

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра астрономії та космічної інформатики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Декан факультету (директор
навчально-наукового інституту)
фізичного факультету
(вказати назву структурного підрозділу)
ВОВК Р.В.
(вказати П.І.В. керівника)
“20” серпня 2024 р.

Програма навчальної дисципліни

Теоретична астрофізика

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти бакалаврський
галузь знань 04. Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104. Фізика та астрономія
(шифр і назва)
освітня програма астрономія
(шифр і назва)
спеціалізація астрономія
(шифр і назва)
вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)
факультет фізичний

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету (інституту, центру)

“ 30 ” серпня 2024 року, протокол № 9

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Станкевич Д. Г., кандидат фіз.-мат. наук, старший наук. співробітник, доцент кафедри астрономії та космічної інформатики

Програму схвалено на засіданні кафедри астрономії та космічної інформатики

Протокол від “ 27 ” серпня 2024 року № 1

Завідувач кафедри астрономії та космічної інформатики

_____  _____
(підпи) Шкуратов Ю. Г.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) _____
«Астрономія»
назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) «Астрономія»

_____  _____
(підпис) Станкевич Д.Г.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
фізичного факультету
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 28 ” серпня 2024 року № 1

Голова методичної комісії фізичного факультету

_____  _____
(підпис) Макаровський М. О.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Теоретична астрофізика**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

бакалавра

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напрямку) 104 фізика та астрономія

освітня програма астрономія

спеціалізації астрономія

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є знайомство з головними методами та теоріями сучасної теоретичної астрофізики, що головним чином базуються на інтерпретації астрономічних спостережень з точки зору теорії переносу енергії випромінюванням

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни спрямовані на вивчення:

- 1) головних понять про поле випромінювання та перенос енергії випромінюванням;
- 2) методів та результатів застосування теорії до фотосфер зір (формування неперервного спектру);
- 3) методів та результатів застосування теорії до атмосфер зір (формування та профілі ліній поглинання в спектрі);
- 4) специфічних спостережних та теоретичних методів для вивчення Сонця (хромосфери, корони та радіовипромінювання);
- 5) теоретичних моделей переносу випромінювання в атмосфера планет;
- 6) фізичного стану та процесів, що контролюють випромінювання газових туманностей;
- 7) механізмів, що призводять до змінності блиску та спектру зір різних типів;
- 8) складу та властивостей міжзоряного газопилового середовища;
- 9) внутрішньої будови зір та джерел їх енергії.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

• Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується складністю та невизначеністю умов (ІК).

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-3).
- Здатність бути критичним і самокритичним (ЗК-4).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК-5).
- Навички міжособистісної взаємодії (ЗК-6).
- Навички здійснення безпечної діяльності (ЗК-7).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків (ЗК-9).
- Здатність діяти соціально відповідально та свідомо (ЗК-11).
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК-13).

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК-1).
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів. (ФК-2).
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів (ФК-3).
- Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень (ФК-4).
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання астрофізичних систем (ФК-5).
- Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси (ФК-6).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК-7).
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи (ФК-8).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК-9).
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень (ФК-12).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук. (ФК-13).

1.3. Кількість кредитів: 8

1.4. Загальна кількість годин: 240

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
7-8-й	-й
Лекції	
84 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
28 год.	год.
Самостійна робота	
128 год.	год.
В тому числі індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати:

- фізичні величини, що характеризують поле випромінювання (інтенсивність, потік, густина випромінювання) та головні рівняння переносу енергії випромінюванням та променевої рівноваги;

- методи наближеного та точного вирішення головних рівнянь для фотосфер зір;
- основи теорії залежності коефіцієнту поглинання від частоти, та вплив цієї залежності на формування непевного та лінійчатого спектрів зір;
- механізми збудження та випромінювання заборонених ліній в спектрах сонячної корони та газових туманностей;
- особливості вирішення рівнянь переносу випромінювання в атмосферах планет;
- типи змінних зір та причини їх змінності;
- методи вивчення фізичних властивостей міжзор'яного газопилового середовища;
- головні рівняння та методи побудови моделей внутрішньої будови зір, та механізми термоядерних реакцій, що призводять до виділення енергії в зорях;
- головні закономірності еволюції зірок.

вміти:

- записувати та вирішувати різними способами рівняння переносу випромінювання в різних фізичних середовищах;
- пояснювати вплив різних фізичних факторів на формування профілю ліній у спектрі зір;
- інтерпретувати результати спостережень зір, Сонця та планет в різних спектральних діапазонах;
- оцінювати фізичний стан речовини при наявності та при відсутності в середовищі термодинамічної рівноваги;
- будувати моделі внутрішньої будови зірок різної маси та хімічного складу;

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії (ПРН-1).
- Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них (ПРН-2).
- Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання (ПРН-4).
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії (ПРН-5).
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії (ПРН-6).
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН-7).
- Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань (ПРН-8).
- Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики та астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи (ПРН-9).
- Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів (ПРН-10).
- Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження (ПРН-12).

- Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень (ПРН-13).
- Знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних і астрономічних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини (ПРН-15).
- Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду (ПРН-17).
- Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для усного і письмового професійного спілкування та презентації результатів власних досліджень (ПРН-18).
- Знати та розуміти необхідність збереження та примноження моральних, культурних та наукових цінностей і досягнень суспільства (ПРН-19).
- Знати і розуміти свої громадянські права і обов'язки, як члена вільного демократичного суспільства, мати навички їх реалізації, відстоювання та захисту (ПРН-20).
- Розуміти основні принципи здорового способу життя та вміти застосовувати їх для підтримки власного здоров'я та працездатності (ПРН-21).
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства (ПРН-22).
- Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії (ПРН-23).
- Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій (ПРН-24).
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПРН-25).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Фотосфери та атмосфери зірок

Тема 1. Зоряні фотосфери. Променева рівновага зоряної фотосфери. Поле випромінювання. Рівняння переносу випромінювання. Рівняння променевої рівноваги.

Тема 2. Теорія фотосфер при коефіцієнті поглинання незалежному від частоти. Головні рівняння. Наближене вирішення рівнянь. Використання квадратурних формул. Інтегральне рівняння Мілна. Розподіл яскравості по диску зірки.

Тема 3. Локальна термодинамічна рівновага (ЛТР). Поле випромінювання при термодинамічній рівновазі. Припущення про ЛТР в фотосфері зірок. Розрахунок інтенсивності випромінювання, що виходить з поверхні. Залежність температури та щільності від глибини. Світовий тиск в фотосфері.

Тема 4. Залежність коефіцієнта поглинання від частоти. Випромінювання та поглинання в неперервному спектрі. Поглинання атомами водню. Поглинання негативними іонами водню. Розсіяння світла вільними електронами. Середній коефіцієнт поглинання.

Тема 5. Теорія фотосфер при коефіцієнті поглинання, що залежить від частоти. Наближена теорія. Поглинання атомами одного роду. Моделі фотосфер. Гарячі зірки. Холодні зірки. Білі карлики. Фотосфери при відсутності ЛТР.

Тема 6. Зоряні атмосфери. Коефіцієнт поглинання в спектральній лінії. Ейнштейнівські коефіцієнти переходу. Коефіцієнт поглинання, зумовлений затуханням випромінювання та тепловим рухом атомів. Ефекти тиску. Ефект Штарка.

Тема 7. Лінії поглинання при ЛТР. Головні формули. Визначення профілей ліній. Слабкі лінії та крила сильних ліній. Відхилення від ЛТР.

Тема 8. Лінії поглинання при когерентному розсіянні. Модель Шварцшильда-Шустера. Модель Еддінгтона. Флуоресценція в атмосферах зірок. Точне вирішення задачі.

Тема 9. Лінії поглинання при некогерентному розсіянні. Перерозподіл випромінювання по частотам всередині лінії. Рівняння переносу випромінювання та його вирішення. Центральні інтенсивності ліній поглинання. Зміни профілей ліній по диску Сонця.

Тема 10. Хімічний склад атмосфер зірок. Еквівалентні ширини ліній. Крива росту для моделі Шварцшильда-Шустера. Крива росту для моделі Еддінгтона. Побудова кривих росту по спостережним даним. Вміст різних атомів в атмосферах.

Тема 11. Фізичні умови в атмосферах. Збудження та іонізація атомів. Концентрація вільних електронів. Турбулентність в атмосферах. Обертання зірок. Магнітні поля зірок.

Тема 12. Зірки різних спектральних класів. Залежність спектра від температури. Вплив прискорення сили тяжіння. Зірки ранніх спектральних класів. Зірки пізніх спектральних класів. Білі карлики.

Розділ 2. Сонце, планети та туманності.

Тема 13. Атмосфера Сонця. Загальні відомості. Фотосфера Сонця. Конвекція та грануляція. Сонячні плями. Сонячна активність.

Тема 14. Хромосфера. Інтенсивності ліній. Самопоглинання в лініях. Розподіл атомів по висоті. Збудження атомів в хромосфері. Ультрафіолетовий спектр Сонця. Лінія L_{α} в спектрі Сонця.

Тема 15. Сонячна корона. Випромінювання корони. Походження неперервного спектру. Електронна концентрація. Корональні лінії. Температура корони. Іонізація та збудження атомів. Ультрафіолетове та рентгенівське випромінювання Сонця.

Тема 16. Радіовипромінювання Сонця. Результати спостережень. Радіовипромінювання спокійного Сонця. Розподіл радіовипромінювання по диску. Розповсюдження радіохвиль в короні. Спорадичне радіовипромінювання. Надкорона Сонця.

Тема 17. Атмосфери планет. Розсіювання світла в планетних атмосферах. Головні рівняння. Напівнескінченна атмосфера. Атмосфера скінченої оптичної товщини. Відбиття світла поверхнею планети. Альbedo планети.

Тема 18. Оптичні властивості планетних атмосфер. Атмосфера Венери. Атмосфера Марса. Атмосфера Землі. Атмосфери газових гігантів. Інтерпретація спектрів планет.

Тема 19. Будова планетних атмосфер. Температури планет. Радіовипромінювання планет. Моделі планетних атмосфер. Зовнішні шари атмосфер.

Тема 20. Газові туманності. Механізми світіння туманностей. Спостережні дані. Причина світіння туманностей. Теорема Роселанда. Визначення температур зірок по лініям водню. Випромінювання зірок в ультрафіолетовій ділянці спектру.

Тема 21. Іонізація атомів. Число рекомбінацій. Ступень іонізації в туманності. Іонізація в туманності великої оптичної товщини. Енергетичний баланс вільних електронів.

Тема 22. Збудження атомів. Збудження при фотоіонізаціях та рекомбінаціях. Інтенсивності заборонених ліній. Електронні температури та концентрації. Хімічний склад туманностей.

Тема 23. Заборонені лінії. Необхідні умови для появи заборонених ліній. Ймовірності зіткнень. Інтенсивності заборонених ліній. Електронні температури і концентрації. Хімічний склад туманностей.

Тема 24. Неперервний спектр. Рекомбінації та вільно-вільні переходи. Двухфотонне випромінювання. Вплив зіткнень. Порівняння теорії зі спостереженнями. Випромінювання в інших ділянках спектру.

Розділ 3. Нестационарні зірки, міжзоряне середовище та внутрішня будова зірок.

Тема 25. Нестационарні зірки. Зірки з яскравими спектральними лініями. Зірки ранніх класів з емісійними лініями. Профілі емісійних ліній. Зірки типу Ве. Зірки Вольфа-Райє. Зірки пізніх класів з емісійними лініями. Спалахуючі зірки.

Тема 26. Нові зірки. Спостережні дані. Механізм спалаху. Перша фаза спалаху. Небулярна стадія. Нові через багато літ після спалаху.

Тема 27. Рух і світіння оболонок. Енергія, що утворюється при спалаху. Інтерпретація кривої блиску. Викид речовини із зірки. Рух оболонки в міжзоряному середовищі.

Тема 28. Наднові зірки. Результатаи спостережень. Синхротронне випромінювання. Крабовидна туманність. Наднові зірки та космічні промені. Пульсари.

Тема 29. Міжзоряне середовище. Міжзоряний пил. Зв'язок між зірками та туманностями. Флуктуації яскравості Чумацького Шляху. Світіння пилових туманностей. Природа пилових часток. Поляризація світла зірок.

Тема 30. Міжзоряний газ. Іонізація міжзоряного водню. Іонізація інших атомів. Міжзоряні лінії поглинання. Фізичний стан міжзоряної речовини. Рух міжзоряного газу.

Тема 31. Космічне радіовипромінювання. Випромінювання зон НІІ. Нетеплове випромінювання. Монохроматичне радіовипромінювання. Лінії поглинання в радіодіапазоні спектру. Реліктове радіовипромінювання. Квазари та радіогалактики.

Тема 32. Внутрішня будова зірок. Рівняння рівноваги зірок. Рівняння механічної рівноваги. Щільність, тиск та температура в надрах зірки. Гравітаційна енергія зірки. Рівняння енергетичної рівноваги. Стандартна модель зірки.

Тема 33. Фізичні процеси в надрах зірок. Рівняння стану речовини зірки. Виродження газу. Перенос енергії в зірці. Ядерні реакції як джерело енергії зірок.

Тема 34. Будова та еволюція зірок. Головні рівняння. Методи розрахунку моделей зірок. Моделі зірок. Рівняння еволюції зірки. Будова зірок різних типів. Кінцеві фази еволюції зірок.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		Л	п	Лаб	інд	Ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1												
Тема 1.	7	3	-	-	-	4						
Тема 2.	8	3	1	-	-	4						
Тема 3	7	3	-	-	-	4						
Тема 4	8	3	1	-	-	4						
Тема 5	8	3	1	-	-	4						
Тема 6	7	2	1			4						
Тема 7	6	2	1			3						
Тема 8	5	2	-			3						
Тема 9	7	3	1			3						
Тема 10	7	3	1			3						
Тема 11	5	2	-			3						
Тема 12	7	3	1	-	-	3						
Разом за розд. 1	82	32	8	-	-	42						
Розділ 2												
Тема 13	5	2	1	-	-	3						
Тема 14	5	2	1	-	-	3						
Тема 15	7	3	1	-	-	3						
Тема 16	7	3	1	-	-	3						
Тема 17	7	3	1	-	-	3						
Тема 18	7	3	1			3						
Тема 19	8	3	1			4						
Тема 20	8	3	1			4						
Тема 21	7	3	-	-	-	4						
Тема 22	8	3	1			4						
Тема 23	7	2	1			4						
Тема 24	6	2	-			4						
Разом за розд. 2	84	32	10	-	-	42						
Розділ 3												
Тема 25	7	2	1	-	-	4						
Тема 26	7	2	1	-	-	4						
Тема 27	7	2	1	-	-	4						
Тема 28	7	2	1	-	-	4						
Тема 29	7	2	1	-	-	4						
Тема 30	7	2	1			4						
Тема 31	8	2	1			5						
Тема 32	8	2	1			5						
Тема 33	8	2	1	-	-	5						
Тема 34	8	2	1			5						
Разом за розд. 3	74	20	10	-	-	44						
Усього годин	240	84	28	-	-	128						

2. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Розділ 1	
1	Рівняння переносу випромінювання.	1
2	Випромінювання та поглинання в неперервному спектрі. Поглинання атомами водню	1
3	Моделі фотосфер	1
4	Ейнштейнівські коефіцієнти переходу	1
5	Визначення профілей ліній	1
6	Рівняння переносу випромінювання та його вирішення	1
7	Еквівалентні ширини ліній.	1
8	Збудження та іонізація атомів.	1
9	Залежність спектра від температури	1
	Розділ 2	
10	Ультрафіолетовий спектр Сонця	1
11	Ультрафіолетове та рентгенівське випромінювання Сонця	1
12	Радіовипромінювання спокійного Сонця	1
13	Розсіювання світла в планетних атмосферах	1
14	Інтерпретація спектрів планет	1
15	Моделі планетних атмосфер	1
16	Визначення температур зірок по лініям водню	1
17	Електронні температури та концентрації	1
18	Інтенсивності заборонених ліній	1
19	Зірки з яскравими спектральними лініями	1
20	Нові зірки. Спостережні дані. Механізм спалаху	1
21	Інтерпретація кривої блиску.	1
22	Наднові зірки та космічні промені.	1
23	Зв'язок між зірками та туманностями.	1
24	Фізичний стан міжзоряної речовини.	1
25	Лінії поглинання в радіодіапазоні спектру	1
26	Рівняння рівноваги зірок	1
27	Ядерні реакції як джерело енергії зірок	1
28	Будова зірок різних типів	1
	Разом за курсом	28

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Променева рівновага зоряної фотосфери	4
2	Рівняння переносу випромінювання та методи його рішення	4
3	Інтегральне рівняння Мілна	4
4	Використання припущення про існування локальної термодинамічної рівноваги в фотосфері зірок	4
5	Світовий та газовий тиск у фотосферах	4
6	Точне вирішення основних рівнянь	4
7	Зв'язок між Ейнштейнівськими коефіцієнтами	3
8	Формування ліній поглинання	3

9	Когерентне та некогерентне розсіювання в лінії	3
10	Визначення хімічного складу по кривих росту	3
11	Визначення рухів, обертання, та магнітних полів	3
12	Опис фотосфер зірок різних спектральних класів	3
13	Сонячна активність	3
14	Астрофізична значущість спостережень хромосфери	3
15	Інформація, що її отримують зі спостережень корони	3
16	Механізми збудження радіовипромінювання Сонця	3
17	Особливості розсіювання світла атмосфера ми планет	3
18	Опис оптичних властивостей атмосфер планет	3
19	Опис фізичних властивостей атмосфер планет	4
20	Конверсія випромінювання в газових туманностях	4
21	Ступень іонізації речовини в туманності	4
22	Ступень збудження атомів в туманності	4
23	Умови формування заборонених ліній	4
24	Формування неперервного спектру туманності	4
25	Нестаціонарні зірки	4
26	Класи фізичних змінних зірок	4
27	Механізм спалаху Нових	4
28	Особливості явища Наднових	4
29	Простір між зірками – чим він заповнений?	4
30	Газ в міжзоряному середовищі	4
31	Теплові та нетеплові джерела радіовипромінювання	5
32	Будова надр зірки	5
33	Джерела енергії зірки та механізми її передачі	4
34	Еволюційний шлях зірок	5
	Разом	128

6. Індивідуальні завдання

7. Методи навчання

Лекції, практичні, та самостійна робота.

8. Методи контролю

Поточне тестування на лекціях, контрольні за розділами, екзамен.

9. Схема нарахування балів

Поточне тестування та самостійна робота												Підсумковий семестровий контроль (екзамен)	Сума
Розділ 1													
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12		
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Розділ 2													
T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24		
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Розділ 3													
T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34				
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2				

T1, T2 ... T12 – теми модулів

Тема 34. Тестування. Двобальна система оцінки тесту (здав/не здав). Визначення загальної оцінки за Розділом 3 та допуск до екзамену.

Для кожного модуля вказати мінімальну кількість балів, які повинен набрати студент для зарахування модуля.

Модуль 1. Мінімальна кількість успішно зданих тестів – 6 (6 балів).

Модуль 2. Мінімальна кількість успішно зданих тестів – 6 (6 балів).

Модуль 3. Мінімальна кількість успішно зданих тестів – 5 (5 балів).

Вказати умови допуску студента до підсумкового семестрового контролю.

В 7-му семестрі умовою допуску до заліку є успішне складання не менш як 12 (з 24) тестів.

В 8-му семестрі умовою допуску до заліку є успішне складання не менш як 5 (з 10) тестів.

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 30 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Користуючись загальними критеріями оцінювання рівня сформованості знань, умінь та навичок, ступеня сформованості системи професійних компетенцій осіб, які навчаються для здобуття освітнього ступеня бакалавра, встановленими Міністерством освіти і науки України, виходячи зі Стандарту вищої освіти бакалавра Міністерства освіти і науки України за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія та його складової «Засоби діагностики якості вищої освіти», та у відповідності до Положення про організацію навчального процесу в Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна встановлюються такі вимоги до проведення та критерії оцінювання екзамену зі спецкурсу «Теоретична астрофізика»:

1. Екзаменаційна робота проводиться у письмовій формі.
2. Термін виконання завдань три аудиторні години, після чого студент передає відповідь викладачу.
3. Оцінка за виконання екзаменаційної роботи виставляється за шкалою оцінювання від 1 до 40 балів.
4. Оцінка за весь семестр роботи виставляється за шкалою оцінювання від 1 до 100 балів, як сума балів за навчальну діяльність студента протягом семестру, бали за контрольну роботу та екзаменаційну роботу.

Бали	Критерії оцінювання виконання завдань
90-100 Балів	Відповідь на контрольні та екзаменаційні питання правильна, обґрунтована, логічна, містить аналіз і систематизацію, зроблені аргументовані висновки.
70-89 Балів	У відповідях на контрольній та екзаменаційній роботах відтворюється значна частина питання. Студент виявляє знання і розуміння основних положень з навчальної дисципліни, певною мірою може аналізувати матеріал, порівнювати та робити висновки.

50-69 Балів	Відповіді на контрольній та екзаменаційній роботах відтворюють основні положення питання на рівні запам'ятовування без достатнього розуміння.
0-49 Балів	Відповіді на контрольній та екзаменаційній роботах дані неправильно, безсистемно, з грубими помилками, відсутні розуміння основної суті питань.

5. Студенту зараховується екзамен, якщо кількість балів складає не менше 50.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

1. Александров Ю.В., Шевченко В.Г. Астрофізика. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2016. – 208 с.
2. Захожай В.А. Вступ до астрофізики та космогонії. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2017. – 208 с.
3. Кузьменков С.Г. Зорі. Збірник задач. Вища школа. К., 2010.
4. Андрієвський С.М., Кузьменков С.Г. Ядерна астрофізика. Навчальний посібник. Одеса: Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, 2022. 120 с. <http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/33025>
5. Вакарчук І.О. Теорія зоряних спектрів. Підручник. Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2002. 359 с.
6. Астрономічний енциклопедичний словник // за заг. ред. І.А. Климишина та А.О. Корсунь. – Львів, 2003. – 548 с.
7. Roy A.E., Clarke D. Astronomy. Principles and Practice. 2003. IoP. 470 p.
8. Keeton C. Principles of Astrophysics. 2014. Springer. 450 p.
9. Lang K.R. Essential Astrophysics 2013. Springer. 650 p.
10. Walker G. Astronomical observations. 1989. Cambridge University Press. 176 p.
11. Howell S. B. Handbook of CCD-photometry. Cambridge University Press. Cambridge. UK. – 2000. –164 p.
12. Fundamental Astronomy. /Eds. Karttunen H., Kroger P., Oja H., Poutanen M., Donner K.N. –M., 1996.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://www.astron.kharkov.ua/> - Сайт НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна.
2. Електронна бібліотека НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна.

3. Вікіпедія – електронна бібліотека.
4. <http://www.planetary.org/> - Сайт астрономів Планетної спілки.
5. <http://pds.nasa.gov/> - Сайт Планетної бази даних (США).
6. <http://ssd.jpl.nasa.gov/> - Сайт планетних даних Лабораторії реактивного руху (JPL USA).
7. <http://dps.aas.org/> - Сайт відділення Планетних наук Американської астрономічної спілки.
8. The Extrasolar Planets Encyclopaedia: <http://exoplanet.eu/catalog.php>
9. Astronomy pictories: <http://apod.nasa.gov/apod/archivepix.html>
10. ARIBIB: <http://www.ari.uni-heidelberg.de/aribib/query.htm>
11. Страсбургський центр астрономічних даних: <http://cdsweb.u-strasbg.fr/>
12. Index cit: http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html