

PROGRAM STUDIÓW

Obowiązuje od roku akademickiego: **2025/2026**

1. KIERUNEK STUDIÓW: **FIZYKA MEDYCZNA**
2. KOD ISCED: **0533**
3. FORMA/FORMY STUDIÓW: **STACJONARNA**
4. LICZBA SEMESTRÓW: **4**
5. TITUŁ ZAWODOWY NADAWANY ABSOLWENTOM: **MAGISTER**
6. PROFIL KSZTAŁCENIA: **OGÓLNOAKADEMICKI**
7. DZIEDZINA: **NAUKI ŚCISŁE I PRZYRODNICZE, NAUK MEDYCZNYCH I NAUK O ZDROWIU**
8. DYSCYPLINA NAUKOWA: **nauki fizyczne – 96 ECTS (80%), nauki medyczne – 24 ECTS (20%)**
9. 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% ogólnej liczby punktów ECTS): **50**
 - 4) liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych: **5**
10. Łączna liczba godzin zajęć: **3000** - w tym liczba godzin zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia: **1865**

11. **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 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. Mają również kwalifikacje do pracy na stanowisku analityka w laboratoriach fizyko-chemicznych, jak i innych stanowiskach wymagających biegłego posługiwania się technikami laboratoryjnymi stosującymi nowe technologie.

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

12. **EFEKTY UCZENIA SIĘ:**

Objaśnienie 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 II stopnia na kierunku fizyka medyczna absolwent:	Odniesienie efektów uczenia się do:	
		uniwersalnych charakterystyk dla danego poziomu Polskiej Ramy Kwalifikacji (ustawa o ZSK)	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	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	P7U_W	P7S_WG P7S_WK

	i jej zastosowań dla postępu nauki, poznania świata i rozwoju ludzkości		
FIZMED2A_W05	w pogłębionym stopniu zaawansowaną matematykę wyższą, pozwalającą ilościowo opisać, zrozumieć i modelować problemy fizyczne 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	P7U_W	P7S_WG
FIZMED2A_W07	najnowsze światowe dokonania ośrodków i szkół badawczych obejmujące wybrane obszary fizyki	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		
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	P7U_W	P7S_WK

	laboratorium, ochroną własności przemysłowej, prawa autorskiego i własności intelektualnej		
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 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 celu pozyskania niezbędnych informacji oraz posiada zdolność oceny 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 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	potrafi 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	doceniać znaczenia uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób, prawidłowego identyfikowania i rozstrzygania 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, 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, 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

13. **ZAJĘCIA WRAZ Z PRZYPISANYMI DO NICH PUNKTAMI ECTS, EFEKTAMI UCZENIA SIĘ I TREŚCIAMI PROGRAMOWYMI**

Przedmioty		Minimalna liczba punktów ECTS	Treści programowe	Odniesienie do efektów uczenia się na kierunku
PRZEDMIOTY KSZTAŁCENIA OGÓLNEGO:				
1.	Język obcy	3	<u>Treści leksykalne:</u> – 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. <u>Treści gramatyczne:</u> Powtórzenie i ugruntowanie najważniejszych zagadnień gramatycznych (praktycznie i specjalistycznie uwarunkowanych). <u>Funkcje językowe:</u> Pozwalające studentom na porozumiewanie się w języku obcym na poziomie B2+, wyrażanie opinii, argumentowanie, wykonywanie streszczeń publikacji specjalistycznych właściwych dla studiowanego kierunku, dokonywanie prezentacji.	FIZMED2A_U09 FIZMED2A_U11 FIZMED2A_K02
2.	Przedmiot do wyboru z dziedziny nauk humanistycznych i społecznych	2	Kultury świata Od Adama i Ewy do małżeństwa XXI wieku	FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W04 FIZ2MEDA_U05 FIZ2MEDA_K04
3.	Przedmiot do wyboru z dziedziny nauk humanistycznych i społecznych	3	Historia fizyki (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 ciepłoty 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)). Bioetyka.	FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W04 FIZMED2A_W07 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U09 FIZMED2A_U10 FIZMED2A_K03 FIZMED2A_K04

4.	Przedmiot do wyboru w zakresie wsparcia studentów w procesie uczenia się	1	Metody radzenia sobie ze stresem Autoprezentacja	FIZMED2A_W09 FIZMED2A_U10 FIZMED2A_K02-K04
	Razem przedmioty kształcenia ogólnego	9		
PRZEDMIOTY PODSTAWOWE I KIERUNKOWE:				
5.	Pracownia fizyczna	12	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.	FIZMED2A_W01 FIZMED2A_W02 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_W06 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W10 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U03 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_U06 FIZMED2A_U07 FIZMED2A_U10 FIZMED2A_U11 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K01 FIZMED2A_K02 FIZMED2A_K03 FIZMED2A_K04

6.	Fizyka fazy skondensowanej	3	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 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, scyntylacja. Detektory promieniowania jonizującego (kryształy dielektryków, detektory półprzewodnikowe, inne detektory). Zjawisko termoluminescencji i jego zastosowanie w dozymetrii. Układy detektorów dla potrzeb diagnostyki i obrazowania.	FIZMED2A_W01 FIZMED2A_W02 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U03 FIZMED2A_K01 FIZMED2A_K03
7.	Fizyka jądrowa i cząstek elementarnych dla fizyki medycznej	4	Historyczny rozwój fizyki cząstek elementarnych: odkrycia pierwszych cząstek elementarnych, cząstki dziwne, rezonanse, model kwarkowy Gell-Manna, cząstki uważane obecnie za elementarne: kwarki, leptony, bozony pośredniczące, cząstka Higgsa. Oddziaływanie cząstek naładowanych i fotonów z materią. Oddziaływania fundamentalne, unifikacja oddziaływań słabych i elektromagnetycznych. 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. Stany związane: charmonium, bottomonium, mezony, bariony. Jądro atomowe jako układ protonów i neutronów. Modele budowy jądra atomowego, energia wiązania, jądra stabilne i radioaktywne. Przemiany promieniotwórcze jąder, reakcje jądrowe. Narzędzia badań subatomowych: akceleratory i detektory. Energetyka jądrowa. Fizyka jądrowa w medycynie.	FIZMED2A_W01 FIZMED2A_W02 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U03 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_K02 FIZMED2A_K04

8.	Ochrona radiologiczna i zagadnienia prawno-administracyjne	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 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_W02 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_W07 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U03 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K02 FIZMED2A_K03
9.	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 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_K02 FIZMED2A_K03
10.	Teleradioterapia i brachyterapia	7	Teleradioterapia: 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. Brachyterapia: planowanie leczenia, dozymetria i kontrola jakości. Testy predykcyjne i prognostyczne.	FIZMED2A_W02 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W07 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_U06 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01-K04

11.	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 FIZMED2A_U03 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_K02 FIZMED2A_K03 FIZMED2A_K04
12.	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, wydajne serwery obliczeniowe. Systemy automatycznego wspomaganie procesu terapii i diagnozowania.	FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W10 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U06 FIZMED2A_K01 FIZMED2A_K04
13.	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 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04- U06 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01-K04

14.	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 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_W06 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W10 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U03 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_U06 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01 FIZMED2A_K02 FIZMED2A_K03 FIZMED2A_K04
15.	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 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_U06 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K01-K04

16.	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 FIZMED2A_K03
17.	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 FIZMED2A_W09 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U03 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K02 FIZMED2A_K04
18.	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_W02 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_K01-K04
19.	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 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_U06 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K03-K04

20.	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 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W06 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01 FIZMED2A_K03
21.	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, rodzaje zależności pomiędzy zmiennymi. Badania naukowe w fizyce medycznej. Przykłady badań interdyscyplinarnych. Zastosowanie badań naukowych w rozwiązywaniu problemów.	FIZMED2A_W04 FIZMED2A_W07 FIZMED2A_W09 FIZMED2A_W13 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U10 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K01 FIZMED2A_K02
22.	Praktyka	5	Szczegółowe treści programowe ustalane są przez wyznaczonego w placówce, w której student odbywa praktykę, opiekuna nadzorującego pracę studenta. Treści: – zasady funkcjonowania określonej instytucji, – specyfika pracy na różnych stanowiskach, w różnych branżach merytorycznie związanych z kierunkiem studiów, – zagadnienia praktyczne związane z pracą na stanowiskach zgodnych z kierunkiem studiów, – możliwości rynku pracy, – kontakty zawodowe.	FIZMED2A_W08 FIZMED2A_W09 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U12 FIZMED2A_K01-K04
	Razem przedmioty podstawowe i kierunkowe	70		

PRZEDMIOTY KIERUNKOWE DO WYBORU:				
23.	Repetitorium z fizyki medycznej/Nanofizyka	4	Repetitorium z fizyki medycznej: 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. Nanofizyka: 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.	FIZMED2A_W02 FIZMED2A_W03 FIZMED2A_W05 FIZMED2A_W11 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_K01-K04
24. 25.	Przedmioty z zakresu przygotowania i złożenia pracy dyplomowej:	20	Seminarium magisterskie: 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. Pracownia magisterska: 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.	FIZMED2A_W02-W07 FIZMED2A_W12 FIZMED2A_U02 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U07 FIZMED2A_U08 FIZMED2A_U09 FIZMED2A_U10 FIZMED2A_U11 FIZMED2A_U13 FIZMED2A_K01-K04
26. 27. 28. 29	Przedmioty poszerzające zainteresowania studentów	17	Electron spectroscopy Spektroskopia rentgenowska Bio- i nanomateriały w medycynie Zielona transformacja	FIZMED2A_W01-W12 FIZMED2A_U01 FIZMED2A_U02

			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	FIZMED2A_U03 FIZMED2A_U04 FIZMED2A_U05 FIZMED2A_U07 FIZMED2A_U08 FIZMED2A_U09 FIZMED2A_U11 FIZMED2A_K01-K04
	Razem przedmioty do wyboru (bez przedmiotów z zakresu przygotowania i złożenia pracy dyplomowej za 20 ECTS)	30 (4+17 + 9 przed. ogólnouc.)		
	Razem przedmioty obieralne w programie:	50		
	RAZEM	120		

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.

Studenta, który nie uczestniczył na I stopniu studiów, obowiązuje szkolenie z zakresu pierwszej pomocy przedmedycznej w wymiarze 4 godz. (I semestr).

14. SPOSOBY WERYFIKACJI I OCENY EFEKTÓW UCZENIA SIĘ OSIĄGNIĘTYCH PRZEZ STUDENTA W TRAKCIE CAŁEGO CYKLU KSZTAŁCENIA:

Osoba prowadząca przedmiot określa szczegółowe efekty uczenia się i formę ich weryfikacji, a następnie umieszcza je w karcie przedmiotu. 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 i zawarta w karcie przedmiotu,
- **zaliczenia i zaliczenia z oceną** – prowadzący zajęcia określa kryteria oceny,
- **proces dyplomowania (weryfikacja zakładanych efektów uczenia się)** – ocenianie pracy magisterskiej przez promotora i recenzenta, zdanie egzaminu dyplomowego,
- **badanie losów absolwentów (informacje o przydatności absolwenta na rynku pracy),**
- **badanie opinii pracodawców.**

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

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