

НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова приймальної комісії

В.о. генерального директора ННЦ ХФТІ
академік НАН України



Микола АЗАРЕНКОВ

«20» травня 2025

ПРОГРАМА

вступних іспитів до аспірантури
Національного наукового центру
«Харківський фізико-технічний інститут»
зі спеціальності Е5 – Фізика та астрономія
за освітньо-науковою програмою підготовки доктора філософії
у 2025 році

Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти

Харків 2025

Частина 1. Механіка.

1. КІНЕМАТИКА. Простір та час. Кінематичний опис руху. Матеріальна точка. Швидкість та прискорення при прямолінійному русі. Кутова швидкість та кутове прискорення. Швидкість та прискорення при криволінійному русі. Межі застосування класичного способу опису руху. Сенс похідної та інтеграла стосовно до фізичних питань. Вектори та складання рухів. Ступені свободи та узагальнені координати.

2. ЗАКОНИ НЬЮТОНА. Закон інерції. Інерційна система відліку. Маса. Закон збереження імпульсу. Другий закон Ньютона. Сила. Третій закон Ньютона та закон збереження імпульсу. Взаємодія тіл на відстані та польова взаємодія. Роль початкових умов. Принцип відносності Галілея. Адитивність та закон збереження маси. Про закони тертя. Імпульс сили та зміна імпульсу. Теорема про рух центру мас. Приведена маса. Рух тіл із змінною масою. Реактивний рух.

3. РОБОТА ТА ЕНЕРГІЯ. Робота та кінетична енергія. Зв'язок між кінетичними енергіями в різних системах відрахунку. Теорема Кеніга. Консервативні та неконсервативні сили. Потенційна енергія. Закон збереження енергії у механіці. Абсолютно непружний удар. Внутрішня енергія. Загальнофізичний закон збереження енергії. Абсолютно пружний удар. Сили та потенційна енергія.

4. МОМЕНТ ІМПУЛЬСУ. Момент сили та момент імпульсу відносно нерухомого начала. Зв'язок моменту імпульсу матеріальної точки з секторіальною швидкістю. Теорема площин. Момент імпульсу та момент сил відносно нерухомої вісі. Рівняння моменту імпульсу для обертання довкола нерухомої вісі. Момент інерції. Приклади на закон збереження обертального імпульсу. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Обчислення моментів інерції. Рівняння моментів відносно початку, що рухається, і вісі, що рухається. Закони збереження та симетрія простору та часу.

5. ГАРМОНІЧНІ КОЛИВАННЯ. Кінематика гармонічного коливального руху. Гармонічні коливання вантажу на пружині. Фізичний маятник. Біфілярний та трифілярний підвіси. Адіабатичні інваріанти.

6. МЕХАНІКА ТВЕРДОГО ТІЛА. Тверде тіло у механіці. Рівняння руху та рівноваги твердого тіла. Миттєва вісь обертання. Кутова швидкість як вектор. Складання обертань. Теорема Ейлера. Загальний рух твердого тіла. Скатування тіл із похилої площини. Гіроскопи. Рух вільного гіроскопа. Гіроскоп під впливом сил. Наближена теорія. Застосування гіроскопів. Основи точної теорії симетричного гіроскопа. Тензор та еліпсоїд інерції. Обертання твердого тіла за інерцією навколо нерухомої точки.

7. ТЯЖІННЯ. Закони Кеплера та закон всесвітнього тяжіння. Прискорення планет і комет під час руху конічними перерізами. Умови еліптичного, параболічного та гіперболічного рухів. Обчислення параметрів орбіти. Прийняття до уваги руху Сонця. Застосування закону всесвітнього тяжіння до проблеми земної тяжкості. Космічні швидкості. Виведення законів руху планет із закону всесвітнього тяжіння Ньютона.

8. РУХ ВІДНОСНО НЕІНЕРЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІДЛІКУ. Сили інерції при прискореному поступальному русі системи відліку. Сили інерції при прискореному довільному русі системи відліку. Рівняння відносного руху матеріальної точки в гравітаційному полі Землі з урахуванням її обертання. Вага та зважування тіл. Відхилення падаючих тіл від напрямку підвісу. Маятник Фуко. Припливи. Гравітаційна маса та узагальнений закон Галілея. Принцип еквівалентності гравітаційних сил та сил інерції. Гравітаційний зсув спектральних ліній.

9. МЕХАНІКА ПРУЖНИХ ТІЛ. Ідеально пружні тіла. Пружні напруження. Розтягування та стиснення стрижнів. Деформації прямокутного паралелепіпеда під дією трьох взаємно перпендикулярних сил. Всебічне та одностороннє розтягування та стиск. Зсув. Кручення. Вигин. Швидкість поширення поздовжніх пружних збурень у стрижнях. Застосування принципу суперпозиції. Швидкості розповсюдження поздовжніх і поперечних збурювань у необмеженому середовищі. Швидкість поширення поперечних збурень у натягнутому шнурі. Швидкість поширення звуку в рідинах та газах.

10. МЕТОДИ ПОДІБНОСТІ ТА РОЗМІРНОСТІ. Розмірність та системи одиниць. Формула розмірності. Правило розмірності.

11. МЕХАНІКА РІДИН І ГАЗІВ. Загальні властивості рідин та газів. Основні рівняння рівноваги та руху рідин. Гідростатика нестисливої рідини. Барометрична формула. Кінематичний опис руху рідини. Стаціонарний рух ідеальної рідини. Рівняння Бернуллі. Приклади застосування рівняння Бернуллі. Формула Торрічелі. В'язкість. Стаціонарний перебіг рідини прямолінійною трубою. Формула Пуазейля. Закони гідродинамічної подоби. Турбулентність та гідродинамічна нестійкість. Парадокс Даламбера. Розривні течії. Застосування теорії розмірності. Потенційні та вихрові рухи. Прикордонний шар та явище відриву. Підйомна сила крила літака. Ефект Магнуса.

Частина 2. Термодинаміка та молекулярна фізика.

1. ТЕМПЕРАТУРА. Температура та термодинамічна рівновага. Термоскоп та температурні точки. Емпіричні температурні шкали. Ідеально-газова шкала температур. Види термометрів. Міжнародна практична температурна шкала. Закони ідеальних газів. Рівняння стану та його наслідки для нескінченно малих процесів. Макроскопічні параметри.

2. ПЕРШИЙ ПОЧАТОК ТЕРМОДИНАМІКИ. Квазістатичні процеси. Макроскопічна робота. Перший початок термодинаміки для системи в адіабатичній оболонці. Внутрішня енергія. Кількість теплоти. Математичне формулювання першого початка термодинаміки. Коли можна користуватися уявленнями про кількість теплоти, що міститься в тілі. Закон Гесса. Теплоємність. Внутрішня енергія ідеального газу. Закон Джоуля. Рівняння Роберта Майєра. Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона. Визначення C_p/C_v методом Клемана та Дезорма. Швидкість звуку в газах. Зауваження щодо експериментальних методів визначення C_p і C_v для газів. Рівняння Бернуллі. Швидкість витікання газу з отвору.

3. **ДРУГИЙ ПОЧАТОК ТЕРМОДИНАМІКИ.** Різні формулювання основного постулату, що виражає Другий початок термодинаміки. Зворотні та незворотні процеси. Цикл Карно та теорема Карно. Термодинамічна шкала температур. Тотожність термодинамічної шкали температур зі шкалою ідеально-газового термометра. Приведення шкали газового термометра до термодинамічної шкали. Приклади застосування теореми Карно. Різниця між теплоємностями C_p і C_v . Принциповий спосіб градування термометра в термодинамічній шкалі. Нерівність Клаузіуса (для окремого випадку). Нерівність Клаузіуса у загальному вигляді. Принцип динамічного опалення. Рівність Клаузіуса. Ентропія. Закон зростання ентропії. Узагальнення поняття ентропії на нерівноважні стани. Зростання ентропії при дифузії газів. Парадокс Гіббса. Різні розуміння другого початку термодинаміки. Термодинамічні функції. Термодинамічна теорія ефекту Джоуля-Томсона. Зауваження щодо методу термодинамічних функцій. Максимальна робота та вільна енергія. Електрорушійна сила гальванічного елемента. Загальні критерії термодинамічної стійкості. Принцип Ле-Шательє-Брауна та стійкість термодинамічної рівноваги.

4. **ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ.** Рівняння теплопровідності. Найпростіші стаціонарні завдання на теплопровідність. Нестаціонарні завдання. Теорема єдиності. Принцип суперпозиції температур. Температурні хвилі. Завдання про охолодження напівпростору. Зовнішня теплопередача.

5. **МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНА ТЕОРІЯ РЕЧОВИНИ.** Тиск газу з погляду молекулярно-кінетичної теорії. Швидкості теплового руху газових молекул. Тиск фотонного газу. Молекулярно-кінетичний зміст температури. Рівномірний розподіл кінетичної енергії теплового руху за поступальним ступенем свободи. Рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями свободи. Броунівський рух. Обертальний броунівський рух. Класична теорія теплоємності ідеальних газів. Адіабатичне нагрівання та охолодження газу з точки зору молекулярно-кінетичної теорії. Класична теорія теплоємності твердих тіл (кристалів). Недостатність класичної теорії теплоємностей. Поняття про квантову теорію (якісний розгляд).

6. **СТАТИСТИЧНІ РОЗПОДІЛИ.** Елементарні відомості з теорії ймовірностей. Розподіл швидкостей молекули газу. Постановка задачі. Закон розподілу швидкостей Максвелла. Розподіл молекул за абсолютними значеннями швидкостей. Середні швидкості молекул. Інше підтвердження закону розподілу швидкостей Максвелла. Принцип детальної рівноваги. Середня кількість молекул, що стикаються зі стінкою судини. Експериментальна перевірка закону розподілу швидкостей Максвелла. Закон розподілу Больцмана. Роботи Перрена щодо визначення постійної Авогадро. Розподіл Больцмана та атмосфери планет. Ентропія та ймовірність. Флуктуації. Метод найімовірнішого розподілу у статистиці Больцмана. Статистики Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна. Теорема Нернста. Квантова теорія теплоємностей Ейнштейна.

7. **ЯВИЩА ПЕРЕНЕСЕННЯ В ГАЗАХ.** Середня довжина вільного пробігу. Ефективний переріз. Ослаблення пучка молекул у газі. В'язкість та теплопровідність газів. Самодифузія в газах. Зв'язок дифузії з рухливістю частки.

Концентраційна дифузія в газах. Броунівський рух як процес дифузії. Термічна дифузія в газах. Явища в розріджених газах. Молекулярний перебіг ультрарозрідженого газу через прямолінійну трубу.

8. РЕАЛЬНІ ГАЗИ. Молекулярні сили та відступи від законів ідеальних газів. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Інший метод запровадження поправки на сили тяжіння між молекулами. Рівняння Дитеричі. Ізотерми газу Ван-дер-Ваальса. Ізотерми реального газу. Правило Максвелла. Безперервність газоподібного та рідкого станів речовини. Властивості речовини у критичному стані. Визначення критичних параметрів. Внутрішня енергія газу Ван-дер-Ваальса. Ефект Джоуля-Томсона для газу Ван-дер-Ваальса. Методи отримання низьких температур та зрідження газів.

9. ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ. Поверхневий натяг і деякі явища, пов'язані з ним. Термодинаміка поверхневого натягу. Крайові кути. Змочування та незмочування. Різниця тисків з різних боків вигнутої поверхні рідини. Формула Лапласа. Капілярно-гравітаційні хвилі малої амплітуди.

10. ФАЗОВІ РІВНОВАГИ І ФАЗОВІ ПЕРЕТВОПЕННЯ. Фази та фазові перетворення. Умова рівноваги фаз хімічно однорідної речовини. Рівняння Клапейрона Клаузіуса. Випаровування та конденсація. Плавлення та кристалізація. Залежність тиску насиченого пару від температури. Теплоємність насиченого пару. Потрійні точки. Діаграми стану. Кипіння та перегрівання рідини. Залежність тиску насиченого пару від кривизни поверхні рідини. Метастабільні стани. Фазові перетворення другого роду. Конвективна стійкість рідин та газів.

11. РОЗЧИНИ. Загальні відомості. Розчинність тіл. Осмос та осмотичний тиск. Закон Рауля. Підвищення точки кипіння та зниження точки замерзання розчину. Правило фаз. Діаграми стану бінарних сумішей.

12. СИМЕТРІЯ ТА БУДОВА КРИСТАЛІВ. Симетрія тіл. Кристалічні ґрати. Кристалічні системи. Просторові групи та кристалічні класи кристалів. Міллерівські індекси та індекси напрямків. Ґрати хімічних елементів та сполук. Дефекти в кристалах.

Частина 3. Електрика.

1. ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ. Закон Кулону. Принцип суперпозиції електростатичних полів. Електричний диполь. Потік вектора та електростатична теорема Гауса. Застосування теореми Гауса. Диференціальна форма електростатичної теореми Гаусса. Формула Гауса-Остроградського. Теорема Ірншоу. Електричне поле у речовині. Провідники в електричному полі. Поляризація діелектриків. Теорема Гауса для діелектриків. Граничні умови. Поляризованість та діелектрична проникність. Поле рівномірно поляризованої кулі. Потенційність електростатичного поля. Електричний потенціал. Обчислення потенціалу за напруженістю поля. Вимірювання різниці потенціалів електрометром. Електричний зонд. Електричне поле Землі. Загальне завдання математичної електростатики. Метод електричних зображень. Точковий заряд над плоскою поверхнею діелектрика. Електричне поле зарядженого еліпсоїда,

що проводить. Ємність провідників та конденсаторів. Потенційні та ємнісні коефіцієнти. Електрична енергія. Локалізація електричної енергії у просторі. Взаємна енергія точкових зарядів. Термодинаміка діелектриків. Вільна енергія та сили. Максвеллівські натяги та тиску. Обчислення пондеромоторних сил у загальному вигляді. Електронна теорія поляризації неполярних діелектриків. Електронна теорія поляризації полярних газоподібних діелектриків. Пієзоелектрика. Піроелектрика. Сегнетоелектрика.

2. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ. Щільність струму. Закон збереження електричного заряду. Закон Ома. Виведення законів Ома та Джоуля-Ленца. Сторонні сили. Концентраційний елемент. Закони Ома та Джоуля-Ленца в інтегральній формі. Правила Кірхгофа. Стаціонарні струми у масивних провідниках. Електролітична ванна. Процеси встановлення струму при зарядженні та розрядженні конденсатора.

3. МАГНІТНЕ ПОЛЕ. Сили, що діють у магнітному полі на заряди, що рухаються, і струми. Магнітне поле заряду, що рівномірно рухається. Закон Біо та Савара. Розрахунок магнітних полів за допомогою закону Біо та Савара. Системи одиниць. Момент сил, що діють на виток зі струмом у магнітному полі. Теорема Гауса для магнітних полів. Відомості про тілесні кути. Теорема про циркуляцію магнітного поля у вакуумі. Диференційна форма теореми про циркуляцію. Еквівалентність магнітних полів струму та магнітного листка. Магнітне поле у речовині. Теорема про циркуляцію магнітного поля в речовині. Граничні умови для векторів $\mathbf{B}$ і $\mathbf{H}$. Магнітна сприйнятливість та магнітна проникність. Робота при переміщенні витка зі струмом у постійному магнітному полі. Спосіб Гауса вимірювання магнітних полів. Електромагнітна індукція. Правило Ленца. Максвеллівське трактування явища електромагнітної індукції. Флюксметр і пояс Рогівського. Індуктивність дротів. Явища при замиканні та розмиканні струму. Магнітна енергія струмів. Локалізація магнітної енергії у просторі. Теорема про збереження магнітного потоку. Енергія та сили. Термодинаміка магнетиків. Феромагнетизм. Магнітні властивості атомів. Пояснення діамагнетизму. Пояснення парамагнетизму. Гіромагнітні явища. Формальна теорія феромагнетизму Вейсса. Надпровідники та їх магнітні властивості.

4. РІВНЯННЯ МАКСВЕЛЛА. Струм зсуву. Система рівнянь Максвелла. Швидкість розповсюдження електромагнітних збурень. Енергія та потік енергії. Міжнародна система одиниць (СІ).

5. РУХ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК В ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛЯХ. Рух у постійних та однорідних полях. Дрейф зарядженої частки у неоднорідному магнітному полі за наявності слабкого електричного поля. Адіабатичний інваріант. Визначення питомого заряду частки. Вимірювання елементарного заряду методом масляних крапель. Електромагнітна маса.

6. ЕЛЕКТРОЛІТИ. Електроліз та електролітична дисоціація. Приклади електролізу. Закони електролізу Фарадея та елементарний заряд. Швидкості іонів та електрична провідність електролітів. Гальванічні елементи та акумулятори.

7. ЕЛЕКТРИЧНІ СТРУМИ В МЕТАЛАХ, НАПІВПРОВІДНИКАХ ТА ВАКУУМІ. Інерція електронів у металах. Явище Холла. Застосування статистики Фермі-Дірака до електронів у металах. Метали та напівпровідники. Термоелектронна емісія. Електронні лампи та їх застосування. Вторинна та автоелектронна емісія.

8. ЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА У КОНТАКТАХ. Контактна різниця потенціалів. Термоелектричний струм. Явище Пельтьє. Термодинаміка термоелектричних явищ. Явище Томсона. Випрямляюча дія контактів напівпровідників.

9. ЕЛЕКТРИЧНІ СТРУМИ В ГАЗАХ. Іонізація та рекомбінація. Вимірювання потенціалу іонізації методом електронного удару. Вимір слабких струмів. Несамостійна провідність газів. Вимірювання коефіцієнтів рекомбінації. Вимірювання рухливостей іонів. Теорія Таунсенду. Закон Пашена. Жеврючий розряд. Іскровий розряд. Коронний розряд. Дуговий розряд. Плазма.

10. КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ. Рівняння коливального контуру. Вільні коливання гармонійного осцилятора. Затухаючі коливання. Балістичний гальванометр. Векторна діаграма та комплексні позначення. Вимушені коливання загасаючого осцилятора під дією синусоїдальної сили. Вимушені коливання під впливом несинусоїдальної сили. Теорема Фур'є. Закон Ома для змінних струмів (синусоїдально змінюються у часі). Правила Кірхгофа для змінних струмів. Ефективна напруга та струм. Процеси встановлення коливальних. Автоколивання. Ламповий генератор. Релаксаційні коливання. Параметричне збудження коливальних. Трансформатор. Коливання з двома ступенями свободи. Хвильове рівняння. Плоскі електромагнітні хвилі. Стоячі хвилі. Поле випромінювання диполя Герца. Демонстраційні досліди з електромагнітними хвилями. Хвилі вздовж проводів. Властивості швидкозмінних струмів. Скін-ефект. Тиск та імпульс електромагнітних хвиль. Принципи радіозв'язку. Поширення електромагнітних хвиль у хвильоводах.

Частина 4. Оптика.

1. ВСТУПНІ ПОНЯТТЯ. Предмет оптики. Геометрична оптика. Еволюція уявлень про природу світла. Викривлення світлових променів у неоднорідних сферах. Плоскі електромагнітні хвилі. Граничний перехід від хвильової оптики до геометричної. Принцип Ферма. Групова швидкість.

2. ГЕОМЕТРИЧНА ТЕОРІЯ ОПТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ. Поняття оптичного зображення. Заломлення на сферичній поверхні. Сферичні дзеркала і тонкі лінзи. Загальні властивості центрованих оптичних систем. Додавання центрованих систем. Товсті лінзи. Обмеження променів за допомогою діафрагм. Астигматичні пучки променів. Каустика. Геометричні аберації центрованих систем. Хроматична аберація. Умова відсутності дисторсії. Умова синусів Аббе. Теорема косінусів. Стилгматичні зображення широкими пучками променів. Про абсолютно оптичні інструменти. Око і зір. Фотометричні поняття та одиниці. Яскравість та освітленість оптичного зображення. Нормальне збільшення. Оптичні інструменти. Електричні та магнітні лінзи.

3. ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ СВІТЛА. Загальні відомості про інтерференцію. Класичні інтерференційні досліди. Вплив розмірів джерела світла. Просторова когерентність. Спектральне розкладання. Вплив немонохроматичності світла. Кореляція та когерентність світла. Теорема Ван Циттера-Цернике. Інтерференція у плівках і платівках. Інтерферометр Жамена. Інтерферометр Майкельсона. Багатопроменева інтерференція. Стоячі світлові хвилі. Випромінювання Вавилова-Черенкова.

4. ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френеля. Дифракція на осі від круглого отвору та екрана. Зонна платівка. Метод Френеля розв'язання дифракційних завдань. Дифракція Фраунгофера та Френеля. Зони Шустера та спіраль Кореня. Принцип Гюйгенса у формулюванні Кірхгофа. Дифракція Фраунгофера на щілини. Дифракція Фраунгофера на отворах. Дифракційні ґрати. Дифракційна решітка як спектральний прилад. Ешелон Майкельсона та інтерференційні спектральні прилади. Роздільна здатність призми. Дія спектрального апарату на світлові імпульси. Увігнуті відбивні ґрати. Дифракція на решітці як крайове завдання. Приклади застосування методу Релея. Голографія. Світлове поле поблизу фокуса. Роздільна здатність телескопа та мікроскопа. Теорія та демонстраційні досліди Аббе. Телескоп без об'єктива. Отримання зображень за допомогою малих отворів. Фазовий контраст. Вимірювання кутових діаметрів зірок. Дифракція на двовимірних та тривимірних ґратах. Дифракція рентгенівських променів.

5. ВІДБИТТЯ І ЗАЛОМЛЕННЯ СВІТЛА. Поляризоване та природне світло. Число незалежних граничних умов в електромагнітній теорії світла. Геометричні закони відбиття та заломлення хвиль. Формули Френеля. Повне відбиття. Проходження світла через плоскопаралельну платівку. Просвітлення оптики. Поширення світла у середовищі з погляду молекулярної оптики. Виведення формул Френеля в молекулярній оптиці. Відступи від формул Френеля.

6. ОПТИКА МЕТАЛІВ. Рівняння Максвелла та хвилі в металах. Геометричні закони відбиття та заломлення світла на межі металу. Формули Френеля. Вимір оптичних констант металів. Аномальний скін-ефект та ефективна діелектрична проникність.

7. КРИСТАЛООПТИКА. Плоскі хвилі в кристалах. Оптично одновісні кристали. Поляризаційні пристрої. Аналіз поляризованого світла. Інтерференція поляризованих променів. Нормальні швидкості та поляризація хвиль у двовісних кристалах. Промені, хвильові нормалі та зв'язок між ними. Конічна рефракція. Зауваження про віддзеркалення та заломлення світла на межі кристалів.

8. МОЛЕКУЛЯРНА ОПТИКА. Класична теорія дисперсії світла. Поняття про дисперсійну формулу квантової механіки. Методи експериментального дослідження аномальної дисперсії. Дисперсія плазми. Середня щільність електромагнітної енергії в диспергуючих середовищах. Поглинання світла та розширення спектральних ліній. Подвійне заломлення світла в електричному та магнітному полях. Лінійний електрооптичний ефект Поккельса. Ефект Зеємана. Поняття про ефект Штарка. Обертання площини поляризації. Магнітне обертання площини поляризації. Часова та просторова дисперсія. Теорія

природної оптичної активності. Про теплові флуктуації. Розсіювання світла. Явище Мандельштама-Брілюєна. Комбінаційне розсіювання світла.

9. ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТІ. Принцип відносності в ньютонівській та релятивістській механіці. Експеримент Майкельсона. Незалежність швидкості світла від руху джерела. Поняття одночасності. Перетворення координат та часу в теорії відносності. Лорентцове скорочення довжини та уповільнення часу. Ефект Доплера та аберація світла. Ефект Доплера в акустиці та теорії ефіру. Уповільнення ходу годинника в гравітаційному полі. Складання швидкостей у теорії відносності. Релятивістська механіка.

10. ТЕПЛОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. Рівноважне випромінювання в порожнині. Закон Кірхгофа. Формула Кірхгофа-Клаузіуса. Закон Стефана-Больцмана. Теорема і закон зсуву Віна. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Спонтанне та індуковане випромінювання.

11. ЛАЗЕРИ ТА НЕЛІНІЙНА ОПТИКА. Принципи роботи лазера. Рубіновий лазер. Гелій-неоновий лазер. Нелінійна поляризація середовища. Перше наближення. Оптичне детектування. Генерація других гармонік, сумарної та різницевої частот. Друге наближення. Самофокусування. Параметрична генерація світла.

Частина 5. Атомна та ядерна фізика.

1. КВАНТИ СВІТЛА. Енергія та імпульс світлового кванта. Фотоелектричний ефект. Ефект Комптона. Ефект Доплера при русі джерела світла у вакуумі з фотонної точки зору. Відображення та заломлення світла у фотонній теорії. Фотони у середовищі. Випромінювання Вавилова-Черенкова. Ефект Доплера під час руху джерела світла в середовищі. Фотони в гравітаційному полі. Деякі досліди щодо виявлення корпускулярних властивостей світла.

2. БУДОВА, ЕНЕРГЕТИЧНІ РІВНІ ТА СПЕКТРИ АТОМА. Ядерна модель атома та досліди Резерфорда. Визначення заряду ядра з розсіяння рентгенівських променів. Спектральні закономірності. Постулати Бора. Спектр водню. Експериментальне підтвердження постулатів Бора. Резонансне світіння та люмінесценція. Принципові недоліки теорії Бора.

3. ХВИЛЬОВІ ВЛАСТИВОСТІ ЧАСТИНОК РЕЧОВИНИ. Гіпотеза де Бройля. Експериментальні підтвердження гіпотези де Бройля. Статистична інтерпретація хвиль де Бройля та хвильової функції. Співвідношення невизначеностей.

4. РІВНЯННЯ ШРЕДІНГЕРА. КВАНТУВАННЯ. Рівняння Шредінгера. Рівняння Шредінгера та квантування. Гармонічний осцилятор. Одновимірні прямокутні потенційні ями. Квантування у разі сферично-симетричного силового поля. Система двох взаємодіючих частинок. Квантування водородоподібного атома у сферично-симетричному випадку. Потенційні бар'єри. До пояснення контактної різниці потенціалів. Холодна емісія електронів з металів.

5. ПОБУДОВА КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ ТА СПЕКТРИ. Операторний метод. Момент імпульсу частки. Складання кутових моментів. Квантування водневого атома в загальному випадку. Енергетичні рівні та спектральні серії лужних металів. Магнетизм атомів. Досліди Штерна та Герлаха. Спін електрона. Ефект Садовського і спин фотона. Чотири квантові числа електрона і тонка структура спектральних термів. Правила відбору при випромінюванні та поглинанні світла. Тонка структура спектральних ліній водню та лужних металів. Простий і складний ефект Зеемана. Магнітний резонанс. Ефект Штарка. Лембовський зсув рівнів атомних електронів. Фізичний вакуум і пояснення лембовського зсуву.

6. АТОМНІ СИСТЕМИ З БАГАТЬМА ЕЛЕКТРОНАМИ. Принцип тотожності однакових частинок. Принцип Паулі. Пояснення періодичної системи хімічних елементів Д. І. Менделєєва. Рентгенівські промені. Атом гелію. Хімічний зв'язок. Молекула водню. Параводень і ортоводень. Молекулярні сили.

7. МАКРОСКОПІЧНІ КВАНТОВІ ЯВИЩА. Можливі стани частинки в обмеженому об'ємі. Теорія Дебая теплоємності твердих тіл. Типи зв'язків атомів у твердих тілах. Коливання атомів в одномірному прямолінійному ланцюжку. Фонони та квазічастинки. Енергетичні зони у твердих тілах. Зонна структура та хвилі Блоха. Надплинність. Дослідні факти. Поняття про теорію надплинності. Поняття про теорію надпровідності.

8. СТАТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АТОМНОГО ЯДРА. Енергія зв'язку ядра. Розміри ядра. Спин ядра та надтонка структура спектральних ліній. Вплив спина ядра на ефект Зеемана. Вимірювання спинів та магнітних моментів ядер методом магнітного резонансу. Дослідні дані про спини та магнітні моменти ядер. Парність. Закон збереження парності. Електричні властивості та форма ядра.

9. РАДІОАКТИВНІСТЬ. Закони радіоактивного розпаду. Альфа-розпад. Бета-розпад. Гамма-випромінювання ядер та внутрішня конверсія електронів. Ефект Мессбауера.

10. ВІДОМОСТІ ПРО ЯДЕРНІ МОДЕЛІ. Загальні відомості. Оболонкова модель ядра.

11. ПРОХОДЖЕННЯ ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК ТА ГАММА-КВАНТІВ ЧЕРЕЗ РЕЧОВИНУ. Проходження важких заряджених частинок через речовину. Проходження легких заряджених частинок через речовину. Проходження гамма-квантів через речовину. Інші прояви взаємодії ядерних частинок із речовиною.

12. ДЖЕРЕЛА ТА МЕТОДИ РЕЄСТРАЦІЇ ЯДЕРНИХ ЧАСТИНОК. Прискорювачі. Джерела нейтронів та інших нейтральних частинок. Детектори частинок.

13. ЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ. Термінологія та визначення. Закони збереження в ядерних реакціях. Складове ядро. Ядерні реакції, що йдуть через складове ядро. Додаткові відомості про ядерні реакції.

14. НЕЙТРОНИ ТА ПОДЫЛ АТОМНИХ ЯДЕР. Історія відкриття нейтрону. Поділ атомних ядер. Трансуранові елементи. Ланцюгова реакція та ядерні реактори. Природний ядерний реактор в Окло. Використання

антинейтринно контролю ядерного реактора. Термоядерна проблема. Нейтронна оптика.

15. ЕЛЕМЕНТАРНЫ ЧАСТИНКИ. Що таке елементарні частинки. Класифікація елементарних частинок. Античастинки. Закони збереження енергії та імпульсу та їх застосування. Закони збереження електричного, лептонного та баріонного зарядів. Інші закони збереження та квантові числа. Кваркова модель адронів.

Рекомендована література

1. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1960). Mechanics. Vol. 1 (1st ed.). Pergamon Press. ASIN B0006AWV88.
2. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1951). The Classical Theory of Fields. Vol. 2 (1st ed.). Addison-Wesley. ASIN B0007G5B42.
3. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1958). Quantum Mechanics: Non-Relativistic Theory. Vol. 3 (1st ed.). Pergamon Press.
4. Berestetskii, Vladimir B.; Lifshitz, Evgeny M.; Pitaevskii, Lev P. (1971). Relativistic Quantum Theory. Vol. 4 (1st ed.). Pergamon Press. ISBN 978-0-08-017175-3.
5. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1980). Statistical Physics. Vol. 5 (3rd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-3372-7.
6. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1987). Fluid Mechanics. Vol. 6 (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-08-033933-7.
7. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M. (1986). Theory of Elasticity. Vol. 7 (3rd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-2633-0.
8. Landau, Lev D.; Lifshitz, Evgeny M.; Pitaevskii, Lev P. (1984). Electrodynamics of Continuous Media. Vol. 8 (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-2634-7.
9. Lifshitz, Evgeny M.; Pitaevskii, Lev P. (1980). Statistical Physics, Part 2: Theory of the Condensed State. Vol. 9 (1st ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-2636-1.
10. Lifshitz, Evgeny M.; Pitaevskii, Lev P. (1981). Physical Kinetics. Vol. 10 (1st ed.). Pergamon Press. ISBN 978-0-7506-2635-4.
11. В. П. Бригінець, С.О. Подласов МЕХАНІКА. НТУУ КПІ – 2021 <https://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=272>
12. В. П. Бригінець, С. О. Подласов МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА ТА ТЕРМОДИНАМІКА. НТУУ КПІ – 2021 <https://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=296>
13. В. П. Бригінець, С. О. Подласов ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ. НТУУ КПІ – 2021 <https://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=297>
14. В. П. Бригінець, С. О. Подласов КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ. НТУУ КПІ – 2021 <https://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=299>
15. В. П. Бригінець, С. О. Подласов ЕЛЕМЕНТИ ОПТИКИ. НТУУ КПІ – 2021 <https://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=301>

16. В. П. Бригінець, С. О. Подласов ЕЛЕМЕНТИ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ. НТУУ КПІ – 2021 <https://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=3012>
17. Курс загальної фізики. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. / Кармазін В.В., Семенець В.В.-К.: Кондор, 2016.-786 с
18. Курс загальної астрономії. Андрієвський С. М., Климишин, Д. О. 2010, <https://dspace.onu.edu.ua/items/e2f5559c-2812-4221-8ac8-7dfe6900b972>
19. Загальна астрономія. Панько О. О., Сергієнко, О. Г. 2020, <https://dspace.onu.edu.ua/items/ffae540a-a052-4501-85bd-c34471e759c6>
20. Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П; за ред. Кучерука І. М. - К.: Техніка, 1999. Том 1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. - 536 с.
21. Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П; за ред. Кучерука І. М. - К.: Техніка, 2001. Том 2: Електрика і магнетизм. - 452 с.
22. Кучерук І. М., Горбачук І. Т.; за ред. Кучерука І. М. - К.: Техніка, 1999. Том 3: Оптика. Квантова фізика. - 520 с.
23. The Feynman lectures on physics. Feynman, Leighton, Sands, vol. 1, mainly mechanics, radiation, and heat <https://www.feynmanlectures.caltech.edu/>
24. The Feynman lectures on physics. Feynman, Leighton, Sands, vol. 2, mainly electromagnetism and matter <https://www.feynmanlectures.caltech.edu/>
25. The Feynman lectures on physics. Feynman, Leighton, Sands, vol. 3, quantum mechanics <https://www.feynmanlectures.caltech.edu/>

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

1. Виконання кожного завдання білета оцінюється балом за таблицею:

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недобросовісність	
2	1-20	Наведено лише визначення термінів, які входять до формулювання питання	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі, записано основні закони з цієї теми
3	21-40	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п. 2 вказано метод розв'язання задачі
4	41-60	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п. 3 при правильному виборі методу розв'язання допущено грубі помилки
5	61-80	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п. 3 при правильному виборі методу розв'язання не доведено до кінця

6	81-90	Наведено правильну в цілому відповідь з порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій чи оформлення відповіді ускладнює розуміння тексту	Задачу доведено до правильної кінцевої формули і на тому припинено розв'язання
7	91-100	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення

2. Загальна оцінка вступного випробування за 100-бальною шкалою розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = (\text{П1} + \text{П2} + \text{П3}) / 3,$$

де П1, П2, П3 – бали за відповіді на окремі завдання екзаменаційного білета.

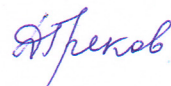
3. Якщо «Загальна оцінка» не є цілим числом, то оцінка округлюється з урахуванням правил округлення.

Гарант освітньо-наукової програми
Е5 «Фізика і астрономія»



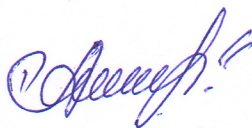
Віктор ТКАЧЕНКО

Голова
Предметної комісії ННЦ «ХФТІ»
для проведення вступних
випробувань до аспірантури



Дмитро ГРЕКОВ

Відповідальний секретар
Приймальної комісії



Оксана АНДРЕЄВА

Учений секретар ННЦ «ХФТІ»



Олександр ВОЛОБУЄВ

Затверджено на засіданні Приймальної комісії
Національного наукового центру «Харківський фізико-
технічний інститут»

Протокол № 1 від 20.05.2025 р.