

PROGRAM STUDIÓW - Część B

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

TREŚCI PROGRAMOWE MODUŁÓW

MK_1 (Fizyka doświadczalna)

Moduł obejmuje 450 godzin dydaktycznych, w tym 165 godzin wykładów, 60 godzin konwersatoriów i 225 godzin laboratoriów. Przypisano mu 52 punkty ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Podstawy fizyki fazy skondensowanej, 2. Podstawy fizyki magnetyzmu, 3. Metody eksperymentalne fizyki magnetyzmu, 4. Eksperymentalne metody magnetoptyczne, 5. Podstawy fizyki jądrowej i cząstek elementarnych, 6. Indywidualny projekt doświadczalny, 7. Pracownia fizyczna, 8. Przedmiot monograficzny) 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. 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 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 $Fe^{2+}(3d^6)$. 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 gazu elektronów 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 magnetoptycznych w badaniach materiałów magnetycznych efekty Faradaya, Kerra, dichroizmu kołowego i liniowego, efekty nieliniowe; d) Rezonans w materiałach magnetycznych, fale spinowe; FMR, NMR, BLS/ e) Pomiar właściwości magnetycznych statycznych – magnetometria, magnetyczna anizometria; f) Wizualizacja magnetycznych struktur domenowych: metody proszkowe, magnetoptyczne, 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; magnetoptyczne magnetometry (w tym wykorzystujące femtosekundowe impulsy światła) i magnetoptyczne mikroskopy, mikroskopy AFM/MFM/STM.
 4. Eksperymentalne metody magnetoptyczne (wykład, laboratorium): Na zajęciach są poruszane następujące tematy: transmisyjna magnetoptyczna magnetometria i mikroskopia, odbiciowa magnetoptyczna magnetometria i mikroskopia, mikroskopia z wektorową analizą magnetyzacji, magnetoptyczne 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. 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.

6. Indywidualny projekt doświadczalny (laboratorium): Celem zajęć jest zapoznanie studentów i ich praca nad następującymi zagadnieniami: efekt Seebecka i Peltiera. Definicja współczynnika Peltiera i współczynnika Seebecka. Fizyczne podstawy zjawisk termoelektrycznych. Przeprowadzenie eksperymentów w układzie termogeneratora 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.
7. 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-Boltzmana, j) Badanie zjawiska Zeemana, k) Badanie zjawiska Faradaya, l) Badanie efektu Halla, m) Badanie efektu Mössbauera, n) Badanie dyfrakcji promieniowania X, o) Badanie zatorów 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.
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.

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 takie 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.

MK_3 (Fizyka teoretyczna)

Moduł obejmuje 135 godzin dydaktycznych, w tym 60 godzin wykładów i 75 godzin konwersatoriów. Przypisano mu 14 punktów ECTS. Przedmioty należące do modułu (1. Mechanika kwantowa, 2. Fizyka statystyczna) realizowane są w semestrze 1 i 2.

1. Mechanika kwantowa (wykład, konwersatorium): Na zajęciach omawiane są 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^- . 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.

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. 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.

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 (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.

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.

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.

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 doświadczalna	ECTS	Może być zastąpiony przez przedmiot/y na specjalności fizyka doświadczalna	ECTS	Może być zastąpiony przez przedmiot/y na specjalności fizyka (ogólna), studia pierwszego stopnia	ECTS
1	Podstawy fizyki fazy skondensowanej – sem.1	10	Introduction to Condensed Matter Physics – sem.1	10		
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) Metody transportowe w fizyce ciała stałego, 2) Promieniowanie synchrotronowe i jego wykorzystanie w naukach przyrodniczych, 3) Spektroskopia mössbauerowska, 4) Metody rentgenowskie i neutronowe w medycynie, 5) Analiza powierzchni i cienkich warstw.	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