

PROGRAM STUDIÓW

Program obowiązuje od roku akademickiego: **2019/2020**

1. KIERUNEK STUDIÓW: **FIZYKA**
2. KOD ISCED: **0533**
3. FORMA/FORMY STUDIÓW: **STACJONARNA**
4. LICZBA SEMESTRÓW: **3**
5. TITUŁ ZAWODOWY NADAWANY ABSOLWENTOM: **MAGISTER**
6. PROFIL KSZTAŁCENIA: **OGÓLNOAKADEMICKI**
7. DZIEDZINA: **NAUKI ŚCISŁE I PRZYRODNICZE**
8. DYSCYPLINA NAUKOWA: **nauki fizyczne – 90 ECTS**
9. Liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów: **90**
 - 1) liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia: **59**
 - 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): **81**
 - 3) liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje realizując zajęcia podlegające wyborowi (co najmniej 30% ogólnej liczby punktów ECTS): **47**
 - 4) liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych: **5**

10. Łączna liczba godzin zajęć: **2280** - w tym liczba godzin zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia: **1475**

11. **Koncepcja i cele kształcenia** (w tym opis sylwetki absolwenta):

Studia na kierunku fizyka w Uniwersytecie Jana Kochanowskiego w Kielcach prowadzone są zgodnie z wymogami Polskiej Ramy Kwalifikacji. Student w ciągu trzech 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,
- znajomość podstawowego kanonu wiedzy z przedmiotów kierunkowych obejmujących zagadnienia fizyki doświadczalnej (wraz z umiejętnościami w zakresie pracy laboratoryjnej), fizyki teoretycznej, fizyki współczesnej oraz dziedzin pokrewnych,
- znajomość i umiejętność wykorzystywania aparatu matematycznego oraz podstaw metod numerycznych w zakresie niezbędnym do opisu i rozumienia podstawowych modeli matematycznych stosowanych w fizyce,
- 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 angielskim 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.

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 wykorzystujące nanomateriały.

Absolwenci studiów II stopnia mogą kontynuować naukę na studiach w szkołach doktorskich oraz podnosić kwalifikacje na studiach podyplomowych.

12. EFEKTY UCZENIA SIĘ:

Symbole efektów uczenia się dla kierunku	Po ukończeniu studiów II stopnia na kierunku fizyka 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			
FIZ2A_W01	ma pogłębioną wiedzę z zakresu podstawowych dziedzin fizyki	P7U_W	P7S_WG
FIZ2A_W02	ma pogłębioną, prowadzącą do specjalizacji, wiedzę szczegółową w wybranych obszarach fizyki, uwzględniającą najnowsze osiągnięcia	P7U_W	P7S_WG
FIZ2A_W03	ma pogłębioną wiedzę z różnych dyscyplin naukowych, uwzględniającą najnowsze osiągnięcia oraz wiedzę interdyscyplinarną, będącą wynikiem integrowania wiedzy z wybranych, studiowanych dyscyplin	P7U_W	P7S_WG
FIZ2A_W04	ma rozszerzoną wiedzę z zakresu wybranych treści humanistycznych i społecznych, w tym z historii i głównych idei rozwoju fizyki oraz rozumie cywilizacyjne znaczenie fizyki i jej zastosowań dla postępu nauki, poznania świata i rozwoju ludzkości	P7U_W	P7S_WG P7S_WK
FIZ2A_W05	posiada pogłębioną wiedzę z matematyki wyższej pozwalającą ilościowo opisać, zrozumieć i modelować problemy fizyczne oraz posługiwać się metodami matematycznymi w fizyce	P7U_W	P7S_WG
FIZ2A_W06	zna techniki eksperymentalne oraz techniki obliczeniowe i informatyczne stosowane w fizyce i zastosowaniach fizycznych	P7U_W	P7S_WG
FIZ2A_W07	ma wiedzę o najnowszych światowych dokonaniach, ośrodkach i szkołach badawczych obejmującą wybrane obszary studiowanej dyscypliny	P7U_W	P7S_WG P7S_WK
FIZ2A_W08	zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu umożliwiającym samodzielną pracę na stanowisku badawczym lub pomiarowym	P7U_W	P7S_WK
FIZ2A_W09	ma wiedzę na temat projektowania ścieżki własnego rozwoju i form indywidualnej przedsiębiorczości	P7U_W	P7S_WK

FIZ2A_W10	posiada i rozumie wiedzę informatyczną, matematyczną i statystyczną niezbędną do analizy danych		
FIZ2A_W11	posiada wiedzę dotyczącą budowy, zasad działania i wykorzystania sprzętu i aparatury stosowanej w fizyce i zastosowaniach fizycznych	P7U_W	P7S_WG
FIZ2A_W12	posiada wiedzę dotyczącą podstawowych aktów prawnych, norm i zaleceń oraz niezbędnych przepisów prawa krajowego, Unii Europejskiej i prawa międzynarodowego związanych ze studiowanym kierunkiem i potencjalnym miejscem pracy	P7U_W	P7S_WK
w zakresie UMIEJĘTNOŚCI			
FIZ2A_U01	wykazuje się znajomością metod eksperymentalnych oraz umiejętnością samodzielnego planowania i wykonywania eksperymentów, badania zjawisk i praw fizycznych oraz kierowania pracą zespołu	P7U_U	P7S_UW P7S_UO
FIZ2A_U02	rozwiązuje średnio zaawansowane problemy z wykorzystaniem poznanych metod i odpowiednich narzędzi	P7U_U	P7S_UW
FIZ2A_U03	posiada umiejętność planowania i wykonywania badań oraz krytycznej oceny własnych wyników, obliczeń teoretycznych, dyskusji błędów i niepewności pomiarowych	P7U_U	P7S_UW
FIZ2A_U04	znajduje 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 P7S_KK
FIZ2A_U05	posiada umiejętność integrowania najnowszej wiedzy z różnych dyscyplin naukowych oraz umiejętność praktycznego stosowania tej wiedzy w zastosowaniach związanych ze studiowanym kierunkiem studiów	P7U_U	P7S_UW
FIZ2A_U06	potrafi zastosować zdobytą wiedzę do rozwiązania z zastosowaniem komputera problemów z różnych dziedzin nauki, gospodarki i techniki	P7U_U	P7S_UW
FIZ2A_U07	przedstawia wyniki badań własnych w postaci referatu/plakatu/prezentacji zawierające opis i uzasadnienie celu pracy, przyjętą metodologię, wyniki oraz ich znaczenie na tle innych podobnych badań	P7U_U	P7S_UW P7S_KK
FIZ2A_U08	przedstawia w sposób przystępny aktualne zagadnienia i wyniki odkryć fizycznych, komunikuje się na tematy specjalistyczne i prowadzi debatę	P7U_U	P7S_UK P7S_KK P7S_KR
FIZ2A_U09	potrafi przygotować i przedstawić krótką prezentację i wystąpienie w języku polskim i angielskim, dotyczącą zagadnień związanych ze studiowanym kierunkiem, z	P7U_U	P7S_UK P7S_KK

	wykorzystaniem różnych źródeł wiedzy		
FIZ2A_U10	potrafi wybrać dalszą drogę własnego rozwoju naukowego i ukierunkować innych w tym zakresie	P7U_U	P7S_UU
FIZ2A_U11	stosuje język angielski w stopniu zaawansowanym niezbędnym do posługiwania się podstawową literaturą fachową w zakresie fizyki i nauk pokrewnych	P7U_U	P7S_UK
FIZ2A_U12	potrafi obsługiwać sprzęt i aparaturę, stosuje zasady i procedury bezpieczeństwa, poprawności działania oraz kontroli i jakości	P7U_U	P7S_UW
FIZ2A_U13	zna ograniczenia własnej wiedzy, rozumie potrzebę dalszego kształcenia się i planowania własnej przyszłości	P7U_U	P7S_UU
FIZ2A_U14	potrafi współdziałać w zespole przyjmując różne role, określać zadania i priorytety działań, ma świadomość odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania	P7U_U	P7S_UO
w zakresie KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH			
FIZ2A_K01	rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób, prawidłowo identyfikuje i rozstrzyga dylematy związane z wykonywaniem zawodu, podejmuje właściwe działania i postępuje etycznie	P7U_K	P7S_KK P7S_KR P7S_WK
FIZ2A_K02	rozumie potrzebę systematycznego zapoznawania się z czasopismami naukowymi i popularnonaukowymi; potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych	P7U_K	P7S_KK P7S_KO P7S_KR
FIZ2A_K03	potrafi pracować samodzielnie mając świadomość odpowiedzialności za podejmowane inicjatywy badań, eksperymentów i obserwacji	P7U_K	P7S_KO P7S_KR
FIZ2A_K04	jest innowacyjny, potrafi dostrzegać szanse i je wykorzystywać, rozwiązywać problemy z uwzględnieniem skutków społeczno-ekonomicznych, formułować opinie dotyczące kwestii zawodowych oraz argumentować na ich rzecz zarówno w środowisku specjalistów jak i niespecjalistów	P7U_K	P7S_KK P7S_KO P7S_KR P7S_WK

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 angielski	3	<p><u>Treści leksykalne:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Słownictwo specjalistyczne właściwe dla studiowanego kierunku studiów • Język funkcyjny: <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p><u>Treści gramatyczne:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Powtórzenie i ugruntowanie najważniejszych zagadnień gramatycznych (praktycznie i specjalistycznie uwarunkowanych). <p><u>Funkcje językowe:</u></p> <p>Pozwalające studentom na porozumiewanie się w języku obcym, wyrażanie opinii, argumentowanie, wykonywanie streszczeń publikacji specjalistycznych właściwych dla studiowanego kierunku, dokonywanie prezentacji.</p>	FIZ2A_U09 FIZ2A_U11
2	Przedmiot do wyboru z dziedziny nauk humanistycznych	2	<p>Kultury świata Od Adama i Ewy do małżeństwa XXI wieku Teksty kulturowe w przestrzeni komunikacyjnej</p>	FIZ2A_W03 FIZ2A_W04

3	Historia fizyki (przedmiot z dziedziny nauk humanistycznych)	3	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).	FIZ2A_W03 FIZ2A_W04 FIZ2A_W07 FIZ2A_U07 FIZ2A_U10 FIZ2A_K03 FIZ2A_K04
4	Przedmiot do wyboru w zakresie wsparcia studentów w procesie uczenia się	2	Metody radzenia sobie ze stresem Autoprezentacja	FIZ2A_W04 FIZ2A_U10 FIZ2A_K02 FIZ2A_K03 FIZ2A_K04
	Razem przedmioty kształcenia ogólnego	10		
PRZEDMIOTY PODSTAWOWE I KIERUNKOWE:				

1.	III pracownia fizyczna	10	<p>Opcjonalnie, zgodnie z grafiką zajęć, student realizuje część z wymienionych treści programowych:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Interferometryczne badanie dyfuzyjnego transportu substancji. 2. Badania kąta zwilżania i energii powierzchniowej. 3. Rentgenowska analiza fluorescencyjna z całkowitym odbiciem wiązki padającej TXRF (Total Reflection X-Ray Fluorescence method). Analiza pierwiastkowa przy użyciu spektrometru PICOFOX. 4. Rentgenowska tomografia komputerowa. Obrazowanie próbek przy pomocy tomografu SKYSCAN 1172. 5. Analiza promieniowania charakterystycznego wybranych pierwiastków metodą rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej z dyspersją długości fali – spektrometr rentgenowski AXIOS. 6. Spektroskopia fotoelektronów w zakresie promieniowania X (XPS – X-Ray Photoelectron Spectroscopy). 7. Badania zjawiska rozpraszania niskoenergetycznych jonów na atomach powierzchni ciała stałego (ISS – Ion Scattering Spectroscopy). 8. Identyfikacja gazów resztkowych w komorze próżniowej. 9. Obserwacja promieniowania charakterystycznego z wykorzystaniem spektrometru krystalicznego wysokiej zdolności rozdzielczej. 10. Badanie topografii powierzchni materiałów z wykorzystaniem technik Secondary Electron Microscopy (SEM) oraz Scanning Auger Microscopy (SAM). 11. Dyfrakcja rentgenowska metoda proszkową (XRPD - X-Ray Powder Diffraction). 12. Reflektometria promieniowania rentgenowskiego (XRR - X-Ray Reflectometry). 13. Badanie zderzeń niskoenergetycznych jonów w wysokich stanach ładunkowych z materią przy użyciu źródła jonów typu EBIT (Electron Beam Ion Trap). 14. Wykorzystanie promieniowania rentgenowskiego do celów radiobiologicznych. 	<p>FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W04 FIZ2A_W05 FIZ2A_W06 FIZ2A_W07 FIZ2A_W08 FIZ2A_W09 FIZ2A_W10 FIZ2A_W11 FIZ2A_W11 FIZ2A_U01 FIZ2A_U02 FIZ2A_U03 FIZ2A_U04 FIZ2A_U05 FIZ2A_U06 FIZ2A_U07 FIZ2A_U08 FIZ2A_U09 FIZ2A_U10 FIZ2A_U11 FIZ2A_U12 FIZ2A_U13 FIZ2A_U14 FIZ2A_K01 FIZ2A_K02 FIZ2A_K03 FIZ2A_K04</p>
----	------------------------	----	--	---

2.	Elektrodynamika	4	<p>Elektrostatyka: prawo Coulomba, prawo Gaussa, potencjał elektryczny, równanie Poissona i Laplace'a, praca i energia w elektrostatyce, przewodniki, rozwinięcie multipolowe, dielektryki, podatność elektryczna i przenikalność elektryczna. Magnetostatyka: siła Lorentza, prawo Biota-Savarta, prawo Ampere'a, magnetyczny potencjał wektorowy, multipolowe rozwinięcie potencjału wektorowego, pola magnetyczne w materii. Indukcja elektromagnetyczna: prawo Faradaya, równania Maxwella. Prawa zachowania: twierdzenie Poyntinga. Fale elektromagnetyczne: fale elektromagnetyczne w próżni, fale elektromagnetyczne w ośrodku materialnym, odbicie i przejście na granicy ośrodków. Potencjały i pola źródeł zmiennych w czasie: potencjały skalarny i wektorowy, przekształcenia cechowania, cechowanie Coulomba i Lorentza, potencjały opóźnione, potencjały Lienarda-Wiecherta. Promieniowanie: promieniowanie elektryczne dipolowe, promieniowanie magnetyczne dipolowe. Elektrodynamika a teoria względności: przekształcenia Lorentza, tensor pola elektromagnetycznego, elektrodynamika w postaci tensorowej.</p>	FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W04 FIZ2A_W05 FIZ2A_W06 FIZ2A_U01 FIZ2A_U03 FIZ2A_K02 FIZ2A_K03
3.	Fizyka fazy skondensowanej	3	<p>Struktura atomów: opis kwantowy, orbitale elektronowe, spin elektronu. Struktura cząsteczek: opis wiązania kowalencyjnego, stany wiążące i antywiązące. Wiązanie atomów w kryształach (kowalencyjne, jonowe, metaliczne, van der Waalsa). Kryształy: symetrie, typy sieci krystalicznych (sieci Bravais'ego). Sieci regularne sc, fcc, bcc oraz hcp. Płaszczyzny i kierunki rystalograficzne: wskaźniki Millera. Dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego. Sieć odwrotna, warunki dyfrakcji Bragga i Lauego. Czynniki atomowy i czynnik strukturalny. Struktura wybranych kryształów: NaCl, CsCl, diamentu (C, Si, Ge), ZnS. Drgania sieci krystalicznej: fonony, ciepło właściwe sieci, model Debye'a. Elektrony swobodne: gaz Fermiego, ciepło właściwe metali. Elektrony w kryształach: twierdzenie Blocha, stany elektronowe, powierzchnia Fermiego. Pasma elektronowe: izolatory, półprzewodniki, metale. Własności elektryczne i magnetyczne ciał stałych. Powierzchnie i nanostruktury.</p>	FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W05 FIZ2A_U01 FIZ2A_U02 FIZ2A_U03 FIZ2A_K01 FIZ2A_K02

4.	Fizyka kwantowa	4	<p>Postulaty mechaniki kwantowej: przestrzeń stanów, obserwabla, widmo operatora, pomiar. Interpretacja funkcji falowej, przewidywane wyniki pomiaru, wartości średnie wielkości fizycznych. Zasada nieoznaczoności. Operator Hamiltona i zależne od czasu równanie Schrödingera. Niezależne od czasu równanie Schrödingera. Operator pędu, cząstka o określonym pędzie, paczka falowa. Twierdzenie Ehrenfesta. Własności rozwiązań zagadnienia Schrödingera w 1-wymiarowej przestrzeni. Stany związane i rozproszeniowe. Oscylator harmoniczny. Ewolucja czasowa paczki falowej cząstki swobodnej i oscylatora harmonicznego. Redukcja zagadnienia dwóch cząstek do równania Schrödingera dla jednej cząstki w potencjale. Operator momentu pędu i jego funkcje własne. Równanie Schrödingera dla potencjałów sferycznie symetrycznych. Atom wodoru. Rachunek zaburzeń. Metoda wariacyjna. Spin. Układy wielocząstkowe, fermiony i bozony. Atomy wieloelektrodowe.</p>	<p>FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W05 FIZ2A_W07 FIZ2A_U02 FIZ2A_U06 FIZ2A_U08 FIZ2A_K02 FIZ2A_K04</p>
5.	Fizyka atomowa i molekularna	4	<p>Promieniowanie ciała doskonale czarnego: postulat Plancka, kwanty promieniowania. Efekt fotoelektryczny i efekt Comptona. Promieniowanie atomów: serie widmowe, reguła Rydberga-Ritza. Eksperyment Rutherforda, rozmiary i budowa jądra atomowego. Model atomu wodoru Bohra: atomy wodoropodobne. Reguła kwantowania Bohra i jej falowa interpretacja. Efekt izotopowy: wpływ ruchu jądra atomowego. Atomy rydbergowskie i atomy mionowe. Efekty relatywistyczne: formuła Sommerfelda. Dualizm korpuskularno-falowy: hipoteza de Broglie'a. Zasada nieoznaczoności Heisenberga. Równanie Schrödingera, interpretacja funkcji falowej. Moment pędu w mechanice kwantowej. Atomy wodoropodobne: liczby kwantowe, degeneracja, struktura stanów, ekranowanie. Spin elektronu, oddziaływanie „spin-orbita”, struktura subtelna. Atom helu i atomy wieloelektronowe, zakaz Pauliego. Układ okresowy pierwiastków. Spin jądra atomowego i struktura nadsubtelna. Równanie Diraca, rozwiązanie dla atomów wodoropodobnych. Elektrodynamika kwantowa: efekty radiacyjne, przesunięcie Lamba. Oddziaływanie promieniowania z materią: absorpcja, emisja spontaniczna i wymuszona, współczynniki Einsteina. Reguły wyboru dla przejść dipolowych elektrycznych. Promieniowanie rentgenowskie, struktura stanów w powłokach K, L i M. Atomy w polach zewnętrznych: efekt Starka i Zeemana. Wiązanie atomów w cząsteczkach: kowalencyjne, jonowe. Jon molekularny H_2^+ i cząsteczka H_2. Stany molekularne jednoelektronowe, orbitale σ i π. Struktura dwuatomowych cząsteczek homojądrowych i heterojądrowych. Cząsteczki wieloatomowe. Hybrydyzacja. Stany rotacyjne i oscylacyjne cząsteczek. Spektroskopia molekularna.</p>	<p>FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W05 FIZ2A_W06 FIZ2A_W11 FIZ2A_U02 FIZ2A_U03 FIZ2A_U04 FIZ2A_K02 FIZ2A_K04</p>

6.	Cząstki elementarne	3	<p>Historyczny rozwój fizyki cząstek elementarnych: odkrycia pierwszych cząstek elementarnych, cząstki dziwne, rezonanse, model kwarkowy Gell-Manna, cząstki uważane obecnie za elementarne: kwarki, leptyony, bozony pośredniczące, cząstka Higgosa. Oddziaływania fundamentalne: grawitacja, kwantowa elektrodynamika, kwantowa chromodynamika, oddziaływania słabe, unifikacja oddziaływań słabych i elektromagnetycznych, grafy Feynmana. Kinematyka relatywistyczna: transformacje Lorentza, czterowektory, relatywistyczna energia i pęd, zderzenia cząstek relatywistycznych. Symetrie: grupa Poincarego, związek symetrii z prawami zachowania, symetrie zapachowe, parzystość, sprzężenie ładunkowe, odwrócenie w czasie, symetrie CP i CPT. Elektrodynamika kwantowa: równanie Diraca i jego rozwiązania, grafy Feynmana dla elektrodynamiki kwantowej. Stany związane: charmonium, bottomonium, mezony, bariony. Tempa rozpadu i przekroje czynne: złote zasady dla obliczania temp rozpadu i przekrojów czynnych. Model standardowy: symetrie cechowania, spontaniczne łamanie symetrii, mechanizm Higgosa. Zjawiska poza modelem standardowym: oscylacje neutrin, ciemna energia i masa, supersymetria, teorie unifikacji.</p>	FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W05 FIZ2A_W06 FIZ2A_W11 FIZ2A_U02 FIZ2A_U03 FIZ2A_U04 FIZ2A_K02 FIZ2A_K04
7.	Fizyka materiałów	3	<p>Struktura materii. Gazy, ciecze, ciała stałe. Materia miękka. Kryształy i ciała amorficzne. Powierzchnie i cienkie warstwy. Własności mechaniczne, termiczne, elektryczne i magnetyczne materiałów. Uporządkowanie atomów w materiałach. Przejścia fazowe. Dielektryki. Magnetyki. Metale. Półprzewodniki. Nanomateriały, meta materiały. Nanotechnologie.</p>	FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W05 FIZ2A_W07 FIZ2A_U02 FIZ2A_U03 FIZ2A_K02 FIZ2A_K04
8.	Astronomia	2	<p>Podstawy astronomii sferycznej, warunki widoczności obiektów. Czas i kalendarz. Podstawowe instrumenty astronomiczne, ich charakterystyka. Prowadzenie obserwacji astronomicznych i orientacja na nocnym niebie. Zjawiska zaćmień i zakryć. Budowa Układu Słonecznego. Elementy heliofizyki. Wielkości gwiazdowe widome i absolutne. Wyznaczanie temperatur, mas, rozmiarów i odległości do gwiazd. Klasyfikacja widmowa gwiazd, diagram Hertzsprunga-Russella. Źródła energii gwiazd. Równania wewnętrznej budowy gwiazd. Budowa gwiazd różnych typów widmowych. Ewolucja gwiazd. Gwiazdy zmienne. Rozkład przestrzenny gwiazd i budowa Galaktyki. Materia międzygwiazdowa. Galaktyki i ich budowa. Modele kosmologiczne. Historia Wszechświata.</p>	FIZ2A_W01 FIZ2A_W03 FIZ2A_W11 FIZ2A_U01 FIZ2A_U02 FIZ2A_U08 FIZ2A_K01 FIZ2A_K02

9.	Fizyka statystyczna	3	<p>Pojęcia wstępne - układy makroskopowe, liczba Avogadro, opis mikroskopowy i makroskopowy, termodynamika fenomenologiczna i mechanika statystyczna, układy równowagowe i nierównowagowe, procesy kwasistacjonarne. Wstęp do termodynamiki - parametry intensywne i ekstensywne, temperatura, praca, ciepło, energia wewnętrzna, pojemność cieplna i ciepło właściwe, równanie stanu, gaz idealny. I zasada termodynamiki - procesy izotermiczne, izobaryczne, izochoryczne i adiabatyczne, równanie adiabaty. Entropia - różne sformułowania II zasady termodynamiki, entropia jako funkcja stanu, nierówność Clausiusa, cykl Carnota, III zasada termodynamiki. Podstawy klasycznej mechaniki statystycznej Gibbsa - hipoteza ergodyczna i pojęcie zespołu, Twierdzenie Liouville'a, postulaty mechaniki statystycznej, zespół mikrokanoniczny, związek objętości fazowej z entropią i innymi wielkościami termodynamicznymi. Gaz idealny w zespole mikrokanonicznym - objętość fazowa, entropia i inne parametry termodynamiczne gazu idealnego, paradoks Gibbsa i jego rozwiązanie. Zespół kanoniczny - wyprowadzenie zespołu kanonicznego, związek z termodynamiką, średnia energia i fluktuacje energii, gaz idealny w zespole kanonicznym. Wielki zespół kanoniczny - wprowadzenie zespołu wielkiego kanonicznego, potencjał chemiczny, związek z termodynamiką, fluktuacje liczby cząstek, mieszanina gazów idealnych w zespole wielkim kanonicznym, równowaga chemiczna. Kwantowa mechanika Gibbsa - postulaty kwantowej mechaniki statystycznej, bozony i fermiony, zespoły mikrokanoniczny, kanoniczny, wielki kanoniczny. Ciepło właściwe ciał stałych (model Einsteina, model Debaye'a). Kwantowe gazy idealne - wielka suma statystyczna dla bozonów i fermionów, granica klasyczna, zdegenerowany gaz fermiego, kondensacja Bosego-Einsteina, promieniowanie ciała doskonale czarnego. Podstawy teorii kinetycznej - funkcja rozkładu, równanie Boltzmanna, niezmienniki zderzeniowe, twierdzenie H Boltzmanna, procesy nieodwracalne i założenie molekularnego chaosu, rozkład równowagowy, hydrodynamika cieczy idealnej. Zjawiska transportu - średnia droga swobodna, rozwinięcie Chapmana-Enskog, współczynniki transportu, hydrodynamika cieczy lepkiej. Modele fizyki statystycznej. Model Isinga. Łańcuch Markowa i równanie Master. Model perkolacji.</p>	<p>FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W05 FIZ2A_W07 FIZ2A_U02 FIZ2A_U06 FIZ2A_K02</p>
	Razem przedmioty podstawowe i kierunkowe	36		
	PRZEDMIOTY DO WYBORU:			

1	Przedmioty z zakresu przygotowania i złożenia pracy dyplomowej:	16	<p>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.</p> <p>Pracownia magisterska: Zdefiniowanie i prezentacja wstępnych założeń i zakresu badawczego realizowanych prac magisterskich. Przedstawianie podstaw i założeń najnowszych technik eksperymentalnych i teoretycznych fizyki 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 PowerPoincie. Dyskusja i korygowanie błędów. Omówienie elementów podlegających ocenie. Specyfika obrony pracy magisterskiej. Przebieg obrony.</p>	FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W04 FIZ2A_W05 FIZ2A_W06 FIZ2A_W07 FIZ2A_W10 FIZ2A_W11 FIZ2A_W12 FIZ2A_U01 FIZ2A_U02 FIZ2A_U03 FIZ2A_U04 FIZ2A_U05 FIZ2A_U07 FIZ2A_U09 FIZ2A_U11 FIZ2A_K02 FIZ2A_K03 FIZ2A_K04
2	Przedmioty z zakresu fizyki medycznej	15	Biofizyka molekularna Medycyna nuklearna Radioterapia Obrazowanie biomedyczne	FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W05 FIZ2A_W06 FIZ2A_W11 FIZ2A_U02 FIZ2A_U03 FIZ2A_U04 FIZ2A_K02 FIZ2A_K04
3	Przedmioty z zakresu nanotechnologii	15	Fizyka powierzchni Nanotechnologie Nanostruktury Badania nanomateriałów	FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W05 FIZ2A_W06 FIZ2A_W11 FIZ2A_U02

				FIZ2A_U03 FIZ2A_U04 FIZ2A_K02 FIZ2A_K04
4	Przedmioty poszerzające zainteresowania studentów	14	Spektroskopia rentgenowska Nanocząstki Oddziaływanie jonów z materią Dyfrakcyjne badania strukturalne Relatywistyczna fizyka jądrowa Bioelektryczność i biomagnetyzm Kontrola jakości aparatury medycznej Modelowanie układów złożonych Pracownia astronomiczna Bazy danych i zarządzanie informacją Programowanie aparatury pomiarowej Analiza sygnałów biomedycznych Terapia promieniowaniem niejonizującym Podstawy biochemii Administracja sieci komputerowych Pracownia statystyki	FIZ2A_W01 FIZ2A_W02 FIZ2A_W03 FIZ2A_W04 FIZ2A_W05 FIZ2A_W06 FIZ2A_W07 FIZ2A_W10 FIZ2A_W11 FIZ2A_W12 FIZ2A_U01 FIZ2A_U02 FIZ2A_U03 FIZ2A_U04 FIZ2A_U05 FIZ2A_U07 FIZ2A_U09 FIZ2A_U11 FIZ2A_K02 FIZ2A_K03 FIZ2A_K04
	Razem przedmioty do wyboru	45		
Razem - przedmioty obieralne w programie: 47 ECTS				
	razem	90		

Studentów obowiązuje również szkolenie BHP (4 godz.) i biblioteczne (2 godz.); przedmioty realizowane w semestrze I.

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.