

ASTRONOMIA: 4-SEMESTRALNE STUDIA MAGISTERSKIE II STOPNIA**TREŚCI PROGRAMOWE****(dla cykli kształcenia rozpoczynających się od roku akademickiego 2023/2024)**

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1	Astero- and Helioseismology (Astero- i heliosejsmologia)	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. 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, podolbrzymy, czerwone olbrzymy.
2	Advanced Topics of Stellar Atmospheres (Zaawansowane zagadnienia atmosfer gwiazdowych)	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). 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).
3	Advanced Topics of Stellar Structure and Evolution (Zaawansowane zagadnienia budowy i ewolucji gwiazd)	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). 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).
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 w 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: nierozdzielny 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 konkurencyjności 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)	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. 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.
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. 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.
12	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 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 wpływem 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 dynama słonecznego, 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 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 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 magnetycznego, model kwadrupolowy. Mechanizmy emisji twardego promieniowania rentgenowskiego (HXR), mechanizmy przyspieszania cząstek, propagacja cząstek w strukturze rozbłysku, pułapki magnetyczne, rozbłyaskowe 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.
13	Galactic Astronomy (Astronomia galaktyczna)	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. 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 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.
14	High-energy Astrophysics (Astrofizyka wysokich energii)	Physical quantities and units used in high-energy Astrophysics. Observation techniques (detectors, VLT 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). 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 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 Kerra, 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).
15	Highlights of Modern Physics and Astrophysics (Dokonania współczesnej fizyki i astrofizyki)	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. 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.
16	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.
17	Historia fizyki	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 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. 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 rozblyskowej (Fokker-Planck). Diagnostyka plam gwiazdowych na podstawie analizy modulacji fotometrycznych. Analiza cykli aktywności Słońca i gwiazd. Detekcja rozbłysków gwiazdowych w masowych przeglądach nieba.
22	Laboratory of Stellar Pulsations (Pracownia pulsacji gwiazdowych)	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. 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.
23	Laboratory of Stellar Spectroscopy (Pracownia spektroskopii gwiazdowej)	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. 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.
24	Laboratory of Theoretical Astrophysics (Pracownia astrofizyki teoretycznej)	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.

		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: izolinie, 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 fotonowe. 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 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). 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).
28	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.
29	Praca magisterska i egzamin magisterski	Opracowanie i złożenie pracy magisterskiej przygotowanej zgodnie z wymaganiami stawianymi na Wydziale Fizyki i Astronomii UWr 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.
30	Pracownia IDL	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.
31	Projekt magisterski I/II	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.
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 UWr 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)	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. 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 nieadiabaticzne, warunki brzegowe, przybliżenie adiabaticzne i quasi-adiabaticzne, zagadnienie typu Sturm-Liouville'a, zasada wariacyjna, asymptotyczne relacje dyspersyjne. Mechanizm wzbudzania pulsacji: mechanizm zaworu Eddingtona, mechanizm samowzbudzania (nieprzezroczystości), całka pracy, stochastyczne wzbudzanie przez 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)	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. 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 prekatakizmiczne, 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.
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.