КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

фізичний факультет
(назва факультету, інституту, центру, коледжу)

Кафедра астрономії та фізики космосу

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана/директора
з навчальної роботи
_____*(Момот О.В.)*
«_____»_____20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Космічна газодинаміка

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань	**10. Природничі науки** *(шифр і назва)*
спеціальність	**104. Фізика та астрономія** *(шифр і назва спеціальності)*
освітній рівень	**магістр** *(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)*
освітня програма	**астрофізика** *(назва освітньої програми)*
спеціалізація *(за наявності)*	_____ *(назва спеціалізації)*
вид дисципліни	**вибір ВНЗ**

Форма навчання	**очна**
Навчальний рік	**2020/2021**
Семестр	**1**
Кількість кредитів ECTS	**3**
Мова викладання, навчання та оцінювання	**українська**
Форма заключного контролю	**залік**

Викладач: проф. Гнатик Б.І., д.ф.-м.н., проф.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»___ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»___ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2020

Розробник(и): *(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)*
Гнатик Богдан Іванович, д.ф.-м.н., проф., проф. кафедри астрономії та фізики космосу

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри астрономії та фізики космосу
_____(Івченко В.М.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № _12__ від «__29__» травня _ 2020___ р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту (педагогічною радою коледжу) фізичного

Протокол №33 від 11 червня 2020 року
Голова науково-методичної комісії _____ (Оліх О.Я._)
(підпис) (прізвище та ініціали)

«_____» _____ 20___ року

1. Мета дисципліни – – засвоєння студентами знань основних законів динаміки космічної плазми та вміння їх застосувати до побудови моделей астрофізичних об'єктів та явищ. Ознайомлення із механізмами генерації та сучасними методами детектування електромагнітного, та корпускулярного (космічні промені) випромінювання космічної плазми, вивчення фізичних умов та процесів в астрофізичних об'єктах

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (*за наявності*):

Успішне опанування курсів загальної та теоретичної астрофізики, фізики плазми, диференціальних рівнянь

3. Анотація навчальної дисципліни: Дослідження фізичних процесів в космічній плазмі становить основу побудови моделей астрофізичних об'єктів. Космічна газодинаміка становить математичну основу опису процесів генерації та переносу випромінювання в космічній плазмі, включаючи нетеплове випромінювання релятивістських частинок (космічних променів). На основі реєстрації електромагнітного, гравітаційно-хвильового та корпускулярного (космічні промені) випромінювання від астрофізичних об'єктів методи космічної газодинаміки дозволяють отримати інформацію про будову та властивості астрофізичних об'єктів.

4. Завдання (навчальні цілі): – вивчення основних законів динаміки космічної плазми, вивчення фізичних процесів в астрофізичних об'єктах, пов'язаних із рухом космічної плазми в гравітаційних та електромагнітних полях, опанування студентами сучасних досягнень в астрофізиці, оволодіння методами розрахунку параметрів космічної плазми та побудови газодинамічних моделей астрофізичних явищ.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		**Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання**	**Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)**	**Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни**
Код	**Результат навчання**			
2.1	*Вміти використовувати теоретичний матеріал*	Лекції, самостійна робота	*Контрольні роботи (2)*	*40*
3.1	*Брати участь у дискусії щодо матеріалу, який розглядається*	Лекції	*Робота на лекціях*	*10*
1.1	*Знати основи теорії*	Лекції	*Короткі самостійні завдання*	*10*
1.2	*Володіти теоретичним і практичним матеріалом у межах курсу*	Лекції, практичні заняття, самостійна робота	*Екзамен*	*40*

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання *(необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)*

Результати навчання дисципліни (код) / **Програмні результати навчання (назва)**	**1**	**2**	**3**	**4**
РН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.	+		+	+
РН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.	+		+	+
РН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напряму фізики та/або	+	+	+	+

астрономії, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.				
РН08. Презентувати результати досліджень у формі доповідей на семінарах, конференціях тощо, здійснювати професійний письмовий опис наукового дослідження, враховуючи вимоги, мету та цільову аудиторію.	+	+	+	+
РН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.	+		+	+
РН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи,аналізувати обмеження.	+	+		+
РН18. Вміти застосовувати стандартні моделі до опису геодинамічних, газодинамічних, еволюційних та космологічних процесів у Всесвіті.		+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Контрольні роботи: 2, кожна 20 балів

2. Робота на лекціях – 10 балів

3. Короткі самостійні завдання – 10 балів

- підсумкове оцінювання (у формі екзамену/комплексного екзамену, диференційованого заліку)*:*

Залік – 40 балів

- умови допуску до підсумкового екзамену:

принаймні 20 балів протягом семестру

7.2 Організація оцінювання: *(обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).*

Контрольні роботи виконуються у середині (перший модуль) і наприкінці (другий модуль) семестру. Робота на лекціях і короткі самостійні завдання оцінюються по ходу семестру з підбиттям підсумків за перший і другий модулі.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій та самостійних робіт

№ п/п	Номер і назва теми*	Лекції	Самостійна робота
1	**Основні поняття газодинаміки** Предмет газодинаміки. Основні характеристики космічної плазми. Рівняння стану. Роль дисоціації, іонізації та рівноважного випромінювання. Формули Больцмана та Саха. Випромінювальна здатність плазми	2	4
2	**Основні рівняння газодинаміки.** Рівняння неперервності, руху та енергії. Лагранжева та Ейлерова форми рівнянь. Рівняння Бернулі. Рівняння Нав'є-Стокса.	2	4
3	**Нелінійні явища та ударні хвилі.** Стаціонарні ударні хвилі. Умови Ранкіна-Гюгоніо. Ударна адіабата. Іонізаційно-дисоціативні ударні хвилі. Ударні хвилі з випромінюванням	2	4
4	**Метод автомодельних рухів** Теорія розмірності і поняття автомодельності. Автомодельні рухи в гідродинаміці. Задача про сильний точковий вибух. Аналітичний розв'язок Сєдова. Поведінка розв'язків в центральній та прифронтовій областях.	2	4
5	**Наближені аналітичні та чисельні методи** Метод характеристик. Правило Уїзема. Підходи Компанійця та Лоумбаха-Пробстейна. Апроксимація Каплана та її узагальнення. Метод скінченних різниць	2	4
6	**Рівняння магнітогідродинаміки** Рівняння електромагнітного поля. Рівняння магнітогідродинаміки. Теорема Альвена про вмороженість магнітного поля. Безрозмірні параметри	2	4
7	**Магнітогідродинамічні хвилі** Звукові хвилі.. Магнітозвукові хвилі. Альвенівські хвилі. Ударні хвилі в плазмі з магнітним полем. Ударна МГД-адіабата. Гідродинамічні та магнітогідродинамічні нестійкості.	2	4
8	**Гідродинаміка Сонця та зір** Сонячні коливання. Нагрів верхньої атмосфери. Сонячні плями. Сонячні спалахи. Теорія сонячного динамо. Конвективні зони в зорях. Коливання зір. Вибухи в зорях. Гідродинаміка Нових зір	2	4
9	**Гідродинаміка Наднових зір**. Кінцеві стадії еволюції масивних зір. Гідродинаміка колапсу ядра та викиду оболонки. Вихід ударної хвилі на поверню зорі-переднаднової та спалах жорсткого УФ-рентгенівського випромінювання. Розширення оболонки та крива блиску Наднової. Еволюція радіо- та жорсткого випромінювання Наднової. Наднова 1987 А.	2	4
10	**Зоряні вітри та акреція** Сонячний вітер. Зоряні вітри. Оболонки, видуті зоряними вітрами. Акреція Бонді. Акреційні потоки в подвійних системах. Дискова та вітрова акреція.	2	4
11	**Газодинаміка міжзоряного середовища.** Теплова нестійкість і структура МЗС. Міжзоряні ударні хвилі. Іонізаційні фронти.	2	4
12	**Газодинаміка залишків спалахів Наднових** Залишки спалахів Наднових. Теплове та нетеплове випромінювання залишків Наднових. Прискорення космічних променів в залишках Наднових.	2	4
13	**Релятивістська гідродинаміка** Тензор енергії-імпульсу. Рівняння руху. Релятивістські ударні хвилі. Адіабата Тауба. Релятивістські ударні хвилі в активних ядрах галактик. Прискорення космічних променів релятивістськими потоками	2	4

	плазми.		
14	**Гідродинамічне наближення в космології** Гідродинамічний опис космологічних моделей. Динаміка однорідних ізотропних космологічних моделей. Гідродинаміка раннього Всесвіту.	2	4
15	**Формування елементів великомасштабної структури Всесвіту**. Первісні збурення в ранньому Всесвіті. Гравітаційна нестійкість та утворення галактик. Формування елементів великомасштабної структури і космологічні ударні хвилі.	2	4
	ВСЬОГО[1]	**30**	**60**

*Примітка: слід зазначити також теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг *90 год.*[2], в тому числі (вибрати необхідне):
Лекцій **– *30 год.***
Семінари – ____ *год.*
Практичні заняття – *год.*
Лабораторні заняття – ____ *год.*
Тренінги – ____ *год.*
Консультації – _ *год.*

Самостійна робота **– *60 год.***

9. Рекомендовані джерела[3]:

Основна: *(Базова)*
до 10 фундаментальних, базових джерел
1. Горбацкий В.Г. Космическая газодинамика, М., Наука, 1986.
2. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной, М., Наука, 1975.
3. Каплан С.А., Пикельнер С.Б. Физика межзвездной среды, М., Наука, 1979.
4. Климишин И.А. Ударные волны в оболочках звезд, М., Наука, 1984.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. YI. Гидродинамика, М., Наука, 1986.
6. Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. М., Мир, 1985.
7. Березинский В.С. и др. Астрофизика космических лучей. М.Наука, 1990
8. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика – Фрязино: Век 2 – 2006 – 496 с
9. M. S. Longair High Energy Astrophysics. Third Edition. Cambridge University Press 2011, 880 pp
10. Бисноватый-Коган Г.С. Релятивистская астрофизика и физическая космология. М. - 2010.
.

Додаткова:
як правило - до 20 джерел
1. Thierry J.-L. Courvoisier High Energy Astrophysics An Introduction. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013, 332pp.
2. F. A. Aharonian. Very High Energy Cosmic Gamma Radiation. A Crucial Window on the Extreme Universe.World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 2004, 508 pp.
3. A. De Angelis, M. J. M. Pimenta. Introduction to Particle and Astroparticle Physics. Questions to the Universe. Springer-Verlag Italia 2015, 680 pp
4. Горбунов Д.С., Рубаков В.А. Введение в теорию ранней Вселенной. Москва, 2007.

---

[1] **У робочій програмі навчальної дисципліни для лекційних, семінарських, практичних і лабораторних занять зазначається *реальна* кількість годин (*кратне 2 год. – час тривалості пари*).**
[2] **Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.**
[3] ***В тому числі Інтернет ресурси***

5. Лонгейр М.С. Астрофизика высоких энергий – М: Мир – 1984 – 396 с
6. Bahcall J.N., Ostriker J.P. Unsolved Problems in Astrophysics. Princeton, Univ.Press, 1997
7. Collins P.D., Martin A.D., Squires E.I. Particle physics and Cosmology. Wiley. N.Y., 1989
8. Peacock J.A. Cosmological Physics. Cambrodge Univ.Press, Cambridge, 1999
9. arxiv.org
10. Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков. М.:Атомиздат, 1979, 317 с.
11. Ландау Л.Д., Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.8 Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1979, 527 с.
12. Седов Л.И. Механика сплошной среды. М.: Наука, 1970, т.1, 528 с
13. Линде А. Ранняя Вселенная и физика элементарных частиц. М.Наука, 1994
14. Bahcall J.N., Ostriker J.P. Unsolved Problems in Astrophysics. Princeton, Univ.Press, 1997
15. Collins P.D., Martin A.D., Squires E.I. Particle physics and Cosmology. Wiley. N.Y., 1989
16. Peacock J.A. Cosmological Physics. Cambrodge Univ.Press, Cambridge, 1999

10. Додаткові ресурси (за наявності)**:**

Посилання на електронні ресурси (не тільки відкриті) на яких розміщено додаткову інформацію щодо дисципліни — приклади контрольних і екзаменаційних завдань, тематика рефератів, методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт, тощо)

Голова Науково-методичної ради В.А.Бугров