



UCHWAŁA NR 160/2023
SENATU UNIwersYTETU WROCLAWSKIEGO
z dnia 21 czerwca 2023 r.

**w sprawie programu studiów dla kierunku *Astronomia*
na poziomie studiów pierwszego i drugiego stopnia**

Na podstawie art. 28 ust. 1 pkt 11 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023 poz. 742) uchwała się, co następuje:

§ 1. Senat Uniwersytetu Wrocławskiego ustala program studiów dla kierunku *Astronomia* na poziomie studiów pierwszego i drugiego stopnia o profilu ogólnoakademickim dla cykli kształcenia rozpoczynających się od roku akademickiego 2023/2024 w brzmieniu określonym w załącznikach do niniejszej uchwały.

§ 2. Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu UW
Rektor: *prof. R. Olkiewicz*

Załącznik nr 1

PROGRAM STUDIÓW

Nazwa kierunku studiów: **Astronomia**
Dyscypliny naukowe: **astronomia 100%**
Poziom kształcenia: **studia pierwszego stopnia**
Poziom kwalifikacji: **6 Polskiej Ramy Kwalifikacji**
Profil kształcenia: **ogólnoakademicki**
Forma studiów: **stacjonarna**
Tytuł zawodowy nadawany absolwentom: **licencjat**
Nazwa wydziału: **Wydział Fizyki i Astronomii**

OPIS ZAKŁADANYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ DLA KIERUNKU STUDIÓW

Kod efektu uczenia się dla kierunku studiów	Efekty uczenia się dla kierunku studiów Po ukończeniu studiów pierwszego stopnia na kierunku <i>Astronomia</i> absolwent uzyska efekty uczenia się w zakresie:	Odniesienie do charakterystyk drugiego stopnia PRK (kody)
WIEDZA		
A1_W01	Zna i rozumie podstawowe pojęcia logiki matematycznej, teorii mnogości i algebry; zna podstawy algebry liniowej i rachunku macierzowego.	P6S_WG
A1_W02	Zna podstawy rachunku różniczkowego i całkowego funkcji jednej i wielu zmiennych; zna metody rozwiązywania wybranych równań różniczkowych.	P6S_WG
A1_W03	Zna i rozumie podstawowe pojęcia i twierdzenia rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej oraz wybrane metody numeryczne; rozumie rolę statystyki matematycznej i metod numerycznych w astronomii.	P6S_WG
A1_W04	Zna i rozumie pojęcia i koncepcje z zakresu fizyki klasycznej i kwantowej oraz astronomii; identyfikuje różne wielkości fizyczne i astronomiczne, zna ich jednostki i rozumie zależności pomiędzy nimi; zna i rozumie prawa fizyki i astronomii, ich interpretację i zakres stosowalności.	P6S_WG
A1_W05	Zna wyjaśnienia wybranych zjawisk obserwowanych w przyrodzie wykorzystujące pojęcia i prawa fizyki i astronomii; rozumie różnice pomiędzy zjawiskami astronomicznymi i fizycznymi a opisującymi je modelami matematycznymi; zna i rozumie przybliżenia stosowane w uproszczonym opisie zjawisk oraz ograniczony zakres stosowalności przyjętych modeli.	P6S_WG

A1_W06	Zna podstawy pracy doświadczalnej, obserwacyjnej i metrologii; zna metody szacowania niepewności pomiarowych; zna budowę i rozumie zasadę funkcjonowania wybranych przyrządów pomiarowych i urządzeń; zna i rozumie budowę podstawowych instrumentów obserwacyjnych stosowanych w astronomii.	P6S_WG
A1_W07	Zna i rozumie w stopniu zaawansowanym wybrane metody obserwacji astronomicznych oraz metody analizy i interpretacji danych obserwacyjnych.	P6S_WG
A1_W08	Zna podstawy algorytmiki wykorzystywane przy tworzeniu programów komputerowych; zna wybrany język programowania.	P6S_WG
A1_W09	Rozumie hierarchiczną strukturę Wszechświata; zna budowę elementów składowych Wszechświata i rozumie powiązania i zależności pomiędzy nimi.	P6S_WG
A1_W10	Zna i rozumie ewolucję Wszechświata i jego elementów składowych, w szczególności układów planetarnych, gwiazd i galaktyk.	P6S_WG
A1_W11	Zna i rozumie w stopniu zaawansowanym budowę wewnętrzną gwiazd i strukturę ich atmosfer; zna i rozumie procesy fizyczne zachodzące w gwiazdach.	P6S_WG
A1_W12	Zna w stopniu zaawansowanym budowę Słońca; rozumie procesy fizyczne zachodzące wewnątrz Słońca i w jego atmosferze.	P6S_WG
A1_W13	Zna aktualną problematykę, najważniejsze osiągnięcia i kierunki rozwoju astronomii współczesnej.	P6S_WK
A1_W14	Ma podstawową wiedzę dotyczącą uwarunkowań prawnych i etycznych związanych z działalnością naukową, edukacją i pracą zawodową.	P6S_WK
A1_W15	Zna podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz podstawy ergonomii.	P6S_WK
A1_W16	Zna podstawy przedsiębiorczości, w tym zasady sporządzania biznesplanu; ma podstawową wiedzę dotyczącą zarządzania, w tym zarządzania jakością.	P6S_WK
UMIEJĘTNOŚCI		
A1_U01	Potrafi posługiwać się językiem logiki matematycznej i teorii mnogości; potrafi korzystać z podstawowych twierdzeń i metod algebry.	P6S_UW
A1_U02	Umie stosować podstawowe twierdzenia i metody rachunku różniczkowego i całkowego; potrafi rozwiązywać wybrane równania różniczkowe.	P6S_UW
A1_U03	Potrafi stosować ogólne prawa i formuły fizyczne do rozwiązywania konkretnych zadań i problemów o różnym poziomie złożoności z zakresu fizyki i astronomii.	P6S_UW
A1_U04	Potrafi wykorzystać poznane metody matematyczne, statystyczne i numeryczne do rozwiązywania wybranych problemów z astronomii; potrafi prowadzić obliczenia przybliżone oraz weryfikować poprawność otrzymanych wyników.	P6S_UW

A1_U05	Posługuje się jednym z systemów operacyjnych oraz wybranymi pakietami oprogramowania; tworzy programy w wybranym języku programowania; potrafi przeprowadzić obliczenia numeryczne o różnym stopniu złożoności.	P6S_UW
A1_U06	Posiada umiejętności w zakresie astronomii praktycznej, w tym orientacji na niebie; potrafi zaplanować i wykonać wybrane obserwacje astronomiczne oraz analizować ich wyniki; potrafi przygotować sprawozdanie z przeprowadzonych obserwacji, prezentujące ich przebieg, otrzymane wyniki, ich analizę i dyskusję.	P6S_UW
A1_U07	Posiada umiejętność formułowania uogólnień i hipotez na podstawie obserwowanych prawidłowości; wyciąga wnioski jakościowe z przeprowadzonej analizy ilościowej.	P6S_UW
A1_U08	Potrafi wykorzystać prawa i formuły opisujące procesy fizyczne w gwiazdach do skonstruowania modelu budowy gwiazdy.	P6S_UW
A1_U09	Potrafi posługiwać się odpowiednim oprogramowaniem, aby zredagować tekst, przygotować prezentację oraz zwizualizować wyniki obliczeń lub obserwacji.	P6S_UW
A1_U10	Potrafi w sposób przystępny omówić wybrane zjawiska, obserwacje, teorie fizyczne lub astronomiczne oraz praktyczne zastosowania astronomii; komunikuje się z użyciem specjalistycznej terminologii z zakresu astronomii.	P6S_UK
A1_U11	Korzystając z literatury fachowej i innych źródeł, potrafi przygotować i przedstawić prezentację ustną oraz opracowanie pisemne dotyczące astronomii; w wystąpieniach publicznych i opracowaniach pisemnych przestrzega zasad uczciwości intelektualnej i rzetelnie cytuje źródła wykorzystywanych informacji.	P6S_UW P6S_UK
A1_U12	Potrafi podejmować merytoryczną dyskusję opartą na faktach i rzeczowej argumentacji oraz aktywnie uczestniczyć w debacie, krytycznie oceniając prezentowane w jej trakcie opinie i stanowiska.	P6S_UK
A1_U13	Potrafi organizować pracę własną, odpowiednio określając priorytety służące realizacji postawionego zadania; potrafi współdziałać i pracować w zespole, pełniąc w nim różne role.	P6S_UO
A1_U14	Potrafi uczyć się samodzielnie, odpowiednio planując ten proces; umie precyzyjnie formułować pytania służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania; sprawnie wyszukuje i wykorzystuje informacje niezbędne do poznania nowego zagadnienia lub rozwiązania problemu.	P6S_UU
A1_U15	Posługuje się językiem obcym na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego.	P6S_UK
KOMPETENCJE SPOŁECZNE		
A1_K01	Zdaje sobie sprawę z konieczności posiadania odpowiednich kompetencji matematycznych i fizycznych dla zrozumienia i prawidłowego wyjaśnienia różnorodnych zjawisk; odróżnia teorie naukowe od poglądów pseudonaukowych.	P6S_KK

A1_K02	Dostrzega ograniczenia swojej wiedzy i umiejętności; ma świadomość konieczności nieustannego podnoszenia swoich kwalifikacji, w tym korzystania z wiedzy i doświadczeń innych osób; uznaje samokształcenie za warunek powodzenia na rynku pracy.	P6S_KK P6S_KR
A1_K03	Rozumie zależność postępu technologicznego od rozwoju fizyki i astronomii; dostrzega konieczność propagowania wiedzy fizycznej i astronomicznej i jest gotów do podjęcia działalności w tym obszarze.	P6S_KK P6S_KO
A1_K04	Wykazuje się kreatywnością; jest otwarty na nowe pomysły i rozwiązania; potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy.	P6S_KO P6S_KR
A1_K05	Rozumie znaczenie uczciwości intelektualnej i etyki w działalności naukowej, edukacji i pracy zawodowej i jest zorientowany na ich przestrzeganie; jest odpowiedzialny za podejmowane działania i sumiennie wywiązuje się z powierzonych obowiązków.	P6S_KR

Objaśnienie symboli:

PRK – Polska Rama Kwalifikacji

P6S_WG itp. – kod składnika opisu kwalifikacji dla poziomu 6 w charakterystykach drugiego stopnia PRK

A1_W – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie wiedzy

A1_U – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie umiejętności

A1_K – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie kompetencji społecznych

01, 02, 03 itd. – kolejny numer kierunkowego efektu uczenia się w danej kategorii

POKRYCIE EFEKTÓW UCZENIA SIĘ OKREŚLONYCH W CHARAKTERYSTYKACH DRUGIEGO STOPNIA POLSKIEJ RAMY KWALIFIKACJI PRZEZ EFEKTY KIERUNKOWE

Kod składnika opisu Polskiej Ramy Kwalifikacji	Efekty uczenia się określone w charakterystykach drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji	Odniesienie do efektów uczenia się dla kierunku <i>Astronomia</i> (kody)
WIEDZA – absolwent zna i rozumie:		
P6S_WG	w zaawansowanym stopniu – wybrane fakty, obiekty i zjawiska oraz dotyczące ich metody i teorie wyjaśniające złożone zależności między nimi, stanowiące podstawową wiedzę ogólną z zakresu dyscyplin naukowych lub artystycznych tworzących podstawy teoretyczne oraz wybrane zagadnienia z zakresu wiedzy szczegółowej – właściwe dla programu studiów	A1_W01, A1_W02, A1_W03, A1_W04, A1_W05, A1_W06, A1_W07, A1_W08, A1_W09, A1_W10, A1_W11, A1_W12
P6S_WK	fundamentalne dylematy współczesnej cywilizacji; podstawowe ekonomiczne, prawne, etyczne i inne uwarunkowania różnych rodzajów działalności zawodowej związanej z kierunkiem studiów, w tym podstawowe pojęcia i zasady z zakresu ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego; podstawowe zasady tworzenia i rozwoju różnych form przedsiębiorczości	A1_W13, A1_W14, A1_W15, A1_W16
UMIEJĘTNOŚCI – absolwent potrafi:		

P6S_UW	wykorzystywać posiadaną wiedzę – formułować i rozwiązywać złożone i nietypowe problemy oraz wykonywać zadania w warunkach nie w pełni przewidywalnych przez: – właściwy dobór źródeł i informacji z nich pochodzących, dokonywanie oceny, krytycznej analizy i syntezy tych informacji; – dobór oraz stosowanie właściwych metod i narzędzi, w tym zaawansowanych technik informacyjno-komunikacyjnych	A1_U01, A1_U02, A1_U03, A1_U04, A1_U05, A1_U06, A1_U07, A1_U08, A1_U09, A1_U11
P6S_UK	komunikować się z otoczeniem z użyciem specjalistycznej terminologii; brać udział w debacie – przedstawiać i oceniać różne opinie i stanowiska oraz dyskutować o nich; posługiwać się językiem obcym na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego	A1_U10, A1_U11, A1_U12, A1_U15
P6S_UO	planować i organizować pracę indywidualną oraz w zespole; współdziałać z innymi osobami w ramach prac zespołowych (także o charakterze Interdyscyplinarnym)	A1_U13
P6S_UU	samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie	A1_U14
KOMPETENCJE SPOŁECZNE – absolwent jest gotów do:		
P6S_KK	krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści; uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu	A1_K01, A1_K02, A1_K03
P6S_KO	wypełniania zobowiązań społecznych, współorganizowania działalności na rzecz środowiska społecznego; inicjowania działania na rzecz interesu publicznego; myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy	A1_K03, A1_K04
P6S_KR	odpowiedzialnego pełnienia ról zawodowych, w tym: – przestrzegania zasad etyki zawodowej i wymagania tego od innych, – dbałości o dorobek i tradycje zawodu	A1_K02, A1_K04, A1_K05

Objaśnienie symboli:

P6S_WG itp. – kod składnika opisu kwalifikacji dla poziomu 6 w charakterystykach drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji

A1_W – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie wiedzy

A1_U – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie umiejętności

A1_K – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie kompetencji społecznych

01, 02, 03 itd. – kolejny numer kierunkowego efektu uczenia się w danej kategorii

MATRYCA EFEKTÓW UCZENIA SIĘ: PRZYPISANIE EFEKTÓW UCZENIA SIĘ DO PRZEDMIOTÓW

Astronomia - studia I stopnia	KIERUNKOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ																																					
	A1_W01	A1_W02	A1_W03	A1_W04	A1_W05	A1_W06	A1_W07	A1_W08	A1_W09	A1_W10	A1_W11	A1_W12	A1_W13	A1_W14	A1_W15	A1_W16	A1_U01	A1_U02	A1_U03	A1_U04	A1_U05	A1_U06	A1_U07	A1_U08	A1_U09	A1_U10	A1_U11	A1_U12	A1_U13	A1_U14	A1_U15	A1_K01	A1_K02	A1_K03	A1_K04	A1_K05		
PRZEDMIOTY OBOWIĄZKOWE																																						
Wstęp do algebry	X																X																					
Analiza matematyczna 1 (tok A)		X																X																				
Analiza matematyczna 2 (tok A)		X																X																				
Analiza matematyczna 3 (tok A)		X																X																				
Matematyka 1 (tok B)		X																X																				
Matematyka 2 (tok B)		X																X																				
Matematyka 3 (tok B)		X																X																				
Metody matematyczne w astronomii			X			X											X		X	X		X		X					X		X	X		X				
Statystyka matematyczna			X			X											X		X		X								X		X	X		X				
Metody numeryczne	X	X	X			X											X	X		X	X								X		X							
Wstęp do systemów operacyjnych																				X					X											X		
Algorytmy i programowanie								X													X															X		
Laboratorium programowania							X													X	X								X		X					X		
Mechanika (tok A)			X	X	X												X	X	X						X			X		X	X	X						
Termodynamika (tok A)			X	X	X					X							X	X	X							X			X		X	X	X					

Elektryczność i magnetyzm (tok A)				X	X	X												X	X	X							X				X			X	X	X	X		
Fale (tok A)				X	X	X												X	X	X							X				X			X	X	X	X		
Fizyka atomu, jądra i cząstek elementarnych (tok A)				X	X	X				X								X	X	X							X				X			X	X	X	X		
Podstawy fizyki 1 (tok B)				X	X	X				X								X	X	X							X				X			X	X	X	X		
Podstawy fizyki 2 (tok B)				X	X	X												X	X	X							X				X			X	X	X	X		
Podstawy fizyki 3 (tok B)				X	X	X												X	X	X							X				X			X	X	X	X		
Podstawy fizyki 4 (tok B)				X	X	X												X	X	X							X				X			X	X	X	X		
Fizyka kwantowa				X	X													X	X	X							X				X			X	X	X			
Podstawy astronomii 1				X	X	X	X		X	X			X					X		X						X				X			X	X	X	X			
Podstawy astronomii 2				X	X	X	X		X	X			X					X		X						X				X			X	X	X	X			
Wstęp do fizyki Słońca				X	X	X	X		X		X							X	X	X						X	X			X			X	X	X	X			
Budowa i ewolucja gwiazd				X	X				X	X								X	X	X	X					X	X			X			X	X	X	X			
Astrofizyka układów planetarnych				X	X	X	X		X	X			X					X		X						X				X			X	X	X	X			
Teoria atmosfer gwiazdowych				X	X				X	X								X	X	X	X					X	X			X			X	X	X				
Astrofizyka obserwacyjna 1					X	X	X		X		X							X		X					X				X			X			X		X		
Astrofizyka obserwacyjna 2					X	X	X		X		X							X		X					X				X			X			X		X		
Pracownia astronomiczna						X	X												X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
Ćwiczenia obserwacyjne 1						X	X						X						X	X					X			X			X			X		X			
Ćwiczenia obserwacyjne 2						X	X						X						X	X					X	X		X	X		X			X			X		
Wakacyjna praktyka obserwacyjna						X	X			X	X			X				X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Szkolenie wstępne z BHP i ochrony p-poż.													X																										

TREŚCI PROGRAMOWE

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1	Algorytmy i programowanie	Historia maszyn cyfrowych. Algorytm jako opis metody rozwiązania zadania obliczeniowego. Metody tworzenia i zapisu algorytmów oraz algorytmizacji zadań obliczeniowych. Pozycyjne systemy liczbowe. Podstawowe reguły semantyki oraz składni języka Fortran 2018. Metody przygotowania, uruchamiania i testowania kodów. Biblioteki wewnętrzne i zewnętrzne (w tym biblioteki graficzne). Wprowadzenie do obliczeń równoległych.
2	Analiza matematyczna 1	Zbiory liczbowe, liczby rzeczywiste, funkcje liczbowe, równania i nierówności liczbowe. Ciągi i szeregi nieskończone. Granica funkcji, funkcje ciągłej ich własności. Pochodne funkcji, szereg Taylora, ekstrema lokalne. Całka nieoznaczona i oznaczona, całki niewłaściwe, zastosowania całek.
3	Analiza matematyczna 2	Geometria i topologia n-wymiarowych przestrzeni euklidesowych. Funkcje wielu zmiennych, funkcje o wartościach wektorowych. Różniczkowanie funkcji wielu zmiennych, badanie ekstremów i ekstremów warunkowych. Całkowanie skalarnych funkcji wielu zmiennych, twierdzenie Fubinięgo, zamiana zmiennych. Całki krzywoliniowe, powierzchniowe i objętościowe pól wektorowych. Twierdzenia Greena, Stokesa i Gaussa. Funkcje zmiennej zespolonej, pochodna zespolona, pojęcie funkcji analitycznej. Własności funkcji analitycznych, twierdzenie Cauchy'ego, wzór całkowy Cauchy'ego. Osobliwości i residua, twierdzenie o residuach i jego zastosowania.
4	Analiza matematyczna 3	Równania różniczkowe zwyczajne: równania i układy równań liniowych, metoda szeregów potęgowych. Równania różniczkowe cząstkowe i szeregi Fouriera: równanie struny drgającej i przewodnictwa cieplnego. Szeregi Fouriera i przestrzenie Hilberta. Operatory różniczkowe na przestrzeniach funkcji. Zastosowania do analizy rozwiązań równań różniczkowych. Przekształcenie Fouriera i równania cząstkowe. Dystrybucje w matematyce i fizyce teoretycznej.
5	Astrofizyka obserwacyjna 1	Rola i zadania astrofizyki obserwacyjnej. Nośniki informacji: fotony, materia (promieniowanie kosmiczne, meteoryty, neutrino), fale grawitacyjne. Opis pola promieniowania: natężenie i strumień. Emisja i absorpcja, równanie przepływu promieniowania. Ciało doskonale czarne. Statystyczny opis gazu: rozkład cząstek względem prędkości, stopnia wzbudzenia i stanu jonizacji. Atmosfera płaskorównoległa. Temperatury efektywna i barwna, moc promieniowania, jasność absolutna. Warunki powstawania linii absorpcyjnych i emisyjnych. Wpływ atmosfery na obserwacje astronomiczne. Budowa atmosfery ziemskiej: skład, profil temperatury i podział. Pochłanianie promieniowania: okna przepuszczalności. Rozpraszanie promieniowania w atmosferze i turbulencja (seeing). Kryteria wyboru miejsca na obserwatorium. Teleskopy: refraktory i reflektory. Teleskopy Keplera i Newtona. Powiększenie, rozdzielczość, apertury wejściowa i wyjściowa. Światłosiła i skala obrazu. Aberracje sferyczna i chromatyczna. Obiektywy achromatyczne. Wady optyczne teleskopów – aberracje Seidela (koma, astygmatyzm, dystorsja i krzywizna pola). Powiększenie minimalne teleskopu. Rodzaje ognisk reflektorów: główne, Cassegraina, Newtona, coude, Nasmytha. Kamera Schmidta/Maksutowa: płyta korekcyjna, menisk. Montaż teleskopów. Techniki aktywna i adaptacyjna korekty czoła fali świetlnej. Detektory: oko ludzkie i płyta fotograficzna. Zaczernienie i krzywa charakterystyczna kliszy fotograficznej. Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne. Izolatory, przewodniki i półprzewodniki: pasma walencyjne i przewodnictwa. Fotopowielacz: budowa i zasada działania. Prąd ciemny. Metody: pomiaru prądu

		<p>anodowego i zliczania impulsów (poziom dyskryminacji). Czas martwy i liniowość fotopowielacza. Fotometr fotoelektryczny: pomiar jasności aperturowych. Detektor CCD i wewnętrzny efekt fotoelektryczny. Szum odczytu, zakres dynamiczny, czułość (gain), wydajność kwantowa, pojemność piksela. Szum fotonowy i błąd tempa zliczeń. Rodzaje sygnału i obrazów CCD: bias, prąd ciemny (dark), rozkład czułości (flat-field). Kalibracja obrazów CCD, czyli usuwanie efektów instrumentalnych. Fotometria: jasności widome i absolutne. Definicja systemu fotometrycznego. Pasma fotometryczne – szerokości i długości fal: efektywne i średnie. System UBV Johnsona. System uvby Stromgrena. Monochromatyczna ekstynkcja atmosferyczna. Heterochromatyczna ekstynkcja atmosferyczna. Ekstynkcja międzygwiazdowa: absorpcja $A(X)$ i poczerwienienie $E(X-Y)$. Zależność ekstynkcji międzygwiazdowej od długości fali. Od poczerwienienia: wykres dwuwskaznikowy. Fotometria CCD: jasności aperturowe i profilowe. Fotometria różnicowa (gwiazdy zmienne).</p>
6	Astrofizyka obserwacyjna 2	<p>Transformata Fouriera, splot, analiza szeregów czasowych, rozdzielczość i próbkowanie w transformacie, periodogramy, sieci obserwacyjne. Radioastronomia. Interferometria: natężeniowa, Michelsona i plamkowa. Spektroskopia i spektrografy, elementy dyspersyjne. Klasyfikacja widmowa MK. Klasyfikacja brązowych karłów, białych karłów, gwiazdy z widmami złożonymi. Osobliwości w widmach gwiazd. Wyznaczanie prędkości radialnych gwiazd. Efekty wpływające na pomiar prędkości radialnej. Kalibracja obserwacji spektroskopowych. Wyznaczanie temperatur efektywnych, średnic kątowych i prędkości rotacji gwiazd. Wyznaczanie obfitości atmosferycznych pierwiastków w gwiazdach. Układy podwójne gwiazd. Wyznaczanie mas i promieni gwiazd. Wyznaczenie masy supermasywnej czarnej dziury w Galaktyce: obserwacje, metody, testy OTW. Wyznaczanie odległości do gwiazd. Astrometria, paralaksy i ruchy własne gwiazd, misje Hipparcosa i Gai. Polarymetria.</p>
7	Astrofizyka układów planetarnych	<p>Układy Słoneczny i inne układy planetarne: definicja planety, składniki i granice układu planetarnego, techniki wyznaczania parametrów obiektów planetarnych. Energia i jej przenoszenie: procesy przenoszące energię, równowaga energetyczna i temperatura, efekt cieplarniany. Dynamika układu planetarnego: prawa Keplera i Newtona, zagadnienie dwóch ciał, orbity ciał planetarnych, siły pływowe, zagadnienie trzech ciał. Budowa wewnętrzna obiektów Układu Słonecznego: modele wewnątrz ciał planetarnych, rodzaje materii budującej ciała planetarne, źródła i utrata ciepła wewnętrznego, podstawy sejsmologii. Powierzchnie obiektów Układu Słonecznego: minerały i skały, procesy endogeniczne i egzogeniczne kształtujące powierzchnie ciał planetarnych. Atmosfery obiektów Układu Słonecznego: podstawowe charakterystyki i dynamika atmosfery, powstawanie i utrata atmosfer. Plazma i pola magnetyczne w Układzie Słonecznym: wiatr słoneczny i heliosfera, oddziaływanie wiatru słonecznego z ciałami planetarnymi, magnetosfery. Małe ciała Układu Słonecznego, pierścienie, pył międzyplanetarny: klasyfikacje, charakterystyki, powstawanie i ewolucja. Pozasłoneczne układy planetarne i bioastronomia: metody wykrywania egzoplanet, charakterystyki znanych pozasłonecznych układów planetarnych i egzoplanet, układy planetarne jako miejsce występowania życia. Powstawanie układów planetarnych: teorie, modele i obserwacje powstawania i wczesnych faz ewolucji układów planetarnych.</p>
8	Bazy danych astronomicznych	<p>Na zajęciach studenci zapoznają się z różnymi typami baz danych astronomicznych dostępnymi w Internecie. Korzystają z danych dostępnych online stosując różne kryteria selekcji ich wyszukiwania. Studenci tworzą własne oprogramowanie służące do przetwarzania, wyszukiwania i sortowania pobranych danych astronomicznych. Uczą się wizualizować wyniki wyszukiwania i sortowania danych używając do tego</p>

		celu własnych procedur. Potrafią także zapisywać uzyskane wyniki zarówno w formie graficznej (wykresy, obrazy), jak i w postaci plików z danymi numerycznymi.
9	Budowa i ewolucja gwiazd	Historia poszukiwania odpowiedzi na pytanie: dlaczego Słońce świeci? Obserwowane własności gwiazd. Opis Eulera i Lagrange'a. Równowaga hydrostatyczna. Podstawowe skale czasowe. Twierdzenie o wiriale. Podstawowe równania budowy wewnętrznej gwiazd, warunki brzegowe. Całkowanie numeryczne. Gwiazdy ciągu głównego wieku zero. Statystyki Maxwella-Boltzmana, Bosego-Einsteina, Fermiego-Diraca. Równania stanu. Rozkład Maxwella, rozkład Plancka, rozkład Fermiego-Diraca. Gaz doskonały, gaz zdegenerowany, gaz zdominowany przez ciśnienie promieniowania. Lokalna równowaga termodynamiczna. Podstawowe źródła nieprzezroczystości materii gwiazdowej, tablice OPAL, OP i Los Alamos. Reakcje jądrowe we wnętrzach gwiazd. Energia wiązania. Efekt tunelowy. Prawdopodobieństwo zajścia reakcji, pik Gamowa, tempa reakcji jądrowych i wydajność energetyczna. „Palenie” wodoru: cykl p-p (I, II, III) i CNO. „Palenie” helu: reakcje 3 α . Synteza jąder cięższych. Fotodezintegracja. Transport energii. Promieniowanie, przewodnictwo. Przybliżenie dyfuzyjne. Konwekcja. Kryterium Schwarzschilda i Ledoux. Teoria drogi mieszania. Obszary niestabilności konwekcyjnej w gwiazdach. Proste modele gwiazdowe. Budowa gwiazd ciągu głównego wieku zero. Modele politropowe: równanie Lane'a-Emdena. Relacje homologiczne. Zależność masa-jasność. Ewolucja przed ciągiem głównym: warunek niestabilności Jeansa, minimalna masa gwiazdy. Ewolucja na i po ciągu głównym. Ewolucja gwiazd górnej części ciągu głównego: granica Schönberga-Chandrasekhara, przerwa Hertzsprunga. Ewolucja gwiazd dolnej części ciągu głównego: błysk helowy. Ewolucja na gałęzi czerwonych olbrzymów i nadolbrzymów. Asymptotyczna gałąź czerwonych olbrzymów. Pulsy termiczne. Ostatnie etapy ewolucji gwiazd. Białe karły: zależność masa-promień, granica Chandrasekhara, ciąg i czas chłodzenia. Gorące podkarły typu B. Gwiazdy neutronowe, neutronizacja materii, granica Tolmana-Oppenheimera-Volkoffa. Równanie równowagi hydrostatycznej w OTW. Czarne dziury, promień Schwarzschilda. Testowanie teorii budowy wnętrz gwiazdowych i ewolucji: neutrino, gromady gwiazdowe, oscylacje gwiazdowe.
10	Ćwiczenia obserwacyjne 1	Sfera niebieska, gwiazdozbiory, współrzędne sferyczne, układ horyzontalny, godzinny, równikowy, ekliptyczny. Ruch dobowy i roczny Ziemi. Gnomon, obrotowa mapa nieba. Budowa i działanie teleskopu. Zanieczyszczenie światłem.
11	Ćwiczenia obserwacyjne 2	Studenci zapoznają się z widoczną sferą niebieską podczas nocnych obserwacji wizualnych i potrafią korzystać z map/atlasów nieba do identyfikacji widocznych obiektów. Zaznajamiają się z astronomicznymi układami współrzędnych, a także z podstawowymi instrumentami i metodami obserwacyjnymi. Planują wykonanie różnych typów obserwacji astro- i heliofizycznych (wizualnych, fotograficznych, fotometrycznych i spektroskopowych) i potrafią je wykonać. Potrafią również samodzielnie dokonać pomiarów odległości kątowych zarówno podczas obserwacji nocnych, jak i dziennych.
12	Elektryczność i magnetyzm	Elektrostatyka: ładunek elektryczny, prawo Coulomba, pole elektryczne, potencjał elektryczny, prawo Gaussa, pola kondensatory i pojemność, dielektryki w polu elektrycznym, energia pola elektrycznego. Prądy elektryczne: natężenie prądu i gęstość prądu, prawo zachowania ładunku, prawo Ohma, oporność właściwa materiałów i opór elektryczny, przewodnictwo elektryczne w metalach, elektrolitach i gazach, siła elektromotoryczna, obwody prądu stałego, prawa Kirchhoffa. Pole magnetyczne: indukcja magnetyczna, strumień pola magnetycznego, siła Lorentza, efekt Halla, siła elektrodynamiczna, źródła pola magnetycznego, prawo Ampera, prawo Biota-Savarta. Indukcja elektromagnetyczna: prawo Faradaya, reguła Lenza, prądy wirowe, generator prądu zmiennego, indukcja wzajemna i samoindukcja,

		transformator, energia pola magnetycznego. Równania Maxwella: uniwersalne prawo indukcji, prąd przesunięcia, fale elektromagnetyczne i transport energii, doświadczenie Hertza. Obwody prądu zmiennego: drgania wymuszone i rezonans w obwodach RLC, obwody prądu zmiennego, moc i energia w obwodach prądu zmiennego. Pola elektryczne i magnetyczne w ośrodkach materialnych: polaryzacja dielektryka, podatność elektryczna, piezoelektryczność i elektrostrykcja, ferroelektryki; magnetyzacja, podatność magnetyczna, paramagnetyzm, diamagnetyzm, ferromagnetyzm.
13	Elementy mechaniki teoretycznej i STW	Wprowadzenie do podstawowych pojęć fizyki teoretycznej: czasoprzestrzeń, absolutność i względność czasu i przestrzeni, równoważność układów inercjalnych. Geometria czasoprzestrzeni Galileusza. Teoretyczne podstawy mechaniki Newtona. Twierdzenie Koeniga. Praca i droga. Siły potencjalne. Prawa zachowania. Całkowanie układów jednowymiarowych. Oscylator harmoniczny tłumiony. Zagadnienie ruchu w polu sił centralnych. Prawa Keplera. Rozpraszanie w polu sił centralnych. Wprowadzenie do układów z więzami i mechanika Lagrange'a. Pojęcie symetrii i jej związku z zachowanymi wielkościami. Hamiltonian i równania Hamiltona. Całki ruchu i nawiasy Poissona. Eksperyment Michelsona-Morleya. Wprowadzenie do szczególnej teorii względności i czasoprzestrzeni Minkowskiego. Transformacje Lorentza. Kontrakcja Fitzgeralda-Lorentza, dylatacja czasu.
14	Fale	Fale mechaniczne: typy fal mechanicznych, matematyczny opis fali mechanicznej, prędkość, energia, interferencja, rezonans, dudnienia, fale stojące, fala na granicy dwóch ośrodków, efekt Dopplera, fala uderzeniowa. Fale elektromagnetyczne: natura światła, matematyczny opis fali elektromagnetycznej, prędkość, energia, widmo, odbicie i załamanie, interferencja, dyfrakcja, dyspersja, polaryzacja, zasada Huygensa-Fresnela, efekt Dopplera, optyka geometryczna, podstawowe przyrządy optyczne, kryształy dwójłomne, holografia.
15	Fizyka atomu, jądra i cząstek elementarnych	Fizyka atomu: atomowa struktura materii; nieklasyczne zjawiska i koncepcja fotonu; widma atomowe; modele atomu, model atomu Rutherforda-Bohra; atom wodoru w mechanice kwantowej – fale de Broglie'a, równanie Schrödingera; spin elektronu, subtelna struktura energetyczna atomu; atomy wieloelektronowe; atom w polu magnetycznym; promieniowanie rentgenowskie; lasery. Fizyka jądra atomowego: właściwości jąder atomowych; modele jądra atomowego; spontaniczne przemiany jądrowe; oddziaływanie promieniowania jądrowego z materią; reakcje jądrowe; rozszczepienie jąder i energetyka jądrowa; synteza jąder i energetyka termojądrowa (plazmowa); wybrane metody jądrowe fizyki fazy skondensowanej. Cząstki elementarne i fundamentalne: klasyfikacja cząstek i oddziaływań między nimi.
16	Fizyka kwantowa	Podstawowe cechy fizyki klasycznej – ciągłość, kauzalność, zasada analizy. Zjawiska łamiące zasady klasycznego opisu świata. Modele kwantowe – próg potencjału, bariera potencjału (tunelowanie cząstki), studnia potencjału, oscylator harmoniczny, model Bohra, atom wodoru (według równania Schroedingera), kwantowy moment pędu, spin cząstek, efekty Zeemana i Starka. Zespół kanoniczny i promieniowanie ciała doskonale czarnego. Atomy wieloelektronowe – układ okresowy pierwiastków.
17	Historia astronomii	Do czego ludziom potrzebna jest astronomia? Astronomia prehistoryczna. Astronomia hellenistyczna I: inspiracje, model geocentryczny. Astronomia hellenistyczna II: najważniejsze osiągnięcia, instrumenty obserwacyjne. Astronomia hellenistyczna III: „Almagest”, pokłosie. Przewrót kopernikański: „De revolutionibus”. Godni kontynuatorzy: Brahe, Kepler, Galileusz. „Philosophiae naturalis principia mathematica”, sukcesy mechaniki nieba. Reforma uniwersytetów, towarzystwa naukowe, obserwatoria astronomiczne. Astronomia gwiazd. Narodziny i rozwój astrofizyki. Towarzystwa i czasopisma

		astronomiczne. Rozwój obserwatoriów. Poznanie natury gwiazd. Kształtowanie się poglądów na budowę Galaktyki i Wszechświata. Astronomia w Polsce. Astronomia we Wrocławiu.
18	Język obcy (poziom B2)	Zasób słownictwa oraz struktury gramatyczne wybranego języka nowożytnego odpowiadające biegłości na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego. Szczegółowe programy nauczania języków nowożytnych dostępne są na stronie internetowej Studium Praktycznej Nauki Języków Obcych: https://spnjo.uwr.edu.pl/program-nauczania-jezykow-nowozytnych/ .
19	Laboratorium programowania	Rozwiązywanie zaawansowanych zagadnień astrofizycznych (analiza ciągów czasowych za pomocą metod fourierowskich oraz obsługa dużych baz danych astrofizycznych) przy użyciu odpowiednich algorytmów. Przygotowanie, uruchamianie i testowanie kodów.
20	Matematyka 1	Elementy logiki formalnej i teorii mnogości. Liczby rzeczywiste, zbiory liczbowe, funkcje elementarne, równania i nierówności. Notacja sumacyjna i wielowskaźnikowa. Ciągi, szeregi: granice ciągu, kryteria zbieżności szeregów, granice funkcji, ciągłość funkcji. Pochodne funkcji, rozwinięcia funkcji w szeregi potęgowe Taylora i Maclaurina, ekstrema, wykresy, zasady badania zmienności funkcji. Symbole nieoznaczone, twierdzenie de L'Hospitala. Całki nieoznaczone i oznaczone funkcji jednej zmiennej. Metody całkowania (przez części, podstawienie, metoda Feynmanna), wzory rekurencyjne, całkowanie funkcji trygonometrycznych, wymiernych, potęgowych, wykładniczych, logarytmicznych, warunki całkowalności, całki niewłaściwe, zastosowania geometryczne i fizyczne całek.
21	Matematyka 2	Funkcje wielu zmiennych, funkcje o wartościach wektorowych. Ciągłość i granice funkcji wielu zmiennych. Różniczkowanie funkcji wielu zmiennych, pochodna cząstkowa, pochodna kierunkowa, gradient. Pola wektorowe, dywergencja, rotacja, laplasjan. Różniczka zupełna, badanie ekstremów i ekstremów warunkowych. Geometria krzywych, równania Freneta. Całkowanie skalarnych funkcji wielu zmiennych, zamiana zmiennych. Całki krzywoliniowe, powierzchniowe i objętościowe pól skalarnych i wektorowych. Twierdzenia Greena, Stokesa i Gaussa z zastosowaniami. Elementy analizy zespolonej, pochodna zespolona, pojęcie funkcji analitycznej. Własności funkcji analitycznych, twierdzenie Cauchy'ego, wzór całkowy Cauchy'ego, twierdzenie Liouville'a, szereg Laurenta. Osobliwości i reszta, twierdzenie o reszcie i jego zastosowania do obliczania całek funkcji rzeczywistych.
22	Matematyka 3	Równania różniczkowe zwyczajne i funkcje specjalne Legendre'a, Bessela, Hermite'a. Operatory różniczkowe na przestrzeniach funkcji. Wielomiany ortogonalne w przestrzeniach liniowych funkcji z określonym iloczynem skalarnym. Szeregi trygonometryczne Fouriera i transformata Fouriera. Równania różniczkowe cząstkowe, metody rozwiązywania i przykładowe zastosowania w fizyce: równania Laplace'a, Poissona, przewodnictwa cieplnego, falowe i Schroedingera. Elementy teorii dystrybucji, delta Diraca.
23	Mechanika	Kinematyka ruchu postępowego i obrotowego. Dynamika punktu materialnego. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej. Energia, pęd i moment pędu – zasady zachowania, Siły sprężystości i tarcia. Ciężenie powszechne. Ruch w polu sił centralnych. Ruch w nieinercyjnych układach odniesienia. Ruch drgający. Ciecze i ciała stałe. Mechanika cieczy i gazów. Podstawy szczególnej teorii względności.
24	Metody matematyczne w astronomii	Testowanie różnych hipotez statystycznych, w tym normalności rozkładu danych obserwacyjnych i równości wariancji. Identyfikowanie i usuwanie obserwacji odstających. Generowanie liczb pseudolosowych metodami Monte Carlo – metoda kwantylowa, metoda oparta na Centralnym Twierdzeniu Granicznym, Metoda Boxa-Mullera. Analiza regresyjna wielowymiarowa dla modeli liniowych – algorytmy doboru zmiennych do modelu. Wykorzystanie symulacji Monte Carlo do generacji wartości krytycznych

		dla różnych rozkładów. Analiza wariancji. Wyznaczanie wartości parametrów i ich błędów za pomocą analizy Bayesowskiej. Podstawy programowania w języku R i zastosowanie R do analizy statystycznej oraz graficznej prezentacji danych.
25	Metody numeryczne	Teoria błędów pomiarowych. Dokładność w obliczeniach numerycznych. Algorytmy rozwiązywania układów równań liniowych. Rozkład LU, eliminacja Gaussa, metody iteracyjne. Metody lokalizacji miejsc zerowych. Metoda połowienia, Newtona, siecznych, metody hybrydowe. Rozwiązywanie układów równań nieliniowych metodą iteracyjną. Interpolacja i aproksymacja. Wzór interpolacyjny Newtona, Lagrange'a, Hermita, interpolacja funkcjami sklejanymi. Problem szacowania błędów interpolacji. Aproksymacja metodą najmniejszych kwadratów. Różniczkowanie numeryczne. Poszukiwanie pochodnej funkcji zadanej wzorem oraz tablicą wartości. Algorytm Richardsona. Szacowanie błędów. Całkowanie numeryczne wzorami Newtona-Cotesa, Gaussa, metodą Romberga, metodą adaptacyjną. Szacowanie błędów. Równania różniczkowe zwyczajne z warunkami początkowymi, metoda Eulera, zastosowanie wzoru Taylora, metoda Rungego-Kutty rzędu IV, metoda adaptacyjna Rungego-Kutty-Fehlberga, metody wielokrokowe. Równania różniczkowe zwyczajne sztywne. Zagadnienie brzegowe: metoda strzałów, metoda różnic skończonych, kolokacja. Numeryczne rozwiązywanie układów równań różniczkowych zwyczajnych. Równania różniczkowe cząstkowe, metody różnic skończonych, metoda Galerkina, metoda Laxa-Wendroffa, charakterystyki. Układy równań różniczkowych cząstkowych. Rozwiązywanie numeryczne równań całkowych. Metoda kolejnych przybliżeń, metoda sum skończonych, metoda jąder zdegenerowanych, metoda kolokacji, metoda najmniejszych kwadratów, metoda momentów. Metody lokalizacji ekstremów funkcji. Złoty podział, interpolacja kwadratowa, metoda Newtona, metody hybrydowe. Programowanie liniowe, metoda sympleks. Metody poszukiwania ekstremów funkcji wielu zmiennych: gradientowe i bezgradientowe.
26	Ochrona własności intelektualnej	Pojęcie, zakres i systematyka wewnętrzna prawa własności intelektualnej. Źródła prawa krajowego i międzynarodowego. Konwencja paryska, berneńska, TRIPS i in. Ogólne pojęcie utworu oraz rodzaje utworów. Podmioty praw do utworów. Współdziałanie twórcze. Autorskie prawa osobiste i ich ochrona. Ochrona wizerunku, adresata korespondencji oraz źródła informacji wykorzystanej w utworze. Autorskie prawa majątkowe i ich ochrona. Dozwolony użytek z utworów i przedmiotów praw pokrewnych. Zbiorowe zarządzanie prawami autorskimi i pokrewnymi. Przeniesienie praw autorskich oraz licencje na korzystanie z utworów i przedmiotów praw pokrewnych – ogólne zasady. Przedmioty praw pokrewnych i bazy danych <i>sui generis</i> . Urząd Patentowy i rzecznicy patentowi – rola w ochronie przedmiotów własności intelektualnej. Projekty wynalazcze i ich prawna ochrona. Znaki towarowe i geograficzne oznaczenia pochodzenia towarów oraz ich ochrona. Ogólne zasady postępowania przed Urzędem Patentowym RP w celu uzyskania ochrony przedmiotów własności przemysłowej.
27	Podstawy astronomii 1	Ziemia: kształt i rozmiar, współrzędne geograficzne. Sfera niebieska: pojęcie sfery niebieskiej, układy współrzędnych (horyzontalnych, równikowych, ekliptycznych), rotacja Ziemi i pozorny ruch sfery niebieskiej (górowania, dołowania wschody i zachody ciał niebieskich), zależność widoku i obrotu sfery niebieskiej od szerokości geograficznej, trójkąt paralaktyczny. Gwiazdozbiory, mapy i katalogi: gwiazdozbiory i asteryzmy, mapy i atlasy nieba, katalogi gwiazd i innych obiektów, nazwy gwiazd. Czas: czasy lokalne (gwiazdowy, prawdziwy słoneczny i średni słoneczny), czas strefowy, podstawowe astronomiczne jednostki czasu, kalendarz. Fotometria: skala jasności magnitudo, prawo Pogsona, wielkości fizyczne używane do ilościowego pomiaru w fotometrii astronomicznej, radiometrii i fotometrii,

		filtry i systemy fotometryczne. Wpływ atmosfery na obserwacje astronomiczne: ekstynkcja, masa atmosferyczna, refrakcja i kąt refrakcji, seeing, scyntylacja. Zjawiska w układzie Ziemia – Słońce: zmierzchy i świty, roczny ruch Słońca na niebie, ekliptyka, strefy oświetlenia Ziemi, stała słoneczna i nasłonecznienie, klimatyczne strefy Ziemi. Układ planetarny: prawa Keplera, paralaksa geocentryczna, ruch planet na niebie (konfiguracje planet, okresy synodyczne), Księżyc (ruch orbitalny i na niebie, libracja optyczna, siły pływowe, mapy i atlasy Księżyca), precesja osi obrotu Ziemi, zaćmienia Słońca i Księżyca, tranzyty i zakrycia.. Gwiazdy: aberracja światła, paralaksa heliocentryczna, ruchy własne gwiazd, moc promieniowania i jasność absolutna, promieniowanie elektromagnetyczne, ciało doskonale czarne, rozkład Plancka, prawo przesunięć Wiena i prawo Stefana-Boltzmann, temperatura efektywna, fotometria wielobarwna, jasność i poprawka bolometryczna, ekstynkcja międzygwiazdowa, widma gwiazd (procesy formujące widmo, linie widmowe, klasyfikacja widmowa i klasyfikacja MK), diagram Hertzsprung-Russella, rozmiary i masy gwiazd, układy podwójne, zależność masa jasność.
28	Podstawy astronomii 2	Budowa i zjawiska aktywne na Słońcu. Podstawowe równania budowy wewnętrznej gwiazd. Źródła energii gwiazd – potencjalna energia grawitacyjna, reakcje jądrowe. Transport energii z wnętrza gwiazd – transport promienisty, transport konwektywny. Budowa gwiazd ciągu głównego – małomasywnych i masywnych. Konstrukcja modeli gwiazd. Ewolucja gwiazd małomasywnych i masywnych, ewolucja po ciągu głównym, mgławice planetarne, supernowe. Końcowe etapy ewolucji gwiazd – białe karły, gwiazdy neutronowe, czarne dziury. Ewolucja gwiazd w układach podwójnych. Gwiazdy zmienne. Gromady gwiazd – kuliste i otwarte. Wykresy HR dla gromad. Droga Mleczna – kształt i rozmiary, populacje gwiazdowe, różniczkowa rotacja Galaktyki, struktura spiralna. Lokalna Grupa Galaktyk. Galaktyki spokojne i aktywne – klasyfikacja, rozkład masy i jasności w galaktykach normalnych, galaktyki aktywne, modele AGN. Gromady galaktyk. Struktura Wszechświata. Elementy kosmologii, Wielki Wybuch. Powstawanie pierwiastków we Wszechświecie – pierwotna nukleosynteza, powstawanie cięższych pierwiastków.
29	Podstawy fizyki 1	Wielkości fizyczne i ich charakter; wielkości wektorowe i podstawowe operacje na wektorach; opis ruchu po prostej, na płaszczyźnie i w przestrzeni; zasady dynamiki i ich zastosowanie do analizy ruchu; inercjalne i nieinercjalne układy odniesienia; siły bezwładności; praca, energia kinetyczna i potencjalna, zasada zachowania energii mechanicznej i jej stosowanie; zasada zachowania pędu; zderzenia i ich analiza; dynamika bryły sztywnej; zasada zachowania momentu pędu i jej zastosowania; prawo grawitacji; prawa Keplera; ruch satelitów; pole grawitacyjne; ruch harmoniczny prosty; drgania tłumione i wymuszone, rezonans mechaniczny; składanie drgań; statyka i dynamika płynów; temperatura i ciepło; transport ciepła; gaz doskonały i jego model; przemiany gazowe; I i II zasada termodynamiki.
30	Podstawy fizyki 2	Ładunki elektryczne a struktura materii, przewodniki i izolatory. Oddziaływania ładunków, prawo Coulomba. Pole elektryczne: natężenie pola, linie pola, strumień elektryczny. Prawo Gaussa i jego zastosowania. Wyznaczanie natężenia pola elektrycznego wytworzonego przez dyskretne i ciągłe rozkłady ładunków. Ładunek punktowy i dipol elektryczny w jednorodnym i niejednorodnym polu elektrycznym. Zachowawczość pola elektrostatycznego, energia potencjalna układu ładunków. Potencjał elektrostatyczny, związki pomiędzy potencjałem a natężeniem pola, obliczanie potencjału dla różnych rozkładów ładunku. Rozkład ładunków na przewodnikach, przewodnik w polu elektrycznym, metoda obrazów. Kondensatory, pojemność. Energia pola elektrycznego. Dielektryk w polu elektrycznym, pole elektryczne w ośrodku dielektrycznym, indukcja elektryczna i polaryzacja ośrodka. Prąd elektryczny: model Drudego przewodnictwa metali, natężenie i gęstość prądu, opór i oporność przewodnika, prawo

		Ohma, obwody prądu stałego, reguły Kirchhoffa i ich zastosowania, przemiany energetyczne w obwodach. Pole magnetyczne: indukcja magnetyczna, linie pola, strumień magnetyczny, prawo Gaussa dla magnetyzmu. Siła Lorentza, siła magnetyczna działająca na przewodnik z prądem, dipol magnetyczny w jednorodnym i niejednorodnym polu magnetycznym. Efekt Halla. Źródła pola magnetycznego: prawa Biota-Savarta i Ampera i ich zastosowania. Pole magnetyczne w ośrodku, natężenie pola magnetycznego i magnetyzacja ośrodka, materiały magnetyczne: para-, dia- i ferromagnetyki. Indukcja elektromagnetyczna, prawo Faradaya i jego zastosowania, indukowane pole elektryczne. Indukcyjność i samoindukcja, cewka indukcyjna. Energia pola magnetycznego. Obwody prądu zmiennego: reaktancje elementów obwodu i moc na nich wydzielana, rezonans w obwodzie RLC, dobroć obwodu. Równania Maxwella w postaci całkowitej i różniczkowej.
31	Podstawy fizyki 3	Fale rozchodzące się na strunie i na sprężynie, fale podłużne w prętach, fale dźwiękowe w gazie, fale na powierzchni wody, fale elektromagnetyczne. Matematyczny opis i analiza fali w jednym wymiarze: funkcja falowa, klasyczne równanie falowe i jego rozwiązania, zasada superpozycji, fala biegnąca i stojąca, dudnienia, zjawisko Dopplera, dyspersja, prędkość fazowa, prędkość grupowa. Częstota własne i drgania własne: przykłady układów o jednym, dwóch i nieskończonej liczbie stopni swobody, rezonatory. Wnioski z równań Maxwella dla elektromagnetycznej fali płaskiej: polaryzacja, energia i ciśnienie fali elektromagnetycznej, widmo elektromagnetyczne. Optyka geometryczna. Zasada Huygensa, zasada Fermata, polaryzacja światła. Interferencja fal od dwóch źródeł punktowych, rzeczywistych i pozornych, interferencja w cienkich warstwach, interferometri. Dyfrakcja w przybliżeniu Fraunhofera, siatka dyfrakcyjna. Analiza interferencji i dyfrakcji za pomocą diagramów wskazowych; zastosowanie liczb zespolonych i transformaty Fouriera.
32	Podstawy fizyki 4	Podstawy teorii względności. Fotony, elektrony i atomy – absorpcja i emisja fotonów, widma, model atomu Bohra. Falowa natura cząstek – fale de Broglie’a, dyfrakcja elektronów, funkcje falowe i równanie Schrödingera. Cząstka w pudle potencjału, tunelowanie. Atom wieloelektronowy, spin elektronu, efekt Zeemana. Struktura ciał stałych, wiązania, swobodne elektrony, półprzewodniki. Własności jąder atomowych – promieniotwórczość, reakcje jądrowe, rozszczepienie i synteza jąder atomowych. Cząstki elementarne i fundamentalne (leptony, kwarki). Przyspieszacze i detektory.
33	Podstawy przedsiębiorczości	Podstawy matematyki finansowej: wartość pieniądza w czasie, podstawowe funkcje finansowe (FV, PV, FVA, PVA), obliczanie rat kredytu (raty równe i równe raty kapitałowe), szacowanie opłacalności inwestycji (NPV, IRR, okres zwrotu nakładów inwestycyjnych). Inflacja i deflacja. Podstawowe instrumenty finansowe: bony skarbowe, obligacje, akcje – stopa zwrotu i ryzyko. Elementarne zasady budowy portfela inwestycyjnego. Fundusze powiernicze. Opodatkowanie przedsiębiorstw w Polsce – zarys problematyki. Pracownik i zleceniobiorca w firmie – rozliczanie wynagrodzeń. Podstawy rachunkowości finansowej: podstawowe pojęcia (m.in. przychód, koszt uzyskania przychodu, dochód, aktywa, pasywa), podstawowe dokumenty sprawozdawczości finansowej, rodzaje kosztów. Elementy analizy finansowej, rentowność, płynność, sprawność gospodarowania i odpowiednie wskaźniki. Próg rentowności firmy. Dźwignie: operacyjna, finansowa i całkowita. Pojęcie strategii, rola zarządzania strategicznego. Elementy analizy strategicznej: analiza SWOT/TOWS. Strategie w zarządzaniu finansami. Pojęcie kultury organizacyjnej, wpływ kultury organizacyjnej na zarządzanie strategiczne. Wprowadzenie do problematyki zarządzania zmianą, zachowania pracowników w sytuacji zmiany. Jakość w przedsiębiorstwie – wprowadzenie do

		statystycznej kontroli jakości. Podstawy planowania finansowego. Podstawowe zasady sporządzania biznesplanu.
34	Praca licencjacka i egzamin licencjacki	Przygotowanie pracy licencjackiej zgodnie z wymaganiami stawianymi pracom dyplomowym na studiach I stopnia astronomii. Po uzyskaniu pozytywnej oceny pracy dyplomowej – zdanie egzaminu licencjackiego na zasadach określonych w warunkach ukończenia studiów na kierunku astronomia.
35	Pracownia astronomiczna	W ramach zajęć studenci przeprowadzają analizę i interpretację danych pomiarowych zgromadzonych za pomocą różnych instrumentów. Do analizy wykorzystywane jest specjalistyczne oprogramowanie. Dane obserwacyjne dotyczą ciał Układu Słonecznego oraz obiektów astrofizycznych. Główne treści programowe zajęć to: opracowanie i analiza danych pomiarowych, analiza błędów i niepewności towarzyszących pomiarom oraz ich wpływu na wyniki końcowe i wnioski, wizualizacja danych pomiarowych i wyników analizy w postaci tabel i wykresów, sporządzanie sprawozdań z wykonanej pracy.
36	Pracownia komputerowa metod matematycznych 1	Podstawowe komendy programu Wolfram Mathematica niezbędne w najprostszym użytkowaniu. Rutyny wizualizacyjne, rysowanie funkcji itp. oraz niezbędne elementy języka programowania Wolfram Mathematica. Obliczanie granic ciągów i badanie ich zbieżności. Obliczanie sum oraz badanie przebiegu zbieżności szeregów. Obliczanie granic funkcji (lewostronnych, prawostronnych i obustronnych). Znajdowanie miejsc zerowych funkcji, określanie dziedziny i obrazu funkcji. Rozwiązywanie równań z jedną zmienną. Obliczanie funkcji odwrotnych. Obliczanie pochodnych, całek, rozwinięcie funkcji w szeregi. Badanie przebiegu zmienności funkcji. Funkcje parametryczne jednej zmiennej. Liczby zespolone i ich podstawowe własności. Elementy geometrii 3D, tożsamości trygonometryczne, iloczyn wektorowy oraz skalarny. Wizualizacja wielokątów w przestrzeni 2D oraz brył w przestrzeni 3D. Macierze: mnożenie macierzy, wyznacznik, rząd, minory, wartości własne i wektory własne, macierze odwrotne. Rozwiązywanie równań liniowych.
37	Pracownia komputerowa metod matematycznych 2	Podstawowe komendy i funkcje programu Wolfram Mathematica. Równania różniczkowe zwyczajne, analiza i wizualizacja rozwiązań. Analityczne i numeryczne rozwiązywanie podstawowych równań różniczkowych cząstkowych, równania Poissona, równania przewodnictwa oraz równania falowego, z zadanymi warunkami brzegowymi i początkowymi. Funkcje specjalne. Geometria. Jednowymiarowa analiza Fourierowska. Komendy w postaci Free-Form.
38	Praktyka heliofizyczna	Zapoznanie z instrumentami heliofizycznymi znajdującymi się w Obserwatorium Astronomicznym w Białkowie (Duży Koronograf, Teleskop Horyzontalny, spektrograf obrazujący MSDP). Wykonanie obserwacji spektroskopowych zjawisk aktywnych na Słońcu. Zapoznanie z metodami redukcji danych obserwacyjnych oraz ich analizą. Samodzielne opracowanie danych spektroskopowych MSDP i przeprowadzenie analizy spektroskopowo-fotometrycznej uzyskanych wyników. Zapoznanie z charakterystyką zjawisk aktywnych obserwowanych na Słońcu.
39	Prezentacja wyników naukowych	Podstawy profesjonalnego składu tekstu. Grafika rastrowa i wektorowa. Formatowanie i zapisywanie wykresów w różnych formatach, np. ps (gnuplot). Tworzenie artykułów zawierających tekst oraz grafikę za pomocą pakietu LaTeX: czcionka, strona, składanie wierszy, makra i otoczenia, wyliczenia, cytowania, tabele, obiekty ruchome, wzory matematyczne. Formatowanie i zapisywanie artykułów w postaci zbiorów pdf, ps.
40	Seminarium licencjackie 1/2	Prezentacja i dyskusja zagadnień związanych z tematami realizowanych prac licencjackich. Prezentacja na temat „Najciekawsze odkrycie w astronomii”. Prezentacja typu „Astronews”. Problematyka właściwego

		korzystania ze źródeł, krytycznej analizy treści, sposobów i technik prezentacji zagadnień, przekazu ze zrozumieniem, rzeczowej argumentacji, poprawności wnioskowania oraz prowadzenia dyskusji naukowej.
41	Seminarium z astronomii	Wiodące tematy badawcze we współczesnej astronomii. Sposoby referowania wyników prac naukowych innych osób. Techniki wystąpień ustnych.
42	Statystyka matematyczna	Podstawy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej oraz zastosowanie praktycznych metod analizy danych astronomicznych: Przestrzeń zdarzeń elementarnych. Definicje prawdopodobieństwa. Własności prawdopodobieństwa. Prawdopodobieństwo warunkowe, całkowite i wzór Bayesa. Dystrybuanta i jej własności. Typy zmiennych losowych. Najważniejsze skokowe i ciągłe rozkłady prawdopodobieństwa. Charakterystyki liczbowe zmiennych losowych. Dwuwymiarowa zmienna losowa, rozkłady brzegowe, niezależność zmiennych losowych. Momenty dwuwymiarowych zmiennych losowych i ich własności. Funkcje jedno- i dwuwymiarowych zmiennych losowych. Warunkowy rozkład prawdopodobieństwa. Momenty warunkowych zmiennych losowych. Linie regresji I i II rodzaju. Związek stosunku korelacyjnego i współczynnika korelacji. Interpretacja współczynnika korelacji za pomocą prostych regresji. Rodzaje zbieżności zmiennych losowych. Prawa Wielkich Liczb. Nierówność Czebyszewa. Funkcje charakterystyczne, definicja, własności, podstawowe twierdzenia. Twierdzenia graniczne. Dystrybuanta empiryczna. Twierdzenie Kołmogorowa. Twierdzenie Fishera i jego konsekwencje. Estymacja punktowa i przedziałowa. Przedziały ufności dla wartości oczekiwanej i wariancji dla jednej i wielu prób. Metoda największej wiarygodności. Testowanie hipotez statystycznych. Rodzaje hipotez, błędy I i II-go rodzaju i ich wpływ na sformułowanie hipotez statystycznych i konstrukcję zbioru krytycznego. Testy zgodności, niezależności i jednorodności. Testy istotności współczynników regresji. Sprawdzanie adekwatności modelu regresyjnego. Testowanie wartości oczekiwanej i wariancji dla jednej i dwóch prób. Wstęp do analizy Bayesowskiej.
43	Szkolenie wstępne z BHP i ochrony p-poż.	Podstawowe pojęcia dotyczące bhp. Czynniki szkodliwe dla zdrowia lub uciążliwe występujące podczas zajęć studenckich. Akty prawne dotyczące bhp w szkołach wyższych. Postępowanie w razie zaistnienia wypadku. Podstawowe zasady udzielania pierwszej pomocy. Zagrożenia bhp i p-poż. występujące w miejscu nauki. Organizacja ochrony przeciwpożarowej. Przyczyny powstawania i rozprzestrzeniania się pożarów. Podstawowe obowiązki i zadania wynikające z przepisów w zakresie zapobiegania pożarom i na wypadek powstania pożaru. Zasady stosowania i umiejętności posługiwania się sprzętem i urządzeniami pożarniczymi.
44	Teoria atmosfer gwiazdowych	Definicja atmosfery gwiazdowej. Opis makroskopowy pola promieniowania. Równanie transportu promieniowania. Powstawanie linii widmowych. Budowanie modelu atmosfery – podstawowe założenia. Koncepcja lokalnej równowagi termodynamicznej (LTE). Równania równowagi promienistej i hydrostatycznej. Atmosfera szara w równowadze promienistej i średnie współczynniki nieprzezroczystości. Przybliżenie dyfuzyjne. Metoda Chandrasekhara. Konwekcja i teoria drogi mieszania. Równania opisujące strukturę atmosfery płasko-równoległej przy założeniu LTE. Wprowadzenie do NLTE. Dane atomowe. Mechanizmy poszerzenia współczynnika absorpcji. Modelowanie widma promieniowania gwiazd.
45	Termodynamika	Podstawowe pojęcia termodynamiczne. Pierwsza zasada termodynamiki, ciepło molowe gazów, procesy izoparametryczne. Równanie gazu doskonałego i rzeczywistego (równanie van der Waalsa), parametry krytyczne i skraplanie gazów. Cykl Carnota, sprawność silnika cieplnego, sformułowanie drugiej zasady

		<p>termodynamiki. Bezwzględna skala temperatur. Ciepło zredukowane, entropia, związek entropii z prawdopodobieństwem termodynamicznym. Potencjały termodynamiczne. Przemiany fazowe. Reguła faz Gibbsa. Kinetyczna teoria gazów, prawdopodobieństwo termodynamiczne. Zespoły statystyczne: mikrokanoniczny, kanoniczny, wielki kanoniczny. Ruchy Browna. Statystyka Maxwella-Boltzmann – przestrzeń fazowa, gęstość stanów, rozkład Boltzmann. Rozkład Maxwella (szybkość średnia, prędkość najbardziej prawdopodobna, prędkość średnia kwadratowa), doświadczenie Sterna. Zasada ekwipartycji energii. Zjawiska transportu w gazach rozrzedzonych: dyfuzja i przewodnictwo cieplne. Siły spójności, napięcie powierzchniowe, włoskowatość.</p>
46	Tworzenie stron internetowych	<p>Podstawy trzech najważniejszych technologii webowych niezbędnych współcześnie do tworzenia stron internetowych: HTML (hipertekstowy język znaczników), CSS (kaskadowe arkusze stylów), Javascript (skryptowy język programowania).</p>
47	Wakacyjna praktyka obserwacyjna	<p><u>Blok astrofizyczny</u> Planowanie obserwacji. Obserwacje CCD gromad otwartych i kulistych. Kalibracja i redukcja danych (fotometria aperturowa i profilowa oraz pośrednia metoda odejmowania obrazów). Wprowadzenie do IRAF-a i DAOPHOT-a. Transformacja jasności do systemu standardowego. Sporządzanie i interpretacja wykresów kolor-jasność oraz wykresu dwuwskaznikowego gromad gwiazd. Poszukiwanie gwiazd zmiennych: analiza krzywych blasku, inne metody poszukiwania gwiazd zmiennych (metoda odejmowania obrazów). Analiza fourierowska uzyskanych krzywych blasku. Kalibracja i redukcja spektroskopowych obserwacji archiwalnych wybranych gwiazd (bias, dark, flatfield) programem IRAF. Wyznaczanie prędkości radialnych analizowanych gwiazd metodą korelacji krzyżowej programem IRAF. Zagadnienia dotyczące budowy i ewolucji gwiazd. Wstęp do asterosejsmologii. Astrofotografia. Wyznaczanie refrakcji atmosferycznej (warsztat).</p> <p><u>Blok heliofizyczny</u> Zapoznanie z podstawowymi instrumentami obserwacyjnymi – budowa, działanie, zasada obsługi i bezpieczeństwo obserwatorów. Wstęp do fizyki Słońca, zjawiska aktywne na Słońcu. Proste patrolowe obserwacje heliofizyczne przy użyciu teleskopu horyzontalnego, filtrogramy protuberancji i rozbłysków. Obserwacje filtrogramowe protuberancji i obszarów aktywnych prowadzone Dużym Koronografem. Obserwacje zjawisk aktywnych (erupcje protuberancji, rozbłyski) spektrografem obrazującym MSDP. Udział w bieżących programach obserwacyjnych. Metody opracowania obserwacji heliofizycznych – redukcja samodzielnie wykonanych obserwacji. Samodzielna praca na zredukowanych obrazach i widmach. Wyznaczanie podstawowych parametrów plazmy koronalnej z obserwacji rentgenowskich – praca na danych satelitarnych. Satelitarne obserwacje źródeł promieniowania rentgenowskiego przy użyciu apertur kodowanych. Ćwiczenia dotyczące rekonstrukcji obrazów rentgenowskich Mgławicy Krab i rozbłysków słonecznych, fotometrii i analizy zmian położenia źródeł w funkcji czasu oraz energii. Analiza widm promieniowania rentgenowskiego przy użyciu pakietu OSPEX – bez i z rozdzielczością przestrzenną na przykładzie obserwacji RHESSI i FERMI. Obserwacja Słońca w zakresie EUV i SXR. Wpływ ewolucji Słońca na Ziemię. Analiza danych z instrumentu AIA na satelicie SDO – wyznaczenie parametrów geometrycznych i kinematycznych zjawisk aktywnych obserwowanych w zakresie EUV.</p>
48	Wprowadzenie do programowania w IDL	<p>Przedstawienie podstawowych cech języka IDL oraz platformy SSW przeznaczonych do zastosowań naukowych. Praktyczne ćwiczenia z programowania oraz optymalizacji kodu. Zapoznanie z nowoczesnymi</p>

		i efektywnymi metodami programowania w języku interpretowanym. Tworzenie oprogramowania dedykowanego do konkretnych zagadnień z astronomii oraz wizualizacji wyników obliczeń/symulacji.
49	Wprowadzenie do programowania w Pythonie	Zaznajomienie z istniejącymi modułami języka Python ze szczególnym uwzględnieniem narzędzi dedykowanych do zastosowań naukowych. Uzyskanie podstawowej wiedzy na temat optymalizacji kodu oraz obowiązujących standardów języka Python.
50	Wstęp do algebry	Liczby zespolone i działania na nich, wzory Moivre'a, pierwiastki rzeczywiste i zespolone wielomianów drugiego i trzeciego stopnia. Macierze i działania na macierzach, macierze symetryczne, ortogonalne, unitarne, hermitowskie. Pojęcie grupy i ciała z przykładami. Elementy teorii permutacji-cykle, inwersje, pojęcie parzystości permutacji. Wyznacznik macierzy i jego własności, macierz odwrotna, minory macierzy. Macierzowy zapis układu równań liniowych, wzory Cramera. Wektory w trzech wymiarach. Iloczyn skalarny, iloczyn wektorowy. Rzeczywiste przestrzenie wektorowe. Liniowa niezależność wektorów, baza i wymiar przestrzeni liniowej. Rząd macierzy. Rozwiązywanie dowolnych układów równań liniowych, twierdzenie Kroneckera-Capelli. Wartości własne i wektory własne macierzy. Macierze podobne, diagonalizacja macierzy. Diagonalizacja form kwadratowych i hermitowskich. Przekształcenia liniowe i ich macierzowa realizacja w zadanej bazie. Rzeczywiste i zespolone przestrzenie liniowe z iloczynem skalarnym. Operatory symetryczne i ortogonalne, hermitowskie i unitarne.
51	Wstęp do fizyki Słońca	Słońce jako gwiazda. Ewolucja Słońca. Budowa wewnętrzna Słońca, rozkład parametrów fizycznych i składu chemicznego plazmy słonecznej. Procesy generacji energii we wnętrzu Słońca (cykle termojądrowe, neutrino słoneczne, zmiany mocy promieniowania w różnych skalach czasowych i przedziałach widma, stała słoneczna). Makroskopowe ruchy materii we wnętrzu Słońca (strefa konwektywna, rotacja różnicowa, przepływ południkowy, aktywne długości). Plamy słoneczne (fenomenologia, budowa, prawa opisujące, mapy synoptyczne, klasyfikacje grup plam). Konwekcja w różnych skalach przestrzennych. Oddziaływanie pole magnetyczne – plazma: podstawy magnetohydrodynamiki zjawisk słonecznych. Dynamo słoneczne. Budowa chromosfery słonecznej, semi-empiryczne modele atmosfery. Drobnoskalowe struktury magnetyczne: spikule, fibryle, dywan magnetyczny. Protuberancje słoneczne: budowa, ewolucja, podział, mechanizmy fizyczne. Rozbłyski słoneczne: przebieg, klasyfikacja, energetyka, modele, modelowanie numeryczne, wyniki obserwacji satelitarnych. Koronalne wyrzuty materii: własności, związki z rozbłyskami i erupcjami protuberancji, wpływ na stan przestrzeni międzyplanetarnej. Wiatr słoneczny: mechanizm generacji, własności, oddziaływanie z magnetosferami i jonosferami planet. Związki Ziemia-Słońce, bilans energetyczny Ziemi, związki klimatu z aktywnością Słońca. Podstawowe naziemne instrumenty obserwacyjne heliofizyki. Najważniejsze heliofizyczne eksperymenty satelitarne.
52	Wstęp do systemów operacyjnych	Ogólne informacje o systemach operacyjnych, zalety systemu linux. Struktura systemu plików i katalogów, operacje na plikach i katalogach. Potoki, strumienie, aliasy, montowanie urządzeń. Przegląd najważniejszych programów użytkowych: pakiety biurowe, przeglądarki internetowe, przeglądarki plików. Zarządzanie prawami własności i dostępu. Edytor tekstu Vi. Edytor strumieniowy Sed. Archiwizacja i kompresja plików. Zarządzanie procesami. Uzyskiwanie informacji o systemie, podstawowe polecenia administracyjne. Przydatne programy. Nauka instalacji pakietów. Powłoki, zmienne środowiskowe. Podstawowe protokoły internetowe. Tworzenie skryptów. Podstawy AWK. Program gnuplot.

PROGRAM STUDIÓW

ASTRONOMIA, STUDIA STACJONARNE I STOPNIA, TOK A ¹																			
NAZWA PRZEDMIOTU	sposób weryfikacji (semestr)	łączny wymiar godzinowy	forma realizacji zajęć				ECTS	ROZKŁAD OBCIĄŻEŃ (GODZINY/ECTS) W KOLEJNYCH SEMESTRACH											
			WYK	K/ĆW	LAB	SEM		I ROK				II ROK				III ROK			
								SEMESTR I		SEMESTR II		SEMESTR III		SEMESTR IV		SEMESTR V		SEMESTR VI	
								godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS
PRZEDMIOTY OBOWIĄZKOWE																			
Mechanika ¹	E/Z (I)	135	60	75			10	135	10										
Podstawy astronomii 1	E/Z (I)	60	30	30			5	60	5										
Wstęp do algebry	E/Z (I)	90	45	45			6	90	6										
Analiza matematyczna 1 ¹	E/Z (I)	105	45	60			8	105	8										
Termodynamika ¹	E/Z (II)	60	30	30			4			60	4								
Podstawy astronomii 2	E/Z (II)	60	30	30			4			60	4								
Pracownia astronomiczna	Z (II)	30			30		3			30	3								
Ćwiczenia obserwacyjne 1 ²	Z (II)	15					2			15	2								
Analiza matematyczna 2 ¹	E/Z (II)	120	60	60			8			120	8								
Algorytmy i programowanie	E/Z (II)	60	30	30			4			60	4								
Wstęp do systemów operacyjnych	Z (II)	30			30		2			30	2								
Ochrona własności intelektualnej	Z (II)	15	15				1			15	1								
Elektryczność i magnetyzm ¹	E/Z (III)	120	60	60			8					120	8						
Astrofizyka obserwacyjna 1	E/Z (III)	60	30	30			4					60	4						
Wstęp do fizyki Słońca	E/Z (III)	60	30	30			5					60	5						

Ćwiczenia obserwacyjne 2 ²	Z (III)	15					2					15	2						
Analiza matematyczna 3 ¹	E/Z (III)	90	45	45			6					90	6						
Laboratorium programowania	Z (III)	60			60		4					60	4						
Fale ¹	E/Z (IV)	75	45	30			5						75	5					
Fizyka kwantowa	E/Z (IV)	60	30	30			5						60	5					
Astrofizyka obserwacyjna 2	E/Z (IV)	60	30	30			4						60	4					
Budowa i ewolucja gwiazd	E/Z (IV)	60	30	30			5						60	5					
Wakacyjna praktyka obserwacyjna ²	Z (IV)	120					4						120	4					
Statystyka matematyczna	Z (IV)	90	45	45			5						90	5					
Fizyka atomu, jądra i cząstek elementarnych ¹	E/Z (V)	60	30	30			5								60	5			
Astrofizyka układów planetarnych	E/Z (V)	60	36	24			5								60	5			
Metody numeryczne	E/Z (V)	75	30	45			5								75	5			
Seminarium licencjackie 1	Z (V)	15				15	2								15	2			
Teoria atmosfer gwiazdowych	E/Z (VI)	60	30	30			5										60	5	
Metody matematyczne w astronomii	Z (VI)	45			45		3										45	3	
Podstawy przedsiębiorczości	Z (VI)	60	30	30			4										60	4	
Seminarium licencjackie 2	Z (VI)	15				15	2										15	2	
Praca licencjacka i egzamin licencjacki ³	E (VI)						10											10	
Szkolenie wstępne z BHP i ochrony p-poż.	Z (I)	4	E-LEARNING				0	4	0										
Język obcy (poziom B2) ⁴	E (V)	180		180			12					60		60		60	12		
Wychowanie fizyczne ⁵	Z (V,VI)	60		60			0								30	0	30	0	

PRZEDMIOTY UZUPEŁNIAJĄCE DO WYBORU ^{6,7}																			
Pracownia komputerowa metod matematycznych 1	Z (II)	30			30		2			30	2								
Pracownia komputerowa metod matematycznych 2	Z (III)	30			30		2					30	2						
Elementy mechaniki teoretycznej i STW	E/Z (III)	60	30	30			5					60	5						
Wprowadzenie do programowania w IDL	Z (IV)	30			30		2							30	2				
Wprowadzenie do programowania w Pythonie	Z (IV)	30			30		2							30	2				
Bazy danych astronomicznych	Z (V)	30			30		2									30	2		
Prezentacja wyników naukowych	Z (V)	30			30		2									30	2		
Tworzenie stron internetowych	Z (VI)	30			30		2											30	2
Historia astronomii	Z (VI)	45	30	15			3											45	3
Seminarium z astronomii	Z (VI)	30				30	2											30	2
Praktyka heliofizyczna ²	Z (VI)	24					1											24	1
ŁĄCZNIE (tok A)		2476 ⁸					180												
przedmioty obowiązkowe		2284					167	394	29	390	28	465	29	525	28	300	29	210	24
przedmioty uzupełniające do wyboru ⁷		369 ⁷					25 ⁷	0	0	30	2	90	7	60	4	60	4	129	8

Formy realizacji zajęć:

WYK – wykład
K/ĆW – konwersatorium/ćwiczenia
LAB – laboratorium/pracownia
SEM – seminarium

Sposoby weryfikacji:

E – egzamin
Z – zaliczenie na ocenę

Wyjaśnienia:

¹ Student wybiera do realizacji i zalicza przedmioty matematyczno-fizyczne z toku A albo B.

² Ćwiczenia obserwacyjne 1/2, Wakacyjna praktyka obserwacyjna oraz Praktyka heliofizyczna to terenowe zajęcia nieregularne.

³ Do egzaminu licencjackiego może przystąpić student, który złożył pracę licencjacką i została ona pozytywnie oceniona, zaliczył wszystkie przedmioty obowiązkowe, stosownie do wybranego toku A albo B, i uzyskał łącznie co najmniej 170 punktów ECTS. Po zdaniu egzaminu dyplomowego otrzymuje się 10 punktów ECTS przewidzianych za pracę licencjacką i egzamin licencjacki.

⁴ Cudzoziemcy zobowiązani są dodatkowo do realizacji lektoratu języka polskiego w semestrach 1-4 w łącznym wymiarze 120 godzin, zgodnie z odrębnymi przepisami. 8 punktów ECTS uzyskanych za zaliczenie tego lektoratu nie wlicza się do puli 180 punktów ECTS wymaganej do ukończenia studiów.

⁵ Student realizuje dwa semestry zajęć z wychowania fizycznego w łącznym wymiarze 60 godzin i zalicza je do końca semestru 6.

⁶ Przedmioty uzupełniające do wyboru mogą być realizowane odpowiednio w innym semestrze parzystym/nieparzystym, z zastrzeżeniem spełnienia wymagań wstępnych.

⁷ Student zalicza przedmioty uzupełniające do wyboru za co najmniej 13 punktów ECTS. Wiąże się to przeciętnie z realizacją 192 godzin zajęć uzupełniających.

⁸ Uwzględnia wymiar zajęć obowiązkowych w toku A oraz przeciętny wymiar realizowanych przedmiotów uzupełniających do wyboru.

PROGRAM STUDIÓW

ASTRONOMIA, STUDIA STACJONARNE I STOPNIA, TOK B ¹																			
NAZWA PRZEDMIOTU	sposób weryfikacji (semestr)	łączny wymiar godzinowy	forma realizacji zajęć				ECTS	ROZKŁAD OBCIĄŻEŃ (GODZINY/ECTS) W KOLEJNYCH SEMESTRACH											
			WYK	K/ĆW	LAB	SEM		I ROK		II ROK				III ROK					
								SEMESTR I	SEMESTR II	SEMESTR III	SEMESTR IV	SEMESTR V	SEMESTR VI						
								godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS		
PRZEDMIOTY OBOWIĄZKOWE																			
Podstawy fizyki 1 ¹	E/Z (I)	135	60	75			10	135	10										
Podstawy astronomii 1	E/Z (I)	60	30	30			5	60	5										
Wstęp do algebry	E/Z (I)	90	45	45			6	90	6										
Matematyka 1 ¹	E/Z (I)	120	60	60			8	120	8										
Podstawy fizyki 2 ¹	E/Z (II)	120	60	60			8			120	8								
Podstawy astronomii 2	E/Z (II)	60	30	30			4			60	4								
Pracownia astronomiczna	Z (II)	30			30		3			30	3								
Ćwiczenia obserwacyjne 1 ²	Z (II)	15					2			15	2								
Matematyka 2 ¹	E/Z (II)	120	60	60			8			120	8								
Algorytmy i programowanie	E/Z (II)	60	30	30			4			60	4								
Wstęp do systemów operacyjnych	Z (II)	30			30		2			30	2								
Ochrona własności intelektualnej	Z (II)	15	15				1			15	1								
Podstawy fizyki 3 ¹	E/Z (III)	120	60	60			8					120	8						
Astrofizyka obserwacyjna 1	E/Z (III)	60	30	30			4					60	4						
Wstęp do fizyki Słońca	E/Z (III)	60	30	30			5					60	5						

Ćwiczenia obserwacyjne 2 ²	Z (III)	15					2					15	2						
Matematyka 3 ¹	E/Z (III)	90	45	45			6					90	6						
Laboratorium programowania	Z (III)	60			60		4					60	4						
Podstawy fizyki 4 ¹	E/Z (IV)	75	45	30			6						75	6					
Fizyka kwantowa	E/Z (IV)	60	30	30			5						60	5					
Astrofizyka obserwacyjna 2	E/Z (IV)	60	30	30			4						60	4					
Budowa i ewolucja gwiazd	E/Z (IV)	60	30	30			5						60	5					
Wakacyjna praktyka obserwacyjna ²	Z (IV)	120					4						120	4					
Statystyka matematyczna	Z (IV)	90	45	45			5						90	5					
Astrofizyka układów planetarnych	E/Z (V)	60	36	24			5								60	5			
Metody numeryczne	E/Z (V)	75	30	45			5								75	5			
Seminarium licencjackie 1	Z (V)	15				15	2								15	2			
Teoria atmosfer gwiazdowych	E/Z (VI)	60	30	30			5										60	5	
Metody matematyczne w astronomii	Z (VI)	45			45		3										45	3	
Podstawy przedsiębiorczości	Z (VI)	60	30	30			4										60	4	
Seminarium licencjackie 2	Z (VI)	15				15	2										15	2	
Praca dyplomowa i egzamin licencjacki ³	E (VI)	n/o					10											10	
Szkolenie wstępne z BHP i ochrony p-poż.	Z (I)	4	E-LEARNING				0	4	0										
Język obcy (poziom B2) ⁴	E (V)	180		180			12					60		60		60	12		
Wychowanie fizyczne ⁵	Z (V,VI)	60		60			0								30	0	30	0	

PRZEDMIOTY UZUPEŁNIAJĄCE DO WYBORU^{6,7}

Pracownia komputerowa metod matematycznych 1	Z (II)	30			30		2			30	2								
Pracownia komputerowa metod matematycznych 2	Z (III)	30			30		2					30	2						
Elementy mechaniki teoretycznej i STW	E/Z (3)	60	30	30			5					60	5						
Wprowadzenie do programowania w IDL	Z (4)	30			30		2							30	2				
Wprowadzenie do programowania w Pythonie	Z (4)	30			30		2							30	2				
Bazy danych astronomicznych	Z (5)	30			30		2									30	2		
Prezentacja wyników naukowych	Z (5)	30			30		2									30	2		
Tworzenie stron internetowych	Z (6)	30			30		2											30	2
Historia astronomii	Z (6)	45	30	15			3											45	3
Seminarium z astronomii	Z (6)	30				30	2											30	2
Praktyka heliofizyczna ²	Z (6)	24					1											24	1
ŁĄCZNIE (tok B)		2491 ⁸					180												
przedmioty obowiązkowe		2299					167	409	29	450	32	465	29	525	29	240	24	210	24
przedmioty uzupełniające do wyboru ⁷		369 ⁷					25 ⁷	0	0	30	2	90	7	60	4	60	4	129	8

Formy realizacji zajęć:

WYK – wykład
K/ĆW – konwersatorium/ćwiczenia
LAB – laboratorium/pracownia
SEM – seminarium

Sposoby weryfikacji:

E – egzamin
Z – zaliczenie na ocenę

Wyjaśnienia:

¹ Student wybiera do realizacji i zalicza przedmioty matematyczno-fizyczne z toku A albo B.

² Ćwiczenia obserwacyjne 1/2, Wakacyjna praktyka obserwacyjna oraz Praktyka heliofizyczna to terenowe zajęcia nieregularne.

³ Do egzaminu licencjackiego może przystąpić student, który złożył pracę licencjacką i została ona pozytywnie oceniona, zaliczył wszystkie przedmioty obowiązkowe, stosownie do wybranego toku A albo B, i uzyskał łącznie co najmniej 170 punktów ECTS. Po zdaniu egzaminu dyplomowego otrzymuje się 10 punktów ECTS przewidzianych za pracę licencjacką i egzamin licencjacki.

⁴ Cudzoziemcy zobowiązani są dodatkowo do realizacji lektoratu języka polskiego w semestrach 1-4 w łącznym wymiarze 120 godzin, zgodnie z odrębnymi przepisami. 8 punktów ECTS uzyskanych za zaliczenie tego lektoratu nie wlicza się do puli 180 punktów ECTS wymaganej do ukończenia studiów.

⁵ Student realizuje dwa semestry zajęć z wychowania fizycznego w łącznym wymiarze 60 godzin i zalicza je do końca semestru 6.

⁶ Przedmioty uzupełniające do wyboru mogą być realizowane odpowiednio w innym semestrze parzystym/nieparzystym, z zastrzeżeniem spełnienia wymagań wstępnych.

⁷ Student zalicza przedmioty uzupełniające do wyboru za co najmniej 13 punktów ECTS. Wiąże się to przeciętnie z realizacją 192 godzin zajęć uzupełniających.

⁸ Uwzględnia wymiar zajęć obowiązkowych w toku B oraz przeciętny wymiar realizowanych przedmiotów uzupełniających do wyboru.

Wskaźniki ECTS	
Liczba punktów ECTS niezbędna do uzyskania kwalifikacji	180 (cudzoziemcy dodatkowo 8 ECTS w ramach lektoratu języka polskiego)
Łączna liczba punktów ECTS, które student musi uzyskać na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich	180
Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych	5
Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z języka obcego	12
Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać realizując moduły na zajęciach ogólnouczelnianych	12 (cudzoziemcy dodatkowo 8 ECTS w ramach lektoratu języka polskiego)
Wymiar praktyki zawodowej i liczba punktów ECTS przypisanych praktykom określonym w programie studiów	nie dotyczy
Procentowy udział liczby punktów ECTS dla programu przyporządkowanego do więcej niż jednej dyscypliny	astronomia 100%
Procentowy udział poszczególnych dyscyplin, do których odnoszą się efekty uczenia. Suma udziałów musi być równa 100%	astronomia 100%

Załącznik nr 2

PROGRAM STUDIÓW

Nazwa kierunku studiów: **Astronomia**
 Dyscypliny naukowe: **astronomia 100%**
 Poziom kształcenia: **studia drugiego stopnia**
 Poziom kwalifikacji: **7 Polskiej Ramy Kwalifikacji**
 Profil kształcenia: **ogólnoakademicki**
 Forma studiów: **stacjonarna**
 Tytuł zawodowy nadawany absolwentom: **magister**
 Nazwa wydziału: **Wydział Fizyki i Astronomii**

OPIS ZAKŁADANYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ DLA KIERUNKU STUDIÓW

Kod efektu uczenia się dla kierunku studiów	<u>Efekty uczenia się dla kierunku studiów</u> Po ukończeniu studiów drugiego stopnia na kierunku <i>Astronomia</i> absolwent uzyska efekty uczenia się w zakresie:	Odniesienie do charakterystyk drugiego stopnia PRK (kody)
WIEDZA		
A2_W01	Ma pogłębioną wiedzę z zakresu astro- i heliofizyki pozwalającą na samodzielną realizację prostych projektów badawczych w tych obszarach.	P7S_WG
A2_W02	Ma pogłębioną wiedzę o obserwowanych zjawiskach astrofizycznych; rozumie różnice pomiędzy zjawiskami astrofizycznymi a opisującymi je modelami matematycznymi; zna zakres stosowalności używanych modeli i rozumie przyjęte w nich przybliżenia.	P7S_WG
A2_W03	Zna i rozumie w stopniu pogłębionym hierarchiczną budowę Wszechświata, przebieg ewolucji Wszechświata jako całości oraz jego elementów składowych; zna modele kosmologiczne oraz fakty doświadczalne i formalizm matematyczny stanowiące ich podstawę.	P7S_WG
A2_W04	Zna i rozumie w stopniu pogłębionym złożone procesy zachodzące w gwiazdach oraz mechanizmy fizyczne leżące u ich podstawy.	P7S_WG
A2_W05	Zna i rozumie przebieg wysokoenergetycznych procesów astrofizycznych oraz mechanizmy fizyczne leżące u ich podstawy.	P7S_WG
A2_W06	Ma pogłębioną wiedzę z zakresu magnetohydrodynamiki, zna jej zastosowania w fizyce Słońca i astrofizyce.	P7S_WG

A2_W07	Zna główne techniki obserwacyjne stosowane w astronomii i rozumie ich teoretyczne podstawy.	P7S_WG
A2_W08	Ma pogłębioną wiedzę z zakresu technik obliczeniowych, metod analizy danych i symulacji komputerowych wykorzystywanych w badaniach astronomicznych.	P7S_WG
A2_W09	Ma ogólną wiedzę o najnowszych osiągnięciach i aktualnych trendach badawczych w astronomii; zna najważniejsze nierozwiązane problemy astronomii; rozumie znaczenie odkryć astrofizycznych dla rozwoju nauki i postępu cywilizacyjnego; zna praktyczne zastosowania badań astronomicznych.	P7S_WG P7S_WK
A2_W10	Ma wiedzę o wybranych aspektach etycznych i prawnych działalności naukowej i zawodowej astronoma.	P7S_WK
A2_W11	Zna podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz podstawy ergonomii.	P7S_WK
A2_W12	Ma wiedzę z zakresu przedsiębiorczości; zna podstawowe zasady funkcjonowania firm i prowadzenia biznesu.	P7S_WK
UMIEJĘTNOŚCI		
A2_U01	Potrąfi zrealizować postawione zadanie badawcze z obszaru helio- i astrofizyki, również złożone i nietypowe, planując i wykonując odpowiednie obserwacje astronomiczne lub obliczenia teoretyczne przy wykorzystaniu właściwie dobranych metod i narzędzi; potrafi formułować i weryfikować związane z nim hipotezy badawcze.	P7S_UW
A2_U02	Potrąfi opracować wyniki obliczeń lub pomiarów, krytycznie je ocenić i właściwie zinterpretować; sprawnie analizuje wyniki fotometrycznych i spektroskopowych obserwacji astronomicznych.	P7S_UW
A2_U03	Potrąfi dokonywać uogólnień na bazie obserwowanych prawidłowości; formułuje wnioski jakościowe na podstawie analizy ilościowej.	P7S_UW
A2_U04	Wykorzystuje metody redukcji i analizy danych oraz umiejętność programowania do rozwiązywania wybranych problemów astrofizycznych.	P7S_UW
A2_U05	Potrąfi korzystać z literatury fachowej i baz danych astronomicznych; sprawnie wyszukuje i selekcjonuje potrzebne informacje i dane, właściwie dobierając ich źródła.	P7S_UW
A2_U06	Potrąfi przygotować, w języku polskim i angielskim, wystąpienie ustne i opracowanie pisemne z zakresu astronomii; potrafi w przystępny sposób przedstawić osiągnięcia i odkrycia astronomiczne.	P7S_UK
A2_U07	Potrąfi przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanej rozprawy, zawierającej uzasadnienie podjęcia badań, sposób ich przeprowadzenia, przyjętą metodologię, uzyskane wyniki, ich opracowanie i krytyczną analizę oraz wnioski.	P7S_UK
A2_U08	Potrąfi prowadzić dyskusję naukową opartą na faktach i rzeczowej argumentacji, krytycznie oceniając prezentowane w jej trakcie opinie i merytorycznie uzasadniając własne stanowisko.	P7S_UK

A2_U09	Potrafi współdziałać z innymi w celu realizacji określonego zadania, właściwie organizując pracę własną i zespołu.	P7S_UO
A2_U10	Potrafi efektywnie planować i realizować proces samokształcenia; posiada umiejętność przekazywania swojej wiedzy i uczenia się od innych.	P7S_UU
A2_U11	Potrafi posługiwać się językiem obcym zgodnie z wymaganiami określonymi dla poziomu B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego, uwzględniając specyfikę języka akademickiego i profesjonalne słownictwo z zakresu astronomii.	P7S_UK
KOMPETENCJE SPOŁECZNE		
A2_K01	Ma świadomość ograniczeń posiadanych kompetencji; rozpoznaje swoje mocne i słabe strony i adekwatnie ocenia swoje możliwości; rozumie konieczność nieustannego poszerzania wiedzy i doskonalenia umiejętności, w szczególności poprzez umiejętne korzystanie z dorobku innych osób.	P7S_KK
A2_K02	Uznaje wiodącą rolę nauki we współczesnym świecie; dostrzega społeczno-gospodarcze znaczenie działalności badawczej; jest gotów do popularyzowania wiedzy i osiągnięć z zakresu astronomii.	P7S_KK P7S_KO
A2_K03	Reprezentuje i promuje naukowe podejście do rozwiązywania problemów poznawczych i praktycznych; wykazuje postawę krytyczną wobec prezentowanych opinii, w szczególności poglądów pseudonaukowych.	P7S_KK P7S_KO
A2_K04	Demonstruje przedsiębiorczość i kreatywność; wykazuje samodzielność w myśleniu i działaniu; bierze odpowiedzialność za podejmowane decyzje.	P7S_KO P7S_KR
A2_K05	Jest przygotowany do prowadzenia działalności naukowej i wykonywania zawodu astronoma w sposób odpowiedzialny; prawidłowo identyfikuje i rozstrzyga dylematy z tym związane; respektuje zasady etyki zawodowej i uczciwości intelektualnej.	P7S_KR
A2_K06	Świadomie planuje swój rozwój i karierę zawodową; uznaje samokształcenie za standard i warunek powodzenia na rynku pracy.	P7S_KR

Objaśnienie symboli:

PRK – Polska Rama Kwalifikacji

P7S_WG itp. – kod składnika opisu kwalifikacji dla poziomu 7 w charakterystykach drugiego stopnia PRK

A2_W – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie wiedzy

A2_U – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie umiejętności

A2_K – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie kompetencji społecznych

01, 02, 03 itd. – kolejny numer kierunkowego efektu uczenia się w danej kategorii

POKRYCIE EFEKTÓW UCZENIA SIĘ OKREŚLONYCH W CHARAKTERYSTYKACH DRUGIEGO STOPNIA POLSKIEJ RAMY KWALIFIKACJI PRZEZ EFEKTY KIERUNKOWE

Kod składnika opisu Polskiej Ramy Kwalifikacji	Efekty uczenia się określone w charakterystykach drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji	Odniesienie do efektów uczenia się dla kierunku <i>Astronomia</i> (kody)
WIEDZA – absolwent zna i rozumie:		
P7S_WG	w pogłębionym stopniu – wybrane fakty, obiekty i zjawiska oraz dotyczące ich metody i teorie wyjaśniające złożone zależności między nimi, stanowiące zaawansowaną wiedzę ogólną z zakresu dyscyplin naukowych lub artystycznych tworzących podstawy teoretyczne, uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę obejmującą kluczowe zagadnienia oraz wybrane zagadnienia z zakresu zaawansowanej wiedzy szczegółowej – właściwe dla programu studiów; główne tendencje rozwojowe dyscyplin naukowych lub artystycznych, do których jest przyporządkowany kierunek studiów	A2_W01, A2_W02, A2_W03, A2_W04, A2_W05, A2_W06, A2_W07, A2_W08, A2_W09
P7S_WK	fundamentalne dylematy współczesnej cywilizacji; ekonomiczne, prawne, etyczne i inne uwarunkowania różnych rodzajów działalności zawodowej związanej z kierunkiem studiów, w tym zasady ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego; podstawowe zasady tworzenia i rozwoju różnych form przedsiębiorczości	A2_W09, A2_W10, A2_W11, A2_W12
UMIEJĘTNOŚCI – absolwent potrafi:		
P7S_UW	wykorzystywać posiadaną wiedzę – formułować i rozwiązywać złożone i nietypowe problemy oraz innowacyjnie wykonywać zadania w nieprzewidywalnych warunkach przez: <ul style="list-style-type: none"> – właściwy dobór źródeł i informacji z nich pochodzących, dokonywanie oceny, krytycznej analizy, syntezy, twórczej interpretacji i prezentacji tych informacji, – dobór oraz stosowanie właściwych metod i narzędzi, w tym zaawansowanych technik informacyjno-komunikacyjnych, – przystosowanie istniejących lub opracowanie nowych metod i narzędzi; formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi	A2_U01, A2_U02, A2_U03, A2_U04, A2_U05
P7S_UK	komunikować się na tematy specjalistyczne ze zróżnicowanymi kręgami odbiorców; prowadzić debatę; posługiwać się językiem obcym na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego oraz specjalistyczną terminologią	A2_U06, A2_U07, A2_U08, A2_U11
P7S_UO	kierować pracą zespołu; współdziałać z innymi osobami w ramach prac zespołowych i podejmować wiodącą rolę w zespołach	A2_U09
P7S_UU	samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie i ukierunkowywać innych w tym zakresie	A2_U10
KOMPETENCJE SPOŁECZNE – absolwent jest gotów do:		
P7S_KK	krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści; uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu	A2_K01, A2_K02, A2_K03

P7S_KO	wypełniania zobowiązań społecznych, inspirowania i organizowania działalności na rzecz środowiska społecznego; inicjowania działań na rzecz interesu publicznego; myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy	A2_K02, A2_K03, A2_K04
P7S_KR	odpowiedzialnego pełnienia ról zawodowych, z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych, w tym: <ul style="list-style-type: none"> - rozwijania dorobku zawodu, - podtrzymywania etosu zawodu, - przestrzegania i rozwijania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad 	A2_K04, A2_K05, A2_K06

Objaśnienie symboli:

P7S_WG itp. – kod składnika opisu kwalifikacji dla poziomu 6 w charakterystykach drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji

A2_W – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie wiedzy

A2_U – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie umiejętności

A2_K – kierunkowy efekt uczenia się w zakresie kompetencji społecznych

01, 02, 03 itd. – kolejny numer kierunkowego efektu uczenia się w danej kategorii

MATRYCA EFEKTÓW UCZENIA SIĘ: PRZYPISANIE EFEKTÓW UCZENIA SIĘ DO PRZEDMIOTÓW

Astronomia - studia II stopnia	KIERUNKOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ																												
	A2_W01	A2_W02	A2_W03	A2_W04	A2_W05	A2_W06	A2_W07	A2_W08	A2_W09	A2_W10	A2_W11	A2_W12	A2_U01	A2_U02	A2_U03	A2_U04	A2_U05	A2_U06	A2_U07	A2_U08	A2_U09	A2_U10	A2_U11	A2_K01	A2_K02	A2_K03	A2_K04	A2_K05	A2_K06
PRZEDMIOTY OBOWIĄZKOWE																													
Fizyka Słońca	X	X		X		X	X		X				X											X	X	X			
Variable Stars	X	X		X			X	X					X										X	X	X	X			
Stellar Pulsations	X	X		X					X				X										X	X		X			
High-energy Astrophysics	X	X			X	X	X		X				X										X	X	X	X			
Kosmologia		X	X				X	X					X											X	X	X			
Galactic Astronomy		X	X						X				X										X	X	X	X			
Extragalactic Astronomy		X	X		X		X	X					X										X	X	X	X			

Laboratory of Theoretical Astrophysics	X	X		X				X					X	X	X	X	X			X	X	X	X			X			
Laboratory of Magnetic Activity of the Sun and Stars	X	X		X		X							X	X	X	X	X			X	X	X	X			X			
Laboratory of CCD Photometry						X	X						X	X	X	X	X			X	X	X	X						
Laboratory of Stellar Spectroscopy		X				X	X						X	X	X	X	X			X	X	X	X						
Wykład specjalistyczny I/II/III/IV	X	X						X					X										X			X	X		
Seminarium z astronomii								X	X							X	X		X		X		X	X	X	X	X		
Highlights of Modern Physics and Astrophysics								X	X							X	X		X		X	X	X	X	X	X	X		
Seminarium magisterskie I/II								X	X							X	X		X		X		X		X	X	X	X	
Szkolenie wstępne z BHP i ochrony p-poż.																													
Język obcy (poziom B2+)																													
Przedmiot z zakresu przedsiębiorczości																													
Projekt magisterski I/II	X	X					X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X		X		X	X	X	X	
Praca magisterska i egzamin magisterski	X	X					X	X	X	X			X	X		X	X	X	X				X		X	X	X	X	
PRZEDMIOTY DO WYBORU																													
Advanced Topics of Stellar Structure and Evolution	X	X		X				X					X													X	X		X
Advanced Topics of Stellar Atmospheres	X	X		X				X					X													X	X		X
Compact Stars	X	X		X	X			X					X													X	X		X
Astero- and Helioseismology	X	X		X				X					X													X	X		X
Planetary Systems and Astrobiology							X		X				X													X	X	X	X
Mechanika nieba		X						X																		X			
Pracownia IDL								X						X		X		X							X	X		X	

Laboratory of Stellar Pulsations			X					X							X		X	X	X	X						X		
Metody redukcji i analizy danych astronomicznych							X	X						X		X	X	X			X	X		X				
Computational Methods I/II							X								X						X	X	X	X				
Podstawy przedsiębiorczości												X								X	X	X		X			X	X
Entrepreneurship and Intellectual Property Protection									X		X											X	X	X			X	X
Ethics in Research									X											X	X	X	X		X	X		X
Historia astronomii								X								X					X				X	X		
Historia fizyki								X									X							X	X			

TREŚCI PROGRAMOWE

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1	Astero- and Helioseismology (Astero- i heliosejsmologia)	<p>Basic issues and concepts: oscillation mode, identification of modes, seismic model of a star, evolutionary period changes. Helioseismology: short history, properties of solar oscillations, asymptotic relations, principles of helioseismic inversion, inversion for solar rotation and solar structure. Heat driven pulsators: δ Scuti stars, β Cephei stars, Slowly Pulsating B-type (SPB) stars, γ Doradus stars, constraints on: rotational profile, element mixing processes, efficiency of convection, opacity data. Compact pulsators: white dwarfs (WD: DAV, DBV, DOV), hot subdwarfs (sdB, sdO), WD and sdB pulsators as a boundary condition for stellar evolution theory, WD pulsators as Galactic chronometers, WD pulsators as cosmic laboratories for fundamental physics. Solar-like pulsators: asteroseismic diagnostic signatures, asteroseismic diagram, scaling relations, main sequence stars, subgiants, red giants.</p> <p>Podstawowe zagadnienia i koncepcje: mod oscylacji, identyfikacja modów, model sejsmiczny gwiazdy, ewolucyjne zmiany częstotliwości pulsacji. Heliosejsmologia: krótka historia, właściwości oscylacji Słońca, relacje asymptotyczne, zasady inwersji heliosejsmicznej, inwersja dla rotacji i budowy Słońca. Pulsacje samowzbudzone: gwiazdy δ Scuti, β Cephei, SPB (Slowly Pulsating B-type), gwiazdy γ Doradus, ograniczenia na: profil rotacyjny, procesy mieszania pierwiastków, efektywność konwekcji, nieprzezroczystości gwiazdowe. Zwarte obiekty pulsujące: białe karły (WD: DAV, DBV, DOV), gorące podkarły (sdB, sdO), pulsujące białe karły i gorące podkarły jako „warunki brzegowe” do testowania teorii ewolucji, pulsujące WDs jako chronometry galaktyczne, pulsujące WDs jako kosmiczne laboratoria fizyki podstawowej. Pulsacje typu słonecznego: asterosejsmiczne sygnatury diagnostyczne, diagram asterosejsmiczny, relacje skalujące, gwiazdy ciągu głównego, podolbrzmy, czerwone olbrzmy.</p>

2	<p>Advanced Topics of Stellar Atmospheres</p> <p>(Zaawansowane zagadnienia atmosfer gwiazdowych)</p>	<p>Introductory information: objectives of stellar atmosphere research, spectral classification. Modelling of stellar atmospheres: assumptions and equations. Energy transfer mechanisms (radiation, convection, diffusion). Interaction of radiation and matter. Atomic data required to build a model of the atmosphere. Basic models of atmospheres, assumptions: 1D geometry, assumption of local thermodynamic equilibrium, mixing length theory, blanketing. Realistic atmosphere models: 3D geometry, no local thermodynamic equilibrium, stellar wind and more. Models of the Sun's atmosphere. Methods of analysis of stellar spectra. Determination of atmospheric parameters (e.g. effective temperature, surface gravity, chemical composition).</p> <p>Informacje wstępne: cele badań atmosfer gwiazdowych, klasyfikacja widmowa. Modelowanie atmosfer gwiazdowych: założenia i równania. Mechanizmy przenoszenia energii (promieniowanie, konwekcja, dyfuzja). Oddziaływanie promieniowania z materią. Dane atomowe konieczne do zbudowania modelu atmosfery. Proste modele atmosfer, założenia: geometria 1D, założenie lokalnej równowagi termodynamicznej, teoria drogi mieszania, blanketing. Realistyczne modele atmosfer: geometria 3D, brak lokalnej równowagi termodynamicznej, wiatr gwiazdowy i inne. Modele atmosfery Słońca. Metody analizy widm gwiazdowych. Wyznaczanie parametrów atmosferycznych (np. temperatury efektywnej, przyspieszenia grawitacyjnego, składu chemicznego).</p>
3	<p>Advanced Topics of Stellar Structure and Evolution</p> <p>(Zaawansowane zagadnienia budowy i ewolucji gwiazd)</p>	<p>Deepening the knowledge of evolutionary states of various types of stars through expanding the knowledge of physical laws necessary for modeling them. Discussion of issues related to thermodynamics, equation of state, energy transport, angular momentum transport and the effects of mixing elements in conditions of stellar interiors, cosmic and stellar nucleosynthesis. Familiarization with the equations of structure and evolution of stars, equations of state for fermions and bosons (in conditions of none, total and partial degeneracy). Getting to know the numerical methods for constructing evolutionary models of various types of stars. Getting to know the types of nuclear reactions, cross sections, reaction rates, radiation induced reactions, photodisintegration, reactions involving charged particles and reactions involving neutrons. Discussion of changes of the chemical element abundances resulting from nuclear processes. Discussion of nuclear reaction cycles (pp, CNO, CNO hot cycle, 3alpha, explosive burning helium and other advanced nuclear reaction cycles involving the burning of carbon, neon, oxygen, silicon).</p> <p>Pogłębienie znajomości stanów ewolucyjnych różnych typów gwiazd poprzez rozszerzenie wiedzy dotyczącej praw fizycznych niezbędnych do ich modelowania. Omówienie zagadnień związanych z termodynamiką, równaniem stanu, transportem energii, transportem momentu pędu i efekty mieszania pierwiastków w warunkach wewnątrz gwiazdowych, kosmicznej i gwiazdowej nukleosyntezy. Zapoznanie się z równaniami opisującymi budowę i ewolucję gwiazd, równaniami stanu dla fermionów i bozonów (w warunkach braku, całkowitej i częściowej degeneracji). Poruszone też zostaną numeryczne metody konstruowania modeli ewolucyjnych różnych typów gwiazd. Zapoznanie się z rodzajami reakcji jądrowych, przekrojami czynnymi, tempami reakcji, reakcjami indukowanymi promieniowaniem, fotodezintegracją, reakcjami z udziałem cząstek naładowanych oraz reakcje z udziałem neutronów. Omówienie zmian obfitości pierwiastków, będących skutkiem procesów jądrowych. Omówienie cykli reakcji jądrowych (pp, CNO, gorący cykl CNO, 3alfa, wybuchowe palenie helu i inne zaawansowane cykle reakcji jądrowych uwzględniające palenie węgla, neonu, tlenu, krzemu).</p>

4	Compact Stars (Gwiazdy zwarte)	Observations of Compact Stars (CS). CS properties. Equation of state for the CS crust Dense nuclear matter and quark matter in the CS interior. General relativistic CS structure. Neutrino processes and CS cooling. CS at birth: Supernovae and protoneutron stars. Gravitational wave signals and black hole formation. Exploring CS matter in heavy-ion collision laboratories. Obserwacje gwiazd zwartych (GZ). Własności GZ. Równanie stanu dla skorupy GZ. Gęsta materia jądrowa i materia kwarkowa we wnętrzu GZ. Struktura GZ w opisie ogólnej teorii względności. Procesy neutrinowe i chłodzenie GZ. Narodziny GZ: supernowe i gwiazdy proto-neutronowe. Emisja fal grawitacyjnych i formowanie się czarnej dziury. Badanie materii GZ w laboratoriach ze zderzaczami ciężkich jonów.
5	Computational Methods I (Metody obliczeniowe I)	Basic operations. Ordinary differential equations. Boundary value problems. Special functions, Fourier transformation and Gauss quadrature. Operacje podstawowe. Równania różniczkowe zwyczajne. Problemy wartości brzegowych. Funkcje specjalne, transformacja Fouriera i kwadratura Gaussa.
6	Computational Methods II (Metody obliczeniowe II)	Random numbers and Monte Carlo techniques. Partial differential equations. Particle code problems and smoothed particle hydrodynamics. Liczby losowe i techniki Monte Carlo. Równania różniczkowe cząstkowe. Metody cząsteczkowe, hydrodynamika cząstek rozmytych.
7	Elementy elektrodynamiki klasycznej	Narzędzia rachunkowe elektrodynamiki: rachunek różniczkowy i całkowy wektorów oraz funkcje delta Diraca. Elektrostatyka w próżni i w materii. Magnetostatyka w próżni i materii. Układ równań Maxwella oraz zasady zachowania ładunku, energii i pędu. Transformacja Lorentza w elektrodynamice: czterowektor prądu, tensor pola elektromagnetycznego oraz tensor energii-pędu. Fale elektromagnetyczne w otwartej przestrzeni oraz w falowodach i światłowodach. Źródła promieniowania elektromagnetycznego: antena, lampa mikrofalowa, synchrotron, laser na swobodnych elektronach. Rola elektrodynamiki w fizyce współczesnej: nierozzerwalny związek ze szczególną teorią względności, elektrodynamika jako teoria pola oraz jako punkt wyjścia do elektrodynamiki kwantowej.
8	Elementy fizyki statystycznej	Elementy termodynamiki: podstawowe założenia i pojęcia, zasady termodynamiki, równanie fundamentalne i potencjały termodynamiczne. Podstawowe założenia fizyki statystycznej. Zespoły statystyczne. Kwantowa fizyka statystyczna. Kanoniczne modele: gaz doskonały (klasyczny, kwantowy), oscylator harmoniczny (klasyczny, kwantowy), ciepło właściwe, model Isinga. Przejścia fazowe i wykładniki krytyczne. Symulacje komputerowe: metoda Monte Carlo, perkolacje.
9	Entrepreneurship and Intellectual Property Protection (Przedsiębiorczość i ochrona własności intelektualnej)	Introduction to a global high technology market. Assessment of individual business skills. Selection of a new business idea from a high technology area. Market evaluation of a new idea/technology. Study of market competitiveness. Possible methods of IP assessment and protection. Raising capital for innovative activity/business. Successive stages of the introduction of a technology to the market. Registration and introduction of a new entity into the market. Zapoznanie ze światowym rynkiem wysokich technologii. Ocena umiejętności biznesowych. Selekcja pomysłu biznesowego z obszaru wysokich technologii. Rynkowa ocena pomysłu/technologii. Badania kon-

		kurencyjności rynku. Metody ochrony własności intelektualnej. Pozyskiwanie kapitału na działalność innowacyjną. Kolejne etapy wprowadzenia technologii na rynek. Rejestracja i wprowadzenie podmiotu biznesowego na rynek.
10	Ethics in Research (Etyka badań naukowych)	<p>The specifics of ethics, code ethics vs. situational ethics, the difference between ethical codes and laws, selected provisions of ethical codes; copyright law and the ethical dimension of plagiarism, the ethical foundations of copyright law, copyright law in the field of scientific research, borderline areas: self-plagiarism, cryptocitation, the problem of duplication of publications and "salami slicing", the credibility of research, the norms governing co-authorship of papers; ethical aspects of reviewing publications: Conflict of interest, challenges to the anonymity of reviews, the problem of bias, confidentiality of data, scope of expertise; ethical aspects of patent law; conflict of interest in scientific research; falsification of research results; social responsibility of the scientist; problems of the modern world; problems of research ethics related to work at the university: closed scientific environment, bullying (sexuality, carnality), verbal bullying, types of bullying specific to the university environment, use of institutional advantage: teacher-student relationship, promoter-doctoral student, scientist experienced more-less.</p> <p>Specyfika etyki, etyka kodeksowa a sytuacyjna, różnica między kodeksami etycznymi a przepisami prawnymi, wybrane zapisy kodeksów etycznych; prawo autorskie a etyczny wymiar plagiatu, etyczne podstawy prawa autorskiego, prawo autorskie w obszarze badań naukowych, obszary graniczne: autoplagiat, kryptocytat, problem powielania publikacji i "salami slicing", wiarygodność badań, normy regulujące współautorstwo prac; etyczne aspekty recenzowania publikacji: konflikt interesów, wyzwania związane z anonimowością recenzji, problem stronniczości, poufność danych, zakres ekspertyzy; etyczne aspekty prawa patentowego; konflikt interesów w badaniach naukowych; fałszowanie wyników badań; społeczna odpowiedzialność naukowca; problemy współczesnego świata; problemy etyki badań naukowych związane z pracą na uczelni: zamknięte środowisko naukowe, mobbing (seksualność, cielesność), mobbing słowny, typy mobbingu specyficzne dla środowiska uczelni, wykorzystywanie przewagi instytucjonalnej: relacja nauczyciel-student, promotor-doktorant, naukowiec doświadczony bardziej-mniej.</p>
11	Extragalactic Astronomy (Astronomia pozagalaktyczna)	Components of the Milky Way Galaxy: stars vs interstellar matter, central object, rotation curve, populations, chemical composition and kinematics. Classification of normal galaxies, Hubble sequence, different galaxy classification systems. Global parameters of galaxies: masses, sizes, luminosities, composition, stellar populations. Observational evidence for the existence of dark matter. Spectra of galaxies versus their composition. Methods for determining distances to galaxies. Formation of galaxies, galaxy evolution scenarios, the importance of collisions and mergers of galaxies in their evolution. The Local Group, components and characteristics. The nearest galaxies: Sagittarius dwarf galaxy, Magellanic Clouds, M31 and M33. Dwarf galaxies: types and properties. Virgo and Coma clusters of galaxies, the large-scale structure of the Universe. The unified model of the AGN, Seyfert galaxies, blazars, radio galaxies. Active galaxies, sources of non-thermal radiation in active galaxies. Quasars and their spectra, interpretation of quasar spectra. Supermassive black holes, relations between supermassive black hole masses and other galaxy parameters. Gravitational lensing: conditions and examples of the formation of Einstein rings, double and multiple images. Weak lensing and microlensing.

		<p>Składniki Galaktyki Drogi Mlecznej: gwiazdy a materia międzygwiazdowa, obiekt centralny, krzywa rotacji, populacje, skład chemiczny i kinematyka. Klasyfikacja galaktyk normalnych, sekwencja Hubble'a, różne systemy klasyfikacji galaktyk. Parametry globalne galaktyk: masy, rozmiary, moce promieniowania, skład, populacje gwiazdowe. Obserwacyjne dowody istnienia ciemnej materii. Widma galaktyk a ich skład. Metody wyznaczania odległości do galaktyk. Formowanie się galaktyk, scenariusze ewolucji galaktyk, znaczenie zderzeń i łączenia się galaktyk w ich ewolucji. Grupa Lokalna, składniki i charakterystyka. Najbliższe galaktyki: galaktyka karłowata w Strzelcu, Obłoki Magellana, M31 i M33. Galaktyki karłowate: typy i własności. Gromady Virgo i Coma, wielkoskalowa struktura Wszechświata. Zunifikowany model AGN-u, galaktyki Seyferta, blazary, radiogalaktyki. Galaktyki aktywne, źródła promieniowania nietermicznego w galaktykach aktywnych. Kwazary i ich widma, interpretacja widm kwazarów. Supermasywne czarne dziury, zależności pomiędzy masami supermasywnych czarnych dziur a innymi parametrami galaktyk. Soczewkowanie grawitacyjne: warunki i przykłady powstawania pierścieni Einsteina, obrazów podwójnych i wielokrotnych. Soczewkowanie słabe i mikrosoczewkowanie.</p>
12	Fizyka Słońca	<p>Czynniki mające wpływ na obserwowany poziom aktywności magnetycznej gwiazd: wiek (prędkość rotacji), grubość warstwy konwektywnej, liczba Rossby'ego, rotacja różnicowa Słońca, propagacja fal akustycznych na Słońcu, założenia heliosejsmologii, profil rotacji wewnętrznej Słońca. Zjawisko granulacji i supergranulacji jako przykład ruchów konwekcyjnych, rola konwekcji w generowaniu fal akustycznych i tworzeniu hierarchicznej struktury pola magnetycznego, charakterystyczne struktury widoczne na poziomie chromosfery, chromosfery gwiazdowe. Budowa i ewolucja plamy słonecznej, związek z wypływem dużych koncentracji pola magnetycznego spod powierzchni Słońca. Metody zdalnej detekcji pola magnetycznego: efekt Zeemana, magnetogramy Słońca, układ linii pola magnetycznego w obrębie plamy, model atmosfery ponad plamą, detekcja plam gwiazdowych. Klasyfikacja grup plam, ewolucja grupy plam, prawidłowości w występowaniu plam słonecznych w dłuższej skali czasowej: prawa Schwabego, Spörera, Hale'a i Joy'a, liczba Wolfa i inne wskaźniki aktywności magnetycznej, minimum Maundera, model dynamiki słonecznej, pływalność rur magnetycznych. Wartość parametru beta-plazmowego w atmosferze słonecznej i wynikające z tego konsekwencje, koncepcja budowy atmosfery słonecznej jako konglomeratu mini-atmosfer izolowanych polem magnetycznym, metody ekstrapolowania fotosferycznego rozkładu pola magnetycznego na wyższe warstwy atmosfery, potencjalność pól koronalnych. Historyczne obserwacje korony słonecznej, wygląd korony w świetle białym: korona K, korona F i korona E; charakterystyczne struktury widoczne w koronie w zakresie promieniowania emitowanego przez gorącą plazmę: dziury koronalne, korona spokojna, jasne punkty, obszary aktywne, rozbłyski; metody diagnozowania plazmy koronalnej, korony gwiazdowe. Typowe układy pętli magnetycznych obserwowanych w obszarach aktywnych: arkady, sigmoidy; stacjonarność rury magnetycznej –prawo skalujące Rosnera, Tuckera i Vaiana, hydrodynamiczna reakcja rury magnetycznej na dodatkowy depozyt energii, niestabilności hydrodynamiczne i magneto hydrodynamiczne zachodzące w rurach magnetycznych. Podstawowe charakterystyki rozbłysków słonecznych, główne schematy klasyfikacyjne, częstotliwość występowania, bilans energetyczny, specyfika obserwacji w różnych zakresach długości fal elektromagnetycznych: światło białe, linia Hα wodoru, miękkie promieniowanie rentgenowskie; hydrodynamika fazy impulsowej, porównanie z rozbłyskami gwiazdowymi. Przełączanie linii pola magnetycznego w warstwach prądowych jako źródło energii rozbłysków, model Sweeta-Parkera, model Petschka, chaotyzacja procesu przełączania, typowe konfiguracje, w których mogą wystąpić rozbłyski: model standardowy (CHSKP), model wynurzającego się pola</p>

		<p>magnetycznego, model kwadrupolowy. Mechanizmy emisji twardego promieniowania rentgenowskiego (HXR), mechanizmy przyspieszania cząstek, propagacja cząstek w strukturze rozbłysku, pułapki magnetyczne, rozbłyskowe źródła HXR, model grubej i cienkiej tarczy, ewolucja widma w zakresie HXR: soft-hard-soft, soft-hard-harder; detekcja i obrazowanie HXR. Historia obserwacji koronalnych wyrzutów materii (CME), technika obserwacji, częstotliwość występowania, parametry opisujące CME, schematy klasyfikacyjne, wyznaczanie masy, kinematyka i bilans energetyczny CME, związek z rozbłyskami, modele wyjaśniające powstanie i propagację CME. Pozostałe zjawiska dynamiczne obserwowane w koronie słonecznej: protuberancje, rentgenowskie wyrzuty plazmy, dimmings, fale koronalne i fale Moretona, wybuchy radiowe, promieniowanie kosmiczne pochodzenia słonecznego (SEP); możliwości diagnostyczne dostarczane przez te zjawiska, ich związek z rozbłyskami CME. Bilans energetyczny dla chromosfery i korony słonecznej, mechanizmy odpowiedzialne za grzanie: fale akustyczne, fale MHD, nanorobłyski, ocena efektywności proponowanych mechanizmów w kontekście aktywności magnetycznej innych gwiazd. Stabilność korony słonecznej, dynamiczny model korony Parkera, modyfikacje modelu Parkera, parametry wiatru słonecznego, heliosfera i jej granice, magnetosfery planet, wpływ Słońca na magnetosferę ziemską (pogoda kosmiczna) i na klimat Ziemi.</p>
13	Galactic Astronomy (Astronomia galaktyczna)	<p>General structure of the Galaxy. Interchange of matter between stars and ISM. Forms of ISM: gas and dust, extinction, reddening. Stellar clusters: globular and open, moving cluster. Milky Way in near and far infrared. Velocity of the Sun with respect to neighbouring stars: apex, centroid. LSR and peculiar velocities. Determination of Solar LSR velocity in respect to the Galaxy centre. Determination of the peculiar velocity of the Sun. Simple model of the Galaxy rotation: velocity vector of a star in respect to the Sun. Oort's approach to the Galaxy rotation. Oort's constants. Differential rotation of the Galaxy: geometric interpretation. Galactic rotation curve from radio observations of HI clouds. Determination of the Sun – galactic center distance. Estimation of the Galaxy mass from Oort's constants. Models of mass distribution in the Galaxy. Surface brightness of galaxies. Visual versus dynamical mass of the Galaxy. Dark matter. Distribution of stellar velocities: fast and slow stars, orbits. Distribution of components of peculiar velocities for slow stars: ellipsoid and dispersion. Relationship between velocity dispersion, spectral type and metallicity. Asymmetric distribution of the rotational component of the peculiar velocities. Scattering of the stellar orbits leading to the increase of the peculiar velocity dispersion. Disc and halo kinematics. Star counts methodology. Relation between star-counts and their space distribution. Kapteyn's universe. LF, ILF and SFR functions. LF for galactic disc and for stars in GC. Height scale and its dependence on spectral type. Discovery of spiral arms in the Galaxy. Stability of spiral arms and density waves. Mechanism of star formation in spiral arms. Discovery of galactic bar. Stellar populations of the Galaxy. Thin and thick discs. Gas and dust distribution in the Galaxy. ELS model of the Galaxy origin: free infall and energy dissipation. SZ model of the Galaxy formation: accretion. Chemical evolution of the Galaxy. Age and spatial distribution of globular clusters. Origin of the thick disc. Centre of the Galaxy with a black hole.</p> <p>Ogólna budowa Galaktyki. Wymiana materii między gwiazdami a ośrodkiem międzygwiazdowym. Postaci materii międzygwiazdowej w Galaktyce: gaz i pył, ekstynkcja, poczerwienienie. Gromady gwiazdowe: kuliste i otwarte, gromada ruchoma. Droga Mleczna w bliskiej i dalekiej podczerwieni. Ruch Słońca względem gwiazd: apeks, centroid. Układ LSR i prędkości swoiste. Wyznaczanie prędkości LSR względem</p>

		<p>środku Galaktyki. Wyznaczanie prędkości swoistej Słońca. Prosty model rotacji Galaktyki: wektor prędkości gwiazdy względem Słońca. Metoda Oorta badania rotacji Galaktyki. Stałe Oorta. Rotacja różnicowa Galaktyki: interpretacja geometryczna. Krzywa rotacji Galaktyki z obserwacji radiowych obłoków HI. Wyznaczanie odległości Słońca od środka Galaktyki. Szacowanie masy Galaktyki ze stałych Oorta. Modele rozkładu masy w Galaktyce. Funkcja rozkładu jasności powierzchniowej galaktyk. Masa widzialna a masa dynamiczna Galaktyki. Ciemna materia. Rozkłady prędkości gwiazd: gwiazdy szybkie i powolne, orbity. Rozkłady składowych prędkości swoistych gwiazd powolnych: elipsoidalna, dyspersja. Zależność między dyspersją prędkości a typem widmowym i metalicznością. Asymetryczny rozkład składowej rotacyjnej prędkości swoistych. Mechanizm rozpraszania orbit gwiazdowych prowadzący do wzrostu dyspersji prędkości swoistych. Kinematyka dysku i halo. Zliczenia gwiazd: metodologia. Związek między zliczeniami gwiazd a ich rozkładem przestrzennym. Wszechświat Kapteyna. Funkcje LF, ILF i SFR. LF dla gwiazd z otoczenia Słońca i dla gwiazd gromad kulistych. Skala wysokości i jej zależność od typu widmowego. Odkrycie ramion spiralnych Galaktyki. Stabilność ramion spiralnych i fale gęstości. Mechanizm powstawania gwiazd w ramionach spiralnych. Odkrycie poprzeczki Galaktyki. Populacje gwiazdowe Galaktyki. Gruby dysk. Rozmieszczenie gazu i pyłu w Galaktyce. Model ELS powstania Galaktyki: zapadanie swobodne i dyssypacja. Model SZ powstania Galaktyki: akrecja. Ewolucja chemiczna Galaktyki. Wiek i rozmieszczenie gromad kulistych. Pochodzenie dysku grubego. Środek Galaktyki.</p>
14	<p>High-energy Astrophysics (Astrofizyka wysokich energii)</p>	<p>Physical quantities and units used in high-energy Astrophysics. Observation techniques (detectors, Vulture optics, aperture modulated telescopes). X-ray and gamma astronomy (development of techniques for recording and analysing satellite data). Electromagnetic processes in matter (Coulomb scattering, ionisation losses, braking radiation, thermal bremsstrahlung). Interaction of radiation with matter and magnetic field (Cherenkov radiation, Compton scattering, inverse Compton effect, synchrotron radiation, synchrotron absorption, synchrotron-self-compton radiation, formation of electron-positron pairs, positron and electron annihilation). Accretion disks (accretion efficiency for white dwarfs and neutron stars, accretion efficiency for black holes for Schwarzschild and Kerr metrics, accretion types, Eddington luminosity limit, black holes in X-ray binaries and AGN, thin accretion disks, thick accretion disks, powering the accretion disk, influence of the magnetic field on the accretion disk). Cosmic rays (composition of cosmic rays, energy spectrum, modulation of cosmic rays, chemical content of elements in cosmic rays, the highest energies of cosmic rays, Great Atmospheric Air Showers (electromagnetic and muon cascades), recording methods, observation projects, distribution of cosmic rays, energy density, Greisen-Zatsepin-Kuzmin cutoff). Neutrino astronomy (description of neutrino properties, astrophysical sources of neutrinos, detection of neutrinos, observations of solar neutrinos and the problem of their quantity, neutrino oscillations, other neutrino sources, cosmic rays and the Earth's atmosphere, supernova explosions (neutrino formation mechanism and observations), AGN – mechanisms of neutrino formation). Gamma-ray bursts (observation properties, determination of distances, burst formation sites, proposed models, observation of kilonova phenomena - detection of gravitational waves, distances, masses, detection of gamma rays).</p> <p>Wielkości fizyczne i jednostki stosowane w astrofizyce wysokich energii. Techniki obserwacyjne (detektory, optyka Woltera, teleskopy z modulacją apertury). Astronomia rentgenowska i gamma (rozwój techniki rejestracji i analizy danych satelitarnych). Elektromagnetyczne procesy w materii (rozpraszanie</p>

		<p>kulombowskie, straty jonizacyjne, promieniowanie hamowania, termiczny bremsstrahlung). Oddziaływanie promieniowania z materią i polem magnetycznym (promieniowanie Czerenkowa, rozpraszanie Comptonowskie, odwrotny efekt Comptona, promieniowanie synchrotronowe, absorpcja synchrotronowa, promieniowanie synchrotron-self-compton, tworzenie par elektron-pozyton, anihilacja pozytonów i elektronów). Dyski akrecyjne (wydajność procesu akrecji dla białych karłów i gwiazd neutronowych, wydajność procesu akrecji dla czarnych dziur dla metryk Schwarzschilda i Kerr'a, typy akrecji, limit jasności Eddingtona, czarne dziury w rentgenowskich układach podwójnych i AGN, cienkie dyski akrecyjne, grube dyski akrecyjne, zasilanie dysku akrecyjnego, wpływ pola magnetycznego na dysk akrecyjny). Promieniowanie kosmiczne (skład promieniowania kosmicznego, widmo energetyczne, modulacja promieniowania kosmicznego, chemiczna zawartość pierwiastków w promieniowaniu kosmicznym, najwyższe energie promieniowania kosmicznego, Wielkie Pęki Atmosferyczne (kaskady elektromagnetyczne i mionowe), metody rejestracji, projekty obserwacyjne, rozkład promieniowania kosmicznego, gęstość energii, odcięcie Greisena-Zatsepina-Kuzmina). Astronomia neutrinowa (opis właściwości neutrin, źródła astrofizyczne neutrin, detekcja neutrin, obserwacje neutrin słonecznych i problem ich ilości, oscylacje neutrin, inne źródła neutrin, promieniowanie kosmiczne i atmosfera ziemską, wybuchy supernowych (mechanizm powstawania neutrin i obserwacje), AGN – mechanizmy powstawania neutrin). Błyski gamma (właściwości obserwacyjne, wyznaczanie odległości, miejsca formowania się błysków, proponowane modele, obserwacja zjawisk kilonowa - detekcja fal grawitacyjnych, odległości, masy, detekcja promieniowania Gamma).</p>
15	<p>Highlights of Modern Physics and Astrophysics</p> <p>(Dokonania współczesnej fizyki i astrofizyki)</p>	<p>Presentation and discussion of selected topics of modern physics and astrophysics, with emphasis placed on major achievements, groundbreaking discoveries and leading trends of current research, as well as the impact of astrophysical research on science and civilization. Review of literature and other sources on a given topic, preparing an abstract of oral presentation, delivering a talk, scientific discussion, writing an essay.</p> <p>Opracowanie, prezentacja i dyskusja wybranych zagadnień współczesnej fizyki i astrofizyki, z naciskiem na najważniejsze osiągnięcia, przełomowe odkrycia i wiodące kierunki prowadzonych aktualnie badań, a także znaczenie badań z pogranicza fizyki i astronomii. Przegląd literatury i innych źródeł na wybrany temat, przygotowanie streszczenia, wygłoszenie referatu, dyskusja omawianych zagadnień, opracowanie pisemne wybranego zagadnienia.</p>
16	Historia astronomii	<p>Do czego ludziom potrzebna jest astronomia? Astronomia prehistoryczna. Astronomia hellenistyczna I: inspiracje, model geocentryczny. Astronomia hellenistyczna II: najważniejsze osiągnięcia, instrumenty obserwacyjne. Astronomia hellenistyczna III: „Almagest”, pokłosie. Przewrót kopernikański: „De revolutionibus”. Godni kontynuatorzy: Brahe, Kepler, Galileusz. „Philosophiae naturalis principia mathematica”, sukcesy mechaniki nieba. Reforma uniwersytetów, towarzystwa naukowe, obserwatoria astronomiczne. Astronomia gwiazd. Narodziny i rozwój astrofizyki. Towarzystwa i czasopisma astronomiczne. Rozwój obserwatoriów. Poznanie natury gwiazd. Kształtowanie się poglądów na budowę Galaktyki i Wszechświata. Astronomia w Polsce. Astronomia we Wrocławiu.</p>
17	Historia fizyki	<p>Wiedza naukowa a inne rodzaje wiedzy. Fenomen nauki. Etapy rozwoju wiedzy naukowej jako części procesu zmian cywilizacyjnych. Początki nauki albo nauki przyrodnicze, kiedy jeszcze ich nie było. Początki matematyki (ilościowego opisu świata), odkrycie liczby i jego konsekwencje. Filozoficzny okres rozwoju</p>

		wiedzy naukowej. Grecka filozofia przyrody i jej konsekwencje. Prototypy idei fizycznych jako linie kierunkowe rozwoju poznania. Etapy rozwoju fizyki. Proces wyłaniania się z filozofii przyrody systemu nowożytnych nauk, w tym fizyki. Od Kopernika i Galileusza do mechanistycznego obrazu świata – ontologiczne założenia mechaniki Newtona. Fizyka nowożytna od Newtona do Einsteina. Szanse i zagrożenia współczesnej nauki. Na „froncie badań” w fizyce. Metodologiczne koncepcje rozwoju nauki.
18	Język obcy (poziom B2+)	Zasoby leksykalno-gramatyczne języka obcego nowożytnego odpowiadające biegłości na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego. Tematyka z zakresu nauk ścisłych, w szczególności astronomii. Specjalistyczne słownictwo i struktury gramatyczne używane w środowisku akademickim, umożliwiające rozumienie i analizę fachowych tekstów i wykładów oraz opisywanie i prezentowanie zagadnień astronomicznych.
19	Kosmologia	Podstawowe obserwacje kosmologiczne: ucieczka galaktyk, rozkład przestrzenny galaktyk, mikrofalowe promieniowanie tła, skład chemiczny materii. Rodzaje odległości w kosmologii, zależności i sposoby wyznaczania. Równania pola Einsteina. Metryka Robertsona-Walkera, równania Friedmanna. Rozwiązania równań Friedmanna dla różnych przypadków. Modele kosmologiczne i ich testowanie. Ery dominacji i scenariusze ewolucji Wszechświata. Ewolucja wczesnego Wszechświata, Wielki Wybuch. Inflacja: problemy, które rozwiązuje, możliwości testowania. Pierwotna nukleosynteza. Obserwacje anizotropii mikrofalowego promieniowania tła (MPT). Misje COBE, WMAP i Planck. Naziemne obserwacje anizotropii MPT. Efekt Suniajewa-Zeldowicza. Metody wyznaczania parametrów kosmologicznych, w tym stałej Hubble'a, parametru opóźnienia i parametrów gęstości. Obserwacje odległych supernowych, przyspieszanie ekspansji Wszechświata. Stan badań nad ciemną materią i ciemną energią. Niestandardowe modele kosmologiczne, w tym modele niejednorodne i modele ze zmodyfikowaną grawitacją.
20	Laboratory of CCD Photometry (Pracownia fotometrii CCD)	The student learns about the use of the CCD camera for photometric observations, gets acquainted with the properties of various types of images obtained by the camera, performs reduction and calibration of photometric observations, constructs and interprets color-brightness and color-color diagnostic diagrams, analyzes the results of photometric observations and derives physical properties of stars, compares the obtained results with scientific literature, draws conclusions from the performed analysis. Student poznaje zastosowanie kamery CCD do obserwacji fotometrycznych, zapoznaje się z własnościami różnych typów obrazów uzyskiwanych przez kamerę, przeprowadza redukcję i kalibrację obserwacji fotometrycznych, konstruuje i interpretuje wykresy diagnostyczne kolor-jasność i kolor-kolor, przeprowadza analizy wyników obserwacji fotometrycznych do badania własności fizycznych gwiazd, porównuje uzyskane wyniki z literaturą naukową, wyciąga wnioski z wykonanej analizy.
21	Laboratory of Magnetic Activity of the Sun and Stars (Pracownia aktywności magnetycznej Słońca i gwiazd)	Calibration methods for spectroscopic observations of solar flares and prominences obtained in the optical range. Ultraviolet spectroscopy and photometry of active solar phenomena. Temporal evolution of stellar and solar flare emissions. Strategies and methods used in the modelling of solar and stellar flares. One-dimensional models of the active atmosphere of the Sun and stars. Distributions of non-thermal electrons in the flaring loop (Fokker-Planck). Diagnostics of star spots based on the photometric modulations. Analysis of solar and stellar activity cycles. Detection of stellar flares in global surveys of the sky.

		<p>Metody kalibracji obserwacji spektroskopowych rozbłysków i protuberancji słonecznych prowadzonych w zakresie optycznym. Ultrafioletowa spektroskopia i fotometria aktywnych zjawisk słonecznych. Czasowa ewolucja emisji rozbłysków gwiazdowych i słonecznych. Strategie i metody modelowania rozbłysków słonecznych i gwiazdowych. Jednowymiarowe modele aktywnej atmosfery Słońca i gwiazd. Rozkłady elektronów nietermicznych w pętli rozbłyskowej (Fokker-Planck). Diagnostyka plam gwiazdowych na podstawie analizy modulacji fotometrycznych. Analiza cykli aktywności Słońca i gwiazd. Detekcja rozbłysków gwiazdowych w masowych przeglądach nieba.</p>
22	<p>Laboratory of Stellar Pulsations (Pracownia pulsacji gwiazdowych)</p>	<p>Learning how to use computer programs for computing the pulsations of stars of various types. Getting to know the methods of identifying modes and getting to know the codes that enable such identification. Learning the methods of constructing seismic models and constraining the free parameters of the models of stellar structure and evolution. Getting to know the numerical methods used in the computer programs and understanding their limitations.</p> <p>Zapoznanie z programami komputerowymi służącymi do liczenia pulsacji gwiazd różnych typów. Poznanie metod identyfikacji modów i zapoznanie się kodami, które taką identyfikację umożliwiają. Zapoznanie się metodami konstruowania modeli sejsmicznych i ograniczania wolnych parametrów modeli budowy i ewolucji gwiazdowych. Poznanie metod numerycznych stosowanych w używanych programach komputerowych i zrozumienie ich ograniczeń.</p>
23	<p>Laboratory of Stellar Spectroscopy (Pracownia spektroskopii gwiazdowej)</p>	<p>The student learns about the use of the CCD camera for spectroscopic observations, gets acquainted with the properties of various types of images obtained by the camera, performs reduction and calibration of spectroscopic observations, determines the radial velocities of single and double stars, constructs models of stellar atmospheres, calculates the synthetic spectrum, determines atmospheric parameters stars, determines the projected stellar rotation velocities, compares the obtained results with the scientific literature, draws conclusions from the performed analysis.</p> <p>Student poznaje zastosowanie kamery CCD do obserwacji spektroskopowych, zapoznaje się z własnościami różnych typów obrazów uzyskiwanych przez kamerę, przeprowadza redukcję i kalibrację obserwacji spektroskopowych, wyznacza prędkości radialne gwiazd pojedynczych i podwójnych, konstruuje modele atmosfer gwiazdowych, oblicza widmo syntetyczne, wyznacza parametry atmosferyczne gwiazd, wyznacza rzutowane prędkości rotacji gwiazd, porównuje uzyskane wyniki z literaturą naukową, wyciąga wnioski z wykonanej analizy.</p>
24	<p>Laboratory of Theoretical Astrophysics (Pracownia astrofizyki teoretycznej)</p>	<p>Introduction to MESA stellar evolution code. Description of the possibilities and limitations of the program. Calibration of numerical parameters in order to obtain results that make physical sense. Learning how to model different astrophysical objects: molecular clouds contracting on the main sequence, main sequence stars, red giants, AGB stars, horizontal branch stars, white dwarfs, black holes. Analysis of physical processes in different phases of stellar evolution (nuclear reactions, convection, diffusion of chemical elements, energy transport, mass loss, mixing of matter, angular momentum transport). Modeling the evolution of binary systems with mass exchange between the components.</p>

		Zapoznanie z programem komputerowym MESA, służącym do modelowania ewolucji gwiazdowej. Opis możliwości i ograniczeń programu. Kalibracja parametrów numerycznych niezbędnych do otrzymania wyników mających sens fizyczny. Nauka liczenia modeli różnych obiektów astrofizycznych: obłoki molekularne w trakcie kontrakcji na ciąg główny, gwiazdy ciągu głównego, czerwone olbrzymy, gwiazdy AGB, gwiazdy na gałęzi horyzontalnej, białe karły, czarne dziury. Analiza procesów fizycznych występujących w różnych fazach ewolucji gwiazd (reakcje jądrowe, konwekcja, dyfuzja pierwiastków chemicznych, transport energii, utrata masy, mieszanie materii, transport momentu pędu). Modelowanie ewolucji układów podwójnych z wymianą masy pomiędzy składnikami.
25	Mechanika nieba	Krzywe stożkowe. Prawo grawitacji, stała Gaussa i definicja zagadnienia dwóch ciał. Potencjał i natężenie pola grawitacyjnego. Całki środka masy i redukcja do zagadnienia względnego dwóch ciał. Całki ruchu zagadnienia względnego i ich związek z prawami Keplera. Ruch hiperboliczny i paraboliczny w płaszczyźnie orbity. Przestrzenne zagadnienie względne dwóch ciał i elementy keplerowskie orbity. Barycentryczne zagadnienie dwóch ciał jako modyfikacja zagadnienia względnego. Położenie i prędkość na orbicie w funkcji czasu. Perturbacje pierwszego rzędu w zagadnieniu 2 ciał. Całki ruchu zagadnienia N ciał. Niecałkowalność tego zagadnienia. Zagadnienie 3 ciał i rozwiązania homograficzne Lagrange'a. Ograniczone zagadnienie 3 ciał. Kryterium Tisseranda. Powierzchnie zerowej prędkości w ograniczonym kołowym zagadnieniu 3 ciał. Punkty Lagrange'a i ich stabilność. Rezonans orbitalny.
26	Metody redukcji i analizy danych astronomicznych	Podstawowa analiza obrazu (metody: izolacje, surface, shade_surf, pola wektorowe, pola wektorowe 3D). Złudzenia w przedstawianiu obrazowym. Barwy fałszywe, prawdziwe, definicje barw, atrybuty barw, metameryzm, indukcja barw, progi barw (prawo Webera-Fechnera, Bezolda-Brückego), widzenie fotopowe. Mieszanie barw addytywne i subtraktywne, prawo Helmholtza, prawa Grassmanna, trójkąt barw Maxwella, matematyczne i komputerowe modele barw. Matematyczne przetwarzanie obrazów (filtr dolno i górno przepustowy, konwolucja – właściwości, operacje wygładzania, operacje bazujące na pochodnych (znajdowanie krawędzi), filtry adaptacyjne, unsharp masking, przykłady realizacji. Operacje bazujące na morfologii obrazu (operatory Minkowskiego; dilation, erosion – definicje i właściwości; opening, closing – definicje i właściwości). Standardowa redukcja danych zarejestrowanych przez CCD (bias, overscan, prąd ciemny, deferred charge, saturacja, hot pixels). Konwolucja boole'owska; operatory dilation, erosion, HitandMiss, skeleton, thinning. Dekonwolucja (definicja, do czego służy, rozwiązanie problemu, ilorazowa metoda Fouriera, rodzaje dekonwolucji, liniowe metody regularyzacji, metoda CLEAN). Metody dekonwolucji oparte na teorii Bayes'a (twierdzenie Bayes'a, MEM, MFW, metoda piksonów). Zagadnienie modulacji plamowych i metody odtwarzania rozkładu plam na powierzchni gwiazd. Sieci neuronowe (opis, cechy, zalety, zastosowania, neuron – opis, funkcja aktywacji, rodzaje neuronów, sieć wielowarstwowa, przykład sieci neuronowej, ciąg uczący, weryfikujący). Algorytmy ewolucyjne. Opis i rodzaje metod, przykłady zastosowania. Zastosowanie metody ewolucji różnicowej do wyznaczania rozkładów DEM i obfitości pierwiastków. Zagadnienie modulacji plamowych i metody odtwarzania rozkładu plam na powierzchni gwiazd. Zastosowanie analizy falkowej w przetwarzaniu obrazów i danych. Porównanie transformaty falkowej i Fouriera. Ciągła transformata falkowa. Dyskretna transformata falkowa. Zastosowania falek – przykłady.
27	Planetary Systems and Astrobiology (Układy planetarne i astrobiologia)	Definitions of life (biological, reductionist, cybernetic and others). Organic matter in the Universe (synthesis of organic particles on Earth, extraterrestrial organic matter on Earth, formation of biological systems, formation of living organisms). Conditions conducive to the emergence and evolution of living organisms (friendly planets and moons of planets, habitable zone of a planetary system, galactic habitable

		<p>zone). Life in the solar system: planets (energy, organic matter, water). Life in the solar system: Jupiter's moons, Saturn's moons. Living in extreme conditions (extremophiles). Extrasolar planets: methods of detection. Characteristics of extrasolar systems (presentation and discussion of the latest results). Atmospheres of exoplanets. Methods of searching for life on extrasolar planets (biosignatures).</p> <p>Definicje życia (biologiczna, redukcjonistyczna, cybernetyczna i inne). Materia organiczna we Wszechświecie (synteza cząstek organicznych na Ziemi, pozaziemska materia organiczna na Ziemi, powstawanie układów biologicznych, powstawanie organizmów żywych). Warunki sprzyjające powstaniu i ewolucji organizmów żywych (przyjazne planety, księżycy planet, ekosfera układu planetarnego, ekosfera galaktyczna). Życie w Układzie Słonecznym: planety (energia, materia organiczna, woda). Życie w Układzie Słonecznym: księżycy planet (księżycy Jowisza, księżycy Saturna). Życie w warunkach ekstremalnych (ekstremofile). Planety pozasłoneczne: metody detekcji. Charakterystyka układów pozasłonecznych (przedstawienie i dyskusja najnowszych wyników). Atmosfery planet pozasłonecznych. Metody poszukiwania życia na planetach pozasłonecznych (biosygnatury).</p>
28	Podstawy przedsiębiorczości	<p>Podstawy matematyki finansowej: wartość pieniądza w czasie, podstawowe funkcje finansowe (FV, PV, FVA, PVA), obliczanie rat kredytu (raty równe i równe raty kapitałowe), szacowanie opłacalności inwestycji (NPV, IRR, okres zwrotu nakładów inwestycyjnych). Inflacja i deflacja. Podstawowe instrumenty finansowe: bony skarbowe, obligacje, akcje – stopa zwrotu i ryzyko. Elementarne zasady budowy portfela inwestycyjnego. Fundusze powiernicze. Opodatkowanie przedsiębiorstw w Polsce – zarys problematyki. Pracownik i zleceniobiorca w firmie – rozliczanie wynagrodzeń. Podstawy rachunkowości finansowej: podstawowe pojęcia (m.in. przychód, koszt uzyskania przychodu, dochód, aktywa, pasywa), podstawowe dokumenty sprawozdawczości finansowej, rodzaje kosztów. Elementy analizy finansowej, rentowność, płynność, sprawność gospodarowania i odpowiednie wskaźniki. Próg rentowności firmy. Dźwignie: operacyjna, finansowa i całkowita. Pojęcie strategii, rola zarządzania strategicznego. Elementy analizy strategicznej: analiza SWOT/TOWS. Strategie w zarządzaniu finansami. Pojęcie kultury organizacyjnej, wpływ kultury organizacyjnej na zarządzanie strategiczne. Wprowadzenie do problematyki zarządzania zmianą, zachowania pracowników w sytuacji zmiany. Jakość w przedsiębiorstwie – wprowadzenie do statystycznej kontroli jakości. Podstawy planowania finansowego. Podstawowe zasady sporządzania biznesplanu.</p>
29	Praca magisterska i egzamin magisterski	<p>Opracowanie i złożenie pracy magisterskiej przygotowanej zgodnie z wymaganiami stawianymi na Wydziale Fizyki i Astronomii UW pracom dyplomowym na poziomie studiów II stopnia. Po uzyskaniu pozytywnej oceny pracy dyplomowej – zdanie egzaminu magisterskiego na zasadach określonych w warunkach ukończenia studiów na kierunku Astronomia.</p>
30	Pracownia IDL	<p>Wstęp do IDL, (elementy języka, podstawowe funkcje). Tworzenie programów i funkcji w IDL. Dane i ich analiza, wprowadzanie i wyprowadzanie danych. Wizualizacja danych: wykresy, obrazy, mapy, wektory. Wstęp do analizy obrazów. Platforma programowa SolarSoftWare – wprowadzenie i opis. Analiza przykładowych danych za pomocą SSW.</p>
31	Projekt magisterski I/II	<p>Student realizuje projekt magisterski I/II pod opieką promotora w jednej z astro- lub heliofizycznych grup badawczych, zgodnie z wybranym tematem pracy magisterskiej. Obejmuje to przegląd literatury z zakresu zagadnień poruszanych w pracy magisterskiej, opanowanie i doskonalenie niezbędnych technik i narzędzi badawczych, przeprowadzenie badań naukowych stanowiących podstawę przygotowywanej pracy magisterskiej oraz analizę, opracowanie, ocenę i interpretację uzyskanych wyników.</p>

32	Seminarium magisterskie I/II	Prezentacja i dyskusja zagadnień z zakresu najnowszych odkryć, najważniejszych problemów i głównych kierunków badań w różnych obszarach współczesnej astronomii, problematyki badań naukowych z zakresu astro- i heliofizyki prowadzonych na Wydziale Fizyki i Astronomii UW oraz tematyki prac magisterskich realizowanych przez uczestników seminarium. Prezentacja i omówienie wstępnych lub oczekiwanych wyników pracy naukowej magistrantów. Problematyka właściwego korzystania ze źródeł, krytycznej analizy pozyskiwanych lub przekazywanych treści, sposobów i technik prezentacji zagadnień, przekazu ze zrozumieniem, rzeczowej argumentacji, poprawności wnioskowania oraz prowadzenia dyskusji naukowej.
33	Seminarium z astronomii	Zagadnienia dotyczące bieżących odkryć w astronomii, z naciskiem na najbardziej aktualne i nierozwiązane problemy astrofizyki i heliofizyki. Prezentacje odzwierciedlające zainteresowania studentów. Przykładowe tematy: grzanie korony słonecznej, neutrino słoneczne, konwekcja w astrofizyce, ewolucja gwiazd rotujących, cefeidy klasyczne i ich znaczenie w astronomii, natura i pochodzenie błysków gamma, problem ciemnej materii energii, zależność $M-\sigma$, procesy mieszania pierwiastków w gwiazdach, powstawanie układów planetarnych, fale grawitacyjne, powstawanie supermasywnych czarnych dziur.
34	Stellar Pulsations (Pulsacje gwiazdowe)	<p>Basic concepts and mathematical issues: oscillation mode, radial and non-radial pulsations, spherical harmonics, basic coordinate systems and transformations between them, the Eulerian and Lagrangian description, perturbation of the surface element and its normal. Types of pulsating variables: stellar pulsations across the Hertzsprung-Russell diagram, instability domains, basic properties of different types. Oscillation properties: the Lamb and Brunt-Vaisala frequency, acoustic and gravitational modes, propagation diagrams, conditions for trapping of modes, pulsation constant, period-luminosity relation. Mathematical description of pulsations: general equations of hydrodynamics, linear non-radial non-adiabatic pulsations, boundary conditions, adiabatic and quasi-adiabatic approximation, Sturm-Liouville type problem, variational principle, asymptotic dispersion relations. Excitation mechanism: Eddington valve mechanism, self-excitation (opacity) mechanism, work integral, stochastic excitation by turbulent convection. Detection of pulsating stars: Fourier methods, statistical methods, wavelet analysis. Observed characteristics and identification of pulsation modes: light variations of a pulsating star, changes of radial velocity, modelling of line profile variations, methods of the mode identification from photometry and spectroscopy. Basic effects of rotation: advection, rotational splitting of modes, Coriolis force, Ledoux constant, effects of moderate rotation, centrifugal force. Helio- and Asteroseismology: seismic model of a star, the most important achievements of helioseismology, examples of asteroseismic modelling.</p> <p>Podstawowe pojęcia i zagadnienia matematyczne: mod oscylacji, pulsacje radialne i nieradialne, funkcje kuliste, podstawowe układy współrzędnych i transformacje pomiędzy nimi, zaburzenie Eulera i Lagrange'a, zaburzenie elementu powierzchni i jego normalnej. Typy gwiazd pulsujących: obszary niestabilności pulsacyjnej na diagramie HR, podstawowe własności różnych typów. Własności oscylacji: częstotliwości Lamba i Brunta-Vaisala, mody akustyczne i grawitacyjne, diagramy propagacji, warunki pułapowania oscylacji, stała pulsacji, zależność okres-jasność. Matematyczny opis pulsacji: ogólne równania hydrodynamiki, liniowe nieradialne pulsacje nieadiabatyczne, warunki brzegowe, przybliżenie adiabatyczne i quasi-adiabatyczne, zagadnienie typu Sturm-Liouville'a, zasada wariacyjna, asymptotyczne relacje dyspersyjne. Mechanizm wzbudzenia pulsacji: mechanizm zaworu Eddingtona, mechanizm samowzbudzenia (nieprzezroczystości), całka pracy, stochastyczne wzbudzenie przez</p>

		turbulentną konwekcję. Wykrywanie gwiazd pulsujących: metody fourierowskie, metody statystyczne, analiza falkowa. Obserwowane charakterystyki i identyfikacja modów pulsacji: zmiany jasności gwiazdy pulsującej, zmiany prędkości radialnej, modelowanie zmian profili linii widmowych, metody identyfikacji modów pulsacji z fotometrii i spektroskopii. Podstawowe efekty rotacji: adwekcja, rozszczepienie rotacyjne modów, siła Coriolisa, stała Ledoux, efekty umiarkowanej rotacji, siła odśrodkowa. Heliosejsmologia i asterosejsmologia: model sejsmiczny gwiazdy, osiągnięcia heliosejsmologii, przykłady modelowania asterosejsmicznego.
35	Szkolenie wstępne z BHP i ochrony p-poż.	Podstawowe pojęcia dotyczące bhp. Czynniki szkodliwe dla zdrowia lub uciążliwe występujące podczas zajęć studenckich. Akty prawne dotyczące bhp w szkołach wyższych. Postępowanie w razie zaistnienia wypadku. Podstawowe zasady udzielania pierwszej pomocy. Zagrożenia bhp i p-poż. występujące w miejscu nauki. Organizacja ochrony przeciwpożarowej. Przyczyny powstawania i rozprzestrzeniania się pożarów. Podstawowe obowiązki i zadania wynikające z przepisów w zakresie zapobiegania pożarom i na wypadek powstania pożaru. Zasady stosowania i umiejętności posługiwania się sprzętem i urządzeniami pożarniczymi.
36	Variable Stars (Gwiazdy zmienne)	<p>Criteria used to classify variable stars. History of the discovery of variable stars, catalogues of variable stars. General classification of variable stars, stars exhibiting simultaneously different types of variability. Types of Cepheids, use of Cepheids as standard candles, Baade-Wesselink method, Hertzsprung progression. Pulsating stars in the classical instability strip. Pulsating stars of the main sequence, Beta Cephei and SPB-type variables. Compact pulsating stars (white dwarfs, hot sub-dwarfs). Pulsating types of red giants. The Sun as a pulsating star, solar-type oscillations, their nature and detection methods. Binary stars: classification criteria, proximity effects and tidal effects. Determination of the parameters of the components of binary systems (including masses, radii and ages). Cataclysmic and pre-cataclysmic stars, novae. Stars exhibiting rotational variability, pulsars. Eclipsing phenomena in star-other object (e.g. star-planet) systems. Microlensing, detection methods and use. Massive photometric sky surveys – motivations and examples. Variability detection methods, automatic classification of variable stars.</p> <p>Kryteria używane do klasyfikacji gwiazd zmiennych. Historia odkrywania gwiazd zmiennych, katalogi gwiazd zmiennych. Ogólny podział gwiazd zmiennych, gwiazdy wykazujące jednocześnie różne typy zmienności. Rodzaje cefeid, wykorzystanie cefeid jako świec standardowych, metoda Baade’ego-Wesselinka, progresja Hertzsprunga. Gwiazdy pulsujące głównego pasa niestabilności. Gwiazdy pulsujące ciągu głównego, zmienne typu Beta Cephei i SPB. Zwarte gwiazdy pulsujące (białe karły, gorące podkarły). Pulsacje na gałęzi czerwonych olbrzymów. Słońce jako gwiazda pulsująca, pulsacje typu słonecznego, ich natura i metody detekcji. Gwiazdy podwójne: kryteria klasyfikacji, efekty bliskości i efekty pływowe. Wyznaczanie parametrów składników układów podwójnych (w tym mas, promieni i wieku). Gwiazdy kataklizmiczne i prekatakliczne, gwiazdy nowe. Gwiazdy wykazujące zmienność rotacyjną, pulsary. Zjawiska zaćmieniowe w układach gwiazda-inny obiekt (np. gwiazda-planeta). Mikrosoczewkowanie, sposoby detekcji i wykorzystanie. Masowe fotometryczne przeglądy nieba – motywacje i przykłady. Metody detekcji zmienności, automatyczna klasyfikacja gwiazd zmiennych.</p>
37	Wykład specjalistyczny I/II/III/IV	Zaawansowane treści specjalistyczne z zakresu szczegółowych zagadnień związanych z kierunkiem studiów, z uwzględnieniem proponowanych tematów prac magisterskich. Wykłady mają charakter autorski, a ich tematyka ściśle wiąże się z aktualną problematyką badań prowadzonych w Instytucie

		Astronomicznym UWr i bierze pod uwagę specyficzne zainteresowania naukowe studentów w danym cyklu kształcenia.
--	--	--

PROGRAM STUDIÓW

NAZWA PRZEDMIOTU	sposób weryfikacji (semestr)	łączny wymiar godzinowy	forma realizacji zajęć				ECTS	ROZKŁAD OBCIĄŻEŃ (GODZINY/ECTS) W KOLEJNYCH SEMESTRACH									
								I ROK				II ROK					
			SEMESTR I		SEMESTR II			SEMESTR III		SEMESTR IV							
			godz	ECTS	godz	ECTS		godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS	godz	ECTS
PRZEDMIOTY OBOWIĄZKOWE																	
Fizyka Słońca	E/Z (I)	75	30	45			6	75	6								
Wykład specjalistyczny I ¹	E (I)	30	30				3	30	3								
Laboratory of Theoretical Astrophysics ² (Pracownia astrofizyki teoretycznej)	Z (I)	30					3	30	3								
Laboratory of Magnetic Activity of the Sun and Stars ² (Pracownia aktywności magnetycznej Słońca i gwiazd)					30												
Laboratory of CCD Photometry (Pracownia fotometrii CCD)	Z (I)	45				45	4	45	4								
Seminarium z astronomii	Z (I)	30					30	3	30	3							
Galactic Astronomy (Astronomia galaktyczna)	E/Z (II)	60	30	30			5			60	5						
Variable Stars (Gwiazdy zmienne)	E (II)	30	30				3			30	3						
Wykład specjalistyczny II ¹	E (II)	30	30				3			30	3						
Laboratory of Stellar Spectroscopy (Pracownia spektroskopii dwiazdowej)	Z (II)	45				45	4			45	4						
Highlights of Modern Physics and Astrophysics (Dokonania współczesnej fizyki i astrofizyki)	Z (II)	30					30	3		30	3						
Kosmologia	E/Z (III)	60	30	30			5					60	5				
Stellar Pulsations (Pulsacje gwiazdowe)	E/Z (III)	60	30	30			5					60	5				
Wykład specjalistyczny III ¹	E (III)	30	30				3					30	3				
Seminarium magisterskie I	Z (III)	30					30	2				30	2				
Projekt magisterski I ³	Z (III)	n/o					8					8					

Extragalactic Astronomy (Astronomia pozagalaktyczna)	E/Z (IV)	60	30	30			5						60	5	
High-energy Astrophysics (Astrofizyka wysokich energii)	E/Z (IV)	60	30	30			5						60	5	
Wykład specjalistyczny IV ¹	E (IV)	30	30				3						30	3	
Seminarium magisterskie II	Z (IV)	30				30	2						30	2	
Projekt magisterski II ³	Z (IV)	n/o					8							8	
Praca magisterska i egzamin magisterski ⁴	E (IV)	n/o					4							4	
Szkolenie wstępne z BHP i ochrony p-poż.	Z (I)	4	E-LEARNING				0	4	0						
Język obcy (poziom B2+) ⁵	E (I)	60		60			4	60	4						
Przedmiot z zakresu przedsiębiorczości ⁶	Z (IV)	n/o					2							2	
Przedmiot humanistyczny/społeczny ⁷	Z (IV)	n/o					3							3	
PRZEDMIOTY UZUPEŁNIAJĄCE DO WYBORU ^{8,9}															
Advanced Topics of Stellar Structure and Evolution (Zaawansowane zagadnienia budowy i ewolucji gwiazd)	E/Z (I)	60	30	30			5	60	5						
Elementy elektrodynamiki klasycznej	E/Z (I)	60	30	30			5	60	5						
Pracownia IDL	Z (I)	45			45		3	45	3						
Computational Methods I (Metody obliczeniowe I)	Z (I)	60	30		30		6	60	6						
Ethics in Research ⁷ (Etyka badań naukowych)	Z (I)	24		24			3	24	3						
Metody redukcji i analizy danych astronomicznych	E/Z (II)	60	30	30			5			60	5				
Elementy fizyki statystycznej	E/Z (II)	60	30	30			5			60	5				
Computational Methods II (Metody obliczeniowe II)	Z (II)	60	30		30		6			60	6				
Advanced Topics of Stellar Atmospheres (Zaawansowane zagadnienia atmosfer gwiazdowych)	E/Z (III)	60	30	30			5					60	5		
Planetary Systems and Astrobiology (Układy planetarne i astrobiologia)	E (III)	30	30				3					30	3		

Mechanika nieba	Z (III)	60	30	30			5					60	5		
Compact Stars (Gwiazdy zwarte)	Z (III)	30	15	15			3					30	3		
Laboratory of Stellar Pulsations (Pracownia pulsacji gwiazdowych)	Z (III)	15			15		2					15	2		
Astero- and Helioseismology (Astero- i heliosejsmologia)	Z (IV)	15	15				2							15	2
Podstawy przedsiębiorczości ⁶	Z (II)	60	30	30			4							60	4
Entrepreneurship and Intellectual Property Protection ⁶ (Przedsiębiorczość i ochrona własności intelektualnej)	Z (II)	15	15				2							15	2
Historia astronomii ⁷	Z (IV)	45	30	15			3							45	3
Historia fizyki ⁷	Z (IV)	30	30				3							30	3
ŁĄCZNIE		1100 ¹⁰					120								
przedmioty obowiązkowe		829					96	274	23	195	18	180	23	180	32
przedmioty uzupełniające do wyboru ⁹		789 ⁹					70 ⁹	249	22	180	16	195	18	165	14

Formy realizacji zajęć:

WYK – wykład
K/ĆW – konwersatorium/ćwiczenia
LAB – laboratorium/pracownia
SEM – seminarium

Sposoby weryfikacji:

E – egzamin
Z – zaliczenie na ocenę

Wyjaśnienia:

¹ Dopuszcza się różną formę zajęć w ramach wykładu specjalistycznego, dostosowaną do jego specyfiki.

² Student realizuje jedno z dwu laboratoriów specjalistycznych do wyboru.

³ Po wyborze tematu pracy magisterskiej student realizuje projekt magisterski I/II pod opieką promotora w jednej z astro- lub heliofizycznych grup badawczych. Całkowity przewidywany nakład pracy z tym związany wynosi 200 godzin w semestrze, co odpowiada 8 ECTS. Liczba godzin zajęć związanych z realizacją projektu zależy od jego specyfiki i dlatego pozostaje nieokreślona.

⁴ Do egzaminu magisterskiego może przystąpić student, który złożył pracę magisterską i została ona pozytywnie oceniona, zaliczył wszystkie przedmioty obowiązkowe i uzyskał łącznie co najmniej 116 punktów ECTS. Po zdaniu egzaminu magisterskiego otrzymuje się 4 punkty ECTS przewidziane za pracę magisterską i egzamin magisterski.

⁵ Cudzoziemcy zobowiązani są dodatkowo do realizacji lektoratu języka polskiego w semestrach 1-4 w łącznym wymiarze 120 godzin, zgodnie z odrębnymi przepisami. 8 punktów ECTS uzyskanych za zaliczenie tego lektoratu nie wlicza się do puli 120 punktów ECTS wymaganej do ukończenia studiów.

⁶ Student wybiera zajęcia z zakresu przedsiębiorczości z oferty przedmiotów uzupełniających do wyboru lub, za zgodą dziekana, realizuje je na innym wydziale, uzyskując łącznie co najmniej 2 punkty ECTS. Zajęcia mogą być realizowane w innym niż wskazany semestrze.

⁷ Student wybiera zajęcia z dziedziny nauk humanistycznych lub społecznych z oferty przedmiotów uzupełniających do wyboru lub, za zgodą dziekana, realizuje je na innym wydziale, uzyskując łącznie co najmniej 3 punkty ECTS. Zajęcia mogą być realizowane w innym niż wskazany semestrze.

⁸ Przedmioty uzupełniające do wyboru oferowane w semestrze 1. albo 2. mogą być realizowane odpowiednio w semestrze 3. albo 4. i na odwrót, z zastrzeżeniem spełnienia wymagań wstępnych.

⁹ Student zalicza przedmioty do wyboru za co najmniej 24 punkty ECTS. Wiąże się to przeciętnie z realizacją 271 godzin zajęć uzupełniających.

¹⁰ Uwzględnia wymiar zajęć obowiązkowych oraz przeciętny wymiar realizowanych przedmiotów uzupełniających do wyboru.

Wskaźniki ECTS	
Liczba punktów ECTS niezbędna do uzyskania kwalifikacji	120 (cudzoziemcy dodatkowo 8 ECTS w ramach lektoratu języka polskiego)
Łączna liczba punktów ECTS, które student musi uzyskać na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich	116
Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych	5
Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z języka obcego	4
Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać realizując moduły na zajęciach ogólnouczeniowych	4 (cudzoziemcy dodatkowo 8 ECTS w ramach lektoratu języka polskiego)
Wymiar praktyki zawodowej i liczba punktów ECTS przypisanych praktykom określonym w programie studiów	nie dotyczy
Procentowy udział liczby punktów ECTS dla programu przyporządkowanego do więcej niż jednej dyscypliny	astronomia 100%
Procentowy udział poszczególnych dyscyplin, do których odnoszą się efekty uczenia. Suma udziałów musi być równa 100%	astronomia 100%