

Część III. Opis procesu prowadzącego do uzyskania efektów uczenia się.

Kierunek Fizyka oferuje studentom do wyboru trzy ścieżki dydaktyczne (specjalności): fizyka doświadczalna, fizyka teoretyczna, oraz fizyka medyczna. Każda z nich posiada wspólne i obowiązkowe dla wszystkich grupy zajęć (np. Podstawy fizyki fazy skondensowanej, Druga pracownia fizyczna/Specjalistyczna pracownia fizyczna, Metody matematyczne fizyki, Komputerowe techniki pomiarowe, grupa - Kształcenie ogólne, grupa - Podsumowanie kształcenia jak i posiada grupy zajęć dedykowane danej ścieżce (grupa - Fizyka w praktyce medycznej, Metody eksperymentalne fizyki magnetyzmu, Podstawy fizyki jądrowej i cząstek elementarnych, Fizyka wysokich energii, Astrofizyka i kosmologia). Ustawowy wymóg zapewnienia minimum 30% zajęć do wyboru jest spełniony przez wybór specjalności. Zajęcia dedykowane danej specjalności są zaznaczone w kolumnie (27) „Harmonogramu realizacji programu studiów”. Kierunek Fizyka oferuje w ramach zajęć do wyboru, również Moduł specjalizacyjny przygotowujący do wykonywania zawodu nauczyciela. Na studiach II stopnia realizowana jest część druga zajęć (330 godz.) wymaganych przez Ustawodawcę zajęć. Część pierwsza (210 godz.) realizowana jest studiach I stopnia. Dopiero po zaliczeniu części pierwszej i drugiej zajęć oraz otrzymaniu dyplomu magistra fizyki, student nabywa uprawnień do wykonywania zawodu nauczyciela fizyki w szkołach podstawowych i ponadpodstawowych.

SYMBOLE EFEKTÓW UCZENIA SIĘ PRZYPISANE DO ZAJĘĆ LUB GRUPY ZAJĘĆ.

Grupa zajęć (Fizyka doświadczalna):

K_W05-K_W08, K_W13-K_W15, K_W17-K_W22, K_W34, K_U10-K_U12, K_U20-K_U23, K_U46, K_K01, K_K02, K_K05-K_K06.

Grupa zajęć (Fizyka teoretyczna):

K_W02-K_W04, K_W09, K_U01, K_U05, K_U09-K_U12, K_K01- K_K03.

Grupa zajęć (Metody matematyczne i komputerowe):

K_W08, K_W11, K_W12, K_W29-K_W32, K_U13-K_U17, K_U42, K_U43, K_K02.

Grupa zajęć (Wybrane problemy fizyki):

K_W05-K_W08, K_W13-K_W15, K_W17-K_W22, K_W34, K_U10-K_U12, K_U20-K_U23, K_K01, K_K04- K_K06.

Grupa zajęć (Fizyka w praktyce medycznej):

K_W21-K_W28, K_W33, K_U23-K_U41, K_U46, K_K01, K_K02, K_K04- K_K06.

Grupa zajęć (Kształcenie ogólne):

K_W01, K_W13-K_W16, K_W34-K_W36, K_U01, K_U18-K_U19, K_U46, K_K01, K_K03, K_K04,

Grupa zajęć (Podsumowanie kształcenia):

K_W01-K_W04, K_W13-K_W16, K_U01, K_U02, K_U10-K_U12, K_U18-K_U19, K_K01-K_K03.

Grupa zajęć (Zajęcia nadobowiązkowe):

K_W13-K_W15, K_W34-K_W36, K_U01, K_U18, K_U44- K_U45, K_K03.

Moduł specjalizacyjny (Przygotowanie do wykonywania zawodu nauczyciela – część II):

KP7_WG1-KP7_WG10, KP7_WK3, KP7_UW2-KP7_UW7, KP7_UK1-KP7_UK2, KP7_UO1-KP7_UO2, KP7_UO5-KP7_UO6, KP7_UO6, KP7_UU1- KP7_UU2, KP7_KO3, KP7_KK1- KP7_KK2, KP7_KR1- KP7_KR2, K_W01-K_W04, K_W07, K_W013, K_W16, K_U01, K_U05, K_K01- K_K03, K_K06

TREŚCI PROGRAMOWE ZAPEWNIAJĄCE UZYSKANIE EFEKTÓW UCZENIA SIĘ PRZYPISANE DO ZAJĘĆ LUB GRUP ZAJĘĆ.

Treści programowe zajęć oraz skrótowe opisy (pełne znajdują się sylabusach) poszczególnych przedmiotów zostaną przedstawione z podziałem na poszczególne ścieżki dydaktyczne.

TREŚCI PROGRAMOWE GRUP ZAJĘĆ

Specjalność: Fizyka doświadczalna

Grupa zajęć_1 (Fizyka doświadczalna)

Grupa obejmuje 450 godzin dydaktycznych, w tym 165 godzin wykładów, 60 godzin konwersatoriów i 225 godzin laboratoriów. Przepisano mu 51 punkty ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1-4.

1. Podstawy fizyki fazy skondensowanej (wykład, konwersatorium, laboratorium):
Na wykładzie omawiana jest mikroskopowa struktura materii skondensowanej ze szczegółowym omówieniem metod badań strukturalnych wykorzystujących zjawiska falowe, w tym z wykorzystaniem promieniowania jonizującego. Pojęcie fazy termodynamicznej. Układy strukturalnie nieporządkowane. Rozpraszanie promieniowania elektromagnetycznego przez układy nieuporządkowane. Sieć Bravais, struktura krystalograficzna, klasyfikacja sieci Bravais. Pojęcie sieci odwrotnej, jej własności geometryczne i związki z siecią rzeczywistą. Dyfrakcja promieniowania elektromagnetycznego na sieci krystalicznej, atomowy i geometryczny czynnik struktury. Konstrukcja Ewalda, warunki Lauego i Bragga dyfrakcji. Techniki badań struktur krystalicznych. Dynamika jednowymiarowego łańcucha monoatomowego i dwuatomowego. Drgania sieci krystalicznych. Pojęcie gęstości stanów fononowych, warunki brzegowe Borna von Karmana. Model Debye'a i Einsteina sieci krystalicznej. Techniki badawcze drgań sieci i informacje wynikające z eksperymentu. Własności termiczne sieci krystalicznej. Elektrycy w potencjale periodycznym, twierdzenie Blocha, kwazipęd, masa efektywna. Dynamika elektronu w paśmie, przewodnictwo elektryczne. Struktura pasmowa kryształów, metale

i półprzewodniki. Wiązania w materii skondensowanej. Wykład uzupełniony jest o ćwiczenia rachunkowe oraz zajęcia laboratoryjne obejmujące serię eksperymentów z zakresu badań strukturalnych oraz zjawisk transportu ładunku elektrycznego w materii.

2. Podstawy fizyki magnetyzmu (wykład, konwersatorium): Zajęcia obejmują następujące zagadnienia: a) **Atom w polu magnetycznym**: Hamiltonian atomu o parametrach S i L w zewnętrznym polu magnetycznym (wyraz paramagnetyczny i diamagnetyczny). Zjawisko diamagnetyzmu materii (namagnesowanie, podatność, diamagnetyzm). Paramagnetyzm w podejściu półklasycznym. Paramagnetyzm dla $J=1/2$ i uogólnienie na dowolną wartość J ; b) **Atom w polu krystalicznym**: Pochodzenie pola krystalicznego. Konfiguracja spinowa atomu $\text{Fe}^{2+}(3d^6)$. Efekt Jana Tellera. Zjawisko wygaszania orbitalnego momentu pędu; c) **Oddziaływania magnetyczne**: Dipolowe oddziaływanie magnetyczne. Oddziaływanie wymiany; d) **Ferromagnetyzm**: Model Weissa dla ferromagnetyka. Podatność magnetyczna ferromagnetyka. Model uporządkowania śrubowego. Mechanizm oddziaływania nadwymiany; e) **Antyferromagnetyzm**: Model Weissa dla antyferromagnetyka. Podatność magnetyczna antyferromagnetyka. Przejście spin flip i flop; f) **Struktura domenowa**: Wpływ zewnętrznego pola magnetycznego na proces magnesowania ferromagnetyka. Typy ścian domenowych. Szerokość ściany domenowej w przypadku istnienia oddziaływania wymiany i anizotropii; g) **Magnetyzm gazów swobodnych**: Zjawisko paramagnetyzmu Pauliego. Zjawisko spontanicznego rozszczepienia pasm (kryterium Stonera).
3. Metody eksperymentalne fizyki magnetyzmu (wykład, laboratorium): Na zajęciach są poruszane następujące tematy: a) Materiały magnetyczne w tym ultracienkie warstwy, wielowarstwy (magnetyczna anizotropia, uporządkowanie magnetyczne); b) Podstawy fizyki domen, procesy magnesowania, opis matematyczny; c) Podstawy metod magnetooptycznych w badaniach materiałów magnetycznych efekty Faradaya, Kerra, dichroizmu kołowego i liniowego, efekty nieliniowe; d) Rezonans w materiałach magnetycznych, fale spinowe; FMR, NMR, BLS/ e) Pomiary właściwości magnetycznych statycznych – magnetometria, magnetyczna anizometria; f) Wizualizacja magnetycznych struktur domenowych: metody proszkowe, magnetooptyczne, MFM (+AFM/STM); techniki elektronowe transmisyjne i odbiciowe, techniki neutronowe i synchrotronowe. Studenci będą mogli zapoznać się z większością omawianych na wykładzie tematów w trakcie laboratorium, wykorzystującego układy doświadczalne Zakładu Fizyki Magnetyków: spektrometry BLS, FMR, VNA-FMR, NMR; magnetooptyczne magnetometry (w tym wykorzystujące femtosekundowe impulsy światła) i magnetooptyczne mikroskopy, mikroskopy AFM/MFM/STM.
4. Eksperymentalne metody magnetooptyczne (wykład, laboratorium): Na zajęciach są poruszane następujące tematy: transmisyjna magnetooptyczna magnetometria i mikroskopia, odbiciowa magnetooptyczna magnetometria i mikroskopia, mikroskopia z wektorową analizą magnetyzacji, magnetooptyczne techniki synchrotronowe (spektroskopia absorpcyjna w pobliżu krawędzi absorpcji (XANES), spektroskopia absorpcyjna poza krawędzią absorpcji (EXAFS), rentgenowski magnetyczny dichroizm kołowy (XMCD), metody wykorzystujące femtosekundowe impulsy światła (dwu-impulsowa technika „pump-probe” do badania ultraszybkiej dynamiki magnetyzacji, technika generacji drugiej harmonicznej (SHG)).

5. Druga pracownia fizyczna I i II (laboratorium): Studenci wykonują zadania eksperymentalne o różnym stopniu zaawansowania dostępne na Wydziale Fizyki UwB. Do wyboru są następujące ćwiczenia: a) Badanie termoogniwa półprzewodnikowego, b) Badanie efektu Joula-Thomsona, c) Badanie modułu Peltiera, d) Badanie charakterystyki ogniw słonecznych, e) Wyznaczanie molowego ciepła parowania, f) Badanie własności silnika Stirlinga, g) Badanie pojemności ciepłej metali, h) Badanie termicznego równania stanu i punktu krytycznego gazu SF₆, i) Badanie prawa promieniowania Stefana-Boltzmana, j) Badanie zjawiska Zeemana, k) Badanie zjawiska Faradaya, l) Badanie efektu Halla, m) Badanie efektu Mössbauera, n) Badanie dyfrakcji promieniowania X, o) Badanie zaworów spinowych, p) Optyka światła spolaryzowanego, r) Badanie rozpraszania Rutherforda, s) Badanie dyfrakcji elektronów. Zadania realizowane są w zespołach 2-3 osobowych ze zmianą koordynatora eksperymentu. Po wykonaniu ćwiczenia student zobowiązany jest dostarczyć opiekunowi opis zawierający wstęp teoretyczny, prezentacje i analizę wyników doświadczalnych, podsumowanie uzyskanych rezultatów.
6. Podstawy fizyki jądrowej i cząstek elementarnych (wykład, laboratorium): Przypomnienie podstawowych pojęć z dziedziny fizyki jądrowej (nazewnictwo). Przekrój czynny (liniowy i masowy współczynnik absorpcji). Oddziaływanie z materią cząstek naładowanych. Oddziaływanie promieniowania gamma z materią. Neutrony (ogólne własności neutronów, oddziaływanie neutronów z materią, źródła neutronów, spowalnianie neutronów, detekcja neutronów, spektrometria neutronów). Biologiczne oddziaływanie promieniowania jonizującego. Zasady działania i zastosowanie wybranych detektorów promieniowania (cechy detektorów, ogólne zasady działania detektorów, wydajność detektorów, zdolność rozdzielcza detektorów). Elementy dozymetrii. Metody wytwarzania promieniowania jądrowego (rodzaje promieniowania i główne charakterystyki). Akceleratory. Własności jąder atomowych i metody ich badania (ładunek jąder atomowych, rozmiary i kształt jąder atomowych, masa i energia wiązania jąder atomowych, deficyt masy, zależność energii wiązania od liczby masowej, liczby magiczne). Spin i moment magnetyczny jąder atomowych, parzystość jąder atomowych, statystyka jąder atomowych: Fermiego-Diraca, Bosego-Einsteina. Modele struktury jądra atomowego (model gazu Fermiego, model kropłowy, model powłokowy, modele kolektywne, model optyczny). Przemiany promieniotwórcze i prawa nimi rządzące (spontaniczne przemiany promieniotwórcze alfa, beta, gamma i ich charakterystyki, rodziny promieniotwórcze, ścieżka stabilności. Przypomnienie prawa rozpadu promieniotwórczego i podstawowych charakterystyk rozpadu, zastosowanie rozpadu promieniotwórczego. Reakcje jądrowe (podział reakcji, zasady zachowania, reakcje wprost i poprzez jądro złożone, reakcje rezonansowe). Reakcje rozszczepienia, reakcje łańcuchowe, masa krytyczna. Budowa i zasada działania reaktora jądrowego. Reakcje syntezy termojądrowej, kryterium Lawsona. Pochodzenie pierwiastków. Przegląd cząstek elementarnych („stare” i nowe liczby kwantowe, ogólny podział cząstek elementarnych). Elementy Modelu Standardowego. Leptony i kwarki.
7. Indywidualny projekt doświadczalny (laboratorium): Celem zajęć jest zapoznanie studentów i ich praca nad następującymi zgadnieniami: efekt Seebecka i Peltiera. Definicja współczynnika Peltiera i współczynnika Seebecka. Fizyczne podstawy zjawisk termoelektrycznych. Przeprowadzenie eksperymentów w układzie termogeneratorskiego półprzewodnikowego. Badanie napięcia w funkcji różnicy temperatur przy braku obciążenia prądowego. Badanie prądu zwarcia w funkcji różnicy temperatur. Badanie mocy wydzielanej na oporniku zewnętrznym.

Wyznaczenie oporności wewnętrznej termogeneratora. Oszacowanie sprawności termogeneratora.

8. Przedmiot monograficzny (wykład lub wykład+laboratorium): Zajęcia dotyczące zagadnień fizyki współczesnej. Przykładowe tematy: Metody transportowe w fizyce ciała stałego, Promieniowanie synchrotronowe i jego wykorzystanie w naukach przyrodniczych, Spektroskopia mössbauerowska. Metody rentgenowskie i neutronowe w medycynie, Analiza powierzchni i cienkich warstw.

Grupa zajęć _2 (Metody matematyczne i komputerowe)

Grupa obejmuje 150 godzin dydaktycznych, w tym 60 godzin wykładów, 30 godzin konwersatoriów i 60 godzin laboratoriów. Przypisano mu 11 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrze 1 i 2.

1. Metody matematyczne fizyki (wykład, konwersatorium, laboratorium): Zajęcia omawiają zagadnienia wykorzystywane przez fizyków. Są to elementy geometrii różniczkowej takie jak wektory, kowektory, pochodna kowariantna, operatory różniczkowe (laplasjan, rotacja, dywergencja) w dowolnym układzie współrzędnych. Podstawy analizy zespolonej. Funkcje holomorfczne, punkty osobliwe, twierdzenie o residuach. Płaty Riemanna. Odwzorowania konforemne. Funkcja gamma Eulera. Równania różniczkowe zwyczajne drugiego rzędu o zmiennych współczynnikach: rozwiązywanie metodą Frobeniusa (szeregi), równanie Bessela, równania Fuchsa, szereg hipergeometryczny. Klasyczne wielomiany ortogonalne. Harmoniki sferyczne. Przestrzeń Hilberta. Widmo operatora. Dystrybucje. Splot. Szeregi Fouriera. Transformacja Fouriera. Podstawowe informacje o najprostszyc równaniach różniczkowych cząstkowych drugiego rzędu (równanie Laplace'a, równanie dyfuzji i równanie falowe): przykłady zagadnień brzegowych i początkowych, metoda rozdzielania zmiennych, funkcje Greena.
2. Komputerowe techniki pomiarowe (wykład, laboratorium): Omawiane są zasady działania stanowisk pomiarowych, czujniki, skomputeryzowane stanowiska badawcze. Pojęcia podstawowe (pomiar, eksperyment, dane, przyrządy podstawowe, układ pomiarowy). Organizacja i klasyfikacja systemów pomiarowych. Budowa i zasada działania komputerowego sytemu pomiarowego (schemat funkcjonalny, charakterystyka). Podstawowe sygnały pomiarowe (klasyfikacja, charakterystyka, parametry). Cyfrowe przetwarzanie w układzie pomiarowym. Zegar w układzie pomiarowym. Generator kwarcowy, sygnały taktujące. Pomiar czasu. Standardowe komputerowe interfejsy pomiarowe. Rodzaje transmisji danych. Specjalistyczne interfejsy pomiarowe. Interfejs IEEE-488 (schemat, charakterystyka, zastosowanie). Interfejsy bazujące na standardzie VXI. Komputerowe karty pomiarowe DAQ. Przetworniki optyczne, matryce CCD, CMOS. Czujniki pomiarowe wielkości fizycznych (położenia, obrotu, przesunięcia, siły, temperatury, pojemności, światła, ciśnienia, dźwięku, pola magnetycznego). Czujniki i detektory specjalistyczne w diagnostyce medycznej. Wprowadzenie do programowania graficznego LabView (struktura, konstrukcję, obiekty, formaty danych, reprezentacja danych). Przyrządy wirtualne realizowane w oparciu o LabView. Zasada budowy internetowego eksperymentu fizycznego „on-line” (konfiguracja, schemat, transmisja, wykonanie pomiaru). Zajęcia laboratoryjne obejmują serię doświadczeń w skomputeryzowanym środowisku pomiarowym.

Grupa zajęć _3 (Fizyka teoretyczna)

Grupa obejmuje 135 godzin dydaktycznych, w tym 60 godzin wykładów i 75 godzin konwersatoriów. Przypisano mu 14 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrze 1 i 2.

1. Mechanika kwantowa (wykład, konwersatorium): Na zajęciach omawiane są następujące zagadnienia: Rachunek zaburzeń dla nierelatywistycznego równania Schroedingera niezależnego od czasu. Wyznaczenie struktury subtelnej poziomów energetycznych elektronu w atomie wodoru. Rachunek wariacyjny zastosowany do wyznaczania poziomu energii stanu podstawowego. Atom helu He. Postawy wiązania cząsteczkowego – jon H_2^- . Równanie Pauliego dla cząstki o spinie $\frac{1}{2}$. Zasada minimalnego sprzężenia z polem elektromagnetycznym. Sprzężenie spin-orbita. Zasada Pauliego. Atom wieloelektronowy w zewnętrznym polu elektromagnetycznym. Reżimy Paschena i Zeemana dla atomu w polu magnetycznym. Efekt diamagnetyczny. Efekt Starka w polu elektrycznym.
2. Fizyka statystyczna (wykład, konwersatorium): Wykład ma na celu zaznajomić studentów z elementami termodynamiki, kinetycznej teorii gazów oraz mechaniki statystycznej. W ramach części dotyczącej termodynamiki omówione zostaną: zasady termodynamiki, silnik Carnota, sprawność, twierdzenie Carnota, bezwzględna skala temperatury, twierdzenie Clausiusa, entropia, potencjały termodynamiczne, układy ze zmienną liczbą cząstek, potencjał chemiczny, równanie Gibbsa-Duhema, równowaga termodynamiczna, reguła faz Gibbsa, równanie Clausiusa-Clapeyrona. Następnie pojawią się niektóre zastosowania termodynamiki. Przedyskutujemy: zjawiska powierzchniowe w procesie skraplania oraz zasady termodynamiki w obecności zewnętrznego pola elektrycznego i magnetycznego. Dalsza część wykładu poświęcona będzie kinetycznej teorii gazów. Wprowadzone zostanie pojęcie jednocząstkowej funkcji rozkładu oraz wyprowadzimy równanie kinetyczne Boltzmanna. Następnie udowodnimy twierdzenie H Boltzmanna, omówimy rozkład Maxwella-Boltzmanna, mikroskopową interpretację ciśnienia oraz równowagową funkcję rozkładu w obecności zewnętrznej siły. Na koniec tej części, w ramach dyskusji zjawisk nierównowagowych, wyprowadzone zostaną równania hydrodynamiczne cieczy nielepkiej. W ostatniej, trzeciej części wykładu omówiona zostanie mechanika statystyczna. Wprowadzimy pojęcie zespołów statystycznych: mikrokanonicznego, kanonicznego oraz wielkiego kanonicznego oraz pokażemy ich równoważność w granicy termodynamicznej. Następnie przedyskutujemy wybrane zagadnienia w ramach mechaniki statystycznej. Zagadnienia te to: doskonałe gazy Fermiego-Diraca i Bosego-Einsteina, teoria białych karłów (relatywistyczny gaz Fermiego), diamagnetyzm Landaua (prawo Curie), zjawisko de Haasa-van Alphen, paramagnetyzm Pauliego, gaz fotonów (wzór Plancka), gaz fononów (model Debye'a ciała stałego) oraz kondensacja Bosego-Einsteina.

Grupa zajęć _4 (Kształcenie ogólne)

Grupa obejmuje 135 godzin dydaktycznych, w tym 30 godzin wykładów, 45 godzin konwersatoriów i 60 godzin lektoratów. Przypisano mu 10 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1, 3-4.

1. Lektorat języka angielskiego (lektorat): Student uczestniczy w kształceniu językowym z języka angielskiego właściwym dla poziomu B2+
2. Specjalistyczny warsztat językowy (lektorat): Przedmiot realizowany w języku angielskim. Student poznaje słownictwo, sformułowania specyficzne dla fizyki doświadczalnej. Student prezentuje po angielsku zagadnienia fizyki doświadczalnej.

3. Historia nauki (konwersatorium): Zajęcia przedstawiają zasadnicze kroki w historycznym rozwoju nauki w powiązaniu z rozwojem cywilizacyjnym i technologicznym. Początki fizyki, astronomii i matematyki w starożytności. Fizyka średniowieczna. Renesansowy przełom w naukach ścisłych. Fizyka wieku siedemnastego. Oświeceniowe odkrycia w dziedzinie nauk ścisłych. Rozwój przyrodoznawstwa w wieku dziewiętnastym. Pojawienie się nowoczesnej fizyki na przełomie XIX i XX stulecia. Historia zaawansowanej fizyki dwudziestego wieku. W powiązaniu z historią fizyki będzie omawiana historia matematyki i astronomii. Zajęcia będą wzbogacone o treści związane z historią początków chemii (alchemia, jatrochemia) oraz z historią chemii w osiemnastym, dziewiętnastym i dwudziestym wieku (teorie spalania, początki chemii organicznej, agrochemii i chemii farmaceutycznej, odkrycia pierwiastków, chemia elektrolitów i ogniw elektrolitycznych, chemia współczesna). Pojawią się także nawiązania do historii medycyny (historia chirurgii, historia bakteriologii). Studenci wybierają dwa tematy z listy propozycji przedstawionych przez wykładowcę do samodzielnego opracowania i referowania w trakcie konwersatoriów
4. Metodologia nauki (wykład, konwersatorium): Na wykładzie zostają przedstawione najważniejsze zagadnienia z zakresu metodologii nauk przyrodniczych oraz pokrewnych im problemów filozoficznych. Punktem wyjścia są prawa przyrody, ich znaczenie poznawcze i typologia z punktu widzenia filozoficznego. W dalszej kolejności wykład obejmuje przegląd narzędzi logicznych, które znajdują zastosowanie przy odkrywaniu oraz formułowaniu praw przyrody. Dyskutuje się różne rodzaje indukcji oraz metodę hipotetyczno-dedukcyjną, a także psychologię oraz socjologię odkrycia. Poruszane są także kwestie odnoszące się do poznawczych granic praw przyrody, takich jak metoda idealizacyjna czy faktualizacja. Wprowadzona zostaje nowa, metodologiczna klasyfikacja praw przyrody oraz nauk. Na konwersatorium studenci uczą się analizować wybrane prawa przyrody (głównie z zakresu fizyki, chemii, biologii, ale także genetyki, astronomii czy wreszcie statystyki) z metodologicznego punktu widzenia.
5. Prawne aspekty działalności naukowej i zawodowej (wykład): Prawo w działalności naukowo-dydaktycznej, ochrona własności przemysłowej, prawo patentowe i autorskie, zasady zarządzania zasobami własności intelektualnej.

Grupa zajęć _5 (Podsumowanie kształcenia)

Grupa obejmuje 120 godzin dydaktycznych, w tym 30 godzin wykładów, 45 godzin konwersatoriów, 15 godzin laboratoriów i 30 godzin seminariów. Przypisano mu 35 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 2-4.

1. Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej (konwersatorium): Studenci zostają zapoznani z tematyką badań prowadzonych w zakładach naukowych Wydziału Fizyki. Otrzymują propozycje tematów prac dyplomowych, ustalają formę i zakres zadań objętych pracą.
2. Seminarium fizyki współczesnej I i II (wykład): Seminarium wydziałowe. Zaproszeni naukowcy przedstawiają problemy i osiągnięcia współczesnej fizyki, referują wyniki swoich projektów, odpowiadają na zadane pytania.
3. Interdyscyplinarne aspekty fizyki (konwersatorium): Przedmiot realizowany w języku angielskim. Student, co najmniej dwukrotnie w semestrze, referuje wybrane przez siebie zagadnienie ze współczesnej fizyki. Wystąpienie opiera o angielskojęzyczne źródła literatury i/lub Internetu. Podejmuje merytoryczną dyskusję w języku

angielskim. Ocena zajęć jest średnią oceną za prezentacje. Oceniane jest czas prezentacji, jakość przygotowania slajdów, zrozumiałość języka i umiejętność dyskusji na temat przedstawiony w prezentacji. Przykładowe tematy seminaryjne: nowoczesne zastosowania technik fizycznych, np. techniki impulsowe, rozpraszanie sprężyste i niesprężyste, wykorzystanie technik neutronowych. Metody radiograficzne. Techniczne aspekty fizyki: układy samoorganizujące się, materiały klasy smart, nanostruktury, np. typu wiskersów, materiały swichowe, np. multiferroiki. Medyczne aspekty zastosowań fizyki, np. diagnostyka USG 2D, tomografia komputerowa, tomografia rezonansu magnetycznego, terapia neutronowa. Radioizotopowe metody pomiarowe, dozymetria, hormeza radiacyjna. Przemysłowe aspekty fizyki, np. energetyka jądrowa, odnawialne źródła energii, alternatywne źródła energii. Zastosowanie metod fizycznych w kryminalistyce, zastosowanie metod fizycznych w datowaniu przedmiotów. Badania współczesnych materiałów (grafen, nanowarstwy, materiały inteligentne, ...)

4. Sztuka prezentacji osiągnięć (laboratorium): Celem zajęć jest nauka prezentacji przez studenta swoich wyników osiągniętych podczas pisania pracy dyplomowej, ewentualnie wyników profesjonalnych badań naukowych (wybór zależny od prowadzącego). Każdy student jest zobowiązany do wykonania prezentacji multimedialnej w programie typu Microsoft PowerPoint, LibreOffice Impress i zaprezentowania (20-30 min.) przed grupą laboratoryjną.
5. Seminarium dyplomowe I i II (seminarium): Przedmiot jest związany z pisaniem przez studentów pracy magisterskiej. Student referuje zagadnienia związane z tematyką własnej pracy dyplomowej. Bierze udział w dyskusji seminaryjnej. Przedmiot jest realizowany w ścisłej współpracy z opiekunem pracy.

Grupa zajęć _6 (Nadobowiązkowy)

Grupa składa się z jednego przedmiotu, który student nie musi zrealizować. Jest to „Przedmiot na innym kierunku” realizowany na Uniwersytecie w Białymstoku. Obejmuje on 15 lub 30 godzin wykładów i/lub ćwiczeń/konwersatoriów w zależności od oferty przedstawianej Wydziałowi. Przypisano mu min. 2 punkty ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1-4.

1. Przedmiot na innym kierunku (wykład i/lub konwersatorium): Przedmiot może być realizowany w języku angielskim. Lista przedmiotów jest podawana rokrocznie. Przedmioty realizowane są na przykład na wydziałach Biologiczno-Chemicznym, Filologicznym, Historyczno-Socjologicznym.

Uwaga: Następujące przedmioty z modułów 1-3 **mogą** być wybrane przez studenta do zrealizowania w języku angielskim (o ile zbierze się odpowiednia ilość zainteresowanych studentów – co najmniej jedna grupa): Introduction to Condensed Matter Physics, Principles of Magnetism, Experimental Methods in Physics of Magnetism, Magneto-Optical Experimental Methods, Introduction to Nuclear and Elementary Particle Physics, Individual Experimental Project, Physics Lab, Monographic lecture, Mathematical Methods in Physics, Computer Measurement Techniques, Quantum Mechanics, Statistical Physics, Selected issues of Contemporary Physics. „Przedmiot na innym kierunku” z modułu nadobowiązkowego **może** być realizowany w języku angielskim.

Następujące przedmioty z modułów 4 i 5 są realizowane w języku angielskim: Specjalistyczny warsztat językowy, Interdyscyplinarne aspekty fizyki.

TREŚCI PROGRAMOWE GRUP ZAJĘĆ

Specjalność: Fizyka teoretyczna

Grupa zajęć _1 (Fizyka doświadczalna)

Grupa obejmuje 195 godzin dydaktycznych, w tym 45 godzin wykładów, 30 godzin konwersatoriów i 120 godzin laboratoriów. Przypisano mu 24 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1-3.

1. Podstawy fizyki fazy skondensowanej (wykład, konwersatorium, laboratorium): Na wykładzie omawiana jest mikroskopowa struktura materii skondensowanej ze szczegółowym omówieniem metod badań strukturalnych wykorzystujących zjawiska falowe, w tym z wykorzystaniem promieniowania jonizującego. Pojęcie fazy termodynamicznej. Układy strukturalnie nieporządkowane. Rozpraszanie promieniowania elektromagnetycznego przez układy nieuporządkowane. Sieć Bravais, struktura krystalograficzna, klasyfikacja sieci Bravais. Pojęcie sieci odwrotnej, jej własności geometryczne i związki z siecią rzeczywistą. Dyfrakcja promieniowania elektromagnetycznego na sieci krystalicznej, atomowy i geometryczny czynnik struktury. Konstrukcja Ewalda, warunki Lauego i Bragga dyfrakcji. Techniki badań struktur krystalicznych. Dynamika jednowymiarowego łańcucha monoatomowego i dwuatomowego. Drgania sieci krystalicznych. Pojęcie gęstości stanów fononowych, warunki brzegowe Borna von Karmana. Model Debye'a i Einsteina sieci krystalicznej. Techniki badawcze drgań sieci i informacje wynikające z eksperymentu. Własności termiczne sieci krystalicznej. Elektrycy w potencjale periodycznym, twierdzenie Blocha, kwazipęd, masa efektywna. Dynamika elektronu w paśmie, przewodnictwo elektryczne. Struktura pasmowa kryształów, metale i półprzewodniki. Wiązania w materii skondensowanej. Wykład uzupełniony jest o ćwiczenia rachunkowe oraz zajęcia laboratoryjne obejmujące serię eksperymentów z zakresu badań strukturalnych oraz zjawisk transportu ładunku elektrycznego w materii.
2. Druga pracownia fizyczna I i II (laboratorium): Studenci wykonują zadania eksperymentalne o różnym stopniu zaawansowania dostępne na Wydziale Fizyki UwB. Do wyboru są następujące ćwiczenia: a) Badanie termoogniwa półprzewodnikowego, b) Badanie efektu Joula-Thomsona, c) Badanie modułu Peltiera, d) Badanie charakterystyki ogniw słonecznych, e) Wyznaczanie molowego ciepła parowania, f) Badanie własności silnika Stirlinga, g) Badanie pojemności ciepłej metali, h) Badanie termicznego równania stanu i punktu krytycznego gazu SF₆, i) Badanie prawa promieniowania Stefana-Boltzmana, j) Badanie zjawiska Zeemana, k) Badanie zjawiska Faradaya, l) Badanie efektu Halla, m) Badanie efektu Mössbauera, n) Badanie dyfrakcji promieniowania X, o) Badanie zaworów spinowych, p) Optyka światła spolaryzowanego, r) Badanie rozpraszania Rutherforda, s) Badanie dyfrakcji elektronów. Zadania realizowane są w zespołach 2-3 osobowych ze zmianą koordynatora eksperymentu. Po wykonaniu ćwiczenia student zobowiązany jest dostarczyć opiekunowi opis zawierający wstęp teoretyczny, prezentację i analizę wyników doświadczalnych, podsumowanie uzyskanych rezultatów.

Grupa zajęć _2 (Metody matematyczne i komputerowe)

Grupa obejmuje 150 godzin dydaktycznych, w tym 60 godzin wykładów, 30 godzin konwersatoriów i 60 godzin laboratoriów. Przypisano mu 11 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrze 1 i 2.

1. Metody matematyczne fizyki (wykład, konwersatorium, laboratorium): Zajęcia omawiają zagadnienia wykorzystywane przez fizyków. Są to elementy geometrii różniczkowej jak wektory, kowektory, pochodna kowariantna, operatory różniczkowe (laplasjan, rotacja, dywergencja) w dowolnym układzie współrzędnych. Podstawy analizy zespolonej. Funkcje holomorficzne, punkty osobliwe, twierdzenie o residuach. Płaty Riemanna. Odwzorowania konforemne. Funkcja gamma Eulera. Równania różniczkowe zwyczajne drugiego rzędu o zmiennych współczynnikach: rozwiązywanie metodą Frobeniusa (szeregi), równanie Bessela, równania Fuchsa, szereg hipergeometryczny. Klasyczne wielomiany ortogonalne. Harmoniki sferyczne. Przestrzeń Hilberta. Widmo operatora. Dystrybucje. Splot. Szeregi Fouriera. Transformacja Fouriera. Podstawowe informacje o najprostszych równaniach różniczkowych cząstkowych drugiego rzędu (równanie Laplace'a, równanie dyfuzji i równanie falowe): przykłady zagadnień brzegowych i początkowych, metoda rozdzielania zmiennych, funkcje Greena.
2. Komputerowe techniki pomiarowe (wykład, laboratorium): Omawiane są zasady działania stanowisk pomiarowych, czujniki, skomputeryzowane stanowiska badawcze. Pojęcia podstawowe (pomiar, eksperyment, dane, przyrządy podstawowe, układ pomiarowy). Organizacja i klasyfikacja systemów pomiarowych. Budowa i zasada działania komputerowego systemu pomiarowego (schemat funkcjonalny, charakterystyka). Podstawowe sygnały pomiarowe (klasyfikacja, charakterystyka, parametry). Cyfrowe przetwarzanie w układzie pomiarowym. Zegar w układzie pomiarowym. Generator kwarcowy, sygnały taktujące. Pomiar czasu. Standardowe komputerowe interfejsy pomiarowe. Rodzaje transmisji danych. Specjalistyczne interfejsy pomiarowe. Interfejs IEEE-488 (schemat, charakterystyka, zastosowanie). Interfejsy bazujące na standardzie VXI. Komputerowe karty pomiarowe DAQ. Przetworniki optyczne, matryce CCD, CMOS. Czujniki pomiarowe wielkości fizycznych (położenia, obrotu, przesunięcia, siły, temperatury, pojemności, światła, ciśnienia, dźwięku, pola magnetycznego). Czujniki i detektory specjalistyczne w diagnostyce medycznej. Wprowadzenie do programowania graficznego LabView (struktura, konstrukcję, obiekty, formaty danych, reprezentacja danych). Przyrządy wirtualne realizowane w oparciu o LabView. Zasada budowy internetowego eksperymentu fizycznego „on-line” (konfiguracja, schemat, transmisja, wykonanie pomiaru). Zajęcia laboratoryjne obejmują serię doświadczeń w skomputeryzowanym środowisku pomiarowym.

Grupa zajęć _3 (Fizyka teoretyczna)

Grupa obejmuje 420 godzin dydaktycznych, w tym 210 godzin wykładów i 210 godzin konwersatoriów. Przypisano mu 43 punkty ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1-4.

1. Mechanika kwantowa (wykład, konwersatorium): Zajęcia omawiają następujące zagadnienia: Rachunek zaburzeń dla nierelatywistycznego równania Schrödingera niezależnego od czasu. Wyznaczenie struktury subtelnej poziomów energetycznych elektronu w atomie wodoru. Rachunek wariacyjny zastosowany do wyznaczania poziomu energii stanu podstawowego. Atom helu He. Postawy wiązania cząsteczkowego – jon H_2^- . Zasada Pauliego. Rachunek zaburzeń dla równania Schroedingera zależnego od czasu. Przejścia pomiędzy poziomami dla układu 2-poziomowego. Równanie Pauliego dla cząstki o spinie $\frac{1}{2}$. Zasada minimalnego sprzężenia z polem elektromagnetycznym. Transformacja cechowania. Równania Kleina-Gordona i Diraca dla elektronu – podstawowe rozwiązania, symetria, interpretacja stanów o ujemnej energii. Równanie Diraca dla elektronu w atomie

wodoru. Granica nierelatywistyczna równania Diraca. Elementy relatywistycznej mechaniki kwantowej. Atom wieloelektronowy w zewnętrznym polu elektromagnetycznym. Reżimy Paschena i Zeemana dla atomu w polu magnetycznym. Efekt diamagnetyczny. Efekt Starka w polu elektrycznym.

2. Fizyka statystyczna (wykład, konwersatorium): Wykład ma na celu zaznajomić studentów z elementami termodynamiki, kinetycznej teorii gazów oraz mechaniki statystycznej. W ramach części dotyczącej termodynamiki omówione zostaną: zasady termodynamiki, silnik Carnota, sprawność, twierdzenie Carnota, bezwzględna skala temperatury, twierdzenie Clausiusa, entropia, potencjały termodynamiczne, układy ze zmienną liczbą cząstek, potencjał chemiczny, równanie Gibbsa-Duhema, równowaga termodynamiczna, reguła faz Gibbsa, równanie Clausiusa-Clapeyrona. Następnie pojawią się niektóre zastosowania termodynamiki. Przedyskutujemy: zjawiska powierzchniowe w procesie skraplania oraz zasady termodynamiki w obecności zewnętrznego pola elektrycznego i magnetycznego. Dalsza część wykładu poświęcona będzie kinetycznej teorii gazów. Wprowadzone zostanie pojęcie jednocząstkowej funkcji rozkładu oraz wyprowadzimy równanie kinetyczne Boltzmanna. Następnie udowodnimy twierdzenie H Boltzmanna, omówimy rozkład Maxwella-Boltzmanna, mikroskopową interpretację ciśnienia oraz równowagową funkcję rozkładu w obecności zewnętrznej siły. Na koniec tej części, w ramach dyskusji zjawisk nierównowagowych, wyprowadzone zostaną równania hydrodynamiczne cieczy nielepkiej. W ostatniej, trzeciej części wykładu omówiona zostanie mechanika statystyczna. Wprowadzimy pojęcie zespołów statystycznych: mikrokanonicznego, kanonicznego oraz wielkiego kanonicznego oraz pokażemy ich równoważność w granicy termodynamicznej. Następnie przedyskutujemy wybrane zagadnienia w ramach mechaniki statystycznej. Zagadnienia te to: doskonałe gazy Fermiego-Diraca i Bosego-Einsteina, teoria białych karłów (relatywistyczny gaz Fermiego), diamagnetyzm Landaua (prawo Curie), zjawisko de Haasa-van Alphen, paramagnetyzm Pauliego, gaz fotonów (wzór Plancka), gaz fononów (model Debye'a ciała stałego) oraz kondensacja Bosego-Einsteina.
3. Fizyka wysokich energii (wykład, konwersatorium): Wykład zaczynamy od wstępu historycznego. Następnie omawiane są prace J.J. Thomsona i odkrycie elektronu, rozpraszanie Rutherforda - odkrycie jądra atomowego. Prace Plancka oraz Einsteina, promieniowanie ciała doskonale czarnego, katastrofa w ultrafiolecie. Rozpraszanie Comptona. Siły Yukawy wiążące jądro atomowe - „mezony” π . Powstanie relatywistycznej mechaniki kwantowej, odkrycie pozytonu. Widmo rozpadu beta - konieczność wprowadzenia neutrina. Odkrycia kolejnych rodzin leptonowych. Odkrycie cząstek dziwnych. Ośmioraka ścieżka. Dziwność. Diagramy wagowe. Model kwarkowy. Odkrycie ciężkich zapachów kwarków. Zapachowe liczby kwantowe. Supermultiplety hadronowe. Odkrycie cząstek obdarzonych ciężkimi zapachowymi liczbami kwantowymi. Bozony pośredniczące. Model Standardowy - rodziny leptonowe i kwarkowe. Typy oddziaływań elementarnych. Skale czasowe oddziaływań. Elektrodynamika kwantowa - symetria cechowania $U(1)$, diagramy Feynmana, stała sprzężenia, typy wierzchołków, poprawki wyższego rzędu. Chromodynamika kwantowa - symetria cechowania $SU(3)$, typy wierzchołków, nieliniowość teorii, uwięzienie koloru, asymptotyczna swoboda. Porównanie QED z QCD. Własności próżni w obu teoriach. Zależność stałych sprzężenia od energii. Własności sektora oddziaływań słabych - mechanizm Higgsa, diagramy kwarkowe, mieszanie międzygeneracyjne kwarków (macierz Cabbibo-Kobayashi-Maskawy), nieobecność prądów FCNC (mechanizm Głashowa-Illiopoulou-Maianiego). Ścisłe i przybliżone prawa zachowania w fizyce cząstek elementarnych. Zasady zachowania.

Symetrie cechowania a prawa zachowania ładunków związanych z określonymi grupami cechowania. Przybliżone prawo zachowania zapachu, reguła Okubo-Zweig-Lizuki. Stany związane. Sprzężenie ładunkowe, parzystość ładunkowa, parzystość wewnętrzna, parzystość kombinowana CP. Odwrócenie czasu, symetria CPT. Spektroskopia pozytonium, stany związane. Fenomenologia oddziaływań silnych: dżety, biegnąca stała sprzężenia. Rozpraszanie głęboko nieelastyczne, formfaktory protonu. Model partonowy - funkcje struktury i fragmentacji, relacje Callana-Grossa, skalowanie Björkena. Łamanie skalowania. Rola gluonów w modelu partonowym. Fenomenologia oddziaływań elektroślabych - rozpady bozonów pośredniczących, niskoenergetyczne własności sektora, stała Fermiego, symetria leptokwarkowa, mieszanie K^0 - K^0 , zjawisko regeneracji, oscylacje dziwności. Fizyka hadronów - liczby kwantowe i skład walencyjny, hadrony egzotyczne. Słaby i silny hiperładunek, izospin, reguła Gell-Manna-Kleina-Nishijimy. Procesy produkcji i formacji cząstek rezonansowych. Wzbudzenia spinowe i radialne, funkcje falowe hadronów. Rozpraszanie w mechanice klasycznej i kwantowej. Przekrój czynny. Elementy teorii reakcji. Macierz rozpraszania. Złota reguła Fermiego. Szerokość połówkowa. Przestrzeń fazowa. Procesy rozpadu $1 \rightarrow 2+3+\dots$. Procesy typu $1+2 \rightarrow 3+4$. Symetria skrzyżowania. Elementarne procesy QED i QCD w rachunku zaburzeń. Diagramy Feynmana.

4. Fizyka atomu i cząsteczki (wykład, konwersatorium): Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z teoretycznymi i doświadczalnymi faktami dotyczącymi fizyki atomu i cząsteczki. Szczególny nacisk położony jest na opis teoretyczny i powiązanie go ze znanymi wynikami doświadczalnymi. Na zajęciach poruszane są następujące tematy: atom jednoelektronowy bez uwzględnienia spinu – struktura prosta, oddziaływanie atomu jednoelektronowego z promieniowaniem, wybrane zagadnienia spektroskopii, atom jednoelektronowy ze spinem – struktura subtelna, atom dwuelektronowy, atomy wieloelektronowe, oddziaływanie za stałymi polami zewnętrznymi, struktura nadsubtelna, przesunięcia izotopowe, elementy teorii cząsteczek i wiązań chemicznych.
5. Astrofizyka i kosmologia (wykład, konwersatorium): Celem wykładu jest zapoznanie studentów z teoriami dotyczącymi budowy wnętrza gwiazdowych i ewolucji gwiazd, wybranymi zagadnieniami astrofizyki relatywistycznej oraz kosmologią. Na wykładzie omawia się: twierdzenie o wiriale, ciepło właściwe gwiazd, skale czasowe, warunek równowagi hydrostatycznej, reakcje jądrowe zachodzące w jądrach gwiazd, transport energii w gwiazdach, powstawanie gwiazd, późne etapy ewolucji gwiazd, podwójne układy półrozdzielone w tym akrecję dyskową, równanie stanu materii zdegenerowanej, zakaz Pauliego, parametry białych karłów i gwiazd neutronowych, pulsar, podwójny pulsar Hulse'a i Taylora, trzęsienia gwiazd neutronowych, czarne dziury (efekty wokół nich, promieniowanie Hawkinga), fale grawitacyjne, detektory fal grawitacyjnych. W ramach kosmologii zaprezentowany zostanie model Friedmana-Lemaitre'a w tym prawo Hubble'a, teoria Wielkiego Wybuchu, wpływ ciemnej materii i energii na ewolucję Wszechświata. Wykład jest uzupełniony zajęciami konwersatoryjnymi, na których studenci rozwiązują zadania związane z przedstawionymi na wykładzie problemami.
6. Przedmiot monograficzny (wykład lub wykład+konwersatorium): Zajęcia dotyczące zagadnień fizyki współczesnej. Przykładowe proponowane przedmioty: Klasyczne i kwantowe układy z więzami, Elementy teorii solitonów, Zdegenerowane gazy atomowe, Kondensat Bosego-Einsteina, Optyka kwantowa, Elementy teorii pola, Wstęp do teorii strun, Ogólna teoria względności, Procesy akrecyjne w astrofizyce.

Grupa zajęć _4 (Kształcenie ogólne)

Grupa obejmuje 135 godzin dydaktycznych, w tym 30 godzin wykładów, 45 godzin konwersatoriów i 60 godzin lektoratów. Przypisano mu 10 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1, 3-4.

1. Lektorat języka angielskiego (lektorat): Student uczestniczy w kształceniu językowym z języka angielskiego właściwym dla poziomu B2+.
2. Specjalistyczny warsztat językowy (lektorat): Przedmiot realizowany w języku angielskim. Student poznaje słownictwo, sformułowania specyficzne dla fizyki doświadczalnej. Prezentuje po angielsku zagadnienia fizyki doświadczalnej.
3. Historia nauki (konwersatorium): Zajęcia przedstawiają zasadnicze kroki w historycznym rozwoju nauki w powiązaniu z rozwojem cywilizacyjnym i technologicznym. Początki fizyki, astronomii i matematyki w starożytności. Fizyka średniowieczna. Renesansowy przełom w naukach ścisłych. Fizyka wieku siedemnastego. Oświeceniowe odkrycia w dziedzinie nauk ścisłych. Rozwój przyrodoznawstwa w wieku dziewiętnastym. Pojawienie się nowoczesnej fizyki na przełomie XIX i XX stulecia. Historia zaawansowanej fizyki dwudziestego wieku. W powiązaniu z historią fizyki będzie omawiana historia matematyki i astronomii. Zajęcia będą wzbogacone o treści związane z historią początków chemii (alchemia, jatrochemia) oraz z historią chemii w osiemnastym, dziewiętnastym i dwudziestym wieku (teorie spalania, początki chemii organicznej, agrochemii i chemii farmaceutycznej, odkrycia pierwiastków, chemia elektrolitów i ogniw elektrolitycznych, chemia współczesna). Pojawią się także nawiązania do historii medycyny (historia chirurgii, historia bakteriologii). Studenci wybierają dwa tematy z listy propozycji przedstawionych przez wykładowcę do samodzielnego opracowania i referowania w trakcie konwersatoriów
4. Metodologia nauki (wykład, konwersatorium): Na wykładzie zostają przedstawione najważniejsze zagadnienia z zakresu metodologii nauk przyrodniczych oraz pokrewnych im problemów filozoficznych. Punktem wyjścia są prawa przyrody, ich znaczenie poznawcze i typologia z punktu widzenia filozoficznego. W dalszej kolejności wykład obejmuje przegląd narzędzi logicznych, które znajdują zastosowanie przy odkrywaniu oraz formułowaniu praw przyrody. Dyskutuje się różne rodzaje indukcji oraz metodę hipotetyczno-dedukcyjną, a także psychologię oraz socjologię odkrycia. Poruszane są także kwestie odnoszące się do poznawczych granic praw przyrody, takich jak metoda idealizacyjna czy faktualizacja. Wprowadzona zostaje nowa, metodologiczna klasyfikacja praw przyrody oraz nauk. Na konwersatorium studenci uczą się analizować wybrane prawa przyrody (głównie z zakresu fizyki, chemii, biologii, ale także genetyki, astronomii czy wreszcie statystyki) z metodologicznego punktu widzenia.
5. Prawne aspekty działalności naukowej i zawodowej (wykład): Prawo w działalności naukowo-dydaktycznej, ochrona własności przemysłowej, prawo patentowe i autorskie, zasady zarządzania zasobami własności intelektualnej.

Grupa zajęć _5 (Podsumowanie kształcenia)

Grupa obejmuje 120 godzin dydaktycznych, w tym 30 godzin wykładów, 45 godzin konwersatoriów, 15 godzin laboratoriów i 30 godzin seminariów. Przypisano mu 35 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 2-4.

1. Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej (konwersatorium): Studenci zostają zapoznani z tematyką badań prowadzonych w zakładach naukowych Wydziału Fizyki. Otrzymują propozycje tematów prac dyplomowych, ustalają formę i zakres zadań objętych pracą.
2. Seminarium fizyki współczesnej I i II (wykład): Seminarium wydziałowe. Zaproszeni naukowcy przedstawiają problemy i osiągnięcia współczesnej fizyki, referują wyniki swoich projektów, odpowiadają na zadane pytania.
3. Interdyscyplinarne aspekty fizyki (konwersatorium): Przedmiot realizowany w języku angielskim. Student, co najmniej dwukrotnie w semestrze, referuje wybrane przez siebie zagadnienie ze współczesnej fizyki. Wystąpienie opiera o angielskojęzyczne źródła literatury i/lub Internetu. Podejmuje merytoryczną dyskusję w języku angielskim. Ocena zajęć jest średnią oceną za prezentację. Oceniane jest czas prezentacji, jakość przygotowania slajdów, zrozumiałość języka i umiejętność dyskusji na temat przedstawiony w prezentacji. Przykładowe tematy seminaryjne: nowoczesne zastosowania technik fizycznych, np. techniki impulsowe, rozpraszanie sprężyste i niesprężyste, wykorzystanie technik neutronowych. Metody radiograficzne. Techniczne aspekty fizyki: układy samoorganizujące się, materiały klasy smart, nanostruktury, np. typu wiskersów, materiały swichowe, np. multiferroiki. Medyczne aspekty zastosowań fizyki, np. diagnostyka USG 2D, tomografia komputerowa, tomografia rezonansu magnetycznego, terapia neutronowa. Radioizotopowe metody pomiarowe, dozymetria, hormeza radiacyjna. Przemysłowe aspekty fizyki, np. energetyka jądrowa, odnawialne źródła energii, alternatywne źródła energii. Zastosowanie metod fizycznych w kryminalistyce, zastosowanie metod fizycznych w datowaniu przedmiotów. Badania współczesnych materiałów (grafen, nanowarstwy, materiały inteligentne, ...).
4. Seminarium dyplomowe I i II (semiminarium): Przedmiot jest związany z pisaniem przez studentów pracy magisterskiej. Student referuje zagadnienia związane z tematyką własnej pracy dyplomowej. Bierze udział w dyskusji seminaryjnej. Przedmiot jest realizowany w ścisłej współpracy z opiekunem pracy.
5. Sztuka prezentacji osiągnięć (laboratorium): Celem zajęć jest nauka prezentacji przez studenta swoich wyników osiągniętych podczas pisania pracy dyplomowej, ewentualnie wyników profesjonalnych badań naukowych (wybór zależny od prowadzącego). Każdy student jest zobowiązany do wykonania prezentacji multimedialnej w programie typu Microsoft PowerPoint, LibreOffice Impress i zaprezentowania (20-30 min.) przed grupą laboratoryjną.

Grupa zajęć _6 (Nadobowiązkowy)

Grupa składa się z jednego przedmiotu, który student nie musi zrealizować. Jest to „Przedmiot na innym kierunku” realizowany na Uniwersytecie w Białymstoku. Obejmuje on 15 lub 30 godzin wykładów i/lub ćwiczeń/konwersatoriów w zależności od oferty przedstawianej Wydziałowi. Przypisano mu min. 2 punkty ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1-4.

1. Przedmiot na innym kierunku (wykład i/lub konwersatorium): Przedmiot może być realizowany w języku angielskim. Lista przedmiotów jest podawana rokrocznie. Przedmioty realizowane są na przykład na wydziałach Biologiczno-Chemicznym, Filologicznym, Historyczno-Socjologicznym.

Uwaga: Następujące przedmioty z modułów 1-3 **mogą** być wybrane przez studenta do zrealizowania w języku angielskim (o ile zbierze się odpowiednia ilość zainteresowanych studentów – co najmniej jedna grupa): Introduction to Condensed Matter Physics, Physics Lab, Mathematical Methods in Physics, Computer Measurement Techniques, Quantum Mechanics, Statistical Physics, High Energy Physics, Atomic and Molecular Physics, Astrophysics and Cosmology, Monographic lecture, Selected issues of Contemporary Physics. „Przedmiot na innym kierunku” z modułu nadobowiązkowego **może** być realizowany w języku angielskim.

Następujące przedmioty z modułów 4 i 5 **są** realizowane w języku angielskim: Specjalistyczny warsztat językowy, Interdyscyplinarne aspekty fizyki.

TREŚCI PROGRAMOWE GRUP ZAJĘĆ

Specjalność: Fizyka medyczna

Grupa zajęć _1 (Wybrane problemy fizyki)

Grupa obejmuje 420 godzin dydaktycznych, w tym 150 godzin wykładów, 45 godzin konwersatoriów i 225 godzin laboratoriów. Przypisano mu 49 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1-3.

1. Podstawy fizyki fazy skondensowanej (wykład, konwersatorium, laboratorium): Mikroskopowa struktura materii skondensowanej ze szczegółowym omówieniem metod badań strukturalnych wykorzystujących zjawiska falowe, w tym z wykorzystaniem promieniowania jonizującego. Pojęcie fazy termodynamicznej. Układy strukturalnie nieporządkowane. Rozpraszanie promieniowania elektromagnetycznego przez układy nieuporządkowane. Sieć Bravais, struktura krystalograficzna, klasyfikacja sieci Bravais. Pojęcie sieci odwrotnej, jej własności geometryczne i związki z siecią rzeczywistą. Dyfrakcja promieniowania elektromagnetycznego na sieci krystalicznej, atomowy i geometryczny czynnik struktury. Konstrukcja Ewalda, warunki Lauego i Bragga dyfrakcji. Techniki badań struktur krystalicznych. Dynamika jednowymiarowego łańcucha monoatomowego i dwuatomowego. Drgania sieci krystalicznych. Pojęcie gęstości stanów fononowych, warunki brzegowe Borna von Karmana. Model Debye'a i Einsteina sieci krystalicznej. Techniki badawcze drgań sieci i informacje wynikające z eksperymentu. Własności termiczne sieci krystalicznej. Elektrony w potencjale periodycznym, twierdzenie Blocha, kwazipęd, masa efektywna. Dynamika elektronu w paśmie, przewodnictwo elektryczne. Struktura pasmowa kryształów, metale i półprzewodniki. Wiązania w materii skondensowanej. Wykład uzupełniony jest o ćwiczenia rachunkowe oraz zajęcia laboratoryjne obejmujące serię eksperymentów z zakresu badań strukturalnych oraz zjawisk transportu ładunku elektrycznego w materii.
2. Podstawy fizyki jądrowej (wykład, laboratorium): Podstawowe pojęcia z dziedziny fizyki jądrowej. Przekrój czynny. Oddziaływanie cząstek naładowanych z materią. Oddziaływanie promieniowania gamma z materią. Neutrony (ogólne własności neutronów, oddziaływanie neutronów z materią, źródła neutronów. Biologiczne oddziaływanie promieniowania jonizującego. Zasady działania i zastosowanie wybranych detektorów promieniowania jonizującego. Elementy dozymetrii. Metody wytwarzania promieniowania jądrowego. Własności jąder atomowych i metody ich badania. Modele struktury jądra atomowego (model gazu Fermiego, model kroplowy, model powłokowy, modele kolektywne, model optyczny). Przemiany promieniotwórcze i prawa nimi rządzące, prawo rozpadu promieniotwórczego, podstawowe charakterystyki rozpadu. Reakcje jądrowe (podział reakcji, zasady zachowania, reakcje wprost i poprzez jądro złożone, reakcje rezonansowe). Reakcje rozszczepienia. Budowa i zasada działania reaktora jądrowego. Reakcje syntezy termojądrowej, kryterium Lawsona. Pochodzenie

pierwiastków. Przegląd cząstek elementarnych („stare” i nowe liczby kwantowe, ogólny podział cząstek elementarnych). Elementy Modelu Standardowego. Wykład uzupełniony o zajęcia laboratoryjne obejmujące serię doświadczeń z zakresu fizyki jądrowej.

3. Magnetyczne metody rezonansowe (wykład, laboratorium): Fizyczne podstawy wybranych zjawisk rezonansu magnetycznego, w tym magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR). Pojęcia podstawowe w magnetyzmie. Własności magnetyczne jądra atomowego (moment dipolowy, spin, moment magnetyczny jądra). Precesja Larmora. Równania Blocha. Procesy relaksacyjne oddziaływań spinowych. Podstawy zjawiska NMR (schemat układu pomiarowego, zasada działania). Detekcja oraz analiza widm NMR. Budowa i zasada działania tomografu rezonansowego. Detekcja sygnałów pochodzących z różnych tkanek. Zasada tworzenia obrazu NMR. Zastosowania w medycynie na różnych przykładach. Zjawisko EPR, budowa spektrometru, czynnik Landego, anizotropia, detekcja sygnałów oraz analiza widm rezonansowych. Zastosowania EPR w badaniach zjawisk fizycznych. Wykład uzupełniony jest o zajęcia w laboratorium komputerowym i doświadczalnym obejmujące ćwiczenia symulacyjne i zadania eksperymentalne.
4. Specjalistyczna pracownia fizyczna I (laboratorium): Seria zadań eksperymentalnych o średnim stopniu złożoności z zakresu technik dyfrakcyjnych, promieniowania jonizującego i metod transportowych. Zadania realizowane są w zespołach 2-3 osobowych ze zmianą koordynatora eksperymentu.
5. Specjalistyczna pracownia fizyczna II (laboratorium): Seria zadań eksperymentalnych o średnim stopniu złożoności z zakresu spektroskopii optycznej, metod promieniowania laserowego, rezonansu ferromagnetycznego i akustyki ze ścisłym odniesieniem do medycznych technik diagnostycznych i terapeutycznych. Zadania realizowane są w zespołach 2-3 osobowych ze zmianą koordynatora eksperymentu.
6. Fizyka wiązek jonizujących (wykład, laboratorium): Oddziaływania elektromagnetyczne i fizyka relatywistyczna. Wiązka promieniowania jonizującego. Źródła cząstek naładowanych. Źródła promieniowania. Akceleratory cykliczne. Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. Akceleratory liniowe. Promieniowanie synchrotronowe. Akceleratory liniowe. Liniowe akceleratory elektronów stosowane w medycynie. Sterowanie wiązką cząstek naładowanych. Wytwarzanie wiązek jonizującego promieniowania elektromagnetycznego. Kolimacja i modyfikacja wiązek promieniowania jonizującego. Oddziaływanie wiązek jonizujących z materią. Oddziaływanie wiązek jonizujących na ciało człowieka. Izotopowe oraz inne źródła wiązek promieniowania jonizującego. Wykład uzupełniony jest o zajęcia laboratoryjne/pokazowe obejmujące pomiary parametrów wiązek jonizujących, badanie zjawisk pochłaniania i rozpraszania wiązek przez materię.
7. Metody neutronowe (wykład, konwersatorium): Charakterystyka sił jądrowych, trwałości jąder, izotopów, metod wytwarzania sztucznych źródeł, analiza rozpadów promieniotwórczych. Własności neutronów, klasyfikacja neutronów ze względu na ich energię, mechanizmy oddziaływania neutronów z materią pochłaniającą, rozpraszającą i rozszczepialną, przekrój czynny na daną reakcję. Źródła neutronów, absorbenty neutronowe, spowalnianie neutronów. Detektory neutronów, charakterystyki neutronów ze źródeł impulsowych. Radionuklidy, neutronowa analiza aktywacyjna. Aparatura i metodologia stosowana w terapii neutronowej, stanowisko do terapii borowo-neutronowej (BNCT). Sposoby polaryzacji neutronów, metody z odwracaniem spinu. Reakcje jądrowe wykorzystywane w radioterapii, przykłady zastosowania niektórych izotopów promieniotwórczych. Rozkłady izotopów neutronów o energii 50 MeV, neutronowe czynniki kerma. Zasady dozymetrii wiązek neutronowo-fotonowych, stosunek czynników kerma. Dozymetria neutronowa. Terapia protonowo-neutronowa.

Wykład uzupełniony jest o ćwiczenia rachunkowe dotyczące obliczania parametrów dawek promieniowania, czasów emisji wiązek i ich zasięgu.

Grupa zajęć _2 (Fizyka w praktyce medycznej)

Grupa obejmuje 150 godzin dydaktycznych, w tym 60 godzin wykładów i 90 godzin laboratoriów. Przepisano mu 14 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 3-4.

1. Dozymetria (wykład, laboratorium): Przedmiot realizowany jest w formie wykładu uzupełnionego o zajęcia laboratoryjne. Zajęcia prowadzone są przez personel jednostek służby zdrowia np. Białostockiego Centrum Onkologii w Pracowni Dozymetrii Zakładu Fizyki Medycznej. Na wykładach studenci zapoznają się z budową i zasadą działania współczesnego akceleratora liniowego, tomografu komputerowego oraz symulatora terapeutycznego. Poznają inne nowoczesne aparaty medyczne służące do radioterapii oraz podstawy oddziaływań koniecznych do zrozumienia i opisanie wykorzystywanych w radioterapii wiązek. Poznają zasady wykonywania pomiarów oraz sprzęt potrzebny do ich przeprowadzenia. W ramach zajęć laboratoryjnych wykonują pomiary zgodnie z procedurami wykonywanymi w szpitalach np. Białostockim Centrum Onkologii i wymogami prawnymi.
2. Planowanie leczenia w radioterapii (wykład, laboratorium): Przedmiot realizowany jest w formie wykładu uzupełnionego o zajęcia laboratoryjne. Zajęcia prowadzone są przez personel jednostek służby zdrowia np. Białostockiego Centrum Onkologii w Pracowni Planowania Leczenia Zakładu Fizyki Medycznej. Na wykładach studenci zapoznają się z fizycznymi i biologicznymi podstawami radioterapii, algorytmami rozkładu dawki w radioterapii i brachyterapii. Poznają techniki napromieniania klasyczne i zaawansowane oraz specyfikę planowania brachyterapii. Dowiedzą się również o sposobach weryfikacji systemów planowania leczenia. W ramach zajęć laboratoryjnych zostanie zrealizowane zapoznanie się z systemami do planowania leczenia w teleterapii. Wykonywanie planów leczenia metodami 3D, IMRT, VMAT dla różnych lokalizacji u pacjenta: głowa-szyja, klatka piersiowa, jama brzuszna, miednica i inne. Zapoznanie z terminologią pojęć występujących w radioterapii takich jak: bolus, klin, osłony indywidualne, MLC, izodozy, targety, narządy krytyczne itp. oraz omówiony będzie podział brachyterapii ze względu na moc dawki i technikę aplikacji. Poznanie podstawowych schematów planowania brachyterapii. Specyfika i wytyczne najczęściej wykonywanych zabiegów z wykorzystaniem techniki afterloadingu. Studenci zapoznają się z warunkami pracy ze źródłem o wysokiej aktywności, kontrolą jakości, dozymetrią, ochroną radiologiczną pacjentów i pracowników. Studenci współuczestniczą w wybranych procedurach, wykonują obliczenia z wykorzystaniem rzeczywistych danych z urządzeń medycznych.
3. Wybrane procedury medycyny nuklearnej (wykład): Zajęcia prowadzone są przez personel jednostek służby zdrowia np. Białostockiego Centrum Onkologii w Pracowni Zakładu Medycyny Nuklearnej. Podejmowane tematy to: Wprowadzenie do medycyny nuklearnej. Diagnostyka nuklearna. Typy badań scyntygraficznych (np. układu kostnego technika wholebody, nerek dynamiczna i statyczna, tarczycy jodowa i techmetowa, cytrynianem galu, pochodnych somatostatyny, limfoscyntygrafia, cholescyntygrafia). Tomografia emisyjna pojedynczych fotonów. Radiofarmaceutyki stosowane w medycynie nuklearnej (np. ^{99m}Tc Tektrotyd i Hynic-Tate, mIBG znakowane jodem- ^{131}I lub jodem- ^{123}I , cytrynian galu, chlorek talu). Ochrona radiologiczna w badaniach radioizotopowych i terapii radioizotopowej. Badania scyntygrafii narządowej. Terapia radioizotopowa (^{131}I , ^{89}Sr , ^{153}Sm , ^{223}Ra), pozytonowa tomografia emisyjna. Podczas zajęć studenci zapoznają się z aparaturą medyczną stosowaną w medycynie nuklearnej (np. gammakamera SPECT połączona z tomografem komputerowym).

4. Ochrona radiologiczna w praktyce medycznej (wykład, laboratorium): Fizyczne podstawy ochrony radiologicznej. Regulacje prawne. Oddziaływanie poszczególnych rodzajów promieniowania na organizm człowieka. Ochrona radiologiczna pracowników. Osłony przed promieniowaniem jonizującym. Wypadki w radioterapii. Postępowanie w sytuacjach awaryjnych. Opis typów urządzeń medycznych używanych klinicznie. Wykonywanie podstawowych obliczeń dozymetrycznych. Rozwiązywanie zadań rachunkowych. Prezentacja sprzętu medycznego i dozymetrycznego. Sposoby ograniczania narażenia. Przedmiot realizowany jest w formie wykładu uzupełnionego o zajęcia laboratoryjne prowadzone w pracowniach jednostek służby zdrowia (np. Białostockiego Centrum Onkologii w Zakładzie Fizyki Medycznej). Studenci wykonują praktyczne obliczenia i testy związane z ochroną radiologiczną.

Grupa zajęć 3 (Metody matematyczne i komputerowe)

Grupa obejmuje 270 godzin dydaktycznych, w tym 105 godzin wykładów, 30 godzin konwersatoriów i 135 godzin laboratoriów. Przypisano mu 19 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1-2.

1. Rachunek transformat (wykład, konwersatorium, laboratorium): Krótki wstęp do analizy zespolonej: funkcje holomorficzne, punkty osobliwe. Twierdzenie o residuach. Transformata Laplace'a i transformata Z. Szeregi Fouriera, transformacja Fouriera, transformata kosinusowa. Zasada nieoznaczoności. Dyskretna transformata Fouriera (DFT), szybka transformata Fouriera (FFT). Przestrzeń Hilberta. Bazy. Operatory. Iloczyny skalarne. Delta Diraca. Transformata falkowa. Filtry dolnoprzepustowe i górnoprzepustowe i ich rola w analizie sygnałów. Transformata Hougha i transformata Radona. Zastosowania w tomografii i analizie obrazów. Wykład uzupełniony jest o ćwiczenia praktyczne o charakterze problemowym i odpowiednio skorelowane zajęcia w laboratorium komputerowym z wykorzystaniem środowiska obliczeń symbolicznych.
2. Wstęp do teorii procesów stochastycznych (wykład, laboratorium): Wprowadzenie do statystycznej analizy funkcji losowych i szeregów czasowych reprezentujących zjawiska losowe powszechnie występujące w różnych dziedzinach wiedzy i działalności praktycznej człowieka. Podstawowe pojęcia teorii procesów stochastycznych (pojęcie procesu stochastycznego i jego probabilistyczny opis, uśrednianie w czasie i ergodyczne procesy stochastyczne, stacjonarne procesy stochastyczne, widmowa gęstość mocy stacjonarnego procesu stochastycznego, elementy teorii układów liniowych, normalne (gaussowskie) procesy stochastyczne). Statystyczna teoria wykrywania sygnałów w szumie (testowanie hipotez i podejście Neymana-Pearsona, wykrywanie znanego sygnału w addytywnym, gaussowskim i stacjonarnym szumie — filtr dopasowany, estymacja parametrów sygnału i ich błędów — macierz Fishera). Zajęcia laboratoryjne obejmują serię zadań praktycznych przy wykorzystaniu narzędzi komputerowych.
3. Analiza sygnałów i obrazowanie (wykład, laboratorium): Fizyczne podstawy analizy sygnałów i obrazowania. Podstawowe pojęcia z zakresu przetwarzania i analizy sygnałów. Źródła, klasyfikacja i parametry sygnałów. Akwizycja i przetwarzanie sygnałów. Dyskretna reprezentacja sygnałów analogowych. Tor przetwarzania analogowo-cyfrowego. Analiza sygnałów w dziedzinie czasu. Analiza korelacyjna. Analiza częstotliwościowa sygnałów dyskretnych i jej interpretacja. Widmowa gęstość mocy. Spektrogramy. Filtracja cyfrowa. Filtry rekursywne i nierekursywne. Filtracja adaptacyjna. Algorytmy filtracji cyfrowej. Podstawowe metody cyfrowej analizy sygnału. Rozpoznawanie sygnałów fonicznych. Obraz – definicja i struktura. Rodzaje obrazów. Zasady tworzenia obrazu cyfrowego. Dyskretyzacja obrazu. Metody pozyskiwania obrazów cyfrowych. Urządzenia do pozyskiwania obrazów. Sposoby pozyskiwania różnych zobrazowań medycznych (RTG, CT, NMR, PET, USG, termowizja, obrazowania radioizotopowe). Wyświetlanie i zapisywanie obrazów,

formaty plików. Obrazy barwne, modele barw. Klasyczne metody przetwarzania obrazu. Podział i ogólna charakterystyka algorytmów. Przekształcenia bezkontekstowe obrazu (punktowe, arytmetyczne i geometryczne). Kontekstowa filtracja obrazów. Filtry liniowe i nieliniowe. Dwuwymiarowa dyskretna transformata Fouriera. Filtracja przestrzenna. Przekształcenia morfologiczne. Rodzaje i schemat wykonywania operacji morfologicznej na obrazie cyfrowym. Ogólna charakterystyka typowych i złożonych przekształceń morfologicznych. Metody przetwarzania obrazów do zastosowań medycznych: łączenie obrazów CT i NMR, rekonstrukcja obiektów trójwymiarowych. Analiza obrazów cyfrowych. Metody segmentacji i indeksacji obrazu. Pomiary na obrazach cyfrowych w tym ocena rozmiarów i kształtów obiektów, analiza tekstury, tworzenie statystyk. Rozpoznawanie obiektów w obrazie. Analiza obrazów w medycynie. Rekonstrukcja obrazu. Zajęcia laboratoryjne obejmują serię zadań praktycznych do wykonania za pomocą narzędzi komputerowych.

4. Specjalistyczne metody komputerowe (laboratorium): Środowiska programistyczne przetwarzania sygnałów i obliczeń numerycznych. Przedmiot realizowany jest w formie zajęć laboratoryjnych w pracowni komputerowej. Studenci wykonują zadania z zakresu komputerowej analizy i przetwarzania sygnałów, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań z zakresu fizyki medycznej. Obrazy cyfrowe. ImageJ i API ImageJ. Histogram obrazu. Operacje punktowe. Filtry. Wykrywanie krawędzi. Filtry morfologiczne. Obrazy kolorowe. Przekształcenia geometryczne obrazu. Dyskretna transformacja Fouriera w 2D. Dithering.
5. Komputerowe techniki pomiarowe (wykład, laboratorium): Zasady działania stanowisk pomiarowych, czujniki, specjalistyczne czujniki medyczne, skomputeryzowane stanowiska diagnostyczno-lecznicze. Pojęcia podstawowe (pomiar, eksperyment, dane, przyrządy podstawowe, układ pomiarowy). Organizacja i klasyfikacja systemów pomiarowych. Budowa i zasada działania komputerowego systemu pomiarowego (schemat funkcjonalny, charakterystyka). Podstawowe sygnały pomiarowe (klasyfikacja, charakterystyka, parametry). Cyfrowe przetwarzanie w układzie pomiarowym. Zegar w układzie pomiarowym. Generator kwarcowy, sygnały taktujące. Pomiar czasu. Standardowe komputerowe interfejsy pomiarowe. Rodzaje transmisji danych. Specjalistyczne interfejsy pomiarowe. Interfejs IEEE-488 (schemat, charakterystyka, zastosowanie). Interfejsy bazujące na standardzie VXI. Komputerowe karty pomiarowe DAQ. Przetworniki optyczne, matryce CCD, CMOS. Czujniki pomiarowe wielkości fizycznych (położenia, obrotu, przesunięcia, siły, temperatury, pojemności, światła, ciśnienia, dźwięku, pola magnetycznego). Czujniki i detektory specjalistyczne w diagnostyce medycznej. Wprowadzenie do programowania graficznego LabView (struktura, konstrukcję, obiekty, formaty danych, reprezentacja danych). Przyrządy wirtualne realizowane w oparciu o LabView. Zasada budowy internetowego eksperymentu fizycznego „on-line” (konfiguracja, schemat, transmisja, wykonanie pomiaru). Technika pomiarowa w diagnostyce medycznej – ultrasonografia oraz ultrakardiografia (zasada, schemat, przetwarzanie i analiza danych). Technika pomiarowa w diagnostyce medycznej – techniki wykorzystujące obrazowanie rezonansowe (zasada, schemat, przetwarzanie i analiza danych). Zajęcia laboratoryjne obejmują serię doświadczeń w skomputeryzowanym środowisku pomiarowym.

Grupa zajęć _4 (Kształcenie ogólne)

Grupa obejmuje 135 godzin dydaktycznych, w tym 30 godzin wykładów, 45 godzin konwersatoriów i 60 godzin lektoratów. Przypisano mu 10 punktów ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1, 3-4.

1. Lektorat języka angielskiego (lektorat): Student uczestniczy w kształceniu językowym z języka angielskiego właściwym dla poziomu B2+. Lektorat prowadzony przez nauczycieli Studium Praktycznej Nauki Języków Obcych UwB (SPNJO).
2. Specjalistyczny warsztat językowy (lektorat): Przedmiot realizowany w języku angielskim. Student poznaje słownictwo i sformułowania specyficzne dla fizyki medycznej. Student prezentuje po angielsku zagadnienia dotyczące tego działu.
3. Historia nauki (konwersatorium): Zajęcia przedstawiają zasadnicze kroki w historycznym rozwoju nauki w powiązaniu z rozwojem cywilizacyjnym i technologicznym. Początki fizyki, astronomii i matematyki w starożytności. Fizyka średniowieczna. Renesansowy przełom w naukach ścisłych. Fizyka wieku siedemnastego. Oświeceniowe odkrycia w dziedzinie nauk ścisłych. Rozwój przyrodoznawstwa w wieku dziewiętnastym. Pojawienie się nowoczesnej fizyki na przełomie XIX i XX stulecia. Historia zaawansowanej fizyki dwudziestego wieku. W powiązaniu z historią fizyki będzie omawiana historia matematyki i astronomii. Zajęcia będą wzbogacone o treści związane z historią początków chemii (alchemia, jatrochemia) oraz z historią chemii w osiemnastym, dziewiętnastym i dwudziestym wieku (teorie spalania, początki chemii organicznej, agrochemii i chemii farmaceutycznej, odkrycia pierwiastków, chemia elektrolitów i ogniw elektrolitycznych, chemia współczesna). Pojawią się także nawiązania do historii medycyny (historia chirurgii, historia bakteriologii). Studenci wybierają dwa tematy z listy propozycji przedstawionych przez wykładowcę do samodzielnego opracowania i referowania w trakcie konwersatoriów
4. Metodologia nauki (wykład, konwersatorium): Na wykładzie zostają przedstawione najważniejsze zagadnienia z zakresu metodologii nauk przyrodniczych oraz pokrewnych im problemów filozoficznych. Punktem wyjścia są prawa przyrody, ich znaczenie poznawcze i typologia z punktu widzenia filozoficznego. W dalszej kolejności wykład obejmuje przegląd narzędzi logicznych, które znajdują zastosowanie przy odkrywaniu oraz formułowaniu praw przyrody. Dyskutuje się różne rodzaje indukcji oraz metodę hipotetyczno-dedukcyjną, a także psychologię oraz socjologię odkrycia. Poruszane są także kwestie odnoszące się do poznawczych granic praw przyrody, takich jak metoda idealizacyjna czy faktualizacja. Wprowadzona zostaje nowa, metodologiczna klasyfikacja praw przyrody oraz nauk. Na konwersatorium studenci uczą się analizować wybrane prawa przyrody (głównie z zakresu fizyki, chemii, biologii, ale także genetyki, astronomii czy wreszcie statystyki) z metodologicznego punktu widzenia.
5. Prawne aspekty działalności naukowej i zawodowej (wykład): Prawo w działalności naukowo-dydaktycznej, ochrona własności przemysłowej, prawo patentowe i autorskie, zasady zarządzania zasobami własności intelektualnej.

Grupa zajęć _5 (Podsumowanie kształcenia)

Grupa obejmuje 90 godzin dydaktycznych, w tym 45 godzin konwersatoriów, 15 godzin laboratoriów i 30 godzin seminariów. Przypisano mu 33 punkty ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 2-4.

1. Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej (konwersatorium): Studenci zostają zapoznani z tematyką badań prowadzonych w zakładach naukowych Wydziału Fizyki. Otrzymują propozycje tematów prac dyplomowych, ustalają formę i zakres zadań objętych pracą.
2. Współczesna fizyka medyczna (konwersatorium): Przedmiot realizowany w języku angielskim. Student, co najmniej dwukrotnie w semestrze, referuje wybrane przez siebie zagadnienie ze współczesnej fizyki medycznej. Wystąpienie opiera o angielskojęzyczne

źródła literatury i/lub Internetu. Podejmuje merytoryczną dyskusję w języku angielskim. Ocena zajęć jest średnią oceną za prezentacje. Oceniane jest czas prezentacji, jakość przygotowania slajdów, zrozumiałość języka i umiejętność dyskusji na temat przedstawiony w prezentacji. Przykładowe tematy seminaryjne: Lasers in medicine. Diagnostic ultrasound imaging. Diagnostic X-rays and CT scans. Images from radioactivity (radionuclide scans, SPECT and PET). Magnetic resonance imaging. Radiation therapy and radiation safety in medicine. Diagnostic, therapeutic and research involving radionuclides used in medicine. Accelerator health physics. Environmental health physics. Internal dosimetry.

3. Seminarium dyplomowe I i II (seminarium): Przedmiot jest związany z pisaniem przez studentów pracy magisterskiej. Student referuje zagadnienia związane z tematyką własnej pracy dyplomowej. Bierze udział w dyskusji seminaryjnej. Przedmiot jest realizowany w ścisłej współpracy z opiekunem pracy.
4. Sztuka prezentacji osiągnięć (laboratorium): Celem zajęć jest nauka prezentacji przez studenta swoich wyników osiągniętych podczas pisania pracy dyplomowej, ewentualnie wyników profesjonalnych badań naukowych (wybór zależny od prowadzącego). Każdy student jest zobowiązany do wykonania prezentacji multimedialnej w programie typu Microsoft PowerPoint, LibreOffice Impress i zaprezentowania (20-30 min.) przed grupą laboratoryjną.

Grupa zajęć _6 (Nadobowiązkowy)

Grupa składa się z trzech przedmiotów, które student nie musi zrealizować. Pierwszy to „Przedmiot monograficzny” Obejmuje on 30 godzin wykładów i/lub 15-30 godzin ćwiczeń/konwersatoriów w zależności od przedmiotu. Przypisano mu min. 3 punkty ECTS. Drugi to „Przedmiot na innym kierunku” realizowany na Uniwersytecie w Białymstoku. Obejmuje on 15 lub 30 godzin wykładów i/lub ćwiczeń/konwersatoriów w zależności od oferty przedstawianej Wydziałowi. Przypisano mu min. 2 punkty ECTS. Przedmioty należące do grupy zajęć realizowane są w semestrach 1-4.

1. Przedmiot monograficzny (wykład lub wykład+konwersatorium): Przedmiot może być realizowany w języku angielskim. Zajęcia dotyczące zagadnień fizyki współczesnej (doświadczalnej lub teoretycznej). Zajęcia dla studentów ambitnych. Przykładowe proponowane przedmioty: Klasyczne i kwantowe układy z więzami, Elementy teorii solitonów, Zdegenerowane gazy atomowe, Kondensat Bosego-Einsteina, Optyka kwantowa, Informatyka kwantowa, Elementy teorii pola, Wstęp do teorii strun, Ogólna teoria względności, Procesy akrecyjne w astrofizyce, Metody transportowe w fizyce ciała stałego, Promieniowanie synchrotronowe i jego wykorzystanie w naukach przyrodniczych, Spektroskopia mössbauerowska. Metody rentgenowskie i neutronowe w medycynie, Analiza powierzchni i cienkich warstw.
2. Przedmiot na innym kierunku (wykład i/lub konwersatorium): Przedmiot może być realizowany w języku angielskim. lista przedmiotów jest podawana rokrocznie. Przedmioty realizowane na przykład na wydziałach Biologiczno-Chemicznym, Filologicznym, Historyczno-Socjologicznym.

Uwaga: Następujące przedmioty z modułów 1,5 **mogą** być wybrane przez studenta do zrealizowania w języku angielskim (o ile zbierze się odpowiednia ilość zainteresowanych studentów – co najmniej jedna grupa): Podstawy fizyki fazy skondensowanej, Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej. „Przedmiot na innym kierunku” z modułu nadobowiązkowego **może** być realizowany w języku angielskim.

Następujące przedmioty z modułów 4 i 5 są realizowane w języku angielskim: Specjalistyczny warsztat językowy, Współczesna fizyka medyczna.

TREŚCI PROGRAMOWE GRUP ZAJĘĆ

Moduł specjalizacyjny I (przygotowanie do wykonywania zawodu nauczyciela – część II)

Moduł do wyboru. Przygotowanie do wykonywania zawodu nauczyciela fizyki składa się z dwóch części. Część pierwsza realizowana jest w studiach I stopnia. Część druga jest realizowana na studiach II stopnia. Obie części są obowiązkowe. Opis przedmiotów realizowanych na studiach II stopnia:

1. **Podstawy dydaktyki**

Usytuowanie dydaktyki w zakresie pedagogiki, a także przedmiot i zadania współczesnej dydaktyki oraz relację dydaktyki ogólnej do dydaktyk szczegółowych; zagadnienie klasy szkolnej jako środowiska edukacyjnego: style kierowania klasą, problem ładu i dyscypliny, procesy społeczne w klasie, integrację klasy szkolnej, tworzenie środowiska sprzyjającego postępom w nauce oraz sposób nauczania w klasie zróżnicowanej pod względem poznawczym, kulturowym, statusu społecznego lub materialnego; współczesne koncepcje nauczania i cele kształcenia – źródła, sposoby ich formułowania oraz ich rodzaje; zasady dydaktyki, metody nauczania, treści nauczania i organizację procesu kształcenia oraz pracy uczniów; zagadnienie lekcji jako jednostki dydaktycznej oraz jej budowę, modele lekcji i sztukę prowadzenia lekcji, a także style i techniki pracy z uczniami; interakcje w klasie; środki dydaktyczne;

2. **Emisja głosu**

Zagadnienia związane z emisją głosu – budowę, działanie i ochronę narządu mowy i zasady emisji głosu; posługiwanie się aparatem emisji głosu zgodnie z zasadami; skuteczne korygowanie błędów językowych i doskonalenie aparatu emisji głosu nauczyciela; problematykę pracy z uczniami z ograniczoną znajomością języka polskiego lub zaburzeniami komunikacji językowej; znaczenie języka jako narzędzia pracy nauczyciela: metody porozumiewania się w celach dydaktycznych – sztukę wykładania i zadawania pytań, sposoby zwiększania aktywności komunikacyjnej uczniów, praktyczne aspekty wystąpień publicznych – poprawność językową, etykę języka, etykietę korespondencji tradycyjnej i elektronicznej; poprawne posługiwanie się językiem polskim

3. **Dydaktyka fizyki I, Dydaktyka fizyki II**

Dydaktyka szczegółowa. Konwencjonalne i niekonwencjonalne metody nauczania. Proces uczenia się przez działanie, odkrywanie lub dociekanie naukowe dla fizyki, projektowanie działań edukacyjnych dostosowanych do różnych możliwości uczniów. Wspomaganie ucznia w projektowaniu ścieżki edukacyjnej. Ocenianie i jego rodzaje. Rodzaje i sposoby przeprowadzania sprawdzianów. Zapoznanie studentów z wybranymi zagadnieniami fizyki realizowanymi podczas edukacji. Podejmowane tematy dotyczą przedmiotu badań fizyki i struktury fizyki, układów fizycznych, podstawowych pojęć jak siła, energia, pęd, wektory, zasad dynamiki Newtona, praw Keplera, sił bezwładności, mechaniki bryły sztywnej, zagadnień elektrodynamiki, fal elektromagnetycznych i materii, izolatorów, dia-, para- i ferromagnetyków, zasad termodynamiki, podstaw fizyki statystycznej, mechaniki kwantowej, cząstek elementarnych.

4. **Praktyki zawodowe**

Praktyki zawodowe są realizowane w szkole podstawowej i ponadpodstawowej w wymiarze 120 godzin dydaktycznych (lekcyjnych). Dotyczą one przedmiotu fizyka.

Wymiar (w tygodniach oraz godzinach), zasady i formę odbywania praktyk zawodowych oraz liczbę punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach tych praktyk.

Praktyki zawodowe dotyczą jedynie studentów realizujących moduł specjalistyczny „Przygotowanie do wykonywania zawodu nauczyciela”. Odbywają się w szkołach podstawowych i ponadpodstawowych. Wymiar godzinowy praktyk zawodowych to 120 godzin dydaktycznych (tj. po 45 min.). Należy je zrealizować do sesji egzaminacyjnej 4 semestru (tzn. do zakończenia drugiego roku). Okres do wykonania praktyk to 2 lata.

Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w trakcie całego cyklu kształcenia.

Sposoby sprawdzania stopnia osiągnięcia przez studentów założonych w programie efektów uczenia się zależą między innymi od form zajęć oraz kategorii kształcenia, której dotyczą.

Efekty uczenia się w kategorii wiedzy i umiejętności sprawdzane są głównie za pomocą odpowiedzi ustnych, testów zarówno pisemnych jak i ustnych, rozwiązywania zadań i problemów rachunkowych, sprawozdań, raportów, tematycznych pokazów multimedialnych. W testach stosuje się pytania zamknięte oraz otwarte. Wśród zadań testowych zaleca się stosowanie zróżnicowanych zadań, które umożliwiają sprawdzenie wiedzy uwzględniające różne efekty uczenia się: zadania na klasyfikowanie, przyporządkowywanie, porządkowanie oraz zadania wielokrotnego wyboru – jedna odpowiedź prawdziwa, jedna odpowiedź fałszywa, najlepsza odpowiedź. Wśród zadań otwartych zaleca się sprawdzanie wiedzy za pomocą krótkiej wypowiedzi. Przydatnym narzędziem do gromadzenia informacji na ten temat są sprawozdania studenta.

Efekty uczenia się w kategorii kompetencji społecznych są sprawdzane za pomocą obserwacji na podstawie aktywności studenta na zajęciach oraz pracy w grupie. Szczegółowe sposoby weryfikacji efektów uczenia się w poszczególnych grupach zajęć określone są w sylabusach zatwierdzonych wraz z programem przez Senat Uniwersytetu w Białymstoku.

Wśród form zaliczenia zajęć proponuje się m.in.:

- ✓ Egzamin pisemny
- ✓ Kolokwium pisemne
- ✓ Odpowiedź ustna
- ✓ Sprawozdanie
- ✓ Wejściówka
- ✓ Prezentacja multimedialna
- ✓ Referat
- ✓ Projekt
- ✓ Opinia (dotyczy min. praktyk studenckich, pracy w grupie)

Szczegółowe zasady zaliczania przedmiotów i roku określają przepisy Rozdziału V Regulaminu studiów Uniwersytetu w Białymstoku. Przyjmuje się, że oceny wyliczane na podstawie średniej ustala się według zasady:

3,0 – 3,40 – dostateczny (3,0)

3,41 – 3,80 – dostateczny plus (3,5)

3,81 – 4,20 – dobry (4,0)

4,21 – 4,60 – dobry plus (4,5)

4,61 – 5,0 – bardzo dobry (5,0)

Dla wybranych form zaliczenia przedmiotu ustalone zostały przykładowe kryteria oceniania:

Odpowiedź ustna

Kryterium 1: udzielenie poprawnej odpowiedzi

Kryterium 2: stopień wyczerpania tematu

Kryterium 3: samodzielność i kreatywność w proponowaniu rozwiązań

Spełnienie kryterium 1: 3,0 lub 3,5

Spełnienie kryteriów 1+2: 4,0 lub 4,5

Spełnienie kryteriów 1+2+3: 5,0

Laboratoria

Warunki uzyskania zaliczenia zajęć laboratoryjnych:

1. Wykonanie wszystkich przewidzianych programem ćwiczeń laboratoryjnych zgodnie z harmonogramem.
2. Terminowe opracowanie sprawozdań oraz uzyskanie zaliczenia z ćwiczeń.
3. Zdanie wejściówek obejmujących wiedzę teoretyczną, przebieg wykonania części eksperymentalnej oraz opracowanie wyników.
4. W przypadku nieobecności (usprawiedliwionej) na zajęciach student odpracowuje zajęcia laboratoryjne w ustalonym terminie. Zajęcia można odpracować za zgodą prowadzącego ćwiczenia w innej grupie ćwiczeniowej – realizującej równoległy program. Dodatkowo ustala się jeden termin pod koniec semestru, w którym możliwe jest wykonanie zaległych ćwiczeń.

Ocenie punktowej podlegają:

1. Wykonanie części eksperymentalnej.
2. Opracowanie sprawozdania pozytywnie ocenionego przez prowadzącego zajęcia, brak sprawozdania powoduje niezaliczenie ćwiczeń.
3. Aktywność na zajęciach.

Ocena końcowa

Na pierwszych ćwiczeniach laboratoryjnych z danego przedmiotu prowadzący podaje studentom maksymalną do uzyskania ilość punktów. Na podstawie maksymalnej ilości punktów oraz ilości punktów uzyskanych przez studenta wystawiona zostaje ocena końcowa z ćwiczeń.

Prezentacja multimedialna

Ocena/kategoria	słaba	zadowalająca	wyróżniająca
<i>Uzasadnienie wyboru tematu prezentacji</i>	W uzasadnieniu wykorzystano podstawowe, pojedyncze argumenty potwierdzające wybór tematu. Brak argumentów potwierdzających wiedze merytoryczną.	W uzasadnieniu częściowo wykorzystano argumenty świadczące o atrakcyjności tematu, podparte wiedzą merytoryczną .	W uzasadnieniu w pełni wykorzystano argumenty świadczące o atrakcyjności tematu podparte wiedzą merytoryczną .
<i>Określenie celu prezentacji</i>	Cel zbyt ogólny, nie adekwatny do	Cel określony prawidłowo,	Cel rozbudowany, poparty

	prezentowanych treści	występują drobne uchybienia.	prezentowanymi treściami.
<i>Zawartość merytoryczna prezentacji (zgodność z tematem, odpowiedni dobór informacji, samodzielność opracowania).</i>	Duża pobieżność w opracowanym materiale. Błędy ortograficzne i stylistyczne.	Informacje poprawne merytorycznie, ale nie wyczerpujące tematu.	Zadanie wykonane w pełni, informacje poprawne merytorycznie, właściwy dobór materiału.
<i>Forma graficzna prezentacji (oryginalność, pomysłowość, estetyka).</i>	Prezentacja mało estetyczna, szablonowa, zły dobór czcionki, kolorów, uboga lub brak grafiki, niespójna kompozycja.	Prezentacja wykonana estetycznie i starannie. Dobry dobór czcionek, kolorystyki i grafiki. Spójna kompozycja, nie stosownie dobrane rozwiązania animacji. Drobne niedociągnięcia.	Prezentacja wykonana estetycznie i starannie, Oryginalna prezentacja treści. Dobra grafika Przemysłana i spójna kompozycja. Stosownie dobrane rozwiązania animacji. Prezentacja uporządkowana i zrozumiała dla słuchaczy.
<i>Podsumowanie i wnioski</i>	Brak lub częściowe podsumowanie, niespójne wnioski.	Drobne uchybienia w podsumowaniu prezentacji, nie wszystkie wnioski prawidłowo sformułowane.	Wyraźne podsumowanie prezentacji, prawidłowo sformułowane wnioski.
<i>Bibliografia</i>	Wykorzystanie tylko literatury podstawowej, większość treści ze stron internetowych.	Dobór literatury prawidłowy, prezentacja oparta głównie na literaturze polskojęzycznej.	Dobór literatury prawidłowy, prezentacja oparta również na literaturze obcojęzycznej.

Referat

Referaty opracowuje 1-2 osoby (w zależności od liczby studentów w grupie). Zagadnienie i literaturę wskazuje prowadzący, formę wybiera student: prezentacja multimedialna lub tradycyjna – wygłoszenie referatu. Prowadzący otrzymuje kopię referatu. Prezentacja referatu powinna trwać nie dłużej niż 15-20 min.

Kryteria oceny referatu:

- ✓ poziom merytoryczny referatu,
- ✓ określenie czytelного celu,
- ✓ umiejętność odpowiedzi na pytania,
- ✓ umiejętność rozplanowania referatu,
- ✓ kreatywność prezentacji,
- ✓ umiejętność przekazania wiedzy w sposób urozmaicony, interesujący i zrozumiały,

Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się Odnośnie do modułu specjalistycznego 1 (Przygotowanie do wykonywania zawodu nauczyciela):

1. Weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się wymaga zastosowania zróżnicowanych form sprawdzania, adekwatnych do kategorii wiedzy, umiejętności albo kompetencji społecznych, których te dotyczą.
2. Osiągnięte efekty uczenia się w kategorii wiedzy można weryfikować za pomocą egzaminów pisemnych w formie zadań otwartych lub zamkniętych lub egzaminów ustnych, a także w oparciu o analizę opracowanych konspektów i obserwację ich praktycznej realizacji.
3. Egzamin pisemny lub ustny jest ukierunkowany na sprawdzenie wiedzy na poziomie wyższym niż sama znajomość zagadnień i nie może ograniczać się do znajomości faktów. Egzamin pisemny lub ustny w szczególności służy sprawdzaniu poziomu zrozumienia zagadnienia, umiejętności analizy i syntezy informacji oraz rozwiązywania problemów.
4. Weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się w kategorii umiejętności wymaga bezpośredniej obserwacji studenta albo uczestnika studiów podyplomowych w czasie wykonywania działań właściwych dla danego zadania zawodowego (dydaktycznego, wychowawczego i opiekuńczego) wynikającego z roli nauczyciela.

Warunki ukończenia studiów oraz uzyskiwany tytuł zawodowy.

Warunkiem ukończenia studiów jest:

1. Uzyskanie co najmniej 121 punktów ECTS na specjalności fizyka doświadczalna lub 123 punktów ECTS na specjalności fizyka teoretyczna lub 125 punktów ECTS na specjalności fizyka medyczna, oraz b) zdanie egzaminu dyplomowego (magisterskiego),
2. Zasady dopuszczania do egzaminu dyplomowego: zdanie egzaminów i uzyskanie zaliczenia grup zajęć przewidzianych programów studiów, napisanie pracy dyplomowej,
3. Zakres i sposób przeprowadzenia egzaminu dyplomowego określony odrębną uchwałą Rady Wydziału Prawa UwB w sprawie zasad przeprowadzania egzaminu dyplomowego.
4. Absolwent kierunku Fizyka uzyskuje tytuł zawodowy magistra po spełnieniu wymogów określonych w pkt. 1-3.