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.Б керівника)
"30" серпня 2024 р.

Програма навчальної дисципліни
Теорія ймовірностей і математична статистика
(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 обов'язкова
(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)
Слюсарев І. Г., кандидат фіз.-мат. наук, 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

_____ Шкуратов Ю. Г.
(підпис) (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»_____

_____ _Станкевич Д.Г.
(підпис) **(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_____

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

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни "Теорія ймовірностей і математична статистика" складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

_____бакалавра_____

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напряму) _____104 фізика та астрономія _____

освітня програма _____астрономія_____

спеціалізації:_____астрономія _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є роз'яснення студентам сутності методів систематизації, обробки та використання числових даних у природничих науках та отримання із них практичних висновків.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

а) ознайомити студентів з основними поняттями та методами теорії ймовірностей та математичної статистики;

б) навчити їх застосуванням при обробці результатів астрономічних спостережень.

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).

• Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2).

• 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).

• Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК-8).

• Прагнення до збереження навколишнього середовища (ЗК-10).

• Здатність діяти соціально відповідально та свідомо (ЗК-11).

• Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-12).

• Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні (ЗК-14).

• Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя (ЗК-15).

• 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 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 працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК-9).

• Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК-10).

• З Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю (ФК-11).

• 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: 6

1.4. Загальна кількість годин: 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-3-й	-й
Семестр	
4-5-й	-й
Лекції	
34 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
50 год.	год.
Самостійна робота	
98 год.	год.
В тому числі індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення дисципліни студент повинен

знати: -
- аксіоми теорії ймовірностей, поняття випадкової події, величини (у тому числі її багатовимірне узагальнення), густини ймовірностей, основні функції розподілу, властивості нормального розподілу та його зв'язок із законом великих чисел та центральної граничної теореми теорії ймовірностей;
- принципи знаходження та класифікація статистичних оцінок, поняття довірчих інтервалів, розподіли Пірсона, Стьюдента, Фішера, спосіб найменших квадратів, кореляційний та регресійний аналіз;
- основи теорії випадкових функцій;

вміти: - використовувати основні поняття теорії ймовірностей та математичної статистики для коректного формулювання та вирішення задач, що виникають у різних розділах астрономії та фізики;

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, пояснення 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).

• Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій (ПРН-3).

• 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 упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки (ПРН-11).

• 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).

• Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів (ПРН-16).

• 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).
• 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. Програма навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи теорії ймовірностей

Тема 1. Поняття про ймовірність події

Історична довідка. Випадкові події. Класичне визначення імовірності події. Частота та статистична ймовірність події. Основні поняття теорії множин. Простір елементарних подій. Несумісність подій, повна група подій. Аксіоми теорії ймовірностей за Колмогоровим. Обчислення ймовірностей. Схема випадків. Алгебра подій. Ймовірності складних подій. Теореми складання та множення. Формула повної імовірності. Формула Байєса. Задача про повторення дослідів. Біноміальний розподіл.

Тема 2. Випадкові події

Функція розподілу, густина ймовірності та їх властивості. Ймовірність попадання ВП в заданий інтервал. Числові характеристики ВП. Характеристики положення (математичне очікування, мода, медіана). Моменти ВП (дисперсія, асиметрія, ексцес). Окремі закони розподілу. Закон рівномірної густини. Нормальний розподіл. Функція Лапласа та функція похибок. Логарифмічно-нормальний розподіл. Закон Пуассона, потоки подій. Геометричний та гіпергеометричний розподіли. Імпульсні та узагальнені функції. Фільтруюча властивість δ-функції. Перетворення Фурьє від δ-функції. Характеристична функція та її зв'язок з моментами ВП.

Тема 3. Випадковий вектор

Функція розподілу та густина імовірності. Залежні та незалежні ВВ. Умовні функції розподілу та умовні густини ймовірності. Маргінальні імовірності. Закон розподілу функції ВВ. Згортка законів розподілу. Моменти випадкового вектора. Характеристична функція суми незалежних ВВ. Теорема про згортку. Комплексні ВВ. Властивості математичного очікування, дисперсії та кореляційних моментів. Коефіцієнт кореляції. Двовимірний нормальний закон. Лінії регресії. Ймовірність попадання в еліпс та прямокутник. Розподіл Релея. Тривимірний нормальний закон. Розподіли Максвелла та Шварцшильда.

Тема 4. Граничні теореми теорії ймовірностей

Сенс закона великих чисел та центральної граничної теореми. Нерівність та теорема Чебишева. Узагальнена теорема Чебишева. Теорема Маркова. Теореми Бернуллі та Пуассона. Теорема Ляпунова. Теорема Муавра-Лапласа. Ентропія ВП. Ентропія нормально розподіленої ВП

Розділ 2. Основні поняття та задачі математичної статистики

Тема 5. Теорія оцінювання

Принципи знаходження та класифікація статистичних оцінок. Оцінки математичного очікування та дисперсії. Мала виборка. Довірчі інтервали та довірчі імовірності. Розподіли χ^2 Пірсона та t Стьюдента. Розподіл Фішера.

Тема 6. Представлення експериментальних даних функціональними залежностями

Вибіркові функції розподілу. Вирівнювання статистичних рядів. Критерії згоди. Критерії χ^2 та Колмогорова. Принцип максимума правдоподібності. Спосіб найменших квадратів. Кореляційний та регресійний аналіз. Довірчі інтервали для коефіцієнтів регресії та кореляції. Z-перетворення Фішера та F-критерій. Дисперсійний аналіз.

Тема 7. Генерація законів розподілу на ЕОМ

Метод статистичних випробувань (Монте-Карло), поняття квазі-випадкових чисел.

Розділ 3. Основи теорії випадкових функцій

Тема 8. Випадкові функції

Випадкові процеси, поля та послідовності. Густина імовірності ВФ. Математичне очікування та дисперсія ВФ. Кореляційна функція та її властивості. Взаємна кореляційна функція. Складання, диференціювання та інтегрування ВФ.

Тема 9. Стаціонарні випадкові функції

Стаціонарність у вузькому та широкому сенсах. Структура та спектр стаціонарної ВФ. Спектр та спектральна густина дисперсії. Теорема Вінера-Хінчина. Спектральний розклад ВФ в комплексній формі. Білий шум. Інтервал кореляції. Апроксимація білого шуму. Ергодичні стаціонарні ВФ. Фізична інтерпретація спектральної густини. Спектр потужності.

Тема 10. Прикладні методи теорії випадкових функцій

Згладжування реалізації нестаціонарної функції. Одержання оцінок математичного очікування та дисперсії ВФ за однією реалізацією. Оцінка кореляційної функції. Оцінка спектральної густини. Вікно даних. Спектральне вікно. Властивості оцінок.

3. 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.	17	4	4	-	-	9						
Тема 2.	17	4	4	-	-	9						
Тема 3.	17	4	4	-	-	9						
Разом за розділом 1	51	12	12	-	-	27						
Розділ 2												
Тема 4.	21	6	6	-	-	9						
Тема 5.	21	6	6	-	-	9						
Тема 6.	21	6	6	-	-	9						
Разом за розділом 2	63	18	18	-	-	27						
Розділ 3												
Тема 7.	18	4	4	-	-	10						
Тема 8.	18	4	4	-	-	10						
Тема 9.	16	3	3	-	-	10						
Тема 10.	14	3	3			8						
Разом за розділом 3	66	14	14	-	-	38						

Індивідуальне науково-дослідне завдання	-	-	-	-	-	16						
Усього годин	180	44	44	-	-	92						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обчислення ймовірностей. Схема випадків. Алгебра подій.	4
2	Числові характеристики ВП. Характеристики положення (математичне очікування, мода, медіана). Моменти ВП (дисперсія, асиметрія, ексцес).	4
3	Закон розподілу функції ВВ. Згортка законів розподілу. Моменти випадкового вектора. Характеристична функція суми незалежних ВВ.	4
4	Ентропія ВП. Ентропія нормально розподіленої ВП	4
5	Оцінки математичного очікування та дисперсії.	4
6	Принцип максимума правдоподібності. Спосіб найменших квадратів.	4
7	Метод статистичних випробувань (Монте-Карло)	4
8	Математичне очікування та дисперсія ВФ. Кореляційна функція та її властивості.	4
9	Спектр та спектральна густина дисперсії.	3
10	Одержання оцінок математичного очікування та дисперсії ВФ за однією реалізацією	3
	Разом за курсом	44

5. Завдання для самостійної робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обчислення імовірностей. Схема випадків. Алгебра подій. Постулат Байєса.	9
2	Геометричний та гіпергеометричний розподіли. Імпульсні та узагальнені функції. Характеристична функція та її зв’язок з моментами ВП	9
3	Характеристична функція суми незалежних ВВ. Теорема про згортку. Комплексні ВВ.	9
4	Теореми Бернуллі та Пуассона. Теорема Муавра-Лапласа.	9
5	Розподіл Фішера	9
6	Z-перетворення Фішера та F-критерій.	9
7	Генерація законів розподілу	6
8	Взаємна кореляційна функція. Складання, диференціювання та інтегрування ВФ	6
9	Спектр та спектральна густина дисперсії. Фізична інтерпретація спектральної густини. Спектр потужності	6
10	Оцінка спектральної густини. Вікно даних. Спектральне вікно. Властивості оцінок	
	Разом	48

6. Індивідуальне навчально - дослідне завдання

7. Методи навчання

Лекції, індивідуальні завдання та самостійна робота.

8. Методи контролю

Поточний контроль на лекціях, перевірка індивідуальних завдань, модульні контрольні роботи, кінцевий залік.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання													Екзамен (залікова робота)	Сума
Розділ 1			Розділ 2			Розділ 3			Контрольна робота, передбачена навчальним планом		Індивідуальне завдання	Разом		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	1					
3	4	3	3	4	3	4	4	2	10		20	60	40	100

Т1, Т2 ... Т9 – теми модулів

Для кожної теми розділа вказати форми контролю навчальних здобутків студентів та критерії оцінювання.

Тема 1. – Поточне опитування, перевірка завдань самостійної роботи, контрольна робота при закінченні розділа. Одинадцятибальна шкала оцінювання за кожним опитуванням, визначення середнього балу за результатами перевірки знань по темі.

Тема 2. – Перевірка завдань самостійної роботи, контрольна робота при закінченні розділа. Одинадцятибальна шкала оцінювання за кожним опитуванням, визначення середнього балу за результатами перевірки знань по темі.

Тема 3. – Виступ з тематичним завданням, контрольна робота при закінченні розділа. Одинадцятибальна шкала оцінювання, визначення середнього балу за результатами перевірки знань по темі.

Тема 4. – Тестове опитування, контрольна робота при закінченні розділа. Одинадцятибальна шкала оцінювання, визначення середнього балу за результатами перевірки знань по темі.

Тема 5. – Поточне опитування, перевірка завдань самостійної роботи, контрольна робота при закінченні розділа. Одинадцятибальна шкала оцінювання за кожним опитуванням, визначення середнього балу за результатами перевірки знань по темі.

Тема 6. – Виступ з тематичним завданням, перевірка завдань, контрольна робота при закінченні розділа. Одинадцятибальна шкала оцінювання, визначення середнього балу за результатами перевірки знань по темі.

Тема 7. – Поточне опитування, перевірка завдань самостійної роботи, контрольна робота при закінченні розділа. Одинадцятибальна шкала оцінювання за кожним опитуванням, визначення середнього балу за результатами перевірки знань по темі.

Тема 8. – Тестове опитування, перевірка завдань самостійної роботи, контрольна робота при закінченні розділу. Дванадцятибальна шкала оцінювання за кожним опитуванням, визначення середнього балу за результатами перевірки знань по темі.

Тема 9 – Перевірка завдань самостійної роботи, контрольна робота при закінченні розділу. Одинадцятибальна шкала оцінювання за кожним опитуванням, визначення середнього балу за результатами перевірки знань по темі.

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

Розділ 1. – Мінімальна кількість балів – 17.

Розділ 2. – Мінімальна кількість балів – 17.
Розділ 3. – Мінімальна кількість балів – 17.

Вказати умови допуску студента до підсумкового семестрового контролю.

Студент допускається до підсумкового семестрового контролю у разі набрання не менше 17 балів за кожний розділ.

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 «Теорія ймовірності та математична статистика»:

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 екзаменаційвій 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. Bonamente M. Statistics and Analysis of Scientific Data. Springer. 2017. 323 p.
2. Starck J.-L., Murtagh F. Handbook of astronomical data analysis. 2002
3. Bendat J., Pirsol A. Applications of correlation and spectral analysis. Cembrige University Press. 1982. 320 p.
4. Draper N.R., Smith H. Applied regression analysis. Jon Walley& Son Press. 1986. 350 p.
5. Lang K.R. Essential Astrophysics 2013. Springer. 650 p.
6. Walker G. Astronomical observations. Cambridge University Press. 1989. 176 p.

11. Інформаційні ресурси

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. ARIBIB: http://www.ari.uni-heidelberg.de/aribib/query.htm
10. Страсбургський центр астрономічних даних: http://cdsweb.u-strasbg.fr/
11. Index cit: http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html