

STUDIA I STOPNIA NA KIERUNKU FIZYKA UW

Program został opracowany przez zespół w składzie:

Z. Ajduk, W. Bardyszewski, J. Dobaczewski, W. Dominik, K. Doroba, M. Jaroszyński, M. Kamińska, J. Kamiński, M. Kościelecki, P. Kowalczyk, J. Krolikowski, A. Majhofer, T. Matulewicz, T. Morek, K. Napiórkowski, M. Nawrocki, M. Olechowski, W. Pusz, G. Rohoziński, T. Rząca-Urban, Z. Szepliński, A. Szymacha, A. Witowski, R. Wysocki

I. CHARAKTERYSTYKA STUDIÓW

Studia pierwszego stopnia na kierunku fizyka UW trwają trzy lata i kończą się nadaniem tytułu licencjata (licencjat akademicki).

II. SYLWETKA ABSOLWENTA

Absolwent studiów pierwszego stopnia powinien:

- być dobrze przygotowany do kontynuowania studiów drugiego stopnia,
- posiadać obszerną wiedzę w dziedzinie fizyki i matematyki oraz umiejętność twórczego jej wykorzystania,
- być przygotowany do ustawicznego samokształcenia,
- być przygotowany do pracy w zespole badawczym,
- potrafić zastosować ściśle metody obliczeniowe do opisu stanu układu,
- potrafić samodzielnie analizować i rozwiązywać złożone problemy również spoza dziedziny fizyki,
- posiadać umiejętność programowania, korzystania z komputerowych baz informacyjnych, oraz umiejętność posługiwania się komputerami z różnymi systemami operacyjnymi,
- potrafić korzystać z literatury specjalistycznej, przygotować i wygłaszać referaty, również w języku angielskim.

III. RAMOWY PROGRAM KSZTAŁCENIA I PLAN STUDIÓW

Uwagi:

1. Punkty ECTS zostaną przypisane poszczególnym przedmiotom po wstępnym zaakceptowaniu zawartych w rozdziale V treści programowych.
2. Przypisane poszczególnym przedmiotom numery porządkowe ułatwią znalezienie odpowiadających im treści programowych w rozdziale IV. W końcowej wersji zostaną one zastąpione kodami USOSa.
3. W dalszej części stosowane są następujące oznaczenia:
W – wykład, Ć – ćwiczenia, L –laboratorium

1 semestr

Nazwa przedmiotu	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
11 - Matematyka I	4W + 8Ć	egzamin	
12 - Fizyka we współczesnym świecie	2W (pierwsze 8 tygodni)	zaliczenie na ocenę	
13 - Fizyka I	4Ć (pierwsze 8 tygodni) + 2Ć (pozostałe 7 tygodni)	egzamin	
14 - Szczególna teoria względności	2W+2Ć (przez ostatnie 7 tygodni)	egzamin	
15 - Pracownia komputerowa	3 Ć	Zaliczenie na ocenę	

2 semestr

Nazwa przedmiotu	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
21 - Matematyka II	6W + 6Ć	egzamin	
22 - Fizyka II a (Mechanika)	4W + 4Ć przez pół semestru	egzamin	
23 - Fizyka II b (Elektryczność i magnetyzm)	4W + 4Ć przez pół semestru	egzamin	
24 - Analiza niepewności pomiarowych i Pracownia wstępna	4(L + W)	zaliczenie na ocenę	

3 semestr

Nazwa przedmiotu	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
31 - Matematyka III	4W +4Ć	egzamin	
32 - Fizyka III (Drgania i fale)	3W+3Ć	egzamin	
33 - Mechanika klasyczna	3W+3Ć	egzamin	
34 - I Pracownia fizyczna A*	3L	zaliczenie na ocenę	
35 - Pracownia elektroniczna*	3L	zaliczenie na ocenę	

* Student powinien zaliczyć jedną z wymienionych pracowni.

4 semestr

Nazwa przedmiotu	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
41 - Fizyka IV (Podstawy fizyki kwantowej i budowy materii)	2W +2Ć	egzamin	
42 - Fizyka V (Termodynamika z elementami fizyki statystycznej)	3W+3Ć	egzamin	
43 - Matematyka IV	2W+2Ć	egzamin	
44 - I Pracownia fizyczna B	3L	zaliczenie na ocenę	
45 - Programowanie	4 (W+Ć)	zaliczenie na ocenę	

5 i 6 Semestr

Nazwa przedmiotu	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
51- Mechanika kwantowa (sem. 5)	4W +4Ć	egzamin	
52 - Wstęp do fizyki subatomowej I (sem. 5)	2W+1Ć	egzamin	
61 - Wstęp do optyki i fizyki ciała stałego (sem.6)	2W+1Ć	egzamin	
53 -II Pracownia fizyczna A (5 i 6 sem.)	*	Z	
62 - Elektrodynamika (sem. 6)	3W +3Ć	E	
54 - Astrofizyka (sem.5)	2W	E	
63 - Pracownia licencjacka (sem. 6)	6L	Z	
Zajęcia do wyboru **	≥6	E lub Z	
64 - Proseminarium licencjackie (sem. 6)	2	Z	
Praca licencjacka + egzamin licencjacki			

* 3 ćwiczenia w terminie uzgodnionym z Kierownikiem pracowni

** Na drugim i trzecim roku student powinien wybrać co najmniej 90 godzin zajęć z poniższej listy przedmiotów. Lista ta będzie uzupełniana/modyfikowana w zależności od rozwoju badań naukowych.

Nazwa przedmiotu	Liczba godzin w tygodniu	ECTS
Fizyczne metody w badaniach środowiska	2	
II Pracownia fizyczna B	9	
Termodynamika fenomenologiczna	4	
Podstawy hydrodynamiki	4	
Wstęp do kwantowej teorii układów wielu cząstek	4	
Mechanika ośrodków ciągłych	4	
Metody numeryczne	4	
Eksperyment fizyczny w warunkach ekstremalnych	2	
Wstęp do fizyki medycznej	4	
Wstęp do biofizyki	4	
Wstęp do geofizyki	2	
Elementy fizyki cząstek elementarnych	2	
Wstęp do teorii oddziaływań fundamentalnych	2	
Elementy fizyki jądrowej	2	
Nowe technologie	2	
Wstęp do fizyki środowiska	2	
Fizyka jądrowa w nowoczesnych technologiach i medycynie	2	
Wykłady monograficzne prowadzone na Wydziale Fizyki		

IV. Przedmioty ogólnouniwersyteckie, język angielski, wychowanie fizyczne

Oprócz przedstawionych powyżej przedmiotów podstawowych i kierunkowych do ukończenia studiów wymagane jest :

- zdanie egzaminu z języka angielskiego na poziomie B2 lub wyższym (2 ECTS)
- zaliczenie 120 godzin zajęć wychowania fizycznego
- zaliczenie przedmiotów ogólnouniwersyteckich (9 ECTS)

V. Treści kształcenia – Projekt

11 - Matematyka I ((4W+8Ć)/tydz. w pierwszym semestrze)

1. Wstęp

(Pierwsze dwa tygodnie ćwiczeń poświęcone powtórzeniu pewnych punktów programu szkolnego: własności trójmiany kwadratowego, wybranych funkcji elementarnych (funkcje trygonometryczne, wykładnicze i ich odwrotne).

- a) Elementy logiki i teorii zbiorów
- b) Indukcja matematyczna
- c) Relacje równoważności
- d) Funkcje i wykresy

2. Liczby rzeczywiste

- a) Ciągi i ich granice, przestrzenie metryczne
- zupełność zbioru liczb rzeczywistych
- b) Funkcje ciągłe.
- granica funkcji w punkcie, własności funkcji ciągłych na przedziale.

3. Rachunek różniczkowy funkcji jednej zmiennej

- a) Pochodna
- twierdzenia o wartości średniej, wzór Taylora.
- b) Funkcja pierwotna
- c) Badanie funkcji

4. Liczby zespolone

- wprowadzenie, działania, postać trygonometryczna.
- a) Funkcja wykładnicza
 - b) Pierwiastki wielomianów

5. Szeregi liczbowe

- a) Zbieżność, kryteria zbieżności.
- b) Działania na szeregach

6. Szeregi potęgowe

- a) Promień zbieżności
- b) Rozwinięcia podstawowych funkcji elementarnych.
- c) Całka Riemanna funkcji jednej zmiennej
- definicje; twierdzenie o związku całki Riemanna z funkcją pierwotną.

12 - Fizyka we współczesnym świecie (2W/tydz. przez pierwsze osiem tygodni pierwszego semestru)

Cykl wykładów (zrozumiałych dla absolwentów szkół średnich) prezentujących wyniki najciekawszych badaniach fizycznych.

13 - Fizyka I (4Ć/tydz. przez pierwsze osiem tygodni i 2Ć/tydz. przez następne 7 tygodni pierwszego semestru)

Nauka rozwiązywania zadań rachunkowych w oparciu o zagadnienia omawiane w programach szkolnych.

14 - Szczególna teoria względności ((2W + 2Ć)/tydz. przez ostatnie 7 tygodni pierwszego semestru)

1. Punkt materialny, zdarzenie, linia świata, czasoprzestrzeń. Iluzja (jednej) przestrzeni. Ciało swobodne. Linie świata ciał swobodnych (Zasada „bezwładności” Galileusza). Czasoprzestrzeń dwuwymiarowa. Równoległe linie świata. Parametryzacja linii świata ciał swobodnych (zegary). Uzgodnienie początków liczenia czasu na poszczególnych liniach świata. Numeracja linii świata. Współrzędne t i x . Inercjalny układ odniesienia.

2. Równouprawnienie różnych układów inercjalnych (zasada względności, też Galileusza). Implikacje tej zasady. Pojawienie się uniwersalnej stałej wymiarowej C . Trzy możliwe przypadki: $C < 0$, $C = 0$, $C > 0$. Trzy geometrie: Euklidesa, Galileusza, Minkowskiego (Einsteina). Relacje

$$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - Cv^2}}, \quad t = \frac{t' + CVx'}{\sqrt{1 - Cv^2}}. \text{ Niezmienniczość } t^2 - Cx^2 \text{ (Tw. Pitagorasa, bezwzględność czasu,}$$

względność czasu, dla $C < 0$, $C = 0$, $C > 0$.)

3. Składanie prędkości: $v = \frac{v' + V}{1 + CVv'}$. Doświadczenie Fizeau z płynącą wodą: $C = 1/c^2$. Sens

prędkości $c = 1/\sqrt{C}$. Jej niezmienniczość i charakter graniczny.

4. Konsekwencje kinematyczne geometrii Minkowskiego. Popularne paradoksy. Opis przewodnika z prądem w układzie spoczywających jonów i spoczywających (średnio) elektronów. Względność elektrycznej obojętności. Pojawienie się pola elektrycznego w układzie spoczywających elektronów. Siła Lorentza jako konsekwencja geometrii Minkowskiego. Doświadczenia Kohlrauscha – Webera.

5. Najprostsze oddziaływanie: sklejenie się dwóch punktów materialnych (i rozpad dwuciałowy). Czteroprędkość (w istocie zredukowana do „dwuprędkości”). Czysto geometryczne relacje między trzema dwuprędkościami sklejących się ciał. Masa. Pęd i energia.

6. Konsekwencje „relatywistycznych” praw zachowania w obszarze wysokich energii. Jak to wygląda w obszarze niskich energii. Nierelatywistyczne prawo zachowania energii. Energia wewnętrzna. Zderzenia sprężyste i niesprężyste.

7. Ciągła wymiana pędu w obszarze nierelatywistycznym. Definicja siły. $F \equiv \frac{dp}{dt}$. Oczywiście tzw.

prawa „akcji i reakcji”. Możliwości teoretyczne i fenomenologiczne wyznaczenia siły. Przykłady teoretycznego wyznaczenia siły (opór w ośrodku rozrzedzonym, ciśnienie gazu doskonałego, siła w procesie adiabatycznym). Przewidywanie ruchu, gdy poznana formuła sił zawiera tylko czas, położenia i prędkości. Siły w ogólniejszych sytuacjach adiabatycznych (oddziaływanie wolno poruszających się ładunków, wolno oscylujących ciał sprężystych). Energia potencjalna.

15 - Pracownia komputerowa (3Ć/tydz. w pierwszym semestrze)

1. **Podstawy budowy i działania komputera:** wykonywanie programów, programy jako ciągi czynności, czynności i rozkazy
2. **Struktura komputera (hardware):** pamięć - przechowywanie rozkazów i danych, procesor - wykonywanie rozkazów, urządzenia wejściowe i wyjściowe – komunikacja
3. **Wykorzystanie binarnego zapisu danych i rozkazów:** system dwójkowy (binarny), komórki dwustanowe i struktura pamięci, dane i rozkazy jako ciągi cyfr binarych
4. **Oprogramowanie (software):** uruchamianie programów, systemy operacyjne i aplikacje, procesy, wielozadaniowość i dostęp do zasobów, systemy z dużą liczbą użytkowników, powiązanie użytkowników z procesami, konta użytkowników i uwierzytelnianie, koncepcja praw dostępu
5. **Podstawy obsługi systemu Linux:** rejestracja użytkownika w systemie (login), powłoka i linia poleceń, katalogi i pliki, drzewo katalogowe, pliki wykonywalne i uruchamianie programów, prawa dostępu, konsola i graficzny interfejs użytkownika, praca w systemie Linux, konsole wirtualne, operowanie plikami z linii poleceń, wyjście i wejście dla programów -- strumienie, potoki i filtry, przydatne programy narzędziowe (grep, find, sort, diff), menedżery plików
6. **Przegląd standardowych aplikacji:** tworzenie i modyfikowanie plików tekstowych (joe, gedit, kate, emacs), tworzenie dokumentów, arkuszy kalkulacyjnych i prezentacji (OpenOffice.org), wykresy funkcji i wizualizacja danych (gnuplot, LabPlot), przeglądanie sieci WWW (Mozilla), tworzenie stron WWW (Mozilla, Quanta), wysyłanie i odbieranie poczty elektronicznej (Thunderbird), obliczenia numeryczne i symboliczne (Mathematica)
7. **Podstawy wykorzystania sieci komputerowych:**przesyłanie danych na odległość, przekształcanie danych w sygnały i odwrotnie, schemat nadawca-odbiorca, schemat klient-serwer, identyfikacja komputerów w sieci, konfiguracja połączenia z siecią w systemie Linux, najczęściej spotykane sposoby podłączania komputerów do sieci
8. **Zasady działania wybranych aplikacji sieciowych:** SSH, poczta elektroniczna, sieć WWW, FTP

21 - Matematyka II ((6W + 6Ć)/tydz. w drugim semestrze)

1. Podstawowe struktury algebraiczne

- działanie, element neutralny, element odwrotny, grupa (przykłady: grupa permutacji); wielomiany jako przykład pierścienia z jedyneką, stopień wielomianu, NWD; ciała liczb rzeczywistych i zespolonych.

2. Przestrzenie wektorowe rzeczywiste i zespolone

- a) Liniowa zależność i niezależność wektorów
- b) Baza, współrzędne wektora
- c) Układy równań liniowych
- d) Odwzorowania liniowe, macierze i wyznacznik
- e) Wartości i wektory własne
 - funkcje od macierzy
- f) Formy biliniowe i hermitowskie
 - dodatnia lub ujemna określoność formy kwadratowej, kryteria.
- g) Przestrzenie unitarne
 - norma, metryka

3. Równania różniczkowe zwyczajne

- warunek Lipschitza, zasada Banacha
- a) Twierdzenie o istnieniu rozwiązania
 - twierdzenie o istnieniu i jednoznaczność rozwiązania zagadnienia Cauchy,
 - różne sposoby zadawania warunków brzegowych (przykład: struna nieskończona w jednym wymiarze).
 - b) Elementarne metody rozwiązywania.
 - metoda iteracyjna
 - c) Równania różniczkowe liniowe i układy równań liniowych
 - twierdzenie o istnieniu rozwiązania, baza w przestrzeni rozwiązań, problem niejednorodny, równania wyższych rzędów, uzmiennianie stałej
 - równania o stałych współczynnikach, rozwiązania postaci $x(t) = e^{A(t-t_0)} x_0$ Wronskian; wzór Liouville'a.

4. Rachunek różniczkowy i całkowy funkcji rzeczywistych wielu zmiennych

- ciągłość funkcji wielu zmiennych; pochodne: mocna, kierunkowa, cząstkowa; pochodna funkcji złożonej, poziomic, gradient, wzór Taylora dla funkcji wielu zmiennych.
- a) Lokalna odwracalność odwzorowań
 - b) Funkcje uwikłane
 - twierdzenie o funkcji uwikłanej
 - c) Ekstrema funkcji wielu zmiennych
 - ekstrema zwykłe, uwikłane, opis krzywej i powierzchni, zamiana zmiennych, przestrzeń styczna, jacobian,
 - d) ekstrema związane, norma operatora.
 - e) Całki wielokrotne
 - zbiór miary Lebesgue'a zero, całka Riemanna na R^n ; funkcja charakterystyczna zbioru; twierdzenie o zamianie zmiennych, twierdzenie Fubinięgo.
 - f) Całki niewłaściwe i całki z parametrem.

22 - Fizyka II a (Mechanika) ((4W+4Ć)/tydz. w pierwszej połowę drugiego semstru)

1. Kinematyka ruchu postępowego i obrotowego

- a) Pojęcie punktu materialnego i bryły sztywnej.
- b) Opis ruchu. Układy odniesienia, wektor wodzący punktu, tor ruchu, droga, prędkość, przyspieszenie.
- c) Przykłady ruchów: ruch prostoliniowy, rzut w polu grawitacyjnym, ruch po okręgu.
- d) Ruch harmoniczny prosty, wahadło matematyczne.
- e) Ruch bryły sztywnej. Prędkość i przyspieszenie kątowe.

2. Dynamika punktu materialnego

- a) Siła, masa, przyspieszenie. Bezwładność, masa a ciężar.
- b) Zasady dynamiki Newtona, zasada zachowania pędu.
- c) Własności sprężyste ciał, wahadło sprężynowe.
- d) Opory ruchu, tarcie.
- e) Ruch ciał ze zmienną masą (rakiety).
- f) Siły działające w ruchu krzywoliniowym.
- g) Moment pędu i moment siły. Moment pary sił.
- h) Siły centralne. Ruch w nieinercjalnych układach odniesienia.

3. Praca i energia

- a) Praca.
- b) Energia kinetyczna, energia potencjalna (grawitacyjna w pobliżu powierzchni Ziemi, sprężystości).
- c) Zasada zachowania energii, siły zachowawcze.

4. Dynamika układu ciał

- a) Środek masy.
- b) Pęd i moment pędu układu ciał.
- c) Zagadnienie dwu ciał, masa zredukowana.
- d) Zderzenia.

5. Grawitacja

- a) Prawa Keplera.
- b) Siła grawitacji, pole grawitacyjne.
- c) Grawitacyjna energia potencjalna (przypadek ogólny).
- d) Ruchy planet i satelitów.
- e) Prędkości kosmiczne.

6. Statyka i dynamika bryły sztywnej

- a) Stany równowagi bryły sztywnej.
- b) Moment pędu bryły sztywnej, moment bezwładności, osie główne bezwładności.
- c) Równanie ruchu obrotowego bryły sztywnej.
- d) Energia kinetyczna w ruchu obrotowym.
- e) Ruch postępowo-obrotowy ciała sztywnego.
- f) Wahadło fizyczne.

23 - Fizyka II b (Elektryczność i magnetyzm) ((4W+4Ć)/tydz. w drugiej połowę drugiego semstru)

1. Wstęp matematyczny. Definicje: operator nabra, rotacja, strumień, twierdzenie Gaussa.
2. Elektrostatyka. Prawo Coulomba, prawo Gaussa, praca w polu sił, potencjał, pojemność przewodnika.
3. Pole elektryczne w obecności przewodników. $E=0$ wewnątrz przewodnika, ładunki na powierzchni, pole prostopadłe do powierzchni przewodnika, ostrza.
4. Pole elektryczne w obecności dielektryków. Dielektryk w kondensatorze płaskim, wektory E , P , D , wneki, pojemność kondensatora wypełnionego dielektrykiem.
5. Prąd stały. Równanie ciągłości, prawo Ohma, ciepło Joule'a, łączenie oporów, siła elektromotoryczna, prawa Kirchhoffa, zjawiska termoelektryczne.
6. Siły działające na przewodnik w polu magnetycznym. Siła Lorentza, siła Ampera, silnik prądu stałego, prawo Biota-Savarta, prawo Gaussa, prawo Ampera.
7. Prąd przemienny, indukcja elektromagnetyczna. Obwody prądu przemiennego, indukcyjność, indukcja wzajemna, transformator.
8. Podsumowanie – równania Maxwella.
9. Pole magnetyczne w materii.

24 - Analiza niepewności pomiarowych i Pracownia wstępna (4(L+W)/tydz. w drugim semestrze)

A. Analiza niepewności pomiarowych

1. Wprowadzenie: pomiar, rodzaje i źródła błędów pomiarowych, niepewność pomiaru.
2. Charakterystyki zbiorów danych liczbowych: mediana, średnia, średnie odchylenie standardowe. Graficzna prezentacja i analiza danych: wykresy z użyciem funkcyjnych skal na osiach, histogramy.
3. Przypomnienie podstaw rachunku prawdopodobieństwa. Składowa przypadkowa niepewności pomiaru (błąd przypadkowy). Rozkład Gaussa.
4. Wpływ efektów systematycznych na dokładność pomiaru: wprowadzanie poprawek i uwzględnianie ograniczonej dokładności przyrządów pomiarowych.
5. Metoda najmniejszych kwadratów i przykłady jej zastosowań: wyznaczanie średniej ważonej i współczynników zależności liniowej na podstawie danych pomiarowych).
6. Wprowadzenie do zagadnień statystycznego testowania hipotez: test 3σ i test χ^2 .

B. Pracownia wstępna

Program tej pracowni zostanie przesłany w późniejszym terminie.

31 - Matematyka III((4W + 4C)/tydz. w trzecim semestrze)

1. Krzywe i powierzchnie w \mathbb{R}^n

- g) Opis krzywej i powierzchni, przestrzeń styczna
- h) Ekstrema związane
- i) Pola skalarne i wektorowe
- j) Całkowanie po krzywych i powierzchniach, formy różniczkowe
- k) Analiza wektorowa w \mathbb{R}^3 , potencjały

2. Funkcje jednej zmiennej zespolonej

- a) Różniczkowalność w sensie zespolonym, równania Cauchy-Riemanna, analityczność
- b) Całki konturowe
- c) Szeregi Taylora i Laurenta, klasyfikacja punktów osobliwych
- d) Przedłużenie analityczne
- e) Twierdzenie o residuach i jego zastosowania

3. Szeregi Fouriera i transformata Fouriera

- a) Szeregi Fouriera
- b) Transformata Fouriera i jej własności
- c) Elementy teorii dystrybucji, delta Diraca

32 - Fizyka III (Drgania i fale) ((3W +3Ć)/tydz. trzeci semestr)

1. Drgania harmoniczne swobodne, tłumione, wymuszone, rezonans – opis, przykłady fizyczne.
2. Drgania złożone, zasada superpozycji, dudnienia, polaryzacja.
3. Drgania nieliniowe, drgania samowzbudne, rezonans parametryczny.
4. Drgania sprzężone.
5. Ruch chaotyczny wahadła.
6. Ruch falowy, równanie falowe, fala harmoniczna, fala płaska, fala .biegnąca i stojąca (1D,2D, 3D), propagacja energii.
7. Fale sprężyste, tłumienie, odbicie, zmiana ośrodka.
8. Fale w gazie, efekt Dopplera, elementy akustyki.
9. Elementy analizy fourierowskiej.
10. Dyspersja, fala w ośrodku nieciągłym.
11. Fale elektromagnetyczne, równanie falowe, fala biegnąca i stojąca,, polaryzacja, energia fali, wektor Poyntinga, efekt Dopplera.
12. Optyka falowa, interferencja, dyfrakcja, Fraunhofera i Fresnela, holografia.
13. Optyka geometryczna, prawa optyki geometrycznej, odbicie i załamanie światła, zwierciadła i soczewki, aberracja sferyczna, pryzmat, aberracja chromatyczna.
14. Polaryzacja światła, wzory Fresnela, dwójłomność naturalna i wymuszona, aktywność optyczna.

33 - Mechanika klasyczna ((3W +3C) trzeci semestr)

1. Mechanika nierelatywistyczna układu punktów materialnych: opis ruchu w różnych układach współrzędnych, względność ruchu – zależność wektora położenia, prędkości i przyspieszenia punktu materialnego od układu odniesienia; zasady dynamiki, układy inercjalne, przekształcenia Galileusza, zasada względności Galileusza, zasada przyczynowości; układy nieinercjalne i siły bezwładności; więzy, siły reakcji więzów, zasada d'Alemberta, równania Lagrange'a I rodzaju; przestrzeń konfiguracyjna, równania Lagrange'a II rodzaju, lagranżjan, zasady zachowania; położenia równowagi, małe drgania wokół położenia równowagi trwałej.
2. Mechanika nierelatywistyczna bryły sztywnej: ruch bryły sztywnej; pęd, moment pędu i energia kinetyczna bryły sztywnej, tensor momentu bezwładności; równania ruchu, lagranżjan, przykłady ruchu bryły sztywnej.
3. Mechanika analityczna i mechanika relatywistyczna: elementy rachunku wariacyjnego, działanie, zasada Hamiltona i równania ruchu jako równania Eulera-Lagrange'a, zasada Jacobiego; twierdzenie Noether, przekształcenia Galileusza jako przekształcenia symetrii i zasady zachowania dla układu n punktów materialnych; przekształcenie Legendre'a, przestrzeń fazowa, hamiltonian, równania kanoniczne Hamiltona; nawiasy Poissona, ogólne równanie mechaniki, twierdzenie Poissona-Jacobiego; równanie Hamiltona-Jacobiego i metoda rozdzielania zmiennych; chaos deterministyczny; czasoprzestrzeń, przekształcenia Poincarégo; zasada względności Einsteina, zasady dynamiki relatywistycznej; lagranżjan i hamiltonian cząstki relatywistycznej w polu elektromagnetycznym, przykłady ruchu takiej cząstki.
4. Elementy mechaniki ośrodków ciągłych: ośrodek ciągły, opis Lagrange'a i Eulera; pola przemieszczenia, prędkości, przyspieszenia, tensora odkształceń i tensora prędkości odkształceń; zasada zachowania masy; równanie ruchu i tensor naprężeń, symetria tensora naprężeń, zasada zachowania energii; równania materiałowe dla ciał sprężystych i płynów – prawa Hooke'a, Pascala, Naviera-Stokesa; przykłady: odkształcenia ciał sprężystych, statyka płynów, przepływy płynów doskonałych i płynów lepkich, fale w ciałach sprężystych i płynach doskonałych.

34 - I Pracownia Fizyczna A (3L/tydz.)

I Pracownia fizyczna A obejmuje wykonanie 6 zadań, z których każde wykonuje się podczas dwu kolejnych 3-godzinnych sesji. Student wykonuje każde z sześciu zadań indywidualnie w dwu kolejnych tygodniach. Pierwszy termin jest przeznaczony na wykonanie części pomiarów, po czym student opracowuje uzyskane wyniki eksperymentu i z gotowym fragmentem raportu uzupełnia pomiary i raport. W drugim terminie student kończy zadanie.

W tej części Pracowni studenci wykonują proste eksperymenty z zakresu mechaniki, ciepła, elektryczności i optyki. Zadania tej części Pracowni to:

- Mechanika
 - Wyznaczanie gęstości ciał stałych i cieczy
 - Badanie rzutu ukośnego.
 - Sprawdzanie II zasady dynamiki
 - Badanie rzutu ukośnego
 - Badanie drgań harmoniczych

- Ciepło
 - Wyznaczanie ciepła topnienia lodu
 - Wyznaczanie ciepła właściwego ciał stałych
 -

- Elektryczność
 - Badanie obwodu RLC
 - Prawo Joule'a

- Optyka
 - Wyznaczanie ogniskowych soczewek i układów soczewek
 - Doświadczenie Younga
 - Badanie widm próbek gazowych przy pomocy spektrometru

41 - Fizyka IV (Podstawy fizyki kwantowej i budowy materii) ((2W + 2Ć)/tydz. w czwartym semestrze)

1. Dualizm falowo-korpuskularny.

- a) Promieniowanie ciała czarnego, teoria Rayleigha-Jeansa, wzór Plancka.
- b) Zjawisko fotoelektryczne, zjawisko Comptona.
- c) Dyfrakcja i interferencja fotonów i mikrocząstek - omówienie eksperymentów. Mikroskop elektronowy.
Fale materii - hipoteza de Broglie'a, prędkość fazowa i prędkość grupowa fal de Broglie'a, paczka falowa.
- d) Interpretacja Borna funkcji falowej. Zasada nieoznaczoności Heisenberga, zasada odpowiedniości.

2. Równanie Schrödingera w zastosowaniach do problemów jednowymiarowych.

- a) Cząstka swobodna.
- b) Próg potencjału, bariera, efekt tunelowy, rozpad α . Mikroskop tunelowy.
- c) Stany związane: cząstka w jednowymiarowej jamie potencjalnej, skończonej i nieskończonej. Deuteron.
- d) Poziomy energetyczne kwantowego oscylatora harmonicznego.

3. Wartości własne dla kwadratu momentu pędu i jego rzutu.

4. Atom wodoru.

- a) Poziomy energetyczne atomu wodoru.
- b) Widma emisyjne i absorpcyjne, serie widmowe, energia jonizacji, doświadczenie Francka-Hertza.
- c) Porównanie modelu Bohra z modelem kwantowym.

5. Spin cząstek.

- a) Doświadczenie Sterna-Gerlacha, spin.
- b) Zakaz Pauliego.
- c) Atom helu (omówienie jakościowe).

6. Struktura energetyczna jąder atomowych, cząsteczek, ciał stałych.

42 - Fizyka V (Termodynamika z elementami fizyki statystycznej) ((3W + 3Ć)/tydz. w czwartym semestrze)

- 1. Opis układu termodynamicznego:** Sposób opisu właściwości układów makroskopowych przez termodynamikę fenomenologiczną oraz przez fizykę statystyczną; pojęcie układu termodynamicznego, parametry i funkcje stanu; równowaga termodynamiczna i termiczna; dochodzenie do stanu równowagi (czas relaksacji), zerowa zasada termodynamiki.
- 2. Równowaga termodynamiczna w opisie statystycznym:** Zależność liczby stanów od energii – model drabinkowy, zależność liczby stanów od energii dla gazu doskonałego, postulat równego prawdopodobieństwa, cząstka w równowadze z bardzo dużym termostatem – rozkład kanoniczny Gibbsa, obliczanie średniej energii, rozkład Maxwella, rozkład Boltzmanna, paramagnetyzm ciał.
- 3. Statystyki kwantowe:** Statystyka Bosego-Einsteina, gaz fotonowy, statystyka Fermiego-Diraca, gaz elektronowy.
- 4. Temperatura empiryczna i własności ciał fizycznych zależne od temperatury:** Pojęcie temperatury empirycznej i jej pomiar, skala Celsjusza i Fahrenheita, termometry zbudowane na podstawie różnych parametrów termometrycznych ciał (rozszerzalność objętościowa ciał i termometry cieczowe, rozszerzalność ciał stałych i model tej rozszerzalności oraz termometry bimetaliczne, zależności temperaturowe oporu elektrycznego metali i półprzewodników oraz termometry oporowe, termopary, promieniowanie cieplne ciał i pirometry, ciekłe kryształy i wskaźniki barwne, temperaturowe zmiany parametrów gazów i termometr gazowy), skala Kelvina; ekstremalne temperatury we Wszechświecie i w laboratoriach.
- 5. Międzynarodowa skala temperatur:** Obowiązująca jednostka, stosowane właściwości temperaturowe ciał oraz punkty temperaturowe.
- 6. Równanie stanu układu:** Pojęcie równania stanu, parametry stanu, pojęcie ciśnienia, prawo Pascala, ciśnienie w obszarze działania siła grawitacyjnych, prawo Archimedes, ciśnienie w zbiornikach z cieczą, wzór barometryczny; hydrodynamika, równanie Bernoulliego, równanie stanu gazu doskonałego, równania stanu gazów rzeczywistych, parametry krytyczne, pojęcie fazy i przejścia fazowego, powierzchnie p-V-T dla substancji rzeczywistych, powierzchnie stanów i właściwości wybranych substancji (woda, hel, węgiel, siarka).
- 7. Pierwsza zasada termodynamiki:** Pojęcie energii wewnętrznej, wyznaczenie energii wewnętrznej jednoatomowego gazu doskonałego według teorii kinetycznej, pojęcie pracy w termodynamice, pojęcie ciepła w układzie wielocząstkowym, przenoszenie ciepła, I zasada termodynamiki.
- 8. Ciepło molowe i ciepło przemian fazowych:** Definicja ciepła molowego, pomiary ciepła molowego, ciepła molowe gazu doskonałego i przemiana adiabatyczna, ciepła molowe gazów rzeczywistych jednoatomowych, gazów i cieczy wieloatomowych, ciał stałych – zależności temperaturowe. Ciepło przemian fazowych.
- 8. Maszyny cieplne:** Procesy kwazistatyczne i odwracalne. Silniki cieplne (czterosuwowy silnik benzynowy, cykl Carnota, silnik Sterlinga). Pompy cieplne (lodówka Carnota, pompa cieplna w zastosowaniu domowym, lodówka domowa).
- 9. Entropia:** Entropia jako funkcja stanu – definicja entropii w termodynamice fenomenologicznej. Entropia w ujęciu fizyki statystycznej. Przemiany gazu doskonałego we współrzędnych T-S. Maksymalna sprawność silników cieplnych. Entropia w procesach odwracalnych i nieodwracalnych.
- 10. Druga zasada termodynamiki:** Różne sformułowania II zasady termodynamiki, temperatura termodynamiczna.
- 11. Zagadnienia transportu:** Różne zjawiska transportu i prawa nimi rządzące (przewodnictwo elektryczne, cieplne, dyfuzja, lepkość). Przewodnictwo ciepłe – mechanizmy fizyczne transportu cieplnego. Przewodnictwo cieplne ciał. Stany nieustalone i stan ustalony przewodnictwa cieplnego.
- 12. Niskie temperatury:** Możliwości osiągania niskich temperatur. Pojęcie entalpii. Efekt Joule’a-Thomsona. Skraplarka.
- 13. Trzecia zasada termodynamiki:** Postulat Nernsta i Plancka.
- 14. Termodynamiczne parametry układu:** Ścisłe definicje temperatury i innych parametrów intensywnych charakteryzujących układ

43 - Matematyka IV ((2W + 2Ć)/tydz. w czwartym semestrze)

1. Elementy teorii przestrzeni Hilberta

- a) Zagadnienie Sturma—Liouville'a
- b) Wielomiany ortogonalne

2. Równania fizyki matematycznej

- a) Wybrane funkcje specjalne

44 - I Pracownia Fizyczna B (3L/tydz. w czwartym semestrze)

I Pracownia fizyczna B obejmuje wykonanie 11 zadań, z których każde wykonuje się w trakcie 3-godzinnej sesji. Praca domowa obejmuje przygotowanie raportu, który student oddaje w kolejnym tygodniu. W tej części Pracowni studenci wykonują trudniejsze eksperymenty wprowadzające niekiedy do zagadnień fizyki współczesnej.

Zadania tej części Pracowni to:

- Mechanika
 - Badanie wahadeł sprzężonych.
 - Wyznaczanie współczynnika lepkości metodą Stokesa.
 - Badanie drgań struny.
 - Badanie drgań poprzecznych pręta.
 - Wyznaczanie prędkości dźwięku w powietrzu
- Ciepło
 - Badanie promieniowania różnych ciał w funkcji temperatury (wyznaczanie stałej Stefana Boltzmanna).
 - Wyznaczanie przewodnictwa cieplnego miedzi.
- Elektryczność
 - Badanie drgań relaksacyjnych przy pomocy oscyloskopu.
- Optyka
 - Interferencyjny pomiar krzywizny soczewki (pierścienie Newtona).
 - Wyznaczenie współczynnika załamania rutilu dla promienia zwyczajnego i nadzwyczajnego metodą kąta najmniejszego odchylenia przy użyciu spektrometru.
 - Wyznaczanie współczynnika załamania interferometrem Michelsona.
- Półprzewodniki
 - Wyznaczanie charakterystyk diod prostowniczych (germanowej, krzemowej oraz diody Zenera).
 - Badanie własności fotodiody.
 - Charakterystyka prądowa i oporowa termistora.
 - Wyznaczanie grubości cienkiej warstwy krzemu metodami optycznymi.
 - Wyznaczanie przewodnictwa właściwego i stałej Halla dla półprzewodników.
 - Wyznaczanie przerwy energetycznej InSb.
- Mikrofale
 - Badanie skręcenia płaszczyzny polaryzacji mikrofal o długości 3 cm pod wpływem pola magnetycznego (efekt Faraday'a).
 - Badanie polaryzacji fal elektromagnetycznych (światła i mikrofal o długości 3 cm).
 - Badanie współczynnika załamania mikrofal w parafinie metodą kąta najmniejszego odchylenia.
 - Wyznaczanie długości fali z pomocą interferometru Michelsona
 - Mikrofalowe doświadczenie Younga
- Fizyka jądrowa
 - Statystyka zliczeń promieniowania jądrowego przy pomocy licznika Geigera-Müllera.
 - Wyznaczanie stężenia radonu w powietrzu

45 - Programowanie ((2W + 2Ć)/tydz. w czwartym semestrze)

- 1. Od pomysłu do programu:** algorytmy, języki programowania, zapisanie programu, kompilacja, uruchomienie, preprocesor
- 2. Istotne informacje:** odwrotny ukośnik na końcu wiersza, komentarze, polecenia preprocesora, zastępowanie pewnych fragmentów tekstu innymi, czyli makrodefinicje, dołączanie zawartości innych plików
- 3. Elementy składowe języka:** identyfikatory, słowa kluczowe, literały, separatory i operatory, nowe mechanizmy w C++
- 4. Pierwszy program:** struktura programu w języku C/C++, funkcja main(), styl kodowania, deklaracje i wyrażenia, deklaracje zmiennych i obiektów, sposób deklarowania zmiennych, miejsce deklarowania zmiennych, zasłanianie nazw
- 5. Zmienne i typy danych:** zmienne, całkowite typy danych, zmiennoprzecinkowe typy danych, złożone typy danych
- 6. Instrukcje:** warunkowe wykonanie instrukcji, instrukcja wyboru, instrukcje iteracyjne, instrukcje „break” , „continue” i „go to”
- 7. Funkcje:** wywołanie funkcji, powrót do miejsca wywołania, zignorowanie rezultatu, rekurencja
- 8. Adresy, wskaźniki i referencje:** adres zmiennej, wskaźniki i tablice, sposób deklarowania tablic, operacje na wskaźnikach, operator indeksowania, zapisywanie wartości elementów tablicy, napisy, referencje, zmienne dynamiczne, porównanie własności zmiennych lokalnych i zmiennych dynamicznych, tworzenie i usuwanie zmiennych dynamicznych
- 9. Klasy i obiekty:** klasa liczb zespolonych, definiowanie metody, konstruktory i destruktory, dziedziczenie
- 10. Nieprzewidziane sytuacje**

51 - Mechanika kwantowa ((4W +4Ć)/tydz. w piątym semestrze)

1. Postulaty i aparat matematyczny mechaniki kwantowej:

przestrzenie Hilberta; wektory stanu; bazy; notacja Diraca; funkcja falowa; operator gęstości; probabilistyczna interpretacja funkcji falowej; wielkości mierzalne – operatory; zagadnienie własne dla operatorów; wartości własne ciągłe i dyskretne; układy zupełne stanów własnych; pomiar – redukcja stanu układu; stany czyste i mieszane; zasada nieoznaczoności; nierówności Bella; paradoks EPR.

2. Ewolucja czasowa układu kwantowego:

równanie falowe Schrödingera; stany stacjonarne; obrazy: Schrödingera i Heisenberga; równanie ciągłości; symetrie i zasady zachowania; ewolucja czasowa paczki falowej; twierdzenie Ehrenfesta; tunelowanie

3. Moment pędu:

Operator momentu pędu; związki komutacyjne; widmo; dodawanie momentów pędu; orbitalny moment pędu i spin; przykład: ruch w polu sił centralnych.

4. Rozwiązywanie zagadnień własnych – widmo dyskretne:

jednowymiarowe studnie potencjału; metoda wielomianów; oscylator harmoniczny (także metodą operatorową); funkcje kuliste; problemy dwuciałowe; atom wodoropodobny.

5. Rozwiązywanie zagadnień własnych – widmo ciągłe:

jednowymiarowe studnie i bariery potencjału; współczynniki przejścia i odbicia; rozpraszanie w trzech wymiarach; metoda fal parcjalnych; rozpraszanie kulombowskie

6. Układy wielu cząstek:

układy identycznych cząstek; bozony i fermiony; symetrie funkcji falowej; zakaz Pauliego

7. Metody przybliżone:

stacjonarny rachunek zaburzeń; przypadek z degeneracją; zjawisko Starka; zjawisko Zeemana; metoda wariacyjna - atom helopodobny; metoda WKB; rachunek zaburzeń z czasem; przybliżenie Borna

52 - Wstęp do fizyki subatomowej I ((2W + 1Ć)/tydz. w piątym semestrze)

1. Świat zjawisk subatomowych: skale wielkości i metody obserwacji, podstawowe składniki materii i ich oddziaływania.
2. Oddziaływanie cząstek naładowanych i fotonów z materią.
3. Kwarki i gluony, oddziaływania silne, podstawy budowy mezonów i barionów.
4. Leptony, oddziaływania słabe, łamanie parzystości.
5. Siły jądrowe: oddziaływanie nukleon-nukleon, deutron.
6. Jądro atomowe jako układ protonów i neutronów:
Energia wiązania jąder atomowych, model kroplowy.
Jądra stabilne i radioaktywne: typy promieniotwórczości.
Wzbudzenia jąder atomowych: model powłokowy, rotacyjny, superdeformacja.
7. Reakcje jądrowe
8. Narzędzia badań subatomowych: akceleratory i detektory (wykład w ŚLCJ).
9. Nukleosynteza podczas Wielkiego Wybuchu i w gwiazdach.
10. Energetyka jądrowa, medycyna jądrowa i inne zastosowania.

53 – II Pracownia fizyczna (9L/tydz.)

W ramach Pracowni studenci wykonują pod opieką asystentów doświadczenia z pięciu podstawowych działów: fizyki ciała stałego, optyki, fizyki jądrowej, badań struktury sieci krystalicznej i fizyki cząstek elementarnych. Czas wykonania ćwiczenia wynosi od dwóch do czterech tygodni. Ćwiczenia wykonywane są indywidualnie. Zaliczenie następuje na podstawie opisu końcowego ćwiczenia, który ma formę doniesienia naukowego.

54 – Astrofizyka (2W/tydz. w piątym semestrze)

- 1. Przedmiot astrofizyki**, źródła danych astronomicznych, zdolność rozdzielcza teleskopu, rodzaje teleskopów, astronomiczne jednostki miar.
- 2. Kosmografia:** od Układu Słonecznego do granic obserwowalnego Wszechświata; paralaksa i aberracja światła, ekspansja Wszechświata i prawo Hubble'a
- 3. Newtonowski model kosmologiczny**
- 4. Modele relatywistyczne i geometria Wszechświata:** przesunięcie ku czerwieni; równania Friedmana
- 5. Ciemna materia:** galaktyki i ich układy; pomiar stałej Hubble'a oparty na obserwacjach supernowych; diagram Hubble'a
- 6. Standardowy model gorącego Wszechświata:** cząstki reliktowe; pierwotna nukleosynteza; promieniowanie reliktowe
- 7. Wytworzenie struktury w jednorodnym Wszechświecie**
- 8. Soczewkowanie grawitacyjne**
- 9. Galaktyki o aktywnych jądrach**
- 10. Czarne dziury w galaktykach aktywnych i nie tylko**
- 11. Galaktyka**
- 12. Budowa i ewolucja gwiazd;** problem neutrin ze Słońca
- 13. Inne ważne problemy:** pulsary radiowe; fale grawitacyjne "podwójnego" pulsara; poza słoneczne układy planetarne

61 - Wstęp do optyki i fizyki ciała stałego (2W + 1Ć/tydz. w szóstym semestrze)

1. Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią - opis mikroskopowy: współczynniki Einsteina "półklasycznie" i kwantowo, opis makroskopowy: funkcja dielektryczna, transmisja i odbicie. Świecenie obiektów - kształt linii widmowej, poszerzenie jednorodne i poszerzenie niejednorodne. Kwantowy wzmacniacz optyczny i generator optyczny - laser.
2. Stany atomów wodoru i metali alkalicznych. Reguły wyboru, widma atomowe. Wpływ zaburzeń na strukturę energetyczną poziomów atomowych - efekt Starka, Kerra, Zeemana i Faradaya.
3. Opis stanów atomów wieloelektronowych - oddziaływanie wymiany, przybliżenie pola centralnego, oddziaływanie spin-orbita, sprzężenie LS i jj – termy atomowe.
4. Atomy rydbergowskie.
5. Cząsteczki - przybliżenia adiabatyczne i Borna-Oppenheimera, stany elektronowe (wiązania), ruch jąder (drgania i rotacje).
6. Struktury periodyczne, sieci Bravais, baza, komórka elementarna i komórka prosta, symetrie układów periodycznych.
7. Oddziaływanie z promieniowaniem Roentgena - dyfrakcja promieni na gazie atomowym i cząsteczkowym, dyfrakcja na strukturach periodycznych (warunki Lauego i sieć odwrotna, strefy Brillouina).
8. Kryształy - wiązania w kryształach, struktura pasmowa kryształów (twierdzenie i funkcje Blocha), badania struktury pasmowej, swobodne nośniki, przewodnictwo kryształów (model Drudego), domieszkowanie, drgania sieci (model Debye'a).

62 - Elektrodynamika (3W +3Ć/tydz. w szóstym semestrze)

1. **Podstawy elektrodynamiki klasycznej:** Ładunek elektryczny, gęstość ładunku i gęstość prądu. Równanie ciągłości (zasada zachowania ładunku elektrycznego). Siła Lorentza, pole elektryczne **E** i pole magnetyczne **B**. Równania Maxwella. Energia pola elektromagnetycznego, wektor Poyntinga, zasada zachowania energii. Potencjały skalarny i wektorowy pola elektromagnetycznego. Cechowanie potencjałów. Równania Poissona i d'Alemberta.
2. **Elektrostatyka mikroskopowa:** Prawo Coulomba, całka Poissona. Rozwinięcie multipolowe potencjału elektrostatycznego. Twierdzenie Earnshowa. Zagadnienia brzegowe Dirichleta i Neumanna. Wzory Greena i funkcje Greena. Metoda obrazów. Metody rozwiązywania równania Poissona.
3. **Elektrodynamika mikroskopowa (ładunków w ruchu):** Zagadnienie początkowe Cauchy'ego. Ogólne rozwiązanie niejednorodnego równania falowego przy zadanych warunkach początkowych i brzegowych. Efekty włączeniowe. Potencjały opóźnione. Potencjały Liénarda-Wiecherta. Uogólnione prawa Coulomba i Biota-Savarta. Potencjały i pola kwazistatyczne i promieniowania. Rozwinięcie multipolowe dla potencjałów. Zjawisko promieniowania.
4. **Podstawy elektrodynamiki makroskopowej:** Makroskopowe pole elektromagnetyczne. Makroskopowa gęstość ładunku. Polaryzacja elektryczna ośrodka materialnego, pole **D**. Makroskopowa gęstość prądu. Magnetyzacja ośrodka, pole **H**. Makroskopowe równania Maxwella. Warunki graniczne na powierzchniach nieciągłości. Równania materiałowe ośrodka. Przewodniki i dielektryki. Diamagnetyki i paramagnetyki. Makroskopowe równanie energii.
5. **Fale elektromagnetyczne:** Monochromatyczna fala płaska. Polaryzacja fali. Transport energii w fali. Fale w dielektrykach. Odbicie i załamanie na granicy ośrodków. Zjawisko dyspersji i tłumienia fali. Fale w ośrodkach przewodzących. Fale w skończonej przestrzeni. Dyfrakcja. Falowody i rezonatory.
6. **Formalizm relatywistyczny:** Czterosiła Lorentza. Czterotensor pola elektromagnetycznego. Czteropotencjały. Transformacje Lorentza pól i potencjałów. Niezmienniki pola elektromagnetycznego. Związek z formalizmem trójwymiarowym.

63 – Pracownia licencjacka

Indywidualna praca z opiekunem pracy licencjackiej.

64 – Proseminarium licencjackie

Celem proseminarium jest przygotowanie studentów do samodzielnego prezentowania wyników naukowych.