

PROGRAM STUDIÓW - Część B

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

TREŚCI PROGRAMOWE MODUŁÓW

MK_1 (Fizyka doświadczalna)

Moduł obejmuje 195 godzin dydaktycznych, w tym 45 godzin wykładów, 30 godzin konwersatoriów i 120 godzin laboratoriów. Przypisano mu 25 punktów ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Podstawy fizyki fazy skondensowanej, 2. Pracownia fizyczna) 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 Borny 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. Pracownia fizyczna (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-Boltzmann, 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.

MK_2 (Metody matematyczne i komputerowe)

Moduł obejmuje 150 godzin dydaktycznych, w tym 60 godzin wykładów, 30 godzin konwersatoriów i 60 godzin laboratoriów. Przypisano mu 11 punktów ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Metody matematyczne fizyki, 2. Komputerowe techniki pomiarowe) 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 najprostszycy 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.

MK_3 (Fizyka teoretyczna)

Moduł obejmuje 420 godzin dydaktycznych, w tym 210 godzin wykładów i 210 godzin konwersatoriów. Przypisano mu 43 punkty ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Mechanika kwantowa, 2. Fizyka statystyczna, 3. Fizyka wysokich energii, 4. Fizyka

atomu i cząsteczki, 5. Astrofizyka i kosmologia, 6. Przedmiot monograficzny) 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 Schrödingera 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 Higgosa, diagramy kwarkowe, mieszanie międzygeneracyjne kwarków (macierz Cabbibo–Kobayashi-Maskawy), nieobecność prądów FCNC (mechanizm Glashowa-Illiopoulosa-Maiianiego). 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-Zweiga-Iizuki. Stany związane. Sprzężenie ładunkowe, parzystość ładunkowa, parzystość wewnętrzna, parzystość kombinowana CP. Odwrócenie czasu, symetria CPT. Spektroskopia pozytonium, stany związane. Fenomenologia oddziaływań silnych: dzęty, 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 subtelną, atom dwuelektronowy, atomy wieloelektronowe, oddziaływanie za stałymi polami zewnętrznymi, struktura nadsubtelną, 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.

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 1-4.

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.

MK_5 (Podsumowanie kształcenia)

Moduł obejmuje 150 godzin dydaktycznych, w tym 30 godzin wykładów, 30 godzin konwersatoriów, 30 godzin laboratoriów i 60 godzin seminariów. Przypisano mu 35 punktów ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Wybrane zagadnienia fizyki współczesnej, 2. Seminarium fizyki współczesnej, 3. Interdyscyplinarne aspekty fizyki, 4. 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. Seminarium fizyki współczesnej (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. Seminarium dyplomowe (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.

MK_6 (Nadobowiązkowy)

Moduł 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 modułu (1. Przedmiot na innym kierunku) 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. Przedmiot może być realizowany w

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.

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

Rok studiów	Przedmiot/y na specjalności fizyka teoretyczna	ECTS	Może być zastąpiony przez przedmiot/y na specjalności fizyka teoretyczna	ECTS	Może być zastąpiony przez przedmiot/y na specjalności fizyka (ogólna), studia pierwszego stopnia	ECTS
1	Fizyka wysokich energii – sem.2	9	High Energy Physics – sem.2	9		
2	Historia nauki – sem.3	3			Historia fizyki – sem.6	3
	Przedmiot monograficzny – sem.4	3	Przedmiot monograficzny – sem.4 Student może wybrać jeden z przedmiotów proponowanych na tej specjalności: 1) Klasyczne i kwantowe układy z więzami, 2) Elementy teorii solitonów, 3) Zdegenerowane gazy atomowe, 4) Kondensat Bosego-Einsteina, 5) Optyka kwantowa, 6) Elementy teorii pola, 7) Wstęp do teorii strun, 8) Ogólna teoria względności, 9) Procesy akrecyjne w astrofizyce.	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.