

## PROGRAM STUDIÓW

**Obowiązuje od roku akademickiego: 2026/2027**

### **Kierunek studiów: FIZYKA MEDYCZNA**

1. **Kod ISCED: 0533**
2. **Forma studiów: STACJONARNA**
3. **Liczba semestrów: 4**
4. **Tytuł zawodowy nadawany absolwentom: MAGISTER**
5. **Profil kształcenia: OGÓLNOAKADEMICKI**
6. **Dziedzina nauki: NAUK ŚCISŁYCH I PRZYRODNICZYCH, NAUK MEDYCZNYCH I NAUK O ZDROWIU**
7. **Dyscyplina naukowa:**
  - ✓ **dyscyplina wiodąca: nauki fizyczne – 96 ECTS (80% punktów ECTS)**
  - ✓ **dyscyplina uzupełniająca: nauki medyczne – 24 ECTS (20% punktów ECTS)**
8. **Liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów: 120**
  - 1) liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia: **75**
  - 2) liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć związanych z prowadzoną działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów w wymiarze większym niż 50% ogólnej liczby punktów ECTS): **104**
  - 3) liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje realizując zajęcia podlegające wyborowi (co najmniej 30%<sup>1</sup> ogólnej liczby punktów ECTS): **50**
  - 4) liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych, nie mniejsza niż 5 ECTS - w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż odpowiednio nauki humanistyczne lub nauki społeczne<sup>2</sup>: **5**

<sup>1</sup> wskaźnik procentowy może być inny jeżeli standardy kształcenia stanowią inaczej

<sup>2</sup> w przypadku kierunku studiów przyporządkowanego do nauk humanistycznych podaje się liczbę punktów ECTS za zajęcia z dziedziny nauk społecznych, w przypadku kierunku studiów przyporządkowanego do nauk społecznych podaje się liczbę punktów ECTS za zajęcia z dziedziny nauk humanistycznych

9. **Łączna liczba godzin zajęć: 3000**, w tym:
- liczba godzin zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia: **1865**,
  - liczba godzin zajęć prowadzona z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość: **0**.
10. **Koncepcja i cele kształcenia** (w tym opis sylwetki absolwenta):

Studia na kierunku fizyka medyczna w Uniwersytecie Jana Kochanowskiego w Kielcach prowadzone są zgodnie z wymogami Polskiej Ramy Kwalifikacji. Student w ciągu czterech semestrów nauki ma zdobyć atrakcyjny zawód i jak największy zasób praktycznych umiejętności, niezwykle istotnych w przyszłej pracy. Zawarty w programie studiów model kształcenia, zapewnia połączenie wiedzy teoretycznej, ogólnej i specjalistycznej z umiejętnościami praktycznymi.

Celem kształcenia na studiach drugiego stopnia jest wykształcenie absolwenta posiadającego:

- poszerzoną wiedzę i umiejętności z zakresu ogólnych zagadnień fizyki i fizyki medycznej,
- znajomość podstawowego kanonu wiedzy z przedmiotów (zajęć) kierunkowych obejmujących zagadnienia fizyki doświadczalnej (wraz z umiejętnościami w zakresie pracy laboratoryjnej), fizyki medycznej, fizyki współczesnej oraz dziedzin pokrewnych, znajomość i umiejętność wykorzystywania aparatu matematycznego w zakresie niezbędnym do opisu i rozumienia podstawowych modeli matematycznych stosowanych w fizyce medycznej,
- umiejętność wykorzystania zdobytej wiedzy w pracy zawodowej,
- umiejętność rozwiązywania problemów zawodowych oraz umiejętność pracy zespołowej,
- umiejętność korzystania z literatury naukowej, komputerowych baz informatycznych w zakresie nauk fizycznych i pokrewnych,
- umiejętność prezentowania uzyskanych wyników,
- umiejętność posługiwania się językiem obcym na poziomie biegłości B2+ oraz językiem specjalistycznym w zakresie fizyki.

Studia II stopnia zapewniają absolwentowi wszechstronne i ogólne wykształcenie, aby mógł pracować zarówno w badaniach podstawowych, jak i aplikacyjnych w zakresie fizyki medycznej. Absolwenci są przygotowani do pracy w szpitalach, w różnych działach medycyny w zakresie projektowania, integracji i eksploatacji nowoczesnych systemów diagnostycznych i terapeutycznych, a także do współpracy z personelem medycznym w procesie planowania i realizacji procedur diagnostycznych i terapeutycznych. Mają również kwalifikacje do pracy na stanowisku analityka w laboratoriach fizyko-chemicznych, jak i innych stanowiskach wymagających biegłego posługiwania się technikami laboratoryjnymi oraz nowoczesnymi narzędziami informatycznymi wykorzystywanymi do analizy i przetwarzania danych. Absolwenci są przygotowani do pracy z zaawansowaną aparaturą pomiarową i medyczną, z uwzględnieniem zasad zapewnienia jakości, bezpieczeństwa oraz obowiązujących regulacji prawnych.

Absolwenci studiów II stopnia mogą kontynuować naukę w Szkole Doktorskiej UJK w dyscyplinie nauki fizyczne oraz podnosić kwalifikacje na studiach podyplomowych.

11. **Efekty uczenia się:**

**Oznaczenie symboli:**

FIZMED2A – efekty uczenia się dla kierunku fizyka medyczna, studia drugiego stopnia, profil ogólnoakademicki,

W – kategoria wiedzy, U – kategoria umiejętności, K – kategoria kompetencji społecznych,

01, 02, 03 i kolejne – numer efektu uczenia się.

Symbole efektów uczenia się dla kierunku	Po ukończeniu studiów absolwent:	Odniesienie efektów uczenia się do: uniwersalnych charakterystyk dla danego poziomu Polskiej Ramy Kwalifikacji (ustawa o ZSK)	Odniesienie efektów uczenia się do: charakterystyk drugiego stopnia efektów uczenia się dla kwalifikacji na poziomach 6–7 Polskiej Ramy Kwalifikacji (rozporządzenie MNiSW)
--	----------------------------------	--	--

w zakresie **WIEDZY** zna i rozumie:

FIZMED2A_W01	w pogłębionym stopniu zagadnienia z zakresu fizyki klasycznej i kwantowej, ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk wykorzystywanych w diagnostyce i terapii medycznej	P7U_W	P7S_WG
FIZMED2A_W02	w pogłębionym stopniu zagadnienia z wybranego obszaru nauk fizycznych w zakresie zaawansowanej wiedzy szczegółowej, prowadzącej do specjalizacji w obrębie fizyki medycznej z uwzględnieniem najnowszych osiągnięć	P7U_W	P7S_WG
FIZMED2A_W03	w pogłębionym stopniu zaawansowane zagadnienia z zakresu różnych dyscyplin naukowych związanych ze studiowanym kierunkiem kształcenia, uwzględniające najnowsze osiągnięcia oraz wiedzę interdyscyplinarną	P7U_W	P7S_WG
FIZMED2A_W04	wybrane treści humanistyczne i społeczne, w tym z historii i głównych idei rozwoju fizyki oraz cywilizacyjne znaczenie fizyki i jej zastosowań dla postępu nauki, poznania świata i rozwoju ludzkości	P7U_W	P7S_WG P7S_WK
FIZMED2A_W05	w pogłębionym stopniu zaawansowaną matematykę wyższą, pozwalającą ilościowo opisać, zrozumieć i modelować problemy fizyczne oraz procesy zachodzące w diagnostyce i terapii medycznej oraz posługiwać się metodami matematycznymi w fizyce medycznej	P7U_W	P7S_WG
FIZMED2A_W06	zaawansowane techniki eksperymentalne oraz techniki obliczeniowe i informatyczne stosowane w fizyce i zastosowaniach fizycznych, pozwalające zaplanować i wykonać złożony eksperyment fizyczny lub analizę danych medycznych	P7U_W	P7S_WG

FIZMED2A_W07	najnowsze światowe dokonania ośrodków i szkół badawczych obejmujące wybrane obszary fizyki, w szczególności w zakresie ich zastosowań w medycynie	P7U_W	P7S_WG P7S_WK
FIZMED2A_W08	zasady bezpieczeństwa i higieny pracy umożliwiające samodzielną pracę w zakresie fizyki na stanowisku badawczym lub pomiarowym	P7U_W	P7S_WK
FIZMED2A_W09	pojęcia i zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości oraz projektowania ścieżki własnego rozwoju	P7U_W	P7S_WK
FIZMED2A_W10	w pogłębionym stopniu zaawansowane zagadnienia informatyczne, matematyczne i statystyczne niezbędne do analizy danych, w tym danych medycznych	P7U_W	P7S_WG
FIZMED2A_W11	w pogłębionym stopniu budowę i zasady działania oraz wykorzystania układów pomiarowych i aparatury badawczej stosowanej w fizyce i zastosowaniach fizycznych	P7U_W	P7S_WG
FIZMED2A_W12	pojęcia i zasady dotyczące podstawowych aktów prawnych, norm i zaleceń oraz niezbędnych przepisów prawa krajowego, Unii Europejskiej i prawa międzynarodowego związanych z procedurami medycznymi, systemem zarządzania jakością w laboratorium, ochroną własności przemysłowej, prawa autorskiego i własności intelektualnej	P7U_W	P7S_WK
FIZMED2A_W13	metody i narzędzia metodologii badań naukowych	P7U_W	P7S_WG

w zakresie **UMIEJĘTNOŚCI** potrafi:

FIZMED2A_U01	planować i przeprowadzać zaawansowane eksperymenty, symulacje i obserwacje dotyczące badania zjawisk i praw fizycznych, działając indywidualnie lub w zespole, także przyjmując funkcję lidera	P7U_U	P7S_UW P7S_UO
FIZMED2A_U02	zastosować metodę naukową w rozwiązywaniu złożonych i nietypowych problemów, w tym problemów związanych z diagnostyką i terapią medyczną, z wykorzystaniem poznanych metod i odpowiednich narzędzi	P7U_U	P7S_UW
FIZMED2A_U03	dokonać analizy i krytycznej oceny wyników pomiarów, obliczeń teoretycznych, obserwacji wraz z dyskusją błędów i niepewności pomiarowych	P7U_U	P7S_UW
FIZMED2A_U04	znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, czasopismach naukowych, bazach danych oraz innych źródłach, w tym medycznych oraz ocenić rzetelności pozyskanych informacji	P7U_U	P7S_UW
FIZMED2A_U05	łączyć metody, idee i integrować wiedzę z różnych obszarów fizyki i pokrewnych dyscyplin naukowych oraz praktycznie stosować tę wiedzę w zastosowaniach związanych z fizyką medyczną	P7U_U	P7S_UW
FIZMED2A_U06	zastosować zdobytą wiedzę do rozwiązywania, z wykorzystaniem komputera, problemów z różnych dziedzin nauki, w szczególności z uwzględnieniem obszaru fizyki medycznej	P7U_U	P7S_UW
FIZMED2A_U07	przedstawiać wyniki badań własnych w postaci referatu/plakatu/prezentacji zawierających opis i uzasadnienie celu pracy, przyjętą metodologię, wyniki oraz ich znaczenie na tle innych podobnych badań	P7U_U	P7S_UW
FIZMED2A_U08	przedstawiać w sposób przystępny aktualne zagadnienia i wyniki odkryć fizycznych oraz komunikować się na tematy specjalistyczne i prowadzić debatę	P7U_U	P7S_UK
FIZMED2A_U09	przygotować i przedstawić krótką prezentację i wystąpienie w języku polskim i angielskim, dotyczącą zagadnień związanych ze studiowanym kierunkiem, z wykorzystaniem różnych źródeł wiedzy	P7U_U	P7S_UK
FIZMED2A_U10	wybrać dalszą drogę własnego rozwoju naukowego lub zawodowego i ukierunkować innych w tym zakresie	P7U_U	P7S_UU

FIZMED2A_U11	posługiwać się językiem obcym w stopniu pozwalającym na samodzielne uzupełnianie wykształcenia, korzystanie z literatury fachowej w zakresie fizyki i nauk pokrewnych oraz komunikowanie się ze specjalistami zgodnie z wymogami określonymi dla poziomu B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego	P7U_U	P7S_UK
FIZMED2A_U12	obsługiwać sprzęt i aparaturę charakterystyczną dla fizyki, w tym dla fizyki medycznej, stosować zasady i procedury bezpieczeństwa, poprawności działania oraz kontroli i jakości	P7U_U	P7S_UW
FIZMED2A_U13	ocenić ograniczenia własnej wiedzy, samodzielnie planować własną przyszłość w kontekście potrzeby dalszego kształcenia się przez całe życie; współdziałać w zespole przyjmując różne role, określać zadania i priorytety działań, ma świadomość odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania	P7U_U	P7S_UU

w zakresie **KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH** jest gotów do:

FIZMED2A_K01	doceniania znaczenia uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób, prawidłowego identyfikowania i rozstrzygnięcia dylematów związanych z wykonywaniem zawodu, podejmowania właściwych działań i postępowania etycznego	P7U_K	P7S_KK P7S_KR
FIZMED2A_K02	systematycznego zapoznawania się z treściami naukowymi i popularnonaukowymi pochodzącymi z różnych źródeł, w tym z zakresu fizyki i medycyny, z krytyczną oceną odbieranych treści	P7U_K	P7S_KK P7S_KO P7S_KR
FIZMED2A_K03	samodzielnej pracy, mając świadomość odpowiedzialności za podejmowane inicjatywy badań, eksperymentów i obserwacji oraz związanych z tym skutków, a także do uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych	P7U_K	P7S_KO P7S_KR
FIZMED2A_K04	wypełniania zobowiązań i działalności na rzecz środowiska społecznego i naturalnego, w tym w kontekście ochrony zdrowia, do innowacyjności, dostrzegania szans i ich wykorzystywania, rozwiązywania problemów z uwzględnieniem skutków społeczno-ekonomicznych, formułowania opinii dotyczących kwestii zawodowych i argumentowania na ich rzecz zarówno w środowisku specjalistów jak i niespecjalistów.	P7U_K	P7S_KK P7S_KO P7S_KR

12. Zajęcia wraz z przypisanymi do nich punktami ECTS, efektami uczenia się i treściami programowymi:

Przedmioty (zajęcia)	Liczba punktów ECTS	Treści programowe	Odniesienie do efektów uczenia się na kierunku
<b>PRZEDMIOTY (ZAJĘCIA) KSZTAŁCENIA OGÓLNEGO: (9 pkt ECTS)</b>			
1.	Język obcy	<p>3</p> <p>Treści leksykalne:                      – Słownictwo specjalistyczne właściwe dla studiowanego kierunku studiów                      – Język funkcyjny: dyskusje, interpretacje danych statystycznych, wykresów, prezentacje, np.: artykułów, wyników badań                      – Streszczenia publikacji, pracy dyplomowej, artykułów specjalistycznych lub inne prace pisemne właściwe dla studiowanego kierunku studiów.                      Elementy tłumaczenia.                      Treści gramatyczne: Powtórzenie i ugruntowanie najważniejszych zagadnień gramatycznych (praktycznie i specjalistycznie uwarunkowanych).                      Funkcje językowe: Pozwalające studentom na porozumiewanie się w języku obcym na poziomie B2+, wyrażanie opinii, argumentowanie, wykonywanie streszczeń publikacji specjalistycznych właściwych dla studiowanego kierunku, dokonywanie prezentacji.</p>	<p>FIZMED2A_U09                      FIZMED2A_U11                      FIZMED2A_K02</p>
2.	Przedmiot (zajęcia) z dziedziny nauk humanistycznych lub społecznych	<p>2</p> <p><b>Kultury świata</b>                      Problemy pojęcia kultura. Koncepcje cywilizacji na tle historii świata.                      Główne kultury historyczne świata: kultura Mezopotamii; kultura egipska; kultura helleńska; kultura rzymska; kultura środkowoamerykańska. Kultury współczesnego świata: Afryka subsaharyjska – współczesne ludy zbieracko-łowiecki i paleolit; akulturacja aborygenów australijskich; Indianie amazońscy, andyjscy i mezoamerykańscy; cywilizacja indyjska a różnicowanie etniczne Indii; specyfika kultur Dalekiego Wschodu: Chiny; Japonia; kultura tybetańska; kultura w świecie islamu; Jerozolima – miejsce spotkania trzech religii; specyfika kultury zachodnioeuropejskiej.  <b>Od Adama i Ewy do małżeństwa XXI wieku</b>                      Małżeństwo: definicja, formy zawarcia, aspekty prawne, moralne i duchowe                      Małżeństwo w religiach niechrześcijańskich. Małżeństwo i rodzina w Starym i Nowym Testamencie. Rodzina w starożytnej Grecji. Rzymski model małżeństwa i rodziny. Małżeństwo i rodzina w średniowieczu. Życie rodzinne</p>	<p>FIZMED2A_W03-W04                      FIZMED2A_U05                      FIZMED2A_K04</p>

			w epoce nowożytnej. Pozycja kobiety w XIX wieku. Emancypacja kobiet. Sytuacja dzieci w XIX i XX wieku. Małżeństwo i rodzina w prawie cywilnym i kanonicznym. Rodzina jako podstawowa grupa społeczna. Zmiany modelu rodziny w XX i XXI wieku.	
3.	Przedmiot (zajęcia) z dziedziny nauk humanistycznych lub społecznych	3	<p><b>Historia fizyki</b></p> <p>Prehistoria nauki. Starożytność. Nauka w Średniowieczu. Nauka nowożytna (od Kopernika do Newtona). Początki nauki o gazach i zjawiskach cieplnych, optyka od Keplera do Newtona. Fizyka Oświecenia (mechanika od Newtona do Laplace'a). Fizyka Oświecenia (rozwój fizyki zjawisk cieplnych). Fizyka Oświecenia (elektryczność i magnetyzm od Gilberta do Volty). Fizyka XIX wieku (od stosu Volty do elektromagnetyzmu, optyka Younga - Fresnela). Fizyka XIX wieku (od ciepłota do termodynamiki i fizyki statystycznej, synteza Maxwella). Fizyka XX wieku (fizyka atomu i droga do mechaniki kwantowej, poznawanie jądra atomowego i cząstek elementarnych). Fizyka XX wieku (rozwój fizyki ciała stałego i optyki). Fizyka XX wieku (rozwój astronomii i astrofizyki).</p> <p><b>Bioetyka</b></p> <p>Czym jest bioetyka? (starożytna etyka medyczna, nowożytna etyka i prawa człowieka, bioetyka współczesna). Moralna ocena działań w zakresie inżynierii genetycznej. Ocena moralna technik sztucznej prokreacji. Pozyskiwanie i wykorzystanie ludzkich komórek macierzystych w terapii. Badania i eksperymenty na ludziach. Transplantacje. Eutanazja śmierć na życzenie. Aborcja. Czynniki determinujące styl życia. Nasilające się choroby cywilizacyjne, społeczne konsekwencją globalizacji. Kompetencje rozumienia i stosowania norm bioetycznych w pracy zawodowej fizyka medycznego. Bioetyka w procesie globalizacji.</p>	FIZMED2A_W03-W04 FIZMED2A_W07 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U09-U10 FIZMED2A_K03-K04
4.	Przedmiot (zajęcia) do wyboru w zakresie wsparcia w procesie uczenia się	1	<p><b>Metody radzenia sobie ze stresem</b></p> <p>Stres okiełznany – jak działa na nas stres i jak sobie z nim radzić. Reakcja organizmu za stres - sygnały i skutki stresu. Radość życia i przeszkody w jej odczuwaniu. Wpływ stresu na zdrowie i prawidłowe funkcjonowanie naszego organizmu. Fazy reakcji stresowych. Czynniki zmniejszające stres. Myślenie sprzyjające stresowi. Radzenie sobie z negatywnymi emocjami i destrukcyjnymi przekonaniem. Asertywność i bycie w zgodzie ze sobą. Rola technik relaksacyjnych i oddechowych w usuwaniu skutków stresu. Indywidualny styl radzenia sobie ze stresem. Jak radzić sobie ze stresem -</p>	FIZMED2A_W09 FIZMED2A_U10 FIZMED2A_K02-K04

			<p>ćwiczenia relaksacyjne. Style i strategie radzenia sobie ze stresem. Efektywne zarządzania czasem. Zdrowy styl życia receptą na stres.</p> <p><b>Autoprezentacja</b></p> <p>Cele i zasady budowania osobistego wizerunku zawodowego. Metody doboru i prezentacji celu zawodowego. Autoprezentacja i przygotowanie się do spotkań o charakterze zawodowym. Narzędzia kształtowania własnego wizerunku. Trening osobowości. Dobór i wykorzystanie narzędzi kształtowania wizerunku. Media społecznościowe w kształtowaniu profilu zawodowego. Nowa rola poradnictwa zawodowego we współczesnym świecie. Planowanie kariery zawodowej. Znaczenie samokształcenia. Informacja o organizacjach zajmujących się poradnictwem, podejmowanych zadaniach i programach. Czynniki wspierające rozwój zawodowy.</p>	
--	--	--	--	--

**PRZEDMIOTY (ZAJĘCIA) PODSTAWOWE/KIERUNKOWE: (65 pkt ECTS)**

1.	Pracownia fizyczna	12	<p>Eksperymenty z wykorzystaniem zaawansowanych urządzeń badawczo-pomiarowych z zakresu rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej, tomografii komputerowej, dyfrakcji i reflektometrii rentgenowskiej, spektroskopii fotoelektronów w zakresie promieniowania X, badania topografii powierzchni materiałów, dyfuzyjnego transportu substancji.</p>	<p>FIZMED2A_W01-W03 FIZMED2A_W05-W06 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W10-W12 FIZMED2A_U01-U07 FIZMED2A_U10-U13 FIZMED2A_K01-K04</p>
2.	Fizyka fazy skondensowanej	3	<p>Struktura atomów i cząsteczek. Stany skupienia, faza skondensowana, kryształy, materiały amorficzne, materiały polikrystaliczne, kryształy ciekłe, szkła. Wiązania chemiczne w ciałach stałych. Elementy krystalografii: sieć punktowa, symetrie, typy sieci krystalicznych, struktura wybranych kryształów, płaszczyzny i kierunki krystalograficzne, sieć odwrotna. Dyfrakcja fal na kryształach: dyfrakcja fotonów, neutronów i elektronów na kryształach, amplituda fali rozproszonej, warunki dyfrakcji Bragga i Lauego, czynnik struktury, czynnik atomowy. Propagacja elektronów w kryształach. Masa efektywna. Statystyka elektronów (poziom Fermiego). Kwazicząstki w ciele stałym (pojęcie i własności dziury). Koncentracja nośników. Płytkie i głębokie stany domieszkowe. Struktura pasmowa stanów elektronowych. Pasma energetyczne (izolatory, półprzewodniki, metale). Półprzewodniki domieszkowanie, stany</p>	<p>FIZMED2A_W01-W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_U02-U03 FIZMED2A_K01 FIZMED2A_K03</p>

			donorowe i akceptorowe, złącze półprzewodnikowe p-n, p-n-p, n-p-n-półprzewodniki samoistne w równowadze termodynamicznej, gęstości stanów. Drgania sieci krystalicznej: fonony akustyczne i optyczne. Ciepło właściwe sieci, model Einsteina i Debye'a. Elektrony swobodne: gaz Fermiego, ciepło właściwe metali. Własności elektryczne i magnetyczne ciał stałych. Tensor przewodnictwa. Siła termoelektryczna. Transport w polu magnetycznym. Efekt Halla. Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z ciałem stałym, absorpcja, luminescencja, scyntyllacja. Detektory promieniowania jonizującego (kryształy dielektryków, detektory półprzewodnikowe, inne detektory). Zjawisko termoluminescencji i jego zastosowanie w dozymetrii. Układy detektorów dla potrzeb diagnostyki i obrazowania.	
3.	Fizyka jądrowa i cząstek elementarnych dla fizyki medycznej	4	Podstawowe etapy rozwoju fizyki jądrowej i cząstek elementarnych oraz współczesna klasyfikacja cząstek w kontekście ich znaczenia dla opisu promieniowania stosowanego w diagnostyce i terapii medycznej. Oddziaływanie cząstek naładowanych i fotonów z materią. Wielkości fizyczne i liczby kwantowe charakteryzujące jądra atomowe i cząstki elementarne. Prawa zachowania w procesach rozpraszania i rozpadu cząstek (ładunek elektryczny, liczba barionowa, liczba leptonowa, energia i pęd). Symetrie dyskretne C, P, T. Twierdzenie CPT. Model Standardowy. Kinematyka zderzeń i rozpadów cząstek w zakresie energii nierelatywistycznych i relatywistycznych. Opis procesów rozpraszania z wykorzystaniem przekroju czynnego – przekrój całkowity i różniczkowy. Związek formalizmu przekroju czynnego z opisem procesów zachodzących w ośrodkach materialnych, w tym biologicznych. Podstawy fizyczne detekcji promieniowania oraz działania detektorów stosowanych w fizyce medycznej. Podstawy akceleracji cząstek i ich zastosowań w terapii i diagnostyce. Zastosowanie fizyki jądrowej i cząstek elementarnych w radioterapii, medycynie nuklearnej i technikach obrazowania.	FIZMED2A_W01-W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U02-U04 FIZMED2A_K02 FIZMED2A_K04
4.	Ochrona radiologiczna i zagadnienia prawnoadministracyjne	2	Wielkości dozymetryczne stosowane w ochronie radiologicznej. Przyrządy dozymetryczne stosowane w ochronie radiologicznej. Zasady ochrony radiologicznej personelu i pacjentów. Kategorie narażenia pracowników. Dawki graniczne promieniowania jonizującego. Kontrola personelu i środowiska. Dozymetria indywidualna i środowiskowa. Tereny nadzorowane i kontrolowane. Zasady bezpiecznej pracy ze źródłami	FIZMED2A_W02-W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_W07-W08 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U03-U04

			promieniowania jonizującego i urządzeniami wytwarzającymi promieniowanie jonizujące w pracowniach i poza pracowniami. Sytuacje awaryjne i wypadki radiacyjne. Zakładowy Plan Postępowania Awaryjnego. Skażenia wewnętrzne i zewnętrzne. Regulacje prawne dotyczące procedur medycznych. Audyty kliniczne. Zasady przygotowywania specyfikacji urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące.	FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K02-K03
5.	Metody detekcji i dozymetrii promieniowania	2	Opis wiązki promieniowania jonizującego. Fluencja i fluencja planarna. Fluencja energii. Podstawowe pojęcia używane w dozymetrii i detekcji promieniowania jonizującego. Transport energii promieniowania jonizującego w materii. Ogólne cechy detektora promieniowania. Wzorcowanie i sprawdzanie układu pomiarowego (spójność pomiarowa). Ogólne informacje o podstawowych metodach pomiarowych.	FIZMED2A_W02-W03 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_K02-K03
6.	Teleradioterapia	5	Charakterystyka wiązek terapeutycznych, przygotowanie systemów planowania leczenia do użytku klinicznego, planowanie leczenia wiązkami fotonowymi i elektronowymi, techniki stereotaktyczne i specjalne, dozymetria i kontrola jakości, protonoterapia i radioterapia jonowa, radioterapia radykalna i paliatywna. Organizacja pracy i specyfika teleradioterapii w praktyce klinicznej.	FIZMED2A_W02-W03 FIZMED2A_W07-W08 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U05-U06 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01-K04
7.	Metrology and methods of statistical analysis	3	Wstęp do statystyki: podstawowe pojęcia, statystyka opisowa, oprogramowanie statystyczne. Przedział ufności dla średniej, oraz test t-Studenta dla jednej próbki. Przedział ufności dla odchylenia standardowego. Przedział ufności dla wskaźniki struktury. Analiza mocy testu oraz projektowanie badań medycznych. Testy dla dwóch próbek (parametryczne i nieparametryczne). Współczynniki korelacji. Przedział ufności dla współczynnika korelacji liniowej. Ocena testów diagnostycznych, krzywe ROC. Jedno- i wieloczynnikowa ANOVA. Regresja wieloraka i regresja logistyczna. Znaczenie praktyczne i cywilizacyjne metrologii. Aspekty formalne pomiarów wielkości fizycznych. Jednostki i wzorce wielkości fizycznych. Natura i ograniczenia niepewności wyników pomiarów. Ewaluacja danych pomiarowych. Spójność pomiarowa.	FIZMED2A_W05 FIZMED2A_W10 FIZMED2A_U02-U04 FIZMED2A_K02-K04
8.	Zastosowanie informatyki w medycynie	3	Standardy elektronicznej komunikacji. Szpitalne systemy informatyczne. Systemy bazodanowe i administracyjne w radioterapii. Bezpieczeństwo systemów informatycznych. Telemedycyna. Rozwiązania informatyczne w medycynie. Wirtualizacja systemów informatycznych, zdalny dostęp,	FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W10 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U04

			wydajne serwery obliczeniowe. Systemy automatycznego wspomaganie procesu terapii i diagnozowania.	FIZMED2A_U06 FIZMED2A_K01 FIZMED2A_K04
9.	Kontrola jakości urządzeń radiologicznych i pomocniczych	3	Testy akceptacyjne i eksploatacyjne urządzeń wykorzystywanych w diagnostyce i terapii w radiologii, radioterapii i medycynie nuklearnej. Polskie i europejskie aspekty prawne konieczności wykonywania kontroli jakości sprzętu wykorzystywanego w diagnostyce i terapii w radiologii, radioterapii i medycynie nuklearnej.	FIZMED2A_W02-W03 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W11-W12 FIZMED2A_U01-U02 FIZMED2A_U04-U06 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01-K04
10.	Obrazowanie medyczne	4	Matematyczny opis obrazowania medycznego. Komputerowa analiza danych uzyskanych za pomocą technik obrazowania medycznego. Poznanie działania technik tomograficznych. Metody tomograficzne w badaniach anatomicznych i czynnościowych. Tomografia rezonansu magnetycznego. Komputerowa analiza obrazów koronarograficznych. Obrazowanie ultrasonograficzne. Komputerowa analiza obrazów wentrykulograficznych serca. Archiwizacja danych i systemy fuzji obrazów.	FIZMED2A_W02-W03 FIZMED2A_W05-W06 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W10-W11 FIZMED2A_U01-U03 FIZMED2A_U05-U06 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01-K04
11.	Medycyna nuklearna	5	Poznanie podstaw (biologicznych, technicznych i farmakologicznych) badań radioizotopowych. Techniki i metody obrazowania radioizotopowego. Budowa podstawowej aparatury medycyny nuklearnej - gamma kamery, skanera PET, kalibratory dawek, mierniki aktywności. Metody rekonstrukcji tomograficznej obrazów. Jakość obrazów w medycynie nuklearnej. Elementy ilościowej analizy obrazów w medycynie nuklearnej. Radiochemia i synteza radiofarmaceutyków. Procedury lecznicze wykorzystujące radioizotopy. Poznanie i zrozumienie zasad kontroli jakości aparatury pomiarowej, radiofarmaceutyków i metod badawczych.	FIZMED2A_W02-W03 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W11-W12 FIZMED2A_U01-U02 FIZMED2A_U04-U06 FIZMED2A_U12-U13 FIZMED2A_K01-K04
12.	Modelowanie i wizualizacja danych w języku Python	4	Korzystanie z Jupyter Notebook. Korzystanie z bibliotek języka Python służących do przetwarzania i wizualizacji danych. Pozyskiwanie i przechowywanie danych: formaty plików, bazy danych. Wstępne oczyszczanie i filtrowanie danych. Wizualizacja danych za pomocą biblioteki Matplotlib. Elementy uczenia maszynowego: analiza regresyjna, klasyfikacja. Przetwarzanie sygnałów, obrazów i tekstu.	FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W06 FIZMED2A_W10 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U06 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K02-K03

13.	Zarządzanie jakością w laboratorium	2	Elementy Systemu Zarządzania Jakością w laboratorium: dokumentacja i procedury, szkolenie personelu, kontrola jakości, doskonalenie. System Zarządzania Jakością w laboratorium a normy ISO.	FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W08-W09 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U03-U04 FIZMED2A_U12-U13 FIZMED2A_K02 FIZMED2A_K04
14.	Terapia promieniowaniem niejonizującym	3	Podstawowe zjawiska fizyczne dotyczące promieniowania niejonizującego (powstawanie, widmo promieniowania, oddziaływanie z materią). Zastosowanie terapeutyczne różnych rodzajów promieniowania w lecznictwie: lasery, hiper- i hipotermia, promieniowanie ultrafioletowe, promieniowanie podczerwone, ultradźwięki, pola elektromagnetyczne. Stosowana aparatura i metody jej kontroli. Biologiczne działanie poszczególnych rodzajów promieniowania. Regulacje prawne dotyczące wykorzystania promieniowania niejonizującego w lecznictwie.	FIZMED2A_W0-W03 FIZMED2A_W11-W12 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04-U05 FIZMED2A_K01-K04
15.	Sztuczna inteligencja w medycynie	3	Podstawowe informacje o sztucznych sieciach neuronowych i sztucznej inteligencji. Głębokie uczenie. Uczenie maszynowe i jego zastosowania w diagnostyce, prognostyce i terapii medycznej. Konwolucyjne sieci neuronowe w klasyfikacji obrazów diagnostycznych. Modele ryzyka chorobowego oparte o sztuczną inteligencję. Przeszukiwanie danych medycznych. Przetwarzanie języka naturalnego raportów medycznych. Oprogramowanie specjalistyczne.	FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W06 FIZMED2A_W10 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U04-U06 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K03-K04
16.	Metody fizyczne w medycynie i biologii	3	Rentgenografia i neutronografia. Spektroskopia subtelnej struktury progu absorpcji. Spektroskopia mössbauerowska. Magnetyczny rezonans jądrowy. Elektronowy rezonans paramagnetyczny. Spektroskopia optyczna w zakresie podczerwieni i spektroskopia Ramana. Spektroskopia optyczna UV/VIS. Spektroskopia fotoelektronów. Mikroskopia. Spektroskopia dielektryczna. Aktywacja neutronowa. Spektrometria mas. Analiza fluorescencyjna. Chromatografia.	FIZMED2A_W02-W03 FIZMED2A_W06 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01 FIZMED2A_K03
17.	Metodologia badań naukowych	2	Nauka i wiedza naukowa, podstawy pracy naukowej i prowadzenia badań. Charakterystyka metod, technik i narzędzi badawczych. Formułowanie celów i hipotez badawczych. Publikacja badań naukowych. Bazy danych artykułów naukowych. Analiza wybranych artykułów naukowych. Rodzaje zmiennych w modelach naukowych oraz skale do pomiaru zmiennych,	FIZMED2A_W04 FIZMED2A_W07 FIZMED2A_W09 FIZMED2A_W13 FIZMED2A_U04

			rodzaje zależności pomiędzy zmiennymi. Badania naukowe w fizyce medycznej. Przykłady badań interdyscyplinarnych. Zastosowanie badań naukowych w rozwiązywaniu problemów.	FIZMED2A_U10 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K01-K02
18.	Brachyterapia	2	Planowanie leczenia, w tym dobór źródeł promieniowania i geometrii ich rozmieszczenia. Podstawy dozymetrii w brachyterapii, rozkłady dawki oraz ich specyfika w porównaniu z teleradioterapią. Procedury kontroli jakości w brachyterapii oraz zasady bezpieczeństwa pracy z zamkniętymi źródłami promieniowania. Testy predykcyjne i prognostyczne w planowaniu leczenia. Organizacja pracy i specyfika brachyterapii w praktyce klinicznej.	FIZMED2A_W02-W03 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U05-U06 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01-K04

**PRZEDMIOTY (ZAJĘCIA) DO WYBORU:**
**(41 pkt ECTS)**

1.	Repetitorium z fizyki medycznej/Nanofizyka	4	<p><b>Repetitorium z fizyki medycznej:</b> podstawy anatomii i fizjologii człowieka, drgania i fale, rodzaje fal i ich właściwości, podstawy akustyki, zasady działania aparatury medycznej wykorzystującej fale akustyczne dla celów diagnostyki i terapii medycznej, promieniowanie jonizujące, jego źródła oraz sposób oddziaływania z materią, wykorzystanie wysokoenergetycznego promieniowania w terapii i diagnostyce medycznej, promieniowanie ultrafioletowe i z zakresu widzialnego, podstawowe zjawiska elektryczne i magnetyczne, podstawy spektroskopii oraz technik obrazowania NMR i EPR, zjawiska elektryczne i magnetyczne a organizmy żywe, dyfuzja i przepływy.</p> <p><b>Nanofizyka:</b> Klasyfikacja i własności nanoukładów. Metody wytwarzania nanoukładów i projektowania ich własności. Nanocząstki w przyrodzie i ich rola. Metody badania cienkich warstw oraz drutów i kropek kwantowych. Wybrane zastosowania nanomateriałów organicznych i nieorganicznych. Wykorzystanie litografii w nowoczesnych technologiach. Nanoukłady w mikroelektronice i optoelektronice. Bionanotechnologie.</p>	FIZMED2A_W02-W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04-U05 FIZMED2A_K01-K04
2.	Przedmioty (zajęcia) z zakresu przygotowania i złożenia pracy dyplomowej:	20	<p><b>Seminarium magisterskie:</b> Zdefiniowanie i prezentacja wstępnych założeń i zakresu badawczego realizowanych prac magisterskich. Wyszukiwanie informacji. Tłumaczenia z języka angielskiego fragmentów artykułów. Omawianie głównych tez prac magisterskich. Omówienie wyników eksperymentalnych prac. Prezentacja końcowych wyników i treści prac magisterskich przygotowywanych do obrony.</p>	FIZMED2A_W02-W07 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U07-U11 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K01-K04

			<p><b>Pracownia magisterska:</b> Zdefiniowanie i prezentacja wstępnych założeń i zakresu badawczego realizowanych prac magisterskich. Przedstawianie podstaw i założeń najnowszych technik fizyki medycznej oraz ich zastosowań. Wykonanie zadań praktycznych w zakresie tematyki pracy magisterskiej (zebranie materiałów, przeprowadzenie eksperymentu, opracowanie wyników i napisanie pracy). Prezentacja wybranych elementów prac magisterskich. Wskazówki merytoryczne i techniczne. Prezentacja końcowych wyników i treści prac magisterskich przygotowywanych do obrony w programie PowerPoint. Dyskusja i korygowanie błędów. Omówienie elementów podlegających ocenie. Specyfika obrony pracy magisterskiej. Przebieg obrony.</p>	
3.	Przedmioty (zajęcia) poszerzające zainteresowania studentów	17	<p>Electron spectroscopy  Spektroskopia rentgenowska  Bio- i nanomateriały w medycynie  Zielona transformacja  Wykłady przedstawicieli pracodawców z sektora fizyki medycznej  Wizyty studyjne w ośrodkach medycznych  Oddziaływanie jonów z materią  Energetyka jądrowa Dyfrakcja rentgenowska  Bazy danych i zarządzanie informacją  Programowanie aparatury pomiarowej  Analiza sygnałów biomedycznych  Administracja sieci komputerowych  Podstawy biochemii  Elementy fizyki współczesnej  Cyberbezpieczeństwo  Komputerowe planowanie leczenia radioterapeutycznego</p>	<p>FIZMED2A_W01-W12  FIZMED2A_U01-U05  FIZMED2A_U07-U09  FIZMED2A_U11  FIZMED2A_K01-K04</p>

**PRAKTYKI (wymiar, zasady i forma):**

**(5 pkt ECTS)**

<p>Praktyka: realizowana jest w wymiarze 90 godzin dydaktycznych w formie zajęć praktycznych poza uczelnią, w jednostkach związanych z profilem kształcenia, w szczególności w placówkach ochrony zdrowia, laboratoriach, ośrodkach badawczych oraz instytucjach wykorzystujących aparaturę i metody fizyki medycznej.</p>	5	<p>Szczegółowe treści programowe ustalane są przez wyznaczonego w placówce, w której student odbywa praktykę, opiekuna nadzorującego pracę studenta, z uwzględnieniem specyfiki danej jednostki oraz kierunku studiów.  Treści: zapoznanie się z zasadami funkcjonowania instytucji, organizacją pracy oraz dokumentacją, poznanie specyfiki pracy na różnych stanowis-</p>	<p>FIZMED2A_W08-W09  FIZMED2A_W12  FIZMED2A_U12  FIZMED2A_K01-K04</p>
--	---	---	---

		kach związanych z fizyką medyczną, wykonywanie zadań praktycznych związanych z wykorzystaniem aparatury specjalistycznej, a także zagadnień związanych z kontrolą jakości, bezpieczeństwem oraz obowiązującymi regulacjami prawnymi. Poznanie możliwości rynku pracy oraz nawiązywanie kontaktów zawodowych.	
--	--	--	--

	<b>razem</b>	<b>120</b>
--	--------------	------------

**Studentów obowiązuje szkolenie dotyczące bezpiecznych i higienicznych warunków kształcenia, w wymiarze nie mniejszym niż 4 godziny, w zakresie uwzględniającym specyfikę kształcenia w uczelni i rodzaj wyposażenia technicznego wykorzystywanego w procesie kształcenia.**

**Studentów obowiązuje szkolenie biblioteczne w wymiarze 2 godzin.**

**Studentów, którzy nie uczestniczyli na I stopniu studiów, obowiązuje szkolenie z zakresu pierwszej pomocy przedmedycznej w wymiarze 4 godz. (I semestr).**

**Zajęciom tym nie przypisuje się punktów ECTS.**

13. **Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w trakcie całego cyklu kształcenia:** Osoba prowadząca przedmiot (zajęcia) określa szczegółowe efekty uczenia się i formę ich weryfikacji, a następnie umieszcza je w karcie przedmiotu (zajęć). Osiągnięcie wszystkich efektów uczenia się określonych dla poszczególnych zajęć oznacza realizację założonej koncepcji kształcenia na kierunku i uzyskanie efektów kierunkowych. Weryfikacja i ocena efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w trakcie całego cyklu kształcenia odbywa się poprzez:

- **prace etapowe** – realizowane przez studenta w trakcie studiów takie jak: kolokwia, sprawdziany, prace zaliczeniowe, referaty, prezentacje, projekty, sprawozdania laboratoryjne,
- **egzaminy pisemne i ustne** – forma egzaminu określana jest przez osobę prowadzącą przedmiot (zajęcia) i zawarta w karcie przedmiotu (zajęć), pytania przygotowane do egzaminu nie powinny wychodzić poza treści zawarte w karcie przedmiotu (zajęć) realizowane w ramach zajęć,
- **zaliczenia i zaliczenia z oceną** – prowadzący zajęcia określa kryteria oceny, podaje jej składowe i uzasadnia w sposób opisowy ocenę otrzymaną przez studenta,
- **proces dyplomowania** (weryfikacja zakładanych efektów uczenia się) – ocenianie pracy magisterskiej przez promotora i recenzenta, zdanie egzaminu dyplomowego,
- **praktyki studenckie** – efekty uczenia się uzyskiwane w ramach praktyk studenckich są dopełnieniem koncepcji kształcenia. Weryfikacja efektów następuje zgodnie z regulaminem praktyk na poszczególnych kierunkach,
- **osiągnięcia kół naukowych** – informacja zwrotna poprzez uzyskiwane recenzje zewnętrzne (publikacje naukowe, wystąpienia na konferencjach, przyznanie stypendium Rektora i Ministra),

- **badanie losów absolwentów** – poprzez uzyskiwanie informacji zwrotnych z zakresu uzyskanej wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych i ich przydatności na rynku pracy,
- **badanie opinii pracodawców** – opiniowanie przez pracodawców programów studiów, w tym zakładanych efektów uczenia się i metod ich weryfikowania.

**Formy i metody prowadzenia zajęć oraz kryteria oceny i jej składowe określa karta przedmiotu (zajęć).**

**Wszystkie formy weryfikacji osiągnięć studenta uzyskanych w ramach zajęć w danym semestrze odnotowuje się w kartach okresowych osiągnięć studenta.**