

FIZYKA: 6-SEMESTRALNE STUDIA LICENCJACKIE I STOPNIA**TREŚCI PROGRAMOWE****(dla cykli kształcenia rozpoczynających się od roku akademickiego 2019/2020)**

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1	Algebra 1	Elementy logiki formalnej i teorii mnogości. Struktury algebraiczne. Liczby zespolone. Macierze i wyznaczniki. Liniowa zależność i niezależność. Układy równań liniowych i algorytmy ich rozwiązywania. Podstawy przestrzeni liniowych.
2	Algebra 2	Przekształcenia liniowe i ich struktura. Realizacje macierzowe operatorów liniowych. Zmiana bazy w przestrzeni i jej implikacje dla realizacji macierzowej operatora. Formy liniowe, dwuliniowe i kwadratowe. Przestrzenie z iloczynem skalarnym. Przestrzenie unitarne, euklidesowe, ich geometria i symetrie. Elementy teorii grup. Wstęp do teorii grup Liego.
3	Wstęp do algebry	Język matematyki. Układy równań liniowych. Wektory i macierze. Zapis macierzowy układów równań. Wektory w trzech wymiarach. Iloczyn skalarny, iloczyn wektorowy. Rzeczywiste przestrzenie wektorowe. Liniowa niezależność. Baza i wymiar. Przekształcenia liniowe. Macierze przekształceń. Działania na macierzach. Macierze nieosobliwe. Macierz odwrotna. Rozwiązywanie układów równań liniowych metodami macierzowymi. Wzory Cramera. Liczby zespolone. Funkcje zespolone: pierwiastki zespolone, logarytm i potęga. Równania algebraiczne drugiego i trzeciego rzędu. Wartości własne i wektory własne. Diagonalizacja macierzy. Rzeczywiste i zespolone przestrzenie wektorowe z iloczynem skalarnym. Liniowe przekształcenia w przestrzeniach zespolonych. Przekształcenia hermitowskie i unitarne. Rozkład spektralny przekształceń hermitowskich.
4	Analiza matematyczna 1	Zbiory liczbowe, liczby rzeczywiste, funkcje liczbowe, równania i nierówności liczbowe. Ciągi i szeregi nieskończone. Granica funkcji, funkcje ciągłe i ich własności. Pochodne funkcji, szereg Taylora, ekstrema lokalne. Całka nieoznaczona i oznaczona, całki niewłaściwe, zastosowania całek.
5	Analiza matematyczna 2	Geometria i topologia n-wymiarowych przestrzeni euklidesowych. Funkcje wielu zmiennych, funkcje o wartościach wektorowych. Różniczkowanie funkcji wielu zmiennych, badanie ekstremów i ekstremów warunkowych. Geometria krzywych, krzywizna, torsja, równania Freneta. Całkowanie skalarnych funkcji wielu zmiennych, twierdzenie Fubiniego, zamiana zmiennych. Całki krzywoliniowe, powierzchniowe i objętościowe pól wektorowych. Twierdzenia Greena, Stokesa i Gaussa. Funkcje zmiennej zespolonej, pochodna zespolona, pojęcie funkcji analitycznej. Własności funkcji analitycznych, twierdzenie Cauchy'ego, wzór całkowy Cauchy'ego. Osobliwości i reszta, twierdzenie o reszcie i jego zastosowania.
6	Analiza matematyczna 3	Równania różniczkowe zwyczajne: równania i układy równań liniowych, metoda szeregów potęgowych. Równania różniczkowe cząstkowe i szeregi Fouriera: równanie struny drgającej i przewodnictwa cieplnego. Szeregi Fouriera i przestrzenie Hilberta. Operatory różniczkowe na przestrzeniach funkcji. Zastosowania do analizy rozwiązań równań różniczkowych. Przekształcenie Fouriera i równania cząstkowe. Dystrybucje w matematyce i fizyce teoretycznej.
7	Matematyka 1	Liczby rzeczywiste, zbiory liczbowe, funkcje elementarne, równania i nierówności. Funkcje i ich własności, granice, ciągłość, podstawowe twierdzenia. Pochodne funkcji, rozwinięcia funkcji w szeregi potęgowe, ekstrema, wykresy. Całki nieoznaczone i oznaczone, interpretacja geometryczna i zastosowanie całek.
8	Matematyka 2	n-wymiarowe przestrzenie euklidesowe. Funkcje wielu zmiennych, funkcje o wartościach wektorowych. Różniczkowanie funkcji wielu zmiennych, badanie ekstremów i ekstremów warunkowych. Geometria krzywych, równania Freneta. Całkowanie skalarnych funkcji wielu zmiennych, zamiana zmiennych. Całki krzywoliniowe,

		powierzchniowe i objętościowe pól wektorowych. Twierdzenia Greena, Stokesa i Gaussa. Funkcje zmiennej zespolonej, pochodna zespolona, pojęcie funkcji analitycznej. Własności funkcji analitycznych, twierdzenie Cauchy'ego, wzór całkowy Cauchy'ego. Osobliwości i reszta, twierdzenie o reszcie i jego zastosowania.
9	Matematyka 3	Równania różniczkowe zwyczajne i funkcje specjalne. Szeregi Fouriera i przestrzenie funkcji. Operatory różniczkowe na przestrzeniach funkcji. Równania różniczkowe cząstkowe, dystrybucje, szeregi Fouriera i transformata Fouriera. Przykłady zastosowań równań różniczkowych cząstkowych w fizyce: równania Laplace'a, Poissona, przewodnictwa cieplnego, falowe i Schroedingera.
10	Pracownia komputerowa metod matematycznych 1	Podstawowe komendy programu Wolfram Mathematica. Podstawowe rutyny umożliwiające przeprowadzenie rachunków z analizy matematycznej, obliczanie pochodnych, całek, zbadanie przebiegu zmienności funkcji, rozwinięcie funkcji w szereg. Podstawowe funkcje pozwalające obliczać granicę oraz badać przebieg zbieżności szeregów. Podstawowe rutyny pozwalające przedstawiać wyniki w postaci audiowizualnej. Niezbędne elementy języka programowania Wolfram Mathematica.
11	Pracownia komputerowa metod matematycznych 2	Podstawowe komendy i funkcje programu Wolfram Mathematica. Rutyny umożliwiające rozwiązywanie i analizę równań różniczkowych oraz ich wizualizację, rozwiązywanie analitycznie i numerycznie równania falowego z zadanymi warunkami brzegowymi. Pakiet funkcji specjalnych programu Wolfram Mathematica. Pakiet poświęcony analizie Fourierowskiej.
12	Elementy rachunku prawdopodobieństwa	Elementy kombinatoryki. Prawdopodobieństwo warunkowe. Zdarzenia statystycznie niezależne. Prawdopodobieństwo całkowite. Wzór Bayesa. Schemat Bernoulliego. Rozkład dwumianowy. Rozkład normalny. Rozkład Poissona. Dyskretne i ciągłe zmienne losowe i ich rozkłady. Niezależne zmienne losowe. Wartość oczekiwana i wariancja zmiennej losowej. Momenty zmiennych losowych. Kowariancja i współczynnik korelacji. Nierówność Markowa. Nierówność Czebyszewa. Prawo wielkich liczb. Centralne twierdzenie graniczne.
13	Rachunek prawdopodobieństwa	Pojęcie prawdopodobieństwa, przestrzeń probabilistyczna. Prawdopodobieństwo warunkowe, losowa niezależność zdarzeń, wzór Bayesa. Zmienne losowe dyskretne i ciągłe, charakterystyki liczbowe. Zmienne losowe dwuwymiarowe, rozkłady brzegowe, zmienne losowe niezależne, kowariancja, współczynnik korelacji. Ciągi zmiennych losowych i ich zbieżność, prawa wielkich liczb, centralne twierdzenie graniczne.
14	Podstawy statystyki i analizy danych	Prawdopodobieństwo warunkowe, prawdopodobieństwo całkowite, twierdzenie Bayesa. Badanie statystyczne. Dane ilościowe i jakościowe. Zmienne losowe dyskretne i ciągłe. Podstawowe rozkłady zmiennych losowych. Momenty. Twierdzenia graniczne. Standaryzowany rozkład normalny. Dwuwymiarowy rozkład normalny. Podstawy statystyki opisowej. Obserwacje nietypowe. Metody wizualizacji danych. Podstawowe zasady projektowania doświadczeń. Wprowadzenie do teorii estymacji, estymatory i ich właściwości, przedziały ufności. Ogólne zasady testowania hipotez statystycznych, poziom istotności. Wybrane testy zgodności. Wybrane nieparametryczne i parametryczne testy istotności dla dwóch niezależnych i zależnych prób. Podstawowe metody doboru próby statystycznej. Moc testu statystycznego, szacowanie wielkości próby. Jedno- i dwuczynnikowa analiza wariancji, testy <i>post hoc</i> . Elementarna analiza danych jakościowych. Wprowadzenie do metod regresyjnych.
15	Podstawy opracowania danych pomiarowych	Pomiary fizyczne bezpośrednie i pośrednie. Podstawowe pomiary bezpośrednie i przyrządy pomiarowe (m.in. suwmiarka, śruba mikrometryczna, stoper ręczny). Wyniki pomiarów: cyfry znaczące, obliczenia z uwzględnieniem cyfr znaczących. Niepewności i błędy pomiarowe. Rozkład normalny, odchylenie standardowe. Szacowanie niepewności pomiarów bezpośrednich. Szacowanie niepewności pomiarów pośrednich. Pomiary niezależne i zależne oraz szacowanie ich niepewności. Podstawowe pomiary elektryczne i przyrządy pomiarowe używane w pracowni studenckiej. Graficzna prezentacja wyników pomiarów, zasady sporządzania wykresów. Regresja liniowa i metoda najmniejszych kwadratów – praktyczne wprowadzenie do metody regresji liniowej prostej.

16	Podstawy analizy danych – praktyczne warsztaty	Dane ilościowe i jakościowe. Elementy statystyki opisowej. Identyfikacja obserwacji nietypowych. Metody wizualizacji danych. Ogólne zasady testowania hipotez statystycznych. Wybrane testy zgodności. Wybrane nieparametryczne i parametryczne testy istotności dla dwóch niezależnych i zależnych prób. Podstawowe metody doboru próby statystycznej. Moc testu statystycznego, szacowanie wielkości próby. Jednoczynnikowa analiza wariancji (ANOVA) i testy <i>post hoc</i> . Podstawowe metody analizy danych jakościowych. Wprowadzenie do metod regresyjnych.
17	Numeryczna analiza danych	Analiza podstawowych własności szeregów czasowych (badanie stacjonarności, własności rozkładów, istnienia trendów oraz okresowości). Modelowanie prostych szeregów czasowych. Analiza własności fraktalnych i multifraktalnych szeregów czasowych (wykładnik Hursta H , uogólniony wykładnik Hursta $h(q)$, wykładnik spektrum mocy β , wykładnik Höldera α , spektrum multifraktalne $f(\alpha)$). Badanie własności korelacji długozasięgowych w szeregu czasowym. Praktyczne zastosowanie metod analizy fluktuacyjnej w obróbce danych (DFA, DMA, MFDFA), metoda renderowania fraktalnego RMD (ang. random mid-point displacement).
18	Mechanika	Kinematyka ruchu postępowego i obrotowego. Dynamika punktu materialnego. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej. Energia, pęd i moment pędu – zasady zachowania. Siły sprężystości i tarcia. Ciężenie powszechne. Ruch w polu sił centralnych. Ruch w nieinercyjnych układach odniesienia. Ruch drgający. Ciecze i ciała stałe. Mechanika cieczy i gazów. Podstawy szczególnej teorii względności.
19	Termodynamika	Podstawowe pojęcia termodynamiczne. Pierwsza zasada termodynamiki, ciepło molowe gazów, procesy izoparametryczne. Równanie gazu doskonałego i rzeczywistego (równanie van der Waalsa), parametry krytyczne i skraplanie gazów. Cykl Carnota, sprawność silnika cieplnego, sformułowanie drugiej zasady termodynamiki. Bezwzględna skala temperatur. Ciepło zredukowane, entropia, związek entropii z prawdopodobieństwem termodynamicznym. Potencjały termodynamiczne. Przemiany fazowe. Reguła faz Gibbsa. Kinetyczna teoria gazów, prawdopodobieństwo termodynamiczne. Zespoły statystyczne: mikrokanoniczny, kanoniczny, wielki kanoniczny. Ruchy Browna. Statystyka Maxwella-Boltzmanna – przestrzeń fazowa, gęstość stanów, rozkład Boltzmanna. Rozkład Maxwella (szybkość średnia, prędkość najbardziej prawdopodobna, prędkość średnia kwadratowa), doświadczenie Sterna. Zasada ekwipartycji energii. Zjawiska transportu w gazach rozrzedzonych: dyfuzja i przewodnictwo cieplne. Siły spójności, napięcie powierzchniowe, włoskowatość.
20	Elektryczność i magnetyzm	Elektrostatyka: ładunek elektryczny, prawo Coulomba, pole elektryczne, potencjał elektryczny, prawo Gaussa, pola kondensatory i pojemność, dielektryki w polu elektrycznym, energia pola elektrycznego. Prądy elektryczne: natężenie prądu i gęstość prądu, prawo zachowania ładunku, prawo Ohma, oporność właściwa materiałów i opór elektryczny, przewodnictwo elektryczne w metalach, elektrolitach i gazach, siła elektromotoryczna, obwody prądu stałego, prawa Kirchhoffa. Pole magnetyczne: indukcja magnetyczna, strumień pola magnetycznego, siła Lorentza, efekt Halla, siła elektrodynamiczna, źródła pola magnetycznego, prawo Ampera, prawo Biota-Savarta. Indukcja elektromagnetyczna: prawo Faradaya, reguła Lenza, prądy wirowe, generator prądu zmiennego, indukcja wzajemna i samoindukcja, transformator, energia pola magnetycznego. Równania Maxwella: uniwersalne prawo indukcji, prąd przesunięcia, fale elektromagnetyczne i transport energii, doświadczenie Hertza. Obwody prądu zmiennego: drgania wymuszone i rezonans w obwodach RLC, obwody prądu zmiennego, moc i energia w obwodach prądu zmiennego. Pola elektryczne i magnetyczne w ośrodkach materialnych: polaryzacja dielektryka, podatność elektryczna, piezoelektryczność i elektrostrykcja, ferroelektryki; magnetyzacja, podatność magnetyczna, paramagnetyzm, diamagnetyzm, ferromagnetyzm.
21	Fale	Fale mechaniczne: typy fal mechanicznych, matematyczny opis fali mechanicznej, prędkość, energia, interferencja, rezonans, dudnienia, fale stojące, fala na granicy dwóch ośrodków, efekt Dopplera, fala uderzeniowa. Fale elektromagnetyczne: natura światła, matematyczny opis fali elektromagnetycznej, prędkość, energia, widmo, odbicie i załamanie, interferencja, dyfrakcja, dyspersja, polaryzacja, zasada Huygensa-Fresnela, efekt Dopplera, optyka geometryczna, podstawowe przyrządy optyczne, kryształy dwójłomne, holografia.

22	Fizyka atomu, jądra i cząstek elementarnych	Fizyka atomu: atomowa struktura materii; nieklasyczne zjawiska i koncepcja fotonu; widma atomowe; modele atomu, model atomu Rutherforda-Bohra; atom wodoru w mechanice kwantowej – fale de Broglie’a, równanie Schrödingera; spin elektronu, subtelna struktura energetyczna atomu; atomy wieloelektronowe; atom w polu magnetycznym; promieniowanie rentgenowskie; lasery. Fizyka jądra atomowego: właściwości jąder atomowych; modele jądra atomowego; spontaniczne przemiany jądrowe; oddziaływanie promieniowania jądrowego z materią; reakcje jądrowe; rozszczepienie jąder i energetyka jądrowa; synteza jąder i energetyka termojądrowa (plazmowa); wybrane metody jądrowe fizyki fazy skondensowanej. Cząstki elementarne i fundamentalne: klasyfikacja cząstek i oddziaływań między nimi.
23	Podstawy fizyki 1	Wielkości fizyczne i ich charakter; wielkości wektorowe i podstawowe operacje na wektorach; opis ruchu po prostej, na płaszczyźnie i w przestrzeni; zasady dynamiki i ich zastosowanie do analizy ruchu; inercjalne i nieinercjalne układy odniesienia; siły bezwładności; praca, energia kinetyczna i potencjalna, zasada zachowania energii mechanicznej i jej stosowanie; zasada zachowania pędu; zderzenia i ich analiza; dynamika bryły sztywnej; zasada zachowania momentu pędu i jej zastosowania; prawo grawitacji; prawa Keplera; ruch satelitów; pole grawitacyjne; ruch harmoniczny prosty; drgania tłumione i wymuszone, rezonans mechaniczny; składanie drgań; statyka i dynamika płynów; temperatura i ciepło; transport ciepła; gaz doskonały i jego model; przemiany gazowe; I i II zasada termodynamiki.
24	Podstawy fizyki 2	Ładunki elektryczne a struktura materii, przewodniki i izolatory. Oddziaływania ładunków, prawo Coulomba. Pole elektryczne: natężenie pola, linie pola, strumień elektryczny. Prawo Gaussa i jego zastosowania. Wyznaczanie natężenia pola elektrycznego wytworzonego przez dyskretne i ciągłe rozkłady ładunków. Ładunek punktowy i dipol elektryczny w jednorodnym i niejednorodnym polu elektrycznym. Zachowawczość pola elektrostatycznego, energia potencjalna układu ładunków. Potencjał elektrostatyczny, związki pomiędzy potencjałem a natężeniem pola, obliczanie potencjału dla różnych rozkładów ładunku. Rozkład ładunków na przewodnikach, przewodnik w polu elektrycznym, metoda obrazów. Kondensatory, pojemność, energia pola elektrycznego. Dielektryk w polu elektrycznym, pole elektryczne w ośrodku dielektrycznym, indukcja elektryczna i polaryzacja ośrodka. Prąd elektryczny: model Drudego przewodnictwa metali, natężenie i gęstość prądu, opór i oporność przewodnika, prawo Ohma, obwody prądu stałego, reguły Kirchhoffa i ich zastosowania, przemiany energetyczne w obwodach. Pole magnetyczne: indukcja magnetyczna, linie pola, strumień magnetyczny, prawo Gaussa dla magnetyzmu. Siła Lorentza, siła magnetyczna działająca na przewodnik z prądem, dipol magnetyczny w jednorodnym i niejednorodnym polu magnetycznym. Efekt Halla. Źródła pola magnetycznego: prawa Biot-Savarta i Ampera i ich zastosowania. Pole magnetyczne w ośrodku, natężenie pola magnetycznego i magnetyzacja ośrodka, materiały magnetyczne: para-, dia- i ferromagnetyki. Indukcja elektromagnetyczna, prawo Faradaya i jego zastosowania, indukowane pole elektryczne. Indukcyjność i samoindukcja, cewka indukcyjna, energia pola magnetycznego. Obwody prądu zmiennego: reaktancje elementów obwodu i moc na nich wydzielana, rezonans w obwodzie RLC, dobroć obwodu. Równania Maxwella w postaci całkowitej i różniczkowej.
25	Podstawy fizyki 3	Fale rozchodzące się na strunie i na sprężynie, fale podłużne w prętach, fale dźwiękowe w gazie, fale na powierzchni wody, fale elektromagnetyczne. Matematyczny opis i analiza fali w jednym wymiarze: funkcja falowa, klasyczne równanie falowe i jego rozwiązania, zasada superpozycji, fala biegnąca i stojąca, dudnienia, zjawisko Dopplera, dyspersja, prędkość fazowa, prędkość grupowa. Częstota własne i drgania własne: przykłady układów o jednym, dwóch i nieskończonej liczbie stopni swobody, rezonatory. Wnioski z równań Maxwella dla elektromagnetycznej fali płaskiej: polaryzacja, energia i ciśnienie fali elektromagnetycznej, widmo elektromagnetyczne. Optyka geometryczna. Zasada Huygensa, zasada Fermata, polaryzacja światła. Interferencja fal od dwóch źródeł punktowych, rzeczywistych i pozornych, interferencja w cienkich warstwach, interferometry. Dyfrakcja w przybliżeniu Fraunhofera, siatka dyfrakcyjna. Analiza interferencji i dyfrakcji za pomocą diagramów wskazowych; zastosowanie liczb zespolonych i transformaty Fouriera.

26	Podstawy fizyki 4	Podstawy teorii względności. Fotony, elektrony i atomy – absorpcja i emisja fotonów, widma, model atomu Bohra. Falowa natura cząstek – fale de Broglie’a, dyfrakcja elektronów, funkcje falowe i równanie Schrödingera. Cząstka w pudle potencjału, tunelowanie. Atom wieloelektronowy, spin elektronu, efekt Zeemana. Struktura ciał stałych, wiązania, swobodne elektrony, półprzewodniki. Własności jąder atomowych – promieniotwórczość, reakcje jądrowe, rozszczepienie i synteza jąder atomowych. Cząstki elementarne i fundamentalne (leptony, kwarki). Przyspieszacze i detektory.
27	Elementy astronomii i astrofizyki	Gwiazdy i gwiazdozbiory, układy współrzędnych sferycznych, skala jasności gwiazd, jasność absolutna. Rodzaje fal elektromagnetycznych, widmo ciągłe gwiazd. Metody detekcji widma gwiazd, widmo liniowe gwiazd, diagram Hertzsprunga-Russella. Wyznaczanie masy gwiazd, zależność masa-jasność, wyznaczanie promienia gwiazd, skład chemiczny gwiazd. Model atmosfery gwiazdy. Warunki panujące we wnętrzu gwiazdy, reakcje syntezy termojądrowej (cykl pp, CNO, 3 α), transport energii z wnętrza gwiazdy, zjawisko konwekcji. Modele wnętrza gwiazdowych. Rodzaje energii gwiazd, kontrakcja gwiazdy na ciąg główny, ewolucja gwiazdy o zadanej masie, degeneracja jądra gwiazdy. Późne stadia ewolucji gwiazd, mgławice planetarne, białe karły, wybuch supernowej, gwiazdy neutronowe, czarne dziury. Gwiazdy zmienne pulsujące. Gwiazdy kataklizmiczne. Aktywność Słońca. Układ Słoneczny. Galaktyka: budowa, rotacja, wiek; gromady kuliste, gromady otwarte, asocjacje gwiazd, Lokalna Grupa Galaktyk, klasyfikacja galaktyk. Ekspansja Wszechświata, stała Hubble’a, modele kosmologiczne.
28	Podstawy chemii	Podstawowe prawa chemii. Układ okresowy. Budowa atomów wieloelektronowych. Wiązania chemiczne i oddziaływania międzycząsteczkowe. Wiązania wodorowe. Rodzaje reakcji chemicznych, stopień utlenienia. Reakcje redoks, półogniwa i ogniwa elektrochemiczne. Kinetyka reakcji chemicznych. Reakcje katalityczne, reakcje enzymatyczne. Równowaga chemiczna. Dysocjacja mocnych i słabych elektrolitów. Iloczyn jonowy wody. Kwasy i zasady. Sprężone pary kwasowo-zasadowe. Roztwory buforowe. Roztwory koloidalne. Szereg homologiczny. Rzędowość atomów węgla. Węglowodory nasycone (alkany), węglowodory nienasycone (alkeny, alkiny), węglowodory cykliczne. Węglowodory aromatyczne, aromatyczność. Izomeria – rodzaje, stereoisomeria, enancjomery, chiralność, konfiguracja absolutna. Alkohole, aldehydy, ketony, aminy, etery, kwasy karboksylowe (podstawowe reakcje i nomenklatura), estry, reakcje estryfikacji, tłuszcze. Aminokwasy, cukry, białka (wiązanie peptydowe, łańcuchy polipeptydowe, struktura białka). Kwasy nukleinowe. Elementy spektroskopii jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR).
29	I Pracownia fizyczna 1	Ćwiczenia eksperymentalne obejmujące zagadnienia z dwóch działów fizyki: mechaniki oraz ciepła. W zakres ćwiczenia wchodzi opracowanie teoretyczne jego problematyki, zestawienie układu pomiarowego, wykonanie pomiarów, opracowanie i analiza danych pomiarowych, dyskusja i interpretacja wyników, wyciągnięcie wniosków oraz sporządzenie pisemnego sprawozdania z wykonanego ćwiczenia.
30	I Pracownia fizyczna 2	Ćwiczenia eksperymentalne obejmujące zagadnienia z dwóch działów fizyki: elektryczności oraz optyki. W zakres ćwiczenia wchodzi opracowanie teoretyczne jego problematyki, zestawienie układu pomiarowego, wykonanie pomiarów, opracowanie i analiza danych pomiarowych, dyskusja i interpretacja wyników, wyciągnięcie wniosków oraz sporządzenie pisemnego sprawozdania z wykonanego ćwiczenia.
31	II Pracownia fizyczna 1	Ćwiczenia eksperymentalne na poziomie zaawansowanym, w tym doświadczenia będące powtórzeniem historycznych eksperymentów o przełomowym znaczeniu dla rozwoju fizyki (np. doświadczenie Francka-Hertza, doświadczenie Millikana) oraz doświadczenia polegające na wyznaczaniu wartości stałych uniwersalnych (stała Plancka, ładunek właściwy elektronu) lub stałych materiałowych (współczynnik przewodnictwa cieplnego metali, stała Halla półprzewodników, temperatura i stała Curie ferroelektryka). W zakres wykonywanego samodzielnie przez studenta ćwiczenia wchodzi opracowanie teoretyczne jego problematyki, zestawienie układu pomiarowego, wykonanie pomiarów, opracowanie i analiza danych pomiarowych, dyskusja i interpretacja wyników, wyciągnięcie wniosków oraz sporządzenie pisemnego sprawozdania z wykonanego ćwiczenia.

32	Mechanika teoretyczna	Formalizm Newtona. Więzy i formalizm Lagrange'a. Kąty Eulera i ruch bryły sztywnej. Formalizm Hamiltona, przekształcenia kanoniczne. Elementy mechaniki relatywistycznej. Małe drgania.
33	Mechanika kwantowa 1	Doświadczalne podstawy mechaniki kwantowej. Postulaty mechaniki kwantowej, matematyczny opis stanów i obserwabli, interpretacja fizyczna formalizmu. Rozwój układu w czasie, obrazy, równania Schrödingera i Heisenberga. Problemy jednowymiarowe (oscylator harmoniczny, swobodne pakiety falowe, próg, bariera i studnia potencjału). Moment pędu w mechanice kwantowej. Ruch w polu sił centralnych, atom wodoru bez spinu.
34	Mechanika kwantowa 2	Funkcja falowa, stany czyste i mieszane, macierz gęstości. Teoria pomiaru i dekoherencja. Spin (podstawy doświadczalne, opis spinowych stopni swobody, składanie spinów, oddziaływanie spinu z polem elektromagnetycznym, magnetyczny rezonans spinowy). Częstki identyczne, związki spinu ze statystyką; bozony i fermiony. Stacjonarny rachunek zaburzeń (zjawisko Starka, struktura subtelna atomu wodoru, anomalny efekt Zeemana, struktura nadsubtelna atomu wodoru). Rachunek zaburzeń zależny od czasu (zaburzenia okresowe, jonizacja i zjawisko fotoelektryczne). Rozpraszanie (przekrój czynny i amplituda rozpraszania, przybliżenie Borna, rozpraszania na potencjale kulombowskim, pole sił centralnych i fale parcjale).
35	Fizyka statystyczna	Podsumowanie termodynamiki stanów równowagowych w podejściu gibbsowskim. Zasady mechaniki statystycznej stanów równowagowych - metoda zespołów Gibbsa, związki zespołów z termodynamiką, rola granicy termodynamicznej. Klasyczne zespoły i rozkłady Gibbsa: mikrokanoniczny, kanoniczny, wielki kanoniczny, izobaryczny. Kwantowe zespoły i rozkłady Gibbsa: mikrokanoniczny, kanoniczny, wielki kanoniczny.
36	Elementy mechaniki teoretycznej i STW	Wprowadzenie do podstawowych pojęć fizyki teoretycznej: czasoprzestrzeń, absolutność i względność czasu i przestrzeni, równoważność układów inercjalnych. Geometria czasoprzestrzeni Galileusza. Teoretyczne podstawy mechaniki Newtona. Twierdzenie Koeniga. Praca i droga. Siły potencjalne. Prawa zachowania. Całkowanie układów jednowymiarowych. Oscylator harmoniczny tłumiony. Zagadnienie ruchu w polu sił centralnych. Prawa Keplera. Wprowadzenie do układów z więzami i mechanika Lagrange'a. Pojęcie symetrii i jej związku z zachowanymi wielkościami. Hamiltonian i równania Hamiltona. Eksperyment Michelsona-Morleya. Wprowadzenie do szczególnej teorii względności i czasoprzestrzeni Minkowskiego. Transformacje Lorentza. Kontrakcja Fitzgeralda-Lorentza, dylatacja czasu.
37	Fizyka kwantowa	Podstawowe cechy fizyki klasycznej – ciągłość, kauzalność, zasada analizy. Zjawiska łamiące zasady klasycznego opisu świata. Modele kwantowe – próg potencjału, bariera potencjału (tunelowanie cząstki), studnia potencjału, oscylator harmoniczny, model Bohra, atom wodoru (według równania Schroedingera), kwantowy moment pędu, spin cząstek, efekty Zeemana i Starka. Zespół kanoniczny i promieniowanie ciała doskonale czarnego. Atomy wieloelektronowe – układ okresowy pierwiastków.
38	Elementy fizyki statystycznej	Elementy termodynamiki: podstawowe założenia i pojęcia, zasady termodynamiki, równanie fundamentalne i potencjały termodynamiczne. Podstawowe założenia fizyki statystycznej. Zespoły statystyczne. Kwantowa fizyka statystyczna. Kanoniczne modele: gaz doskonały (klasyczny, kwantowy), oscylator harmoniczny (klasyczny, kwantowy), ciepło właściwe, model Isinga. Przejścia fazowe i wykładniki krytyczne. Symulacje komputerowe – metoda Monte Carlo, perkolacje.
39	Metody matematyczne fizyki teoretycznej	Przestrzenie unormowane i unitarne, przestrzenie Hilberta i Banacha oraz ich przestrzenie dualne. Szczegółowa teoria całki Lebesgue'a, całka Lebesgue'a a różniczkowanie, funkcje absolutnie ciągłe. Przestrzeń szeregów sumowalnych z kwadratem, przestrzeń funkcji całkowalnych z kwadratem. Dowody zupełności obydwu przestrzeni. Algebra ograniczonych operatorów liniowych na przestrzeniach Hilberta, projektory ortogonalne, operatory samosprężone, operatory unitarne, operatory nieograniczone. Elementy analizy spektralnej: spektrum operatora, wartości własne, twierdzenie spektralne. Matematyczne aspekty mechaniki kwantowej: przestrzeń stanów czystych, dowód samosprężoności operatora pędu.

40	Elektrodynamika klasyczna	Wprowadzenie do podstawowych zasad względności oraz mechaniki relatywistycznej. Ładunek w polu elektromagnetycznym. Równania pola elektromagnetycznego. Stałe pole elektromagnetyczne. Fale elektromagnetyczne. Pole poruszających się ładunków.
41	Optyka kwantowa	Struktura teorii kwantowej: obserwable, stany czyste, stany mieszane. Układy złożone, stany splątane. „Nieklasyczne” aspekty mechaniki kwantowej: łamanie nierówności Bella, „kontekstualność”, teleportacja stanów. Kwantowe pole elektromagnetyczne, fotony. Stany pola fotonowego: stan termiczny, stany spójne, stany ściśnięte. Dwumodowe stany ściśnięte: realizacja stanów EPR. Teleportacja stanów w przypadku ciągłym. Realizacja optyczna. Oddziaływanie atomów z fotonami: model Rabiego, model Jaynesa–Cummingsa. Eksperymentalne potwierdzenie przewidywań modelu Jaynesa–Cummingsa. Wytwarzanie stanów splątanych atomów. Układy otwarte: wpływ otoczenia na układy atomowe. Ewolucja czasowa układów otwartych. Równanie Lindblada. Równanie Lindblada dla atomów dwupoziomowych.
42	Wstęp do geometrii różniczkowej	Pojęcie różniczkowości. Kiełki odwzorowań. Krzywe na rozmaitościach. Wektory styczne jako klasy równoważności krzywych i jako derywacje. Wiązka styczna. Wiązki wektorowe. Pola wektorowe. Potoki zadane przez pola wektorowe. Pola i potoki powiązane. Nawias Liego. Pochodna Liego. Dystrybucje na rozmaitościach. Całkowalność i twierdzenie Frobeniusa. Formy różniczkowe. Pochodna kowariantna.
43	Fizyka fazy skondensowanej 1	Struktura kryształów: komórka prymitywna, sieć, baza, struktura, symetrie punktowe, sieci Bravais’ego, wskaźniki Millera płaszczyzn krystalograficznych, podstawowe struktury krystaliczne. Sieć odwrotna: dyfrakcja fal na kryształach, warunki dyfrakcji Bragga i Lauego, sieć odwrotna, strefa Brillouina. Wiązania chemiczne w kryształach: rodzaje wiązań w kryształach, potencjał Lenarda-Jonesa, energia spójności, energia Madelunga. Drgania sieci krystalicznej: drgania sieci jednowymiarowej, związek dyspersyjny, sieć z bazą dwuatomowa, drgania akustyczne i optyczne, kwantowanie drgań sieci, fonony, rozkład Plancka, gęstość stanów fononowych, model Debye’a ciepła właściwego ciał stałych. Gaz elektronów swobodnych: energia Fermiego, wpływ temperatury na obsadzenie stanów, rozkład Fermiego-Diraca, gęstość stanów, ciepło właściwe gazu elektronowego. Przewodnictwo elektryczne, mikroskopowe wyprowadzenie prawa Ohma. Elektrony swobodne w polu elektromagnetycznym, efekt Halla. Elektrony w polu potencjału okresowego: model prawie swobodnych elektronów, pasma energetyczne, pochodzenie i szerokość przerwy energetycznej. Funkcje Blocha, równanie falowe elektronu w potencjale okresowym. Metale, półprzewodniki, izolatory.
44	Elektronika i elektrotechnika 1	Podstawowe pojęcia: napięcie elektryczne, natężenie prądu, wartości chwilowe i wartości skuteczne. Klasyfikacja sygnałów. Rodzaje impedancji. Elementy teorii obwodów: obwody prądu stałego i obwody prądu zmiennego. Zastosowanie liczb i funkcji zespolonych do opisu układów z wymuszaniem sinusoidalnym. Metody analizy obwodów elektrycznych. Maszyny elektryczne: maszyny prądu stałego, silniki i prądnice, maszyny prądu przemiennego, transformatory, prądnice i silniki. Układy z elementami nieliniowymi: układy diodowe, modele tranzystorów i podstawowe układy tranzystorowe. Źródło prądowe, wzmacniacz różnicowy. Wzmacniacze operacyjne: wzmacniacze, sprzężenie zwrotne, generatory. Podstawy elektroniki cyfrowej: systemy i kody liczbowe, bramki cyfrowe i logika kombinacyjna, układy sekwencyjne, liczniki, pamięć, przetworniki A/C i C/A, elementy 3-magistralowych systemów. Przyrządy i układy pomiarowe: zasilacz, multimetr, oscyloskop, przelicznik. Sensory i wzmacniacze sygnału. Eliminowanie zakłóceń i filtracja sygnału. Uziemiennianie wartości stałych. Pomiar i detekcja słabych sygnałów. Pomiar fazoczułość. Układ Sawyera-Towera, Przykładowe spektrometry – spektrometry mas i inne.
45	Pracownia elektroniczna	Doświadczenia z zakresu podstaw elektroniki analogowej: filtry RC, RCL; badanie obwodów sprzężonych magnetycznie; badanie tranzystorów, transoptorów i wzmacniaczy operacyjnych; badanie charakterystyk częstotliwościowych układów elektronicznych – wobulator; sprawdzanie prawa twierdzenia Thevenina i Twierdzenia Nortona. Doświadczenia z zakresu podstaw elektroniki cyfrowej: pamięć RAM; bramki i układy kombinacyjne; przerzutniki i układy sekwencyjne; multiplekser i demultiplekser; układ arytmetyczno-logiczny (ALU). Doświadczenia polegające na zastosowaniu interfejsu IEC-625 do badania charakterystyk prądowo-napięciowych elementów

		nieliniowych oraz interfejsu RS 232 do pomiaru stałej czasowej. W zakres ćwiczenia wchodzi opracowanie teoretyczne jego problematyki, zestawienie układu pomiarowego, wykonanie pomiarów, opracowanie i analiza danych pomiarowych, dyskusja i interpretacja wyników, wyciągnięcie wniosków oraz sporządzenie pisemnego sprawozdania z wykonanego ćwiczenia.
46	Zastosowanie środowiska LabView w pomiarach	Elementy graficznego środowiska programistycznego i języka programowania LabView. Używanie LabView do akwizycji, analizy oraz prezentacji danych. Tworzenie interfejsów użytkownika. Wykorzystywanie struktur danych oraz struktur programistycznych stosowanych w LabView. Edycja oraz testowanie aplikacji. Tworzenie własnych podprogramów. Tworzenie aplikacji wykorzystujących karty akwizycji danych (DAQ). Wykorzystanie struktury obsługi zdarzeń. Programowe sterowanie elementami interfejsu użytkownika. Obsługa zapisu/odczytu danych do/z plików tekstowych i binarnych. Optymalizacja kodu. Stosowanie szablonów aplikacji zawierających wiele pętli. Korzystanie z LabView Application Builder i tworzenie plików wykonywalnych oraz instalacyjnych. Dystrybucja aplikacji.
47	Metody numeryczne 1	Wprowadzenie do Pythona i jego modułów numerycznych NumPy i SciPy. Dokładność w obliczeniach numerycznych. Układy równań liniowych. Eliminacja Gaussa, rozkład LU oraz metody iteracyjne. Równania nieliniowe. Metoda bisekcji, stycznych i Newtona. Miejsca zerowe wielomianów. Interpolacja i aproksymacja. Interpolacja Lagrange'a, funkcjami sklejanymi trzeciego stopnia, metoda regresji liniowej. Całkowanie numeryczne. Kwadratury Newtona-Cotesa i kwadratury Gaussa. Różniczkowanie numeryczne. Równania różniczkowe zwyczajne. Metoda Rungego-Kutty i inne. Zagadnienia własne. Metoda Jacobiego. Wartości własne macierzy trójdzielnych.
48	Modelowanie komputerowe	Generatory liczb losowych. Metoda Monte Carlo. Błądzenie losowe. Dyfuzyjny wzrost zlepeków. Symulacje perkolacji. Odzworowanie logistyczne. Chaos deterministyczny. Fraktale deterministyczne i stochastyczne. Modelowanie ruchu cząstek oddziałujących i w zewnętrznych polach. Model Isinga. Symulacje przejść fazowych. Analiza wyników symulacji. Algorytmy genetyczne.
49	Programy użytkowe	Powłoka systemowa jako narzędzie automatyzacji obliczeń. Tworzenie grafiki naukowej przy pomocy programu GnuPlot. Opracowanie tekstu naukowego w systemie składu LaTeX. Narzędzia do zarządzania bibliografią w tekście: Bibtex. Obliczenia numeryczne przy wykorzystaniu Octave. Obliczenia symboliczne przy pomocy Maxima.
50	Praktyczny wstęp do programowania	Cel i motywacja programowania, języki programowania i środowiska programistyczne, tworzenie programu w języku C++ (struktura), kompilacja i uruchomienie programu. Instrukcje wyjścia, formatowanie, wyjście do konsoli w trybie graficznym (ANSI). Pętle, instrukcje warunkowe if/switch. Prosta animacja w konsoli. Typy danych i operatory, wyrażenia warunkowe. Program z poruszaniem punktu z odbiciami. Tablice danych, 1D – punkty, 2D – kodowanie obrazu (wyjście do konsoli). Funkcje (rozszerzenie programów z animacją i punktami). Struktury danych. Wskaźniki. Procedury wejścia/wyjścia do plików (np. format ppm). Generowanie sekwencji plików do animacji. Elementy języka C++. Programowanie prostych gier, algorytm generowania fraktali (np. zbiór Mandelbrota), kalkulator. Operacje na danych liczbowych zapisanych w plikach: import, obróbka, eksport. PBiblioteki rozszerzające, np. GNU Scientific Library (GSL), Open Graphics Library (OpenGL).
51	Obliczenia numeryczne i symboliczne w fizyce	Elementy funkcyjnego języka programowania, w tym: podstawowe komendy języka Mathematica, jak Map, MapAt, MapThread, Inner, Outer, Thread, Apply, itp. Wzorce i operowanie na nich. Podstawowe typy zmiennych, liczby całkowite, zmiennoprzecinkowe, listy, zmienne symboliczne, zmienne logiczne, grafika, itp. Podstawowe rutyny do przeprowadzenia operacji symbolicznych oraz obliczeń numerycznych, funkcje: Simplify, Collect, Expand, Reduce, N, itp. Podstawowe rutyny służące do opracowywania wyników, funkcje typu Plot, Manipulate, Animate, itp. Podstawowe pakiety baz danych programu Mathematica, bazy astronomicznej, fizycznej, w tym jednostki fizyczne. Zastosowania programu Wolfram Mathematica w zagadnieniach fizycznych, jak np. analiza pomiarów oraz danych statystycznych, rozwiązywanie obwodów z prądem stałym, problemach mechaniki teoretycznej, jak np. spadek swobodny, spadek z siłą oporu, ruch harmoniczny z/i bez siły wymuszającej z uwzględnieniem oporu, zagadnienie rzutu ukośnego, wizualizacja dynamiki ruchu, drgania, w problemach wykorzystujących formalizm Lagrange'a i problemach z więzami,

		jak np. wahadło pojedyncze, podwójne, potrójne, wahadło sferyczne, zagadnienie dwu ciał, ruch w polu grawitacyjnym, problemach z elektrostatyki, jak np. znajdowanie rozkładu pola elektrycznego oraz rozkładu potencjału, zagadnieniach ładunku w polu elektrycznym i magnetycznym oraz problemach z mechaniki kwantowej, jak np. rozwiązania równania Schrodingera, funkcje własne, funkcja falowa oraz spektrum energetycznego stanów związanych, paczka falowa cząstki swobodnej, stany rozproszeniowe, funkcja falowa w atomie wodoru.
52	Programowanie w C++	Podstawowe koncepcje programowania w C++. Operatory, wyrażenia i instrukcje. Funkcje (w tym: argumenty i wartość funkcji, funkcje inline, funkcje składowe klas, o polimorfizm nazw funkcji, funkcje rekurencyjne, operator jako funkcja, przeciążanie operatorów, funkcja main). Typy wbudowane (w tym arytmetyka całkowita i zmiennopozycyjna). Tablice, wskaźniki i referencje. Klasy i obiekty (w tym std::vector, std::string). Dynamiczna alokacja pamięci. Dynamiczne struktury danych. Strumienie. Dziedziczenie i polimorfizm. Szablony (na poziomie użytkownika). Wybrane elementy języka C++11. Preprocesor, kompilator, linker. Używanie bibliotek. Wybrane narzędzia związane z C++, np. środowisko typu QtCreator, debugger, profiler, analizator kodu (np. clang), formater kodu, ccache. Kompilacja programów za pomocą mechanizmu Makefile lub podobnego (np. cmake, ninja, itp.).
53	Programowanie obiektowe	Zaawansowane elementy języka C++11: Semantyka move. Wyrażenia lambda. Programowanie współbieżne (thread, mutex, promise/future, async, operacje atomowe). Elementy standardu OpenMP. Wstęp do programowania równoległego w standardzie MPI. Generowanie liczb pseudolosowych w C++11. Programowanie graficznego interfejsu użytkownika w C++. Elementy wybranej biblioteki graficznej, np. Qt. Środowisko programistyczne: Debugger, profiler, cmake, clang-format, itp. Rozproszony system kontroli wersji (np. git). Systemy testowania programów (np. GTest lub Boost Test).
54	Języki skryptowe – Python	Środowiska do programowania w Pythonie. Podstawowe typy danych, literały, operatory i wyrażenia. Wyrażenia warunkowe i pętle. Funkcje, skrypty i moduły. Projektowanie odgórne, testowanie i debugowanie. Listy, krotki, zbiory i słowniki. Programowanie obiektowe: klasy i obiekty. Grafika w Tkinter. Operacje na plikach. Analiza wydajności programów, profilowanie.
55	Programowanie aplikacji WWW	Historia języka HTML/internetu/Javascript. Podstawowe elementy HTML, CSS oraz Javascript (DOM, operacje na strukturze i stylu dokumentu, funkcje, pętle, obiekty i tablice). Tworzenie aplikacji HTML5: budowa, zasady działania. Tworzenie stron internetowych z wykorzystaniem biblioteki jQuery i jej wtyczek (lub innych bibliotek). Zastosowanie PHP po stronie serwera (JSON, AJAX). Dystrybucja i monetyzacja aplikacji (FirefoxOS, Kongregate, itp.).
56	Systemy operacyjne	Definicja, rola oraz podstawowe funkcje systemu operacyjnego, klasyfikacja systemów operacyjnych, zasada działania systemu operacyjnego. Konfiguracja przestrzeni składowania systemu operacyjnego. Systemy plików: zarządzanie hierarchią plików i katalogów, mechanizmy i zasoby w różnych systemach plików, mechanizmy ochrony w systemie operacyjnym, kontrola dostępu do plików/katalogów. Zarządzanie pamięcią w systemie operacyjnym. Strategie przydziału pamięci dla procesów. Pamięć wirtualna. Przestrzeń wymiany. Wprowadzenie do systemu operacyjnego Linux, interfejs użytkownika i tekstowy interpreter poleceń, tworzenie poleceń w powłoce, korzystanie z dokumentacji systemu operacyjnego Linux. Drzewo katalogów systemu Linux, poruszanie się po nim i jego modyfikacja, atrybuty plików i katalogów, dowiązania do plików regularnych, określanie typu pliku, metaznaki, przeszukiwanie systemu plików i strumieni w oparciu o wyrażenia regularne. Narzędzia do zarządzania systemami plików systemu Linux, kompresja i archiwizacja danych, popularne edytory i menedżery plików. Systemowe dzienniki zdarzeń, konta i grupy użytkowników, zmiany poziomu uprzywilejowania w systemie, konfiguracja daty i czasu, zarządzanie zadaniami czasowymi, zarządzanie usługami systemowymi i oprogramowaniem. Monitorowanie zasobów procesu, zarządzanie procesami w systemie operacyjnym Linux, monitorowanie zdarzeń i działań użytkowników w systemie operacyjnym Linux. Tworzenie skryptów powłoki bash, instrukcje porównujące i testujące, operatory logiczne i arytmetyczne, wyrażenia łańcuchowe i rozpoznawanie słów kluczowych, pojęcie kodu wyjścia poleceń i jego interpretacja, argumenty wywołania poleceń i zarządzanie nimi w skryptach powłoki, metody interakcji poleceń z

		użytkownikiem. Zarządzanie pakietami oprogramowania: instalacja, modyfikacja, usuwanie; kompilacja pakietów z wersji źródłowych.
57	Sieci komputerowe	Podstawy transmisji danych. Protokoły aplikacji. Warstwa transportowa. Programowanie gniazd sieciowych. Warstwa sieci. Zarządzanie adresacją. Warstwa łącza danych. Protokoły Ethernetu. Algorytmy routingu dynamicznego. Bezpieczeństwo transmisji danych.
58	Języki programowania i GUI	Robocza znajomość wybranych języków skryptowych i ich podstawowych obszarów zastosowania: Perl (przetwarzanie tekstów, wyrażenia regularne, hashe i tablice), LISP (programowanie symboliczne, CLOS inne podejście do programowania obiektowego). Charakterystyka platformy .NET. Podstawy języka C# (z akcentem na różnice między C# a C i C++): typy zmiennych, klasy, dziedziczenie, interfejsy, kolekcje, delegaty i zdarzenia. Graficzny interfejs użytkownika – podstawy WPF (Windows Presentation Foundation): język znaczników XAML, podstawowe elementy (kontrolki), wiązanie danych, zasoby, style, wyzwalacze, wzorzec MVVM.
59	Algorytmy i struktury danych	Najprostsze algorytmy: Euklidesa NWD, sito Erastotenesa. Podstawowe struktury danych: tablica, lista, drzewo BST. Kolejka i stos. Algorytmy rekurencyjne (operacje na drzewach). Złożoność algorytmów. Notacja O. Twierdzenie o rekursji uniwersalnej. Algorytmy sortujące: insertion sort, heapsort, mergesort, quick sort, counting sort, radix sort. Zasada Dziel i Zwyciężaj. Struktury słownikowe: Drzewa BST (z implementacją), drzewa czerwono-czarne, B-drzewa. Kopce złączalne. Haszowanie: łańcuchowe, otwarte. Programowanie dynamicznie: triangulacja optymalna, optymalne mnożenie macierzy. Algorytmy zachłanne na przykładzie generatora kodów Huffmana. Grafy: implementacje przez macierz sąsiedztwa oraz listy sąsiadów. Algorytmy: Kruskala i Prima (MST) oraz Dijkstry. Problem Union-Find. Szybka transformata Fouriera. Algorytm Strassena. Sieci sortujące.
60	Bazy danych	Model relacyjny baz danych. Projektowanie baz danych, usuwanie redundancji, normalizacja. Modelowanie konceptualne i fizyczne. System MySQL. Działanie systemów bazodanowych typu klient-serwer. Język zapytań SQL. Tworzenie bazy danych, tworzenie, modyfikowanie i usuwanie tabel i wierszy. Wstawianie, modyfikowanie i usuwanie danych. Zaawansowane zapytania: filtrowanie, grupowanie, agregacja, złączenia, podzapytania. Więzy integralności referencyjnej. Podstawy języka PHP: funkcje, tablice, działania na tablicach, plikach i bazach danych. Tworzenie aplikacji bazodanowych w językach PHP/MySQL (XAMP). Bezpieczeństwo aplikacji – podstawowe reguły.
61	Teoria przejść fazowych i zjawisk krytycznych	Termodynamika przejść fazowych: warunki równowagi i stabilności, potencjały termodynamiczne, klasyfikacja przejść fazowych, utajone ciepło przemiany, diagramy fazowe. Parametr porządku i teoria Landaua: parametr porządku, funkcje korelacyjne, promień korelacji, wykładniki krytyczne, klasy uniwersalności. Teoria Ginzburga-Landaua. Teoria pola średniego Weissa. Prawa potęgowe i skalowanie w fizyce. Rozwiązania ściśle modeli fizyki statystycznej. Metoda macierzy przenoszenia. Model sferyczny i M-wektorowy. Metoda grupy renormalizacyjnej. Kwantowe zjawiska krytyczne: model Isinga w polu poprzecznym.
62	Ekonofizyka 1	Przedmiot, struktura i cele ekonofizyki. Podstawy matematyki finansowej. Giełda Papierów Wartościowych (Stock Exchange), zasady jej funkcjonowania. Konstrukcja i analiza portfela akcji (analiza portfolio). Korelacje między akcjami i taksonomia portfela akcji. Wstęp do problemów skalowania w systemach finansowych i autokorelacji w szeregach finansowych.
63	Ekonofizyka 2	Ogólne własności skalowania danych finansowych i ich analiza z punktu widzenia własności układów złożonych. Analiza Zipfa i jej zastosowanie do przewidywania ewolucji czasowych szeregów finansowych. Globalne i lokalne podejście do opisu zjawisk krytycznych na rynkach finansowych – oscylacje log-periodyczne i lokalny wykładnik Hursta. Analiza multifraktalna szeregów finansowych i jej zastosowania. Teoria macierzy losowych i jej zastosowania w ekonomii i rynkach kapitałowych. Elementy statystycznej analizy finansowych szeregów czasowych – rozkłady niegaussowskie. Związki z Centralnym Twierdzeniem Granicznym i Uogólnionym Centralnym Twierdzeniem Granicznym. Rola przelotów Levy'ego i obciążonych przelotów Levy'ego w opisie danych finansowych. Próby opisu układów skorelowanych. Układy nieekstensywne i ich własności. Entropia Boltzmanna-Gibbsa a entropia Tsallisa.

		Rozkłady Tsallisa. Zastosowanie w finansach. Własności niestacjonarnych szeregów czasowych i ich modelowanie z parametrami liniowo i nieliniowo zmiennymi w czasie – modele AR, ARMA, ARCH, GARCH.
64	Mikroekonomia	Elementarne pojęcia i przedmiot ekonomii. Narzędzia analizy ekonomicznej. Co to jest kapitalizm? Analiza popytu i podaży. Równowaga rynkowa i proste modele dynamiczne dochodzenia do równowagi. Dobra komplementarne i substytucyjne. Gospodarstwa domowe i teoria wyboru konsumenta. Przedsiębiorstwa. Teoria podaży. Podstawowe struktury rynku i ich charakterystyka. Konkurencja doskonała. Monopol. Oligopol. Relacje pomiędzy analizami mikro- i makro-ekonomicznymi w badaniach procesów gospodarczych.
65	Procesy stochastyczne w ekonomii	Przypomnienie podstaw statystyki matematycznej – zmienne niezależne i zależne, podstawowe rozkłady prawdopodobieństw, Centralne Twierdzenie Graniczne. Autokowariancja i autokorelacja w procesie stochastycznym a prawdopodobieństwo warunkowe, bezwarunkowe, n-wymiarowy rozkład prawdopodobieństwa procesu. Dyskretny całkowity spacer losowy Browna i jego własności. Dyskretny ułamkowy spacer Browna i jego własności. Związki między wykładnikiem Hursta procesu a wykładnikiem skalowania funkcji autokorelacji w procesie stacjonarnym. Procesy Wienera – arytmetyczny i geometryczny, zapis procesu ciągłego poprzez różniczkowe równanie stochastyczne. Rozkłady Levy’ego i własności procesów Levy’ego. Pojęcie osiągalności punktu wyjścia i czas pierwszego dojścia do niego z przykładami. Procesy Markowa, równanie Chapmana-Kołmogorowa. Równanie dyfuzji i związek z procesem Wienera – zastosowanie w finansach. Lemat Ito. Podstawy modelu wyceny opcji Blacka-Scholesa.
66	Podstawy prawa handlowego	Pojęcie i źródła prawa handlowego. Miejsce prawa handlowego w systemie prawa prywatnego. Podstawowe pojęcia z zakresu prawa handlowego. Uzyskanie statusu przedsiębiorcy – rejestracja i ewidencja. Organizacja i funkcjonowanie KRS oraz Centralnej Ewidencji i Informacji o Działalności Gospodarczej. Pełnomocnicy przedsiębiorcy. Prokura. Oznaczenie przedsiębiorcy. Firma, jej budowa i ochrona. Spółka i jej stosunki prawne. Spółka cywilna a handlowe spółki osobowe. Cel, przedmiot, działania, funkcje gospodarcze oraz zastosowanie spółek osobowych i kapitałowych w ogólności. Pojęcie, powstanie i funkcjonowanie: spółki jawnej, spółki partnerskiej, spółki komandytowej, spółki komandytowo-akcyjnej, spółki z o.o., spółki akcyjnej. Pojęcie akcji jako papieru wartościowego. Łączenie, podział i przekształcenie spółek handlowych. Zakończenie bytu prawnego przedsiębiorcy. Umowy w obrocie gospodarczym przenoszące prawo do rzeczy.
67	Zarządzanie finansami	Klasyfikacja podmiotów gospodarczych. Miejsce i rola finansów. Strategie w zarządzaniu finansami. Sprawozdania finansowe. Wartość księgowa oraz wartość rynkowa. Rentowność. Wiarygodność wskaźnika ROE. Sprawność funkcjonowania firmy. Trzy problemy finansowe. Wzrost w ujęciu finansowym. Wzrost zrównoważony. Elementy modelu planowania finansowego. Decyzje finansowe. Akcje oraz obligacje. Dźwignia finansowa – pierwszy dylemat finansowy. Drugi dylemat finansowy. Ekonomiczna stopa zwrotu. Ryzyko inwestycji. Wizualizacja profilu przepływów pieniężnych. Perspektywa – podstawy oraz zastosowania. Obraz perspektywiczny profilu przepływów pieniężnych.
68	Podstawy rachunkowości	Zarys merytoryczny rachunkowości. Sprawozdania finansowe. Rzeczowe aktywa trwałe i zrównane z nimi. Środki pieniężne i kredyty bankowe. Rozrachunki. Zakup towarów i materiałów. Przychody. Koszty. Kapitały i fundusze.
69	Ochrona własności intelektualnej	Pojęcie, zakres i systematyka wewnętrzna prawa własności intelektualnej. Źródła prawa krajowego i międzynarodowego. Konwencja paryska, berneńska, TRIPS i in. Ogólne pojęcie utworu oraz rodzaje utworów. Podmioty praw do utworów. Współdziałanie twórcze. Autorskie prawa osobiste i ich ochrona. Ochrona wizerunku, adresata korespondencji oraz źródła informacji wykorzystanej w utworze. Autorskie prawa majątkowe i ich ochrona. Dozwolony użytek z utworów i przedmiotów praw pokrewnych. Zbiorowe zarządzanie prawami autorskimi i pokrewnymi. Przeniesienie praw autorskich oraz licencje na korzystanie z utworów i przedmiotów praw pokrewnych – ogólne zasady. Przedmioty praw pokrewnych i bazy danych <i>sui generis</i> . Urząd Patentowy i rzecznicy patentowi – rola w ochronie przedmiotów własności intelektualnej. Projekty wynalazcze i ich prawna ochrona. Znaki towarowe i

		geograficzne oznaczenia pochodzenia towarów oraz ich ochrona. Ogólne zasady postępowania przed Urzędem Patentowym RP w celu uzyskania ochrony przedmiotów własności przemysłowej.
70	Podstawy przedsiębiorczości	Podstawy matematyki finansowej: wartość pieniądza w czasie (FV, PV, FVA, PVA), obliczanie rat kredytu (raty równe i równe raty kapitałowe), szacowanie opłacalności inwestycji (NPV, IRR, okres zwrotu nakładów inwestycyjnych). Inflacja i deflacja. Podstawowe instrumenty finansowe: bony skarbowe, obligacje, akcje – stopa zwrotu i ryzyko. Elementarne zasady budowy portfela inwestycyjnego. Fundusze powiernicze. Opodatkowanie przedsiębiorstw w Polsce – zarys problematyki. Pracownik i zleceniobiorca w firmie – rozliczanie wynagrodzeń. Podstawy rachunkowości finansowej: podstawowe pojęcia (m.in. przychód, koszt uzyskania przychodu, dochód, aktywa, pasywa), podstawowe dokumenty sprawozdawczości finansowej, rodzaje kosztów. Elementy analizy finansowej, rentowność, płynność, sprawność i odpowiednie wskaźniki. Próg rentowności firmy. Dźwignie: operacyjna, finansowa i całkowita. Pojęcie strategii, rola zarządzania strategicznego. Elementy analizy strategicznej: analiza SWOT/TOWS. Strategie w zarządzaniu finansami. Pojęcie kultury organizacyjnej, wpływ kultury organizacyjnej na zarządzanie strategiczne. Wprowadzenie do problematyki zachowań w organizacji. Jakość w przedsiębiorstwie – wprowadzenie do statystycznej kontroli jakości. Podstawy planowania finansowego. Podstawowe zasady sporządzania biznesplanu.
71	Szkolenie wstępne z BHP i ochrony p-poż.	Podstawowe pojęcia dotyczące bhp. Czynniki szkodliwe dla zdrowia lub uciążliwe występujące podczas zajęć studenckich. Akty prawne dotyczące bhp w szkołach wyższych. Postępowanie w razie zaistnienia wypadku. Podstawowe zasady udzielania pierwszej pomocy. Zagrożenia bhp i ppoż. występujące w miejscu nauki. Organizacja ochrony przeciwpożarowej. Przyczyny powstawania i rozprzestrzeniania się pożarów. Podstawowe obowiązki i zadania wynikające z przepisów w zakresie zapobiegania pożarom i na wypadek powstania pożaru. Zasady stosowania i umiejętności posługiwania się sprzętem i urządzeniami pożarniczymi.
72	Seminarium	Prezentacja i dyskusja zagadnień związanych z nowymi odkryciami i aktualnymi trendami badań naukowych w różnych obszarach nauk fizycznych oraz dotyczących tematyki prac licencjackich przygotowywanych przez uczestników seminarium. Prezentacja i omówienie wstępnych lub oczekiwanych wyników realizowanych prac licencjackich. Problematyka właściwego korzystania ze źródeł, krytycznej analizy treści, sposobów i technik prezentacji zagadnień, przekazu ze zrozumieniem, rzeczowej argumentacji, poprawności wnioskowania oraz prowadzenia dyskusji naukowej.
73	Lektorat	Zasób słownictwa oraz struktury gramatyczne wybranego języka nowożytnego odpowiadające biegłości na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego. Tematyka związana z funkcjonowaniem w społeczeństwie. Szczegółowe treści programowe na stronie internetowej SPNJO: http://spnjo.uni.wroc.pl/pl/strony/17 .
74	Praktyka	Praca w charakterze praktykanta w wybranym zakładzie pracy (instytucji). Zapoznanie ze strukturą zakładu pracy, zasadami jego funkcjonowania oraz przydzielonym stanowiskiem pracy. Wykonywanie zadań powierzonych przez opiekuna praktyki, zgodnie z ustalonym programem praktyki. Prowadzenie dokumentacji przebiegu praktyki z opisem wykonywanych czynności.
75	Praca dyplomowa i egzamin dyplomowy	Opracowanie i złożenie pracy licencjackiej przygotowanej zgodnie z wymaganiami stawianymi pracom dyplomowym na studiach I stopnia fizyki. Po uzyskaniu pozytywnej oceny pracy dyplomowej – zdanie egzaminu licencjackiego na zasadach określonych w warunkach ukończenia studiów na kierunku fizyka.