

## SYLABUS PRZEDMIOTU

1.	Nazwa przedmiotu w języku polskim Elektrodynamika kwantowa	
2.	Dyscyplina: nauki fizyczne	
3.	Język wykładowy: angielski	
4.	Jednostka prowadząca przedmiot: Wydział Fizyki i Astronomii	
5.	Rodzaj przedmiotu (obowiązkowy lub do wyboru): obowiązkowy dla specjalności fizyka teoretyczna, do wyboru dla specjalności Master's Study of Theoretical Physics	
6.	Kierunek studiów: fizyka	
7.	Poziom studiów (I stopień lub II stopień): II	
8.	Rok studiów: 1 (fizyka teoretyczna), 2 (Master's Study of Theoretical Physics)	
9.	Semestr (zimowy lub letni): zimowy	
10.	Forma zajęć i liczba godzin: wykład – 30, konwersatoria - 30	
11.	Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanika kwantowa</li> <li>• Elektrodynamika</li> <li>• Szczególna teoria względności</li> </ul>	
12.	Cele kształcenia dla przedmiotu: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Przejście od nierelatywistycznej do relatywistycznej mechaniki kwantowej.</li> <li>• Formalizm lagranżowski dla pól skalarnych, Diraca oraz cechowania.</li> <li>• Wstęp do elektrodynamiki kwantowej (QED).</li> <li>• Diagramy Feynmana i ich zastosowania w rachunku zaburzeń.</li> <li>• Zastosowania QED: macierz <math>S</math>, przekroje czynne.</li> </ul>	
13.	Treści programowe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formalizm lagranżowski, twierdzenie Noether</li> <li>• Kwantowanie pól skalarnych, Diraca i elektromagnetycznego</li> <li>• Równanie Kleina-Gordona, równania Diraca</li> <li>• Reguły Feynmana</li> <li>• Macierz <math>S</math> i przekroje czynne</li> <li>• Tożsamości Warda-Takahashiego, wzory redukcyjne LSZ, twierdzenie optyczne.</li> </ul>	
14.	Zakładane efekty uczenia się: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Świadomość, że QED to jedna z najdokładniejszych teorii w nowoczesnej fizyce wysokich energii.</li> <li>• Zaznajomienie się z pojęciem renormalizacji.</li> <li>• Znajomość technik matematycznych służących do opisu układów fizycznych w obecności/nieobecności oddziaływań oraz do obliczania wartości różnorodnych wielkości mierzalnych eksperymentalnie.</li> </ul>	Symbole odpowiednich kierunkowych efektów uczenia się: F2_W01, F2_W02, F2_U01, F2_U05, F2_U08,

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ogólna wiedza na temat ostatnich osiągnięć i przyszłych perspektyw w QED i dziedzinach pokrewnych.</li> <li>Studenci zaznajomią się ze standardową terminologią QED i będą w stanie zdobywać wiedzę na temat zaawansowanej kwantowej teorii pola korzystając z popularnych podręczników i literatury.</li> <li>Studenci będą w stanie samodzielnie rozwiązać standardowe zadania z QED oraz sprostać wymagającym problemom.</li> <li>Studenci nabędą wyczucia i intuicji odnośnie układów złożonych.</li> </ul>	F2_U10, F2_U11, F2_K01, F2_K03																						
15.	<p>Literatura obowiązkowa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peskin, Schroeder: An introduction to quantum field theory</li> </ul> <p>Literatura zalecana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ryder: Quantum Field Theory</li> <li>Weinberg: The quantum theory of fields, t. I i II</li> <li>Pokorski: Gauge field theories</li> </ul>																							
16.	<p>Metody weryfikacji zakładanych efektów uczenia się:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>egzamin ustny lub pisemny</li> <li>aktywny udział w ćwiczeniach</li> </ul>																							
17.	<p>Warunki i forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ciągła kontrola obecności i postępów w zakresie tematyki zajęć</li> <li>egzamin (pisemny lub ustny)</li> </ul>																							
18.	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Nakład pracy studenta</td> </tr> <tr> <td>Forma realizacji zajęć przez studenta (pozostawić właściwe)</td> <td>Liczba godzin przeznaczona na zrealizowanie danego rodzaju zajęć</td> </tr> <tr> <td>zajęcia (wg planu studiów) z prowadzącym:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- wykład:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- konwersatoria:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>praca własna studenta (w tym udział w pracach grupowych):</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- przygotowanie do zajęć:</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>- czytanie wskazanej literatury:</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>- przygotowanie do sprawdzianów i egzaminu:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Łączna liczba godzin</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Liczba punktów ECTS</td> <td>6</td> </tr> </table>	Nakład pracy studenta		Forma realizacji zajęć przez studenta (pozostawić właściwe)	Liczba godzin przeznaczona na zrealizowanie danego rodzaju zajęć	zajęcia (wg planu studiów) z prowadzącym:		- wykład:	30	- konwersatoria:	30	praca własna studenta (w tym udział w pracach grupowych):		- przygotowanie do zajęć:	45	- czytanie wskazanej literatury:	15	- przygotowanie do sprawdzianów i egzaminu:	30	Łączna liczba godzin	150	Liczba punktów ECTS	6	
Nakład pracy studenta																								
Forma realizacji zajęć przez studenta (pozostawić właściwe)	Liczba godzin przeznaczona na zrealizowanie danego rodzaju zajęć																							
zajęcia (wg planu studiów) z prowadzącym:																								
- wykład:	30																							
- konwersatoria:	30																							
praca własna studenta (w tym udział w pracach grupowych):																								
- przygotowanie do zajęć:	45																							
- czytanie wskazanej literatury:	15																							
- przygotowanie do sprawdzianów i egzaminu:	30																							
Łączna liczba godzin	150																							
Liczba punktów ECTS	6																							

## COURSE SYLLABUS

1.	Course: Quantum Electrodynamics	
2.	Scientific discipline: physical sciences	
3.	Teaching language: English	
4.	University department: Faculty of Physics and Astronomy	
5.	Course/module type – mandatory (compulsory) or elective (optional): mandatory for specialty theoretical physics, optional for specialty Master's Study of Theoretical Physics	
6.	University subject (programme/major): physics	
7.	Study level (I or II): II	
8.	Year: 1 (theoretical physics), 2 (Master's Study of Theoretical Physics)	
9.	Semester (autumn/spring) autumn	
10.	Form of tuition and number of hours: lectures – 30, classes - 30	
11.	Initial requirements (knowledge, skills, social competences) regarding the course/module: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantum Mechanics</li> <li>• Electrodynamics</li> <li>• Special Relativity</li> </ul>	
12.	Learning objectives for the subject: <ul style="list-style-type: none"> <li>• From non-relativistic to relativistic quantum mechanics</li> <li>• Lagrangian formalism of scalar, Dirac and gauge fields</li> <li>• Introduction to Quantum Electrodynamics (QED)</li> <li>• Feynman diagrams and their application to perturbation</li> <li>• Renormalization in QED</li> <li>• Application of QED: S matrix, cross sections</li> </ul>	
13.	Course content: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagrangian formalism and Noether theorem</li> <li>• Quantization of scalar, Dirac and electromagnetic fields</li> <li>• Klein-Gordon and Dirac equations</li> <li>• Feynman rules</li> <li>• S matrix and cross sections</li> <li>• Ward-Takahasi identities, LSZ reduction formulas, optical theorem.</li> </ul>	
14.	Learning outcomes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge of the concept of QED as one of the most precise theories in modern high-energy physics.</li> <li>• Knowledge of the concept of renormalization.</li> <li>• Mathematical techniques to describe physics systems in the presence/absence of interactions and to compute various observables to be measured in experiments.</li> <li>• General knowledge of recent developments and future perspectives in QED and related area.</li> </ul>	Learning outcomes for the course: F2_W01, F2_W02, F2_U01, F2_U05, F2_U08, F2_U10, F2_U11, F2_K01,

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students will become familiar with the standard terminology in QED and will become capable in learning advanced quantum field theory using the major textbooks and literature.</li> <li>• Students will become capable for working out the standard tasks in QED unaided and for challenging advanced problems.</li> <li>• Students will have a logical feeling and intuition for complex systems.</li> </ul>	F2_K03																				
15.	<p>Obligatory literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peskin, Schroeder: An introduction to quantum field theory</li> </ul> <p>Recommended literature:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ryder: Quantum Field Theory</li> <li>• Weinberg: The quantum theory of fields, vol. I and II</li> <li>• Pokorski: Gauge field theories</li> </ul>																					
16.	<p>Methods for verifying the assumed learning outcomes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- oral or written exam</li> <li>- active participation</li> </ul>																					
17.	<p>Conditions and form of passing individual components of the subject:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- constant monitoring of attendance and progress in the scope of classes</li> <li>- exam (written or oral)</li> </ul>																					
18.	<p>Student's workload</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>The form of carrying out classes by the student</th> <th>Number of hours allocated to carry out a given type of classes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>classes (according to the study plan) with the instructor:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- lecture:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- conversation classes:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>student's own work (including participation in group work):</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- preparation for classes:</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>- reading the indicated literature:</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>- preparation for tests and exams:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Total number of hours</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Number of ECTS</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	The form of carrying out classes by the student	Number of hours allocated to carry out a given type of classes	classes (according to the study plan) with the instructor:		- lecture:	30	- conversation classes:	30	student's own work (including participation in group work):		- preparation for classes:	45	- reading the indicated literature:	15	- preparation for tests and exams:	30	Total number of hours	150	Number of ECTS	6	
The form of carrying out classes by the student	Number of hours allocated to carry out a given type of classes																					
classes (according to the study plan) with the instructor:																						
- lecture:	30																					
- conversation classes:	30																					
student's own work (including participation in group work):																						
- preparation for classes:	45																					
- reading the indicated literature:	15																					
- preparation for tests and exams:	30																					
Total number of hours	150																					
Number of ECTS	6																					