

Załącznik nr 1  
do uchwały nr 266 Senatu Uniwersytetu Warszawskiego z dnia 24 maja 2023 r. w sprawie zmiany uchwały nr 414 Senatu Uniwersytetu  
Warszawskiego z dnia 8 maja 2019 r. w sprawie programów studiów na Uniwersytecie Warszawskim

„Załącznik nr 49  
do uchwały nr 414 Senatu Uniwersytetu Warszawskiego z dnia 8 maja 2019 r. w sprawie programów studiów na Uniwersytecie Warszawskim

**PROGRAM STUDIÓW**  
**fizyka**

nazwa kierunku studiów	fizyka
nazwa kierunku studiów w języku angielskim / w języku wykładowym	Physics
język wykładowy	język polski
poziom kształcenia	studia pierwszego stopnia
poziom PRK	6
profil studiów	profil ogólnoakademicki
liczba semestrów	6
liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów	180
forma studiów	studia stacjonarne
tytuł zawodowy nadawany absolwentom (nazwa kwalifikacji w oryginalnym brzmieniu, poziom PRK)	licencjat

liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia	101,5
liczba punktów ECTS w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych (nie mniej niż 5 ECTS)	5

**Przyporządkowanie kierunku studiów do dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, w których prowadzony jest kierunek studiów**

Dziedzina nauki	Dyscyplina naukowa	Procentowy udział dyscyplin	Dyscyplina wiodąca (ponad połowa efektów uczenia się)
Dziedzina nauk ścisłych i przyrodniczych	nauki fizyczne	100%	nauki fizyczne
<b>Razem:</b>	-	100%	-

**Efekty uczenia się zdefiniowane dla programu studiów odniesione do charakterystyk drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji dla kwalifikacji na poziomach 6-7 uzyskiwanych w ramach systemu szkolnictwa wyższego i nauki po uzyskaniu kwalifikacji pełnej na poziomie 4**

Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Efekty uczenia się	Odniesienie do charakterystyk drugiego stopnia PRK
<b>Wiedza: absolwent zna i rozumie</b>		
<b>K_W01</b>	zna i rozumie podstawowe prawa i koncepcje fizyki klasycznej i kwantowej, rozumie ich historyczny rozwój i znaczenie dla postępu nauk ścisłych, przyrodniczych i technicznych, poznania świata i rozwoju ludzkości	P6S_WG
<b>K_W02</b>	zna i rozumie podstawy wiedzy o podstawowych składnikach materii i rządzących nimi oddziałyvaniach, a rozumie przejawy tych oddziaływań w zjawiskach fizycznych w różnych skalach od subatomowej do astronomicznej	P6S_WG
<b>K_W03</b>	zna i rozumie elementy matematyki wyższej i metod matematycznych używanych w naukach fizycznych	P6S_WG
<b>K_W04</b>	zna i rozumie podstawowe techniki informatyczne i metody numeryczne niezbędne przy rozwiązywaniu problemów fizycznych, zna wybrane języki programowania, systemy operacyjne oraz podstawowe oprogramowanie wykorzystywane w fizyce, w tym wybrane pakiety symboliczne i biblioteki numeryczne	P6S_WG

<b>K_W05</b>	zna i rozumie podstawowe techniki doświadczalne niezbędne do zaplanowania i wykonania prostych eksperymentów fizycznych z zakresu fizyki klasycznej i kwantowej i posiada wiedzę teoretyczną niezbędną do opisu i interpretacji ich wyników	P6S_WG
<b>K_W06</b>	zna i rozumie teoretyczne zasady działania podstawowych układów pomiarowych i aparatury badawczej używanej w eksperymentach, ma świadomość ograniczeń technologicznych, aparaturowych i metodologicznych w badaniach naukowych, zna elementy teorii niepewności pomiarowych w zastosowaniu do eksperymentów fizycznych	P6S_WG
<b>K_W07</b>	zna i rozumie budowę, zasadę działania i zastosowanie prostych elementów elektronicznych; zna podstawowe układy elektroniki analogowej i cyfrowej; rozumie znaczenie układów elektronicznych we współczesnej fizyce eksperymentalnej	P6S_WG
<b>K_W08</b>	zna i rozumie podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, w szczególności w stopniu pozwalającym na bezpieczny udział w zajęciach dydaktycznych na pracowni fizycznej	P6S_WK
<b>K_W09</b>	zna i rozumie podstawy uwarunkowań prawnych i etycznych związanych z działalnością naukową i dydaktyczną	P6S_WK
<b>K_W10</b>	zna i rozumie podstawowe pojęcia i zasady z zakresu ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego oraz konieczność zarządzania zasobami własności intelektualnej; potrafi korzystać z zasobów informacji patentowych	P6S_WK
<b>K_W11</b>	zna i rozumie ogólne zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości, wykorzystującej wiedzę z fizyki	P6S_WK
<b>Umiejętności: absolwent potrafi</b>		
<b>K_U01</b>	potrafi posługiwać się aparatem matematyki wyższej i metodami matematycznymi fizyki przy opisie i modelowaniu podstawowych zjawisk i procesów fizycznych, potrafi samodzielnie odtworzyć twierdzenia i równania opisujące podstawowe zjawiska i prawa przyrody, potrafi przeprowadzić dowody tych twierdzeń i praw	P6S_UW
<b>K_U02</b>	potrafi zaplanować, przeprowadzić i zinterpretować eksperymenty fizyczne o średnim stopniu złożoności, działając samodzielnie lub w zespole	P6S_UO
<b>K_U03</b>	potrafi dokonać krytycznej analizy wyników pomiarów, obserwacji lub obliczeń teoretycznych wraz z ilościową oceną dokładności wyników	P6S_UW
<b>K_U04</b>	potrafi stosować metody numeryczne, wykorzystywać biblioteki numeryczne, bazy danych i podstawowe oprogramowanie używane w fizyce, w tym wybrany pakiet symboliczny	P6S_UW
<b>K_U05</b>	potrafi w sposób przystępny przedstawić i wyjaśnić podstawowe fakty dotyczące zjawisk i praw fizyki i skutecznie komunikować się zarówno ze specjalistami, jak i niespecjalistami w zakresie fizyki	P6S_UK
<b>K_U06</b>	potrafi uczyć się samodzielnie, znajdując niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach oraz krytycznie oceniając informacje pochodzące ze źródeł niezweryfikowanych	P6S_UU
<b>K_U07</b>	potrafi przygotować opracowanie dotyczące zarówno określonego, zadanego problemu literaturowego z dziedziny fizyki, jak również opracowanie dotyczące badań własnych (eksperymentalnych lub	P6S_UK

	teoretycznych), i przedstawić je w formie pisemnej, ustnej, prezentacji multimedialnej lub plakatu, zarówno w języku polskim jak i angielskim	
<b>K_U08</b>	potrafi posługiwać się językiem angielskim na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego, pozwalającym na samodzielne korzystanie z podstawowej literatury anglojęzycznej oraz komunikację ze specjalistami w zakresie fizyki	P6S_UK
<b>K_U09</b>	potrafi posługiwać się współczesnymi technologiami informacyjnymi i komunikacyjnymi, w szczególności do wyszukiwania wiarygodnych informacji	P6S_UW
<b>Kompetencje społeczne: absolwent jest gotów do</b>		
<b>K_K01</b>	jest gotów uczenia się przez całe życie	P6S_KK
<b>K_K02</b>	jest gotów do współdziałania i pracy w grupie, w różnych rolach	P6S_KO
<b>K_K03</b>	jest gotów do odpowiedniego określenia priorytetów służących realizacji określonego przez siebie lub innych zadania	P6S_KK
<b>K_K04</b>	jest gotów do stosowania i propagowania zasad uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób, do rozstrzygania problemów etycznych w kontekście rzetelności badawczej, do propagowania rozstrzygającej roli eksperymentu w weryfikacji teorii fizycznych, do stosowania metody naukowej w gromadzeniu wiedzy	P6S_KR
<b>K_K05</b>	jest gotów do zapoznawania się z literaturą naukową i popularnonaukową w celu pogłębiania i poszerzania wiedzy, z uwzględnieniem zagrożeń przy pozyskiwaniu informacji z niezweryfikowanych źródeł, w tym z Internetu	P6S_KR

#### OBJAŚNIENIA

Symbol efektu uczenia się dla programu studiów tworzą:

- litera K – dla wyróżnienia, że chodzi o efekty uczenia się dla programu studiów,
- znak \_ (podkreślnik),
- jedna z liter W, U lub K – dla oznaczenia kategorii efektów (W – wiedza, U – umiejętności, K – kompetencje społeczne),
- numer efektu w obrębie danej kategorii, zapisany w postaci dwóch cyfr (numery 1-9 należy poprzedzić cyfrą 0).

## ŚCIEŻKA FIZYKA MEDYCZNA

Rok studiów: pierwszy

Semestr: pierwszy

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin							Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot	
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt					Inne
Matematyka I lub Analiza I oraz Algebra z geometrią I	60			90				30	180	14	K_W03, K_U01, K_K01	
	60			60				ćwiczenia	120	9		
	30			30				wykładowe	60	5		
<b>Treści programowe</b>	Wprowadzenie do podstaw matematyki. Liczby zespolone. Przestrzenie wektorowe. Funkcje elementarne. Granica i ciągłość funkcji jednej zmiennej. Różniczkowanie i całkowanie funkcji jednej zmiennej. Ciągi i szeregi.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	kolokwia w trakcie semestru, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Fizyka I (mechanika)	45			60				15	120	9	K_W01, K_U01, K_U05, K_K01	nauki fizyczne
								ćwiczenia a wykładowe				
<b>Treści programowe</b>	Opis ruchu w fizyce. Zasady dynamiki dla prostych i złożonych układów fizycznych. Wprowadzenie do szczególnej teorii względności.											

<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	kolokwia w trakcie semestru, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Technologie informacyjne i komunikacyjne	30			45					75	4	K_W04, K_U04, K_U09, K_K01	
<b>Treści programowe</b>	Podstawy mechanizmów przechowywania i dystrybucji informacji we współczesnym świecie, rozwijanie umiejętności praktycznych związanych z technologiami informatycznymi i komunikacyjnymi. Podstawy programowania w języku wysokiego poziomu.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	Zaliczenie na ocenę – kolokwium końcowe											
Podstawy chemii z elementami biochemii	30								30	2	K_W02, K_U03, K_U05, K_K01	
<b>Treści programowe</b>	Wybrane zagadnienia chemii ogólnej, strukturalnej, organicznej i bioorganicznej: budowa materii, reakcje chemiczne, reaktywność, związki organiczne, elementy chemii bioorganicznej.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny/egzamin pisemny											
Szkolenie w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy	4								4	0,5	K_W08, K_U02, K_K06	
<b>Treści programowe</b>	Bezpieczeństwo i Higiena Pracy.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	Zaliczenie											
Podstawy ochrony własności intelektualnej	4								4	0,5	K_W10, K_U09, K_K03, K_K04	

<b>Treści programowe</b>	Tematyka zajęć skoncentrowana jest wokół zagadnień związanych z prawem autorskim oraz ochroną własności przemysłowej.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na podstawie testu											
Wychowanie fizyczne									30	0		
<b>Treści programowe</b>	Rozwój kultury fizycznej studenta.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	Zaliczenie											

Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 30

Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 443

Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2378

Rok studiów: pierwszy

Semestr: drugi

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin							Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt				
Matematyka II	90			90				180	14	K_W03, K_U01, K_K01	
lub Analiza II oraz	60			60				120	9		

Algebra z geometrią II	30			30					60	5		
<b>Treści programowe</b>	Różniczkowanie i całkowanie w przestrzeniach wielowymiarowych. Geometria wielowymiarowa. Rozwiązywanie układów równań różniczkowych.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	kolokwia w trakcie semestru, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Fizyka II (elektryczność i magnetyzm)	45			60				15 ćwic zeni a wykł ado we	120	9	K_W01, K_U01, K_U05, K_K01	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Podstawowe informacje z dziedziny elektryczności i magnetyzmu, ze szczególnym uwzględnieniem równań Maxwella.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	kolokwia w trakcie semestru, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Pracownia wstępna				40					40	3	K_W01, K_W05, K_W06, K_W08, K_U01, K_U02, K_U07, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04, K_K06	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Zastosowanie pojęcia niepewności pomiaru w praktyce laboratoryjnej. Podstawowe doświadczenia z różnych działów fizyki. Przedmiot utrwala kompetencje w zakresie ochrony własności intelektualnej.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę na podstawie raportów z ćwiczeń											
Wnioskowanie statystyczne	30			30					60	4	K_W03, K_W04, K_U01, K_U03, K_U04, K_K01, K_K04	

<b>Treści programowe</b>	Podstawy rachunku prawdopodobieństwa. Testowanie hipotez. Podstawowe narzędzia w statystyce.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Wychowanie fizyczne									30	0		
<b>Treści programowe</b>	Rozwój kultury fizycznej studenta.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	Zaliczenie											

**Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 30**

**Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 430**

**Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2378**

Rok studiów: drugi

Semestr: trzeci

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin							Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot	
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt					Inne
Matematyka III lub Analiza III	60			60					120	9	K_W03, K_U01, K_K01	
	60			60					120	9		
<b>Treści programowe</b>	Elementy geometrii różniczkowej, Analiza zespolona, Elementy teorii dystrybucji, transformata Fouriera.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	kolokwia w trakcie semestru, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Fizyka III (drgania i fale)	45			45					90	7	K_W01, K_U01, K_U05, K_K01	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Drgania prostych układów fizycznych oraz podstawowe własności fal rozchodzących się w ośrodkach sprężystych i fal elektromagnetycznych.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	kolokwia w trakcie semestru, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Biologia komórki i histologia	45								45	4	K_W03, K_W05, K_W10, K_W12, K_U07, K_K01	

<b>Treści programowe</b>	Podstawy współczesnej wiedzy dotyczącej budowy komórek eukariotycznych oraz prowadzonych przez nie podstawowych procesów biochemicznych, a także budowy tkanek.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin pisemny dodatkowo opcjonalny egzamin ustny											
Analiza sygnałów	30			30					60	4	K_W03, K_W04, K_U01, K_U04, K_K03	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Analiza fourierowska, estymacja widma sygnału, filtracja, metody analizy sygnałów w przestrzeni czas-częstość. Zastosowania poznanych metod sygnałów elektrofizjologicznych.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny/egzamin pisemny											

Warsztaty z metod fizycznych w medycynie				60					60	4	K_W05, K_W09, K_U05, K_U06, K_K01, K_K02	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Wprowadzenie do fizyki medycznej realizowane w następujących blokach: dozymetria, radiobiologia, obrazowanie, radioterapia, medycyna nuklearna, okulistyka i stomatologia.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę											

Przedmiot(y) ogólnouniwersytecki(e)				20					min.20	2		
<b>Treści programowe</b>	Rozwój wiedzy i umiejętności z dyscypliny niezwiązanej z naukami fizycznymi.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę											

Wychowanie fizyczne									30	0		
<b>Treści programowe</b>	Rozwój kultury fizycznej studenta.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	Zaliczenie											

**Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 30**

**Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 425**

**Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2378**

Rok studiów: drugi

Semestr: czwarty

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin							Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt				
Pracownia fizyczna i elektroniczna	15				45			60	5	K_W05, K_W06, K_W07, K_W08, K_U02, K_U03, K_U07, K_K02, K_K03, K_K04	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Budowa i zasada działania podstawowych urządzeń elektronicznych (generator impulsów, oscyloskop) i obwodów elektronicznych złożonych z dyskretnych i zintegrowanych układów analogowych i cyfrowych.										
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę na podstawie raportów z ćwiczeń										
Laboratorium technik obrazowania				60				60	4	K_W03, K_W05, K_W06, K_W09, K_U01, K_U03, K_U06, K_K01	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Metody rekonstrukcji tomograficznej ze szczególnym uwzględnieniem metod statystycznych. Modelowanie efektów fizycznych w iteracyjnych metodach rekonstrukcji, korekcje osłabienia, odpowiedzi kolimatora, rozproszeń. Metody oceny jakości obrazów Detektory półprzewodnikowe w medycynie nuklearnej. Nowe technologie w medycynie nuklearnej: detektory półprzewodnikowe, nowe kryształy scyntylicyjne dla SPECT i PET, fotoprzetworniki półprzewodnikowe, nowe dedykowane gamma kamery o nietypowych geometriach skanowania; kolimatory typu "multiple pinhole", "slit-slat", "rotating slat". Obrazowanie radioizotopowe małych zwierząt. Symulacja działania gamma kamery i pakietu oprogramowania do rekonstrukcji tomograficznej, Skany fantomów geometrycznych i antropomorficznych na gamma kamerze.										

<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę na podstawie kolokwium oraz raportów z ćwiczeń											
Programowanie II				60					60	5	K_W04, K_U04, K_U09, K_K02, K_K03	
<b>Treści programowe</b>	Rozwiązywanie zagadnień algorytmicznych z wykorzystaniem programowania w języku Python. Wybrane metody numeryczne. Wprowadzenie do programowania obiektowego.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę – kolokwium końcowe lub projekt programistyczny											
Fizyka promieniowania jonizującego	30			45					75	6,5	K_W01, K_W02, K_U01, K_U05, K_K01	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Chemiczne podstawy atomowej struktury materii. Masy cząsteczkowe. Masy atomowe. Stała Avogadro. Fizyczne podstawy atomowej struktury materii. Ograniczenia modelu atomu Rutherforda-Bohra. Energie wiązania cząsteczek, atomów i jąder atomowych. Ogólne własności jąder atomowych - masy ładunki, rozmiary, izotopy, izobary, izotony izomery, przemiany jąder atomowych. Promieniowanie elektromagnetyczne atomów. Promieniowanie X, widmo liniowe, promieniowanie charakterystyczne. Układ okresowy pierwiastków. Emisja promieniowania elektromagnetycznego przez przyspieszaną cząstkę, mechanizm wytwarzania promieniowania X, widmo promieniowania hamowania. Promieniowanie synchrotronowe i promieniowanie Czerenkowa. Oddziaływanie ciężkich cząstek naładowanych z materią, transfer energii do ośrodka, zdolność hamująca, zasięg. Oddziaływanie elektronów z materią. Oddziaływanie fotonów z materią. Osłabienie wiązek fotonowych, czynniki geometryczne. Rodzaje oddziaływań, pochłanianie promieniowania, osłabienie wiązek fotonowych. Rozpraszanie Thomsona, efekt Comptona, rozpraszanie Rayleigha, efekt fotoelektryczny, produkcja par. Transfer energii i absorpcja energii w oddziaływaniu fotonów z materią. Rozpady promieniotwórcze. Prawo zaniku promieniotwórczego. Detektory promieniowania jonizującego. Klasyfikacja rozpadów. Rozpady alfa, beta, gamma, konwersja wewnętrzna. Rodziny promieniotwórcze, tablica nuklidów. Naturalne i sztuczne źródła promieniowania w środowisku, źródła promieniotwórcze dla medycyny, produkcja radionuklidów. Metody aktywacyjne, reakcje jądrowe, Akceleratory – podstawowe charakterystyki. Akceleratory do produkcji izotopów promieniotwórczych, kliniczne liniowe akceleratory medyczne. Cyklotrony i synchrotrony jako akceleratory dla radioterapii. Promieniowanie jonizujące w diagnostyce i terapii medycznej.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny i/lub egzamin pisemny											
Ochrona radiologiczna	30								30	2	K_W02, K_W06, K_W08, K_W09, K_U03,	nauki fizyczne

											K_U05, K_U06, K_K02, K_K03, K_K04	
<b>Treści programowe</b>	<p>Przykłady typowych zastosowań technik jądrowych oraz związane z nimi potencjalne zagrożenia. Biologiczne skutki promieniowania jonizującego. Efekty napromieniania organizmu, rodzaje uszkodzeń, skutki, napromienianie z zewnątrz i od wewnątrz, działania ograniczające skutki napromieniania. Podstawowe wielkości dozymetrii promieniowania jonizującego, jednostki. Podstawowe zasady ochrony radiologicznej, bezpieczna praca ze źródłami promieniowania, ograniczanie narażenia. Przyrządy dozymetryczne i ich kalibracja. Ustawa – Prawo atomowe i akty wykonawcze, podstawowe przepisy międzynarodowe dotyczące bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, w tym przepisy UE. Zezwolenia na działalność w warunkach narażenia, zgłaszanie takiej działalności, wyłączenia uprawnienia inspektorów dozoru jądrowego. Organizacja ochrony radiologicznej w jednostce organizacyjnej, obowiązki i uprawnienia kierownika jednostki, inspektora ochrony radiologicznej i pracowników, prace w warunkach narażenia na wzmożone promieniowanie naturalne. Przygotowanie dokumentów w jednostce organizacyjnej: regulamin pracy, instrukcje pracy, rejestry dawek, rejestry źródeł, plan postępowania awaryjnego. Zasady bezpiecznej pracy z zamkniętymi i otwartymi źródłami promieniotwórczymi w pracowniach i poza pracowniami. Kontrola narażenia pracowników i ogółu ludności, w tym od promieniowania naturalnego. Ogólne informacje o postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi. Podstawowe zasady transportu źródeł i odpadów promieniotwórczych. Zdarzenia radiacyjne – klasyfikacja, zakładowy plan postępowania awaryjnego.</p>											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny i/lub egzamin pisemny											
Podstawy anatomii i fizjologii człowieka	30								30	2,5	K_U03, K_U05, K_U06, K_K01	
<b>Treści programowe</b>	Anatomia i fizjologia ogólna. Anatomia i fizjologia ośrodkowego układu nerwowego.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny/egzamin pisemny											
Mechanika kwantowa	30			45					75	5	K_W01, K_W02, K_U01, K_U05, K_K01	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Podstawy empiryczne i matematyczne mechaniki kwantowej. Równanie Schroedingera i jego zastosowanie do opisu cząstek. Elementy teorii układów wielu cząstek kwantowych.											

<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	Kolokwia śródsemestralne, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny
--	---

**Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 30**

**Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 390**

**Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2378**

Rok studiów: trzeci

Semestr: piąty

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin							Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt				
Obrazowanie medyczne	60							60	5	K_W03, K_W05, K_W06, K_U01, K_U03, K_U06, K_K01	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Zasady tworzenia obrazów w diagnostyce medycznej. Zjawiska fizyczne oraz metody matematyczne, które umożliwiają rekonstrukcję obrazów na podstawie pomiarów fizycznych. Szczegóły techniczne wybranej aparatury stosowanej w obrazowaniu medycznym.										
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny i/lub egzamin pisemny										
Termodynamika	30			30				60	5	K_W02, K_W03, K_W12, K_U01, K_K01	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Elementy termodynamiki. Ciepło, praca, energia wewnętrzna, równowaga termiczna, ciepło właściwe, pierwsza zasada termodynamiki a przemiany gazowe. Procesy odwracalne i nieodwracalne, cykle termodynamiczne, maszyny cieplne, entropia.										
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny i/lub egzamin pisemny										
Metody izotopowe i chemia radiofarmaceutyków	30							30	2	K_W02, K_U03, K_U05, K_K01	nauki fizyczne

<b>Treści programowe</b>	Historia i ewolucja metod izotopowych. Otrzymywanie radioizotopów. Emitery gamma. Tomografia emisyjna pojedynczego fotonu (SPECT).. Przegląd i zastosowania podstawowych radiofarmaceutyków opartych na emiterach gamma. Emitery beta. Tomografia emisji pozytonu (PET). Radiochemia węgla C11, Fluoru F18 i tlenu O15. Radiofarmaceutyki terapeutyczne. Podstawy technologii farmaceutycznych. Projektowanie radiofarmaceutyków. Wytwarzanie radiofarmaceutyków. Wytyczne Dobrej Praktyki Wytwarzania. Kontrola jakości, metody badań analitycznych i strukturalnych. Regulacje prawne związane z wytwarzaniem, dystrybucją i stosowaniem radiofarmaceutyków.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny/ egzamin pisemny											
Dozymetria	45			15					60	5	K_W08, K_U03, K_K03, K_K04	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Wielkości dozymetryczne. Dozymetria promieniowania w środowisku. Kontrola narażenia ogółu ludności. Kontrola narażenia zawodowego. Pomiary kontrolne i techniczne. Dozymetria w medycynie.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny i/lub egzamin pisemny											
Analiza obrazów				30					30	3	K_W03, K_W04, K_U01, K_U04, K_K03	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Metody analizy obrazów dwu i trójwymiarowych. Filtrowanie, parametryzacja, segmentacja obrazów.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę na podstawie projektu lub kolokwium końcowego											
Pracownia ochrony radiologicznej				30					30	2	K_W02, K_W06, K_W08, K_W09, K_U03, K_U05, K_U06, K_K02, K_K03, K_K04	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Nauka posługiwania się podstawowymi przyrządami dozymetrycznymi wykorzystywanymi w ochronie radiologicznej i przy pomiarach dawek i aktywności w zakładach medycyny nuklearnej i zakładach radioterapii. Dobór przyrządu radiometrycznego w zależności od mierzonego rodzaju promieniowania. Identyfikacja mierzonego promieniowania. Pomiar mocy dawki. Wykreślanie izodoch. Pomiar widm promieniowania. Pomiar osłabienia promieniowania przez przesłony. Pomiar aktywności.											

<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę na podstawie raportów z ćwiczeń												
Przedmiot(y) ogólnouniwersytecki(e)										min.70	7		
<b>Treści programowe</b>	Rozwój wiedzy i umiejętności z dyscypliny niezwiązanej z naukami fizycznymi.												
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zgodnie z sylabusem przedmiotu												

**Łączna liczba punktów ECTS** (w semestrze): 29

**Łączna liczba godzin zajęć** (w semestrze): 340

**Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu** (dla całego cyklu): 2378

Rok studiów: trzeci

Semestr: szósty

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin							Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt				
Pracownia radiofarmaceutyków					60			60	4	K_W02, K_W05, K_W06, K_U02, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03, K_K04	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Kontrola jakości i wytyczne Dobrej Praktyki Wytwarzania. Wytwarzanie radiofarmaceutyków PET. Nowoczesne metody badań analitycznych i strukturalnych: chromatografia (TLC, HPLC, GC), spektroskopia (IR i Ramana, UV-VIS, NMR, EPR, MS, spektroskopia atomowa, fluorescencyjna), pomiary radiometryczne.										
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę na podstawie cząstkowych ocen za ćwiczenia, obejmujących sprawdzenie wiedzy teoretycznej oraz praktycznych efektów pracy eksperymentalne										
Pracownia promieniotwórczości					60			60	5	K_W02, K_W05, K_W06, K_U02, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03, K_K04, K_K05	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Wybór ćwiczeń spośród tematów ilustrujących zjawisko promieniotwórczości. Porównanie różnych metod pomiaru energii promieniowania gamma. Analiza aktywacyjna. Badanie zawartości domieszek w stali metodami analizy aktywacyjnej. Badanie schematu rozpadu jądra. Pomiar widma energetycznego fragmentów rozszczepienia wywołanego neutronami termicznymi. Pomiar energii wiązania deuteronu. Pomiar zasięgu zdolności hamującej i zasięgu cząstek alfa w powietrzu.										
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę na podstawie raportów z ćwiczeń										

Proseminarium licencjackie								30 pros emin ariu m	30	2	K_W09, K_W10, K_U05, K_U07, K_K01, K_K02, K_K04, K_K05	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Prezentacja referatów dotyczące zagadnień związanych z własną pracą licencjacką. Dyskusja dotycząca kwestii merytorycznych i sposobu prezentacji.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	zaliczenie na ocenę na podstawie prezentacji referatu											
Pracownia i praca licencjacka, fizyka medyczna									90	10	K_W01, K_W04, K_W05, K_W06, K_W09, K_W10, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U06, K_U07, K_U09, K_K03, K_K04, _K_K05	nauki fizyczne
<b>Treści programowe</b>	Opracowanie problemu badawczego związanego z fizyką medyczną pod kierunkiem opiekuna.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	Zaliczenie											
Egzamin certyfikacyjny (B2) z języka angielskiego										2	K_U08	
<b>Treści programowe</b>	Potwierdzenie umiejętności językowych na odpowiednim poziomie.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	egzamin ustny i egzamin pisemny											
Zespołowe projekty studenckie 1							30		30	4	K_W01, K_W09, K_W10, K_W11, K_U06, K_U07, K_K02, K_K03, K_K06, K_K07	nauki fizyczne

<b>Treści programowe</b>	Studenci pracują pod opieką osoby zaangażowanej w badania naukowe nad projektem, którego tematyka jest ustalana wspólnie z opiekunem projektu.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	Zaliczenie na ocenę na podstawie sprawozdania z projektu											
Praktyki zawodowe									80	4	K_W09, K_W10, K_W11, K_K02, K_K03, K_K07	
<b>Treści programowe</b>	Celem praktyk zawodowych jest zapoznanie studentów z otoczeniem społeczno-gospodarczym właściwym dla kierunku studiów. Praktyki mogą być realizowane w instytucjach badawczych, przedsiębiorstwach i organizacjach, które prowadzą badania naukowe, wdrażają ich wyniki lub wykorzystują efekty badań naukowych, w szczególności w związku z pracą zawodową lub działalnością gospodarczą studenta. Opiekun praktyk zawodowych, kierownik studiów lub prodziekan ds. studenckich kieruje studenta na praktyki na jego wniosek. Student może wnioskować do prodziekana ds. studenckich o uznanie efektów uczenia się osiągniętych w ramach pracy zawodowej w trakcie studiów lub działalności gospodarczej prowadzonej w trakcie studiów za równoważne z efektami uczenia się przypisanymi do praktyk zawodowych, przedstawiając dokumenty określające zakres działań studenta w pracy zawodowej lub działalności gospodarczej i uzasadniające, że spełnione są opisane wyżej warunki merytoryczne. Praktyki zawodowe mogą być realizowane w miejscach wskazanych przez studentów. Decyzję w tej sprawie podejmuje opiekun praktyk zawodowych, kierownik studiów lub prodziekan ds. studenckich, biorąc pod uwagę opisane wyżej warunki merytoryczne.											
<b>Sposoby weryfikacji efektów uczenia się</b>	Praktyki zaliczane są na podstawie pisemnego sprawozdania merytorycznego, w którym student przedstawia zakres zadań wykonywanych na praktykach. Sprawozdanie jest potwierdzone przez przedstawiciela organizatora praktyk. Sprawozdanie jest zaopiniowane przez opiekuna praktyk zawodowych lub asystenta opiekuna praktyk zawodowych, którzy proponują ocenę z praktyk.											

**Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 31**

**Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 350**

**Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2378**

Uwagi:

1. W czasie całych studiów wymagane jest co najmniej 9 ECTS w ramach przedmiotów niezwiązanych z programem studiów, tzn. przedmiotów spoza dyscyplin nauki fizyczne i nauki chemiczne; w czasie całych studiów wymagane jest także zaliczenie 5 ECTS z przedmiotów z dziedziny nauk humanistycznych lub społecznych, może być w ramach przedmiotów niezwiązanych z programem studiów.
2. Kolokwia śródsesemestralne mogą być zastąpione ciągłą oceną poprawności pracy na zajęciach i rozwiązań zadań domowych, jeśli zostało to przewidziane w sylabusie przedmiotu