

ASTRONOMIA: 6-SEMESTRALNE STUDIA LICENCJACKIE I STOPNIA**TREŚCI PROGRAMOWE****(dla cykli kształcenia rozpoczynających się od roku akademickiego 2019/2020)**

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1	Wstęp do algebry	Język matematyki. Układy równań liniowych. Wektory i macierze. Zapis macierzowy układów równań. Wektory w trzech wymiarach. Iloczyn skalarny, iloczyn wektorowy. Rzeczywiste przestrzenie wektorowe. Liniowa niezależność. Baza i wymiar. Przekształcenia liniowe. Macierze przekształceń. Działania na macierzach. Macierze nieosobliwe. Macierz odwrotna. Rozwiązywanie układów równań liniowych metodami macierzowymi. Wzory Cramera. Liczby zespolone. Funkcje zespolone: pierwiastki zespolone, logarytm i potęga. Równania algebraiczne drugiego i trzeciego rzędu. Wartości własne i wektory własne. Diagonalizacja macierzy. Rzeczywiste i zespolone przestrzenie wektorowe z iloczynem skalarnym. Liniowe przekształcenia w przestrzeniach zespolonych. Przekształcenia hermitowskie i unitarne. Rozkład spektralny przekształceń hermitowskich.
2	Analiza matematyczna 1	Zbiory liczbowe, liczby rzeczywiste, funkcje liczbowe, równania i nierówności liczbowe. Ciągi i szeregi nieskończone. Granica funkcji, funkcje ciągłej ich własności. Pochodne funkcji, szereg Taylora, ekstrema lokalne. Całka nieoznaczona i oznaczona, całki niewłaściwe, zastosowania całek.
3	Analiza matematyczna 2	Geometria i topologia n-wymiarowych przestrzeni euklidesowych. Funkcje wielu zmiennych, funkcje o wartościach wektorowych. Różniczkowanie funkcji wielu zmiennych, badanie ekstremów i ekstremów warunkowych. Geometria krzywych, krzywizna, torsja, równania Freneta. Całkowanie skalarnych funkcji wielu zmiennych, twierdzenie Fubiniego, zamiana zmiennych. Całki krzywoliniowe, powierzchniowe i objętościowe pól wektorowych. Twierdzenia Greena, Stokesa i Gaussa. Funkcje zmiennej zespolonej, pochodna zespolona, pojęcie funkcji analitycznej. Własności funkcji analitycznych, twierdzenie Cauchy'ego, wzór całkowy Cauchy'ego. Osobliwości i residua, twierdzenie o residuach i jego zastosowania.
4	Analiza matematyczna 3	Równania różniczkowe zwyczajne: równania i układy równań liniowych, metoda szeregów potęgowych. Równania różniczkowe cząstkowe i szeregi Fouriera: równanie struny drgającej i przewodnictwa cieplnego. Szeregi Fouriera i przestrzenie Hilberta. Operatory różniczkowe na przestrzeniach funkcji. Zastosowania do analizy rozwiązań równań różniczkowych. Przekształcenie Fouriera i równania cząstkowe. Dystrybucje w matematyce i fizyce teoretycznej.
5	Matematyka 1	Liczby rzeczywiste, zbiory liczbowe, funkcje elementarne, równania i nierówności. Funkcje i ich własności, granice, ciągłość, podstawowe twierdzenia. Pochodne funkcji, rozwinięcia funkcji w szeregi potęgowe, ekstrema, wykresy. Całki nieoznaczone i oznaczone, interpretacja geometryczna i zastosowanie całek.
6	Matematyka 2	n-wymiarowe przestrzenie euklidesowe. Funkcje wielu zmiennych, funkcje o wartościach wektorowych. Różniczkowanie funkcji wielu zmiennych, badanie ekstremów i ekstremów warunkowych. Geometria krzywych, równania Freneta. Całkowanie skalarnych funkcji wielu zmiennych, zamiana zmiennych. Całki krzywoliniowe, powierzchniowe i objętościowe pól wektorowych. Twierdzenia Greena, Stokesa i Gaussa. Funkcje zmiennej zespolonej, pochodna zespolona, pojęcie funkcji analitycznej. Własności funkcji analitycznych, twierdzenie Cauchy'ego, wzór całkowy Cauchy'ego. Osobliwości i residua, twierdzenie o residuach i jego zastosowania.
7	Matematyka 3	Równania różniczkowe zwyczajne i funkcje specjalne. Szeregi Fouriera i przestrzenie funkcji. Operatory różniczkowe na przestrzeniach funkcji. Równania różniczkowe cząstkowe, dystrybucje, szeregi Fouriera i transformata Fouriera. Przykłady zastosowań równań różniczkowych cząstkowych w fizyce: równania Laplace'a, Poissona, przewodnictwa cieplnego, falowe i Schroedingera.

8	Pracownia komputerowa metod matematycznych 1	Podstawowe komendy programu Wolfram Mathematica. Podstawowe rutyny umożliwiające przeprowadzenie rachunków z analizy matematycznej, obliczanie pochodnych, całek, zbadanie przebiegu zmienności funkcji, rozwinięcie funkcji w szereg. Podstawowe funkcje pozwalające obliczać granicę oraz badać przebiegu zbieżności szeregów. Podstawowe rutyny pozwalające przedstawiać wyniki w postaci audiowizualnej. Niezbędne elementy języka programowania Wolfram Mathematica.
9	Pracownia komputerowa metod matematycznych 2	Podstawowe komendy i funkcje programu Wolfram Mathematica. Rutyny umożliwiające rozwiązywanie i analizę równań różniczkowych oraz ich wizualizację, rozwiązywanie analitycznie i numerycznie równania falowego z zadanymi warunkami brzegowymi. Pakiet funkcji specjalnych programu Wolfram Mathematica. Pakiet poświęcony analizie Fourierowskiej.
10	Podstawy fizyki 1	Wielkości fizyczne i ich charakter; wielkości wektorowe i podstawowe operacje na wektorach; opis ruchu po prostej, na płaszczyźnie i w przestrzeni; zasady dynamiki i ich zastosowanie do analizy ruchu; inercjalne i nieinercjalne układy odniesienia; siły bezwładności; praca, energia kinetyczna i potencjalna, zasada zachowania energii mechanicznej i jej stosowanie; zasada zachowania pędu; zderzenia i ich analiza; dynamika bryły sztywnej; zasada zachowania momentu pędu i jej zastosowania; prawo grawitacji; prawa Keplera; ruch satelitów; pole grawitacyjne; ruch harmoniczny prosty; drgania tłumione i wymuszone, rezonans mechaniczny; składanie drgań; statyka i dynamika płynów; temperatura i ciepło; transport ciepła; gaz doskonały i jego model; przemiany gazowe; I i II zasada termodynamiki.
11	Podstawy fizyki 2	Ładunki elektryczne a struktura materii, przewodniki i izolatory. Oddziaływania ładunków, prawo Coulomba. Pole elektryczne: natężenie pola, linie pola, strumień elektryczny. Prawo Gaussa i jego zastosowania. Wyznaczanie natężenia pola elektrycznego wytworzonego przez dyskretne i ciągłe rozkłady ładunków. Ładunek punktowy i dipol elektryczny w jednorodnym i niejednorodnym polu elektrycznym. Zachowawczość pola elektrostatycznego, energia potencjalna układu ładunków. Potencjał elektrostatyczny, związki pomiędzy potencjałem a natężeniem pola, obliczanie potencjału dla różnych rozkładów ładunku. Rozkład ładunków na przewodnikach, przewodnik w polu elektrycznym, metoda obrazów. Kondensatory, pojemność, energia pola elektrycznego. Dielektryk w polu elektrycznym, pole elektryczne w ośrodku dielektrycznym, indukcja elektryczna i polaryzacja ośrodka. Prąd elektryczny: model Drudego przewodnictwa metali, natężenie i gęstość prądu, opór i oporność przewodnika, prawo Ohma, obwody prądu stałego, reguły Kirchhoffa i ich zastosowania, przemiany energetyczne w obwodach. Pole magnetyczne: indukcja magnetyczna, linie pola, strumień magnetyczny, prawo Gaussa dla magnetyzmu. Siła Lorentza, siła magnetyczna działająca na przewodnik z prądem, dipol magnetyczny w jednorodnym i niejednorodnym polu magnetycznym. Efekt Halla. Źródła pola magnetycznego: prawa Biot-Savarta i Ampera i ich zastosowania. Pole magnetyczne w ośrodku, natężenie pola magnetycznego i magnetyzacja ośrodka, materiały magnetyczne: para-, dia- i ferromagnetyki. Indukcja elektromagnetyczna, prawo Faradaya i jego zastosowania, indukowane pole elektryczne. Indukcyjność i samoindukcja, cewka indukcyjna, energia pola magnetycznego. Obwody prądu zmiennego: reaktancje elementów obwodu i moc na nich wydzielana, rezonans w obwodzie RLC, dobroć obwodu. Równania Maxwella w postaci całkowitej i różniczkowej.
12	Podstawy fizyki 3	Fale rozchodzące się na strunie i na sprężynie, fale podłużne w prętach, fale dźwiękowe w gazie, fale na powierzchni wody, fale elektromagnetyczne. Matematyczny opis i analiza fali w jednym wymiarze: funkcja falowa, klasyczne równanie falowe i jego rozwiązania, zasada superpozycji, fala biegnąca i stojąca, dudnienia, zjawisko Dopplera, dyspersja, prędkość fazowa, prędkość grupowa. Częstotliwość własne i drgania własne: przykłady układów o jednym, dwóch i nieskończonej liczbie stopni swobody, rezonatory. Wnioski z równań Maxwella dla elektromagnetycznej fali płaskiej: polaryzacja, energia i ciśnienie fali elektromagnetycznej, widmo elektromagnetyczne. Optyka geometryczna. Zasada Huygensa, zasada Fermata, polaryzacja światła. Interferencja fal od dwóch źródeł punktowych, rzeczywistych i pozornych, interferencja w cienkich warstwach, interferometri. Dyfrakcja w przybliżeniu Fraunhofera, siatka dyfrakcyjna. Analiza interferencji i dyfrakcji za pomocą diagramów wskazowych; zastosowanie liczb zespolonych i transformaty Fouriera.

13	Podstawy fizyki 4	Podstawy teorii względności. Fotony, elektrony i atomy – absorpcja i emisja fotonów, widma, model atomu Bohra. Falowa natura cząstek – fale de Broglie’a, dyfrakcja elektronów, funkcje falowe i równanie Schrödingera. Cząstka w pudle potencjału, tunelowanie. Atom wieloelektronowy, spin elektronu, efekt Zeemana. Struktura ciał stałych, wiązania, swobodne elektrony, półprzewodniki. Własności jąder atomowych – promieniotwórczość, reakcje jądrowe, rozszczepienie i synteza jąder atomowych. Cząstki elementarne i fundamentalne (leptony, kwarki). Przyspieszacze i detektory.
14	Mechanika	Kinematyka ruchu postępowego i obrotowego. Dynamika punktu materialnego. Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej. Energia, pęd i moment pędu – zasady zachowania, Siły sprężystości i tarcia. Ciężenie powszechne. Ruch w polu sił centralnych. Ruch w nieinercyjnych układach odniesienia. Ruch drgający. Ciecze i ciała stałe. Mechanika cieczy i gazów. Podstawy szczególnej teorii względności.
15	Termodynamika	Podstawowe pojęcia termodynamiczne. Pierwsza zasada termodynamiki, ciepło molowe gazów, procesy izoparametryczne. Równanie gazu doskonałego i rzeczywistego (równanie van der Waalaa), parametry krytyczne i skraplanie gazów. Cykl Carnota, sprawność silnika cieplnego, sformułowanie drugiej zasady termodynamiki. Bezwzględna skala temperatur. Ciepło zredukowane, entropia, związek entropii z prawdopodobieństwem termodynamicznym. Potencjały termodynamiczne. Przemiany fazowe. Reguła faz Gibbsa. Kinetyczna teoria gazów, prawdopodobieństwo termodynamiczne. Zespoły statystyczne: mikrokanoniczny, kanoniczny, wielki kanoniczny. Ruchy Browna. Statystyka Maxwella-Boltzmann – przestrzeń fazowa, gęstość stanów, rozkład Boltzmann. Rozkład Maxwella (szybkość średnia, prędkość najbardziej prawdopodobna, prędkość średnia kwadratowa), doświadczenie Sterna. Zasada ekwipartycji energii. Zjawiska transportu w gazach rozrzedzonych: dyfuzja i przewodnictwo cieplne. Siły spójności, napięcie powierzchniowe, włoskowatość.
16	Elektryczność i magnetyzm	Elektrostatyka: ładunek elektryczny, prawo Coulomba, pole elektryczne, potencjał elektryczny, prawo Gaussa, pola kondensatory i pojemność, dielektryki w polu elektrycznym, energia pola elektrycznego. Prądy elektryczne: natężenie prądu i gęstość prądu, prawo zachowania ładunku, prawo Ohma, oporność właściwa materiałów i opór elektryczny, przewodnictwo elektryczne w metalach, elektrolitach i gazach, siła elektromotoryczna, obwody prądu stałego, prawa Kirchhoffa. Pole magnetyczne: indukcja magnetyczna, strumień pola magnetycznego, siła Lorentza, efekt Halla, siła elektrodynamiczna, źródła pola magnetycznego, prawo Ampera, prawo Biota-Savarta. Indukcja elektromagnetyczna: prawo Faradaya, reguła Lenza, prądy wirowe, generator prądu zmiennego, indukcja wzajemna i samoindukcja, transformator, energia pola magnetycznego. Równania Maxwella: uniwersalne prawo indukcji, prąd przesunięcia, fale elektromagnetyczne i transport energii, doświadczenie Hertza. Obwody prądu zmiennego: drgania wymuszone i rezonans w obwodach RLC, obwody prądu zmiennego, moc i energia w obwodach prądu zmiennego. Pola elektryczne i magnetyczne w ośrodkach materialnych: polaryzacja dielektryka, podatność elektryczna, piezoelektryczność i elektrostrykcja, ferroelektryki; magnetyzacja, podatność magnetyczna, paramagnetyzm, diamagnetyzm, ferromagnetyzm.
17	Fale	Fale mechaniczne: typy fal mechanicznych, matematyczny opis fali mechanicznej, prędkość, energia, interferencja, rezonans, dudnienia, fale stojące, fala na granicy dwóch ośrodków, efekt Dopplera, fala uderzeniowa Fale elektromagnetyczne: natura światła, matematyczny opis fali elektromagnetycznej, prędkość, energia, widmo, odbicie i załamanie, interferencja, dyfrakcja, dyspersja, polaryzacja, zasada Huygensa-Fresnela, efekt Dopplera, optyka geometryczna, podstawowe przyrządy optyczne, kryształy dwójłomne, holografia.
18	Fizyka atomu, jądra i cząstek elementarnych	Fizyka atomu: atomowa struktura materii; nieklasyczne zjawiska i koncepcja fotonu; widma atomowe; modele atomu, model atomu Rutherforda-Bohra; atom wodoru w mechanice kwantowej – fale de Broglie’a, równanie Schrödingera; spin elektronu, subtelna struktura energetyczna atomu; atomy wieloelektronowe; atom w polu magnetycznym; promieniowanie rentgenowskie; lasery. Fizyka jądra atomowego: właściwości jąder atomowych; modele jądra atomowego; spontaniczne przemiany jądrowe; oddziaływanie promieniowania jądrowego z materią; reakcje jądrowe; rozszczepienie jąder i energetyka jądrowa; synteza jąder i energetyka termojądrowa (plazmowa);

		wybrane metody jądrowe fizyki fazy skondensowanej. Cząstki elementarne i fundamentalne: klasyfikacja cząstek i oddziaływań między nimi.
19	Fizyka kwantowa	Podstawowe cechy fizyki klasycznej – ciągłość, kauzalność, zasada analizy. Zjawiska łamiące zasady klasycznego opisu świata. Modele kwantowe – próg potencjału, bariera potencjału (tunelowanie cząstki), studnia potencjału, oscylator harmoniczny, model Bohra, atom wodoru (według równania Schroedingera), kwantowy moment pędu, spin cząstek, efekty Zeemana i Starka. Zespół kanoniczny i promieniowanie ciała doskonale czarnego. Atomy wieloelektronowe – układ okresowy pierwiastków.
20	Statystyka matematyczna	Przestrzeń zdarzeń elementarnych. Różne definicje prawdopodobieństwa. Własności prawdopodobieństwa. Prawdopodobieństwo warunkowe, całkowite i wzór Bayesa. Dystrybuanta i jej własności. Typy zmiennych losowych, najważniejsze skokowe i ciągłe rozkłady prawdopodobieństwa. Charakterystyki liczbowe zmiennych losowych. Dwuwymiarowa zmienna losowa, rozkłady brzegowe, niezależność zmiennych losowych. Momenty dwuwymiarowych zmiennych losowych i ich własności. Funkcje jedno- i dwuwymiarowych zmiennych losowych. Warunkowy rozkład prawdopodobieństwa. Momenty warunkowych zmiennych losowych. Linie regresji I i II rodzaju. Związek stosunku korelacyjnego i współczynnika korelacji. Interpretacja współczynnika korelacji za pomocą prostych regresji. Rodzaje zbieżności zmiennych losowych. Prawa Wielkich Liczb. Nierówność Czebyszewa i przykłady zastosowań. Funkcje charakterystyczne, definicja, własności, podstawowe twierdzenia. Twierdzenia graniczne i przykłady zastosowań. Dystrybuanta empiryczna. Definicja i własności. Twierdzenie Kołmogorowa. Twierdzenie Fishera i jego konsekwencje. Estymacja punktowa i przedziałowa. Przedziały ufności dla wartości oczekiwanej i wariancji dla jednej i dwóch prób. Metoda największej wiarygodności. Testowanie hipotez statystycznych. Rodzaje hipotez, błędy I i II rodzaju i ich wpływ na sformułowanie hipotez statystycznych i konstrukcję zbioru krytycznego. Testy zgodności, niezależności i jednorodności. Testy istotności współczynników regresji. Sprawdzanie adekwatności modelu regresyjnego. Testowanie wartości oczekiwanej i wariancji dla jednej i dwóch prób.
21	Metody numeryczne	Teoria błędów pomiarowych. Dokładność w obliczeniach numerycznych. Metoda najmniejszych kwadratów: regresja nieliniowa sprowadzalna oraz niesprowadzalna do przypadku liniowego. Algorytmy rozwiązywania układu równań liniowych. Interpolacja Newtona, Bessela, Sterlinga, interpolacja odwrotna oraz interpolacja funkcjami sklejanymi. Algorytm interpolacyjny oparty na ilorazach różnicowych. Problem szacowania błędów interpolacji. Różniczkowanie numeryczne. Poszukiwanie pochodnej funkcji zadanej wzorem oraz tablicą wartości. Algorytm Richardsona. Szacowanie błędów. Całkowanie numeryczne wzorami Newtona-Cotesa, Gaussa, metodą Romberga, metodą adaptacyjną. Szacowanie błędów. Równania różniczkowe zwyczajne z warunkami początkowymi, metoda Eulera, zastosowanie wzoru Taylora, metoda Rungego-Kutty rzędu IV, metoda adaptacyjna Rungego-Kutty-Fehlberga, metody wielokrokowe. Równania różniczkowe zwyczajne sztywne. Zagadnienie brzegowe: metoda strzałów, metoda różnic skończonych. Numeryczne rozwiązywanie układów równań różniczkowych zwyczajnych. Rozwiązywanie numeryczne równań całkowych Fredholma rzędu I i II metodą sum skończonych. Równania różniczkowe cząstkowe, metoda siatek dla wybranych typów równań eliptycznych, hiperbolicznych i parabolicznych. Metody lokalizacji miejsc zerowych i ekstremów funkcji. Metody iteracyjne, metody siecznych, stycznych i kombinowana. Rozwiązywanie układów równań nieliniowych metodą iteracyjną.
22	Metody matematyczne w astronomii	Poszukiwanie obserwacji odstających dla danych o rozkładzie normalnym. Transformacje danych do rozkładu normalnego. Generowanie liczb pseudolosowych metodami Monte Carlo – metoda kwantylowa, metoda reprezentacji rozkładów, błędy i przedziały ufności. Generowanie liczb metodą bootstrap – szacowanie błędu, przedziały ufności oparte na normalności i percentylach, przedziały ufności studentyzowane, testy permutacyjne. Analiza regresyjna wielowymiarowa dla modeli liniowych – algorytmy doboru zmiennych do modelu, analiza wariancji, analiza błędów. Procesy stochastyczne – stacjonarność, ergodyczność, podstawowe typy procesów: gaussowskie, poissonowskie, Markowa. Szeregi czasowe – metody eliminacji trendu i sezonowości, metody poszukiwania okresowości: analiza korelacyjna i spektralna. Łańcuchy Markowa – generowanie łańcuchów algorytmem Metropolis-Hastings.

23	Podstawy astronomii 1	Kształt i rozmiary Ziemi, horyzont, współrzędne geograficzne. Sfera niebieska – wpływ szerokości geograficznej, współrzędne sferyczne, układ współrzędnych horyzontalnych, południk astronomiczny, gnomon, układ współrzędnych równikowych godzinnych, zegar słoneczny, warunki widoczności danej gwiazdy na sferze niebieskiej, rotacja Ziemi, pozorny ruch dobowy ciał niebieskich: wschody i zachody, kulminacje; refrakcja atmosferyczna. Gwiazdozbiory: pochodzenie nazw, obowiązujący podział sfery niebieskiej, granice; gwiazdy – reguły związane z nazewnictwem; układ współrzędnych równikowych równonocnych, układ współrzędnych ekliptycznych, atlasy i katalogi gwiazd, precesja, wielkości gwiazdowe, prawo Pogsona. Pozorny roczny ruch Słońca, ekliptyka, punkty kardynalne, prawa Keplera, dni i noce, pory roku, nasłonecznienie; fazy Księżyca, zaćmienia Słońca i Księżyca, pozorny ruch planet na sferze niebieskiej: elongacje, koniunkcje, opozycje; paralaksa geocentryczna, układ geocentryczny, układ heliocentryczny. Czas gwiazdowy, czas słoneczny, czas średni słoneczny, analemma, strefy czasowe, kalendarz juliański, kalendarz gregoriański, lata przestępne, przykłady innych kalendarzy. Historyczne oszacowania odległości do Słońca i Księżyca, paralaksa geocentryczna, paralaksa heliocentryczna, jasność absolutna gwiazdy, wzór na moduł odległości. Klasyfikacja fal elektromagnetycznych, ziemska atmosfera, widmo ciągłe gwiazd, ciało doskonale czarne – rozkład Plancka, temperatura efektywna, systemy fotometryczne, wskaźniki barwy, ekstynkcja międzygwiazdowa. Widmo liniowe gwiazd, typy widmowe, klasy jasności, diagram Hertzsprunga–Russella, paralaksa spektralna, rozmiary gwiazd. Masy gwiazd, układy wizualnie podwójne, układy spektroskopowo podwójne, układy zaćmieniowe, zależność masa–jasność.
24	Podstawy astronomii 2	Podstawowe równania budowy wewnętrznej gwiazd. Budowa i zjawiska aktywne na Słońcu. Źródła energii gwiazd – potencjalna energia grawitacyjna, reakcje jądrowe. Transport energii z wnętrza gwiazd – transport promienisty, transport konwektywny. Budowa gwiazd ciągu głównego: małowasywnych i masywnych. Konstrukcja modeli gwiazd. Ewolucja gwiazd małowasywnych i masywnych, ewolucja po ciągu głównym, mgławice planetarne, supernowe. Końcowe etapy ewolucji gwiazd: białe karły, gwiazdy neutronowe, czarne dziury. Ewolucja gwiazd w układach podwójnych. Gwiazdy zmienne. Gromady gwiazd: kuliste i otwarte. Wykresy HR dla gromad. Podstawowe informacje o Układzie Słonecznym. Droga Mleczna: kształt i rozmiary, populacje gwiazdowe, różniczkowa rotacja Galaktyki, struktura spiralna. Lokalna Grupa Galaktyk, galaktyki spokojne i aktywne. Klasyfikacja, rozkład masy i jasności w galaktykach normalnych, galaktyki aktywne, modele AGN – Gromady galaktyk. Struktura Wszechświata, elementy kosmologii. Wielki Wybuch. Powstawanie pierwiastków we Wszechświecie: pierwotna nukleosynteza, powstawanie cięższych pierwiastków.
25	Pracownia astronomiczna	Analiza i interpretacja danych astronomicznych zgromadzonych za pomocą różnych współczesnych instrumentów obserwacyjnych oraz dedykowanego oprogramowania. Dane obserwacyjne dotyczą m.in. ciał Układu Słonecznego (Słońce, planety, księżyce) oraz obiektów astrofizycznych. Analiza błędów i niepewności towarzyszących pomiarom astronomicznym oraz ich wpływu na wyniki końcowe i wnioski. Przedstawianie przeprowadzonej analizy, otrzymanych wyników i wniosków w formie pisemnej. Interpretacja otrzymanych wyników obserwacji astronomicznych i porównanie ich z wynikami opublikowanymi w literaturze naukowej.
26	Ćwiczenia obserwacyjne 1	Sfera niebieska, gwiazdozbiory, współrzędne sferyczne, układ horyzontalny, godzinny, równikowy, ekliptyczny. Ruch dobowy i roczny Ziemi. Gnomon, obrotowa mapa nieba. Budowa i działanie teleskopu. Zanieczyszczenie światłem.
27	Ćwiczenia obserwacyjne 2	Sfera niebieska, układy współrzędnych sferycznych. Podstawowe instrumenty i metody obserwacyjne. Metody planowania obserwacji. Podstawowe metody analizy obserwacji astronomicznych.
28	Astrofizyka obserwacyjna 1	Nośniki informacji we Wszechświecie. Promieniowanie elektromagnetyczne, pole promieniowania, ciało doskonale czarne, makroskopowy i statystyczny opis gazu, podstawowe koncepcje spektroskopii atomowej, wzbudzenie i jonizacja gazu. Elementy fizyki atmosfer: współczynnik absorpcji, powstawanie linii. Wpływ atmosfery na obserwacje astronomiczne. Instrumenty astronomiczne: konstrukcje teleskopów optycznych, wady optyczne teleskopów, Teleskop Kosmiczny, radioteleskopy, teleskopy do obserwacji promieni rentgenowskich i gamma. Specyfika obserwacji w podczerwieni i ultrafiolecie. Detektory: klisza, fotopowielacz, kamera CCD.

29	Astrofizyka obserwacyjna 2	Transformata Fouriera, splot, analiza szeregów czasowych, periodogramy, sieci obserwacyjne. Radioastronomia. Interferometria: natężeniowa, Michelsona i plamkowa. Spektroskopia i spektrografy, elementy dyspersyjne. Klasyfikacja widmowa gwiazd. Wyznaczanie temperatur efektywnych, średnic kątowych, prędkości rotacji, prędkości radialnych gwiazd; układy podwójne. Wyznaczanie mas i promieni gwiazd. Polarymetria.
30	Budowa i ewolucja gwiazd	Historia poszukiwania odpowiedzi na pytanie: dlaczego Słońce świeci? Obserwowane własności gwiazd. Opis Eulera i Lagrange'a. Równowaga hydrostatyczna. Podstawowe skale czasowe. Twierdzenie o wirale. Podstawowe równania budowy wewnętrznej gwiazd, warunki brzegowe. Całkowanie numeryczne. Gwiazdy ciągu głównego wieku zero. Statystyki Maxwella-Boltzmana, Bosego-Einsteina, Fermiego-Diraca. Równania stanu. Rozkład Maxwella, rozkład Plancka, rozkład Fermiego-Diraca. Gaz doskonały, gaz zdegenerowany, gaz zdominowany przez ciśnienie promieniowania. Lokalna równowaga termodynamiczna. Podstawowe źródła nieprzezroczystości materii gwiazdowej, tablice OPAL, OP i Los Alamos. Reakcje jądrowe we wnętrzach gwiazd. Energia wiązania. Efekt tunelowy. Prawdopodobieństwo zajścia reakcji, pik Gamowa, templa reakcji jądrowych i wydajność energetyczna. „Palenie” wodoru: cykl p-p (I, II, III) i CNO. „Palenie” helu: reakcje 3 α . Synteza jąder cięższych. Fotodezintegracja. Transport energii. Promieniowanie, przewodnictwo. Przybliżenie dyfuzyjne. Konwekcja. Kryterium Schwarzschilda i Ledoux. Teoria drogi mieszania. Obszary niestabilności konwekcyjnej w gwiazdach. Proste modele gwiazdowe. Budowa gwiazd ciągu głównego wieku zero. Modele politropowe: równanie Lane'a-Emdena. Relacje homologiczne. Zależność masa-jasność. Ewolucja przed ciągiem głównym: warunek niestabilności Jeanse'a, minimalna masa gwiazdy. Ewolucja na i po ciągu głównym. Ewolucja gwiazd górnej części ciągu głównego: granica Schönberga-Chandrasekhara, przerwa Hertzsprunga. Ewolucja gwiazd dolnej części ciągu głównego: błysk helowy. Ewolucja na gałęzi czerwonych olbrzymów i nadolbrzymów. Asymptotyczna gałąź czerwonych olbrzymów. Pulsy termiczne. Ostatnie etapy ewolucji gwiazd. Białe karły: zależność masa-promień, granica Chandrasekhara, ciąg i czas chłodzenia. Gorące podkarły typu B. Gwiazdy neutronowe, neutronizacja materii, granica Tolmana-Oppenheimera-Volkoffa. Równanie równowagi hydrostatycznej w OTW. Czarne dziury, promień Schwarzschilda. Testowanie teorii budowy wnętrz gwiazdowych i ewolucji: neutrino, gromady gwiazdowe, oscylacje gwiazdowe.
31	Astrofizyka układów planetarnych	Układy Słoneczny i inne układy planetarne: definicja planety, składniki i granice układu planetarnego, techniki wyznaczania parametrów obiektów planetarnych. Energia i jej przenoszenie: procesy przenoszące energię, równowaga energetyczna i temperatura, efekt cieplarniany. Dynamika układu planetarnego: prawa Keplera i Newtona, zagadnienie dwóch ciał, orbity ciał planetarnych, siły pływowe. Budowa wewnętrzna obiektów Układu Słonecznego: modele wnętrza ciał planetarnych, rodzaje materii budującej ciała planetarne, źródła i utrata ciepła wewnętrznego, podstawy sejsmologii. Powierzchnie obiektów Układu Słonecznego: minerały i skały, procesy endogeniczne i egzogeniczne kształtujące powierzchnie ciał planetarnych. Atmosfery obiektów Układu Słonecznego: podstawowe charakterystyki i dynamika atmosfery, powstawanie i utrata atmosfer. Plazma i pola magnetyczne w Układzie Słonecznym: wiatr słoneczny i heliosfera, oddziaływanie wiatru słonecznego z ciałami planetarnymi, magnetosfery. Małe ciała Układu Słonecznego, pierścienie, pył międzyplanetarny: klasyfikacje, charakterystyki, powstawanie i ewolucja. Pozasłoneczne układy planetarne i bioastronomia: metody wykrywania egzoplanet, charakterystyki znanych pozasłonecznych układów planetarnych i egzoplanet, układy planetarne jako miejsce występowania życia. Powstawanie układów planetarnych: teorie, modele i obserwacje powstawania i wczesnych faz ewolucji układów planetarnych.
32	Wstęp do fizyki Słońca	Słońce jako gwiazda. Ewolucja Słońca. Budowa wewnętrzna Słońca, rozkład parametrów fizycznych i składu chemicznego plazmy słonecznej. Procesy generacji energii we wnętrzu Słońca (cykle termojądrowe, neutrino słoneczne, zmiany mocy promieniowania w różnych skalach czasowych i przedziałach widma, stała słoneczna). Makroskopowe ruchy materii we wnętrzu Słońca (strefa konwektywna, rotacja różnicowa, przepływ południkowy, aktywne długości). Plamy słoneczne (fenomenologia, budowa, prawa opisujące, mapy synoptyczne, klasyfikacje grup plam). Konwekcja w różnych skalach przestrzennych. Oddziaływanie pole magnetyczne-plazma: podstawy magnetohydrodynamiki zjawisk słonecznych. Dynamo słoneczne. Budowa chromosfery słonecznej, semi-empiryczne modele atmosfery. Drobnoskalowe struktury magnetyczne: spikule, fibryle, dywan magnetyczny. Protuberancje

		słoneczne: budowa, ewolucja, podział, mechanizmy fizyczne. Rozbłyśki słoneczne: przebieg, klasyfikacja, energetyka, modele, modelowanie numeryczne, wyniki obserwacji satelitarnych. Koronalne wyrzuty materii: własności, związki z rozbłyśkami i erupcjami protuberancji, wpływ na stan przestrzeni międzyplanetarnej. Wiatr słoneczny: mechanizm generacji, własności, oddziaływanie z magnetosferami i jonosferami planet. Związki Ziemia-Słońce, bilans energetyczny Ziemi, związki klimatu z aktywnością Słońca. Podstawowe naziemne instrumenty obserwacyjne heliofizyki. Najważniejsze heliofizyczne eksperymenty satelitarne.
33	Teoria atmosfer gwiazdowych	Opis makroskopowy pola promieniowania. Równanie przepływu promieniowania. Koncepcja lokalnej równowagi termodynamicznej (LTE). Równanie stanu. Przybliżenie dyfuzyjne przepływu promieniowania. Empiryczny model atmosfery Słońca. Ciśnienie promieniowania. Konwekcja. Pełny układ równań opisujących strukturę atmosfery płasko-równoległej i sferycznie-symetrycznej. Atmosfera szara w równowadze promienistej. Modele atomów. Mechanizmy poszerzenia współczynnika absorpcji. Modele prostych molekuł. Modelowanie widma promieniowania gwiazd.
34	Wstęp do systemów operacyjnych	Ogólne informacje o systemach operacyjnych, zalety systemu linux. Struktura systemu plików i katalogów, operacje na plikach i katalogach. Potoki, strumienie, aliasy, montowanie urządzeń. Przegląd najważniejszych programów użytkowych: pakiety biurowe, przeglądarki internetowe, przeglądarki plików. Zarządzanie prawami własności i dostępu. Edytor tekstu Vi. Edytor strumieniowy Sed. Archiwizacja i kompresja plików. Zarządzanie procesami. Uzyskiwanie informacji o systemie, podstawowe polecenia administracyjne. Przydatne programy. Nauka instalacji pakietów. Powłoki, zmienne środowiskowe. Podstawowe protokoły internetowe. Tworzenie skryptów. Podstawy AWK. Program gnuplot.
35	Algorytmy i programowanie	Historia maszyn cyfrowych. Algorytm jako opis metody rozwiązania zadania obliczeniowego. Metody tworzenia i zapisu algorytmów. Pozycyjne systemy liczbowe. Metody przygotowania, uruchamiania i testowania kodów. Podstawowe reguły semantyki oraz składni języka Fortran 95/2003. Biblioteki wewnętrzne i zewnętrzne (w tym graficzne).
36	Laboratorium programowania	Rozwiązywanie zagadnień astrofizycznych przy użyciu odpowiednich algorytmów. Przygotowanie, uruchamianie i testowanie kodów.
37	Seminarium licencjackie 1/2	Prezentacja i dyskusja zagadnień związanych z tematami realizowanych prac licencjackich. Prezentacja na temat „Najciekawsze odkrycie w astronomii”. Prezentacja typu „Astronews”. Problematyka właściwego korzystania ze źródeł, krytycznej analizy treści, sposobów i technik prezentacji zagadnień, przekazu ze zrozumieniem, rzeczowej argumentacji, poprawności wnioskowania oraz prowadzenia dyskusji naukowej.
38	Wakacyjna praktyka obserwacyjna	Blok astrofizyczny: Planowanie obserwacji. Obserwacje CCD gromad otwartych i kulistych. Kalibracja i redukcja danych (fotometria aperturowa i profilowa oraz pośrednia metoda odejmowania obrazów). Wprowadzenie do IRAF-a i DAOPHOT-a. Transformacja jasności do systemu standardowego. Sporządzanie i interpretacja wykresów kolor-jasność oraz wykresu dwuwskaznikowego gromad gwiazd. Poszukiwanie gwiazd zmiennych: analiza krzywych blasku, inne metody poszukiwania gwiazd zmiennych (metoda odejmowania obrazów). Wprowadzenie do fotometrii podczerwonej. Analiza fourierowska uzyskanych krzywych blasku. Kalibracja i redukcja spektroskopowych obserwacji archiwalnych wybranych gwiazd (bias, dark, flatfield) programem IRAF. Wyznaczanie prędkości radialnych analizowanych gwiazd metodą korelacji krzyżowej programem IRAF. Zagadnienia dotyczące budowy i ewolucji gwiazd. Wstęp do asteroseismologii. Southern African Large Telescope (SALT): udział Polski w projekcie SALT, przygotowanie aplikacji o czas obserwacyjny. Astrofotografia. Wyznaczanie refrakcji atmosferycznej (warsztat). Blok heliofizyczny: Zapoznanie z podstawowymi instrumentami obserwacyjnymi – budowa, działanie, zasada obsługi i bezpieczeństwo obserwatorów. Wstęp do fizyki Słońca, zjawiska aktywne na Słońcu. Proste patrolowe obserwacje heliofizyczne przy użyciu teleskopu horyzontalnego, filtry programy protuberancji i rozbłyśków. Obserwacje filtrogramowe protuberancji i obszarów aktywnych prowadzone Dużym Koronografem. Obserwacje zjawisk aktywnych (erupcje protuberancji, rozbłyśki) spektrografem obrazującym MSDP. Udział w bieżących programach

		obserwacyjnych. Metody opracowania obserwacji heliofizycznych – redukcja samodzielnie wykonanych obserwacji. Samodzielna praca na zredukowanych obrazach i widmach. Wyznaczanie podstawowych parametrów plazmy koronalnej z obserwacji rentgenowskich – praca na danych satelitarnych. Satelitarne obserwacje źródeł promieniowania rentgenowskiego przy użyciu apertur kodowanych. Ćwiczenia dotyczące rekonstrukcji obrazów rentgenowskich Mgławicy Krab i rozbłysków słonecznych, fotometrii i analizy zmian położenia źródeł w funkcji czasu oraz energii. Analiza widm promieniowania rentgenowskiego przy użyciu pakietu OSPEX – bez i z rozdzielczością przestrzenną na przykładzie obserwacji RHESSI i FERMI. Obserwacja Słońca w zakresie EUV i SXR. Wpływ ewolucji Słońca na Ziemię. Analiza danych z instrumentu AIA na satelicie SDO – wyznaczenie parametrów geometrycznych i kinematycznych zjawisk aktywnych obserwowanych w zakresie EUV.
39	Elementy mechaniki teoretycznej i STW	Wprowadzenie do podstawowych pojęć fizyki teoretycznej: czasoprzestrzeń, absolutność i względność czasu i przestrzeni, równoważność układów inercjalnych. Geometria czasoprzestrzeni Galileusza. Teoretyczne podstawy mechaniki Newtona. Twierdzenie Koeniga. Praca i droga. Siły potencjalne. Prawa zachowania. Całkowanie układów jednowymiarowych. Oscylator harmoniczny tłumiony. Zagadnienie ruchu w polu sił centralnych. Prawa Keplera. Wprowadzenie do układów z więzami i mechanika Lagrange’a. Pojęcie symetrii i jej związku z zachowanymi wielkościami. Hamiltonian i równania Hamiltona. Eksperyment Michelsona-Morleya. Wprowadzenie do szczególnej teorii względności i czasoprzestrzeni Minkowskiego. Transformacje Lorentza. Kontrakcja Fitzgeralda-Lorentza, dylatacja czasu.
40	Prezentacja wyników naukowych	Formatowanie i zapisywanie wykresów w różnych formatach, np. ps (gnuplot). Tworzenie artykułów zawierających tekst oraz grafikę (LaTeX). Formatowanie i zapisywanie artykułów w postaci zbiorów pdf, ps. (LaTeX).
41	Bazy danych astronomicznych	Zapoznanie z różnymi rodzajami astronomicznych baz danych. Korzystanie z danych zawartych w astronomicznych bazach danych. Praca z danymi pochodzącymi z astronomicznych baz danych.
42	Wprowadzenie do programowania w IDL	Przedstawienie podstawowych cech języka IDL oraz platformy SSW przeznaczonych do zastosowań naukowych. Praktyczne ćwiczenia z programowania oraz optymalizacji kodu. Zapoznanie z nowoczesnymi i efektywnymi metodami programowania w języku interpretowanym. Tworzenie oprogramowania dedykowanego do konkretnych zagadnień z astronomii oraz wizualizacji wyników obliczeń/symulacji.
43	Wprowadzenie do programowania w Pythonie	Zaznajomienie z istniejącymi modułami języka Python ze szczególnym uwzględnieniem narzędzi dedykowanych do zastosowań naukowych. Uzyskanie podstawowej wiedzy na temat optymalizacji kodu oraz obowiązujących standardów języka Python.
44	Tworzenie stron internetowych	HTML (hipertekstowy język znaczników). CSS (kaskadowe arkusze stylów). Podstawy skryptowego języka programowania Javascript.
45	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.
46	Seminarium z astronomii	Wiodące tematy badawcze we współczesnej astronomii. Sposoby referowania wyników prac naukowych innych osób. Techniki wystąpień ustnych.
47	Praktyka heliofizyczna	Heliofizyczne instrumenty obserwacyjne. Fotometryczne i spektroskopowe metody obserwacji heliofizycznych. Sposoby wykorzystania zgromadzonych danych heliofizycznych.

48	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.
49	Lektorat	Zasób słownictwa oraz struktury gramatyczne wybranego języka nowożytnego odpowiadające biegłości na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego. Tematyka związana z funkcjonowaniem w społeczeństwie. Szczegółowe treści programowe na stronie internetowej SPNJO: http://spnjo.uni.wroc.pl/pl/strony/17 .
50	Ochrona własności intelektualnej	Pojęcie, zakres i systematyka wewnętrzna prawa własności intelektualnej. Źródła prawa krajowego i międzynarodowego. Konwencja paryska, berneńska, TRIPS i in. Ogólne pojęcie utworu oraz rodzaje utworów. Podmioty praw do utworów. Współdziałanie twórcze. Autorskie prawa osobiste i ich ochrona. Ochrona wizerunku, adresata korespondencji oraz źródła informacji wykorzystanej w utworze. Autorskie prawa majątkowe i ich ochrona. Dozwolony użytek z utworów i przedmiotów praw pokrewnych. Zbiorowe zarządzanie prawami autorskimi i pokrewnymi. Przeniesienie praw autorskich oraz licencje na korzystanie z utworów i przedmiotów praw pokrewnych – ogólne zasady. Przedmioty praw pokrewnych i bazy danych <i>sui generis</i> . Urząd Patentowy i rzeczniczy patentowi – rola w ochronie przedmiotów własności intelektualnej. Projekty wynalazcze i ich prawna ochrona. Znaki towarowe i geograficzne oznaczenia pochodzenia towarów oraz ich ochrona. Ogólne zasady postępowania przed Urzędem Patentowym RP w celu uzyskania ochrony przedmiotów własności przemysłowej.
51	Podstawy przedsiębiorczości	Podstawy matematyki finansowej: wartość pieniądza w czasie (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 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 zachowań w organizacji. Jakość w przedsiębiorstwie – wprowadzenie do statystycznej kontroli jakości. Podstawy planowania finansowego. Podstawowe zasady sporządzania biznesplanu.
52	Praca dyplomowa i egzamin licencjacki	Opracowanie i złożenie pracy licencjackiej przygotowanej zgodnie z wymaganiami stawianymi pracom dyplomowym na studiach I stopnia astronomii. Po uzyskaniu pozytywnej oceny pracy dyplomowej – zdanie egzaminu licencjackiego na zasadach określonych w warunkach ukończenia studiów na kierunku astronomia.