sieci krystalicznej.
- 22. Przemiany fazowe.
 - strukturalne
 - magnetyczne
 - elektronowe (np. Peierlsa, CDW,...)
- 23. Nadprzewodnictwo
 - zjawisko nadprzewodnictwa, odkrycie i podstawowe własności (zanik oporu, efekt izotopowy, zjawisko Meissnera, ciepło właściwe ...)
 - fenomenologiczny opis właściwości termodynamicznych (entropia, ciepło właściwe, ...)
 - właściwości elektrodynamiczne (teoria Londonów, Pipparda, Ginzburga, Landau'a)

- opis w ramach twierdzenia Ginzburga-Landaua (kwantyzacja strumienia, energia powierzchniowa, λ , ξ , κ , stan mieszany nadprz. II rodzaju)
- 24. Mikroskopowa teoria nadprzewodnictwa – elementy
 - problem Coopera i niestabilność gazu elektronowego, energia wiązania
 - teoria BCS: diagonalizacja Hamiltonianu efektywnego metodą transformacji kanonicznej a la Bogolubov
 - energia kwazicząstek, temperatura przejścia w stan nadprzewodzący, gęstość stanów i szczelina energetyczna
 - symetrie parametru porządku – nadprzewodniki egzotyczne
- 25. Nadciekłość
- 26. Fizyka powierzchni i międzypowierzchni.
 - Stany powierzchniowe
 - Rola powierzchni w małych układach
- 27. Kwantowe zjawisko Halla
 - podstawowe własności układów w polach $\vec{E} \times \vec{B}$
 - układy dwuwymiarowe: opór podłużny i poprzeczny – opory właściwe: ρ_{xx}, ρ_{xy}
 - kwantowanie oporu
- 28. Magnetyzm: model Isinga i jego rozwiązanie w jednym i dwu wymiarach.
 - Magnetyki i uporządkowania magnetyczne.
- 29. Metody doświadczalne fizyki faz skondensowanych: ARPES, STM, pomiary transportowe i magnetyczne.
- 30. Układy trój-, dwu-, jedno-, i zerowymiarowe.
 - Przykłady i podstawowe właściwości
 - grafit, grafen, fullereny
 - Przemiany fazowe i zależności od wymiaru przestrzeni – twierdzenie Mermin’a – Wagnera
- 31. Układy niekryształiczne. Nieporządek i przejście Andersona metal-izolator
- 32. Oddziaływania kulombowskie i korelacje. Przejście Motta-Hubbarda metal – izolator

OPIS ZAJĘĆ: Istotnym elementem zajęć jest fakt, iż są to wykłady i ćwiczenia dla I roku studiów magisterskich uzupełniających. Zgodnie z zasadami procesu Bolońskiego studenci ukończyli różne specjalności na fizyce lub są słuchaczami innych kierunków i uzyskali 300 punktów ECTS. Jednocześnie, niektórzy z nich nie są zaznajomieni z podstawami fizyki ciała stałego. Oznacza to, że grupa jest bardzo niejednorodna pod względem znajomości elementów fizyki fazy skondensowanej, a to nakłada dodatkowe obowiązki na wykładowcę, prowadzących zajęcia konwersatoryjne i na samych studentów. Wykład prowadzony będzie mieszanymi technikami (klasyczny wykład z wyprowadzeniami najważniejszych wzorów oraz z wykorzystaniem techniki multimedialnej: grafoskop, rzutnik komputerowy, itp.) w taki sposób, aby studenci mniej zaznajomieni z tematem mogli bez problemów śledzić tok rozumowania, a jednocześnie wykład nie był nudny dla bardziej zaawansowanych uczestników.

W procesie tym pomocne będzie wykorzystanie elementów zdalnego nauczania na platformie Moodle pod adresem: <https://fizyka.kampus.umcs.lublin.pl/moodle/> .

Podstawowe informacje ważne dla tej platformy i omawianego wykładu: nazwa 'kursu' prowadzonego przez Karola I. Wysokińskiego to „Fizyka Fazy Skondensowanej”. Zasoby zawierają krótką informację o treściach zrealizowanych wykładów, zadania do wykonania w domu oraz pomocnicze materiały graficzne i niektóre teksty przydatne studentom do

oppanowania treści wykładu. Studenci podczas wykładu są informowani o możliwościach zapisu na 'kurs' i hasłach dostępowych.

Celem zajęć jest zaznajomienie studentów z najważniejszymi aspektami teoretycznej i doświadczalnej fizyki ciała stałego i jej znaczenia cywilizacyjnego. Należy uświadomić, że to osiągnięcia tej dyscypliny naukowej w najwyższym stopniu przyczyniły się do cywilizacyjnego rozwoju (układy scalone, urządzenia elektroniczne, itp.), a zbudowanie tranzystora uznawane jest powszechnie za największe osiągnięcie nauki w XX w.

Student będzie znał podstawowe właściwości metali, izolatorów, półprzewodników, nadprzewodników i magnetyków i rozumiał różnice pomiędzy nimi z punktu widzenia zjawisk transportowych, optycznych i widma energetycznego. Metody badania ciał stałych będą omawiane w kontekście ich teoretycznego opisu pół-klasycznego bądź kwantowo-mechanicznego.

W trakcie towarzyszących wykładowi zajęć konwersatoryjnych będą rozwiązywane zadania ilustrujące praktyczne aspekty kwantowego opisu materii skondensowanej i jej właściwości. Część zajęć będzie odbywała się w laboratoriach ciała stałego, a ich celem będzie zapoznanie studentów z nowoczesną aparaturą i tam, gdzie to będzie możliwe, jej obsługą.

Wiedza studentów będzie sprawdzana na bieżąco oraz w trakcie dwugodzinnych kolokwiów. Egzamin będzie miał charakter dwuczęściowy. Część pisemna oprócz zagadnień opisowych może zawierać zadania typu otwartego z zakresu omawianych zagadnień. Ważną składową oceny końcowej będzie ocena uzyskana na zajęciach konwersatoryjnych.

LITERATURA:

- 4.C. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN, W-wa 1999.
- 5.H.J. Goldsmid (Ed.) Problems in Solid state physics (w j. ros. Nauka, Moskwa 1976).
- 6.A.I. Anselm Wstęp do fizyki półprzewodników, PWN, W-wa 1967.
- 7.W. A. Harrison, Teoria ciała stałego, PWN, W-wa 1976.
- 8.N. W. Ashcroft, N.D. Mermin Fizyka Ciała stałego, PWN, W-wa 1986.
- 9.Skrypty pod redakcją M. Subotowicza "Wstęp do fizyki ciała stałego" Lublin 1981, „Metody doświadczalne w fizyce ciała stałego” Lublin 1976.
- 10.H. Ibach, H. Lueth, fizyka ciała stałego, PWN, W-wa 1996.
- 11.literatura bieżąca: np. xxx.lanl.gov.
- 12.R. M. White, *Kwantowa teoria magnetyzmu*, PWN, Warszawa 1979.

PRZEDMIOT: *Fizyka kwantowa*

LICZBA GODZIN: 30 godz. wykładu + 30 godz. konwersatorium

FORMA ZALICZENIA: egzamin ustny

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. R. Taranko, prof. M. Załużny, prof. K.I. Wysokiński

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. R. Taranko

MINIMA PROGRAMOWE: Układy wielu cząstek. Symetria funkcji falowej. Rachunek zaburzeń—zależny i niezależny od czasu. Teoria rozpraszania—przybliżenie Borna, przesunięcie fazowe, całki po trajektoriach—równoważność podejścia Schrodingera, Heisenberga i Feynmana. Równanie Diraca. Relatywistyczne mechanika kwantowa.

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Równanie Schrodingera. Atom wodoru.
- 2.. Teoria operatora momentu pędu, składanie momentów pędu.
3. Układy wielu cząstek. Równanie Schrodingera układu wielu cząstek, symetria funkcji falowej, fermiony i bozony, funkcja falowa układu dwóch elektronów(ze spinem)— stany singletowe i trypletowe, schematy Younga.
4. Równanie relatywistyczne Kleina-Gordona dla cząstki o spinie równym zero, ruch cząstki swobodnej.
5. Równanie Diraca, równanie Pauliego, spinory, spin i moment magnetyczny elektronu w teorii Diraca, ruch cząstki swobodnej, elektron w polu elektromagnetycznym, sprzężenie spin-orbita, relatywistyczny atom wodoru-struktura subtelna.
6. Elementy kwantowej teorii rozproszeń, równanie Lippmana-Schwingera, przybliżenie Borna, przesunięcie fazowe.
7. Sformułowanie mechaniki kwantowej za pomocą całek po trajektoriach, równoważność tego sformułowania z podejściem Schrodingera.
8. Rachunek zaburzeń niezależny od czasu, atom wodoru w polu magnetycznym.
9. Rachunek zaburzeń zależny od czasu, teoria przejść kwantowych pod wpływem zewnętrznego zaburzenia.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład realizuje (*metodą tradycyjną--kreda i tablica*) program zawarty w minimach programowych Ministerstwa w grupie treści kierunkowych z zakresu fizyki kwantowej dla studiów drugiego stopnia z fizyki. Wykład rozszerzony jest o kilka zagadnień, których znajomość będzie pomocna w zrozumieniu treści wykładanych w ramach wykładów specjalistycznych. Są to zagadnienia zawarte w punktach: 1, 2 ,4 i częściowo w punktach: 3, 8 i 9.

Z wykładem stowarzyszone jest konwersatorium, na którym studenci będą rozwiązywać zadania bezpośrednio związane z wykładanym materiałem lub będą przeprowadzać dyskusję na tematy wskazane przez wykładowcę (np. dokończenie czasochłonnych obliczeń rozpoczętych na wykładzie). Zadania tekstowe (ze zbiorów zadań lub książek) rozwiązywane przez studentów wykładowca uzgodni z prowadzącym konwersatorium. Treść tych zadań, jak i informacje na temat materiałów potrzebnych do ich rozwiązania, będą wcześniej podawane studentom w celu lepszego przygotowania się do ich rozwiązania i prowadzenia poszerzonej dyskusji. Wiadomości nabyte w trakcie omawianego konwersatorium będą sprawdzane w sposób ciągły podczas zajęć. Dodatkowo, w ciągu semestru studenci napiszą trzy sprawdziany (czas trwania sprawdzianu— jedna godzina). Na egzaminie studentów obowiązuje również znajomość zagadnień i umiejętność rozwiązywania zadań rozważanych na konwersatorium.

LITERATURA:

1. A.S. Dawydow *Mechanika kwantowa*, PWN Warszawa 1967.
2. S. Szpikowski, *Elementy mechaniki kwantowej*, Wyd. UMCS Lublin 2002.
3. R. Shankar, *Mechanika kwantowa*, PWN Warszawa 2006.
4. B. Średniawa, *Mechanika kwantowa*, PWN Warszawa 1981.

PRZEDMIOT: *Historia i metodologia fizyki*

LICZBA GODZIN: 30 KW

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie na podstawie udziału w dyskusji i wygłoszenia referatu

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr W. Berej, dr hab. J. Matyjasek, dr hab. B. Jasińska, dr K. Zając

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr W. Berej

TREŚCI REALIZOWANE: Program zajęć obejmuje wybrane zagadnienia z historii fizyki oraz elementy metodologii nauk przyrodniczych i filozofii nauki zebrane w czterech grupach tematycznych:

Metoda nauk fizycznych — omówione zostają zasady funkcjonowania matematyczno-eksperymentalnej metody fizyki oraz historia jej powstawania zakończona stworzeniem Principiów Newtona.

Sukcesy i ograniczenia fizyki klasycznej — rozważając historię badań fundamentalnych z zakresu mechaniki (osiągnięcia mechaniki nieba, prawa zachowania), termodynamiki (spór o naturę ciepła, teoria maszyn cieplnych, zasady termodynamiki), elektrodynamiki (synteza elektryczności i magnetyzmu, odkrycie fal elektromagnetycznych) jednocześnie dyskutuje się nad założeniami i konsekwencjami mechanistycznego podejścia do nauk przyrodniczych.

Historia fizyki kwantowej — od doświadczalnego badania struktury materii poprzez powstanie teorii kwantów i spory interpretacyjne w mechanice kwantowej po osiągnięcia fizyki ciała stałego i tendencje unifikacyjne kwantowej teorii oddziaływań.

Modele rozwoju nauk przyrodniczych — naszkicowanie głównych dwudziestowiecznych prądów metodologicznych związanych z poglądami na rozwój nauk przyrodniczych i częściej dyskutowanych modeli rozwoju nauki.

Sposób prowadzenia zajęć polega na przedstawieniu głównych zagadnień przez prowadzącego, dyskusję opartą na lekturze zalecanych książek i artykułów oraz wystąpienia studentów omawiające problemy bardziej szczegółowe.

LITERATURA:

1. A.K. Wróblewski, Historia fizyki od czasów najdawniejszych do współczesności, PWN 2006.
2. M. Grotowski, , M. Sadzewiczowa, W. Werner, S. Ziemecki , Dzieje rozwoju fizyki w zarysach, tom I, II, Mathesis Polska 1931.
3. J. Mehra, Narodziny mechaniki kwantowej oraz inne artykuły w czasopiśmie „Postępy Fizyki”.
4. M. Heller, Filozofia przyrody. Zarys historyczny, Znak 2007 .

Specjalność (do wyboru): Fizyka teoretyczna

PRZEDMIOT: *Współczesna teoria grawitacji*

LICZBA GODZIN: 30WY + 45KW

FORMA ZALICZENIA: egz pisemny i ustny,

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. M. Rogatko, dr hab. J. Matyjasek

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Rogatko

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Przestrzeń Galileusza, hiperpłaszczyzny zdarzeń jednoczesnych, czas absolutny. Przestrzeń Minkowskiego, czterotensory, przekształcenie Poincarego, grupa Poincarego, przekształcenie Lorentza, grupa Lorentza.
2. Zasada równoważności, ruch cząstki pod wpływem pola grawitacyjnego, równanie geodezyjnych, współczynniki koneksji afinicznej, tensor metryczny (ich interpretacja), algebra i analiza tensorów.
3. Przestrzeń topologiczna, pojęcie zwartości i parazwartości, rozmaitość różniczkowa, rozmaitość typu Hausdorfa. Wektory i tensory na rozmaitości, odwzorowania rozmaitości i odwzorowania indukowane, jednoparametrowa grupa dyfeomorfizmów. Pochodna Liego. Rozmaitość różniczkowa typu Riemanna i Lorentza.
4. Tensor krzywizny Riemmana, własności, tensor Ricciego, tensor Einsteina, równanie dewiacji geodezyjnej.
5. Lagranżowskie sformułowanie teorii pola grawitacyjnego, pochodna funkcjonalna, jej własności. Zasada wariacyjna Hilberta- równanie pola grawitacyjnego Einsteina, zasada wariacyjna Palatiniego. Tensor energii pędu, przykłady tensora energii pędu: dla płynu doskonałego, dla pola elektromagnetycznego, pola skalarnego.
6. Liniowa teoria grawitacji, cechowanie Lorentza, bezmasowe cząstki o spinie 2- grawitony. Granica newtonowska teorii Einsteina, słaba fala grawitacyjna.
7. Sferycznie symetryczne rozwiązanie równań Einsteina (rozwiązanie Schwarzschilda), interpretacja rozwiązania, pojęcie horyzontu zdarzeń, ruch fotonów w czasoprzestrzeni Schwarzschilda. Analityczne rozszerzenie metryki Schwarzschilda, współrzędne Eddingtona-Filkensteina, współrzędne Kruskala-Szekeresa. Osobliwość w rozwiązaniu Schwarzschilda. Kolaps grawitacyjny.
8. Sferycznie symetryczne rozwiązanie dla płynu doskonałego. Równania Tolmana-Openheimera-Volkoffa.
9. Doświadczalne potwierdzenie teorii Einsteina: precesja peryhelium Merkurego, zakrzywienie torów fotonów w silnych polach grawitacyjnych, opóźnienie sygnałów radarowych, pośrednie potwierdzenie fal grawitacyjnych (np. układ PSR 1913+16).
10. Rozwiązanie Reissnera-Nordstroma z polem elektrycznym i magnetycznym, horyzont zdarzeń wewnętrzny i zewnętrzny. Osobliwość w rozwiązaniu Reissnera-Nordstroma.
11. Stacjonarne, osiowosymetryczne rozwiązanie równań Einsteina- metryka Kerra i Kerra-Newmana, horyzont zdarzeń, ergosfera, osobliwość typu pierścienia. Proces Penrose'a, włączenie układów inercjalnych, nadpromieniste rozpraszanie.
12. Transformacja konforemna. Diagramy Cartera-Penrosa dla statycznych i stacjonarnych osiowosymetrycznych czarnych dziur.

13. Pojęcie horyzontu Killinga, grawitacji powierzchniowej, twierdzenie o sztywności Hawkinga, twierdzenie o topologii horyzontu zdarzeń dla 4-wymiarowych czarnych dziur, tw. o ‘braku włosów’ dla czarnych dziur.
14. Prawa termodynamiki czarnych dziur. Proces Hawkinga emisji cząstek przez czarną dziurę.
15. Zasada kosmologiczna, synchroniczny układ odniesienia, jednorodność i izotropowość Wszechświata, maksymalnie symetryczne 3-przestrzenie. Metryka Friedmana-Robertsona-Walkera, jej geometryczne własności. Przesunięcie ku czerwieni, stała Hubble’a, równanie kosmologiczne relatywistycznej teorii grawitacji.
16. Rozszerzenia teorii Einsteina, teoria Kleina-Kaluzy, teoria supergrawitacji. Podstawy teorii strun (struna bozonowa, superstruna), wielowymiarowe teorie grawitacji, topologia obiektów w nich występujących. Wszechświaty membranowe.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład będzie poświęcony współczesnej teorii pola grawitacyjnego (teoria grawitacji Einsteina i jej współczesne modyfikacje).

Konwersatoria poświęcone będą rozszerzeniu i ugruntowaniu treści wykładów:

1. rozwiązywanie zadań rachunkowych z teorii grawitacji,
2. zastosowanie metod algebry symbolicznej do bardziej skomplikowanych problemów (program Maxima i informacje o pakietach GRtensor i MathTensor).

LITERATURA:

1. M.Hobson, G.Efstathiou, A.Lasenby – ‘General Relativity’ Cambridge University Press 2006,
2. N.Strauman -- ‘General Relativity’ Springer 2004,
3. Ta-Pei-Cheng – ‘Relativity, Gravitation and Cosmology’ Oxford University Press 2005,
4. R.M.Wald -- ‘General Relativity’ Chicago University Press 1985,
5. L.Landau, E.Lifszyc – ‘Teoria pola’ PWN 1980,
6. B.Schutz -- ‘Wstęp do ogólnej teorii względności’ PWN 1995.
7. E.Poisson- A Relativist’s Toolkit (the Mathematics of Black Hole Mechanics) Cambridge Un.Press 2004,
8. A.P.Lightman, W.H.Press, R.H.Price, S.A.Teukolsky- Problem Book in Relativity and Gravitation, Princeton Un.Press 1975.

Skrócona wersja programu:

1. Porównanie czasoprzestrzeni Newtona, Minkowskiego i Einsteina,
2. Pojęcie różniczkowalności, analiza tensorowa,
3. Równania Einsteina i ich własności,
4. Liniowa teoria grawitacji, fale grawitacyjne,
5. Statyczne i stacjonarne rozwiązania czarnodziurowe,
6. Doświadczalne potwierdzenie teorii grawitacji,
7. Fizyka czarnych dziur,
8. Elementy kosmologii relatywistycznej,
9. Modyfikacje ogólnej teorii względności (teoria Kleina-Kaluzy, teoria supergrawitacji, podstawy teorii strun).
10. Wszechświaty membranowe.

PRZEDMIOT: *Kwantowa teoria pola*

LICZBA GODZIN: 30 WY + 30 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr J. Kraśkiewicz, dr hab. J. Matyjasek, prof. M. Rogatko

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr J. Kraśkiewicz

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Formalizm kanoniczny – mechaniki klasycznej, klasycznej teorii pola.
2. Związek symetrii z prawami zachowania.
3. Swobodne pola klasyczne – pola skalarne, pole wektorowe z masą, pole elektromagnetyczne, pole spinorowe.
4. Swobodne pola kwantowe – postulat kwantowania, pola skalarne, pole wektorowe z masą, pole elektromagnetyczne, pole spinorowe.
5. Propagatory Feynmana.
6. Kwantowe pola oddziałujące – obraz oddziaływania, operator ewolucji w czasie, macierz rozpraszania.
7. Twierdzenie Wicka.
8. Przykłady lagranżjanów oddziaływania.
9. Kwantowa elektrodynamika – procesy elementarne, reguły Feynmana w przestrzeni pędowej, przekrój czynny na rozpraszanie elektronu na mionie.
10. Renormalizacja.

OPIS ZAJĘĆ: Kwantowa teoria pola jest podstawową metodą opisu cząstek elementarnych i ich oddziaływań. Metody kwantowej teorii pola mają zastosowanie w wielu współczesnych działach fizyki, w szczególności w teorii cząstek elementarnych, w teorii jądra atomowego, w teorii grawitacji, w fizyce materii skondensowanej, w fizyce statystycznej, w optyce kwantowej i wielu innych. Dlatego celem wykładu jest zapoznanie studenta z pojęciami, językiem i podstawowymi technikami matematycznymi, jakimi operuje kwantowa teoria pola oraz przygotowanie go do czytania podręczników bardziej specjalistycznych w wymienionych wyżej kierunkach fizyki. Do zrozumienia wykładu potrzebna jest podstawowa wiedza z fizyki relatywistycznej i mechaniki kwantowej.

Na konwersatorium rozwiązywane będą zadania ze zbioru: Voja Radovanović: Kwantowa teoria pola w zadaniach.

LITERATURA:

1. Kraśkiewicz J.: Elementy klasycznej i kwantowej teorii pola (2003).
2. Biorken J., Drell S.: Relatywistyczna teoria kwantów (1985).
3. Weinberg S.: Teoria pól kwantowych-podstawy t.1 (1999).
4. Greiner W., Reinhardt J.: Field Quantization (1996).
5. Voja Radovanović: Kwantowa teoria pola w zadaniach (2009).

PRZEDMIOT: *Teoria jądra atomowego*

LICZBA GODZIN: 30 WY + 30 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin pisemny + zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. B. Pomorska, prof. K. Pomorski, prof. A. Baran

OPRACOWNIAE PRZYGOTOWAŁ: prof. B. Pomorska

TREŚCI REALIZOWANE:

1. *Siły jądrowe*

- 1.1. Oddziaływania w przyrodzie
- 1.2. Jaka mechanika opisuje fizykę jądrową?
- 1.3. Cząstki jądrowe
- 1.4. Jakościowa dyskusja sił jądrowych

2. *Zagadnienie dwóch ciał*

- 2.1. Teoria deuteronu
- 2.1.2. Energia wiązania deuteronu
- 2.1.3. Moment magnetyczny deuteronu
- 2.1.4. Moment elektryczny kwadrupolowy deuteronu
- 2.1.5. Sprzężenie tensorowe sił jądrowych
- 2.1.6. Ogólna postać oddziaływania nukleon-nukleon
- 2.2. Rozpraszanie neutron-proton niskiej energii
- 2.2.1. Metoda fal parcjalnych
- 2.2.2. Rozpraszanie $n-p$ na potencjale kulisto-symetrycznym jamy prostokątnej
- 2.2.3. Teoria zasięgu efektywnego
- 2.3. Rozpraszanie neutron-neutron i proton-proton jednego rodzaju niskiej energii
- 2.4. Siły zależne od prędkości (oddziaływania spin-orbita)

3. *Materia jądrowa*

- 3.1. Definicja materii jądrowej
- 3.2. „Gojenie” funkcji falowej dwóch nukleonów w materii jądrowej
- 3.3. Równanie Bethego-Goldstone’a

4. *Model cząstek niezależnych*

- 4.1. Rozmiary jąder
- 4.2. Model gazu Fermiego
- 4.2.1. Energia i pęd Fermiego
- 4.2.2. Energia symetrii
- 4.2.3. Odległości pomiędzy poziomami jednocząstkowymi

5. *Renormalizacja energii potencjalnej jądra do kropli*

- 5.1. Model kropłowy
- 5.2. Ścieżka stabilności β
- 5.3. Energia tworzenia par
- 5.4. Poprawka powłokowa Myersa Świąteckiego
- 5.5. Zależność energii wiązania od deformacji
- 5.6. Parametryzacja kształtu jądra
- 5.7. Model Myersa-Świąteckiego
- 5.8. Model kropelkowy
- 5.9. Energia makroskopowa LSD

6. Średnie potencjały jednocząstkowe

- 6.1. Potencjał oscylatora harmonicznego
- 6.2. Potencjał Nilssona
 - 6.2.1. Parametryzacja kształtu potencjału średniego
 - 6.2.2. Diagonalizacja hamiltonianu Nilssona
 - 6.2.3. Deformacje wyższych multipolowości
- 6.3. Potencjał Woodsa-Saxona
- 6.4. Potencjał Yukawy

OPIS ZAJĘĆ: Wykład prowadzony jest “kredą na tablicy” z ilustracją wyników na foliach wg podręcznika [1]. Obejmuje opis stanu podstawowego jądra atomu w różnych modelach.

Na konwersatorium studenci wygłaszają referaty na pokrewne tematy. Są one podstawą zaliczenia.

Egzamin, po zaliczeniu konwersatorium, odbywa się w formie pisemnej. Każdy student otrzymuje 3 odrębne zagadnienia. Po ogłoszeniu wyników każdy ma możliwość ustnej ich poprawy. Egzamin poprawkowy odbywa się w formie ustnej.

LITERATURA:

1. B. Nerlo-Pomorska, K. Pomorski, Zarys teorii jądra atomowego, PWN W-wa 1999.
2. B. Nerlo-Pomorska, K. Pomorski, Wybrane działy teorii jądra atomu, Wyd. UMCS, Lublin 1991.
3. R. Sachs, Fizyka teoretyczna jądra atomowego, PWN W-wa 1957.
4. C. Sharp Cook, Budowa jądra atomowego, PWN Poznań 1967.
5. G. E. Pustowałow, Fizyka atomowa i jądrowa, PWN W-wa 1975.
6. A. Strzałkowski, Wstęp do fizyki jądra atomowego, PWN W-wa 1979.
7. P. Ring, P. Schuck, The Nuclear Many Body Problem, Springer Verlag, New York 1980.
8. V. Acosta, C. L. Dowan, B. J. Graham, Podstawy fizyki współczesnej, PWN W-wa 1981.
9. T. Mayer-Kuckuk, Fizyka jądrowa, PWN W-wa 1983.
10. A. Bohr, B. Mottelson, Struktura jądra atomowego, PWN W-wa 1984.
11. Z. Szymański, Siły kojarzące nukleony w pary, Postępy Techniki Jądrowej, IBJ 1969.
12. J. Dąbrowski, Teoria materii jądrowej, IBJ 1969.
13. M. A. Preston, R. K. Bhaduri, Structure of the Nucleus Addison-Wesley Publishing Company, 1979.

PRZEDMIOT: *Programowanie rozproszone i równoległe*

LICZBA GODZIN: 30 WY; 45 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie z oceną wliczaną do średniej

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne/kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. A. Baran

OPRACOWNAIE PRZYGOTOWAŁ: prof. A. Baran

TREŚCI REALIZOWANE: Elementy: Pojęcia podstawowe. Przykłady zastosowań obliczeń

równoległych. Podstawowe zasady programowania równoległego. Procesy, wątki, potoki, kolejki. Ocena efektywności i wydajności obliczeń równoległych, prawo Amdahla, skalowalność. Równoległe i rozproszone systemy obliczeniowe: klasyfikacja, architektura komputerów do obliczeń równoległych. Klastry i ich technologia. Synchronizacja wymiany informacji w obliczeniach równoległych: podstawowe mechanizmy (semafony, monitory, bariery), komunikaty i ich przesyłanie synchroniczne, asynchroniczne, blokujące itd. Elementy programowania z wykorzystaniem, np. openMP, MPI, MPICH2 w języku fortran. Programowanie wielowątkowe w języku Java. Java w sieciach komputerowych. Obliczenia równoległe na przykładzie podstawowych algorytmów numerycznych.

OPIS ZAJĘĆ: Celem kształcenia jest przyswojenie podstawowych wiadomości na temat realizacji obliczeń równoległych i rozproszonych w sieciach komputerowych i klastrach komputerowych. Omawiane są najważniejszych metody i narzędzia programowania oraz narzędzia (środowiska) tworzenia aplikacji równoległych i rozproszonych oraz podstawowe algorytmy analizy numerycznej, które można urownoważać. Wykład odbywa się w sposób tradycyjny i jest ilustrowany przykładami z użyciem środków multimedialnych.

Pracownia: Zapoznanie się z problemem; opracowanie schematu programu z wykorzystaniem MPI, MPICH2. Wątki. Java - podstawy programowania.

Do zaliczenia pracowni student zobowiązany jest do rozwiązania typowego problemu z wykorzystaniem znanych mechanizmów programowania równoległego/wielowątkowego.

LITERATURA:

1. M.Ben-Ari, Podstawy programowania współbieżnego i rozproszonego, WNT 1996.
2. Dongarra J. i in.: The Sourcebook of Parallel Computing, Morgan Kaufmann (Elsevier), 2002.
3. MPI: <http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpi>
4. OPENMP: <http://www.openmp.org/wp>
5. Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L. Wprowadzenie do algorytmów.
6. Algorytmy równoległe. WNT, Warszawa 1997.

PRZEDMIOT: *Fizyka cząstek elementarnych i oddziaływań podstawowych*

LICZBA GODZIN: 30 WY + 15 KW

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr J. Kraśkiewicz

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr J. Kraśkiewicz

TREŚCI REALIZOWANE:

13. Wstęp – historia rozwoju fizyki cząstek elementarnych, jednostki.
14. Produkcja i detekcja cząstek – promieniowanie kosmiczne, reakcje jądrowe, akceleratory, detektory cząstek.
15. Elementy kinematyki relatywistycznej.
16. Przekroje czynne, rozpady i rezonanse.

17. Symetrie i prawa zachowania – tw. Noether, izospin, parzystość, sprzężenie ładunkowe, symetria CPT.
18. Hadrony i kwarki – klasyfikacja hadronów, model kwarkowy hadronów.
19. Oddziaływania elementarne – własności oddziaływań elektromagnetycznych, słabych, silnych i grawitacyjnych, klasyfikacja cząstek i pól w modelu standardowym, doświadczalne potwierdzenia założeń modelu standardowego.
20. Oddziaływania elektromagnetyczne leptonów i kwarków – procesy elementarne i diagramy Feynmana QED, rozpraszanie elektronów na mionach, rozpraszanie elektronów na nukleonach, rozpraszanie głęboko nieelastyczne, partony i kwarki.
21. Oddziaływania silne kwarków – założenia chromodynamiki kwantowej, diagramy Feynmana QCD, uwięzienie i asymptotyczna swoboda kwarków, efektywny potencjał międzykwarkowy.
22. Oddziaływania słabe – sprzężenie V-A, łamanie parzystości, model GIM i macierz CKM, obojętne mezony K, niezachowanie symetrii CP.
23. Oddziaływania elektroslabe w modelu standardowym – model Weinberga-Salama, spontaniczne łamanie symetrii i mechanizm Higgsa,
24. Zjawiska wykraczające poza model standardowy – oscylacje neutrin, supersymetria, superstruny, związek fizyki cząstek elementarnych z kosmologią

OPIS ZAJĘĆ: Fizyka cząstek elementarnych zajmuje się badaniem fundamentalnych składników materii i ich oddziaływań.

Treść wykładu zawarta jest w trzech podstawowych zagadnieniach: wytwarzanie i detekcja, klasyfikacja oraz oddziaływania cząstek elementarnych. Podkreślona jest rola symetrii i praw zachowania w opisie mikroświata. Omówiony jest Model Standardowy, jako podstawowy opis teoretyczny oddziaływań elektromagnetycznych, słabych i silnych pomiędzy fundamentalnymi składnikami materii, jakimi są leptony, kwarki i bozony pośredniczące. W ramach tego modelu sklasyfikowane są cząstki elementarne i podana struktura kwarkowa hadronów. Ogólnie wykład wprowadza studenta w świat fizyki wysokich energii i pozwoli zrozumieć wielkie współczesne eksperymenty z tej dziedziny, jakie m.in. będą niedługo przeprowadzane w akceleratorze LHC w CERNie pod Genewą.

Na konwersatorium rozwiązywane będą zadania dołączone do poszczególnych rozdziałów w podanej literaturze.

LITERATURA:

1. Perkins D. H.: Wstęp do fizyki wysokich energii (2004)
2. Leader E., Predazzi E.: Wstęp do teorii oddziaływań elementarnych (1990)
3. Bransden B., Evans D.: Major J., Cząstki elementarne (1981)
4. G.Białkowski, R.Sosnowski: Cząstki elementarne (1971) (przestarzałe)
5. E.Skrzypczak, Z.Szefliński: Wstęp do fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych (2002)
6. D. Griffiths: Introduction to Elementary Particle Physics (87)

POPULARNE

1. S.Weinberg: Pierwsze trzy minuty (80)
2. F.Close: Kosmiczna cebula (88)
3. S.Weinberg: Sen o teorii ostatecznej (94)
4. L.Lederman, D.Teresi: Boska cząstka (96)

5. A.Strzałkowski: O siłach rządzących światem (96)
6. K.Fiałkowski: Opowieści o neutrinach (98)

Specjalność (do wyboru): Współczesna fizyka stosowana

UWAGA!

Przedmiot - **Pracownia specjalistyczna**
obejmuje 180 h zajęć LB (4x45 H w różnych laboratoriach)

PRZEDMIOT: **Pracownia Specjalistyczna Biofizyki**

LICZBA GODZIN: 45LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr W. Grudziński, dr R. Luchowski, prof. W.I. Gruszecki

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr W. Grudziński

MINIMA PROGRAMOWE: Treści kształcenia: Konstrukcje aparaturowe i zestawy pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej i współczesnej. Komputerowe metody wspomaganie eksperymentu. Zaawansowane metody analizy danych.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: planowania złożonych eksperymentów fizycznych z uwzględnieniem różnych metod pomiarowych; obsługi złożonych układów pomiarowych z wykorzystaniem narzędzi elektronicznych i informatycznych; precyzyjnego przeprowadzania pomiarów i analizy danych; prezentacji oraz interpretacji wyników pomiarów.

TREŚCI REALIZOWANE: j.w.

OPIS ZAJĘĆ:

Spis ćwiczeń, które wykonuje student

9. Spektrofotometryczne badanie procesu agregacji karotenoidów
10. Stany elektronowo-oscylacyjne wybranych związków organicznych – praca z programem HyperChem
11. Badanie widm Ramana związków organicznych
12. Badanie widm IR lipidów
13. Wyznaczanie wartości siły oscylatora oraz dipolowego momentu przejścia na podstawie widm absorpcji cząsteczek
14. Badanie jednocząsteczkowych warstw dwuskładnikowych na granicy faz woda powietrze
15. Analiza chromatograficzna i spektroskopowa barwników aparatu fotosyntetycznego
16. Kalorymetryczne badanie wpływu cholesterolu na przejścia fazowe w błonach lipidowych
17. Opracowanie schematu Jabłońskiego związków organicznych na podstawie analizy widm absorpcji, fluorescencji i fosforescencji

18. Badanie depolaryzacji fluorescencji molekuł w roztworze

LITERATURA:

17. Wanda Leyko (red.), Biofizyka dla Biologów, PWN Warszawa, 1983.
18. Jerzy Kączkowski, Biochemia roślin, PWN Warszawa, 1992.
19. Lubert Stryer, Biochemia, PWN Warszawa 1997.
20. J. Sielewiesiuk Biofizyka lipidów w Biofizyka dla biologów red. M. Bryszewska, W. Leyko, PWN (1997), Warszawa.
21. St. Przestalski Błony komórkowe w Encyklopedia fizyki współczesnej, PWN (1983), Warszawa.
22. Kęcki Z. *Podstawy spektroskopii molekularnej*, PWN (1972), Warszawa.
23. Twardowski J., *Biospektroskopia (cz. 4)*, PWN Warszawa 1990.
24. H. Haken, H. Ch. Wolf, *Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1998.
25. Kołos Włodzimierz Chemia kwantowa, PWN (1986), Warszawa.
26. Konarski J., Teoretyczne podstawy spektroskopii molekularnej” rozdz 1.2 PWN, Warszawa 1991.
27. Bryszewska M., Leyko W. Biofizyka dla biologów, PWN Warszawa (1997).
28. Zygfryd Witkiewicz, Podstawy chromatografii, WNT, Warszawa, (2000).
29. Paszyc Stefan, Podstawy fotochemii, PWN, Warszawa (1983).
30. Rao C. N. R., Spektroskopia elektronowa związków organicznych, PWN, Warszawa, (1982).
31. Wróbel D. Podstawy fotonowych procesów molekularnych, WPP, Poznań 1998.
32. P. Suppan Chemia i światło, PWN, Warszawa 1997.

PRZEDMIOT: *Pracownia Specjalistyczna Stosowana*

LICZBA GODZIN: 45 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr Artur Markowski, dr hab. K. Bederski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr Artur Markowski

MINIMA PROGRAMOWE: *Treści kształcenia:* Konstrukcje aparaturowe i zestawy pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej i współczesnej. Komputerowe metody wspomaganie eksperymentu. Zaawansowane metody analizy danych.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: planowania złożonych eksperymentów fizycznych z uwzględnieniem różnych metod pomiarowych; obsługi złożonych układów pomiarowych z wykorzystaniem narzędzi elektronicznych i informatycznych; precyzyjnego przeprowadzania pomiarów i analizy danych; prezentacji oraz interpretacji wyników pomiarów.

TREŚCI REALIZOWANE: Zajęcia w Pracowni Specjalistycznej obejmują cykl ćwiczeń laboratoryjnych umożliwiających zaznajomienie studenta z metodami pomiarów z zakresu: spektrometrii mas, defektoskopii ultradźwiękowej i rentgenowskiej, wytwarzania i badania próżni, optycznych metod badania stężeń roztworów.

OPIS ZAJĘĆ:

Wykaz ćwiczeń:

11. Układ dozujący do spektrometru mas.
12. Masowo-spektrometryczne badania reakcji jonowo-molekularnych.
13. Badanie charakterystyk ciśnieniowych w układzie próżniowym SAG 2.
14. Ultradźwiękowe metody badania materiałów.
15. Badania wytrzymałościowe materiałów w próbie rozciągania statycznego.
16. Defektoskop rentgenowski.
17. Kolorymetr spektralny.
18. Badanie stężeń roztworów przy zastosowaniu interferometru.
19. Badanie procesów jonizacyjnych w gazach.
20. Spektrometria mas desorpcji laserowej.

Ocena ostateczna zaliczająca dane ćwiczenie w Pracowni Specjalistycznej jest średnią ocen uzyskanych z:

- kolokwium
- wykonania ćwiczenia
- opracowania złożonego po wykonaniu ćwiczenia.

Liczba ćwiczeń do wykonania przez studentów zależy od liczby godzin przeznaczonych na Pracownię Specjalistyczną w danej siatce godzin.

LITERATURA:

Do poszczególnych ćwiczeń są wykonane ich opisy znajdujące się w teczkach, gdzie podana jest również obowiązująca literatura.

PRZEDMIOT: *Pracownia specjalistyczna jądrowa*

LICZBA GODZIN: 45 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr R. Zaleski, dr Z. Surowiec

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr R. Zaleski

MINIMA PROGRAMOWE: *Treści kształcenia:* Konstrukcje aparaturowe i zestawy pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej i współczesnej. Komputerowe metody wspomagania eksperymentu. Zaawansowane metody analizy danych.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: planowania złożonych eksperymentów fizycznych z uwzględnieniem różnych metod pomiarowych; obsługi złożonych układów pomiarowych z wykorzystaniem narzędzi elektronicznych i informatycznych; precyzyjnego przeprowadzania pomiarów i analizy danych; prezentacji oraz interpretacji wyników pomiarów.

TREŚCI REALIZOWANE: Wykorzystanie metod doświadczalnych stosowanych w fizyce jądrowej do badania zjawisk fizycznych. Zaprojektowanie eksperymentu, a następnie zestawienia układów pomiarowych z modularnej elektroniki oraz sterowanych komputerowo systemów akwizycji danych. Opanowanie obsługi oprogramowania sterującego aparaturą i wykonanie pomiarów. Numeryczna analiza danych doświadczalnych wykorzystująca metody statystyczne i ocena niepewności pomiarowych wyników. Opracowanie sprawozdania z ćwiczenia obejmującego prezentację wyników pomiarów z uwzględnieniem ich niepewności. Interpretacja uzyskanych wyników.

OPIS ZAJĘĆ: Celem pracowni jest wykorzystanie metod doświadczalnych fizyki jądrowej do badania zjawisk fizycznych związanych z promieniowaniem jądrowym.

Lista ćwiczeń:

1. Badanie rozpraszania Comptona.
2. Badanie widm promieniowania gamma i pomiar aktywności jego źródeł.
3. Identyfikacja nieznanego źródła promieniowania gamma.
4. Określenie źródeł naturalnego tła promieniotwórczego.
5. Badanie widm alfa.
6. Badanie widma beta i pomiar energii rozpadu beta.
7. Pomiar czasu życia poziomów jądrowych.
8. Badanie rozmiarów wolnych objętości w ciałach stałych metodą spektroskopii czasów życia pozytonów.
9. Wyznaczanie elementów schematu rozpadu stanów wzbudzonych jąder atomowych metodą pomiaru widm koincydencyjnych gamma-gamma.
10. Badanie rozpraszania kulombowskiego cząstek alfa na jądrach atomowych.
11. Wyznaczanie krzywej aktywacji neutronowej.
12. Wyznaczanie względnych przekrojów czynnych reakcji neutronowych.
13. Identyfikacja nuklidu promieniotwórczego metodą pomiaru półokresu rozpadu.

Zadaniem studenta będzie wykonanie trzech ćwiczeń. W celu uzyskania pozytywnej oceny ćwiczenia wymagane jest:

- zaliczenie kolokwium wstępnego sprawdzającego podstawowe wiadomości niezbędne w zrozumieniu przebiegu i celu doświadczenia;

- prawidłowe zaprojektowanie i zestawienie układu pomiarowego;
- poprawne wykonanie eksperymentu;
- analiza danych doświadczalnych wykorzystująca metody numeryczne;
- zebranie uzyskanych wyników w formie pisemnego sprawozdania oraz ich poprawna interpretacja.

LITERATURA:

1. J. Araminowicz, K. Małuszyńska, M. Przytuła *Laboratorium fizyki jądrowej*, PWN Warszawa 1984.
2. A.Z. Hryniewicz *Człowiek i promieniowanie jonizujące*, PWN Warszawa 2001.
3. A. Strzałkowski *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN Warszawa 1978.
4. K. N. Muchin *Doświadczalna fizyka jądrowa, t.1 Fizyka jądra atomowego*, WNT, Warszawa 1978.
5. J. B. A. England *Metody doświadczalne fizyki jądrowej*, PWN, Warszawa 1980.
6. W. Szymański *Elementy nauki o promieniowaniu jądrowym dla kierunków ochrony środowiska*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 1999.
7. Y.M. Tsipenyuk *Nuclear Methods In Science and Technology*, IOP Bristol and Philadelphia 1997.
8. G.F. Knoll. *Radiation Detection and Measurements*, John Wiley& Sons, Inc., USA 2000.
9. A. Bielski, R. Ciuryło *Podstawy metod opracowania pomiarów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2001.
10. A. Strzałkowski, A. Śliżyński *Matematyczne metody opracowywania wyników pomiarów*, PWN, Warszawa 1977.
11. R. Nowak *Statystyka dla fizyków*, PWN, Warszawa 2002.
12. Idaho National Laboratory, NaI Gamma Spectrum Catalog, <http://www.inl.gov/gammaray/catalogs/catalogs.shtml>.
13. Brookhaven National Laboratory, Evaluated Nuclear Structure Data File , <http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>
14. Brookhaven National Laboratory, NuDat, <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>

PRZEDMIOT: *Pracownia specjalistyczna fizyki ciała stałego*

LICZBA GODZIN: 90 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie z oceną wliczaną do średniej

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr T. Kwapiński, dr L. Misiak, dr P. Mazurek, dr M. Krawiec

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr T. Kwapiński

MINIMA PROGRAMOWE: *Treści kształcenia:* Metody pomiarowe z zakresu fizyki klasycznej – także z zastosowaniem technik elektronicznych i komputerowego wspomaganie eksperymentu. Planowanie pomiarów, budowa układów pomiarowych, wykonanie pomiarów, ocena niepewności pomiarów.

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przeprowadzania prostych pomiarów fizycznych; stosowania metodyki pomiarów fizycznych; analizy danych pomiarowych; prezentacji oraz interpretacji wyników pomiarów.

TREŚCI REALIZOWANE: Zestawy eksperymentalne znajdujące się na pracowni specjalistycznej fizyki ciała stałego przeznaczone są do samodzielnego wykonania przez studenta i dotyczą następujących zagadnień i zjawisk fizycznych fazy skondensowanej: tunelowanie elektronów przez barierę i obrazowanie powierzchni przy pomocy mikroskopów STM i AFM, ultrawysoka próżnia UHV, oddziaływanie fali elektromagnetycznej z materią i zjawiska optyczne w półprzewodnikach, przewodnictwo elektryczne metali i półprzewodników, efekt Halla, metody dyfrakcyjne w badaniach powierzchni kryształów (RHEED), złącza metal-półprzewodnik.

Istotą ćwiczeń laboratoryjnych na pracowni specjalistycznej fizyki ciała stałego jest:

- wdrażanie metod eksperymentalnych do kształcenia studentów,
- przekazywanie studentom wiadomości i wiedzy praktycznej,
- kształcenie umiejętności twórczego rozwiązywania problemów badawczych metodą naukową,
- rozumienie zjawisk i procesów fizycznych oraz rozwijanie w ten sposób zdolności poznawczych studenta,
- kształcenie umiejętności rozumowania dedukcyjnego,
- kształcenie umiejętności planowania doświadczeń i procesów fizycznych,
- kształcenie umiejętności budowania i wykorzystania modeli do wyjaśniania zjawisk i procesów fizycznych,
- kształcenie umiejętności stosowania wiedzy fizycznej do wyjaśniania zasad działania przyrządów pomiarowych stosowanych na pracowni specjalistycznej,
- kształcenie umiejętności analizy ilościowej i statystycznej wyników badań doświadczalnych.

OPIS ZAJĘĆ:

Wykaz ćwiczeń znajdujących się na pracowni specjalistycznej fizyki ciała stałego:

1. Pomiar długości drogi dyfuzji nośników mniejszościowych prądu.
Student wykonuje pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych $I(V)$ złącza metal-półprzewodnik, określa typ przewodnictwa w germanie oraz dokonuje pomiaru długości drogi dyfuzji nośników mniejszościowych w Ge.
2. Ruchliwość dryfowa dziur.
Student wykonuje pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych $I(V)$ złącza metal-półprzewodnik oraz czasu dryfu nośników i wyznacza ruchliwość.
3. Zjawisko Halla w półprzewodnikach.
Student wykonuje pomiar napięcia Halla i przewodnictwa elektrycznego półprzewodnika w funkcji temperatury oraz wyznacza przerwę energetyczną półprzewodnika.
4. Dyfrakcja wysokoenergetycznych elektronów (RHEED).
Student rejestruje obrazy dyfrakcyjne RHEED oraz wyznacza podstawowe wektory translacji dwuwymiarowej sieci.
5. Wzrost i pomiar grubości cienkich warstw metali.
Student naparowuje na płytkę cienką warstwę Ag i dokonuje pomiaru jej grubości przy użyciu mikroskopu interferencyjnego.
6. Skaningowy mikroskop tunelowy (STM).
Student przygotowuje ostrze STM i próbkę do badań a następnie rejestruje obrazy STM oraz wyznacza stałą sieci badanej tej próbki.
7. Mikroskop sił atomowych (AFM)
Student przygotowuje próbkę do badań, rejestruje obrazy AFM oraz wyznacza stałą sieci badanego materiału.

Student przystępujący do wykonywania ćwiczenia posiada niezbędną, ogólną wiedzę z zakresu fizyki fazy skondensowanej, w szczególności krystalografii, modelu pasmowego ciał stałych, przewodnictwa cieplnego i elektronowego metali oraz półprzewodników, podstawowych metod dyfrakcyjnych i interferencyjnych wykorzystywanych w materii skondensowanej. Ponadto zna podstawowe pojęcia oraz zjawiska zachodzące w ciałach stałych, jak np. efekt Halla, nadprzewodnictwo, tunelowanie przez barierę, kontaktowa różnica potencjałów i in. Od studenta wymagana jest także znajomość obsługi i podłączeń różnych przyrządów elektronicznych, w szczególności mierników elektrycznych i urządzeń cyfrowych.

Warunkiem przystąpienia studenta do wykonywania ćwiczenia jest opanowanie wiadomości teoretycznych, których zakres określony został szczegółowo w instrukcji do każdego ćwiczenia, na podstawie literatury.

Warunkiem zaliczenia pracowni specjalistycznej fizyki ciała stałego jest: zaliczenie kolokwium wstępnego do każdego ćwiczenia, jakie student wykonuje, zestawienie i prawidłowe przeprowadzenie eksperymentów oraz wykonanie sprawozdań z opisem otrzymanych wyników oraz analizą błędów pomiarowych.

LITERATURA:

7. N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Fizyka ciała stałego, PWN, Warszawa, 1986.
8. Aldert van der Ziel, Podstawy fizyczne elektroniki ciała stałego, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1980
9. M. Subotowicz (red.), Metody doświadczalne w fizyce ciała stałego, Lublin, 1976.
10. M. Subotowicz (red.), Wstęp do fizyki ciała stałego, UMCS, Lublin 1981.
11. C. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN, Warszawa, 1999.
12. H. Ibach, H. Lüth, Fizyka ciała stałego, PWN Warszawa 1996.

PRZEDMIOT: *Elementy programowania*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr A. Wójtowicz

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr A. Wójtowicz

TREŚCI REALIZOWANE: Nauka elementów programowania prowadzona jest w oparciu o język Pascal. Omawiane są kolejno: podstawy algorytmiki, wymagania sprzętowe i programowe, metody tworzenia kodu źródłowego, kompilowania i uruchamiania programów. W ramach nauki języka omawiane są kolejne elementy programu, jak: słowa kluczowe i dyrektywy języka, identyfikatory, liczby, łańcuchy, komentarze i separatory. Studenci poznają typy proste, łańcuchowe, strukturalne, wskaźnikowe itd., konwersje typów. Dalej omawiane są stałe i zmienne, wyrażenia, operatory, instrukcje: przypisania, skoku, złożone, warunkowe, iteracyjne, wiążące. Definiowane są funkcje i procedury z parametrami przekazywanymi przez wartości, zmienne i stałe, omawiane wywołania funkcji i procedur oraz budowa modułów. Omawiane są operacje wejścia/wyjścia dotyczące konsoli i plików, wprowadzone funkcje i procedury standardowe z modułów System (sterowanie programem, tworzenie, przetwarzanie struktur danych, konwersje, funkcje arytmetyczne, porządkowe, łańcuchowe), Crt (obsługa konsoli), Strings (tworzenie, przekształcanie, porównywanie, dodawanie łańcuchów), Dos (obsługa przerwań, zegarów, dysków, operacje na zbiorach), Graph (inicjacja i zamykanie trybu

graficznego, rysowanie, procedury tekstowe, elementy animacji). Następnie wprowadzane są elementy programowania obiektowego (klasy, obiekty, pola, metody i właściwości, dziedziczenie, polimorfizm). Omawiane są metody lokalizacji i usuwania usterek. Wykład kończy wprowadzenie do tworzenia programów dla środowisk okienkowych (Windows) w oparciu o Delphi, z wykorzystaniem elementów API, wielowątkowości, gotowych i własnych komponentów.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład ilustrowany jest wyświetlanymi algorytmami, fragmentami źródeł programów i schematami. Studenci wybierane materiały, zwłaszcza schematy, wykresy, ilustracje, mogą pobierać spod wskazanego adresu internetowego.

LITERATURA:

1. J. Bielecki, Turbo Pascal, WNT, W-wa 1988.
2. I. Marciniak, Turbo Pascal 7.0 z elementami programowania. Część 1, Nakom, 1994.
3. P.K. McBride, Pascal to proste, Wydawnictwo RM, W-wa, 2001.
4. A. Kierzkowski, TURBO Pascal, Ćwiczenia praktyczne, Helion, Gliwice 2000.
5. N. Wirth, Algorytmy + struktury danych = programy, WNT, W-wa, 2000.
6. P. Michałkiewicz, I. Swituszak, Programowanie w języku Turbo Pascal 7.0, LYNX-SFT, W-wa 1993.
7. M.J. Kubiak, Programuję w językach Turbo Pascal i C/C++: programowanie strukturalne z elementami programowania obiektowego', Mikom, W-wa 2001.
8. J. Biernat, Ćwiczenia z Turbo Pascal 7.0, Mikom, W-wa, 2004.

PRZEDMIOT: *Pracownia mikroprocesorowa*

LICZBA GODZIN: 45 LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie – obrona napisanych programów

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr A. Wójtowicz, dr T. Pieńkos

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr A. Wójtowicz

TREŚCI REALIZOWANE: Zapoznanie z układami logicznymi, mikroprocesorami i mikrokontrolerami, strukturą mikrokomputera zbudowanego w oparciu o układ mikroprocesorowy. Zapoznanie z budową wewnętrzną mikroprocesora/mikrokontrolera, jego systemem rozkazów oraz współpracą z układami pamięci ROM i RAM. Poznanie sposobów podłączania do mikroprocesora i oprogramowania urządzeń peryferyjnych, organizacji szyny systemowej i dekodów adresów oraz pracy układów watchdog i reset. Poznanie prostych urządzeń wejścia/wyjścia, jak klawiatury (matrycowa czy przeglądana sekwencyjnie), wyświetlacze (LED i LCD, tekstowe jak i graficzne), sygnalizatory, przetworniki A/D i D/A, sposobów izolacji galwanicznej urządzeń peryferyjnych. Poznanie standardowych interfejsów w komputerach PC – równoległego i szeregowego (RS232) oraz zagadnień związanych z transmisją danych z ich wykorzystaniem. Poznanie budowy oraz metody wykorzystania i oprogramowania prostych kart rozszerzeń komputerów PC.

OPIS ZAJĘĆ: Na zajęciach studenci poznają technikę komputerową (hardware, urządzenia peryferyjne, komputerowe sterowanie aparaturą i akwizycja danych) w oparciu o system DSM-51 zbudowany z wykorzystaniem mikrokontrolera 8051 oraz uczą się metod programowania

mikrokomputerów od strony sprzętowej, w tym podstaw asemblera kontrolera 8051. Zagadnienia obejmują praktyczną budowę komputera (mikroprocesor, pamięci, magistrala, wbudowane urządzenia wejścia/wyjścia), wykorzystanie kontrolera przerwań do obsługi urządzeń peryferyjnych, łącza szeregowo i równoległe, w tym ich oprogramowanie zarówno w systemie DSM-51, jak i w komputerze PC. Wszyscy studenci piszą przez pierwszych 6-8 godzin zajęć taki sam program pod kierunkiem prowadzącego (np. prosty kalkulator), by oswoić się ze sprzętem i programowaniem w asemblerze. Później studenci indywidualnie lub w grupach po 2 osoby, w zależności od złożoności postawionego im zadania, projektują i piszą program zaliczeniowy, w asemblerze 8051, wykorzystujący kilka różnego rodzaju elementów składowych systemu DSM-51 i prostych peryferiów. W większości ćwiczeń oprócz DSM-51 używane są dodatkowe, zewnętrzne urządzenia, podłączane np. za pomocą wyprowadzonej z DSM-51 szyny systemowej bądź interfejsu równoległego 8255.

Ćwiczenia (programy do napisania w asemblerze 8051) przewidziane na pracowni to:

- sterowanie 4-fazowym silnikiem krokowym i sygnalizatorem z 3 diod LED (informacja o pracy i kierunku obracania silnika) za pośrednictwem układu 8255 i wzmacniacza prądowego; zmiana za pomocą klawiatury matrycowej prędkości i kierunku obrotów, trybu pracy (pojedyncze cewki, podwójne cewki, podwojona rozdzielczość, dynamiczny - statyczny); zliczanie i prezentacja na wyświetlaczu LCD i/lub LED (7-seg.) wykonanych kroków (obrotów), stanu silnika; sterowanie silnikiem także zgodnie z rozkazami przesyłanymi przez RS-232 z zewnętrznego urządzenia (np. komputera PC);
- sekwencyjny odczyt za pośrednictwem układu 8255 z zewnętrznego miernika (np. woltomierza V540) z informacją wystawianą równoległe odczytów tego miernika, zdekodowanie ich, kontrola poprawności danych, prezentacja odczytów na wyświetlaczach LCD i/lub LED (7-seg.), przesyłanie odczytów za pośrednictwem RS-232 do zewnętrznego urządzenia (np. PC) w formacie tekstowym, dostosowanym do wyświetlania w terminalach czy tworzenia plików akceptowalnych przez arkusze kalkulacyjne;
- tworzenie w buforze w pamięci RAM dostępnej dla 8051 komunikatu tekstowego, wprowadzanego za pomocą 16-przyciskowej klawiatury matrycowej w taki sposób, jak obsługiwana jest klawiatura w telefonach komórkowych przy pisaniu SMS-ów, wyświetlanie edytowanego fragmentu tekstu wraz z możliwością przewijania na wyświetlaczu LCD, korekta błędnie wprowadzonych znaków, wysyłanie tekstu z bufora do zewnętrznego urządzenia (np. PC) za pomocą RS-232;
- gra zręcznościowa, realizowana na wyświetlaczu tekstowym LCD (2 wiersze x 16 znaków), wykorzystująca pseudo-grafikę (definiowane przez programistę znaki), polegająca na „łapaniu” kursora poruszającym w dolnym wierszu wyświetlacza „opadających” na wyświetlaczu „sopli”; sterowanie za pomocą klawiatury matrycowej; zliczanie punktów na wyświetlaczu LED (7-seg.); przy spieszenie stopniowe tempa gry (wykorzystanie timerów); efekty dźwiękowe (buzzer); pseudo- losowe generowanie „sopli”;
- zdejmowanie charakterystyki prądowo-napięciowej z diody półprzewodnikowej z wykorzystaniem przetworników D/A i A/D; obsługa pomiarów za pomocą klawiatury z wyświetlaniem opcji pomiarów i wyników na wyświetlaczu LCD; pomiary wykonywane z różną liczbą powtórzeń odczytów dla danego punktu pomiarowego; przesyłania danych do zewnętrznego urządzenia w formacie tekstowym przez RS-232; wyświetlenie na wyświetlaczu LED (7-seg.) zmierzonego spadku napięcia na diodzie; wyświetlanie na LCD informacji o rodzaju mierzonej diody (Ge, Si, LED – kolory) w zależności od spadku napięcia;

- automatyczne sterowanie (poprzez układ 8255) monostabilnymi przełącznikami do załączania zasilania sieciowego zewnętrznych urządzeń, uzależnione od aktualnej godziny i dnia tygodnia (jak w programowalnych, komercyjnych tego typu urządzeniach); czas i data oraz programy (nastawy) załączania przechowywane są w podtrzymywanej bateryjnie, zewnętrznej pamięci RAM z zegarem RTC; użytkownik musi móc modyfikować czas/datę oraz programy załączeń za pomocą klawiatury matrycowej i wyświetlacza LCD i mieć możliwość załączania/wyłączania przełączników także ręcznie, niezależnie od wykonywanego programu załączeń; aktualny czas powinien być wyświetlany na wyświetlaczu LED (7-seg.);
- obsługa monochromatycznego graficznego wyświetlacza LCD ze sterownikiem T6963C; reset i inicjalizacja wyświetlacza, czyszczenie ekranu; zapalanie/gaszenie pikseli, rysowanie prymitywów (linie, wielokąty, elipsy itp.), mieszanie grafiki i tekstu, rysowanie za pomocą kursora sterowanego klawiaturą matrycową; prosta animacja;
- odczyt napięcia za pośrednictwem przetwornika A/D i prezentacja zmian na wyświetlaczu graficznym LCD (prosty oscyloskop cyfrowy); zmiana za pomocą klawiatury m.in. stałej czasowej, metody i parametrów wyzwalania „generatora podstawy czasu” (trigger/auto, poziom napięcia wyzwalającego, zbocze sygnału rosnące/opadające); pomiar amplitudy Vp-p sygnału przez ustawienie znaczników na ekranie „oscyloskopu”; pomiar częstości przebiegów napięcia zmiennego;
- generowanie za pomocą 2 przetworników D/A przebiegów sinusoidalnych dla uzyskania figur Lissajous; przełączanie za pomocą klawiatury matrycowej pomiędzy kilkoma różnymi stosunkami częstości generowanych przebiegów; skokowa zmiana fazy co 15° , płynna zmiana fazy o $\pm 1^\circ$; prezentacja na wyświetlaczu LCD informacji o aktualnie generowanych przebiegach (stosunek częstości, różnica faz na starcie);

LITERATURA:

1. P. Gałka & P. Gałka, Podstawy programowania mikrokontrolera 8051. Mikom, W-wa 1995.
2. T. Starecki, Mikrokontrolery 8051 w praktyce. BTC, W-wa 2003.
3. B. Zieliński, Układy mikroprocesorowe. Przykłady rozwiązań. Helion 2002.
4. K. Fedyna, M. Mizeracki, Układy mikroprocesorowe Z80. WKiŁ 1989.
5. J. Grabowski, S. Koślacz, Podstawy i praktyka programowania mikroprocesorów. WNT 1987.
6. J. Karczmarczuk, Mikroprocesor Z80. WNT 1987.
7. R. Pełka, Mikrokontrolery, architektura, programowanie, zastosowania. WKiŁ 1999.
8. P. Hadam, Projektowanie systemów mikroprocesorowych. BTC, Warszawa 2004.
9. Noty katalogowe używanych układów scalonych.

PRZEDMIOT: *Fizyka jądrowa II*

LICZBA GODZIN: 15 WY + 15 KW

FORMA ZALICZENIA: WY – egzamin, KW - zał,

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr hab. B. Jasińska, prof. M. Budzyński

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr hab. B. Jasińska

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Wielkości charakteryzujące jądro atomowe. Metody wyznaczania.

- ładunek,
 - masa,
 - energia wiązania, średnia energia wiązania, energia separacji nukleonu,
 - własności jąder stabilnych
 - ścieżka stabilności
 - stabilność ze względu na oddz. silne i słabe
 - rozmiary i kształt, deformacje
 - poziomy energetyczne
 - spin, moment magnetyczny
2. Przemiany jądrowe
 - rozpady promieniotwórcze, reguły wyboru
 - rozszczepienie jądra atomowego, reaktor
 - reakcje jądrowe
 3. Modele jądrowe
 - model kroplowy
 - model gazu Fermiego
 - model powłokowy (model jednocząstkowy, model kolektywny)
 4. Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią
 - cząstki ciężkie
 - elektrony
 - promieniowanie
 - wpływ na organizmy żywe
 5. Wybrane metody jądrowe

OPIS ZAJĘĆ: Wykład prowadzony z wykorzystaniem prezentacji multimedialnej.

Treści realizowane w programie wykładu służą dwu celom podstawowym:

3. Zapoznaniu studentów z jądrowymi bazami danych, zawierającymi wielkości określone w eksperymentach jądrowych: intranetowe Nudata lub tablice masowe Wapstra, „Table of isotopes” R.B.Firestone and V.S. Shirley, „Table of isotopes” C.M. Lederer and V.S. Shirley. Konwersatorium służy przygotowaniu studentów do samodzielnego napisania pracy zaliczeniowej/zadania przy wykorzystaniu danych literaturowych zamieszczonych w w/w bazach danych. Zadanie zaliczeniowe zawiera inne dane wyjściowe dla każdego studenta
4. Omówieniu wielkości, które są wykorzystywane jako podstawa fizyczna w jądrowych technikach badawczych wykorzystywanych w badaniach fizycznych, technicznych i diagnostyce medycznej.

LITERATURA:

5. A. Strzałkowski – Wstęp do fizyki jądra atomowego.
6. R. Wilhelmi – Fizyka reakcji jądrowych.
7. T. Mayer-Kuckuk – Fizyka jądrowa.
8. Z. Szeftliński - Wstęp do fizyki jądra atomowego i cząstek elementarnych.

PRZEDMIOT: *Fizyka cząstek elementarnych*

LICZBA GODZIN: 30WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin
GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne
PROWADZĄCY: prof. J. Żuk
OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. J. Żuk

TREŚCI REALIZOWANE: Promieniowanie kosmiczne. Mechanizm oddziaływania cząstek naładowanych z materią. Detektory cząstek. Budowa akceleratorów. Wielki Zderzacz Hadronów (LHC). Klasyfikacja cząstek elementarnych. Leptony i kwarki. Rodzaje oddziaływań fundamentalnych w przyrodzie. Bozony pośredniczące. Diagramy Feynmana. Symetria i prawa zachowania w oddziaływaniach cząstek. Model kwarkowy hadronów. Podstawy chromodynamiki kwantowej. Oddziaływania elektroslabe i model Weinberga-Salama. Badania neutrin. Spontaniczne łamanie symetrii. Cząstka Higgsa. Zjawiska wykraczające poza model standardowy.

OPIS ZAJĘĆ: Wykład przedstawia zarys współczesnego stanu wiedzy w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych, obejmując przede wszystkim zagadnienia mieszczące się w obrębie modelu standardowego. Model ten dostarcza spójnego i w wielu przypadkach dobrze zgadzającego się z doświadczeniem opisu własności leptonów, kwarków oraz podstawowych oddziaływań z udziałem bozonów pośredniczących, które warunkują strukturę hadronów i przebieg zachodzących zjawisk. Wykład rozpocznie charakterystyka promieniowania kosmicznego i opis historycznie pierwszych metod jego detekcji z użyciem klisz. Omówiony będzie tutaj, między innymi polski wkład w fizykę cząstek - odkrycie hiperjader przez Danysza i Pniewskiego. Następnie przybliżone będą mechanizmy oddziaływania cząstek naładowanych z materią. Omawiane w wykładzie metody eksperymentalne fizyki cząstek elementarnych obejmują opis działania akceleratorów liniowych i cyklicznych (cyklotron, synchrotron) oraz koncepcję badań z udziałem wiązek przeciwbieżnych. W dalszym ciągu opisane będą detektory takie jak: licznik proporcjonalny, licznik Czerenkowa, komora pęcherzykowa, kalorymetr, licznik iskrowy i komora wielodrutowa. Przedstawiona będzie charakterystyka i cele naukowe Wielkiego Zderzacza Hadronów (LHC). W dalszej części wykładu podana zostanie aktualna klasyfikacja cząstek elementarnych i fundamentalnych (leptony i kwarki) oraz liczby kwantowe opisujące cząstki (spin, parzystość, skrętność, dziwność, izospin i inne). Przedstawione zostaną metody wyznaczania niektórych z tych wielkości, m. innymi doświadczenie Goldfabera. W analogii do teorii Yukawy, wprowadzona zostanie koncepcja bozonów pośredniczących do opisu oddziaływań między cząstkami. W sposób graficzny różnorakie oddziaływania przedstawione będą poprzez diagramy Feynmana. Podana będzie zależność amplitudy rozpraszania od masy bozonu wymienianego pomiędzy cząstką rozpraszającą i rozpraszaną. Przedyskutowane będzie zagadnienie symetrii, niezmienniczość i związane z nimi prawa zachowania dla oddziaływań elektromagnetycznych, słabych i silnych. Podane będą przykłady niezachowania CP w rozpadach obojętnych kaonów oraz twierdzenie dotyczące niezmienniczości względem CPT. W wykładzie planuje się następnie przedstawienie: wyników badań oddziaływania leptonów z kwarkami, potwierdzenia eksperymentalnego modelu kwarkowego hadronów i podstaw chromodynamiki kwantowej. Omówione będzie zjawisko powstawania dżetów gluonowych oraz koncepcja gluonium i plazmy kwarkowo-gluonowej. Kluczowy dla zrozumienia oddziaływań słabych jest opis obserwacji w zderzeniach proton-antypoton bozonów W i Z o dobrze określonych masach. Przedstawione zostaną niektóre z eksperymentów dotyczących badań neutrin i ich oscylacji. Opisana będzie teoria oddziaływań elektroslabych Weinberga-Salama. Końcowa część wykładu zawiera informacje dotyczące: spontanicznego

łamania symetrii za pomocą mechanizmu Higgsa, poszukiwania cząstek Higgsa, i prób wielkiej unifikacji oddziaływań fundamentalnych.

Wymagania wobec słuchaczy wykładu: znajomość podstaw mechaniki kwantowej oraz fizyki jądrowej.

LITERATURA:

1. Perkins, D.H., *Wstęp do fizyki wysokich energii*, PWN, 2004.
2. Strzałkowski, A., *O siłach rządzących światem*, PWN, 1996.
3. Scharf, W., *Akseleratory cząstek naładowanych i ich zastosowania*, PWN, 1974.

PRZEDMIOT: *Sterowanie układami pomiarowymi*

LICZBA GODZIN: 45LB

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr R. Zaleski, dr A. Wojtowicz, dr W. Grudziński

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr R. Zaleski, dr A. Wojtowicz, dr W. Grudziński

TREŚCI REALIZOWANE: Celem zajęć jest praktyczne zapoznanie studentów z wykorzystaniem komputerów w technice pomiarowej, zarówno od strony sprzętowej (urządzenia pomiarowe, sterowniki, przetworniki, najważniejsze interfejsy), jak i programowej (oprogramowanie interfejsów standardowych PC: szeregowy, równoległy, automatyzacja sterowania, archiwizacja, obróbka i wizualizacja zebranych danych).

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia na pracowni podzielone są na 3 części:

1. a) zaznajomienie z portem RS232 i portem równoległym komputera PC (budowa złącz, przewodów, wymagania elektryczne i czasowe oraz podstawy oprogramowania odczytu i zapisu: UART, rejestry portu równoległego) - student pisze w języku wysokiego poziomu program sterujący przetwornikiem D/A z portu równoległego oraz odczytujący dane z zewnętrznego multimetru portem szeregowym; b) zaznajomienie z metodami transmisji cyfrowej na odległość, w tym z urządzeniami, które muszą być izolowane galwanicznie od komputera – student testuje poprawność transmisji szeregowej z wykorzystaniem interfejsu optycznego przy rosnącej szybkości przesyłania danych, wyznacza m.in. częstotliwość graniczną dla danego łącza; c) zaznajomienie z metodami konwersji transmisji szeregowej na równoległą i odwrotnie: rejestry przesuwne, mikrokontrolery – student oprogramowuje w assemblerze prosty interfejs konwertujący transmisję, zbudowany w oparciu o 8-bitowy mikrokontroler np. 8051 lub AVR.

2) Wykorzystanie oprogramowania LabVIEW dedykowanego tworzeniu aplikacji sterujących układami pomiarowymi: a) programowane w graficznym języku programowania G (tworzenie prostych modułów pozwalających na obróbkę danych, odczyt i zapis plików itp.); b) elementy ergonomii w projektowaniu panelu sterującego oraz wizualizacji wyników pomiarów (projektowanie wirtualnego panelu kontrolnego); c) komunikacja ze sprzętem pomiarowym przy wykorzystaniu bibliotek LabVIEW (interfejsy szeregowe i równoległe).

3. Zapoznanie z językami, skryptami wbudowanymi w firmowe oprogramowanie sterujące urządzeniami pomiarowym oraz zaznajomienie z najczęściej stosowanymi procedurami standardowymi i ich specyfiką. Omówienie stosowanych standardów. W tej części pracowni student powinien napisać skrypt do automatycznego przeprowadzenia serii pomiarów na wskazanym urządzeniu, korzystając z wbudowanego systemu komend i procedur..

Efektem końcowym pracowni powinno być:

- opracowanie prostego zautomatyzowanego systemu pomiarowego (np. do pomiaru oporności w funkcji temperatury);
- nawiązanie komunikacji ze wskazanym przez prowadzącego seryjnie produkowanym urządzeniem (waga elektroniczna, regulator temperatury, spektrometr absorpcyjny, fluorescencyjny, zestaw HPLC i inne), które są wyposażone w omawiane wcześniej interfejsy (RS232, GPIB,) oraz przeprowadzenie serii pomiarów testowych

LITERATURA:

1. P. Metzger, Anatomia PC, Wyd. Helion.
2. A. Daniluk. RS-232 Praktyczne programowanie. Wyd. Helion.
3. Noty katalogowe, np. firmy Atmel mikrokontrolerów z rdzeniami 8051 i AVR.
4. W. Winiecki, J. Nowak, S. Stanik, Graficzne zintegrowane środowiska programowe do projektowania komputerowych systemów pomiarowo-kontrolnych, Mikom, 2001
5. W. Tłaczała, Środowisko LabVIEW w eksperymencie wspomaganym komputerowo, WNT 2002
6. Marcin Chruściel, LabView w praktyce, BTC 2008
7. Wojciech Mielczarek Urządzenia pomiarowe i systemy kompatybilne ze standardem SCPI, 1999 Wyd. Helion
8. Instrukcje obsługi odpowiednich urządzeń pomiarowych (dostępne najczęściej na stronach internetowych producentów)

Wykłady specjalistyczne ((do wyboru)

PRZEDMIOT: *Elementy ekologii*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr hab. K. Bederski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr hab. K. Bederski

TREŚCI REALIZOWANE:

- Zanieczyszczenia środowiska
- Atmosfera ziemska
- Efekt cieplarniany
 - Historia klimatu
 - Powstawanie efektu cieplarnianego

- Gazy cieplarniane
- Sposoby zmniejszania emisji CO₂
- Klipy stabilizacyjne
- Skutki efektu cieplarnianego
- Przemysłowe metody magazynowania CO₂
- Dziura ozonowa
 - Destrukcja powłoki ozonowej
 - Własności freonów i halonów
 - Wyjaśnienie powstania dziury ozonowej
 - Procesy, od których zależy stężenie ozonu w atmosferze
- Własności fizyczne układu Ziemia – Słońce
- Czynniki wpływające na stan biosfery
- Widmo słoneczne
- Bilans energetyczny w zerowymiarowym modelu cieplarnianym
- Źródła, własności fizyko-chemiczne i toksyczne gazowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego
- Parametry charakteryzujące zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego
- Klasyfikacja pyłowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego
- Wody i ich zanieczyszczenia
- Fizyczne własności pyłów *)
- Pomiary gazowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego *)
- Pomiary pyłowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego *)
- Metody zapobiegania emisji gazów i pyłów *)

*) oznaczono zagadnienia realizowane dodatkowo w ramach wykładu 30 godz.

OPIS ZAJĘĆ: Realizowane zajęcia wiążą się przede wszystkim z zagadnieniami związanymi z ochroną powietrza atmosferycznego oraz z ochroną wód. Główny nacisk został położony na zagadnienia związane z efektem cieplarnianym oraz dziurą ozonową. Ważną rzeczą jest tu zwrócenie uwagi na cel edukacji ekologicznej, a więc: poznanie motywów i sposobów ochrony i kształtowania środowiska, rozwijanie u studentów wrażliwości na potrzeby środowiska, kształtowanie odpowiedzialności za środowisko, kształcenie umiejętności dostrzegania zjawisk w ekosystemach, przewidywania i oceny pewnych następstw oraz formowanie i umacnianie pozytywnych przekonań i postaw wobec określonych zjawisk i obiektów przyrodniczych środowiska człowieka.

LITERATURA:

1. E. Boeker, R. van Grondelle, *Fizyka środowiska*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2002.
2. A. Z. Hryniewicz, E. Rokita, *Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1999.
3. H. Brauer, Y. B. G. Varma, *Air Pollution Control Equipment*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1981.
4. M. Bernhardt, J. Michałowski, S. Radziwiński, *Motoryzacyjne skażenia powietrza*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1976.
5. B. Mckibben, *National Geographic*, 11 (2007) 23 – 57.

6. Źródła z Internetu.

PRZEDMIOT: *Wybrane zagadnienia ze spektrometrii mas*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: dr hab. K. Bederski

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: dr hab. K. Bederski

TREŚCI REALIZOWANE:

- Metody jonizacji atomów i molekuł
- Podstawowe podzespoły spektrometru mas
 - Źródło jonów
 - Analizator mas
 - Układ detekcyjny
 - Układ próżniowy
 - Układ dozujący
 - Układ detekcyjny połączony z komputerem
- Ruch jonu w polu magnetycznym i elektrycznym
- Wybrane źródła jonów
- Podział spektrometrów mas
- Spektrometr mas z odchylającym polem magnetycznym
- Radialne pole elektryczne
- Podwójnie ogniskujący spektrometr mas
- Cykloidalny spektrometr mas
- Kwadrupolowy spektrometr mas
- Spektrometr mas czasu przelotu jonów
- Podwójnie ogniskujący spektrometr mas z analizatorem energii
- Pojęcie sumarycznego i parcjalego przekroju czynnego na jonizację gazów elektronami
- Widma mas
- Badanie reakcji jonowo-molekularnych
 - Metoda wysokociśnieniowa
 - Metoda niskociśnieniowa
- Podstawy teorii zderzeń. Stała szybkości reakcji
- Klasyfikacja reakcji jonowo-molekularnych
- Zastosowanie wysokociśnieniowej spektrometrii mas do badań reakcji jonowo-molekularnych

OPIS ZAJĘĆ: Prezentowany wykład składa się z kilku podstawowych części. Pierwszą część stanowi opis kilkunastu metod jonizacji gazów, m. in.: jonizacja elektronami, jonizacja chemiczna, jonizacja termiczna, jonizacja polem, fotojonizacja, itd. W części drugiej jest omawiana budowa spektrometru mas. W dalszej części są prezentowane wybrane typy spektrometrów mas. Ważnymi zagadnieniami są omawiane tu zastosowania spektrometrii mas w badaniach jonizacji elektronami oraz w badaniach reakcji jonowo-molekularnych w gazach.

LITERATURA:

1. R. A. W. Johnstone, M. E. Rose, Spektrometria mas, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
2. J. Barker, Mass Spectrometry, Published on behalf of ACOL (University of Greenwich) by John Wiley and Sons, Chichester, New York, Brisbane, Singapore, Toronto, 1999.
4. E. de Hoffmann, J. Charette, V. Stroobant, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994.
5. W. Żuk, Spektrometria mas i elektromagnetyczna separacja izotopów, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1980.

PRZEDMIOT: *Nadciekłość i nadprzewodnictwo*

LICZBA GODZIN: 30 KW

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. T. Domański

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. T. Domański

MINIMA PROGRAMOWE: nadprzewodnictwo, nadciekłość

TREŚCI REALIZOWANE: nadprzewodnictwo (klasyczne, wysokotemperaturowe i różnych form egzotycznych), nadciekłość helu oraz w układach ultrazimnych gazów atomowych

OPIS ZAJĘĆ: W cyklu wykładów przedstawię historię odkrycia i opisu charakterystycznych właściwości nadprzewodników/nadcieczy oraz wyjaśnię w jaki sposób zjawiska te realizują się na różnych skalach przestrzennych i energetycznych.

1. **Nadciekłość** (nagrody Nobla w latach: 1978, 1996, 2001)
 - a) koncepcja kondensacji Bosego-Einsteina (BE)
 - b) historia odkrycia nadciekłego helu przez P. Kapicę oraz niezależnie przez J. Allena i D. Misenera
 - c) przegląd osobliwych właściwości stanu nadciekłego (bezlepki przepływ, efekt fontannowy, sieć wirów kwantowych itp.)
 - d) opis wzbudzeń elementarnych w stanie nadciekłym (fonony, maksony, rotony)
 - e) nowa era uzyskania kondensatów BE i nadciekłości w układach ultrazimnych atomów
 - f) realizacja nadciekłości w gwiazdach neutronowych
2. **Nadprzewodnictwo.....**(nagrody Nobla w latach 1913, 1972, 1987, 1991, 2003)
 - a) odkrycie zaniku oporu w rtęci przez K. Onnesa
 - b) zjawisko idealnego diamagnetyzmu (Meissnera - Ochsenfelda)
 - c) właściwości nadprzewodników I-ego i II-ego rodzaju (wiry kwantowe, sieć Abrikosova)
 - d) elementy teorii Bardeena, Coopera i Schrieffera (BCS) oraz fenomenologiczne podejście Ginzburga-Landaua
 - e) spontaniczne łamanie symetrii cechowania oraz mechanizm Higgsa
 - f) opis stanu nadprzewodzącego w języku całek funkcjonalnych Feynmana
 - g) nadprzewodniki wysokotemperaturowe – odkrycie, przegląd właściwości oraz najważniejsze aspekty opisu teoretycznego
 - h) aktualne zastosowania nadprzewodników (lewitujące pociągi, tomografy itd.)

3. Realizacja przejścia od kondensatu BE do stanu BCS

- a) techniki chłodzenia i mechanizm rezonansów Feshbacha
- b) nadprzewodnictwo w układach ultrazimnych atomów
- c) przechodzenie od kondensatu BE do stanu BCS i vice versa
- d) realizacja egzotycznych form nadciekłości/nadprzewodnictwa (faza F. Wilczka, stan Fulde-Ferrela-Larkina-Ovchinnikova)
- e) laserowe sieci optyczne

LITERATURA:

- 1. C.J. Pethick, H. Smith, *Bose-Einstein condensation in dilute gases*, Cambridge University Press, Cambridge (2008).
- 2. L. Pitaevskii, S. Stringari, *Bose-Einstein condensation*, Clarendon Press, Oxford (2003).
- 3. Griffin, *Excitations in a Bose-condensed liquid*, Cambridge University Press, Cambridge (1993).
- 4. Bloch, J. Dalibard, W. Zwerger, *Many-body physics with ultracold gases*, Rev. Mod. Phys. **80**, 885 (2008).
- 5. G.D. Mahan, *Many-particle physics*, Kluwer Academic Plenum Publ., N. York (2000).

PRZEDMIOT: *Elementy kwantowej teorii pola w ujęciu całek po trajektoriach*

LICZBA GODZIN: 30 KW

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: kierunkowe

PROWADZĄCY: prof. T. Domański

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. T. Domański

TREŚCI REALIZOWANE:

1. Wprowadzenie do kwantowej teorii pola

- a) Równoważność reprezentacji Schrodingera, Heisenberga i oddziaływania
- b) Operator ewolucji
- c) Pola bozonowe oraz fermionowe: właściwości i symetrie
- d) Funkcje Greena: definicja dla przypadku temperatury $T=0$
- e) Uśrednianie statystyczne (formalizm Matsubary dla temperatur $T > 0$)
- f) Przedstawienie Lehmana (tożsamości Kramersa-Kroniga, reguły sum)

2. Elementy podejścia funkcjonalnego

- a) Stany koherentne (funkcje własne operatorów drugiej kwantyzacji)
- b) Algebra Grassmanna pól fermionowych
- c) Podjęcie Feynmana metodą całek po trajektoriach
- d) Całki po trajektoriach w fizyce statystycznej (urojonego czasu)
- e) Propagatory

3. Przykłady zastosowań

- a) Przypadek cząstki swobodnej
- b) Transformacja Hubbarda-Stratonovica dla pól oddziałujących
- c) Rozwiązanie punktu siodłowego (przykłady)

- d) Uwzględnienie poprawek gausowskich (wyjście poza schemat średniego pola)
- e) Przegląd współczesnych zastosowań i perspektywy

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest przybliżenie tzw. funkcjonalnego sformułowania kwantowej teorii pola opartego na metodzie całek po trajektoriach Feynmana do opisu układu wielu cząstek. Zastosowania klasycznej i kwantowej mechaniki statystycznej w termodynamice i fizyce fazy skondensowanej. Układy wielu cząstek. Całki po trajektoriach.

LITERATURA:

1. G.D. Mahan, Many-particle physics, Kluwer Academic Plenum Publ., New York (2000).
2. T.K. Ng, Introduction to classical and quantum field theory, Viley-VCH Verlag, Weinheim (2009).
3. J. W. Negele, H. Orland, Quantum many particle systems, Perseus Books Publ., Reading (1998).
4. Altland, B. Simons, Condensed matter field theory, Cambridge Univ. Press, Cambridge (2006).

PRZEDMIOT: *Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie na podstawie uczestnictwa i opracowania wybranego zagadnienia tematycznie związanego z wykładem.

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. Z. Korczak

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. Z. Korczak

TREŚCI REALIZOWANE:

I Pułapkowanie pojedynczych jonów i atomów. (*H. Dehmelt, W. Paul - Nobel 1989*)

1. Budowa i zasada działania pułapki Paula i Penninga.
2. Wytwarzanie wiązki jonowej.
3. Chłodzenie laserowe. (*S. Chu, C. Cohen-Tannoudji, W. D. Philips – Nobel 1997*)
4. Obserwacja spułapkowanych jonów.
5. Badania możliwe do przeprowadzenia w pułapkach.

II Kwantowy efekt Halla. (*Klaus von Klitzing - Nobel 1985*)

1. Oporność Halla.
2. Fakty doświadczalne: "dokładność kwantowania" ,całkowity kwantowy efekt Halla, ułamkowy kwantowy efekt Halla (*R. B. Laughlin, H. L. Störmer, D. C. Tsui – Nobel 1998*)
3. Warunki obserwacji kwantowego efektu Halla.
4. Dwuwymiarowy gaz elektronowy (tranzystor MOS-FET, heterozłącze).
5. Transport nośników prądu w warunkach gazu dwuwymiarowego.
6. Elementy teorii kwantowego efektu Halla.
7. Zastosowanie w metrologii.

III Skaningowy mikroskop tunelowy. (*Gerd Binnig, Heinrich Rohrer - Nobel 1986*)

1. Zjawisko tunelowania - tunelowanie w układach MIM, emisja polowa, tunelowanie

- w układach MVM, topografiner - precyzyjny topograf.
- 2. Budowa skaningowego mikroskopu tunelowego (STM).
- 3. Co "widać" za pomocą mikroskopu tunelowego - przykładowe obrazy.
- 4. Mikroskop AFM.
- 5. Przykłady zastosowań STM, AFM.
- IV Nadprzewodniki wysokotemperaturowe. (*K. A. Müller, J. G. Bednorz - Nobel 1987*)
 - 1. Zjawisko nadprzewodnictwa.
 - 2. Historia odkrycia nadprzewodników wysokotemperaturowych.
 - 3. Przykładowe związki i technologia.
 - 4. Struktura krystalograficzna.
 - 5. Kierunki aktualnych badań.
 - 6. Możliwość zastosowania.
- V Ciekłe kryształy, polimery.(*Pierre-Gilles de Gennes - Nobel 1991*)
 - 1. Ciekłe kryształy - klasyfikacja, podstawowe właściwości.
 - 2. Opis teoretyczny zjawisk w ciekłych kryształach – zarys.
- VI Detektory wielodrutowe.(*G. Charpak - Nobel 1992*)
 - 1. Detektory cząstek.
 - 2. Wielodrutowa komora proporcjonalna.
- VII Neutronografia. (*B. N. Brockhous, C. Shull - Nobel 1994*)
 - 1. Podstawowe własności neutronu.
 - 2. Uzyskiwanie wiązek neutronów - neutrony termiczne.
 - 3. Rozpraszanie sprężyste i niesprężyste neutronów.
 - 4. Spektrometr trójosiowy Brockhousa.
 - 5. Badania struktury krystalicznej i magnetycznej.
 - 6. Opis dynamiki sieci: fonony i magnony.
- VIII Układy niskowymiarowe.
 - 1. Wzbudzenia w półprzewodnikach:
 - półprzewodniki objętościowe, przypadek trójwymiarowy
 - układy dwu- i jedno- wymiarowe.
 - 2. Efekt rozmiarowy.
 - 3. Elektryczne i optyczne własności układów niskowymiarowych.
 - 4. Półprzewodnikowe heterostruktury.(*H. Kroemer, Z. I. Alferov – Nobel 2000*)
 - 5. Kropki kwantowe.
- IX Postacie węgla, od grafitu do fullerenów.
 - 1. Własności fizyczne węgla i grafitu.
 - 2. Odkrycie fullerenów. (*R. F. Crul, H. W. Kroto, R. E. Smalley – Nobel z chemii 1996*)
 - 3. Struktura krystalograficzna węgla, grafitu i fullerenów.
 - 4. Fulleryty - właściwości nadprzewodnikowe.
- X Nadciekły ^3He .(*D. D. Osheroff, R. C. Richardson, D. M. Lee – Nobel 1996*)
- XI Gigantyczny magnetoopór. (A. Fert, P. Grünberg – Nobel 2007)

OPIS ZAJĘĆ: Celem wykładu jest zapoznanie studentów z wybranymi zagadnieniami, za badanie których w ostatnich latach przyznano nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki. Tematyka wykładów dotyczy: pułapkowania pojedynczych jonów i atomów, kwantowego efektu Halla, skaningowej mikroskopii tunelowej, nadprzewodników wysokotemperaturowych i fullerenów, detektorów wielodrutowych, neutronografii, nadciekłości helu, heterostruktur

półprzewodnikowych, gigantycznego magnetooporu. Przedstawiane są także aktualne problemy fizyki układów niskowymiarowych. Wykład jest systematycznie uaktualniany.

Celem jest również rozwój umiejętności samokształcenia, wyszukiwania informacji, ich krytycznej oceny i przetwarzania. Jedną z form opracowania wybranego zagadnienia tematycznie związanego z wykładem stanowi tłumaczenie z języka angielskiego oryginalnej pracy naukowej.

LITERATURA:

1. C. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN, 1999.
2. [HTTP://KVA.SE](http://KVA.SE)
3. A. Oleś, Metody eksperymentalne fizyki ciała stałego, WNT, 1998.
4. A. Kopystyńska, Postępy Fizyki, t. 38, zeszyt 3, str. 215, 1987.
5. S. Chu, Świat Nauki, str. 37, kwiecień 1992.
6. T. Figelski, Wiedza i Życie, str. 58, kwiecień 1999.
7. K. v. Klitzing, G. Dorda, M. Pepper, Phys. Rev. **B 45**, 494, 1980.
8. M. Cyto, D. Pavuna, Wstęp do nadprzewodnictwa, PWN, 1996.
9. A. Adamczyk, Niezwykły stan materii : ciekłe kryształy, WP, 1981
10. G. Charpak, Postępy Fizyki, t. 20, zeszyt 6, str. 578, 1979.
11. I. Sosnowska, Wiedza i Życie, str. 42, maj 1995.
12. K. K. Licharew, T. Claeson, Świat Nauki, str. 54, sierpień 1992.
13. L. Jacak, A. Wójt, Postępy Fizyki, t. 49, zeszyt 1, str. 1, 1998.
14. R. Kołos, Wiedza i Życie, str. 50, marzec 1997.
15. A. Huczko, Nanorurki węglowe, Bel Studio, 2004.
16. D. D. Oscheroff, R.C. Richardson, D. M. Lee, Phys. Rev. Lett., 885, 1072.

PRZEDMIOT: *Kolektywne własności jąder atomowych*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPY PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. B. Pomorska

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. B. Pomorska

TREŚCI REALIZOWANE:

I. Wstęp – powtórka z teorii jądra atomu

1. Klasyfikacja fizyki jądrowej
2. Siły jądrowe
3. Potencjały jednocząstkowe
4. Efektywne oddziaływania nukleon-nukleon w jądrze
 - a) Relatywistyczna teoria średniego pola
 - b) Skyrme
 - c) Gogny
 - d) Yukawa folded
5. Metoda Hartree-Focka
6. Siły szczątkowe w jądrze
 - a) Długozasięgowe
 - b) Krótkozasięgowe
7. Nadprzewodnikowy model jądra

- a) Energia stanu podstawowego
- b) Równania BCS
- c) Poprawka pairing
- 8. Renormalizacja energii jądra do kropki
 - a) Model makroskopowy LSD – Lublin Strasbourg Drop
 - b) Poprawka powłokowa rozmywająca energie w przestrzeni liczby cząstek
 - c) Metoda makroskopowo-mikroskopowa
 - d) Konstrukcja powierzchni energii potencjalnej jądra

II. Rotacja jąder atomowych

- 1. Model ciała sztywnego
- 2. Model hydrodynamiczny
- 3. Model wymuszonego obrotu „cranking”

III. Oscylacje jąder atomowych

- 1. Opis makroskopowy oscylacji
- 2. Opis mikroskopowy oscylacji
 - a) Wyprowadzenie równania dyspersyjnego metodą Hartree’go-Focka
 - b) Energia układu drgającego – parametry masowe i sztywności
 - c) Przybliżenie adiabatyczne
 - d) Uwzględnienie sił kojarzących nukleony w pary (pairing)

IV. Uogólniony model Bohra

- 1. Kwantowanie klasycznego hamiltonianu
- 2. Mikroskopowa postać kolektywnego hamiltonianu Bohra
- 3. Przykłady rozwiązań problemu własnego hamiltonianu Bohra
 - a) Wibracja wokół sfery
 - b) Model rotacyjno-wibracyjny

V. Metoda współrzędnej generującej w opisie dynamiki jądrowej

OPIS ZAJĘĆ: Wykład stanowi kontynuację wykładu kierunkowego z „Teorii jądra atomowego” i obejmuje opis stanów wzbudzonych jąder atomowych. Prowadzony jest „kreda na tablicy” z ilustracją wyników na ekranie. Zaliczenie odbywa się na podstawie aktywnej obecności studenta, która jest sporadycznie kontrolowana.

LITERATURA:

- 1. B. Nerlo-Pomorska, K. Pomorski, „Zarys teorii jądra atomowego”, PWN, W-wa 1999
- 2. P. Ring, P. Schuck, „The Nuclear Many Body Problem”, Springer Verlag, New York 1980
- 3. A. Bohr, B. Mottelson, „Struktura jądra atomowego”, PWN, W-wa 1984
- 4. Z. Szymański, „Siły kojarzące nukleony w pary”, Postępy Techniki Jądrowej, Fizyka Jądrowa Nr 70 (446), 1969.
- 5. K. Pomorski, J. Dudek, Phys. Rev. C67 (2003) 044316

PRZEDMIOT: *Fizyczne podstawy mikroelektroniki i fotoniki*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie na podstawie uczestnictwa

GRUPY PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. M. Załuźny

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Załuźny

TREŚCI REALIZOWANE:

Metale, półprzewodniki i dielektryki (materiały lite i o obniżonej wymiarowości) – otrzymywanie, struktura pasmowa i właściwości transportowe.

Mikroelektronika – tranzystory bipolarne i polowe, układy o dużej skali integracji (procesory i pamięci w technologii CMOS), zastosowania nanostruktur w mikroelektronice.

Fotonika – różne poziomy opisu światła i jego oddziaływania z materią, optyka półprzewodników, lasery półprzewodnikowe i inne, modulatory, detektory, przyrządy z przenoszeniem ładunku CCD, nanofotonika i metamateriały.

Wybrane zastosowania fotoniki – telekomunikacja światłowodowa

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia pomyślane są jako rozszerzenie i jednocześnie uzupełnienie (o zagadnienia związane z właściwościami optycznymi) wykładu z Fizyki Fazy Skondensowanej (FFS). Jednym z ważnych celów wykładu jest zademonstrowanie na przykładzie mikroelektroniki cyfrowej i fotoniki (głównie telekomunikacji światłowodowej) jak osiągnięcia FFS w zakresie badań podstawowych (uhonorowane kilkoma Nagrodami Nobla) przyczyniły się do olbrzymiego postępu cywilizacyjnego w ostatnim półwieczu. Wykład będzie prowadzony metodami tradycyjnymi i przy użyciu technik multimedialnych.

LITERATURA:

1. H. Ibach, H. Luth, *Fizyka ciała stałego*, PWN, 1996.
2. J. Kalisz, *Podstawy elektroniki cyfrowej*, WKŁ 1993.
3. B. E. A. Saleh, M. C Teich, *Fundamentals of Photonics*, John Wiley, 2007.
4. B. Ziętek, *Optoelektronika*, Wyd. Naukowe Uniwersytetu M. Kopernika 2007.
5. E. Wolarz, *Metamateriały – nowe zastosowania elektrodynamiki* Postępy Fizyki 58, (2007) 242.

PRZEDMIOT: *Biospektroskopia*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie w formie testu końcowego

GRUPA PRZEDMIOTÓW: wykład monograficzny na studiach II^o stopnia

PROWADZĄCY: prof. W.I. Gruszecki

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. W.I. Gruszecki

TREŚCI REALIZOWANE:

W trakcie zajęć realizowane są następujące treści programowe

8. Elementy chemii kwantowej: orbitale molekularne i wiązania chemiczne
9. Skład chemiczny i budowa struktur organizmów żywych na poziomie molekularnym.
10. Elektronowa spektroskopia absorpcyjna
(prawo Lamberta-Beera, dipolowy moment przejścia, współczynniki Einsteina, schemat Jabłońskiego, efekt solwatochromowy, oddziaływania ekscytonowe typu dipol-dipol, spektroskopia absorpcyjna UV-Vis, dichroizm liniowy). Zastosowania elektronowej spektroskopii absorpcyjnej w badaniach organizacji molekularnej wybranych biomolekuł.
11. Spektroskopia fluorescencyjna

- (wydajność kwantowa fluorescencji, czasy życia stanów wzbudzonych, widma wzbudzenia i emisji fluorescencji, przekazywanie energii wzbudzenia). Zastosowania spektroskopii fluorescencyjnej w badaniach procesu fotosyntezy.
12. Spektroskopia Fototermiczna
(spektroskopia fotoakustyczna, sygnał fotobaryczny, spektroskopia efektu „mirage”)
 13. Spektroskopia NEXAFS
(poziomy elektronowe polienów i prawo przerwy energetycznej, zasada spektroskopii NEXAFS). Zastosowania spektroskopii NEXAFS do lokalizacji poziomów elektronowych biomolekuł na skali energii.
 14. Spektroskopia oscylacyjna
(drgania cząsteczek: rodzaje drgań, model oscylatora harmonicznego i anharmonicznego, budowa spektrometru FTIR, rozpraszanie Ramana). Zastosowania spektroskopii oscylacyjnej do badania własności strukturalnych biomembran.
 15. Spektroskopia rezonansów magnetycznych
(podstawy fizyczne EPR, znaczniki spinowe, podstawy fizyczne NMR). Zastosowanie spektroskopii EPR i NMR do badania własności dynamicznych błon biologicznych.
 16. Spektroskopowe metody obrazowania struktur biologicznych.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia mają na celu zapoznanie studentów ze współczesnymi metodami instrumentalnymi spektroskopii molekularnej w zastosowaniach do badania własności strukturalnych i dynamicznych biomolekuł oraz struktur supramolekularnych występujących w organizmach żywych. W ramach wykładu omawianych jest wiele zagadnień szczegółowych (np. zastosowanie spektroskopii fluorescencyjnej w sekwencjonowaniu DNA, spektroskopowe badania zanieczyszczeń środowiska i związków toksycznych w organizmach żywych, spektroskopowe badania mechanizmów molekularnych leżących u podłoża wielu chorób, itp.) w celu zaakcentowania praktycznych zastosowań metod spektroskopii molekularnej w badaniach istotnych z punktu widzenia biologii i medycyny.

LITERATURA

5. Encyklopedia fizyki współczesnej, PWN, Warszawa, 1983.
6. Z. Kęcki, Podstawy spektroskopii molekularnej, PWN, Warszawa, 1992.
7. Biospektroskopia (Praca zbiorowa), PWN, Warszawa, 1989.
8. P. Suppan, Chemia i światło, PWN, Warszawa, 1997.
9. H. Haken, H. Ch. Wolf, Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej, PWN, Warszawa, 1998.

PRZEDMIOT: *Budowa molekuł i podstawy spektroskopii molekularnej*

LICZBA GODZIN: 30 WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. S. Krawczyk

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. S. Krawczyk

TREŚCI REALIZOWANE:

I. Wstęp.

Równanie Schrödingera dla atomu wodoropodobnego i struktura elektronowa atomów.

Graficzna prezentacja struktury molekuł i funkcji falowych – program HyperChem.
Równanie Schrödingera dla cząsteczki wieloatomowej: przybliżenie Borna-Oppenheimera i separacja równań dla funkcji elektronowej i oscylacyjnej.
Metoda wariacyjna - przykład dla parametrów liniowych.

II. Struktura elektronowa molekuł - wiązanie chemiczne, budowa przestrzenna molekuł i stany elektronowe.

Teoria wiązań walencyjnych (VB).

Jon wodoru H_2^+ - orbitale wiążące i antywiązące, natura wiązania kowalencyjnego.

Budowa elektronowa cząsteczek dwuatomowych homojądrowych. Orbitale σ , π , n .

Hybrydyzacja orbitali atomowych i budowa charakterystycznych grup w cząsteczkach wieloatomowych wg teorii VB.

• Struktura elektronowa i przestrzenna molekuł organicznych (węglowodory alifatyczne, aromatyczne, alkohole, estry, etery, ketony, kwasy karboksylowe, aminy; wiązanie peptydowe).

Teoria orbitali molekularnych (MO).

Przybliżenie orbitalne (jednoelektronowe) i wyznacznikowe funkcje falowe.

Równania Hartree-Focka i metoda LCAO.

Metody półempiryczne i *ab initio*.

• Przykłady obliczeń w bazach orbitali Slatera i gaussowskiej – struktura geometryczna i struktura elektronowa molekuł wieloatomowych - polieny, poliaceny, karotenoidy, porfiryny i chlorofile.

Oddziaływania molekularne krótkozasięgowe – wiązanie koordynacyjne, wiązanie wodorowe.

• Biologicznie ważne struktury molekularne: struktura drugo- i trzeciorzędowa białek; zasady azotowe; porfiryny – hem, chlorofil, cytochrom).

Elektronowe stany wzbudzone

Elektronowe stany wzbudzone: konfiguracje wzbudzone jedno- i wielokrotnie, rozwinięcie CI.

• Przykładowe obliczenia w bazie konfiguracji jednokrotnie wzbudzonych.

Wzbudzenie elektronowe w kompleksie z przeniesieniem ładunku (CT).

III. Oscylacje cząsteczek.

Klasyczny opis oscylacji.

Układ o wielu stopniach swobody w przybliżeniu harmonicznym: współrzędne geometryczne, masowe i normalne; mody normalne.

Kwantowy opis oscylacji w molekułach w przybliżeniu harmonicznym.

Operatory energii kinetycznej i potencjalnej i separacja modów we współrzędnych normalnych.

Stany i funkcje oscylatora harmonicznego.

• Mody normalne, charakterystyczne częstości grupowe.

Symetria modów normalnych i ich aktywność w widmach IR oraz Ramana.

Przejawy oddziaływań molekularnych w widmach oscylacyjnych.

IV. Elektronowo-oscyłacyjne widma absorpcji cząsteczek wieloatomowych.

Prawdopodobieństwo przejścia i dipolowy moment przejścia.

Zmiana geometrii cząsteczki w elektronowym stanie wzbudzonym i jej związek z czynnikami Francka-Conдона.

- Interpretacja widma absorpcji i wyznaczanie intensywności przejścia (siła oscylatora, dipolowy moment przejścia).

OPIS ZAJĘĆ: Głównym celem wykładu jest przedstawienie podstawowych zasad kwantowego opisu struktury geometrycznej, budowy powłoki elektronowej i oscylacji molekuł, oraz ich znaczenia w niektórych oddziaływaniach molekularnych i w spektroskopii elektronowej i oscylacyjnej. Zajęcia umożliwiają nabycie umiejętności samodzielnego wykonywania poprawnych obliczeń metodami chemii kwantowej dla interpretacji podstawowych właściwości, oddziaływań i własności spektralnych molekuł. Elementy opisu teoretycznego są ilustrowane rezultatami obliczeń i analizą ich wyników liczbowych oraz graficzną prezentacją struktury geometrycznej molekuł, orbitali, oscylacji wewnątrzcząsteczkowych. Analiza przykładowych struktur molekularnych jest ukierunkowana na kształtowanie intuicyjnych wyobrażeń pomocnych w rozumieniu struktury, oddziaływań i podstaw spektroskopii molekularnej, głównie w odniesieniu do związków organicznych. Planowane jest przeznaczenie około 6 godzin zajęć na samodzielne wykonywanie zadań obliczeniowych, a także wykonanie (jako pracę domową) samodzielnej interpretacji zalogowanych liczbowych wyników obliczeń i wykonanie ich prezentacji graficznej. Tematy wykładowe przeznaczone do wykonania również w formie ćwiczeń praktycznych są oznaczone (●).

Podstawę zaliczenia przedmiotu stanowi ocena umiejętności praktycznych na zajęciach, samodzielnej pracy domowej oraz sprawdzian znajomości teorii w formie końcowego kolokwium.

LITERATURA:

1. Włodzimierz Kołos – Chemia kwantowa.
2. Joanna Sadlej, Włodzimierz Kołos – Atom i cząsteczka.
3. Alojzy Gołębiowski – Chemia kwantowa związków organicznych .
4. Hermann Haken, Hans Wolf – Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej .
uzupełnienie pomocnicze:
5. Włodzimierz Kołos – Elementy chemii kwantowej sposobem niematematycznym
wyłożone.
uzupełnienie poszerzające:
6. Lucjan Piela – Idee chemii kwantowej .

PRZEDMIOT: *Fizyka czarnych dziur i czarnych obiektów*

LICZBA GODZIN: 30WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: wykład specjalistyczny

PROWADZĄCY: prof. M. Rogatko

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Rogatko

MINIMA PROGRAMOWE: zakładana jest znajomość wykładów z teorii grawitacji i teorii pola.

TREŚCI REALIZOWANE: Wykład będzie poświęcony współczesnej teorii czarnych dziur i czarnych obiektów występujących we współczesnych teoriach unifikacyjnych.

OPIS ZAJĘĆ:

1. Symetrie czasoprzestrzeni, pola wektorowe typu Killinga, czasoprzestrzeń stacjonarna, statyczna, osiowosymetryczna. Asymptotyczna płaskość, domena komunikacji zewnętrznej, globalna hiperboliczność, silnie asymptotycznie przewidywalna czasoprzestrzeń.
2. Statyczne czarne dziury, współrzędne Eddingtona-Filkensteina, Kruskala, diagramy Cartera-Penrose'a. Rodzaje osobliwości występujących w czasoprzestrzeniach statycznych czarnych dziur.
3. Stacjonarne osiowosymetryczne rozwiązanie czarnodziurowe, ergosfera, diagramy Cartera-Penrose'a dla tego typu rozwiązań.
4. Horyzonty Killinga, powierzchnia bifurkacji, powierzchnie złapane, marginalne powierzchnie złapane, zewnętrzne marginalne powierzchnie złapane. Twierdzenie Hawkinga o topologii horyzontu zdarzeń czarnych dziur.
5. Twierdzenie o statyczności i krążeniu. Twierdzenie Hawkinga o sztywności. Jednoznaczność rozwiązań czarnodziurowych (statyczne czarne dziury- tw. Israela, Buntinga-Masooda, Heuslera, rotujące czarne dziury – tw. Buntinga, Mazura).
6. Procesy fizyczne w czasoprzestrzeniach czarnych dziur: nadpromieniste rozpraszanie cząstek skalarnych, proces Penrose'a, nieredukowalna masa czarnej dziury, wleczenie układów inercjalnych.
7. Pola kwantowe w czasoprzestrzeniach czarnych dziur, definicja stanu próżni typu: Unruh, Hartla-Hawkinga, Boulwara. Proces parowania czarnej dziury. Kwantowa mechanika czarnych dziur (euklidesowskie podejście, funkcja falowa czarnej dziury typu 'no-boundary', kreacje czarnych dziur w polach zewnętrznych).
8. Termodynamika czarnych dziur, fizyczne i równowagowe pierwsze prawo termodynamiki, entropia czarnych dziur jako ładunek Noether. Formuły masowe dla tych obiektów.
9. Elementy hydrodynamiki relatywistycznej i elektrodynamiki (opis procesów zachodzących w dyskach akrecyjnych czarnych dziur). Membranowe podejście do opisu własności czarnych dziur. Oddziaływanie czarnych dziur z defektami topologicznymi (struny kosmiczne, ściany domen, monopole magnetyczne).
10. Pola zewnętrzne materii a metryka opisująca zdeformowaną czarną dziurę. Oddziaływanie między czarnymi dziurami, zderzenia tego typu obiektów i możliwe efekty fizyczne.
11. Wnętrze czarnych dziur, inflacja masy, niestabilności horyzontów wewnętrznych, 'gwiazdne wrota'? Wormhole i maszyny czasu.
12. Czarne dziury w wielowymiarowych teoriach unifikacyjnych. Rozwiązania statyczne i rotujące, rozwiązania typu Taub-NUT i fale pp. Teoria Kleina-Kaluzy, mechanizm Schreka-Schwarza, własności tego typu obiektów.
13. Teoria strun-granicaiskoenergetyczna. Czarne dziury w dylatonowej i aksjonowo-dylatonowej grawitacji. Własności rozwiązań czarnodziurowych. Obiekty rozciągnięte w teorii strun – membrany. Ich własności, prawa termodynamiki, niestabilności rozwiązań.
14. Czarne pierścienie-neutralne, naładowane, rozwiązania wielopierścieniowe. Czarne pierścienie w teoriach supergrawitacji. Topologia horyzontu zdarzeń. Twierdzenia

- o jednoznaczności rozwiązań. Procesy fizyczne z udziałem tego typu obiektów. Czarne Saturny i ich własności.
15. Jednoznaczność rozwiązań wielowymiarowych (statycznych i rotujących). Własności pól materii w pobliżu czarnych pierścieni, prawa termodynamiki (zależność termodynamiki od topologii horyzontu zdarzeń czarnych obiektów).
 16. Czarne dziury w LHC, wytworzenie i zanik tych obiektów. Możliwość testowania teorii unifikacyjnych.

LITERATURA:

1. R.M.Wald -- 'General Relativity' Chicago University Press 1985.
2. V.P.Frolov, I.D.Novikov – 'Black Hole Physics' Kluwer 1998.
3. T.Ortin—'Gravity and Strings' Cambridge Un.Press 2004.
4. R.Empanan, H.Reall – 'Black Rings' Class.Quantum Grav. 23 (2006) R169.
5. R.Empanan, H.Reall – 'Black Holes in Higher Dimensions' arXiv:0801.3471 (2008).

PRZEDMIOT: *Fizyka wczesnego Wszechświata*

LICZBA GODZIN: 30WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: wykład specjalistyczny

PROWADZĄCY: prof. M. Rogatko

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. M. Rogatko

MINIMA PROGRAMOWE: zakładana jest znajomość wykładów z teorii grawitacji i teorii pola.

TREŚCI REALIZOWANE: Wykład będzie poświęcony współczesnym teoriom powstawania Wszechświata i struktur kosmicznych. Najnowsze dane obserwacyjne będą prezentowane w formie multimedialnej.

OPIS ZAJĘĆ:

1. Zasada kosmologiczna, synchroniczny układ odniesienia, jednorodność i izotropowość Wszechświata, metryka Roberstsona-Walkera (RW), jej własności. Horyzont kosmologiczny, horyzont cząstek. Prawo Hubble'a, stała Hubble'a, parametr hamowania, gęstość krytyczna.
2. Dynamika modelu RW, era leptonowa, przejścia kwark-hadron, nukleosynteza (warunki początkowe, produkcja lekkich pierwiastków). Termodynamika rozszerzającego się Wszechświata, równanie Boltzmana.
3. Bariogeneza, asymetria, liczba leptonowa Wszechświata, spontaniczna bariogeneza. Era promieniowania, era materii, ewolucja promieniowania relikтового.
4. Pierwotna osobliwość, trudności modelu RW. Modele inflacyjne (nowa inflacja, chaotyczna, stochastyczna). Twierdzenie o kosmicznym braku włosów. Przewidywania modeli inflacyjnych a doświadczenie.
5. Przejścia fazowe we wczesnym Wszechświecie, grupy kohomologii i klasyfikacja defektów topologicznych. Własności strun kosmicznych, ścian domen, monopoli i tekstury. Efekty obserwacyjne ich występowania.

6. Epoka Plancka, czas Plancka, energia Plancka. Kwantowa kosmologia, równanie Wheelera-de Witta, kosmologia Hartla-Hawkinga, funkcja falowa Wszechświata. Kwantowa kreacja Wszechświata z ‘niczego’ (model Vilenkina i Hawkinga).
7. Kosmologia strunowa, wielowymiarowa kosmologia, 4-wymiarowe efektywne teorie, M-teoria, model Horavy-Wittena. Potencjalne możliwości obserwacji efektów wielowymiarowego Wszechświata.
8. Kosmologia membranowa, model Randala-Sundruma (RS1 i RS2), model typu ADD.
9. Kwantowanie objętości, rodzaje wymiarów czasoprzestrzeni, ‘pętlowa kwantowa grawitacja’. Wszechświat jako hologram. Zasada AdS/CFT i co z niej wynika dla kosmologii.
10. Ciemna materia, ciemna energia. Stała kosmologiczna, energia próżni, dynamiczne modele ciemnej energii, kwintesencja. Ciemna energia w modelach branowych. Modyfikacja równań grawitacji?
11. Anizotropia mikrofalowego promieniowania tła (CBM), efekt Sachsa-Wolfa, Reesa-Sciamey, Sunayeva-Zeldovica. Polaryzacja mikrofalowego promieniowania tła. Parametry kosmologiczne a anizotropia CBM.
12. Teoria formowania się struktur we wczesnym Wszechświecie, wpływ supermasywnych czarnych dziur na budowę pierwotnych galaktyk. Klasyfikacja pierwotnych galaktyk.
13. Najnowsze dane obserwacyjne dotyczące wczesnego Wszechświata, głębokie tło obserwacji teleskopu Hubble’a, najdalsze obiekty obserwowanego Wszechświata (teleskop Subbaru).

LITERATURA:

1. E. Kolb, M. Turner – ‘The Early Universe’ 1997,
2. S. Bonometto, V. Gorini, U. Moschella—‘Modern Cosmology’ IOP 2002,
3. J. N. Islam—‘An Introduction to Mathematical Cosmology’ Cambridge Un.Press 2004,
4. M. S. Longair—‘Galaxy Formation’ Springer 2008,
5. P. Coles, F. Lucchin—‘Cosmology- the Origin and Evolution of Cosmic Structure’ Wiley (2002).

PRZEDMIOT: *Analiza izotopowa, geochemia izotopów
i geochronometria*

LICZBA GODZIN: 30WY

FORMA ZALICZENIA: zaliczenie

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. S. Hałas

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. S. Hałas

MINIMA PROGRAMOWE: brak wskazań

TREŚCI REALIZOWANE: spektrometr mas pojedynczo i podwójnie ogniskujący, źródła jonów stosowane w analizie izotopowej, rozcieńczenie izotopowe, akceleratorowa spektrometria mas, izotopy stabilne (trwałe) pierwiastków lekkich, frakcjonowanie izotopowe, izotopy promieniotwórcze - długożyciowe i krótkożyciowe - w przyrodzie, metody datowania izotopowego.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia są przewidziane dla studentów I lub II roku studiów uzupełniających pragnących uzupełnić swoją wiedzę nt. zastosowań fizyki w badaniach środowiska przyrodniczego. Celem wykładu jest zapoznanie studentów z metodami badania składu izotopowego pierwiastków (analiza izotopowa) za pomocą spektrometrii mas i rozmaitych zastosowań analizy izotopowej:

- (1) w chemii analitycznej (metoda rozcieńczenia izotopowego),
- (2) w badaniach środowiska (atmosfera, hydrosfera, pedosfera),
- (3) w geochronometrii (datowanie minerałów i skał w oparciu o rozpad promieniotwórczy izotopów długożyciowych, datowania radiowęglowe (^{14}C) szczątków organicznych i osadów węglanowych),
- (4) w geologii i hydrogeologii (określanie paleotemperatur utworów geologicznych i genezy złóż, badanie zbiorników wód podziemnych).

Student wcześniej powinien zaliczyć wykład z fizyki jądrowej.

LITERATURA:

1. W. Żuk (red.), Spektrometria mas i elektromagnetyczna separacja izotopów, PWN, Warszawa 1980.
2. C. J. Allegre, Isotope Geology, Cambridge University Press, Cambridge 2008.
3. J. Hoefs, Stable Isotope Geochemistry, Springer-Verlag, Berlin 2009.
4. A. Zuber (red.) Metody znacznikowe w badaniach hydrogeologicznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.

PRZEDMIOT: *Próżnia, emisja elektronowa i jonowa*

LICZBA GODZIN: 30WY

FORMA ZALICZENIA: egzamin ustny

GRUPA PRZEDMIOTÓW: specjalistyczne

PROWADZĄCY: prof. S. Hałas

OPRACOWANIE PRZYGOTOWAŁ: prof. S. Hałas

MINIMA PROGRAMOWE: brak wskazań

TREŚCI REALIZOWANE: Otrzymywanie i pomiary próżni, praca wyjścia – metale, stopy, klastery (C_{60}), termoemisja, fotoemisja, zimna emisja, opis matematyczny tych zjawisk (fizyka statystyczna), jonizacja termiczna atomów, termiczna dysocjacja molekuł, pomiary pracy wyjścia i elektroujemności, źródła jonów, elementy optyki jonowej.

OPIS ZAJĘĆ: Zajęcia są przewidziane dla studentów II (lub I) roku studiów uzupełniających pragnących uzupełnić swoją wiedzę nt. metod uzyskiwania wiązek elektronowych i jonowych, wybranych zagadnień fizyki powierzchni oraz klasterów. Celem wykładu jest zapoznanie studentów z elementami fizyki powierzchni i technikami badawczymi prowadzonymi w warunkach ultra wysokiej próżni. Wykład jest przeznaczony dla magistrantów wykonujących prace magisterskie z użyciem aparatury próżniowej.

Student wcześniej powinien zaliczyć wykład z fizyki ciała stałego.

LITERATURA:

1. W. Żuk (red.), Spektrometria mas i elektromagnetyczna separacja izotopów, PWN, Warszawa 1980.

2. S. Hałas, Technologia wysokiej próżni, PWN, Warszawa 1980 (nowe wydanie przygotowane do druku).
3. Artykuły oryginalne i przeglądowe w języku angielskim (będą podawane słuchaczom w trakcie prowadzenia wykładu).

9. *Nauczyciele akademicki Instytutu Fizyki*

W Instytucie Fizyki UMCS pracuje:

- 11 profesorów tytularnych
- 6 doktorów habilitowanych na stanowiskach profesorów nadzwyczajnych UMCS
- 7 doktorów habilitowanych na stanowiskach adiunktów
- 34 adiunktów ze stopniem doktora (+ 1/3 etatu)
- 4 starszych wykładowców
- 1 asystent

dr hab. Andrzej Baran

Zakład: Zakład Teorii Jądra Atomu

Stanowisko: prof. nadzw. UMCS

Kontakt: pokój: 313
 telefon: (81) 537-61-74
 e-mail: andrzej.baran@umcs.pl

dr hab. Krzysztof Bederski

Zakład Zakład Fizyki Molekularnej

Stanowisko: adiunkt /dr hab./

Kontakt: pokój: 502, 501
 telefon: (81) 537-61-25 (81) 537-55-68
 e-mail: krzysztof.bederski@umcs.pl

dr Waldemar Berej

Zakład Pracownia Dydaktyki Fizyki

Stanowisko: adiunkt

Kontakt: pokój: 353
 telefon: (81) 537-61-97
 e-mail: waldemar.berej@umcs.pl

prof. dr hab. Mieczysław Budzyński

Zakład: Zakład Metod Jądrowych
Stanowisko: profesor zwyczajny
Kontakt: pokój: 161, 36
telefon: (81) 537-61-93, (81) 537-62-20
e-mail: mieczyslaw.budzynski@umcs.pl

dr Józef Dąbek

Zakład Zakład Spektrometrii Mas
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 29
elefon: (81) 537-62-19
e-mail: jozef.dabek@umcs.pl

dr hab. Tadeusz Domański

Zakład: Zakład Teorii Fazy Skondensowanej
Stanowisko: prof. nadzw. UMCS
Kontakt: pokój: 314
telefon: (81) 537-62-35
e-mail: tadeusz.domanski@umcs.pl
strona www: <http://kft.umcs.lublin.pl/doman>

dr Krzysztof Gluch

Zakład: Zakład Fizyki Molekularnej
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 503, 055
telefon: (81) 537-50-32, (81) 537-62-91
e-mail: krzysztof.gluch@umcs.pl

prof. dr hab. Andrzej Góźdź

Zakład: Zakład Fizyki Matematycznej

Stanowisko: profesor zwyczajny
Kontakt: e-mail: andrzej.gozdz@umcs.lublin.pl

dr Wojciech Grudziński

Zakład: Zakład Biofizyki
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 213
telefon: (81) 537-62-50
e-mail: wojciech.grudzinski@umcs.pl
strona www: <http://tytan.umcs.lublin.pl/users/grudzio/>

prof. dr hab. Wiesław Ignacy Gruszecki

Zakład: Zakład Biofizyki
Stanowisko: profesor zwyczajny
Kontakt: pokój: 201
telefon: (81) 537-62-52
e-mail: wieslaw.gruszecki@umcs.pl

prof. dr hab. Stanisław Hałas

Zakład: Zakład Spektrometrii Mas
Stanowisko: profesor zwyczajny
Kontakt: pokój: 43
telefon: (81) 537-62-75
e-mail: stanislaw.halas@umcs.pl

prof. dr hab. Mieczysław Jalochowski

Zakład: Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur
Stanowisko: profesor zwyczajny
Kontakt: pokój: 404
telefon: (81) 537-62-85
e-mail: mieczyslaw.jalochowski@umcs.pl

dr hab. Bożena Jasińska

Zakład: Zakład Metod Jądrowych
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 42A
telefon: (81) 537-62-88
e-mail: bozena.jasinska@umcs.pl

dr Wiesława Korczak

Zakład: Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur
Stanowisko: starszy wykładowca
Kontakt: pokój: 52
telefon: (81) 537-61-44
e-mail: wieslawa.korczak@umcs.pl

dr hab. Zbigniew Korczak

Zakład: Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur
Stanowisko: prof. nadzw.UMCS
Kontakt: pokój: 405
telefon: (81) 537-61-32
e-mail: zbigniew.korczak@umcs.pl

dr Jerzy Kraśkiewicz

Zakład: Zakład Astrofizyki i Teorii Grawitacji
Stanowisko: starszy wykładowca
Kontakt: pokój: 303
telefon: (81) 537-61-63
e-mail: jerzy.kraskiewicz@umcs.pl

prof. dr hab. Stanisław Krawczyk

Zakład: Zakład Biofizyki
Stanowisko: prof. nadzw.UMCS

Kontakt: pokój: 212
telefon: (81) 537-62-53
e-mail: skraw@hektor.umcs.lublin.pl

dr Mariusz Krawiec

Zakład: Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur

Stanowisko: adiunkt

Kontakt: pokój: 410
telefon: (81) 537-61-46
e-mail: mariusz.krawiec@umcs.pl

dr Halina Krzyżanowska

Zakład: Zakład Fizyki Jonów i Implantacji

Stanowisko: adiunkt

Kontakt: pokój: 8
telefon: (81) 537-62-08
e-mail: HKRZYKAN@tytan.umcs.lublin.pl

dr Mirosław Kulik

Zakład: Zakład Fizyki Jonów i Implantacji

Stanowisko: adiunkt

Kontakt: pokój: 42B, 8
telefon: (81) 537-62-86, (81) 537-62-08
e-mail: mkulik@hektor.umcs.lublin.pl

dr Tomasz Kwapiński

Zakład: Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur

Stanowisko: adiunkt

Kontakt: pokój: 408
telefon: (81) 537-61-34
e-mail: tomasz.kwapinski@umcs.lublin.pl
strona www: <http://hektor.umcs.lublin.pl/~kwapin>

dr Rafał Luchowski

Zakład: Zakład Biofizyki
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 210, 208
telefon: (81) 537-62-47, (81) 537-61-62
e-mail: RAFALL@tytan.umcs.lublin.pl

dr Artur Markowski

Zakład: Zakład Fizyki Molekularnej
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 513, 501
telefon: (81) 537-61-53, (81) 537-55-68
e-mail: artmar1972@tlen.pl

dr hab. Jerzy Matyjasek

Zakład: Zakład Fizyki Matematycznej
Stanowisko: adiunkt /dr hab
Kontakt: pokój: 307
e-mail: jerzy.matyjasek@umcs.pl

dr Piotr Mazurek

Zakład: Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 410
telefon: (81) 537-61-46
e-mail: piotr.mazurek@umcs.pl

dr Lucjan Misiak

Zakład: Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur
Stanowisko: adiunkt

Kontakt: pokój: 52
telefon: (81) 537-61-44
e-mail: lucjan.misiak@umcs.pl

prof. dr hab. Krzysztof Murawski

Zakład: Zakład Astrofizyki i Teorii Grawitacji
Stanowisko: prof. nadzw.UMCS
Kontakt: pokój: 309
telefon: (81) 537-61-98
e-mail: kmur@kft.umcs.lublin.pl
strona www: <http://kft.umcs.lublin.pl/kmur/>

dr Krzysztof Paprocki

Zakład: Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 408
telefon: (81) 537-61-34
e-mail: krzysztof.paprocki@umcs.pl

dr Andrzej Pelc

Zakład: Zakład Spektrometrii Mas
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 29
telefon: (81) 537-62-19
e-mail: andrzej.pelc@umcs.pl

dr Tomasz Pieńkos

Zakład: Zakład Spektrometrii Mas
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 355
telefon: (81) 537-61-50
e-mail: tomasz.pienkos@umcs.pl

dr Marek Pietrow

Zakład: Zakład Metod Jądrowych
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 40
telefon: (81) 537-62-61
e-mail: MAREKP@tytan.umcs.lublin.pl

prof. dr hab. Bożena Pomorska

Zakład: Zakład Teorii Jądra Atomu
Stanowisko: profesor zwyczajny
Kontakt: pokój: 302
telefon: (81) 537-61-68
e-mail: Bozena.Pomorska@umcs.lublin.pl
strona www: <http://kft.umcs.lublin.pl/pomorska>

prof. dr hab. Krzysztof Pomorski

Zakład: Zakład Teorii Jądra Atomu
Stanowisko: profesor zwyczajny
Kontakt: pokój: 302
telefon: (81) 537-61-68
e-mail: POMORSKI@tytan.umcs.lublin.pl

dr Leszek Próchniak

Zakład: Zakład Astrofizyki i Teorii Grawitacji
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 312
telefon: (81) 537-61-64
e-mail: leszek.prochniak@umcs.pl

dr hab. Marek Rogatko

Zakład: Zakład Astrofizyki i Teorii Grawitacji
Stanowisko: prof. nadzw. UMCS

Kontakt: pokój: 314
telefon: (81) 537-62-35
e-mail: ROGAT@tytan.umcs.lublin.pl

dr hab. Jan Sielewiesiuk

Zakład: Zakład Biofizyki
Stanowisko: prof. nadzw.UMCS
Kontakt: pokój: 211
telefon: (81) 537-62-48
e-mail: jan.sielewiesiuk@umcs.pl

dr Anna Smolira

Zakład: Zakład Fizyki Molekularnej
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 511, 501
telefon: (81) 537-61-30, (81) 537-55-68
e-mail: abajuk@telelab.umcs.lublin.pl

dr Marek Sowa

Zakład: Zakład Fizyki Jonów i Implantacji
Stanowisko: starszy wykładowca
Kontakt: pokój: 9, 6
telefon: (81) 537-62-59, (81) 537-61-54
e-mail: marek.sowa@umcs.pl

dr Andrzej Staszczak

Zakład: Zakład Teorii Jądra Atomu
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 310
telefon: (81) 537-62-41
e-mail: andrzej.staszczak@umcs.pl

dr Zbigniew Surowiec

Zakład: Zakład Metod Jądrowych

Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 36
telefon: (81) 537-62-20
e-mail: zbigniew.surowiec@umcs.pl

prof. dr hab. Ryszard Taranko

Zakład: Zakład Teorii Fazy Skondensowanej
Stanowisko: prof. nadzw.
Kontakt: pokój: 315
telefon: (81) 537-62-43
e-mail: ryszard.taranko@umcs.pl

dr hab. Ewa Taranko

Zakład: Zakład Teorii Fazy Skondensowanej
Stanowisko: adiunkt /dr hab./
Kontakt: pokój: 315
telefon: (81) 537-62-43
e-mail: ewa.taranko@umcs.pl

dr Marcin Turek

Zakład: Zakład Fizyki Jonów i Implantacji
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 141, 050
telefon: (81) 537-62-56, (081) 537-62-13
e-mail: MTUREK@kft.umcs.lublin.pl

dr Michał Warda

Zakład: Zakład Teorii Jądra Atomu
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 310
telefon: (81) 537-62-41
e-mail: micchal.warda@umcs.pl

dr Jan Wawryszczuk

Zakład: Zakład Metod Jądrowych
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 33
telefon: (81) 537-62-25
e-mail: jan.wawryszczuk@umcs.pl

dr Marek Wiertel

Zakład: Zakład Metod Jądrowych
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 36
telefon: (81) 537-62-20
e-mail: marek.wiertel@umcs.pl

dr Małgorzata Wiertel

Zakład: Pracownia Dydaktyki Fizyki
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 355
telefon: (81) 537-61-50
e-mail: malgorzata.wiertel@umcs.pl

dr Arkadiusz Wiśniewski

Zakład: Pracownia Dydaktyki Fizyki
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 356
telefon: (81) 537-61-38
e-mail: arkadiusz.wisniewski@umcs.pl

dr hab. Leszek Wójcik

Zakład: Zakład Fizyki Molekularnej
Stanowisko: prof. nadzw.UMCS

Kontakt: pokój: 502, 501
telefon: (81) 537-61-25, (081) 537-55-68
e-mail: leszek.wojcik@umcs.pl

dr Artur Wójtowicz

Zakład: Zakład Spektrometrii Mas

Stanowisko: adiunkt

Kontakt: pokój: 34
telefon: (81) 537-62-97
e-mail: artur.wojtowicz@umcs.pl

dr hab. Zdzisław Wroński

Zakład: Zakład Fizyki Jonów i Implantacji

Stanowisko: adiunkt /dr hab./

Kontakt: pokój: 22, 254
telefon: (81) 537-62-92, (081) 537-61-48
e-mail: zdzislaw.wronski@umcs.pl

prof. dr hab. Karol Izydor Wysokiński

Zakład: Zakład Teorii Fazy Skondensowanej

Stanowisko: profesor zwyczajny

Kontakt: pokój: 308
telefon: (81) 537-62-36
e-mail: karol.wysokinski@umcs.pl
strona www: <http://serwisy.umcs.lublin.pl/karol.wysokinski>

dr Krystyna Zajac

Zakład: Zakład Fizyki Matematycznej

Stanowisko: starszy wykładowca

Kontakt: pokój: 303
telefon: (81) 537-61-63
e-mail: krystyna.zajac@umcs.pl

dr Radosław Zaleski

Zakład: Zakład Metod Jądrowych

Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 33
telefon: (81) 537-62-25
e-mail: radek@zaleski.umcs.pl

prof. dr hab. Mirosław Zaluźny

Zakład: Zakład Teorii Fazy Skondensowanej
Stanowisko: profesor zwyczajny
Kontakt: pokój: 306
telefon: (81) 537-62-34
e-mail: miroslaw.zaluzny@umcs.pl

dr Ryszard Zdyb

Zakład: Zakład Fizyki Powierzchni i Nanostruktur
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 402
telefon: (81) 537-61-31
e-mail: ryszard.zdyb@umcs.pl

dr Bożena Zgardzińska

Zakład: Zakład Metod Jądrowych
Stanowisko: adiunkt
Kontakt: pokój: 40
telefon: (81) 537-62-61
e-mail: bzgardzinska@interia.pl

dr hab. Jerzy Żuk

Zakład: Zakład Fizyki Jonów i Implantacji
Stanowisko: prof. nadzw.UMCS
Kontakt: pokój: 8
telefon: (81) 537-62-09
e-mail: JOTZET@tytan.umcs.lublin.pl