

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний університет імені І.І.Мечникова
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

«Затверджую»

Ректор Одеського національного
університету імені І.І.Мечникова



Вячеслав ТРУБА

2024 р.

ПРОГРАМА
Фахового вступного іспиту
до Одеського національного університету імені І.І. Мечникова
для навчання на третьому (освітньо-науковому) рівні
на основів НРК 7
за спеціальністю «104 - Фізика і астрономія» в 2024 році

Ухвалено
рішенням Вченої Ради ФМФІТ
(протокол № 6 від 22.03.2024 р.)

Одеса – 2024

ПРОГРАМА
Загальна фізика
Механіка

Закони Ньютона в інерційних системах відліку. Поняття маси та ваги тіла. Неінерційні системи відліку. Теорема Коріоліса. Маятник Фуко. Гіроскопи. Прецесія та нутація. Гірокомпас. Закони збереження в поступальному та обертальному рухах. Основне рівняння обертального руху. Поняття про тензор інерції. Основні постулати та наслідки спеціальної теорії відносності. Інваріанти в СТВ. Малі коливання механічних систем. Найпростіші маятники. Вільні та вимушені коливання. Явище резонансу. Автоколивання. Моделі ідеальної та в'язкої течії. Рівняння Бернуллі. Критерій Рейнольдса. Зіткнення. Лабораторна система та система центра маси. Активація хімічних реакцій. Хвилі в пружних середовищах. Хвильове рівняння та рівняння хвилі. Поняття енергії, роботи, потужності. Теорема Кьоніга. Закони збереження та властивості простору і часу.

Молекулярна фізика.

Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії. Закон Дальтона. Газові закони. Розподіл Максвелла молекул за модулем та компонентами швидкості. Характеристики розподілів. Барометрична формула. Розподіл Больцмана та стан рівноваги. Теплоємність газів, рідин і твердих тіл. Перший закон термодинаміки. Ізопроеци в ідеальних газах. Цикл Карно. Абсолютна температурна шкала. Термодинамічні функції та потенціал стійкості термодинамічних систем. Принцип Ле-Шательє-Брауна. Ізотерми реальних газів. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Критична точка. Внутрішня енергія реального газу. Ефект Джоуля-Томсона. Інверсія ефекту. Поверхневий натяг. Формула Лапласа. Змочування. Фазова діаграма. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Правило фаз Гіббса. Другий закон термодинаміки. Ентропія в ізопроесах.

Електрика та магнетизм.

Електростатичне поле у вакуумі. Основні характеристики та властивості. Електростатичне поле в діелектриках. Поляризація діелектриків, вектор електричного зміщення, діелектрична проникність. Теорема Остроградського-Гауса та її практичні застосування. Електричний струм, основні характеристики. Закони постійного струму. Природа електричного струму в металах. Електронна теорія провідності металів. Магнітне поле постійних струмів у вакуумі. Основні закони та властивості. Магнітне поле в речовині. Намагнічування речовин, вектор напруженості магнітного поля, магнітна проникність. Пояснення діамагнітних властивостей речовин. Пояснення парамагнітних властивостей речовин. Закон електромагнітної індукції. Рівняння Максвелла. Змінний струм. Закон Ома та потужність у колі змінного струму. Резонанс напруг та резонанс струмів у колі змінного струму.

Оптика.

Хвильові властивості світла. Стоячі світлові хвилі. Електронна теорія поглинання і випромінювання світла. Форма спектральної лінії поглинання.

Дисперсія світла. Аналіз залежності показника заломлення від частоти. Подвійне променезаломлення в анізотропних середовищах. Поляризаційні призми. Інтерференція світла. Інтерференційна схема Юнга. Дифракція світла. Дифракція Фраунгофера на ґратці. Квантова природа світла. Фотоефект. Квантова теорія теплового випромінювання абсолютно чорних тіл. Принцип дії і будова оптичних генераторів світла (на прикладі He-Ne, чи рубінового лазера). Нелінійна оптика. Оптичне детектування і генерація гармонік. Показник заломлення світла в області нелінійної оптики. Самофокусування і дефокусування світла.

Атомна та ядерна фізика.

Класична теорія атома водню. Постулати Бора. Формула Рідберга-Бальмера. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Гіпотеза де-Бройля. Досліди, що підтверджують хвильові властивості електронів. Атомний магнетизм. Ефект Зеємана. Рентгенівське випромінювання Гальмівний та характеристичний спектри. Розсіювання рентгенівського випромінювання. Ефект Комптона. Принцип Паулі. Заповнення електронних шарів і оболонки. Періодична система елементів. Будова атомних ядер. Енергія зв'язку ядра. Формула Вайцекера. Властивості стабільних та радіоактивних ядер. Закон радіоактивного розпаду. α -розпад. Властивості та механізми α -розпаду. Види та особливості β -розпаду, γ -випромінювання. Поділ ядер. Ланцюгова ядерна реакція. Будова і принцип дії реактора на теплових нейтронах. Термоядерний синтез. Водневий та вуглецево-азотний цикли. Дейтерій-тритієві реакції. Проблема керованого термоядерного синтезу.

ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА

Теоретична механіка

Закони Ньютона. Закони збереження імпульсу, моменту імпульсу і енергії матеріальної точки і системи матеріальних точок.

Одномірний рух. Рух в центральному полі. Задача двох тіл. Задача Кеплера.

Малі коливання механічних систем. Вільні коливання. Власні частоти. Нормальні координати. Вимушені коливання.

Рух твердого тіла. Кутова швидкість. Тензор інерції. Момент імпульсу твердого тіла. Кути Ейлера. Рівняння Ейлера руху твердого тіла.

Узагальнені координати. Функція Лагранжа. Принцип найменшої дії. Принцип Даламбера. Рівняння Лагранжа. Узагальнені імпульси. Функція Гамільтона. Рівняння Гамільтона. Канонічні перетворення. Дужки Пуасона. Інваріантність відносно канонічних перетворень.

Рівняння руху ідеальної рідини. Поширення звуку в газах. Принцип Гюйгенса. Нестислива рідина. Стаціонарний рух. Рівняння Бернуллі.

Електродинаміка

Рівняння Максвелла. Експериментальні факти, на яких базуються рівняння Максвелла: закон Кулона; закон Ерстеда; закон Ампера; закон Фарадея.

Статичні поля у вакуумі. Потенціали полів. Електростатичне поле. Мультипольні розвинення. Потенціали і поля електричного та магнітного

диполів. Електричний квадрупольний момент. Вищі мультипольні моменти. Поле і потенціали заряду, який рухається рівномірно. Випромінювання точкового заряду. Дипольне випромінювання.

Вільне електромагнітне поле. Плоскі та сферичні хвилі. Фазова та групова швидкості. Плоска монохроматична хвиля. Поляризація. Потенціали електромагнітного поля. Рівняння для потенціалів, градієнтна інваріантність.

Принципи відносності. Чотиривимірний простір Мінковського. Перетворення Лоренца, додавання швидкостей, власний час і скорочення Лоренца. Релятивістська механіка вільної частинки: інтеграл дії, функції Лагранжа та Гамільтона, 4-вектор енергії-імпульсу, тензор моменту імпульсу.

Макроскопічна електродинаміка. Вектори поляризації та намагнічення. Поляризація і намагнічення середовища в постійних полях, неполярні і полярні середовища, діа- та пара- та феромагнетизм. Поляризація в змінному полі. Комплексна діелектрична проникність, дисперсійні співвідношення. Умови на межі двох середовищ.

Квантова механіка

Принципи квантової механіки. Вектори стану і хвильові функції. Принцип суперпозиції. Лінійний простір векторів стану. Хвильова функція. Оператори фізичних величин. Хвильова функція вільної частинки. Середні спостережних величин у певному стані. Співвідношення невизначеності. Середні значення координати та імпульсу. Оператор імпульсу.

Еволюція векторів стану. Рівняння Шредингера. Рівняння неперервності. Зміна середніх значень фізичних величин з часом. Квантові дужки Пуасона. Стаціонарні стани. Представлення Шредингера і представлення Гайзенберга. Правила квантування.

Базові моделі квантової механіки. Частинка в потенціальній ямі. Проходження частинки через потенціальний бар'єр. Гармонічний осцилятор. Матричний підхід. Оператори народження і знищення. Оператор повороту і моменту імпульсу. Власні значення і власні функції операторів квадрата та проекцій моменту імпульсу. Алгебра операторів проекцій моменту імпульсу. Складання кутових моментів. Спін. Оператори проекцій спіну і відповідні власні вектори. Рух в полі центральних сил. Радіальне рівняння Шредингера. Атом водню.

. Стаціонарна теорія збурень. Теорія збурень при наявності виродження. Дворівневі системи. Теорія збурень, залежних від часу. Золоте правило Фермі. Теорія випромінювання та поглинання світла. Електричне дипольне випромінювання. Правила відбору. Час життя збуджених станів атомів.

Принцип тотожності частинок в квантовій механіці. Симетричні та антисиметричні хвильові функції. Бозони, ферміони. Пара- та ортогелій. Метод Хартрі-Фока. Теорія молекул. Адіабатичне наближення. Молекула водню.

Квантова теорія розсіяння. Амплітуда розсіяння. Борнівське наближення для амплітуди розсіяння.

Термодинаміка і статистична фізика

Термодинамічні системи. Термодинамічна рівновага. Рівноважні та нерівноважні процеси. Внутрішня енергія термодинамічної системи, робота, теплота. Термічне і калоричне рівняння стану. Перше начало термодинаміки. Теплоємності. Основні термодинамічні процеси та їх рівняння.

Оборотні та необоротні процеси. Друге начало термодинаміки. Ентропія і термодинамічна температура. Закон зростання ентропії. Нерівність Клаузіуса. Третє начало термодинаміки.

Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали систем зі змінною кількістю частинок.

Умови рівноваги термодинамічних систем. Фази і компоненти. Умови рівноваги у багатофазній багатокомпонентній системі, правило фаз Гіббса. Термодинамічні нерівності.

Фазові переходи першого роду, рівняння Клапейрона–Клаузіуса. Правило Максвелла для фазових переходів першого роду. Фазові переходи другого роду. Критичні явища. Критична точка. Критична точка в моделі Ван-дер-Ваальса.

Опис стану системи багатьох частинок в квантовій механіці. Статистичні ансамблі. Канонічний ансамбль, термодинамічні функції канонічного ансамблю. Ентропія.

Ідеальні квантові гази. Ідеальний Бозе-газ. Рівноважне випромінювання: формула Планка, закон Стефана–Больцмана. Фононний газ. Фононна теплоємність твердих тіл. Модель Дебая. Хімічний потенціал ідеального бозе-газу. Бозе–Ейнштейнівська конденсація. Ідеальний фермі–газ. Хімічний потенціал виродженого фермі–газу. Електронна теплоємність металів.

Квазітермодинамічна теорія флуктацій. Флуктації енергії і тиску в газах. Молекулярне розсіяння світла. Випадкові процеси. Броунівський рух. Рівняння Чепмена-Колмогорова. Рівняння Ейнштейна–Смолуховського. Броунівський рух і дифузія.

АСТРОНОМІЯ

Видимі та істинні рухи небесних тіл.

Небесна сфера та астрономічні координати. Сузір'я. Горизонтальна та екваторіальні системи небесних координат. Залежність висоти полюса світу від географічної широти місця спостереження. Явища, що пов'язані із добовим обертанням небесної сфери. Змінювання координат світил при добовому русі. «Нерухомі» зорі та сузір'я. Зоряні каталоги.

Рух тіл сонячної системи

Екліптика. Річний рух Сонця. Основи вимірювання часу. Зоряний та сонячний час. Рівняння часу. Календар. Фази Місяця. Синодичний та сидеричний періоди Місяця. Затемнення Сонця, затемнення Місяця. Видимі та істинні рухи небесних тіл. Геоцентрична система Птолемея. Геліоцентрична система Коперника. Пояснення конфігурацій та видимих рухів планет. Закони Кеплера. Основні закони механіки. Закон всесвітнього тяжіння. Задача двох тіл. Задача 3-х та n тіл. Обмежена задача 3-х тіл, її

наслідки. Еліпс як форма орбіти. Орієнтація еліпса у просторі. Елементи орбіт планет.

Фізика Сонячної системи.

Сонце. Основні характеристики, внутрішня будова, джерела енергії, явища на видимій поверхні, магнітне поле, сонячна активність. Планети, поділ на 2 групи. Планети земної групи: Меркурій, Венера, Земля, Марс. Планети-гіганти: Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун. Карликові планети, супутники планет, малі тіла Сонячної системи. Астероїди. Транснептунові об'єкти. Сучасна класифікація тіл Сонячної системи. Супутники планет. Місяць. Метеорні тіла, комети. Походження Сонячної системи. Прибори та методи астрономічних досліджень.

Телескопи.

Електромагнітне випромінювання, його діапазони. Оптичний діапазон. Рефрактор і рефлектор. Хід променів у телескопі. Приймачі випромінювання. Світлофільтри. Спектрографи. Сучасні телескопи. Всехвильова астрономія: радіо-, гамма- та рентгенівські телескопи. Інші види телескопів. Космічні телескопи.

Видимі та абсолютні зоряні величини

Визначення відстаней в астрономії. Визначення розмірів Землі. Паралактичне зміщення. Добовий та річний паралакси. Визначення астрономічної одиниці. Системи зоряних величин. Формула Погсона. Абсолютна зоряна величина та світність зорі. Модуль відстані.

Спектральний аналіз

Спектральна класифікація зір. Основи фотометрії. Колір зорі та її спектр. Вплив температури на вигляд спектру. Гарвардська класифікація спектрів. Двомірна спектральна класифікація. Види спектрів. Спектральний аналіз. Основи спектрофотометрії: спектр, явищі, що впливають на контур спектральної лінії, визначення параметрів атмосфери зорі за її спектром.

Зорі

Фізичні характеристики зір. Джерела зоряної енергії. Розміри, маси, температури. Світності. Зорі-гіганти та карлики. Діаграма Герцшпрунга – Рессела. Теорема Фогта – Рессела. Фізичні умови в надрах і будова зір. Подвійні зорі. Візуально-подвійні, спектрально-подвійні та затемнювано-подвійні зорі. Змінні зорі. Класифікація змінних зір. Пульсуючі зорі, їх різновиди. Еруптивні зорі. Еволюція зір різних типів. Кінцеві стадії зоряної еволюції. Зоряні залишки.

Міжзоряне середовище

Складові Міжзоряного середовища. Туманності: дифузні, планетарні, темні туманності. Зони HI. Газо-пілові комплекси, області перетворення. Початкові стадії еволюції зір.

Зоряні скупчення

Розсіяні та кулясті скупчення. Зоряні асоціації. Типи зоряного населення. Наша Галактика. Молочний Шлях. Об'єкти, що належать до нашої Галактики. Різні класи населення Галактики. Рух Сонячної системи в Галактиці. Хімічний склад підсистем Галактики. Обертання Галактики.

Будова Галактики.

Галактики

Фізичні властивості та класифікація. Морфологічна класифікація галактик. Взаємодіючі галактики. Визначення відстаней до галактик. Фізичні властивості галактик. Просторовий розподіл галактик. Формування та еволюція галактик.

Будова Всесвіту у великих масштабах

. Великомасштабна структура Всесвіту. Основні елементи: групи, скупчення та надскупчення галактик, філаменти, стіни, войди. Темна матерія та темна енергія. Спостережні основи космології. Космологічний принцип. Прискорене розширення Всесвіту. Реліктове випромінювання та співвідношення баріонної та темної матерії. Теорія Великого вибуху та еволюція Всесвіту. Інфляційна модель. Нуклеосинтез в гарячій моделі Всесвіту. Парадокси релятивістської космології. Космологічні тести.

Фізика релятивістських об'єктів

Білі карлики, фізичні властивості, рівняння стану при великих густинах та температурах. Чандрасекхарівська межа. Залежність маса-радіус. Особливості будови, класифікація білих карликів. Тиск виродженого електронного газу. Енергія Фермі, імпульс Фермі. Походження білих карликів. Нейтронні зорі, будова, рівняння стану, межа Опенгеймера-Волкова. Спостережні прояви нейтронних зір. Залежність масарадіус. Походження нейтронних зір. Канонічна нейтрона зоря. Остигання і теплове випромінювання нейтронних зір. Стадії охолодження. Перебудова зовнішньої кори. Подвійні нейтронні зорі, еволюція таких систем, пульсар Халса-Тейлора, подвійний пульсар J0737–3039, перевірка ЗТВ, гравітаційне випромінювання, гравітаційні та гама-спалахи. Центральне-симетричне гравітаційне поле. Метрика Шварцшильда. Гравітаційний радіус та горизонт подій. Чорна діра, що обертається. Метрика Керра. Ергосфера. Вивільнення енергії з чорної діри.

Радіоастрономія.

Задачі, що розв'язують методами радіоастрономії. Антена радіотелескопу. Типи антен, що застосовуються в радіоастрономії. Діаграма спрямованості антени по полю і по потужності. Ширина головного променя і тілесний кут діаграми спрямованості, коефіцієнт спрямованої дії, коефіцієнт розсіювання. Приймальні пристрої в радіо астрономії: шуми і детектування сигналу. Двохелементний інтерферометр РНДБ: історія появи, РНДБ-мережі різних країн, застосування в радіоастрономії. Інтерферометр в геодезії і астрометрії. Інтерферометрія в міліметровому діапазоні. УРТ, Уран, ГУРТ. Апертурний синтез.

Література:

1. Курс загальної фізики: підручник у бт. за загал. ред. В.А.Сминтини.- Одеса: Астропринт.- 2011-2012.
2. Загородній, В. В. Загальна фізика. Механіка– Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 363 с

3. Л.А. Булавін, Д.А. Гаврюшенко, В.М. Сисосєв. Молекулярна фізика, Київ: «Знання», 2007.
4. Кучерук І. М., Горбачук І. Т. Загальна фізика. Електрика і магнетизм : навчальний посібник. - Київ : Вища школа, 1990. – 367
5. Вакарчук І.О. Квантова механіка. – Львів: Вид-во Львівського університету, 2004. – 784 с.
6. Feynman R, Leighton R, and Sands M., The Feynman Lectures Website, September 2013.
7. https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_toc.html
8. https://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_toc.html
9. https://www.feynmanlectures.caltech.edu/III_toc.html
10. І.П. Пінкевич, В.Й. Сугаков. Теорія твердого тіла. – К.: Вид-во Київський університет, 2006. – 333 с.
11. Н. Holdstein. Classical Mechanics, Third Edition: Adison-Wesley, 2002. – 647с.
12. D. Jackson Classical Electrodynamics, Third Edition: Wiley, 1998. – 832 p.
13. Susskind & A. Friedman, Quantum Mechanics. The Theoretical Minimum: Penguin, 2013. –384 p.
14. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії. – Одеса: Астропринт, 2010. – 480 с.

Критерії оцінювання

Вступний іспит зі спеціальності «104-Фізика та астрономія» проводиться у тестовій формі. Кожний варіант екзаменаційної роботи складається з 25 тестових питань. Кожне питання оцінюється у 4 тестових бали. При правильному виконанні всієї роботи абітурієнт отримує 100 тестових балів. Мінімальна підсумкова оцінка 60 балів, максимальна оцінка — 100 балів. Незадовільну оцінку отримує абітурієнт, що не з'явився на іспит, був відсторонений з іспиту або набрав менше 60 балів.