

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО

Венесніл

2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 6.1 «Багатокольорова фотометрія та спектрофотометрія»

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| Рівень вищої освіти | перший (освітньо-професійний) |
| Галузь знань | 10 – Природничі науки |
| Спеціальність | 104 - Фізика та астрономія |
| Освітньо-професійна програма | Фізика та астрономія |

ОНУ
Одеса
2022

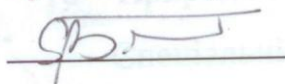
Робоча програма навчальної дисципліни «Багатокольорова фотометрія та спектрофотометрія». – Одеса: ОНУ, 2022. – 18 с.

Розробник: Панько Олена Олексіївна, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії


Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ

Протокол № 1 від «5» вересня 2022 р.

Завідувач кафедри



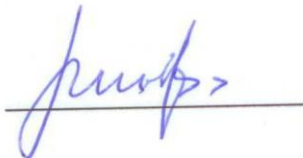
Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія»  Юрієм НІЦУКОМ

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК



Наталя МАСЛЄЄВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № 1 від «29» 09 2024 р.

Завідувач кафедри



(Готсультський В. Д.)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № ___ від «___» _____ 20___ р.

Завідувач кафедри

_____ (_____)

1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни |
|--|---|--------------------------------------|
| | | Очна (денна) форма навчання |
| Загальна кількість кредитів – 4 годин – 120 змістовних модулів – 3 | Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Перший (освітньо-професійний)</u> | Обов'язкова дисципліна |
| | | Рік підготовки: |
| | | 3-й |
| | | Семестр |
| | | 6-й |
| | | Лекції |
| | | 40 год. |
| | | Практичні, семінарські |
| | | 0 год. |
| | | Лабораторні |
| | | 20 год. |
| | | Самостійна робота |
| | | 60 год. |
| Форма підсумкового контролю: залік | | |

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни «Багатокольорова фотометрія та спектрофотометрія» - надання студентам знань з астрофотометрії, котра є однією з найважливіших галузей сучасної астрофізики та ознайомлення

студентів із фізичними основами роботи різних спектральних приладів. Це підвищує їх рівень кваліфікації як астрономів, дозволяє орієнтуватися в астрофізиці, а також розширює світогляд і формує науковий підхід до розв'язання різноманітних наукових проблем.

Завдання – забезпечити опанування студентами знань з астрофотометрії. Вивчення дисципліни передбачає отримання знань та вмінь, які необхідні бакалавру в його майбутній професійній діяльності.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

Інтегральна компетентність:

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 комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

- К01.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- К02.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- К03.** Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- К04.** Здатність бути критичним і самокритичним.
- К05.** Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- К11.** Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- К18.** Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- К21.** Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
- К24.** Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- К25.** Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

K28. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

K29. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та і формальну освіту.

Програмні результати навчання:

ПР02. 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.

ПР06. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.

ПР07. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.

ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

ПР12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.

ПР25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої

траєкторії та професійного розвитку.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

знати:

- основи візуальної та фотографічної астротометрії;
- фотоелектричні, теплові, радіоастрономічні приймачі випромінювання;

- фотометричні величини в астрофізиці;
- елементи, що складають фотометричну систему;
- характеристику фотометричних систем;
- багатокольорові широкосмугові системи;
- середньосмугові фотометричні системи;
- вузькосмугові фотометричні системи;
- утворення спектра;
- основні характеристики спектральних приладів, у тому числі фотометричні характеристики;
- заломлення світла в призмі;
- типи призових приладів;
- принципи дії дифракційних ґрат та устрій дифракційних приладів;
- призначення та принципи дії приладів високої роздільної сили.

вміти:

- визначати зоряні величини в різних фотометричних системах;
- знаходити показники кольору та кольорові індекси в різних фотометричних системах;
- будувати криву реакції фотометричної системи;
- визначати ефективні довжини хвиль фотометричної системи для зір різних спектральних класів;
- знаходили повне поглинання у міжзоряному середовищі;
- визначати характеристики міжзоряного середовища;
- знаходити відносне та абсолютних розподіл енергії в спектрах зір;
- визначати відстань до зір і скупчень;
- визначати температури зір;
- визначати маси зір;
- розраховувати хід променів у призовому приладі;
- розраховувати дифракційну картину від однієї щілини та багатьох щілин;

- розраховувати профіль дифракційних ґрат із концентрацією світла у заданому порядку.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Етапи розвитку астрофотометрії та створення фотометричних систем.

Тема 1. Основи візуальної та фотографічної астрофотометрії.

Людське око як фотометр у візуальній астрофотометрії. Фотографічна емульсія – основа фотографічної фотометрії. Фотоелектричні приймачі випромінювання. Теплові приймачі випромінювання.

Тема 2. Елементи поляриметрії небесних тіл. Радіоастрономічні приймачі випромінювання.

Природа поляризації випромінювання. Прилади, що використовуються в астрополяриметрії. Дипольні та дзеркальні антени. Радіоінтерферометри.

Тема 3. Загальні основи та створення фотометричних систем

Фотометричні системи в астрофізиці. Зоряні величини та їх зв'язок із абсолютними величинами. Кольорові показники в астрофотометрії. Викривлення фотометричних величин різними ефектами. Основні каталоги зоряних величин зір. Елементи, що складають фотометричну систему. Оптика телескопів і фотометрів. Світлофільтри в астрофотометрії. Приймачі випромінювання в астрофотометрії.

Змістовий модуль 2. Розподіл енергії в спектрах зір та види фотометричних систем.

Тема 1. Атмосферне та міжзоряне поглинання та випромінювання в спектрах небесних тіл.

Атмосферне поглинання світла. Світіння земної атмосфери. Визначення і врахування атмосферного послаблення світла. Розрахунок

фотометричних величин за спектрами небесних тіл. Відновлення розподілу енергії в спектрі за фотометричними величинами.

Тема 2. Багатокольорові широкосмугові фотометричні системи

Фотометрична система Беккера. Шестикольорова фотометрія Стеббінса-Уітфорда. Система Крона-Сміта. UVV-система Джонсона-Моргана. Дванадцятикольорова система Джонсона. Капська фотометрична система. Вільнюська система WBV. Московська фотометрична система.

П'ятисмугова система SDSS.

Тема 3. Середньосмугові та вузькосмугові фотометричні системи

Середньосмугова фотометрична система Стремгрена. Женевська фотометрична система. Сьомикольорова система Боргмана. П'ятнадцятикольорова система подружжя Вальравен. Трикольорова система Еттена. Арізонська фотометрична система Джонсона-Мітчелла-Латама. Змішана Вісконсіанська середньосмугова фотометрична система. Вузькосмугова шестикольорова система Стремгрена. Вузькосмугова система Гільденкерна. Вузькосмугова система Кроуфорда. Вузькосмугова багатокольорова система Барб'є-Моргюлев. Вузькосмугова система Спінрада-Тейлора. Вузькосмугові супутникові системи.

Змістовий модуль 3. Призмові, дифракційні спектральні прилади та прилади високої роздільної здатності.

Тема 1. Лінійчастий та неперервний спектр

Основні характеристики спектральних приладів. Мета та задачі курсу. Утворення спектру. Дифракційні явища у спектральному приладі. Розділювальна здатність та апаратна функція спектрального приладу. Фотометричні характеристики спектрального приладу. Світлосила за освітленістю у випадку лінійчастого та неперервного спектрів. Світлосила за потоком у випадку лінійчастого та неперервного спектрів. Істинний та спостережений контур спектральних ліній. Апаратурні спотворення при

фотографічній та фотоелектричній реєстрації спектру. Рівняння згортки. Конструкційні елементи спектральних приладів.

Тема 2. Призмові спектральні прилади

Призмові спектральні прилади. Заломлення пучка світла в головному перерізі системи призм. Заломлення променя, що не лежить в головному перерізі. Кривизна зображення щілини. Астигматизм призми. Дисперсія призми та системи призм. Розділювальна здатність призми та системи призм. Втрата світла в призмових спектральних приладах. Основні типи призмових спектральних приладів.

Тема 3. Дифракційні спектральні прилади.

Дифракційні спектральні прилади. Теорія плоских дифракційних ґрат. Спектроскопічні характеристики спектральних приладів. Амплітудні дифракційні ґрати. Ешелет. Скривлення спектральних ліній. Фотометричні характеристики спектральних приладів з плоскими дифракційними ґратами. Основні схеми спектральних приладів з плоскими дифракційними ґратами. Порівняння інформаційних властивостей дифракційного та призмового спектрометрів. Теорія ввігнутих дифракційних ґрат. Прилади із ввігнутими дифракційними ґратами. Розрахунок профілю ґрат. Астигматизм ввігнутих дифракційних ґрат. Методи компенсації астигматизму. Монтування з ввігнутими дифракційними ґратами.

Тема 4. Прилади високої роздільної здатності.

Прилади високої роздільної сили. Інтерферометр Фабрі-Перо. Спектроскопічні характеристики інтерферометру Фабрі-Перо. Прилади із селективною амплітудною модуляцією світлового потоку. Сісами. Сісам Жірара. Селективно-інтерференційні спектрометри (СІСи). Прилади з частковою модуляцією світлового потоку (Фур'є-спектрометри). Растрова модуляція світлового потоку. Растрові спектрометри. Мок-інтерферометр. Матрична спектроскопія. Приймачі випромінювання. Енергетичні вимірювання.

4. Структура навчальної дисципліни

| Назва тем | Кількість годин | | | | |
|--|------------------|--------------|-----|------|----|
| | Очна денна форма | | | | |
| | Усього | у тому числі | | | |
| | | Лек. | Пр. | Лаб. | СР |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Змістовий модуль 1. Етапи розвитку астрофотометрії та створення фотометричних систем. | | | | | |
| Тема 1. Основи візуальної та фотографічної астрофотометрії. | 10 | 4 | | | 6 |
| Тема 2. Елементи поляриметрії небесних тіл. Радіоастрономічні приймачі випромінювання. | 10 | 4 | | | 6 |
| Тема 3. Загальні основи та створення фотометричних систем | 12 | 4 | | 2 | 6 |
| Разом за змістовним модулем 1 | 32 | 12 | | 2 | 18 |
| Змістовий модуль 2. Розподіл енергії в спектрах зір та види фотометричних систем. | | | | | |
| Тема 1. Атмосферне та міжзоряне поглинання та випромінювання в спектрах небесних тіл. | 12 | 4 | | 2 | 6 |
| Тема 2. Багатокольорові широкосмугові фотометричні системи | 12 | 4 | | 2 | 6 |

| | | | | | |
|--|-----|----|--|----|----|
| Тема 3. Середньосмугові та вузькосмугові фотометричні системи | 12 | 4 | | 2 | 6 |
| Разом за змістовним модулем 2 | 36 | 12 | | 6 | 18 |
| Змістовий модуль 3. Призмові, дифракційні спектральні прилади та прилади високої роздільної здатності | | | | | |
| Тема 1. Лінійчастий та неперервний спектр | 10 | 4 | | | 6 |
| Тема 2. Призмові спектральні прилади | 14 | 4 | | 4 | 6 |
| Тема 3. Дифракційні спектральні прилади. | 14 | 4 | | 4 | 6 |
| Тема 4. Прилади високої роздільної здатності. | 14 | 4 | | 4 | 6 |
| Разом за змістовним модулем 3 | 52 | 16 | | 12 | 24 |
| Усього годин | 120 | 40 | | 20 | 60 |

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом.

7. Теми лабораторних робіт

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Розрахунок формул зв'язку зоряних величин у різних | 2 |

| | | |
|---|--|----|
| | фотометричних системах | |
| 2 | Показники кольору зір, кольорові ексцеси зір, середнє селективне та повне поглинання світла на відстані зоряних скупчень | 2 |
| 3 | Характеристики міжзоряного поглинання світла і фізична природа поглинаючих частинок | 2 |
| 4 | Головні характеристики зір: температура, спектральні класи, радіус, світність, класи світності, маси | 2 |
| 5 | Призмові спектральні прилади | 4 |
| 6 | Дифракційні спектральні прилади | 4 |
| 7 | Прилади високої роздільної здатності | 4 |
| | Разом | 20 |

8. Завдання для самостійної роботи

| № з/п | Назва теми/Питання для підготовки, завдання | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Від фотометрії Гіппарха до фотометрії Погсона (реферат) | 6 |
| 2 | Основні типи призмових спектральних приладів (доповідь) | 6 |
| 3 | Основні каталоги зоряних величин зір (реферат). | 6 |
| 4 | Міжзоряне поглинання і випромінювання світла (доповідь) | 6 |
| 5 | Розподіл фотометричних систем за шириною смуг пропускання (доповідь) | 6 |
| 6 | Перші неоднокольорові фотометричні системи (доповідь) | 6 |
| 7 | Фотометричні характеристики спектрального приладу (доповідь). | 6 |
| 8 | Розділювальна здатність призми та системи призм | 6 |

| | | |
|----|---|----|
| | (доповідь). | |
| 9 | Порівняння інформаційних властивостей дифракційного та призмового спектрометрів (доповідь). | 6 |
| 10 | Матрична спектроскопія (реферат). | 6 |
| | Разом | 60 |

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Результати самостійної роботи представляються у вигляді доповіді (7-10 хв.), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів) або у вигляді рефератів (7-10 хвилин).

Критеріями оцінювання є: повнота представленого матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

9. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни використовують такі форми роботи – лекція, лабораторна робота, самостійна робота.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дослідницький, при захисті лабораторних робіт та індивідуальних завдань використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою), за темою ІНДЗ робить презентацію та доповідь).

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання 3 контрольних робіт за змістовними модулями, захисту індивідуального

завдання. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, написання звітів до лабораторних робіт, їх захист, розв'язання практичних задач. Підсумковий контроль – залік.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Результати індивідуального завдання представляються у вигляді доповіді (7-10 хв), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів).

Критеріями оцінювання є: повнота представленої матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт

Студент повинен виконати всі лабораторні роботи. За виконання розрахунків та оформлення роботи згідно вимог методичних вказівок до лабораторних робіт нараховується 4 балів за кожну роботу. При захисті роботи, за кожну правильну відповідь на запитання додається 2 бали. За неповну відповідь, відповідь, що містить несуттєві помилки додається 1 бал. За неправильну відповідь, або її відсутність бали не додаються. Максимальна кількість балів за лабораторну роботу не повинна перевищувати 7 балів. Бали за кожну лабораторну роботу сумуються.

11. Питання для поточного контролю

1. Формули Погсона, звідки отримано значення 2.512 і 2.5 в різних варіантах формули.
2. Око людини і його основні риси і можливості у фотометрії. Ефект Пуркіньє.
3. Фотоплатівка і її використання в астрофотометрії. Характеристична крива та закони взаємозалежності.
4. Характеристики фотоелектричних приймачів та їх доцільність використання в астрофотометрії.
5. Теплові та радіоастрономічні приймачі, їх загальні характеристики і використання в астрофотометрії.

6. Фотометричні величини, які використовуються в фізиці і астрофізиці. Їх загальні визначення і розбіжності.
7. Зв'язок спостережних та абсолютних зоряних величин в формулах з використанням відстань та паралаксів.
8. Кольорові показники і індекси в астрофотометрії. Різні форми кольорових діаграм.
9. Елементи, які складають фотометричну систему. Характеристики цих елементів.
10. Які значення хвиль характеризують фотометричну систему. Їх особливості і місця використання.
11. Поглинання світла в атмосфері Землі. Світність нічного неба і вплив його на фотометричні вимірювання.
12. Методи знаходження показників поглинення світла у земній атмосфері і його вплив на дані спостережень.
13. Міжзоряне поглинання світла, його розрахунки і використання в астрофізиці. Характеристики міжзоряного середовища.
14. Теоретичне визначення в астрофотометрії зоряних величин та кольорових показників.
15. Що таке «стандартизація» і «Калібровка» фотометричних величин і засоби їх використання.
16. Зв'язок фотометричних величин і кольорових показників з фізичними характеристиками зір.
17. Розподіл енергії у спектрах зір різного спектрального класу та класу світності.
18. Знаходження фотометричних величин (зоряних величин) з використанням даних по розподілу енергії у спектрах зірок.
19. Характеристики фотометричних систем по щільності. Розподіл їх по Стрьомгрену.
20. Характеристики широсмугових фотометричних систем. Які з них найбільш розповсюджені і які їх характеристики.

21. Середньосмугові фотометричні системи. Їх призначення і видатні характеристики.
22. Вузькосмугові фотометричні системи. Їх призначення і характеристики.
23. Спектральний прилад. Оптична схема, призначення.
24. Класифікація спектральних приладів. Диспергуючі елементи.
25. Основні характеристики оптичних систем спектральних приладів.
26. Дифракційні явища в спектральному приладі. Дифракційний розподіл. Умови утворення максимуму і мінімуму.
27. Вплив ширини вхідної щілини на форму результуючого розподілу інтенсивності. Нормальна ширина щілини.
28. Роздільна властивість спектрального приладу.
29. Апаратна функція спектрального приладу.
30. Критерій роздільності Релея. Теоретична роздільна здатність.
31. Фотометричні характеристики випромінювання: потік, освітленість, яскравість.
32. Світлосила за освітленістю у випадку лінійчастого спектру.
33. Світлосила за освітленістю у випадку неперервного спектру.
34. Світлосила за потоком у випадку лінійчастого спектру.
35. Світлосила за потоком у випадку неперервного спектру.
36. Кривизна спектральних ліній.
37. Призма. Хід променів у головному перерізі.
38. Основні співвідношення у призмі.
39. Кут найменшого відхилення. Кутове збільшення призми.
40. Роздільна властивість призми.
41. Астигматизм призми.
42. Дифракційна решітка. Дифракція на одній щілині.
43. Профільована (фазова) відбивальна решітка.
44. Ешелет. Робоча область спектру для ешелета.
45. Дифракція на двох щілинах.

46. Дифракція на N щілинах.

47. Теорія ввігнутої дифракційної решітки.

48. Спектроскопічні характеристики дифракційної решітки: кутова дисперсія, роздільна властивість.

49. Область дисперсії дифракційної решітки.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

| Змістовний модуль 1 Поточний контроль на лекціях | | | | Контрольна робота | Індивідуальні завдання | Виконання і захист лабораторних робіт | Сума балів |
|--|----|----|----|----------------------|---------------------------|--|---------------|
| T1 | T2 | T3 | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | 10 | 10 | 7 | 100 |
| Змістовний модуль 2 Поточний контроль на лекціях | | | | | | | |
| T1 | T2 | T3 | | 10 | 21 | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | |
| Змістовний модуль 3 Поточний контроль на лекціях | | | | | | | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | 10 | 21 | | |
| 1 | 1 | 1 | 2 | | | | |

Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка за національною шкалою | | |
|--|-------------------------------|---|------------|
| | Оцінка ECTS | для для екзамену, курсowego проекту (роботу), практики | для заліку |

| | | | |
|----------|----|--------------|---------------|
| 90 – 100 | A | відмінно | зараховано |
| 85-89 | B | добре | |
| 75-84 | C | | |
| 70-74 | D | задовільно | не зараховано |
| 60-69 | E | | |
| 35-59 | FX | незадовільно | |

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни та силабус (<https://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny>), конспекти лекцій; презентації; методичні вказівки, первинний інструктаж з техніки безпеки.

14. Рекомендована література

Основна

1. Александров Ю. В. Астрофізика / Навчальний посібник. – Харків, 2014. – 216 с.
2. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія / Підручник для вищих навчальних закладів. – Харків, 2019. – 523 с.
3. Каретников В. Г. Многоцветная астрофотометрия. Учебное пособие. – Одесса: Астропринт, 2013. – 224 с.
4. Панько О. О., Сергієнко О. Г. Загальна астрономія / Навчальний посібник. – Одеса: ОНУ, 2020. – 128 с.

Додаткова

1. Астрономічний енциклопедичний словник / За загал. ред. І. А. Климишина, А. О. Корсунь. – Львів, 2003. – 548 с.
2. Климишин І. А., Гарбузов Г. О., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Астрономія / Навчальний посібник. – Одеса: «Астропринт», 2012. – 352 с.
3. Каретніков В. Г., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Спектральна класифікація зір // Методичні вказівки для студентів фізичного факультету спеціальності «астрономія». – Одеса: Астропринт, 2015. – 28 с.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://dspace.onu.edu.ua/>
2. phys.onu.edu.ua