

**Одеський національний університет імені І. І. Мечникова**  
**Факультет математики, фізики та інформаційних технологій**  
**Кафедра фізики та астрономії**

**Силабус курсу**

**Загальна астрофізика**

Обсяг	7 кредити, 210 год.
Семестр, рік навчання	5-6 семестр, 3-й рік навчання
Дні, час, місце	Вівторок, 13.00, ауд.30, Пастера 42
Викладач (-і)	проф. Панько О.О.
Контактний телефон	0974334518
E-mail	panko.elena@onu.edu.ua
Робоче місце	НДІ Астрономічна обсерваторія ОНУ імені І.І.Мечникова, парк Шевченка, головна будова, приміщення кафедри.
Консультації	Очні консультації: понеділок, 14.30-17.00, АО, парк Шевченка

**КОМУНІКАЦІЯ**

Комунікація зі студентами: E-mail: [panko.elena@onu.edu.ua](mailto:panko.elena@onu.edu.ua); Viber; очні зустрічі (Номер телефону ТІЛЬКИ для контакту у Viber).

**АНОТАЦІЯ КУРСУ**

Предметом вивчення навчальної дисципліни є теоретичний та експериментальний базис сучасної фізики та астрономії.

Вивченню дисципліни «Загальна астрофізика» передують курси «Прилади та методи астрофізики», «Загальна астрономія». Знання курсу «Загальна астрофізика» закладає основи для подальшого вивчення дисциплін «Фізика космічних об'єктів та середовищ», «Класична механіка» та циклу спеціальних дисциплін за вибором студента.

**Метою курсу** викладання навчальної дисципліни «Загальна астрофізика» є надання студентам знань з широкого кола питань загальної та практичної астрофізики, ознайомлення їх із методами астрофізичних досліджень і засвоєння ними навичок самостійної роботи.

**Результати навчання забезпечують можливості:**

знати: категорії, якими оперує сучасна астрофізика; основні теорії, закони, закономірності та рівняння, які пояснюють фізику процесів, що спостерігаються у Всесвіті; фізичні характеристики Сонця та тіл Сонячної системи; фізичні характеристики зір та зміни характеристик за часом; спектральну класифікацію зір; основні типи змін зір; фізичні характеристики міжзоряного середовища; будову нашої Галактики; типи зоряного населення, зоряні скупчення та асоціації; фізичні характеристики галактик; основні поняття, що стосуються великомасштабної структури Всесвіту; теорії походження та еволюції Всесвіту;

вміти: пояснити головні астрономічні явища; користуватися табличним значеннями та обрати необхідну точність вимірювань; розв'язувати завдання з обчисленням фізичних характеристик небесних тіл; користуватися зоряними картами; ототожнювати ділянки зоряного неба на астрономічних негативах; проводити візуальні фотометричні спостереження зір на астронегативах; переходити від однієї фотометричної системи до іншої; визначати спектральний клас зір; пояснити сутність основних фізичних процесів у небесних тілах; розв'язувати інші астрофізичні задачі.

## **ОПИС КУРСУ**

### ***Форми і методи навчання***

Курс буде викладений у формі лекцій (60 год.), практичних робіт (44 години), організації самостійної роботи студентів (106 год.).

### **Методи навчання**

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 практичних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дослідницький, при захисті 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).

### ***Зміст навчальної дисципліни***

#### **Змістовий модуль 1. Сонце.**

##### **Тема 1. Загальні відомості. Сонячний спектр. Хімічний склад Сонця.**

Фотосфера. Обертання Сонця. Періодичність сонячної плямо утворюючої діяльності. Перенос енергії в атмосфері Сонця. Модель сонячної атмосфери. Конвекція в сонячній атмосфері. Сонячна плазма та її взаємодія з магнітним полем. Хімічний склад Сонця. Кількісний хімічний аналіз сонячної атмосфери.

##### **Тема 2. Верхня атмосфера Сонця, сонячна корона.**

Спостереження хромосфери на диску Сонця. Хромосферні факели, флюкули і волокна. Спікули, протуберанці. Фізичний стан хромосфери.

Фізичний стан корони. Емісійний спектр корони та його інтерпретація. Радіовипромінювання корони і хромосфери. Неперервне випромінювання корони. Розподіл густини і температури в хромосфері і короні.

### **Тема 3. Нестационарні процеси на Сонці.**

Виявлення магнітних полів на Сонці. Сонячні плями та їх магнітні поля. Природа сонячних плям. Активні області на Сонці. Супергрануляції. Хромосферні спалахи. Спорадичне радіовипромінювання Сонця. Корпускулярне випромінювання. Механізми прискорення частинок і джерела радіосплесків.

### **Тема 4. Зв'язок між сонячними і земними явищами.**

Сонце і магнітні явища на Землі. Полярні сьйва. Верхня атмосфера Землі. Іоносфера. Явища на Землі, що відбуваються під час бурних проявів сонячної активності. Радіаційні пояси Землі. Сонячний вітер і магнітосфера Землі.

## **Змістовний модуль 2. Сонячна система.**

### **Тема 1. Планети земної групи. Місяць.**

Меркурій, фізичні умови, будова. Атмосфера Меркурія. Венера, фізичні умови, особливості її поверхні, парникова модель атмосфери. Обертання Венери. Марс, особливості його поверхні, їхнє зміненні з часом. Атмосфера і температура Марса. Вода на Марсі. Життя на Марсі. Земля як планета, особливості її поверхні, модель атмосфери. Еволюційні шляхи планетних атмосфер. Місяць, температурний режим. Морфологія місячної поверхні. Атмосфера Місяця. Походження місячного ландшафту.

### **Тема 2. Зовнішні планети Сонячної системи.**

Юпітер. Сатурн. Уран і Нептун. Особливості видимої поверхні. Фізичні умови, хімічний склад. Внутрішня будова планет-гігантів. Енергетичний баланс. Магнітне поле та радіовипромінювання планет-гігантів. Полярні сьйва. Супутникові системи та кільця. Формування планет-гігантів.

### **Тема 3. Карликові планети. Астероїди. Супутники великих планет. Об'єкти поясу Койпера.**

Визначення планети. Карликові планети. Плутон та Харон. Церера. Веста. Астероїди, головний пояс, пояс Койпера. Особливі групи астероїдів: троянські астероїди, хільди, кентаври, АНЗ, регулярні тіла поясу Койпера (кюбівани). Супутники планет, регулярні та нерегулярні. Кільця планет, супутники-пастухи.

### **Тема 4. Комети.**

Загальна характеристика комет. Утворення кометних форм. Спектри комет. Близьк комети і його змінення. Тиск світла на кометні частинки. Сонячна активність як джерело виникнення кометних форм. Розпад комет. Походження комет.

### **Тема 5. Метеори та міжпланетне середовище.**

Загальна характеристика метеорів, методи їх спостереження. Метеорні потоки і спорадичні метеори. Явища при вторгненні метеорного тіла в земну атмосферу. Радіолокаційні спостереження метеорів. Маси метеорних тіл. Метеорити та їх класифікація. Вік метеорів. Метеоритні кратери і воронки.

Історичні астроблеми та формування планет земної групи. Метеорні рої і їх зв'язок з кометами. Мікрометеорити. Метеорна речовина навколо Землі. Зодіакальне світло. Пилова і газова складова в міжпланетному просторі. Рух малої частинки в полі тяжіння і випромінювання Сонця. Протисяння.

### **Змістовний модуль 3. Зорі.**

#### **Тема 1. Визначення характеристик зір.**

Відносні фотометричні вимірювання. Показник кольору. Фотометричні зоряні каталоги. Фотометричні стандарти. Визначення зоряних величин методом відносної фотометрії. Зв'язок між фотометричними системами.

#### **Тема 2. Спектри зір.**

Гарвардська спектральна класифікація. Різниця в спектрах гігантів і карликів. Профіль лінії, його характеристики. Вплив різних фізичних факторів на вигляд та інтенсивність спектральних ліній. Спектральні паралакси і двомірна спектральна класифікація. Бальмеровський стрибок, тримірна спектральна класифікація.

#### **Тема 3. Моделі зоряних атмосфер.**

Моделі зоряних атмосфер. Середній хімічний склад атмосфер зір. Зміни хімічного складу під час еволюції. Спектри білих карликів. Зорі зниженої світності. Магнітні змінні зорі. Вплив обертання зорі на її спектр. Ефект турбулентності.

#### **Тема 4. Внутрішня будова зір.**

Умови рівноваги всередині зір. Стан речовини в надрах зір. Джерела зоряної енергії. Гравітаційне стискання. Термоядерні джерела зоряної енергії. Білі карлики. Нейтронні зорі. Пульсари. Еволюція зір. Еволюція хімічних елементів.

#### **Тема 5. Подвійні зорі.**

Методи виявлення подвійних зір. Візуально-подвійні зорі, елементи орбіти. Невидимі супутники зір. Спектрально-подвійні зорі, крива променевих швидкостей, визначення мас. Визначення ексцентриситету орбіти у затемнюваної зорі. Визначення ефективної температури затемнених подвійних зір. Залежність маса – світність. Тісні подвійні системи. Контактні системи. Газові потоки в тісних парах.

#### **Тема 6. Нестационарні зорі.**

Основні характеристики цефеїд. Пульсації цефеїд. Зорі типу  $\alpha$  Великого Пса. Зорі типу RV Тельця і Міри Кита. Газові оболонки навколо зір. Зорі Вольфа – Райє. Обертання зір різних типів, походження обертання. Випромінювання зір, що обертаються. Обмін речовиною всередині тісних подвійних систем. Світності, амплітуди спалахів нових зір. Спектральні змінення у нових зір. Фізичні процеси під час спалаху нової зорі. Наднові зорі. Залишки спалахів наднових. Пульсари. Карликові зорі, що спалахують.

### **Змістовний модуль 4. Дифузна матерія в Галактиці.**

#### **Тема 1. Міжзоряний пил.**

Міжзоряний пил. Залежність послаблення світла пилом від довжини хвилі. Практичне визначення загального послаблення світла в заданому

напрямку. Хмарна структура пилового середовища в Галактиці. Розподіл міжзоряного пилу в Галактиці. Світлі пилові туманності. Світовий тиск на пилові частинки. Міжзоряна поляризація світла зір. Орієнтація міжзоряних пилових частинок магнітними полями.

### **Тема 2. Газова складова міжзоряного середовища.**

Газова складова міжзоряного середовища. Міжзоряні спектральні лінії. Газовий галактичний субстрат. Випромінювання міжзоряного нейтрального водню на довжині хвилі 21 см. Молекули, виявлені в міжзоряному просторі радіометодами. Відносна роль газу і пилу в міжзоряному просторі. Електроні в міжзоряному просторі.

### **Тема 3. Планетарні туманності.**

Планетарні туманності. Флуоресценції речовини планетарної туманності. Ядра планетарних туманностей. Заборонені лінії в спектрах туманностей. Температури планетарних туманностей. Неперервний спектр планетарних туманностей, їх маси. Еволюція планетарних туманностей. Границі планетарних туманностей. Походження планетарних туманностей.

### **Тема 4. Газові туманності.**

Газові туманності. Області III та їх розміри. Газо-пилові комплекси та зореутворення. Взаємодія газу і випромінювання гарячої зорі. Рух всередині газової туманності.

### **Тема 5. Дифузні туманності. Залишки спалахів наднових.**

Дифузні туманності. Радіовипромінювання дифузних туманностей. Крабоподібна туманність – джерело радіовипромінювання Телець А. Тормозне випромінювання релятивістських електронів як джерело світіння Крабоподібної туманності. Крабоподібна і деякі інші туманності як залишки спалахів наднових. Фізичні процеси в пульсарах. Рентгенівські зорі.

### **Тема 6. Фізичний стан міжзоряної речовини в Галактиці.**

Температура тіла, що знаходиться в міжзоряному просторі. Енергетичний баланс у частинок міжзоряного середовища. Радіовипромінювання Галактики. Космічні промені в Галактиці. Магнітні поля в Галактиці. Конденсації міжзоряної речовини та їх еволюція. Особливості розташування і руху газових мас в Галактиці. Міжзоряний газ в Галактиці. Активність ядра Галактики.

## **Змістовний модуль 5. Зоряні системи та будова Всесвіту.**

### **Тема 1. Наша Галактика.**

Молочний Шлях. Об'єкти, що належать до нашої Галактики. Різні класи населення Галактики. Рух Сонячної системи в Галактиці. Обертання Галактики. Будова Галактики.

### **Тема 2. Галактики, фізичні властивості, класифікація.**

Морфологічна класифікація галактик. Взаємодіючі галактики. Визначення відстаней до галактик. Фізичні властивості галактик. Просторовий розподіл галактик. Формування та еволюція галактик. Червоне зміщення в спектрах галактик. Закон Хаббла, стала Хаббла-Леметра.

### **Тема 3. Радіогалактики та нестационарні процеси в галактиках**

Радіовипромінювання нормальних галактик. Радіогалактики. Галактики Сейферта. Ознаки вибуху в радіогалактиках. Квасари. Спектральний індекс випромінювання. Вік радіогалактик. Загальні запаси енергії в галактиках.

#### **Тема 4. Будова Всесвіту у великих масштабах.**

Великомасштабна структура Всесвіту. Основні елементи: групи, скупчення та надскупчення галактик, філаменти, стіни, войди. Темна матерія та темна енергія. Моделі Всесвіту. Теорія Великого вибуху та еволюція Всесвіту. Інфляційна модель.

#### **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. Вавилова І. Б. Великомасштабна структура Всесвіту: спостереження і методи дослідження / Навчальний посібник. – Київ: Київський університет, 1998. – 107 с.
4. Захожай В. А. Вступ до астрофізики та космології. – Харків, 2017.
5. Кузьменков С. Г., Зорі. Астрофізичні задачі з розв'язаннями / Навчальний посібник. – Київ: Освіта України, 2010. – 206 с.
6. Кузьменков С. Г., Сокол І. В. Сонячна система: збірник задач / Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 2007. – 168 с.
7. Кудря Ю., Вавилова І. Позагалактична астрономія. – Київ: Наукова думка, 2016.
8. 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. Захожай В. А., Захожай О. В. Основи елементарної астрономії / Навчальний посібник. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021.- 232 с.
3. Климишин І. А., Гарбузов Г. О., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Астрономія / Навчальний посібник. – Одеса: «Астропринт», 2012. – 352 с.
4. Яцків Я. С., Александров О. М., Вавилова В. Б., Жданов В. І., Жук О. І., Кудря Ю. М., Парновський С. Л., Федорова О. В., Хміль С. В.. Загальна теорія відносності: горизонти випробувань. – Київ, 2013. – 264 с.
5. Гарбузов Г. О., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Використання способу найменших квадратів при обробці астрономічних спостережень // Методичні вказівки для студентів фізичного факультету спеціальності «астрономія». – Одеса: Астропринт, 2011. – 12 с.
6. Каретніков В. Г., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Визначення довжин хвиль в спектрах небесних тіл // Методичні вказівки для студентів фізичного факультету спеціальності «астрономія». – Одеса: Астропринт, 2015. – 16 с.

7. 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.

8. Мурніков Б. О. Класифікація змінних зір // Методичні вказівки. – Одеса: «Астропринт», 2020. – 44 с.

### 15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://dspace.onu.edu.ua/>
2. [phys.onu.edu.ua](http://phys.onu.edu.ua)
3. Загальний каталог змінних зір, електронне видання GCVS <http://simbad.u-strasbg.fr/>
4. <http://ogle.astrouw.edu.pl/atlas/terms.html>
5. <http://dspace.onu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/24053/1/Zor.nebo.pdf>
6. [http://dspace.onu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/24054/1/Kinematika\\_fizika.pdf](http://dspace.onu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/24054/1/Kinematika_fizika.pdf)
7. <http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/24055>
8. [http://dspace.onu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/32243/1/Paniko\\_Zag\\_Astronomy.pdf](http://dspace.onu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/32243/1/Paniko_Zag_Astronomy.pdf)
9. Планети земної групи: <https://www.youtube.com/watch?v=CqGf3Gb7QcU>
10. Карликові планети Сонячної системи. Пояс Койпера <https://www.youtube.com/watch?v=6t6REwFYSYk>
11. Хаббл: Вікно у Всесвіт <https://www.youtube.com/watch?v=uCuY-fxLqGc>

## ОЦІНЮВАННЯ

Навчальна дисципліна «Загальна астрофізика» оцінюється за 100-бальною шкалою.

**Методи поточного контролю:** Поточний контроль здійснюється за результатами виконання практичних завдань за змістовними модулями, захисту індивідуального завдання. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, розв'язання практичних задач. Студент повинен виконати всі практичні заняття. За виконання розрахунків та оформлення результатів нараховується до 4 балів за кожне заняття. За помилки в обчисленнях або у виведенні формул знімається до 3 балів. За більш об'ємні завдання 6-го семестру нараховується до 7 балів та відповідно знімається до 3 балів. При виставленні підсумкової оцінки за семестр береться сума всіх оцінок.

### Форми і методи підсумкового контролю:

Підсумковий семестровий контроль (залік, іспит) проводиться в усній формі. На заліку студенту пропонуються 2 теоретичних питання, яке оцінюється окремо за 10 бальною шкалою. Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 15 бальною шкалою.

Критерії оцінювання екзаменаційного питання:

- повна розгорнута відповідь – 15 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 12 балів;

– повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 10 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

– неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 8 балів,

за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

– відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що здобувач отримав на заліку/іспиті, є сумою балів, що були отримані за кожне теоретичне питання.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

### Загальна схема нарахування балів

#### 5 семестр

						Контрольна робота	Індивідуальні завдання	Прак- тичні заняття	Сума балів
<b>Змістовний модуль 1 Поточний контроль на лекціях</b>						<b>10</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>100</b>
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>						
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>						
<b>Змістовний модуль 2 Поточний контроль на лекціях</b>						<b>10</b>		<b>20</b>	
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>					
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>					
<b>Змістовний модуль 3 Поточний контроль на лекціях</b>						<b>10</b>		<b>24</b>	
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>				
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>				

#### 6 семестр

<b>Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання</b>	<b>Підсумков ий контроль (залік)</b>	<b>Сум а балі в</b>
---	--	---------------------------------



						Контроль на робота	Індивідуал ьні завдання	Прак- тичні занятт я	Разо м		
<b>Змістовний модуль 4 Поточний контроль на лекціях</b>							<b>11</b>		<b>70</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>10</b>		<b>21</b>			
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>			<b>28</b>			
<b>Змістовний модуль 5 Поточний контроль на лекціях</b>											
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>			<b>10</b>					
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>								

Додаткові (бонусні) бали (до 10) можуть бути отримані при виконанні і захисті індивідуального завдання студента ІНДЗ (доповідь та мультимедійна презентація за обраними темами).

**Самостійна робота студентів.** Результати індивідуального завдання представляються у вигляді доповіді (7-10 хв), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів). Критеріями оцінювання є: повнота представленого матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

## ПОЛІТИКА КУРСУ

Визначається нормативними документами/Положеннями, які є чинними в ОНУ імені І.І.Мечникова (<https://onu.edu.ua/uk/geninfo/official-documents>).

Дедлайн виконання завдань з курсу визначає викладач. В разі поважних причин, перенесення терміну виконання завдань дозволяє викладач. Перескладання заборгованостей – з дозволу деканату.

Кожен студент повинен пам'ятати про академічну доброчесність що забезпечується самостійним виконанням навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю, належним посиленням на джерела інформації у разі виконання творчих робіт, дотриманням норм законодавства про авторське право і суміжні права, наданням достовірної інформації про результати власної наукової діяльності.

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнуті до академічної відповідальності згідно Положенню про академічну доброчесність в ОНУ імені І.І.Мечникова. (<https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/documents/acad-dobrochesnost.pdf>).

Відвідування занять для студента 3-го курсу є обов'язковим, як і своєчасний прихід на заняття.