

PROGRAM STUDIÓW - Część B

1. Nazwa kierunku: Fizyka
2. Poziom kształcenia: Studia Drugiego Stopnia
3. Profil kształcenia: Ogólnoakademicki
4. Specjalność: Fizyka medyczna

TREŚCI PROGRAMOWE MODUŁÓW

MK_1 (Wybrane problemy fizyki)

Moduł obejmuje 420 godzin dydaktycznych, w tym 150 godzin wykładów, 45 godzin konwersatoriów i 225 godzin laboratoriów. Przypisano mu 50 punktów ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Podstawy fizyki fazy skondensowanej, 2. Podstawy fizyki jądrowej, 3. Magnetyczne metody rezonansowe, 4. Specjalistyczna pracownia fizyczna I, 5. Fizyka wiązek jonizujących, 6. Metody neutronowe, 7. Specjalistyczna pracownia fizyczna II) 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 kropłowy, 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. 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 cykliczne. 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.
6. 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.

7. 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.

MK_2 (Fizyka w praktyce medycznej)

Moduł obejmuje 150 godzin dydaktycznych, w tym 60 godzin wykładów i 90 godzin laboratoriów. Przypisano mu 14 punktów ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Dozymetria, 2. Planowanie leczenia w radioterapii, 3. Wybrane procedury medycyny nuklearnej, 4. Ochrona radiologiczna w praktyce medycznej) 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, limfoscynigrafia, cholestycynigrafia). Tomografia emisyjna pojedynczych fotonów. Radiofarmaceutyki stosowane w medycynie nuklearnej (np. ^{99m}Tc Tektrotyd i Hynic-Tate, mIBG znakowane jodem-131 lub jodem-123, 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.

MK_3 (Metody matematyczne i komputerowe)

Moduł obejmuje 270 godzin dydaktycznych, w tym 105 godzin wykładów, 30 godzin konwersatoriów i 135 godzin laboratoriów. Przypisano mu 19 punktów ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Rachunek transformat, 2. Wstęp do teorii procesów stochastycznych, 3. Analiza sygnałów i obrazowanie, 4. Specjalistyczne metody komputerowe, 5. Komputerowe techniki pomiarowe) realizowane są w semestrach 1-3.

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. Pomiarów 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.

MK_4 (Kształcenie ogólne)

Moduł obejmuje 135 godzin dydaktycznych, w tym 30 godzin wykładów, 45 godzin konwersatoriów i 60 godzin lektoratów. Przypisano mu 10 punktów ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Lektorat języka angielskiego, 2. Specjalistyczny warsztat językowy, 3. Historia nauki, 4. Metodologia nauki, 5. Prawne aspekty działalności naukowej i zawodowej) realizowane są w semestrach 1-2 i 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). Pojawia 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.

MK_5 (Podsumowanie kształcenia)

Moduł obejmuje 120 godzin dydaktycznych, w tym 30 godzin konwersatoriów, 30 godzin laboratoriów i 60 godzin seminariów. Przypisano mu 33 punkty ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej, 2. Współczesna fizyka medyczna, 3. Seminarium dyplomowe) realizowane są w semestrach 2-4.

1. Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej (laboratorium): 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 (seminarium): Przedmiot jest związany z pisanem 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.

MK_6 (Nadobowiązkowy)

Moduł 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 punkt 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. 1 punkt ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Przedmiot monograficzny, 2. Przedmiot na innym kierunku) 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.

Rok studiów	Przedmiot/y na specjalności fizyka medyczna	ECTS	Może być zastąpiony przez przedmiot/y na specjalności fizyka medyczna	ECTS	Może być zastąpiony przez przedmiot/y na specjalności fizyka (ogólna), studia pierwszego stopnia	ECTS
-------------	---	------	---	------	--	------

Przedmiot do wyboru na innym kierunku: Przedmiot na innym kierunku (z modułu nadobowiązkowego).

Przedmioty do wyboru na kierunku Fizyka: Studenci mają prawo dokonać indywidualnego wyboru przedmiotu realizowanego przez pracowników Wydziału. Po złożeniu przez studenta pisemnej deklaracji w pierwszych dwu tygodniach zajęć przedmiot zostaje umieszczony w programie studiów studenta i staje się obowiązkowy. Lista przedmiotów do wyboru znajduje się w tabeli poniżej.

LISTA PRZEDMIOTÓW DO WYBORU

Studenci mają prawo dokonać indywidualnego wyboru przedmiotu w ramach niżej określonych zasad

1	Podstawy fizyki fazy skondensowanej – sem.1	10	Introduction to condensed matter Physics – sem.1	10		
2	Indywidualny projekt doświadczalny – sem.3	5	Indywidualny projekt doświadczalny – sem.3	5		
	Historia nauki – sem.3	3			Historia fizyki – sem.6	3
	Seminarium dyplomowe – sem. 3+4	26	Seminarium dyplomowe – sem. 3+4	26		

Po złożeniu przez studenta pisemnej deklaracji w pierwszych dwu tygodniach zajęć przedmiot zostaje umieszczony w programie studiów studenta i staje się obowiązkowy.