

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa w języku polskim: Czarne Dziury	
Nazwa w języku angielskim: Black Holes	
Kierunek studiów: Inżynieria Kwantowa	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Stopień studiów i forma: II stopień, stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu: wybieralny	
Kod przedmiotu FZP001526	
Grupa kursów NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Egzamin		Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	2				

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki kwantowej 1
2. Elementy Teorii Względności (co najmniej w zakresie Fizyki Ogólnej)

CELE PRZEDMIOTU

C1 Uzyskanie wiedzy z zakresu fizyki silnych pól grawitacyjnych, w szczególności fizyki w otoczeniu

horyzontu Czarnych Dziur.

C2 Nabycie umiejętności formułowania wybranych zagadnień (np. wymiana informacji) w silnych polach grawitacyjnych

C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych ukazujących potrzebę stałego kształcenia i pogłębiania oraz uzupełniania kompetencji zawodowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEK_W01-wiedza dotycząca Czarnych Dziur i problemów związanych z ich istnieniem.

Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 - umiejętność stosowania metod teorii względności w formułowaniu i rozwiązywaniu wybranych zagadnień z zakresu silnych pól grawitacyjnych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEK_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

PEK_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Elementy Szczególnej i Ogólnej Teorii Względności	4
Wy2	Tensor metryczny – metryka Robertsona Walkera	2
Wy3	Rozwiązanie Schwarzschilda	2
Wy4	Prawa zachowania – geodezyjne czasowe i zerowe w czasoprzestrzeni Schwarzschilda	4
Wy5	Dylatacja czasu w Ogólnej Teorii Względności	2
Wy6	Wymiana sygnałów w pobliżu horyzontu Czarnej Dziury	2
Wy7	Rodzaje Czarnych Dziur – czasoprzestrzeń Reissnera – Nordstroma, czasoprzestrzeń Kerra	2
Wy8	Mechanizm Penrose’a	4
Wy9	Wnętrze Czarnej Dziury	4
Wy10	Promieniowanie Hawkinga	2
Wy11	Efekty kwantowe we wnętrzu Czarnej Dziury	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna.

N2. Konsultacje.

N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie własnego projektu

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F	PEK_W01 PEK_U01 PEK_K01 ÷ PEK_K03	Ocena projektu
P = F		
LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA		
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></p> <p>[1] S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, 1972; [2] Hartle JB: Gravity, An Introduction To Einstein's General Relativity; Addison Wesley; 2003 [3] A. Radosz, „Czarne Dziury” – materiały dydaktyczne „ZPR Pwr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></p> <p>[1] Doran R, Lobo FS, Crawford P: Interior of a Schwarzschild black hole revisited. Foundations of Physics. 2008; 38: 160–187 [2] Gusin P, Augousti AT, Formalik F, Radosz A: The (A)symmetry between the Exterior and Interior of a Schwarzschild Black Hole. Symmetry, 2018; 10, 366. DOI: 10.3390/sym10090366 [3] The LIGO Scientific Collaboration and The Virgo Collaboration 2016. An improved analysis of GW150914 using a fully spin-precessing waveform model. Phys. Rev. X. 6 (4): 041014. arXiv:1606.01210 doi:10.1103/PhysRevX.6.041014</p>		
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)		
Andrzej Radosz, Andrzej.Radosz@pwr.edu.pl		

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU
Podstawy Fizyki Ciała Stałego
 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **Inżynieria Kwantowa**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)**	Cele przedmiotu***	Treści programowe***	Numer narzędzia dydaktycznego***
PEK_W01 (wiedza)	K2INK_W01, K2INK_W11	C1	Wy1-11	N1,N2,N3
PEK_U01 (umiejętności)	K2INK_U01,K2INK_U02	C2	Wy1-11	N1,N2,N3
PEK_K01 (kompetencje)	K2INK_K01, K2INK_K05,K2INK_K08	C3	Wy1-11	N1,N2,N3
PEK_K02	K2INK_K07	C3	Wy1-11	N1,N2,N3
PEK_K03	K2INK_K02, K2INK_K06	C3	Wy1-11	N1,N2,N3

** - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia

*** - z tabeli powyżej