

UCHWAŁA Nr 26/2009
Rady Wydziału Fizyki i Astronomii
Uniwersytetu Wrocławskiego
 podjęta w dniu
 17.03.2009 r.

Rada Wydziału podjęła uchwałę o uruchomieniu od roku 2010/2011 studiów astronomicznych drugiego stopnia.

Program studiów: Astronomia, studia II stopnia, dwuletnie

Nazwa przedmiotu	Kod	Warunek	Semestr 1		ECTS	Semestr 2		Semestr 3		Semestr 4		ILG			
Mechanika teoretyczna	MT		2	2	5							60			
Fizyka statystyczna	FST							2	2	5		60			
Mechanika nieba	MNI		2	2	5							60			
Budowa i ewolucja gwiazd II	BEG2		2	2	5							60			
Astronomia galaktyczna	AGA					2	2	5				60			
Astronomia pozagalaktyczna	APG							2	2	5		60			
Kosmologia	KOS					2	2	5				60			
Astrofizyka wysokich energii	AWE										2	2	5	60	
Teoria pulsacji gwiazdowych	PUL	BEG2									2	2	5	60	
Atmosfery gwiazdowe	AGW							2	2	5			60		
Fizyka Słońca 1	FSL1		2	2	5								60		
Fizyka Słońca 2	FSL2					2	2	5					60		
Zaawansowane metody redukcji i analizy danych astronomicznych	ZMR	IDL				2	2	4					60		
Pracownia IDL	IDL			3	2								45		
Pracownia astrofizyczna	PAF1-2			3	4		3	4					90		
Wykład specjalistyczny	WS1-4		2		4	2		4	2		4	2	4	120	
Seminarium z astronomii	SAS1-4			1	3		1	3		1	3		1	3	60
Pracownia magisterska	PMAG								2	3		2	3	60	
Seminarium magisterskie	SMAG								2	3		2	3	60	
Egzamin magisterski	EMAG												20		
			150	225	33	150	180	30	120	165	28	90	135	23	1215
					375			330			285			225	

Łączna możliwa ilość punktów ECTS: 134 (114+20)

Ilość punktów ECTS niezbędna do ukończenia studiów: 100+20

Wykłady nieobligatoryjne: Teoria pulsacji gwiazdowych, Fizyka Słońca 2

Student musi zaliczyć dwa wykłady specjalistyczne

Prezentacja przedmiotów (2-letnie studia II stopnia - magisterskie)

PRZEDMIOTY FIZYCZNE

Mechanika teoretyczna (MTE)

Wykładowcy: pracownik instytutu Fizyki Teoretycznej UWr.

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), konwersatorium (30 godzin).

Rok studiów/semestr: 1/1.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -

Treść wykładu:

Czasoprzestrzeń Galileusza i czasoprzestrzeń Minkowskiego szczególnej teorii względności. Kinematyka i dynamika punktów materialnych i brył sztywnych. Więzy, zasada d'Alemberta, równania Lagrange'a. Zasady wariacyjne i prawa zachowania. Twierdzenie Noether. Przestrzeń fazowa i równania Hamiltona. Niezmienniki przekształceń kanonicznych i całki ruchu. Stabilność trajektorii fazowych i elementy teorii chaosu. Elementy dynamiki relatywistycznej. Elementy mechaniki sprężystych ośrodków rozciągliwych.

Wymagania egzaminacyjne: Znajomość treści wykładu oraz biegłość w rozwiązywaniu problemów rachunkowych dotyczących treści wykładu.

Forma zaliczenia: egzamin: pisemny + ustny.

Literatura przedmiotu:

- G.Białkowski – *Mechanika klasyczna*.
- H.Goldstein – *Classical mechanics*.
- F.Gantmacher – *Mechanika analityczna*.
- L.Landau, L. Lifszic – *Krótki kurs fizyki teoretycznej – mechanika i elektrodynamika*.

Liczba punktów ECTS: 5

Fizyka statystyczna (FST)

Wykładowcy: pracownik instytutu Fizyki Teoretycznej UWr.

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), konwersatorium (30 godzin).

Rok studiów/semestr: 2/3.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -

Treść wykładu: Elementy termodynamiki fenomenologicznej. Elementy klasycznej mechaniki statystycznej. Elementy kwantowej mechaniki statystycznej. Przykłady zastosowań klasycznej i kwantowej mechaniki statystycznej w termodynamice i fizyce faz skondensowanych. Statystyki Fermiego i Bosego. Elementy termodynamiki nierównowagowej.

Wymagania egzaminacyjne: Znajomość treści wykładu oraz biegłość w rozwiązywaniu problemów rachunkowych dotyczących treści wykładu.

Forma zaliczenia: egzamin: pisemny + ustny.

Literatura przedmiotu:

- Ch.Kittel – *Thermal Physics*, Wiley, New York 1970.
- K.Huang – *Mechanika statystyczna*, PWN, Warszawa 1987.
- A.I.Anselm – *Wstęp do teorii półprzewodników*. PWN, Warszawa 1967.
- F.Reif – *Fizyka statystyczna*, PWN, Warszawa 1971.
- R.Kubo – *Statistical Mechanics*, North-Holland, Amsterdam 1965.

Liczba punktów ECTS: 5

PRZEDMIOTY ASTRONOMICZNE

Budowa i ewolucja gwiazd II (BEG2)

Wykładowcy: dr hab. Jadwiga Daszyńska-Daszkiewicz.

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), konwersatorium (30 godzin).

Rok studiów/semestr: 1/1.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -

Treść wykładu:

Skale czasowe: dynamiczna, termiczna (Kelvina-Helmholtza), nuklearna. Równanie stanu: gaz doskonały, ciśnienie promieniowania, materia Zdegenerowana. Równania budowy wewnętrznej gwiazd: równowaga hydrostatyczna, twierdzenie o wiriale, równowaga termiczna, równanie transportu energii. Transport energii: promienisty, konwektywny. Warunki brzegowe równań budowy wewnętrznej gwiazd i całkowanie numeryczne. Reakcje jądrowe we wnętrzu gwiazd: tempa produkcji energii i zmiana składu chemicznego. Nieprzeźroczystości materii. Modele politropowe: równanie Lane'a-Emdena. Zależności masa-jasność. Modele ewolucyjne gwiazd: kontrakcja na ciąg główny, ewolucja podczas palenia wodoru w jądrze (ciąg główny), ewolucja po ciągu głównym gwiazd mało- i średniomasywnych. Interpretacja diagramów HR dla gromad gwiazdowych. Modele gwiazd rotujących: prawo von Zeipela, cyrkulacja południkowa, ewolucja rotacji. Późne etapy ewolucji gwiazd masywnych: fizyka kolapsu i wybuchu supernowej (SN Ibc, II). Nukleosynteza poprzez wychwyt neutronów: procesy r i s. Ostatnie etapy ewolucji gwiazd: białe karły (dwie drogi dojścia do BK), gwiazdy neutronowe, czarne dziury. Układy podwójne kataklizmiczne, rentgenowskie, SN Ia. Wyzwania dla teorii ewolucji gwiazd: gorące podkarły (sdOB), gorące węglowe białe karły, gwiazdy helowe (ang. EHe star).

Wymagania niezbędne do zaliczenia: Rozumienie metod budowania modeli wewnętrznej budowy gwiazd oraz praw fizycznych, które są do tego niezbędne. Znajomość budowy wewnętrznej gwiazd na różnych etapach ewolucji, w tym ewolucji układów podwójnych.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- Christensen-Dalsgaard Joergen , 2008, lecture notes on „Stellar Structure and Evolution”
- Kippenhahn, R. & Weigert, A., 1990. Stellar structure and evolution, Springer-Verlag, Berlin.
- wyk lady prof. W. Dziembowskiego (OAUW)
- George W. Collins II, 2003, Stellar Interiors, 2003
- Chandrasekhar, S., 1939. An introduction to the study of stellar structure, University of Chicago Press, Chicago (reissued 1957, by Dover Publ.)
- Eddington, A. S., 1959, The Internal Constitution of the Stars Dover, New York

Liczba punktów ECTS: 5

Mechanika nieba (MNI)

Prowadzący: dr Tomasz Mrozek

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), konwersatorium (30 godzin)

Rok studiów/semestr: 1/1.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -

Treść wykładu: Wstęp: Współczesne problemy mechaniki nieba. Grawitacyjne przyciąganie ciał: Rozwinięcie potencjału w szereg. Potencjał elipsoidy i sferoidy. Potencjał Ziemi. Wpływ spłaszczenia na ruch sztucznych satelitów Ziemi (SSZ). Efekty niegrawitacyjne w ruchu SSZ. Zagadnienie n ciał: Równania ruchu i ich całki. Płaszczyzna niezmiennicza Laplace'a. Równania ruchu względnego. Funkcja perturbacyjna. Równania ruchu z uwzględnieniem ogólnej teorii względności. Ogólne zagadnienie 3 ciał: Rozwiązanie równań ruchu w postaci kanonicznej. Rozwiązanie zagadnienie 3 ciał we współrzędnych Jacobiego. Przypadek satelitarny i planetarny. Rozwiązania Lagrange'a. Ograniczone zagadnienie 3 ciał: Powierzchnie i krzywe zerowej prędkości oraz ich punkty osobliwe. Małe oscylacje wokół punktów równowagi. Stabilność rozwiązań szczególnych. Teoria orbit okresowych. Orbitsy okresowe w pobliżu mas skończonych. Eliptyczne ograniczone zagadnienie 3 ciał. Regularyzacja. Różne pojęcia i kryteria stabilności w mechanice nieba. Rezonansowa struktura Układu Słonecznego (za i przeciw). Teoria perturbacji: Rozwinięcie funkcji perturbacyjnej w szereg. Metoda wariacji stałych dowolnych. Równania wariacyjne Lagrange'a i Gaussa. Perturbacje grawitacyjne i niegrawitacyjne. Wyznaczanie orbity z warunków początkowych lub brzegowych. Wyznaczanie orbity z obserwacji. Metoda Lagrange'a-Gaussa.

Wymagania niezbędne do zaliczenia: Wykazanie się wiedzą dotyczącą tematyki wykładu oraz wyprowadzanie i interpretacja podstawowych równań i zależności.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- S.Wierziński – *Mechanika nieba*, PWN, Warszawa, 1973.
- F.R.Moulton – *An Introduction to Celestial Mechanics*, New York
- D.Brouwer, G.Clemence – *Methods of Celestial Mechanics*, New York, London 1961
- P.R.Eskobal – *Metody astrodyamiki*, Moskwa 1971.
- T.E.Sterne – *Wstęp do mechaniki nieba*, PWN, Warszawa 1966.
- E.T.Whittaker – *Dynamika analityczna*, PWN, Warszawa 1959.
- L.Taff – *Celestial Mechanics*, New York 1985.

Liczba punktów ECTS: 5

Astronomia galaktyczna (AGA)

Prowadzący: dr Grzegorz Kopacki

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), konwersatorium (30 godzin)

Rok studiów/semestr: 1/2.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -.

Treść wykładu: Kinematyka: Gromada ruchoma gwiazd. Ruch Słońca względem gwiazd. Apeks. Miejscowy układ odniesienia. Prędkość swoista. Różnicowa rotacja Galaktyki. Stałe Oorta. Rotacja dysku z obserwacji radiowych. Krzywa rotacji dysku. Gwiazdy szybkie i powolne. Orbits gwiazd. Rozkłady prędkości gwiazd dysku. Dyspersja prędkości. Asymetryczny rozkład składowej rotacyjnej prędkości swoistych. Odchyłka werteksu. Kinematyka obiektów halo.

Rozmieszczenie: Zliczenie gwiazd. Funkcja gęstości gwiazdowej. Funkcja rozkładu jasności absolutnych. Funkcja początkowego rozkładu mas. Tempo powstawania gwiazd. Skale rozmieszczenia przestrzennego gwiazd w pobliżu Słońca. Rozmieszczenie gromad kulistych i otwartych, mgławic planetarnych, gwiazd typu RR Lyrae, cefeid. Ramiona spiralne. Fale gęstości. Poprzeczka Galaktyki. Populacje gwiazdowe. Dysk gruby. Wyznaczanie odległości Słońca od środka Galaktyki. Rozmieszczenie materii HI, HII, H₂ i pyłu. Środek Galaktyki i masywna czarna dziura.

Dynamika: Potencjał grawitacyjny Galaktyki. Masa Galaktyki. Ciemna materia. Modelowanie rozkładu masy w Galaktyce.

Ewolucja: Zależność własności kinematycznych gwiazd dysku od wieku i metaliczności. Mechanizm rozpraszania gwiazd dysku. Model ELS. Model SZ. Morfologia gałęzi horyzontalnej wykresów barwa-jasność gromad kulistych i jej zależność od metaliczności i wieku. Pochodzenie dysku grubego.

Wymagania egzaminacyjne: Znajomość i umiejętność posługiwania się wprowadzonymi pojęciami. Rozumienie zależności i procesów określających budowę i ewolucję Galaktyki.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- T.Ciurla, 1989, *Podstawy nauki o Galaktyce*
- F.Shu, 1982, *Galaktyki, gwiazdy, życie. Fizyka Wszechświata*
- D.Mihalas i J. Binney, 1981, *Galactic astronomy. Structure and kinematics*
- R.Tyler, 1993, *Galaxies: structure and evolution*
- K.Croswell, 1997, *Alchemia nieba*

Liczba punktów ECTS: 5

Astronomia pozagalaktyczna (APG)

Prowadzący: prof. dr hab. Andrzej Pigulski

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), konwersatorium (30 godzin)

Rok studiów/semestr: 2/3.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -.

Treść wykładu: Galaktyka Drogi Mlecznej: przypomnienie charakterystyk. Klasyfikacja galaktyk normalnych: sekwencja Hubble'a. System klasyfikacji de Vaucoulera i van den Bergha. Masy galaktyk, rozmiary i inne parametry globalne galaktyk różnego typu. Materia międzygwiazdowa, populacje gwiazdowe galaktyk różnego typu. Widma galaktyk różnego typu. Metody wyznaczania odległości do galaktyk. Formowanie się i ewolucja galaktyk. Galaktyki Seyferta. Blazary. Źródła promieniowania nietermicznego w widmach galaktyk aktywnych. Radiogalaktyki, własności, typy. Kwazary. Linie absorpcyjne w widmach kwazarów i ich interpretacja. Zunifikowany model AGN-u. Galaktyki normalne i aktywne: parametry. Grupa Lokalna: składniki, charakterystyka. Galaktyki karłowate: typy i własności. Galaktyka

karłowata w Strzelcu. Mgławica Andromedy i M33. Obłoki Magellana. Gromady Virgo i Coma. Hierarchiczna budowa Wszechświata. Ekspansja Wszechświata: historia odkryć, obserwacyjne dowody.. Soczewkowanie grawitacyjne: warunki i przykłady powstawania pierścieni Einsteina, łuków, obrazów podwójnych i wielokrotnych. Mikrosoczewkowanie. Soczewkowanie słabe.

Wymagania egzaminacyjne: Znajomość i umiejętność posługiwania się wprowadzonymi pojęciami. Znajomość własności galaktyk, ich ewolucji i cech. Rozumienie zależności i procesów określających budowę Wszechświata i jego ewolucję. Znajomość podstawowych uwarunkowań kosmologii, najważniejszych obserwacji i ich interpretacji.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- F.H.Shu – *Galaktyki, gwiazdy, życie, część III, rozdz. 11-16*
- M.Jaroszyński – *Galaktyki i budowa Wszechświata*
- L.M.Sokołowski – *Elementy kosmologii*
- A.Liddle – *Wprowadzenie do kosmologii współczesnej*
- ed. M.H.Jones, R.A.Lambourne – *An introduction to galaxies and cosmology*
- B.W.Carroll, D.A.Ostlie – *An introduction to modern astrophysics*

Liczba punktów ECTS: 5

Kosmologia (KOS)

Prowadzący: prof. dr hab. Andrzej Pigulski

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), konwersatorium (30 godzin)

Rok studiów/semestr: 2/3.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: zaliczenie APG.

Treść wykładu: Ogólna teoria względności. Metryka Robertsona-Walkera. Równania pola Einsteina, pierwsze modele kosmologiczne: Einsteina i de Sittera. Modele FLRW. Krytyczny model Wszechświata. Równanie Friedmanna. Parametry modeli kosmologicznych, ich związek z parametrami kosmologicznymi. Gorący Wielki Wybuch. Porównanie ewolucji gęstości materii/energii różnych składników Wszechświata, ery dominacji. Era rekombinacji i ostatnie rozproszenie. Bardzo wczesny Wszechświat, unifikacje oddziaływań. Inflacja. Problemy, które rozwiązuje inflacja. Era kwarkowo-hadronowa, odłączenie neutrin. Anihilacja elektron-pozyton, pierwotna nukleosynteza. Metody wyznaczania stałej Hubble'a. Metody wyznaczania obecnej wartości parametru spowolnienia. Metody wyznaczania obecnych wartości parametrów gęstości. Kosmiczne promieniowanie tła: historia badań, znaczenie w kosmologii. Anizotropie mikrofalowego promieniowania tła, kątowe widmo mocy.. Friedmanowskie modele Wszechświata. Kosmologia inflacyjna. Rozszerzanie się Wszechświata i prawo Hubble'a. Ciemna materia we Wszechświecie.

Wymagania egzaminacyjne: Znajomość treści wykładu oraz biegłość w rozwiązywaniu problemów rachunkowych dotyczących treści wykładu.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- .

Liczba punktów ECTS: 5.

Fizyka Słońca 1 (FSL1)

Prowadzący: dr Arkadiusz Berlicki, prof. U.Wr. dr hab. Michał Tomczak

Metody realizacji przedmiotu: FSL1: wykład (30 godzin), konwersatorium (30 godzin)

Rok studiów/semestr: 1/1

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -.

Treść wykładu: Podstawy hydrodynamiki. Podstawy magneto hydrodynamiki (tj. teorii zachowania się płynów przewodzących elektryczność w polach magnetycznych). Struktury magnetyczne w atmosferze Słońca. Ruchy materii w polach magnetycznych. Teoria generacji pól magnetycznych na Słońcu, innych gwiazdach i planetach (tzw. teoria dynamo). Podstawy teorii plazmy (tj. gazu zjonizowanego). Teoria promieniowania radiowego Słońca. Korona słoneczna. Wiatr słoneczny.

Wymagania egzaminacyjne: Znajomość treści wykładu oraz biegłość w rozwiązywaniu problemów rachunkowych dotyczących treści wykładu.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- E.Priest – *Solar magnetohydrodynamics*.
- K.Phillips – *Guide to the Sun*.

Liczba punktów ECTS: 5.

Fizyka Słońca 2 (FSL2)

Prowadzący: prof. U.Wr. dr hab. Michał Tomczak

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), konwersatorium (30 godzin)

Rok studiów/semestr: 1/2

Typ przedmiotu: do wyboru.

Warunki dopuszczenia: zaliczenie FSL1.

Treść wykładu: Teoria promieniowania radiowego Słońca. Korona słoneczna. Wiatr słoneczny. Teoria rozbłysków słonecznych. Promieniowanie ultrafioletowe i rentgenowskie Słońca. Widmo chromosfery i korony – interpretacja teoretyczna. Magnetosfera Ziemi i innych planet. Jonosfera. Magnetosfery pulsarów. Plamy słoneczne. Obszary aktywne. Protuberancje. Rozbłyski. Wielkoskalowe pola magnetyczne na Słońcu. Obserwacje chromosfery i korony. Widmo chromosfery i korony. Promieniowanie ultrafioletowe i rentgenowskie. Promieniowanie radiowe Słońca. Eksperymentalne badania wiatru słonecznego, magnetosfery Ziemi i jonosfery. Oddziaływanie Słońca na Ziemię.

Wymagania egzaminacyjne: Znajomość treści wykładu oraz biegłość w rozwiązywaniu problemów rachunkowych dotyczących treści wykładu.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- E.Priest – *Solar magnetohydrodynamics*.
- K.Phillips – *Guide to the Sun*.

Liczba punktów ECTS: 5.

Teoria pulsacji gwiazdowych (PUL)

Prowadzący: dr hab. Jadwiga Daszyńska-Daszkiewicz

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), seminarium (30 godzin),

Rok studiów/semestr: 2/4

Typ przedmiotu: do wyboru.

Warunki dopuszczenia: zaliczenie BEG2.

Treść wykładu: Podstawowe pojęcia w teorii pulsacji i zagadnienia matematyczne: mod oscylacji, pulsacje radialne i nieradialne, funkcje kuliste, podstawowe układy współrzędnych i transformacje między nimi, kąty Eulera, reprezentacje grupy obrotów, funkcje Wignera, element powierzchni i normalna do niego, zaburzenie Eulera i Lagrange'a. **Typy gwiazd pulsujących:** obszary niestabilności pulsacyjnej na diagramie H-R, podstawowe własności różnych typów gwiazd pulsujących. **Własności oscylacji:** częstotliwość Lamba i Brunta-Vaisäli, mody akustyczne i grawitacyjne, diagramy propagacji, warunki pułapkowania oscylacji, stała pulsacji, zależność okres-jasność. **Matematyczny opis pulsacji:** skale czasowe, ogólne równania hydrodynamiki, równania wewnątrz gwiazdowych i ewolucji, liniowe nieradialne pulsacje nieadiabaticzne, przybliżenie adiabaticzne i quasi-adiabaticzne, zagadnienie typu Sturm-Liouville'a, warunki brzegowe, zasada wariacyjna, asymptotyczne relacje dyspersyjne. **Mechanizm wzbudzenia pulsacji:** mechanizm zaworu Eddingtona, mechanizm samowzbudzenia (nieprzezroczystości, κ), całka pracy, tablice nieprzezroczystości, stochastyczne wzbudzenie przez turbulentną konwekcję. **Wykrywanie gwiazd pulsujących:** zmiany jasności i/lub profili linii widmowych, analiza periodogramowa, metody fourierowskie, metody statystyczne, analiza falkowa. **Obserwowane charakterystyki i identyfikacja modów pulsacji:** formuła na zmianę strumienia bolometrycznego i monochromatycznego gwiazdy pulsującej, zmiany prędkości radialnej, modelowanie zmian profili linii widmowych, fotometryczne diagramy diagnostyczne, mapowanie dopplerowskie, zmiana amplitudy i fazy wzdłuż profilu linii widmowej (diagramy IPS), połączenie fotometrii i spektroskopii, identyfikacja modów z asymptotycznych relacji dyspersyjnych. **Efekty rotacji:** adwekcja, rozszczepienie rotacyjne, siła Coriolisa, stała Ledoux, formalizm perturbacyjny, efekty umiarkowanej rotacji, sprzężenie rotacyjne modów oscylacji.

Wymagania egzaminacyjne: Umiejętność rozwiązania i skomentowania jednego zadania, wylosowanego z listy podanej na wykładzie.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- A.Unno, Y.Osaki, H.Ando, H.Saio, H.Shibahashi, *Nonradial oscillations of stars*, 1980.
- J.P.Cox, *Theory of stellar pulsation*, 1980

- J.Christensen-Dalsgaard, lecture notes on *Stellar Oscillations*, 1998.
- P.Ledoux, T.Walraven, *Handbuch der Physik*, vol. 51, 1958.

Liczba punktów ECTS: 5

Astrofizyka wysokich energii (AWE)

Prowadzący: dr Robert Falewicz

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), seminarium (30 godzin),

Rok studiów/semestr: 2/4.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -.

Treść wykładu: Astronomia rentgenowska i gamma. Techniki obserwacyjne. Ciasne gwiazdowe układy podwójne. Galaktyki aktywne, kwazary, błyski gamma. Promieniowanie kosmiczne. Astronomia neutronowa.

Wymagania egzaminacyjne: Umiejętność rozwiązania i skomentowania jednego zadania, wylosowanego z listy podanej na wykładzie.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- G. Rybicki, A. Lightman – *Radiative Processes in Astrophysics* (Wiley, 1979 i 1984)
- M. Longair – *High Energy Astrophysics*, Vol. 1, 2 (Cambridge, 1997)
- T. Stanev – *High Energy Cosmic Rays* (Springer-Praxis, 2004)
- Particle Data Group – *The Review of Particle Physics* (Yao et al., *Journal of Physics G* 33, 1, 2006).

Liczba punktów ECTS: 5

Atmosfery gwiazdowe (AGW)

Prowadzący: prof. dr hab. Henryk Cugier

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), seminarium (30 godzin),

Rok studiów/semestr: 2/3.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -.

Treść wykładu: Rotacja gwiazd: zmienne Eulera i Lagrange'a, równania hydrodynamiki, model cieczy idealnej (równanie Eulera), lepkiej (równanie Naviera-Stokes'a), równania magneto hydrodynamiki, opis stanu permanentnej rotacji gwiazdy, techniki modelowania gwiazd rotujących, problem rozkładu momentu pędu w gwieździe.

Wiatry gwiazdowe: atmosfery rozciągle (równanie przepływu promieniowania, atmosfera szara, profile typu P-Cygni, równania modelu dynamicznego (modele CAK, MCAK), wybrane aspekty atmosfer gwiazd gorących (gwiazdy typu O w Obłokach Magellana, gwiazdy Wolfa-Rayeta), gwiazdy gorące jako wskaźnik odległości, wiatry gwiazd szybko rotujących.

Wykładom towarzyszy seminarium.

Wymagania egzaminacyjne: Zapoznanie się z podstawami hydrodynamiki w gwiazdach rotujących i otoczkach rozciąglonych z utratą masy. Poszerzenie zagadnień modelowania budowy wewnętrznej gwiazd i ich ewolucji o aspekty szybkiej rotacji i utraty masy. Poznanie wybranych zagadnień w badaniach gwiazd gorących.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- Jean-Louis Tassoul – *Stellar Rotation*, Cambridge University Press.
- artykuły w czasopismach naukowych.

Liczba punktów ECTS: 5

Wykład specjalistyczny WS1, 2, 3 i 4 (WS1, 2, 3, 4)

Prowadzący: dr Arkadiusz Berlicki, prof. dr hab. Mikołaj Jerzykiewicz, dr Paweł Preś, prof. U.Wr. dr hab. Michał Tomczak

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin każdy)

Rok studiów/semestr: 1/1 (WS1), 1/2 (WS2), 2/3 (WS3), 2/4 (WS4).

Typ przedmiotu: obligatoryjny, studentów obowiązuje zaliczenie dwóch różnych wykładów specjalistycznych spośród wszystkich proponowanych.

Warunki dopuszczenia: -

Treść wykładu: Treści proponowanych wykładów specjalistycznych:

- **Atmosfera Słońca – obserwacje i modelowanie** (A.Berlicki): Promieniowanie i widmo Słońca: Charakterystyka widma słonecznego. Wpływ atmosfery ziemskiej na obserwacje widma słonecznego. Mechanizmy powstawania widma ciągłego i liniowego. Charakterystyka linii widmowych niektórych pierwiastków obecnych w atmosferze słonecznej. Atlasy widmowe. Charakter promieniowania emitowanego przez poszczególne warstwy atmosfery Słońca. Fotosfera Słońca: wielkoskalowa struktura atmosfery Słońca spokojnego. Pociemnienie brzegowe i informacje o atmosferze słonecznej jakie możemy uzyskać analizując to zjawisko. Rola ujemnego jonu wodorowego w nieprzezroczystości atmosfery Słońca. Struktura fotosfery słonecznej. Konstruowanie modeli fotosfery słonecznej. Założenia i przybliżenia wykorzystywane w modelowaniu fotosfery. Modele teoretyczne a półempiryczne fotosfery - zasady konstrukcji, przykłady. Dlaczego efekty braku LTE (non-LTE) są istotne w chromosferze słonecznej ale nie w fotosferze? Chromosfera Słońca: Chromosfera słoneczna - struktura i parametry. Siatka chromosferyczna. Drobnoskalowe struktury chromosferyczne (spikule, mottles, fibryle, włókna chromosferyczne, pola pochodni). Najsilniejsze chromosferyczne linie widmowe - charakterystyka, rola w diagnostyce chromosfery. "Cloud model" i jego zastosowanie w modelowaniu struktur chromosferycznych. Metody obserwacji chromosfery słonecznej. Widmo promieniowania chromosfery słonecznej. Profil linii wodoru H-alfa oraz linii wapnia Ca II K, H emitowanych przez spokojną chromosferę. Widmo ultrafioletowe chromosfery słonecznej. Najważniejsze linie - rola w diagnostyce. Przykład zastosowania linii wodoru z serii Lymana w analizie struktur słonecznych. Scharakteryzować równania wykorzystywane w konstrukcji modeli chromosfery. Założenia i przybliżenia wykorzystywane w modelowaniu chromosfery. Omówić półempiryczne modele spokojnej atmosfery słonecznej (VAL, FAL). Półempiryczne modele atmosfery rozbłyskowej (MAVN). Dyfuzja ambipolarna - rola w transporcie energii w plazmie. Przykład zastosowania półempirycznych modeli rozbłysków - ogrzewanie chromosfery przez promieniowanie rentgenowskie i EUV. Przykład zastosowania półempirycznych modeli rozbłysków - pole prędkości w rozbłyskach słonecznych. Scharakteryzować mechanizmy ogrzewania chromosfery podczas rozbłysków. Ruchy plazmy podczas rozbłysków słonecznych - model hydrodynamiczny a obserwacje. Modele atmosfery słonecznej w obrębie cienia i półcienia plam. Warstwa przejściowa i korona Słońca: Mechanizmy świecenia korony słonecznej. Charakterystyka promieniowania korony słonecznej. Wyznaczanie temperaturę korony słonecznej. Promieniowanie radiowe, ultrafioletowe i rentgenowskie korony. Struktury koronalne obserwowane w świetle białym, EUV i promieniowaniu rentgenowskim. Mechanizmy ogrzewania i transportu energii w koronie słonecznej. Charakterystyka warstwy przejściowej w atmosferze Słońca. Dynamika warstwy przejściowej - charakterystyka ruchów plazmy.
- **Heliosejsmologia i asterosejsmologia:** model sejsmiczny gwiazdy, osiągnięcia heliosejsmologii, przykłady modelowania sejsmicznego gwiazd różnych typów widmowych.
- **Gwiazdy pulsujące** (M.Jerzykiewicz): Nomenklatura, katalogi gwiazd zmiennych i współpraca międzynarodowa. Metody odkrywania i obserwacji. Wyznaczanie okresów. Wyznaczanie podstawowych parametrów: masy, promienie, moce promieniowania, temperatury efektywne, skład chemiczny. Porównanie wyników obserwacji z teorią. Przegląd własności gwiazd pulsujących. Gwiazdy pulsujące na wykresie H-R. Mechanizmy pulsacji i asterosejsmologia.
- **Gwiazdy podwójne** (A.Pigulski): Klasyfikacja układów podwójnych gwiazd. Parametry i metody wyznaczania orbity układu wizualnie podwójnego. Parametry i metody wyznaczania orbity spektroskopowej. Parametry i metody „rozwiązania” krzywej blasku układu zaćmieniowego. Zagadnienia astrofizyki teoretycznej leżące u podstaw modelowania krzywych blasku. Ewolucja układów podwójnych gwiazd. Wykresy O-C układów podwójnych gwiazd - obserwacje i interpretacje.
- **Aktywność magnetyczna gwiazd** (P.Preś): Słońce jako wzorzec aktywności magnetycznej wśród gwiazd późnych typów. Przejawy aktywności chromosferycznej gwiazd oraz jej cykliczność. Aktywność plamotwórcza obserwowana na gwiazdach typu RS CVn i BY Dra, jej cykliczność i związek z aktywnością chromosferyczną. Pomiar pól magnetycznych dla gwiazd metodami spektroskopowymi i polarymetrycznymi. Emisja rentgenowska obserwowana dla różnych typów gwiazd. Gwiazdy nie posiadające gorących koron. Struktura koron gwiazdowych w układach podwójnych. Rozbłyski optyczne i rentgenowskie obserwowane dla różnych typów gwiazd.
- **Koronalne wyrzuty materii (CMEs, Coronal Mass Ejections)** (M.Tomczak): Korona słoneczna i heliosfera: Obserwacje korony w świetle białym. Specyfika obserwacji korony w EUV i SXR. Warunki fizyczne panujące w koronie. Charakterystyczne struktury obserwowane w koronie. Dynamika korony – model Parkera. Heliosfera. Magnetosfery planet. Technika obserwacji CMEs: ‘Prehistoria’. Rozwój technik umożliwiających prowadzenie obserwacji. Odkrycie pierwszego CME (Tousey 1973). Schemat budowy koronografu. Najważniejsze źródła obserwacji: *OSO-7, Skylab, P78-1, Solar Maximum Mission, Soho/LASCO, STeReO/SECCHI, Mauna Loa, Solar Observatory*. Bazy danych, katalogi zjawisk, redukcja obserwacji. Parametry opisujące CMEs: Systematyka CMEs, najciekawsze typy CMEs – halo, 3-częściowe. Częstotliwość występowania, miejsce pojawiania się, rozmiary kątowe – zależność od fazy cyklu aktywności słonecznej. Kinematyka. Wyznaczanie masy. Bilans energetyczny. Wyznaczanie temperatury elektronowej i gęstości elektronowej. Związek CMEs z innymi przejawami aktywności słonecznej: rozbłyski, rentgenowskie wyrzuty plazmy, protuberancje eruptywne, *coronal dimming*, fale globalne,

wybuchy radiowe II i IV typu, radiowe struktury pulsujące (DPS), *Solar Energetic Particles* (SEPs). Modele CMEs: systematyka, podstawowe założenia, układ równań opisujących CME, przykłady. Obserwacje bezpośrednie: Detektory wiatru słonecznego. Międzyplanetarne CMEs (ICMEs), chmury magnetyczne. Pogoda kosmiczna.

Wymagania egzaminacyjne:

- **Atmosfera Słońca – obserwacje i modelowanie** (A.Berlicki): Biegła znajomość struktury atmosfery słonecznej. Metody obserwacji atmosfery słonecznej. Promieniowanie charakteryzujące poszczególne warstwy atmosfery słonecznej. Procesy fizyczne kształtujące obserwowaną budowę atmosfery Słońca. Wyznaczanie rozkładu temperatury w atmosferze w najprostszych przybliżeniach. Drobną i wielkoskalową strukturę fotosferyczną, chromosferyczną i koronalną. Modele fotosfery, chromosfery i korony słonecznej.
- **Gwiazdy pulsujące** (M.Jerzykiewicz): Umiejętność rozwiązania i skomentowania jednego zadania, wylosowanego z listy kilkunastu zadań, podanych w trakcie wykładu. Omówienie jednego tematu z listy podanej na kilka tygodni przed końcem wykładu.
- **Gwiazdy podwójne** (A.Pigulski): Znajomość metod służących do wyznaczania parametrów układów podwójnych gwiazd. Znajomość zagadnień teoretycznych leżących u podstaw modelowania różnych rodzajów obserwowanych charakterystyk gwiazd podwójnych.
- **Aktywność magnetyczna gwiazd** (P.Preś): Znajomość najważniejszych przejawów aktywności magnetycznej w gwiazdach i ich porównanie z aktywnością słoneczną.
- **Koronalne wyrzuty materii (CMEs)** (M.Tomczak): Warunki fizyczne panujące w koronie. Wiatr słoneczny. Specyfika obserwacji koronograficznych. Wyznaczanie najważniejszych parametrów opisujących CMEs. Statystyczna zależność pomiędzy CMEs i innymi przejawami aktywności. Podstawowe założenia modeli CMEs. Udział CMEs w zjawisku pogody kosmicznej.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- **Atmosfera Słońca – obserwacje i modelowanie** (A.Berlicki):
 - H. Zirin, *Astrophysics of the Sun*
 - A.N.Cox (ed.), *Solar interior and atmosphere*
- **Gwiazdy pulsujące** (M.Jerzykiewicz):
 - Böhm-Vitense, E. 1989, *Stellar Astrophysics*, vol. 2, Cambridge University.
 - Evans, N.R. 1976b, *ApJ* 209, 135: *Wesselink Radii for Classical Cepheids*.
 - King, D.S., Cox, J.P. 1968, *PASP* 80, 365: *Pulsating Stars*.
 - Pamyatnykh, A.A. 1999, *AcA* 49, 119: *Pulsational Instability Domains in the Upper Main Sequence*.
 - Ünsold, A., Baschek, B. 1991, *The New Cosmos*. 4th Edition, Springer.
- **Gwiazdy podwójne** (A.Pigulski):
 - Kopal, Z., *Close binary systems*, London, 1959
 - Kopal, Z., *Dynamics of close binary systems*, Dordrecht, 1978.
 - artykuły w czasopismach specjalistycznych.
- **Aktywność magnetyczna gwiazd** (P.Preś):
 - materiały konferencyjne serii *Cool Stars, Stellar Systems and the Sun; The Sun, Laboratory for Astrophysics*.
 - Gurzadian, *Stellar Flares*, 1980.
- **Koronalne wyrzuty materii (CMEs)** (M.Tomczak):
 - Aschwanden, M. J. 2004, *Physics of the Solar Corona: An Introduction*, Springer: Praxis, Ch. 17: str.703-737
 - Aschwanden, M. J., Poland, A. I., & Rabin, D. M. 2001, *ARA&A* 39, 175-210
 - *Coronal Mass Ejections*, red. H. Kunow, i in., *Space Sci. Rev.*, 123, 3-484
 - Gopalswamy, N. 2004, w *The Sun and the Heliosphere as an Integrated System*, red. G. Poletto & S. T. Suess, Kluwer, str. 201-251
 - Hundhausen, A. J. 1999, in *The Many Faces of the Sun*, red. K. T. Strong i in., Springer, str.143-200
 - Zhang, M & Low, B. C. 2005, *ARA&A* 43, 103-137

Pracownia astrofizyczna (PAF1-2)

Prowadzący: dr Joanna Molenda-Żakowicz

Metody realizacji przedmiotu: laboratorium (po 45 godzin).

Rok studiów/semestr: 1/1 i 1/2.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -.

Treści merytoryczne: Atlasy obserwowanych i teoretycznych widm niskiej rozdzielczości gwiazd różnych typów widmowych. Wyznaczanie T_{eff} , $\log(g)$ i $[M/H]$ z obserwowanych widm niskiej rozdzielczości poprzez dopasowanie

widma teoretycznego. Modelowanie widma liniowego (wysokiej rozdzielczości) - problemy, parametry modelu, programy komputerowe. Wyznaczanie składu chemicznego gwiazd poprzez dopasowanie teoretycznych profili linii widmowych. Wprowadzenie do zagadnienia redukcji widm za pomocą pakietu IRAF.

Wymagania niezbędne do zaliczenia: Opanowanie umiejętności korzystania z programów komputerowych służących do modelowania i redukcji widm.

Forma zaliczenia: zaliczenie.

Literatura przedmiotu:

- Manuale programów służących do redukcji i modelowania widm.

Liczba punktów ECTS: 3

Seminarium z astronomii 1-4 (SAS1 - SAS4)

Prowadzący: prof. dr hab. Henryk Cugier, prof. dr hab. Mikołaj Jerzykiewicz, prof. U.Wr. dr hab. Paweł Rudawy, prof. U.Wr. dr hab. Michał Tomczak, prof. dr hab. Andrzej Pigulski

Metody realizacji przedmiotu: seminarium

Rok studiów/semestr: 1/1 (SAS1), 1/2 (SAS2), 2/1 (SAS3), 2/2 (SAS4)

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: -.

Treści merytoryczne: Wybrane zagadnienia astrofizyczne lub heliofizyczne.

Wymagania niezbędne do zaliczenia: Przygotowanie co najmniej jednej prezentacji na zadany temat.

Forma zaliczenia: zaliczenie (po każdym semestrze).

Literatura przedmiotu:

- artykuły w czasopismach naukowych.
- podręczniki astrofizyczne.

Liczba punktów ECTS: 3 za każde seminarium.

POZOSTAŁE PRZEDMIOTY

Pracownia IDL (IDL)

Prowadzący: doktoranci Studium Doktoranckiego Astronomii i młodzi pracownicy I.A. U.Wr.

Metody realizacji przedmiotu: laboratorium (120 godzin, po 30 godzin w semestrach 2, 5, 6, 7 i 8)

Rok studiów/semestr: 1/1.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: nie ma.

Treści merytoryczne: Podstawy Interactive Data Language (IDL): ogólne zasady pracy z IDL, typy i wymiary zmiennych, operatory proste, sposoby korzystania z bibliotek funkcji i procedur – przykłady, struktury, instrukcje, pisanie i kompilacja własnych programów, wprowadzanie danych i wyprowadzanie wyników, struktury. Środowisko SSW.

Wymagania niezbędne do zaliczenia: Znajomość środowiska SSW, pisanie własnych programów wsadowych i interaktywnych.

Forma zaliczenia: zaliczenie.

Literatura przedmiotu:

- *IDL Reference Guide*, Research System, Inc. (2003)
- *IDL User's Guide*, Research Systems, Inc. (2003)
- *A Guide to IDL for Astronomers*, R. W. O'Connell, July 2003

Liczba punktów ECTS: 2.

Zaawansowane metody redukcji i analizy danych astronomicznych (ZMR)

Wykładowcy: dr R.Falewicz, prof. dr hab. Andrzej Pigulski

Metody realizacji przedmiotu: wykład (30 godzin), laboratorium (45 godzin).

Rok studiów/semestr: 1/2.

Typ przedmiotu: obligatoryjny.

Warunki dopuszczenia: zaliczenie IDL.

Treści merytoryczne: Detektory: klisza, fotopowielacz, CCD. Transformata Fouriera, splot, analiza szeregów czasowych, periodogramy, WET. Wybór metod analizy obrazów (podstawy): wizualizacja obrazów (listing, izolinie, prezentacja pseudo-trójwymiarowa, pola wektorowe, wyświetlanie obrazów – tabele kolorów, pseudokolory, kolory prawdziwe, nasycenie. Podstawy oprogramowania umożliwiającego analizę obserwacji na przykładzie pakietu Solar SoftWare (SSW): Yohkoh, Trace, SOHO, Hinode. Zaawansowana analiza obrazów: optymalizacja wykorzystywania urządzeń graficznych (skalowanie danych), przetwarzanie obrazów – konwolucja (splatanie obrazów), rozmywanie, wyostrzanie, Point Spread Function, rodzaje szumów i sposoby ich usuwania (SNR, denoise, unsharp masking smoothing, median etc.), obiekty, transformacje Haara, Laplaca, SVD, filtrowanie sygnału (metoda DFT i FFT, metoda falkowa i multiresolution), morfologia obrazów – operatory closing, opening, dilation, erosion, skeleton, edges, gradient morfologiczny itp., dekonwolucja – przegląd metod (CLEAN, Maximum Likelihood, Maximum Entropy Metod, blind deconvolution), zastosowania, przykłady.

Wymagania egzaminacyjne: oraz umiejętność opracowania i analizowania danych pochodzących z różnych instrumentów. Znajomość podstawowych technik analizy obrazu. Znajomość metod rekonstrukcji obrazów oraz problemu dekonwolucji.

Forma zaliczenia: egzamin: ustny.

Literatura przedmiotu:

- W.A.Hiltner (ed.) – *Astronomical Techniques*
- C.R.Kitchin – *Astrophysical Techniques*
- *Digital Signal Processing* – Steven W. Smith, California Technical Publishing (1997–1999), Second Edition
- *Astronomical Image and Data Analysis*, Jean-Luc Starck, Fionn Murtagh, Springer, 2002
- *Image Processing Fundamentals* - I.T. Young, J.J. Gerbrands, L.J. van Vliet (2002)
- Dudgeon, D.E. and R.M. Mersereau, *Multidimensional Digital Signal Processing*. 1984, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Liczba punktów ECTS: 4

