

FIZYKA: 4-SEMESTRALNE STUDIA MAGISTERSKIE II STOPNIA**TREŚCI PROGRAMOWE**
(dla cykli kształcenia rozpoczynających się od roku akademickiego 2020/2021)

Lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1	Osiągnięcia fizyki współczesnej	Opracowanie, prezentacja i dyskusja wybranych zagadnień współczesnej fizyki, z naciskiem na najważniejsze osiągnięcia, przełomowe odkrycia i główne trendy prowadzonych aktualnie badań. Przegląd literatury i innych źródeł na wybrany temat, przygotowanie streszczenia, wygłoszenie referatu, dyskusja prezentowanej problematyki, opracowanie pisemne wybranego zagadnienia.
2	II pracownia fizyczna 2	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.
3	Pracownia jądrowa	Ćwiczenia eksperymentalne na poziomie zaawansowanym z zakresu fizyki jądrowej: charakterystyka licznika Geigera-Müllera; prawa statystyczne i niepewności pomiarowe; pomiar energii promieniowania gamma metodą absorpcji; wyznaczanie czasu martwego licznika Geigera-Müllera metodą dwóch źródeł; wyznaczanie energii cząstek alfa metodą emulsji jądrowych; pomiar górnej granicy widma energetycznego promieniowania beta metodą absorpcji; pomiar energii promieniowania gamma metodą absorpcji elektronów komptonowskich; określenie średniego czasu życia mionu; sztuczna promieniotwórczość; bezwzględny pomiar aktywności źródeł promieniotwórczych beta; bezwzględny pomiar aktywności źródeł promieniotwórczych gamma; wyznaczanie współczynnika rozpraszania zwrotnego promieniowania beta; spektrometr beta; pomiar widma mössbauerowskiego za pomocą spektrometru ze stałym przyspieszeniem; spektrometr gamma; porównanie doświadczalnego rozkładu liczby zliczeń w zadanym przedziale czasu z rozkładem Poissona. W zakres wykonywanego samodzielnie przez studenta ćwiczenia wchodzi opracowanie teoretyczne jego problematyki, zestawienie układu pomiarowego i wykonanie pomiarów, opracowanie i analiza danych pomiarowych, dyskusja i interpretacja wyników, wyciągnięcie wniosków oraz sporządzenie pisemnego sprawozdania z wykonanego ćwiczenia.
4	Elektrodynamika	Elektrostatyka: pole elektryczne, prawo Coulomba, dywergencja i rotacja pola elektrostatycznego, potencjał elektryczny, praca i energia w elektrostatyce, przewodniki. Specjalne metody elektrostatyki: równanie Laplace'a, metoda obrazów, metoda rozdzielania zmiennych, rozwinięcie multipolowe potencjału. Pole elektryczne w materii: polaryzacja elektryczna, pole ciała spolaryzowanego, pole indukcji elektrycznej. Magnetostatyka: siła Lorentza, prawo Biota-Savarta, dywergencja i rotacja pola indukcji magnetycznej, magnetyczny potencjał wektorowy. Pole magnetyczne w materii: magnetyzacja, pole ciała namagnesowanego, natężenie pola magnetycznego. Elektrodynamika: siła elektromotoryczna, indukcja elektromagnetyczna, prawo Faradaya, równania Maxwella. Fale elektromagnetyczne, analiza Fouriera, fale w różnych ośrodkach. Promieniowanie, potencjały elektrodynamiczne.

5	Zaawansowane metody analizy danych	Badanie statystyczne, rodzaje danych statystycznych, statystyka opisowa, testowania hipotez statystycznych, wybrane rozkłady zmiennej losowej przydatne do praktycznych zastosowań. Obserwacje nietypowe. Metody prezentacji danych statystycznych. Metody doboru próby statystycznej. Estymacja punktowa i przedziałowa. Wybrane nieparametryczne testy istotności dla dwóch niezależnych i zależnych prób. Wybrane parametryczne testy istotności dla dwóch niezależnych i zależnych prób. Jedno- i wieloczynnikowa analiza wariancji. Wybrane testy <i>post hoc</i> i ich właściwości. Wybrane metody regresyjne: regresja prosta, regresja wieloraka, regresja logistyczna. MANOVA. Wprowadzenie do analizy dyskryminacyjnej i analizy skupień.
6	Historia fizyki	Wiedza naukowa a inne rodzaje wiedzy. Fenomen nauki. Etapy rozwoju wiedzy naukowej jako części procesu zmian cywilizacyjnych. Początki nauki albo nauki przyrodnicze, kiedy jeszcze ich nie było. Początki matematyki (ilościowego opisu świata), odkrycie liczby i jego konsekwencje. Filozoficzny okres rozwoju wiedzy naukowej. Grecka filozofia przyrody i jej konsekwencje. Prototypy idei fizycznych jako linie kierunkowe rozwoju poznania. Etapy rozwoju fizyki. Proces wyłaniania się z filozofii przyrody systemu nowożytnych nauk, w tym fizyki. Od Kopernika i Galileusza do mechanistycznego obrazu świata – ontologiczne założenia mechaniki Newtona. Fizyka nowożytna od Newtona do Einsteina. Szanse i zagrożenia współczesnej nauki. Na „froncie badań” w fizyce. Metodologiczne koncepcje rozwoju nauki.
7	Highlights of Modern Physics and Astrophysics (Dokonywania współczesnej fizyki i astrofizyki)	Opracowanie, prezentacja i dyskusja wybranych zagadnień współczesnej fizyki i astrofizyki, z naciskiem na najważniejsze osiągnięcia, przełomowe odkrycia i główne trendy prowadzonych aktualnie badań. Przegląd literatury i innych źródeł na wybrany temat, przygotowanie streszczenia, wygłoszenie referatu, dyskusja omawianej tematyki, opracowanie pisemne wybranego zagadnienia. Presentation and discussion of selected topics of modern physics and astrophysics, with emphasis placed on major achievements, groundbreaking discoveries and leading trends of current research. Review of literature and other sources on a given topic, preparing an abstract of oral presentation, delivering a talk, scientific discussion, writing an essay.
8	Wybrane metody diagnostyki powierzchni fazy skondensowanej	Spektroskopia elektronów Augera (AES), dyfrakcja niskoenergetycznych elektronów (LEED), dyfrakcja wysokoenergetycznych elektronów (RHEED), spektroskopia fotoelektronowa (XPS, UPS, ARPES, XPD), spektroskopia strat energii elektronów (EELS), spektrometria masowa (MS), kierunkowa spektroskopia augerowska (DAES) oraz pików elastycznego (DEPES), skaningowa mikroskopia próbnikowa (STM, AFM, STS). Analizatory energii cząstek naładowanych: RFA, CMA, CSA, HA. Formalizm teoretyczny stosowany do opisu zjawisk towarzyszących poszczególnym metodom badawczym.
9	Wstęp do nanofizyki i nanotechnologii	Dziedzina zainteresowań nanonauki, nanotechnologii i nanofizyki: podstawowe pojęcia; związek między mikro- i nanotechnologią; kwantowe efekty wymiarowe. Interdyscyplinarny opis zjawisk fizycznych decydujących o nowych właściwościach nanomateriałów; fizyczne podstawy wybranych nanotechnologii; własności fizyczne wybranych nanomateriałów i nanoobjektów; konsekwencje skalowania w nanotechnologii i nauce o materiałach; wybrane procedury przygotowania i metod charakteryzacji nanomateriałów; relacja nanonauki do aktualnych i przyszłych potrzeb nanotechnologii; zapoznanie z nową terminologią. Podstawowe narzędzia i metody stosowane w nanonauce: litografia: procesy trawienia i procesy wzrostu; zjawisko samoskładania – zastosowanie do wytwarzania nanomateriałów i nanoobjektów; skaningowa mikroskopia tunelowa; mikroskopia sił atomowych. Wytwarzanie, własności fizyczne i zastosowania wybranych nanomateriałów. Znaczenie powierzchni i granic faz w nanofizyce. Własności fizyczne struktur niskowymiarowych.
10	Pracownia pomiarów i sterowania	Metody pomiarowe i metody regulacji oparte na wykorzystaniu mikrokontrolera. Zasady działania podstawowych czujników i układów wykonawczych. Zadania stawiane procesom automatycznej regulacji. Metody automatycznej regulacji. Zadania stawiane procesom sterowania. Metody sterowania procesami. Algorytmy sterowania procesami.

11	Quantum electrodynamics (Elektrodynamika kwantowa)	Formalizm lagranżowski, twierdzenie Noether. Kwantowanie pól skalarnych, Diraca i elektromagnetycznego. Równanie Kleina-Gordona, równania Diraca. Reguły Feynmana. Macierz S i przekroje czynne. Tożsamości Warda-Takahashiego, wzory redukcyjne LSZ, twierdzenie optyczne. Lagrangian formalism, the Noether's theorem. Quantization of scalar fields, the Dirac field and the electromagnetic field. The Klein-Gordon equation, the Dirac equation. The Feynman rules. The S-matrix and cross-sections. The Ward-Takahashi identities, the LSZ reduction formula, the optical theorem.
12	Classical field theory (Klasyczna teoria pola)	Przejście graniczne od dyskretnych układów mechanicznych do ciągłych. Istota opisu teoriopoleowego. Podstawowe koncepcje klasycznej teorii pola. Fizyka relatywistyczna i geometria przestrzeni Minkowskiego. Grupa Poincarego i jej reprezentacje. Podstawowe modele: cząstka relatywistyczna, struna bozonowa. Elementy rachunku tensorowego. Zasada wariacyjna. Twierdzenie Noether. Zachowane ładunki. Własności tensora energii-pędu. Podstawowe typy pól i analiza modeli lagranżowskich je opisujących. Pojęcie transformacji cechowania. Podstawowe modele pól z cechowaniem: abelowe i nieabelowe. Symetrie globalne i ich łamanie. Twierdzenie Goldstone'a. Symetrie lokalne i ich łamanie. Efekt Higgsa. From discrete to continuous mechanical systems. The essence of field theoretical description of nature. Fundamental concepts of the classical field theory. Relativistic physics and the geometry of the Minkowski space. The Poincare group and its representations. Elements of the tensor calculus. Basics models: relativistic particle, bosonic string. Variational formalism. Field equations. The Noether's theorem. Conserved charges. The energy-momentum tensor and its properties. Fundamental types of fields and their Lagrangian models. Gauge transformations. Gauge fields: abelian models, nonabelian models. Global symmetries and breaking of global symmetries. The Goldstone theorem. Local symmetries and breaking of local symmetries. The Higgs effect.
13	Quantum field theory (Kwantowa teoria pola)	Kwantowanie pól skalarnych, Diraca i elektromagnetycznego. Rozwinięcie pętlowe i renormalizacja. Całki po trajektoriach. Teoria nieabelowa. Quantization of scalar fields, the Dirac field and the electromagnetic field. The loop expansion and renormalization. Path integrals. The non-Abelian theory.
14	Theory of elementary particles (Teoria cząstek elementarnych)	Prawa zachowania w procesach rozpraszania i rozpadu cząstek elementarnych (ładunek elektryczny, liczba barionowa, liczba leptonowa, energia i pęd). Pojęcie przekroju czynnego. Symetrie dyskretne C, P, T. Klasyfikacja cząstek elementarnych: kwarki, leptyony, hadrony, bariony, mezony. Elementy teorii reprezentacji grup ciągłych. Klasyfikacja oddziaływań fundamentalnych. Symetrie SU(2) i SU(3), model kwarkowy. Symetria cechowania. Mechanizm Higgsa. Model Fermiego. Model Standardowy oddziaływań elektroślabyh. Oddziaływania silne, elementy QCD. Oscylacje neutrin. Conservation laws in scattering and decay processes (charge, baryon number, lepton number, energy-momentum). Differential cross-section formula: derivation and interpretation. Discrete symmetries: C, P, T. Classification of the fundamental and composite particles: quarks and leptons, hadrons, baryons, mesons. Elements of the representation theory of Lie groups. Classification of the fundamental interactions. SU(2) and SU(3) symmetry, the quark model. Gauge symmetries: abelian and non-abelian. The Higgs mechanism. The Fermi model of electroweak interactions. The Standard Model. Quantum chromodynamics. Neutrino oscillations.
15	General relativity and gravitation (Ogólna teoria względności i grawitacja)	Elementy i efekty szczególnej teorii względności: skrócenie Lorentza, dylatacja czasu, jednoczesność i przyczynowość, relatywistyczny efekt Dopplera, pęd i energia cząstki. Rachunek tensorowy, prawa transformacji, algebra i analiza tensorowa, niezależność od układu współrzędnych. Koneksja jako obiekt geometryczny przesunięcia równoległego wzdłuż krzywej. Tensorowe charakterystyki koneksji: krzywizna i torsja – tożsamości Bianchi. Koneksje metryczne (Levi-Civita). Równania geodezyjnych, parametryzacja afiniczna. Zasada równoważności. Równania Einsteina, skonstruktowana tożsamość Bianchi i prawa zachowania

		tensora energii-pędu. Tensor energii pędu cieczy idealnej i jego interpretacja fizyczna. Granica newtonowska jako linearyzacja równań Einsteina. Metryka Schwarzschilda, twierdzenie Birkhoffa, geodezyjne w polu Schwarzschilda, poprawki relatywistyczne do równań Newtona, układy planetarne. Zagadnienie czarnych dziur i ewolucja gwiazd. Elementy kosmologii: zasada kosmologiczna i metryka FRWL, równanie Friedmanna, dokładne rozwiązania, materia relatywistyczna (promieniowanie) i nierelatywistyczna (pyłowa) jako źródła rozszerzania się Wszechświata. Informacja o formowaniu struktur. Przyspieszające rozszerzanie, zagadnienia ciemnej energii i ciemnej materii. Problemy standardowego modelu kosmologicznego. Promieniowanie grawitacyjne: natura fal, astrofizyczne źródła fal grawitacyjnych, metody detekcji. Elements and effects of the special theory of relativity: Lorentz contraction, time dilation, simultaneity and causality, relativistic Doppler effect, momentum and energy of a particle. Tensor calculus, transformation laws, tensor algebra and tensor analysis, coordinate independence. Connection as a geometrical object defining the parallel transport along a curve. Tensor characteristics of a connection: curvature and torsion – Bianchi identities. Metric (Levi-Civita) connection. Geodesic equations, affine parametrization. The equivalence principle. Einstein equations, contracted Bianchi identity and conservation laws of the energy-momentum tensor. The energy-momentum tensor of a perfect fluid and its physical interpretation. Newtonian limit and linearization of the Einstein equations. The Schwarzschild metric, Birkhoff's theorem, geodesics in the Schwarzschild spacetime, relativistic corrections of the Newton's equations, planetary systems. Black hole solutions and evolution of stars. Elements of cosmology: cosmological principle and FLRW metric, Friedmann equation, exact solutions, relativistic matter (radiation) and non-relativistic matter (dust) as sources of the expanding Universe. Structures formation. Accelerating expansion, the dark matter and the dark energy. Problems of the standard cosmological model. Gravitational radiation: nature of the waves, astrophysical sources of gravitational waves, detection methods.
16	Statistical physics 2 (Fizyka statystyczna 2)	Gibbsowskie sformułowanie termodynamiki stanów równowagowych. Więzy lub kwantowa statystyka jako źródło oddziaływań efektywnych. Granica termodynamiczna i stabilność materii. Magnetyczne, klasyczne i kwantowe przemiany fazowe jako paradygmat przemian fazowych. Przemiany fazowe i spontaniczne łamanie symetrii. Gibbs' formulation of thermodynamics of equilibrium states. Constraints and quantum statistics as the sources of effective interactions. Thermodynamic limit and stability of matter. Magnetic, classical and quantum phase transitions as a paradigm. Phase transitions and spontaneous symmetry breaking.
17	Contemporary problems in condensed matter physics (Współczesne problemy fizyki materii skondensowanej)	Symetrie, skale i jednostki w fizyce. Oscylator harmoniczny, reprezentacja liczby obsadzeń. Cząstki i statystyka: bozony, fermiony i anyony. Nieoddziałujące elektrony, koncepcja powierzchni Fermiego: metale i izolatory. Nadprzewodnictwo: przykłady fizycznych własności nadprzewodników. Współczesne zagadnienia w nadprzewodnictwie: rodzina nadprzewodników wysokotemperaturowych. Idealny gaz Bosego – opis statystyczny. Kondensacja Bose-Einsteina (BE) jako przykład kwantowego przejścia fazowego. Kondensaty Bosego-Einsteina na sieciach optycznych. Praktyczne zastosowania kondensatów BE i nadprzewodników. Symmetries, scales and units in physics. Harmonic oscillator, occupation number representation. Particles and statistics: bosons, fermions and anyons. Free electrons, the concept of Fermi surface: metals and insulators. Superconductivity and high-Tc superconductivity. The ideal Bose gas. Bose-Einstein (BE) condensation as an example of quantum phase transition. BE condensates on optical lattices. Applications of BE condensates and superconductors in practice.
18	Praktyczna mechanika kwantowa	Kwantowanie wymiarowe: 2-D gaz elektronowy, 1-D druty kwantowe i 0-D kropki kwantowe. Heterostruktuury i supersieci. Zastosowanie metody macierzy przejścia do opisu układów periodycznych. Nowe materiały: grafen i nanorurki węglowe. Transport kwantowy w układach nanoskopowych. Punktowy kontakt kwantowy (QPC). 2-D gaz elektronowy w silnym polu magnetycznym, kwantowanie Landaua. Kwantowy efekt Halla.

19	Simulation methods (Metody symulacji)	Zmienne losowe, centralne twierdzenie graniczne, proces Poissona. Typy generatorów liczb losowych. Generowanie wartości dyskretnych i ciągłych zmiennych losowych. Całkowanie metodą Monte Carlo. Symulacje metodą zdarzeń dyskretnych. Symulacje Monte Carlo w mechanice statystycznej. Algorytm Metropolis'a. Kinetyczne Monte Carlo. Metoda Wanga-Landaua obliczania gęstości stanów. Random variables, the central limit theorem, the Poisson process. Types of random number generators. Generating the discrete and continuous random variables. Monte Carlo integration. Simulations using the discrete event method. Monte Carlo simulations in statistical mechanics. The Metropolis algorithm. Kinetic Monte Carlo. The Wang-Landau method for the density of states.
20	Metody numeryczne 2	Zaawansowane algorytmy numeryczne oraz ich implementacja do rozwiązywania wybranych problemów z fizyki. Równania różniczkowe cząstkowe; równania całkowe; maksima i minima funkcji; analiza danych.
21	Computer simulations in physics (Symulacje komputerowe w fizyce)	Dynamika molekularna. Całkowanie równań ruchu. Oddziaływania międzycząstkowe. Zastosowanie do cieczy Lennarda-Jonesa. Termostat Nosego-Hoovera. Dynamika molekularna w stałej temperaturze. Dynamika molekularna sztywnych sfer. Symulacje Monte Carlo. Proste próbkowanie. Symulacje perkolacji. Symulacje Monte Carlo w zespole kanonicznym, w zespole mikrokanonicznym, w wielkim zespole kanonicznym oraz w zespole izobaryczno-izotermicznym. Symulacje przejść fazowych. Finite-size scaling. Algorytmy klastrowe. Zastosowania kinetycznego Monte Carlo. Kwantowe symulacje. Molecular dynamics. Integration of equations of motion. Intermolecular interactions. Application to the Lennard-Jones liquids. The Nose-Hoover thermostat. Molecular dynamics at a constant temperature. Molecular dynamics of rigid spheres. Monte Carlo simulations. Simple sampling. Simulations of percolation. Monte Carlo simulations in the canonical, microcanonical, grand canonical and isobaric-isothermal ensemble. Simulations of phase transitions. Finite-size scaling. Cluster algorithms. Applications of the kinetic Monte Carlo. Quantum simulations.
22	Selected tools of modern theoretical physics 1A (Wybrane narzędzia współczesnej fizyki teoretycznej 1A)	Wprowadzenie do współczesnych narzędzi matematycznych fizyki teoretycznej: Python narzędziem naukowca. Wstęp do programowania w języku Python. Rozwiązywanie algebraicznych równań liniowych i nieliniowych. Rozkłady LU. Rozkłady wartości osobliwych. Metoda Newtona-Raphsona dla układów równań nieliniowych. Całkowanie ODE: metoda Rungego-Kutty, zmodyfikowana metoda punktu pośredniego i in. Liczby losowe: odchylenie standardowe, odchylenie gamma, odchylenie Poissona, odchylenie binominalne. Generowanie losowych bitów. Ciągi quasi-losowe. Symulacje Monte Carlo i ich zastosowanie w fizyce statystycznej. Symulacje grupy renormalizacyjnej macierzy gęstości i ich zastosowanie w fizyce ciała stałego. Symulacje macierzowych stanów produktowych i ich zastosowanie w informacji kwantowej. Introduction to modern mathematical tools of theoretical physics: Python as a scientist's tool. Introduction to programming in Python. Solving the linear and non-linear algebraic equations. LU decomposition. Singular value decomposition. The Newton-Raphson's method for solving systems of non-linear equations. ODE integration: Runge-Kutta methods, modified midpoint method, etc. Random numbers: standard deviation, gamma deviation, Poisson deviation, binomial deviation. Generation of random bits. Quasi-random sequences. Monte Carlo simulations and their applications in statistical physics. Simulations of density matrix renormalisation group and applications in solid state physics. Simulation of matrix product states and application in quantum information.
23	Selected tools of modern theoretical physics 1B ((Wybrane narzędzia współczesnej fizyki teoretycznej 1B)	Wprowadzenie do współczesnych narzędzi matematycznych fizyki teoretycznej. Podstawy teorii przestrzeni Hilberta: geometria, iloczyny tensorowe, suma prosta i całka prosta przestrzeni Hilberta. Podstawy teorii operatorów liniowych w przestrzeniach Hilberta. Operatory ograniczone i nieograniczone, sprzężenie operatora, operatory samosprężone. Wstęp do teorii reprezentacji grup. Reprezentacje regularne, reprezentacje unitarne, reprezentacje nieredukowalne. Lemat Schura. Teoria rozkładu reprezentacji. Algebry grupowe i ich

		reprezentacje. Reprezentacje grup i teoria funkcji specjalnych (Bessela, Jacobiego, Legendre'a, Laguerra oraz Eulera). Reprezentacje unitarne grup: $SU(2)$, $SL(2, \mathbb{C})$ i grupy ruchów euklidesowych. Introduction to modern mathematical tools of theoretical physics. The basis of Hilbert space theory: geometry, tensor products, simple sum and simple integral of Hilbert spaces. Basis of theory of linear operators in Hilbert spaces. Bounded and unbounded operators, adjoint and self-adjoint operators. Introduction to the theory of group representations. Regular, unitary and irreducible representations. The Schur's lemma. Theory of representation decomposition. Group algebras and their representations. Group representations and the theory of special functions (Bessel, Jacobi, Legendre, Laguerre, Euler). Unitary representations of groups $SU(2)$, $SL(2, \mathbb{C})$ and the group of euclidean motions.
24	Selected tools of modern theoretical physics 2A (Wybrane narzędzia współczesnej fizyki teoretycznej 2A)	Wprowadzenie do współczesnych narzędzi matematycznych fizyki teoretycznej. Elementy geometrii dla fizyków. Teoria tensorów i ich praw transformacji. Podstawy topologii, przestrzenie Hausdorffa, homeomorfizmy. Dyfeomorfizmy, mapy i atlasy. Pojęcie rozmierności. Wektory styczne jako prędkości oraz jako derywacje. Pola wektorowe i potoki. Odwzorowania styczne i kostyczne. Rachunek różniczkowy na rozmiernościach. Koneksje liniowe i pochodne kowariantne. Elementy geometrii Riemanna. Introduction to modern mathematical tools of theoretical physics. Elements of geometry for physicists. The theory of tensors and their transformations. The basis of topology, Hausdorff spaces, homeomorphisms. Diffeomorphisms, charts and atlases. The notion of manifold. Tangent vectors as velocities and as derivations. Vector fields and flows. Tangent and cotangent transformations. The calculus on manifolds. Linear connections and covariant derivatives. Elements of Riemannian geometry.
25	Selected tools of modern theoretical physics 2B (Wybrane narzędzia współczesnej fizyki teoretycznej 2B)	Wprowadzenie do współczesnych narzędzi matematycznych fizyki teoretycznej. Struktury algebraiczne: grupy, przestrzenie ciała, algebry, moduły i ich homomorfizmy. Operatory linowe, podprzestrzenie niezmiennicze, wielomiany maksymalne, rozkład Jordana. Operatory linowe w przestrzeniach z iloczynem skalarnym. Rozkład polarny. Kompleksyfikacja przestrzeni liniowej. Grupy skończone i ich reprezentacje. Teoria charakterów. Diagramy Younga. Algebry Liego i ich opis. Wagi i pierwiastki. Macierze Cartana. Formy Killinga. Grupy macierzowe. Odwzorowania Exp i Log. Wzór BHC. Algebry Liego grup liniowych. Introduction to modern mathematical tools of theoretical physics. Algebraic structures: groups, spaces, fields, algebras, modules, and their homomorphisms. Linear operators, invariant subspaces, maximal polynomials, Jordan decomposition. Linear operators in spaces with scalar product. Polar decomposition. Complexification of linear space. Finite groups and their representations. Character theory. Young diagrams. Lie algebras and their description. Weights and roots. Cartan matrices. Killing forms. Matrix groups. Exp and Log transformations. The BHC formula. Lie algebras of linear groups.
26	Trends in modern theoretical physics A/B/C (Trendy we współczesnej fizyce teoretycznej A/B/C)	Wprowadzenie w wybrane obszary badawcze współczesnej fizyki teoretycznej i zapoznanie z kierunkami badań prowadzonych aktualnie w Instytucie Fizyki Teoretycznej UW, ułatwiające studentom wybór problematyki pracy magisterskiej i dostosowanie do tego ścieżki kształcenia. Przykładowe treści merytoryczne: wstęp do całki Feynmana w fizyce nierelatywistycznej: równanie Schroedingera, propagator, funkcja partycji, rachunek zaburzeń w sformułowaniu całki po trajektoriach; symetrie i supersymetrie we współczesnych teoriach fizycznych; metody termodynamiczne w makroskopowym opisie materii: teoria Gibbsa, termodynamika równowagowa, funkcje fundamentalne i zasada maksimum, przejścia fazowe i zjawiska krytyczne. Introduction into selected areas of modern theoretical physics. Making students familiar with the research currently going on at the Institute of Theoretical Physics of the University of Wrocław, in order to help them choose the subject of their M.Sc. thesis. Exemplary topics: introduction to Feynman path integrals in non-relativistic physics: Schroedinger's equation, propagator, partition function, perturbation theory in path integral formulation; symmetries and supersymmetries in contemporary physical theories; thermodynamic methods in

		the description of macroscopic matter: Gibbs theory, equilibrium thermodynamics, fundamental functions and the maximum principle, phase transitions and critical phenomena.
27	Modern quantum mechanics with elements of quantum optics (Współczesna mechanika kwantowa z elementami optyki kwantowej)	Wprowadzenie do aspektów statystycznych współczesnej mechaniki kwantowej i jej związków z teorią informacji kwantowej. Dostarczenie podstawowej wiedzy z optyki kwantowej, w tym o fundamentalnych eksperymentach weryfikujących teorię kwantową. Struktura teorii kwantowej, czyste i mieszane stany kwantowe, układy złożone, stany splątane. Nieklasyczne aspekty mechaniki kwantowej. Pole fotonowe i jego stany (termalne, koherentne, ściśnięte). Stany EPR, teleportacja i jej realizacja optyczna. Oddziaływanie atom-foton (model Rabiego, model Jaynesa-Cummingsa). Układy otwarte – oddziaływanie atomów z otoczeniem. Ewolucja układów otwartych, równanie Lindblada. Introduction to statistical aspects of modern quantum mechanics and its relationship with quantum information theory. The basis of quantum optics, including fundamental experiments verifying quantum theory. The structure of quantum theory: pure and mixed states, composite systems and entangled states. Non-classical aspects of quantum mechanics. Photon field and its states (thermal, coherent, squeezed). EPR states, teleportation and its optical realization. Atom-photon interaction (the Rabie model, the Jaynes-Cummings model). Open systems – interaction of atoms with the environment. The evolution of open systems, Lindblad equation.
28	Introduction to quantum information theory for physicists (Wstęp do informatyki kwantowej dla fizyków)	Wprowadzenie do zasad i idei nowego podejścia do przechowywania i operowania informacjami przy użyciu mechaniki kwantowej. Podstawy teorii i praktyki obliczeń kwantowych, kryptografii kwantowej i komunikacji kwantowej. Kubity i ich reprezentacje, pomiary kwantowe, operatory gęstości, stany czyste i mieszane, operacje kwantowe, dekoherencja. Korelacje kwantowe: paradoks EPR, nierówności Bella, splątanie kwantowe, miary i świadkowie splątania. Kwantowe bramki logiczne i algorytmy kwantowe. Komputery kwantowe. Kryptografia kwantowa, dystrybucja klucza kwantowego i pieniądze kwantowe. Komunikacja kwantowa: teleportacja, sieci kwantowe. Introduction to the principles and concepts of storing and managing information using quantum mechanics. The basis of the theory as well as the practice of quantum computations, quantum cryptography, and quantum communication. Qubits and their representations, quantum measurements, density operators, pure and mixed states, quantum operations, decoherence. Quantum correlations: EPR paradox, Bell's inequalities, quantum entanglement, measures and witnesses of entanglement. Quantum logic gates and quantum algorithms. Quantum computers. Quantum cryptography, distribution of quantum key and quantum money. Quantum communication: teleportation, quantum lattices.
29	Projekt programistyczny	Modele cyklu życia projektu programistycznego. Wybór i wdrożenie systemu kontroli wersji w projekcie. Programowanie interfejsu graficznego użytkownika. Technologie potrzebne do wykonania projektu – do wyboru z: grafika komputerowa i wizualizacja danych, modelowanie numeryczne i symulacje komputerowe w fizyce, programowanie w technologiach sieciowych, programowanie urządzeń mobilnych, programowanie równoległe, programowanie gier komputerowych. Testowanie oprogramowania. Prezentacja, dystrybucja i promocja zakończonego projektu.
30	Wykład specjalistyczny/monograficzny	Zaawansowane treści specjalistyczne z zakresu szczegółowych zagadnień związanych z proponowanymi tematami prac magisterskich. Wykłady mają charakter autorski, a ich tematyka ściśle wiąże się z aktualną problematyką badań naukowych prowadzonych w Instytutach Fizyki Doświadczalnej i Teoretycznej UWR i bierze pod uwagę specyficzne zainteresowania naukowe studentów w danym cyklu kształcenia.

31	Pracownia magisterska 1/2	Przegląd literatury z zakresu zagadnień poruszanych w pracy magisterskiej, opanowanie niezbędnych technik i narzędzi badawczych, przeprowadzenie badań naukowych stanowiących podstawę przygotowywanej pracy magisterskiej.
32	Pracownia specjalistyczna	Zapoznanie ze specjalistycznymi technikami i zaawansowanymi metodami badawczymi stosowanymi w laboratoriach fizycznych Wydziału Fizyki i Astronomii UWr. Przygotowanie warsztatowe do prowadzenia badań naukowych związanych z realizacją pracy magisterskiej.
33	Lektorat	Zasoby leksykalno-gramatyczne wybranego języka nowożytnego odpowiadające biegłości na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego. Tematyka z zakresu fizyki, astronomii i informatyki. Specjalistyczne słownictwo i struktury gramatyczne umożliwiające rozumienie i analizę tekstów/wykładów fachowych oraz przedstawianie procesów i zjawisk fizycznych/astronomicznych.
34	Seminarium magisterskie 1/2	Prezentacja i dyskusja zagadnień z zakresu nowych odkryć, najważniejszych problemów i głównych kierunków badań w różnych obszarach współczesnej fizyki, problematyki badań naukowych z zakresu nauk fizycznych prowadzonych na Wydziale Fizyki i Astronomii UWr oraz tematyki prac magisterskich realizowanych przez uczestników seminarium. Prezentacja i omówienie wstępnych lub oczekiwanych wyników pracy naukowej magistrantów. Problematyka właściwego korzystania ze źródeł, krytycznej analizy treści, sposobów i technik prezentacji zagadnień, przekazu ze zrozumieniem, rzeczowej argumentacji, poprawności wnioskowania oraz prowadzenia dyskusji naukowej.
35	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 p-poż. 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.
36	Przedmiot humanistyczny/społeczny	Treści humanistyczno-społeczne uzależnione od wyboru konkretnego przedmiotu z dziedziny nauk humanistycznych lub dziedziny nauk społecznych z aktualnej oferty takich przedmiotów w UWr.
37	Nauki przyrodnicze a rozwój cywilizacji	Zagadnienia koncentrujące się wokół szans i zagrożeń cywilizacyjnych, kształtowania naukowego obrazu, relacji między nauką i kulturą oraz wiedzą naukową a innymi rodzajami wiedzy ludzkiej. Szczegółowy program powstaje we współpracy ze studentami danego cyklu kształcenia i jest dostosowany do specyfiki ich zainteresowań.
38	Psychologia dla nauczycieli	Procesy poznawcze. Spostrzeganie, odbiór i przetwarzanie informacji. Myślenie i rozumowanie. Mowa. Pamięć i uwaga. Modele uczenia się – koncepcje klasyczne, współczesne ujęcia w oparciu o wyniki badań neuropsychologicznych. Emocje i motywacja w procesach regulacji zachowania. Zdolności i uzdolnienia. Inteligencja i style poznawcze. Temperament i osobowość.
39	Psychologia rozwoju człowieka	Sylwetka rozwojowa ucznia w okresie dzieciństwa, adolescencji i wczesnej dorosłości. Rozwój fizyczny, motoryczny, psychoseksualny. Rozwój procesów poznawczych (myślenie, mowa, spostrzeganie, uwaga, pamięć). Rozwój społeczno-emocjonalny i moralny. Zmiany fizyczne i psychiczne w okresie dojrzewania. Rozwój wybranych funkcji psychicznych. Rozwój osobowości. Kształtowanie się indywidualnej tożsamości. Rozwój a wychowanie. Dorosłość. Identyfikacja z nowymi rolami społecznymi. Kształtowanie się stylu życia.
40	Pedagogika dla nauczycieli – wykład	System oświaty. Szkoła jako instytucja edukacyjna, funkcje i cele edukacji szkolnej. Modele współczesnej szkoły. Ukryty program szkoły. Zawód nauczyciela. Rola nauczyciela, koncepcje pracy nauczyciela. Etyka zawodowa nauczyciela. Poszanowanie godności dziecka/ucznia/wychowanka. Wychowanie a rozwój.

		Ontologiczne, aksjologiczne, antropologiczne podstawy wychowania. Istota i funkcje wychowania. Proces wychowania, jego struktura, właściwości, dynamika. Media i ich wpływ wychowawczy. Praca opiekuńczo-wychowawcza nauczyciela. Nauczyciel jako wychowawca klasy. Metodyka pracy wychowawczej. Program pracy wychowawczej.
41	Pedagogika dla nauczycieli – konwersatorium	Profilaktyka zagrożeń rozwoju dzieci i młodzieży. Dzieci uzależnione, zaniedbane i pozbawione opieki. Agresja i przemoc (także cyberprzemoc) w szkole. Klasa szkolna jako środowisko społeczne i wychowawcze. Dialog w pracy nauczyciela - tworzenie klimatu wychowawczego w klasie i szkole. Nauczyciel wychowawcą – planowanie i reżyserowanie pracy wychowawczej. Plan pracy wychowawczej szkoły. Metody i formy realizacji procesu wychowawczego. Alternatywne formy edukacji – założenia, koncepcje i możliwości wykorzystania w praktyce.
42	Wspomaganie rozwoju dziecka i dysharmonie rozwojowe	Teorie integralnego rozwoju ucznia. Norma rozwojowa. Dysharmonie i zaburzenia rozwojowe u uczniów a ich funkcjonowanie w grupie rówieśniczej. Zaburzenia funkcjonowania w okresie dorastania. Wspomaganie rozwoju uzdolnień i zainteresowań. Uczeń zdolny. Uczeń nadpobudliwy. Zaburzenia zachowania. Uczeń nieśmiały. Obniżenie nastroju, depresja. Dziecko w sytuacji kryzysowej i traumatycznej. Zachowania autodestruktywne, próby samobójcze.
43	Uczeń ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi	Pomoc psychologiczno-pedagogiczna w szkole – regulacje prawne, formy i zasady udzielania wsparcia. Specjalne potrzeby edukacyjne uczniów i ich uwarunkowania. Diagnoza funkcjonalna – cele, metody, etapy. Narzędzia stosowane w diagnozie nauczycielskiej. Uczeń z zaburzeniami ze spektrum autyzmu. Uczeń z zaburzeniami w komunikowaniu się. Uczeń z niepełnosprawnością intelektualną i ruchową. Uczeń z zaburzeniami wzroku i słuchu. Uczeń przewlekłe chory. Uczeń z trudnościami w uczeniu się. Uczeń z trudnościami adaptacyjnymi, związanymi z doświadczeniem migracyjnym. Dostosowanie procesu kształcenia do specjalnych potrzeb edukacyjnych uczniów. Różnicowanie, indywidualizacja i personalizacja pracy z uczniami. Projektowanie wsparcia, konstruowanie indywidualnych programów rozwoju uczniów. Ocena skuteczności wsparcia uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi. Integracja i inkluzja. Edukacja włączająca – przykłady dobrych praktyk. Współpraca rodziny i szkoły w procesie wspierania rozwoju uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi.
44	Podstawy dydaktyki	Dydaktyka jako subdyscyplina pedagogiczna. Szkoła jako instytucja wspomagająca rozwój jednostki i społeczeństwa. Proces nauczania i uczenia się. System oświaty. Klasa szkolna jako środowisko edukacyjne. Projektowanie działań edukacyjnych w kontekście specjalnych potrzeb edukacyjnych oraz szczególnych uzdolnień uczniów. Diagnoza, kontrola i ocena wyników kształcenia. Język jako narzędzie pracy nauczyciela.
45	Dydaktyka fizyki	Dydaktyka fizyki: charakterystyka, obszar zainteresowań badawczych oraz przegląd aktualnych tematów badań. Badania nauczycielskie. Fizyka jako przedmiot szkolny: przedmiot i jego miejsce w kształceniu ogólnym. Podstawa programowa. Cele kształcenia i treści nauczania przedmiotu fizyka. Program nauczania: tworzenie i modyfikacja, analiza, ocena, dobór i zatwierdzenie. Projektowanie procesu kształcenia. Rozkład materiału. Ewaluacja działań dydaktycznych. Podmiotowość i pełnomocność ucznia. Lekcja. Formalna struktura, cele lekcji, sytuacje wpływające na przebieg lekcji. Typy i modele lekcji fizyki. Zajęcia pozalekcyjne. Metody i zasady nauczania. Dobór metod dydaktycznych. Formy pracy. Organizacja pracy w klasie, praca w grupach. Indywidualizacja nauczania. Projektowanie środowiska lekcji, środki dydaktyczne - dobór i wykorzystanie. Kontrola i ocena efektów pracy uczniów: diagnoza, monitorowanie, ewaluacja i kontrola wyników a ocenianie. Kształtowanie motywacji do uczenia się. Uwarunkowania prawne pracy nauczyciela.
46	Emisja głosu	Język jako narzędzie pracy nauczyciela. Praca z uczniami z ograniczoną znajomością języka polskiego lub zaburzeniami komunikacji językowej. Porozumiewanie się w celach dydaktycznych – sztuka wykładania, sztuka zadawania pytań, sposoby zwiększania aktywności komunikacyjnej uczniów. Praktyka wystąpień publicznych, poprawność językowa, etyka języka, etykieta korespondencji tradycyjnej i elektronicznej. Emisja głosu – budowa, działanie i ochrona narządu mowy. Warsztaty emisji głosu.

47	Pracownia dydaktyki fizyki 1	Podstawowe urządzenia i techniki w szkolnej pracowni fizycznej: tor powietrzny, źródła zasilania, metody projekcji, komputer jako przyrząd pomiarowy. Podstawa programowa – wymagania doświadczalne na III etapie edukacyjnym. Rola nauczyciela na III etapie edukacyjnym. Planowanie lekcji z wykorzystaniem doświadczeń. Prowadzenie zajęć laboratoryjnych. Wybór, projektowanie i wykonanie doświadczeń przewidzianych na III etapie edukacyjnym.
48	Pracownia dydaktyki fizyki 2	Podstawa programowa – wymagania doświadczalne na IV etapie edukacyjnym. Rola nauczyciela na IV etapie edukacyjnym. Planowanie lekcji z wykorzystaniem doświadczeń. Prowadzenie zajęć laboratoryjnych. Wybór, projektowanie i wykonanie doświadczeń przewidzianych na IV etapie edukacyjnym.
49	Praktyka śródroczna w szkole podstawowej	Zapoznanie się ze specyfiką szkoły podstawowej w której odbywa się praktyka. Obserwowanie: opiekuna praktyk podczas prowadzonych przez niego lekcji; aktywności uczniów; toku metodycznego lekcji, stosowanych metod i form pracy, wykorzystywanych pomocy dydaktycznych; wykonywanych przez nauczyciela czynności w toku lekcji i poza nią; interakcji nauczyciel–uczeń oraz interakcji między uczniami w toku lekcji; procesów komunikowania w klasie, sposobów aktywizowania i dyscyplinowania uczniów; sposobu oceniania uczniów, zadawania i kontrolowania pracy domowej; dynamiki i klimatu społecznego klasy, ról pełnionych przez uczniów, zachowania i postaw uczniów; funkcjonowania i aktywności w czasie lekcji uczniów; działań podejmowanych w celu bezpieczeństwa i zachowania dyscypliny; organizacji przestrzeni i sposobu zagospodarowania klasy. Praktyczne ćwiczenie kompetencji związanych z pełnieniem roli nauczyciela w szkole podstawowej: planowanie lekcji, formułowanie celów, dobór metod i form pracy oraz środków dydaktycznych; dostosowywanie metod i form pracy do realizowanych treści, etapu edukacyjnego oraz dynamiki grupy uczniowskiej; dostosowywanie sposobu komunikacji w toku lekcji do poziomu rozwoju uczniów; animowanie aktywności i współdziałania uczniów. Analiza i interpretacja zaobserwowanych sytuacji i zdarzeń pedagogicznych w szkole podstawowej: prowadzenie dokumentacji praktyki; konfrontowanie wiedzy teoretycznej z praktyką; ocena własnego funkcjonowania w roli nauczyciela.
50	Praktyka śródroczna w LO	Zapoznanie się ze specyfiką liceum ogólnokształcącego w którym odbywa się praktyka. Obserwowanie: opiekuna praktyk podczas prowadzonych przez niego lekcji; aktywności uczniów; toku metodycznego lekcji, stosowanych metod i form pracy, wykorzystywanych pomocy dydaktycznych; wykonywanych przez nauczyciela czynności w toku lekcji i poza nią; interakcji nauczyciel–uczeń oraz interakcji między uczniami w toku lekcji; procesów komunikowania w klasie, sposobów aktywizowania i dyscyplinowania uczniów; sposobu oceniania uczniów, zadawania i kontrolowania pracy domowej; dynamiki i klimatu społecznego klasy, ról pełnionych przez uczniów, zachowania i postaw uczniów; funkcjonowania i aktywności w czasie lekcji uczniów; działań podejmowanych w celu bezpieczeństwa i zachowania dyscypliny; organizacji przestrzeni i sposobu zagospodarowania klasy. Praktyczne ćwiczenie kompetencji związanych z pełnieniem roli nauczyciela w LO: planowanie lekcji, formułowanie celów, dobór metod i form pracy oraz środków dydaktycznych; dostosowywanie metod i form pracy do realizowanych treści, etapu edukacyjnego oraz dynamiki grupy uczniowskiej; dostosowywanie sposobu komunikacji w toku lekcji do poziomu rozwoju uczniów; animowanie aktywności i współdziałania uczniów. Analiza i interpretacja zaobserwowanych sytuacji i zdarzeń pedagogicznych LO: prowadzenie dokumentacji praktyki; konfrontowanie wiedzy teoretycznej z praktyką; ocena własnego funkcjonowania w roli nauczyciela.
51	Elementy prawa oświatowego i bezpieczeństwo w szkole	Międzynarodowe i krajowe regulacje dotyczące praw człowieka. Odpowiedzialność prawna opiekuna, nauczyciela, wychowawcy. Źródła prawa oświatowego. Struktura systemu oświaty i funkcjonowanie placówek oświatowych. Nauczycielska pragmatyka zawodowa. Procedury postępowania nauczycieli w przypadku różnego rodzaju zagrożeń. Pierwsza pomoc. Choroby zawodowe nauczycieli.
52	Pedagogiczne podstawy pracy nauczyciela	Rola początkującego nauczyciela w szkolnej rzeczywistości. Najczęstsze problemy początkujących nauczycieli. Uwarunkowania sukcesu w pracy nauczyciela. Plan pracy wychowawczo-profilaktycznej. Wspomaganie ucznia w projektowaniu ścieżki edukacyjno-zawodowej. Metody i techniki określania potencjału ucznia. Przygotowanie

		uczniów do uczenia się przez całe życie. Style kierowania klasą, ład i dyscyplina. Rozwijanie u dzieci, uczniów lub wychowanków kompetencji komunikacyjnych i umiejętności społecznych niezbędnych do nawiązywania poprawnych relacji. Współpraca rodziny i szkoły.
53	Psychologiczne podstawy pracy nauczyciela	Poznanie i spostrzeganie społeczne. Postawy, stereotypy, uprzedzenia. Zachowania społeczne i ich uwarunkowania. Sytuacja interpersonalna. Porozumiewanie się w sytuacjach konfliktowych. Empatia i inteligencja emocjonalna. Zachowania asertywne, agresywne, uległe. Reguły współdziałania. Nauczyciel w procesie komunikacji – autoprezentacja. Procesy komunikowania się. Komunikacja niewerbalna. Aktywne słuchanie, efektywne nadawanie. Porozumiewanie się emocjonalne w klasie. Style komunikowania się uczniów i nauczyciela. Bariery i trudności w procesie komunikowania się, techniki i metody usprawniania komunikacji z uczniem. Metody i techniki uczenia się z uwzględnieniem rozwijania metapoznania. Stres i radzenie sobie z nim. Indywidualne strategie radzenia sobie z trudnościami.
54	Praktyka psychologiczno-pedagogiczna w szkole	Kształtowanie kompetencji psychologiczno-pedagogicznych poprzez: zapoznanie się ze specyfiką szkoły, poznanie sposobu funkcjonowania, organizacji pracy, pracowników, uczestników procesów pedagogicznych i prowadzonej dokumentacji; obserwowanie: pracy wychowawcy klasy, jego interakcji z uczniami klasy oraz sposobu, w jaki planuje i realizuje zajęcia wychowawcze, integrowania działań opiekuńczo-wychowawczych i dydaktycznych przez nauczycieli przedmiotowych, objawów fizjologicznych, poznawczych i behawioralnych stresu u ucznia i u siebie, dyżurów podczas przerw; działania praktyczne: zaplanowanie i przeprowadzenie pod nadzorem opiekuna zajęć wychowawczych, przeprowadzenie rozmowy z uczniem na temat jego uzdolnień i zainteresowań; opis i analizę zaobserwowanych/doświadczonych w czasie praktyki zdarzeń pedagogicznych; prowadzenie dokumentacji praktyki psychologiczno-pedagogicznej, w tym protokołów obserwacji zachowań ucznia i arkusza analizy pracy wychowawczej nauczyciela.
55	Praktyka dydaktyczna w szkole podstawowej – ciągła	Zapoznanie się ze specyfiką szkoły podstawowej w której odbywa się praktyka. Obserwowanie: opiekuna praktyk podczas prowadzonych przez niego lekcji; aktywności uczniów; toku metodycznego lekcji, stosowanych metod i form pracy, wykorzystywanych pomocy dydaktycznych; wykonywanych przez nauczyciela czynności w toku lekcji i poza nią; interakcji nauczyciel–uczeń oraz interakcji między uczniami w toku lekcji; procesów komunikowania w klasie, sposobów aktywizowania i dyscyplinowania uczniów; sposobu oceniania uczniów, zadawania i kontrolowania pracy domowej; dynamiki i klimatu społecznego klasy, ról pełnionych przez uczniów, zachowania i postaw uczniów; funkcjonowania i aktywności w czasie lekcji uczniów; działań podejmowanych w celu bezpieczeństwa i zachowania dyscypliny; organizacji przestrzeni i sposobu zagospodarowania klasy. Praktyczne ćwiczenie kompetencji związanych z pełnieniem roli nauczyciela w szkole podstawowej: planowanie lekcji, formułowanie celów, dobór metod i form pracy oraz środków dydaktycznych; dostosowywanie metod i form pracy do realizowanych treści, etapu edukacyjnego oraz dynamiki grupy uczniowskiej; organizację i prowadzenie lekcji w oparciu o samodzielnie opracowywane scenariusze, wykorzystywanie w toku lekcji środków multimedialnych i technologii informacyjnej, dostosowywanie sposobu komunikacji w toku lekcji do poziomu rozwoju uczniów; animowanie aktywności i współdziałania uczniów. Analiza i interpretacja zaobserwowanych sytuacji i zdarzeń pedagogicznych w szkole podstawowej: prowadzenie dokumentacji praktyki; konfrontowanie wiedzy teoretycznej z praktyką; ocena własnego funkcjonowania w roli nauczyciela, ocenę przebiegu prowadzonych lekcji oraz realizacji zamierzonych celów.
56	Praktyka dydaktyczna w LO – ciągła	Zapoznanie się ze specyfiką LO w którym odbywa się praktyka. Obserwowanie: opiekuna praktyk podczas prowadzonych przez niego lekcji; aktywności uczniów; toku metodycznego lekcji, stosowanych metod i form pracy, wykorzystywanych pomocy dydaktycznych; wykonywanych przez nauczyciela czynności w toku lekcji i poza nią; interakcji nauczyciel–uczeń oraz interakcji między uczniami w toku lekcji; procesów komunikowania w klasie, sposobów aktywizowania i dyscyplinowania uczniów; sposobu oceniania uczniów, zadawania i kontrolowania pracy domowej; dynamiki i klimatu społecznego klasy, ról pełnionych przez uczniów, zachowania i postaw uczniów; funkcjonowania i aktywności w czasie lekcji uczniów; działań podejmowanych w celu

		bezpieczeństwa i zachowania dyscypliny; organizacji przestrzeni i sposobu zagospodarowania klasy. Praktyczne ćwiczenie kompetencji związanych z pełnieniem roli nauczyciela w LO: planowanie lekcji, formułowanie celów, dobór metod i form pracy oraz środków dydaktycznych; dostosowywanie metod i form pracy do realizowanych treści, etapu edukacyjnego oraz dynamiki grupy uczniowskiej; organizację i prowadzenie lekcji w oparciu o samodzielnie opracowywane scenariusze, wykorzystywanie w toku lekcji środków multimedialnych i technologii informacyjnej, dostosowywanie sposobu komunikacji w toku lekcji do poziomu rozwoju uczniów; animowanie aktywności i współdziałania uczniów. Analiza i interpretacja zaobserwowanych sytuacji i zdarzeń pedagogicznych w LO: prowadzenie dokumentacji praktyki; konfrontowanie wiedzy teoretycznej z praktyką; ocena własnego funkcjonowania w roli nauczyciela, ocenę przebiegu prowadzonych lekcji oraz realizacji zamierzonych celów.
57	Kompetencje psychologiczno-pedagogiczne nauczyciela	Zasoby własne w pracy nauczyciela – identyfikacja i rozwój. Analiza arkusza obserwacji pracy nauczyciela. Kompetencje psychologiczno-pedagogiczne studenta. Sytuacja trudna w szkole. Zasoby ucznia. Indywidualne strategie radzenia sobie z trudnościami, stres i nauczycielskie wypalenie zawodowe. Rozwój zawodowy nauczyciela. Ścieżka rozwoju zawodowego nauczyciela.
58	Warsztat pracy nauczyciela	Podstawowe pojęcia związane z ocenianiem szkolnym: cele, funkcje, modele i techniki oceniania. Trafność i rzetelności oceniania. Program a ocenianie. Typy zadań i problemów fizycznych i ich własności dydaktyczne. Zadania sprawdzające wiedzę i zadania sprawdzające umiejętności poznawcze. Sposoby oceniania umiejętności doświadczalnych. Konstruowanie schematów oceniania i ich rola dydaktyczna. Wymagania maturalne. Struktura arkuszy egzaminacyjnych z fizyki i astronomii. Wpływ egzaminów zewnętrznych na nauczanie fizyki. Wady i zalety formy testowej. Wskaźniki łatwości i mocy różnicującej zadań. Modelowanie numeryczne jako opis problemów fizycznych. Numeryczne rozwiązywanie równań ruchu. Stabilność metod numerycznych. Przykłady animacji. Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego oraz środowisk edukacyjnych do tworzenia animacji oraz opracowania wyników sprawdzianów i egzaminów. Internet w nauczaniu fizyki w szkole.
59	Praca magisterska i egzamin magisterski	Opracowanie i złożenie pracy magisterskiej przygotowanej zgodnie z wymaganiami stawianymi pracom dyplomowym na studiach II stopnia fizyki. Po uzyskaniu pozytywnej oceny pracy dyplomowej – zdanie egzaminu magisterskiego na zasadach określonych w warunkach ukończenia studiów na kierunku fizyka.

SPECIALTY – MASTER’S STUDY OF THEORETICAL PHYSICS

Item	Course	Content
1	Highlights of Modern Physics and Astrophysics	Presentation and discussion of selected topics of modern physics and astrophysics, with emphasis placed on major achievements, groundbreaking discoveries and leading trends of current research. Review of literature and other sources on a given topic, preparing an abstract of oral presentation, delivering a talk, scientific discussion, writing an essay.
2	Quantum electrodynamics	Lagrangian formalism, the Noether’s theorem. Quantization of scalar fields, the Dirac field and the electromagnetic field. The Klein-Gordon equation, the Dirac equation. The Feynman rules. The S-matrix and cross-sections. The Ward–Takahashi identities, the LSZ reduction formula, the optical theorem.
3	Classical field theory	From discrete to continuous mechanical systems. The essence of field theoretical description of nature. Fundamental concepts of the classical field theory. Relativistic physics and the geometry of the Minkowski space. The Poincare group and its representations. Elements of the tensor calculus. Basics models: relativistic particle, bosonic string. Variational formalism. Field equations. The Noether's theorem. Conserved charges. The energy-momentum tensor and its properties. Fundamental types of fields and their Lagrangian models. Gauge

		transformations. Gauge fields: abelian models, nonabelian models. Global symmetries and breaking of global symmetries. The Goldstone theorem. Local symmetries and breaking of local symmetries. The Higgs effect.
4	Quantum field theory	Quantization of scalar fields, the Dirac field and the electromagnetic field. The loop expansion and renormalization. Path integrals. The non-Abelian theory.
5	General relativity and gravitation	Elements and effects of the special theory of relativity: Lorentz contraction, time dilation, simultaneity and causality, relativistic Doppler effect, momentum and energy of a particle. Tensor calculus, transformation laws, tensor algebra and tensor analysis, coordinate independence. Connection as a geometrical object defining the parallel transport along a curve. Tensor characteristics of a connection: curvature and torsion – Bianchi identities. Metric (Levi-Civita) connection. Geodesic equations, affine parametrization. The equivalence principle. Einstein equations, contracted Bianchi identity and conservation laws of the energy-momentum tensor. The energy-momentum tensor of a perfect fluid and its physical interpretation. Newtonian limit and linearization of the Einstein equations. The Schwarzschild metric, Birkhoff's theorem, geodesics in the Schwarzschild spacetime, relativistic corrections of the Newton's equations, planetary systems. Black hole solutions and evolution of stars. Elements of cosmology: cosmological principle and FLRW metric, Friedmann equation, exact solutions, relativistic matter (radiation) and non-relativistic matter (dust) as sources of the expanding Universe. Structures formation. Accelerating expansion, the dark matter and the dark energy. Problems of the standard cosmological model. Gravitational radiation: nature of the waves, astrophysical sources of gravitational waves, detection methods.
6	Statistical physics 2	Gibbs' formulation of thermodynamics of equilibrium states. Constraints and quantum statistics as the sources of effective interactions. Thermodynamic limit and stability of matter. Magnetic, classical and quantum phase transitions as a paradigm. Phase transitions and spontaneous symmetry breaking.
7	Contemporary problems in condensed matter physics	Symmetries, scales and units in physics. Harmonic oscillator, occupation number representation. Particles and statistics: bosons, fermions and anyons. Free electrons, the concept of Fermi surface: metals and insulators. Superconductivity and high-Tc superconductivity. The ideal Bose gas. Bose-Einstein (BE) condensation as an example of quantum phase transition. BE condensates on optical lattices. Applications of BE condensates and superconductors in practice.
8	Selected tools of modern theoretical physics 1A	Introduction to modern mathematical tools of theoretical physics: Python as a scientist's tool. Introduction to programming in Python. Solving the linear and non-linear algebraic equations. LU decomposition. Singular value decomposition. The Newton-Raphson's method for solving systems of non-linear equations. ODE integration: Runge-Kutta methods, modified midpoint method, etc. Random numbers: standard deviation, gamma deviation, Poisson deviation, binomial deviation. Generation of random bits. Quasi-random sequences. Monte Carlo simulations and their applications in statistical physics. Simulations of density matrix renormalisation group and applications in solid state physics. Simulation of matrix product states and application in quantum information.
9	Selected tools of modern theoretical physics 1B	Introduction to modern mathematical tools of theoretical physics. The basis of Hilbert space theory: geometry, tensor products, simple sum and simple integral of Hilbert spaces. Basis of theory of linear operators in Hilbert spaces. Bounded and unbounded operators, adjoint and self-adjoint operators. Introduction to the theory of group representations. Regular, unitary and irreducible representations. The Schur's lemma. Theory of representation decomposition. Group algebras and their representations. Group representations and the theory of special functions (Bessel, Jacobi, Legendre, Laguerre, Euler). Unitary representations of groups $SU(2)$, $SL(2, \mathbb{C})$ and the group of euclidean motions.

10	Selected tools of modern theoretical physics 2A	Introduction to modern mathematical tools of theoretical physics. Elements of geometry for physicists. The theory of tensors and their transformations. The basis of topology, Hausdorff spaces, homeomorphisms. Diffeomorphisms, charts and atlases. The notion of manifold. Tangent vectors as velocities and as derivations. Vector fields and flows. Tangent and cotangent transformations. The calculus on manifolds. Linear connections and covariant derivatives. Elements of Riemannian geometry.
11	Selected tools of modern theoretical physics 2B	Introduction to modern mathematical tools of theoretical physics. Algebraic structures: groups, spaces, fields, algebras, modules, and their homomorphisms. Linear operators, invariant subspaces, maximal polynomials, Jordan decomposition. Linear operators in spaces with scalar product. Polar decomposition. Complexification of linear space. Finite groups and their representations. Character theory. Young diagrams. Lie algebras and their description. Weights and roots. Cartan matrices. Killing forms. Matrix groups. Exp and Log transformations. The BCH formula. Lie algebras of linear groups.
12	Trends in modern theoretical physics A/B/C	Introduction into selected areas of modern theoretical physics. Making students familiar with the research currently going on at the Institute of Theoretical Physics of the University of Wrocław, in order to help them choose the subject of their M.Sc. thesis. Exemplary topics: introduction to Feynman path integrals in non-relativistic physics: Schrödinger's equation, propagator, partition function, perturbation theory in path integral formulation; symmetries and supersymmetries in contemporary physical theories; thermodynamic methods in the description of macroscopic matter: Gibbs theory, equilibrium thermodynamics, fundamental functions and the maximum principle, phase transitions and critical phenomena.
13	Modern quantum mechanics with elements of quantum optics	Introduction to statistical aspects of modern quantum mechanics and its relationship with quantum information theory. The basis of quantum optics, including fundamental experiments verifying quantum theory. The structure of quantum theory: pure and mixed states, composite systems and entangled states. Non-classical aspects of quantum mechanics. Photon field and its states (thermal, coherent, squeezed). EPR states, teleportation and its optical realization. Atom-photon interaction (the Rabi model, the Jaynes-Cummings model). Open systems – interaction of atoms with the environment. The evolution of open systems, Lindblad equation.
14	Introduction to quantum information theory for physicists	Introduction to the principles and concepts of storing and managing information using quantum mechanics. The basis of the theory as well as the practice of quantum computations, quantum cryptography, and quantum communication. Qubits and their representations, quantum measurements, density operators, pure and mixed states, quantum operations, decoherence. Quantum correlations: EPR paradox, Bell's inequalities, quantum entanglement, measures and witnesses of entanglement. Quantum logic gates and quantum algorithms. Quantum computers. Quantum cryptography, distribution of quantum key and quantum money. Quantum communication: teleportation, quantum lattices.
15	Specialized/Monographic lecture	Advanced specialized lectures comprising specific issues related to the proposed subjects of M.Sc. theses. Their original and regularly updated content closely reflects the current research areas at the Institutes of Theoretical as well as Experimental Physics of the University of Wrocław, being also adjusted to the particular fields of scientific interest of the students.
16	Master Laboratory 1/2	Review of literature and other sources related to the subject of M.Sc. thesis. Mastering the necessary research tools and techniques. Carrying out scientific research constituting the basis for M.Sc. thesis.
17	Master Seminar 1/2	Presentation and discussion of recent achievements, major problems and main trends of research in different areas of modern physics, the fields of scientific research conducted at the Faculty of Physics and Astronomy of the University of Wrocław, and the subjects of M.Sc. theses prepared by the students. Presentation and discussion of the initial or expected results of the students' scientific work. The issues of proper use of sources,

		critical analysis of their content, presentation rules and techniques, the ability to transfer a message, correct reasoning, and conducting scientific discussion based on factual argumentation.
18	Initial training in the field of OSH and fire protection	Basic concepts of occupational safety and health (OSH). Harmful and oppressive factors that can occur during classes. Legislation on health and safety at the universities. What to do in the case of an accident. Basic rules of first aid. OHS and fire protection hazards in the place of learning. Organization of fire protection. Causes and spreading of fires. Basic duties and tasks resulting from fire prevention regulations. What to do in the event of fire. Rules of using the fire-fighting equipment and devices.
19	Humanistic/Social course	Content dependent on the particular choice of the humanistic and/or social course from the current offer of such courses at the University of Wrocław.
20	Master Thesis and Master Degree Examination	Writing and submitting the Master thesis, prepared in accordance with the requirements established for diploma works at the second-degree level study in physics. Upon a positive opinion on the thesis – passing the Master exam (Master thesis defence) according to the rules set out in the conditions of graduation from physics.