

ASTRONOMIA: STUDIA II STOPNIA

TREŚCI PROGRAMOWE

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1	Praktyczna mechanika kwantowa	Kwantowanie wymiarowe: 2-D gaz elektronowy, 1-D druty kwantowe i 0-D kropki kwantowe. Heterostruktury i supersieci. Zastosowanie metody macierzy przejścia do opisu układów periodycznych. Nowe materiały: grafen i nanorurki węglowe. Transport kwantowy w układach nanoskopowych. Punktowy kontakt kwantowy (QPC). 2-D gaz elektronowy w silnym polu magnetycznym, kwantowanie Landaua. Kwantowy efekt Halla.
2	Budowa i ewolucja gwiazd 2	Równania opisujące budowę i ewolucję gwiazd. Równanie stanu dla fermionów i bozonów. Kosmiczna nukleosynteza. Cykle jądrowe – źródła energii jądrowej – gwiazdowa nukleosynteza pierwiastków – fotodezintegracja jąder atomowych. Ewolucja gwiazd do stanu zwartego. Białe karły. Supernowe. Emisja neutrin. Stan ewolucyjny podstawowych typów gwiazd. Układy podwójne. Dyski akrecyjne.
3	Fizyka Słońca	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 heliosejmolologii, 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 ekstrakopolowania 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 magnetohydrodynamiczne 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 H α 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 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

		<p>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, nanorozbłyski, 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>
4	Astronomia galaktyczna	<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 środka 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: stałe 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: elipsoida, dyspersja. Zależność między dyspersją prędkości a typem widmowym i metalicznością. Asymetryczny rozkład składowej rotacyjnej prędkości swoistych. Mechanizm rozpraszania orbit gwiazd prowadzący do wzrostu dyspersji. Kinematyka dysku i halo. Zliczenia gwiazd: metodologia. Związek między zliczeniami gwiazd a ich rozkładem przestrzennym. Wszechświat Kaptayna. 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>
5	Kosmologia	<p>Podstawowe obserwacje kosmologiczne: ucieczka galaktyk, rozkład przestrzenny galaktyk, mikrofalowe promieniowanie tła. 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. Pierwotna nukleosynteza. Obserwacje anizotropii mikrofalowego promieniowania tła, oscylacji barionowych i odległych supernowych. Metody wyznaczania parametrów kosmologicznych, w tym stałej Hubble'a, parametru opóźnienia i parametrów gęstości. Stan badań nad ciemną materią i ciemną energią. Niestandardowe modele kosmologiczne.</p>
6	Astronomia pozagalaktyczna	<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</p>

		galaktyk. Soczewkowanie grawitacyjne: warunki i przykłady powstawania pierścieni Einsteina, obrazów podwójnych i wielokrotnych. Soczewkowanie słabe i mikrosoczewkowanie.
7	Astrofizyka wysokich energii	Wielkości fizyczne i jednostki stosowane w AWE. Techniki obserwacyjne (detektory, optyka Woltera, teleskopy z modulacją apertury). Astronomia rentgenowska i gamma. Elektromagnetyczne procesy w materii (rozpraszanie 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, typy akrecji, limit jasności Edingtona, 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 Greizen-Kuzmin-Zatsepin). 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 ziemska, 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)
8	Pulsacje gwiazdowe	Podstawowe pojęcia i zagadnienia matematyczne: mody oscylacji, pulsacje radialne i nieradialne, funkcje kuliste, podstawowe układy współrzędnych i transformacje między nimi, reprezentacje grupy obrotów, zaburzenie Eulera i Lagrange'a, zaburzony element powierzchni i jego normalna. Typy gwiazd pulsujących: obszary niestabilności pulsacyjnej na diagramie Hertzsprunga-Russella, podstawowe własności różnych typów. Własności oscylacji: częstotliwość Lamba i Brunta-Väisälä, mody akustyczne i grawitacyjne, diagramy propagacji, warunki pułapkowania modów oscylacji, stała pulsacji, zależność „okres pulsacji-jasność”. Matematyczny opis pulsacji: ogólne równania hydrodynamiki, liniowe radialne i nieradialne pulsacje nieadiabatyczne, przybliżenie adiabatyczne i quasi-adiabatyczne, zagadnienie typu Sturm-Liouville'a, warunki brzegowe, zasada wariacyjna, asymptotyczne relacje dyspersyjne. Mechanizm wzbudzenia pulsacji: mechanizm zaworu Eddingtona, mechanizm samowzbudzenia, całka pracy, stochastyczne wzbudzenie przez turbulentną konwekcję. Wykrywanie gwiazd pulsujących: zmiany jasności i profili linii widmowych, metody fourierowskie, metody statystyczne, analiza „wavelet”. Obserwowane charakterystyki i identyfikacja modów pulsacji: zmiany strumienia bolometrycznego i monochromatycznego gwiazdy pulsującej, zmiany prędkości radialnej, modelowanie zmian profili linii widmowych, fotometryczne diagramy diagnostyczne, mapowanie dopplerowskie, diagramy IPS, połączenie fotometrii i spektroskopii do identyfikacji modów, identyfikacja modów z asymptotycznych relacji dyspersyjnych. Efekty rotacji: adwekcja, rozszczepienie rotacyjne, siła Coriolisa, stała Ledoux, formalizm perturbacyjny, efekty umiarkowanej rotacji, sprzężenie rotacyjne modów oscylacji, przybliżenie tradycyjne. Heliosejsmologia i astrosejsmologia: model sejsmiczny gwiazdy, najważniejsze osiągnięcia heliosejsmologii, przykłady modelowania sejsmicznego gwiazd różnych typów.
9	Pracownia fotometrii CCD	Zastosowanie kamery CCD do obserwacji fotometrycznych. Własności różnych typów obrazów uzyskiwanych przez kamerę. Redukcja i kalibracja obserwacji fotometrycznych. Analiza uzyskanych wyników – wykresy wskaźnikowe używane w astronomii. Interpretacja wyników i porównanie ich z wynikami opublikowanymi w literaturze naukowej.
10	Pracownia spektroskopii	Zastosowanie kamery CCD do obserwacji spektroskopowych. Własności różnych typów obrazów uzyskiwanych przez kamerę. Redukcja i kalibracja obserwacji spektroskopowych. Analiza uzyskanych wyników – parametry kinematyczne

		i fizyczne badanych gwiazd. Konstruowania modeli atmosfer gwiazdowych i wyliczanie widma syntetycznego. Interpretacja wyników i porównanie ich z wynikami opublikowanymi w literaturze naukowej.
11	Elektrodynamika klasyczna	Wprowadzenie do podstawowych zasad względności oraz mechaniki relatywistycznej. Ładunek w polu elektromagnetycznym. Równania pola elektromagnetycznego. Stałe pole elektromagnetyczne. Fale elektromagnetyczne. Pole poruszających się ładunków.
12	Fizyka statystyczna	Podsumowanie termodynamiki stanów równowagowych w podejściu gibbsowskim. Zasady mechaniki statystycznej stanów równowagowych – metoda zespołów Gibbsa, związki zespołów z termodynamiką, rola granicy termodynamicznej. Klasyczne zespoły i rozkłady Gibbsa: mikrokanoniczny, kanoniczny, wielki kanoniczny, izobaryczny. Kwantowe zespoły i rozkłady Gibbsa: mikrokanoniczny, kanoniczny, wielki kanoniczny.
13	Pracownia IDL	Wstęp do IDL'a (elementy języka, podstawowe funkcje). Tworzenie programów i funkcji w IDL'u. Dane i ich analiza, wprowadzanie i wyprowadzanie danych. Wizualizacja danych: wykresy, obrazy, mapy, wektory. Wstęp do analizy obrazów. SolarSoftWare – wprowadzenie.
14	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.
15	Metody redukcji i analizy danych astronomicznych	Transformacja Fouriera. Splot. Proces uzyskania obrazu z kamery CCD i APS. Efekty niepożądane i ich usuwanie z obrazu. Metody matematyczne przetwarzanie obrazów – zastosowanie różnych filtrów. Złudzenia w przedstawianiu obrazowym. Mieszanie barw. Filtry morfologiczne. Funkcja rozmycia instrumentalnego. Zagadnienie dekonwolucji. Metody maszynowego uczenia i ich zastosowanie.
16	Atmosfery gwiazdowe	Wstępne informacje dotyczące budowy atmosfer gwiazdowych. Fizyka atomu (atom jedno i wieloelektronowy, atom w polu elektrycznym, atom w polu magnetycznym). Oddziaływanie promieniowania z materią. Mechanizmy przenoszenia energii (promieniowanie, konwekcja, dyfuzja). Modelowanie atmosfer gwiazdowych i typowe założenia. Realistyczne modele atmosfer i rezygnacja z uproszczeń: brak lokalnej równowagi termodynamicznej, geometria 3D, wiatr gwiazdowy. Metody analizy widm gwiazdowych. Wyznaczanie parametrów atmosferycznych (np. temperatury efektywnej, przyspieszenia grawitacyjnego, składu chemicznego). Analiza widm gwiazd chemicznie osobliwych i wpływ pola magnetycznego na obserwowane osobliwości.
17	Wykład specjalistyczny	Zaawansowane treści specjalistyczne z zakresu szczegółowych zagadnień związanych z proponowanymi tematami prac magisterskich. Wykłady mają charakter autorski, a ich tematyka ściśle wiąże się z aktualną problematyką badań naukowych prowadzonych w Instytucie Astronomicznym UW i bierze pod uwagę specyficzne zainteresowania naukowe studentów w danym cyklu kształcenia. Przykładowe tematy oferowanych wykładów specjalistycznych: astrobiologia, obserwacje i modelowanie atmosfery słonecznej, gwiazdy zmienne, korona słoneczna, słońce w zakresie twardego promieniowania rentgenowskiego, gwiazdy zmienne w gromadach kulistych, pogoda kosmiczna, fizyka rozbłysków słonecznych, gwiazdowe reakcje jądrowe.
18	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.
19	Highlights of Modern Physics and Astrophysics	Opracowanie, prezentacja i dyskusja wybranych zagadnień współczesnej fizyki i astrofizyki, z naciskiem na najważniejsze osiągnięcia, przełomowe odkrycia i główne trendy prowadzonych aktualnie badań. Przegląd literatury i innych źródeł na wybrany temat, przygotowanie streszczenia, wygłoszenie referatu, dyskusja omawianej tematyki, opracowanie pisemne wybranego zagadnienia.
20	Pracownia magisterska 1/2	Przegląd literatury z zakresu zagadnień poruszanych w pracy magisterskiej, opanowanie niezbędnych technik i narzędzi badawczych, przeprowadzenie badań (obserwacji, symulacji) stanowiących podstawę przygotowywanej pracy magisterskiej.
21	Seminarium magisterskie 1/2	Prezentacja i dyskusja zagadnień z zakresu nowych odkryć, najważniejszych problemów i głównych kierunków badań z różnych dziedzin współczesnej astronomii, problematyki badań naukowych prowadzonych w Instytucie Astronomicznym 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 treści, sposobów i technik prezentacji zagadnień, przekazu ze zrozumieniem, rzeczowej argumentacji, poprawności wnioskowania oraz prowadzenia dyskusji naukowej.
22	Lektorat	Zasoby leksykalno-gramatyczne wybranego języka nowożytnego odpowiadające biegłości na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego. Tematyka z zakresu fizyki, astronomii i informatyki. Specjalistyczne słownictwo i struktury gramatyczne umożliwiające rozumienie i analizę tekstów/wykładów fachowych oraz przedstawianie procesów i zjawisk fizycznych/astronomicznych.
23	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 ppoż. 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.
24	Przedmiot humanistyczny/społeczny	Treści humanistyczno-społeczne uzależnione od wyboru konkretnego przedmiotu z dziedziny nauk humanistycznych lub dziedziny nauk społecznych z aktualnej oferty takich przedmiotów w UW.
25	Praca dyplomowa i egzamin magisterski	Opracowanie i złożenie pracy magisterskiej przygotowanej zgodnie z wymaganiami stawianymi pracom dyplomowym na studiach II stopnia astronomii. Po uzyskaniu pozytywnej oceny pracy dyplomowej – zdanie egzaminu magisterskiego na zasadach określonych w warunkach ukończenia studiów na kierunku astronomia.