

ASTRONOMIA: 6-SEMESTRALNE STUDIA LICENCJACKIE I STOPNIA**TREŚCI PROGRAMOWE****(dla cykli kształcenia rozpoczynających się od roku akademickiego 2023/2024)**

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1	Algorytmy i programowanie	Historia maszyn cyfrowych. Algorytm jako opis metody rozwiązania zadania obliczeniowego. Metody tworzenia i zapisu algorytmów oraz algorytmizacji zadań obliczeniowych. Pozycyjne systemy liczbowe. Podstawowe reguły semantyki oraz składni języka Fortran 2018. Metody przygotowania, uruchamiania i testowania kodów. Biblioteki wewnętrzne i zewnętrzne (w tym biblioteki graficzne). Wprowadzenie do obliczeń równoległych.
2	Analiza matematyczna 1	Zbiory liczbowe, liczby rzeczywiste, funkcje liczbowe, równania i nierówności liczbowe. Ciągi i szeregi nieskończone. Granica funkcji, funkcje ciągłej ich własności. Pochodne funkcji, szereg Taylora, ekstrema lokalne. Całka nieoznaczona i oznaczona, całki niewłaściwe, zastosowania całek.
3	Analiza matematyczna 2	Geometria i topologia n-wymiarowych przestrzeni euklidesowych. Funkcje wielu zmiennych, funkcje o wartościach wektorowych. Różniczkowanie funkcji wielu zmiennych, badanie ekstremów i ekstremów warunkowych. Całkowanie skalarnych funkcji wielu zmiennych, twierdzenie 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	Astrofizyka obserwacyjna 1	Rola i zadania astrofizyki obserwacyjnej. Nośniki informacji: fotony, materia (promieniowanie kosmiczne, meteoryty, neutrino), fale grawitacyjne. Opis pola promieniowania: natężenie i strumień. Emisja i absorpcja, równanie przepływu promieniowania. Ciało doskonale czarne. Statystyczny opis gazu: rozkład cząstek względem prędkości, stopnia wzbudzenia i stanu jonizacji. Atmosfera płaskorównoległa. Temperatury efektywna i barwna, moc promieniowania, jasność absolutna. Warunki powstawania linii absorpcyjnych i emisyjnych. Wpływ atmosfery na obserwacje astronomiczne. Budowa atmosfery ziemskiej: skład, profil temperatury i podział. Pochłanianie promieniowania: okna przepuszczalności. Rozpraszanie promieniowania w atmosferze i turbulencja (seeing). Kryteria wyboru miejsca na obserwatorium. Teleskopy: refraktory i reflektory. Teleskopy Keplera i Newtona. Powiększenie, rozdzielczość, apertury wejściowa i wyjściowa. Światłosiła i skala obrazu. Aberracje sferyczna i chromatyczna. Obiektywy achromatyczne. Wady optyczne teleskopów – aberracje Seidela (koma, astygmatyzm, dystorsja i krzywizna pola). Powiększenie minimalne teleskopu. Rodzaje ognisk reflektorów: główne, Cassegraina, Newtona, coude, Nasmytha. Kamera Schmidta/Maksutowa: płyta

		korekcyjna, menisk. Montaż teleskopów. Techniki aktywna i adaptacyjna korekty czoła fali świetlnej. Detektory: oko ludzkie i płyta fotograficzna. Zaczernienie i krzywa charakterystyczna kliszy fotograficznej. Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne. Izolatory, przewodniki i półprzewodniki: pasma walencyjne i przewodnictwa. Fotopowielacz: budowa i zasada działania. Prąd ciemny. Metody: pomiaru prądu anodowego i zliczania impulsów (poziom dyskryminacji). Czas martwy i liniowość fotopowielacza. Fotometr fotoelektryczny: pomiar jasności aperturowych. Detektor CCD i wewnętrzny efekt fotoelektryczny. Szum odczytu, zakres dynamiczny, czułość (gain), wydajność kwantowa, pojemność piksela. Szum fotonowy i błąd tempa zliczeń. Rodzaje sygnału i obrazów CCD: bias, prąd ciemny (dark), rozkład czułości (flat-field). Kalibracja obrazów CCD, czyli usuwanie efektów instrumentalnych. Fotometria: jasności widome i absolutne. Definicja systemu fotometrycznego. Pasma fotometryczne – szerokości i długości fal: efektywne i średnie. System UBV Johnsona. System uvby Stromgrena. Monochromatyczna ekstynkcja atmosferyczna. Heterochromatyczna ekstynkcja atmosferyczna. Ekstynkcja międzygwiazdowa: absorpcja $A(X)$ i poczerwienienie $E(X-Y)$. Zależność ekstynkcji międzygwiazdowej od długości fali. Odpoczerwienianie: wykres dwuwskaznikowy. Fotometria CCD: jasności aperturowe i profilowe. Fotometria różnicowa (gwiazdy zmienne).
6	Astrofizyka obserwacyjna 2	Transformata Fouriera, spłot, analiza szeregów czasowych, rozdzielczość i próbkowanie w transformacie, periodogramy, sieci obserwacyjne. Radioastronomia. Interferometria: natężeniowa, Michelsona i plamkowa. Spektroskopia i spektrografy, elementy dyspersyjne. Klasyfikacja widmowa MK. Klasyfikacja brązowych karłów, białych karłów, gwiazdy z widmami złożonymi. Osobliwości w widmach gwiazd. Wyznaczanie prędkości radialnych gwiazd. Efekty wpływające na pomiar prędkości radialnej. Kalibracja obserwacji spektroskopowych. Wyznaczanie temperatur efektywnych, średnic kątowych i prędkości rotacji gwiazd. Wyznaczanie obfitości atmosferycznych pierwiastków w gwiazdach. Układy podwójne gwiazd. Wyznaczanie mas i promieni gwiazd. Wyznaczenie masy supermasywnej czarnej dziury w Galaktyce: obserwacje, metody, testy OTW. Wyznaczanie odległości do gwiazd. Astrometria, paralaksy i ruchy własne gwiazd, misje Hipparcosa i Gai. Polarymetria.
7	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, zagadnienie trzech ciał. 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.

8	Bazy danych astronomicznych	Na zajęciach studenci zapoznają się z różnymi typami baz danych astronomicznych dostępnymi w Internecie. Korzystają z danych dostępnych online stosując różne kryteria selekcji ich wyszukiwania. Studenci tworzą własne oprogramowanie służące do przetwarzania, wyszukiwania i sortowania pobranych danych astronomicznych. Uczą się wizualizować wyniki wyszukiwania i sortowania danych używając do tego celu własnych procedur. Potrafią także zapisywać uzyskane wyniki zarówno w formie graficznej (wykresy, obrazy), jak i w postaci plików z danymi numerycznymi.
9	Budowa i ewolucja gwiazd	Historia poszukiwania odpowiedzi na pytanie: dlaczego Słońce świeci? Obserwowane własności gwiazd. Opis Eulera i Lagrange'a. Równowaga hydrostatyczna. Podstawowe skale czasowe. Twierdzenie o 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 wnętrza gwiazdowych i ewolucji: neutrino, gromady gwiazdowe, oscylacje gwiazdowe.
10	Ćwiczenia obserwacyjne 1	Sfera niebieska, gwiazdozbiory, współrzędne sferyczne, układ horyzontalny, godzinny, równikowy, ekliptyczny. Ruch dobowy i roczny Ziemi. Gnomon, obrotowa mapa nieba. Budowa i działanie teleskopu. Zanieczyszczenie światłem.
11	Ćwiczenia obserwacyjne 2	Studenci zapoznają się z widoczną sferą niebieską podczas nocnych obserwacji wizualnych i potrafią korzystać z map/atlasów nieba do identyfikacji widocznych obiektów. Zaznajamiają się z astronomicznymi układami współrzędnych, a także z podstawowymi instrumentami i metodami obserwacyjnymi. Planują wykonanie różnych typów obserwacji astro- i heliofizycznych (wizualnych, fotograficznych, fotometrycznych i spektroskopowych) i potrafią je wykonać. Potrafią również samodzielnie dokonać pomiarów odległości kątowych zarówno podczas obserwacji nocnych, jak i dziennych.
12	Elektryczność i magnetyzm	Elektrostatyka: ładunek elektryczny, prawo Coulomba, pole elektryczne, potencjał elektryczny, prawo Gaussa, pola kondensatory i pojemność, dielektryki w polu elektrycznym, energia pola elektrycznego. Prądy elektryczne: natężenie prądu i gęstość prądu, prawo zachowania ładunku, prawo Ohma, oporność właściwa materiałów i opór elektryczny, przewodnictwo elektryczne w metalach, elektrolitach i gazach,

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

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

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

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

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

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

		korzystania ze źródeł, krytycznej analizy treści, sposobów i technik prezentacji zagadnień, przekazu ze zrozumieniem, rzeczowej argumentacji, poprawności wnioskowania oraz prowadzenia dyskusji naukowej.
41	Seminarium z astronomii	Wiodące tematy badawcze we współczesnej astronomii. Sposoby referowania wyników prac naukowych innych osób. Techniki wystąpień ustnych.
42	Statystyka matematyczna	Podstawy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej oraz zastosowanie praktycznych metod analizy danych astronomicznych: Przestrzeń zdarzeń elementarnych. Definicje prawdopodobieństwa. Własności prawdopodobieństwa. Prawdopodobieństwo warunkowe, całkowite i wzór Bayesa. Dystrybuanta i jej własności. Typy zmiennych losowych. Najważniejsze skokowe i ciągłe rozkłady prawdopodobieństwa. Charakterystyki liczbowe zmiennych losowych. Dwuwymiarowa zmienna losowa, rozkłady brzegowe, niezależność zmiennych losowych. Momenty dwuwymiarowych zmiennych losowych i ich własności. Funkcje jedno- i dwuwymiarowych zmiennych losowych. Warunkowy rozkład prawdopodobieństwa. Momenty warunkowych zmiennych losowych. Linie regresji I i II rodzaju. Związek stosunku korelacyjnego i współczynnika korelacji. Interpretacja współczynnika korelacji za pomocą prostych regresji. Rodzaje zbieżności zmiennych losowych. Prawa Wielkich Liczb. Nierówność Czebyszewa. Funkcje charakterystyczne, definicja, własności, podstawowe twierdzenia. Twierdzenia graniczne. Dystrybuanta empiryczna. Twierdzenie Kołmogorowa. Twierdzenie Fishera i jego konsekwencje. Estymacja punktowa i przedziałowa. Przedziały ufności dla wartości oczekiwanej i wariancji dla jednej i wielu prób. Metoda największej wiarygodności. Testowanie hipotez statystycznych. Rodzaje hipotez, błędy I i II-go rodzaju i ich wpływ na sformułowanie hipotez statystycznych i konstrukcję zbioru krytycznego. Testy zgodności. niezależności i jednorodności. Testy istotności współczynników regresji. Sprawdzanie adekwatności modelu regresyjnego. Testowanie wartości oczekiwanej i wariancji dla jednej i dwóch prób. Wstęp do analizy Bayesowskiej.
43	Szkolenie wstępne z BHP i ochrony p-poż.	Podstawowe pojęcia dotyczące bhp. Czynniki szkodliwe dla zdrowia lub uciążliwe występujące podczas zajęć studenckich. Akty prawne dotyczące bhp w szkołach wyższych. Postępowanie w razie zaistnienia wypadku. Podstawowe zasady udzielania pierwszej pomocy. Zagrożenia bhp i p-poż. występujące w miejscu nauki. Organizacja ochrony przeciwpożarowej. Przyczyny powstawania i rozprzestrzeniania się pożarów. Podstawowe obowiązki i zadania wynikające z przepisów w zakresie zapobiegania pożarom i na wypadek powstania pożaru. Zasady stosowania i umiejętności posługiwania się sprzętem i urządzeniami pożarniczymi.
44	Teoria atmosfer gwiazdowych	Definicja atmosfery gwiazdowej. Opis makroskopowy pola promieniowania. Równanie transportu promieniowania. Powstawanie linii widmowych. Budowanie modelu atmosfery – podstawowe założenia. Koncepcja lokalnej równowagi termodynamicznej (LTE). Równania równowagi promienistej i hydrostatycznej. Atmosfera szara w równowadze promienistej i średnie współczynniki nieprzezroczystości. Przybliżenie dyfuzyjne. Metoda Chandrasekhara. Konwekcja i teoria drogi mieszania. Równania opisujące strukturę atmosfery płasko-równoległej przy założeniu LTE. Wprowadzenie do NLTE. Dane atomowe. Mechanizmy poszerzenia współczynnika absorpcji. Modelowanie widma promieniowania gwiazd.
45	Termodynamika	Podstawowe pojęcia termodynamiczne. Pierwsza zasada termodynamiki, ciepło molowe gazów, procesy izoparametryczne. Równanie gazu doskonałego i rzeczywistego (równanie van der Waalsa), parametry krytyczne i skraplanie gazów. Cykl Carnota, sprawność silnika cieplnego, sformułowanie drugiej zasady 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.
46	Tworzenie stron internetowych	Podstawy trzech najważniejszych technologii webowych niezbędnych współcześnie do tworzenia stron internetowych: HTML (hipertekstowy język znaczników), CSS (kaskadowe arkusze stylów), Javascript (skryptowy język programowania).
47	Wakacyjna praktyka obserwacyjna	<u>Blok astrofizyczny</u> Planowanie obserwacji. Obserwacje CCD gromad otwartych i kulistych. Kalibracja i redukcja danych (fotometria aperturowa i profilowa oraz pośrednia metoda odejmowania obrazów). Wprowadzenie do IRAF-a i DAOPHOT-a. Transformacja jasności do systemu standardowego. Sporządzanie i interpretacja wykresów kolor-jasność oraz wykresu dwuwskaźnikowego gromad gwiazd. Poszukiwanie gwiazd zmiennych: analiza krzywych blasku, inne metody poszukiwania gwiazd zmiennych (metoda odejmowania obrazów). Analiza fourierowska uzyskanych krzywych blasku. Kalibracja i redukcja spektroskopowych obserwacji archiwalnych wybranych gwiazd (bias, dark, flatfield) programem IRAF. Wyznaczanie prędkości radialnych analizowanych gwiazd metodą korelacji krzyżowej programem IRAF. Zagadnienia dotyczące budowy i ewolucji gwiazd. Wstęp do asterosejsmologii. Astrofotografia. Wyznaczanie refrakcji atmosferycznej (warsztat). <u>Blok heliofizyczny</u> Zapoznanie z podstawowymi instrumentami obserwacyjnymi – budowa, działanie, zasada obsługi i bezpieczeństwo obserwatorów. Wstęp do fizyki Słońca, zjawiska aktywne na Słońcu. Proste patrolowe obserwacje heliofizyczne przy użyciu teleskopu horyzontalnego, filtrogramy protuberancji i rozbłysków. Obserwacje filtrogramowe protuberancji i obszarów aktywnych prowadzone Dużym Koronografem. Obserwacje zjawisk aktywnych (erupcje protuberancji, rozbłyski) spektrografem obrazującym MSDP. Udział w bieżących programach obserwacyjnych. Metody opracowania obserwacji heliofizycznych – redukcja samodzielnie wykonanych obserwacji. Samodzielna praca na zredukowanych obrazach i widmach. Wyznaczanie podstawowych parametrów plazmy koronalnej z obserwacji rentgenowskich – praca na danych satelitarnych. Satelitarne obserwacje źródeł promieniowania rentgenowskiego przy użyciu apertur kodowanych. Ćwiczenia dotyczące rekonstrukcji obrazów rentgenowskich Mgławicy Krab i rozbłysków słonecznych, fotometrii i analizy zmian położenia źródeł w funkcji czasu oraz energii. Analiza widm promieniowania rentgenowskiego przy użyciu pakietu OSPEX – bez i z rozdzielczością przestrzenną na przykładzie obserwacji RHESSI i FERMI. Obserwacja Słońca w zakresie EUV i SXR. Wpływ ewolucji Słońca na Ziemię. Analiza danych z instrumentu AIA na satelicie SDO – wyznaczenie parametrów geometrycznych i kinematycznych zjawisk aktywnych obserwowanych w zakresie EUV.
48	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.

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