

**Міністерство освіти і науки України  
Рівненський державний гуманітарний університет**

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**

Голова приймальної комісії

Рівненського державного  
гуманітарного університету

**Руслан ПОСТОЛОВСЬКИЙ**

27 04 2023 р.



**ПРОГРАМА ФАХОВОГО ІСПИТУ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 104 «ФІЗИКА ТА АСТРОНОМІЯ»  
для вступників на навчання для здобуття ступеня магістра  
на основі НРК6, НРК7**

Схвалено вченою радою факультету документальних комунікацій, менеджменту, технологій  
та фізики

Протокол № 4 від «25» 04 2023 р.

Голова вченої ради

факультету ДКМТФ [Signature] проф. І.А. ЮХИМЕНКО-НАЗАРУК

Схвалено навчально-методичною комісією факультету ДКМТФ

Протокол № 4 від «24» 04 2023 р.

Голова навчально-методичної комісії

факультету ДКМТФ [Signature] Ольга САВЧЕНКО

Голова фахової атестаційної комісії

[Signature] Ірина ЮХИМЕНКО-НАЗАРУК

Розробники: Борис КОЛУПАЄВ

Юрій МАКСИМЦЕВ

Валентин СІДЛЕЦЬКИЙ

**Рівне – 2023**

**Програма фахового іспиту зі спеціальності «104 Фізика та астрономія» для вступників на навчання для здобуття ступеня магістра на основі НРК6, НРК7 / Б.С. Колупаєв, Ю.Р. Максимцев, В.О. Сідлецький. – Рівне : РДГУ, 2023. – 18 с.**

**Розробники:**

**Колупаєв Б.С.**, професор, доктор хімічних наук, кафедра фізики астрономії та методики викладання РДГУ.

**Максимцев Ю.Р.**, доцент, кандидат фізико-математичних наук, декан факультету математики та інформатики РДГУ

**Сідлецький В.О.**, доцент, кандидат фізико-математичних наук, кафедра фізики астрономії та методики викладання РДГУ.

**Рецензент:**

**Гарашенко О. В.**, доцент, кандидат технічних наук, кафедра хімії та фізики Національного університету водного господарства та природокористування.

Програма вступного іспиту з фізики для вступників на здобуття ступеня "магістр" на основі НРК6, НРК7, визначає вимоги до рівня підготовки вступників у межах рівня НРК6, зміст основних освітніх компетенцій, критерії оцінки відповідей вступників, рекомендовані літературні джерела.

Розглянуто на засіданні кафедри фізики, астрономії та методики викладання (протокол № 5 від «18» квітня 2023 р.).

© Рівненський державний гуманітарний університет, 2023 р.

|                               |       |    |
|-------------------------------|-------|----|
|                               | ЗМІСТ |    |
| ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА          |       | 4  |
| ЗМІСТ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ. |       | 6  |
| Загальна фізика               |       | 6  |
| Теоретична фізика             |       | 9  |
| Астрономія                    |       | 14 |
| КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ           |       | 15 |
| РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА      |       | 16 |
| ІНФОРМАЦІЙНИЙ РЕСУРС          |       | 18 |

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Основною метою фахового випробування є перевірка фахових знань вступників в межах освітньої програми бакалавра, виявлення рівня їх загальної фізичної і методичної культури.

Фахове випробування з фізики і астрономії передбачає перевірку професійної підготовки студентів-випускників з освітнім рівнем «бакалавр» до навчання за освітнім рівнем «магістр» та до роботи за спеціальністю "Фізик" та "Астроном". Воно дозволяє встановити рівень фізичних знань вступників і уміння використовувати їх на практиці, а також здійснювати процес наукових досліджень.

Програма складається з двох частин:

- питання загальної фізики, питання теоретичної фізики;
- питання з курсу астрономії.

Програма передбачає, що розгляд фізичних явищ, процесів, понять, законів і теорій ґрунтується на знаннях, отриманих студентами з курсів циклу фізичних дисциплін. Розглядувані питання органічно поєднуються з навчальним матеріалом астрономії та конкретизуються знаннями, отриманими під час розв'язування відповідних фізичних задач і виконання ряду фізичних лабораторних робіт.

На фаховому випробуванні вступник повинен продемонструвати:

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.
- Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти - обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

До кожного екзаменаційного білета включені: теоретичні питання; питання прикладного змісту; одна задача.

Вступники повинні володіти теоретико-експериментальним базисом фізичної науки, основними поняттями загальної і теоретичної фізики та астрономії, мати чітке уявлення про основні фізичні теорії, про фундаментальні фізичні досліди, про основні фізичні закони і закономірності, чітко володіти фізичною термінологією, знати фізичні прилади і методи експериментальних досліджень, розуміти фізичні принципи дії основних вимірювальних приладів, володіти навичками розв'язування фізичних задач, володіти методикою і технікою проведення фізичних дослідів, технікою проведення лабораторних робіт з фізики, демонструвати глибоке розуміння цілей і задач, що стоять зараз перед фізиком на сучасному етапі розвитку науки.

## **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ:**

- вступний іспит проводять з використанням екзаменаційних білетів;
- пакети екзаменаційних білетів і екзаменаційні відомості отримують голови екзаменаційних комісій у день проведення вступного випробування; факт отримання екзаменаційних матеріалів голови екзаменаційних комісій засвідчують підписом у спеціальних журналах;
- зміст вступного випробування відповідає змісту Програми;
- додаткові питання формулюються виключно відповідно до змісту Програми;
- вступні випробування проводять тільки голова і члени екзаменаційної комісії, визначені наказом ректора;
- присутність сторонніх осіб (батьків, викладачів, які не є членами відповідної екзаменаційної комісії) на вступному випробуванні заборонена;
- вступне випробування проводять не менше двох екзаменаторів, які оцінюють відповідь вступника, засвідчуючи її своїми підписами в аркуші усної відповіді, аркуші результатів вступних випробувань (екзаменаційному листі) та екзаменаційній відомості;
- аркуші усної відповіді та екзаменаційні листи голови екзаменаційних комісій повертають головам відбіркових комісій після вступного випробування в день його проведення;
- екзаменаційні відомості повертаються до приймальної комісії у день проведення вступного випробування, про що зазначається у журналі їх видачі і підтверджується підписом голови екзаменаційної комісії;
- допуск вступників до вступних випробувань здійснюється за умови наявності аркуша результатів вступних випробувань (екзаменаційного листа);
- вступні випробування проводяться згідно з розкладом, складеним приймальною комісією РДГУ;
- вступникам, які беруть участь в усних вступних випробуваннях, дозволяється мати при собі тільки ручку;
- вступники отримують тільки один комплект екзаменаційних завдань; заміна завдань не дозволяється;
- вступники мають право звернутися до екзаменаторів з проханням щодо уточнення умов завдань;
- під час вступних випробувань не дозволяється порушувати тишу, спілкуватися з іншими вступниками, користуватися електронними, друкованими, рукописними інформаційними джерелами;
- запис відповіді на екзаменаційні завдання здійснюється в аркуші усної відповіді, під якою ставиться підпис вступника, голови та членів екзаменаційної комісії;
- вступники, які не з'явилися на вступне випробування без поважних причин у визначений розкладом час, до участі у подальших випробуваннях та в конкурсі не допускаються; за наявності поважних причин, підтверджених документально, вступники можуть бути допущені до пропущеного вступного випробування з дозволу відповідального секретаря приймальної комісії в межах встановлених термінів та розкладу вступних випробувань;
- перескладання вступних випробувань не дозволяється.
- оцінювання відповіді вступників на вступному екзамені здійснюється членами предметної комісії, призначеної згідно з наказом ректора, за шкалою оцінок від 1 до 200 балів. Підставою для формування оцінки є правильність, логічність, глибина відповіді, уміння аналізувати проблеми, які стосуються змісту відповіді, виробляти самостійні оцінки та рішення щодо розв'язання таких проблем.
- Час, відведений на проведення співбесіди зі вступниками – 0,25 год. на одного вступника (кількість членів комісії на потік (групу) вступників не більше трьох осіб).

## ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

### Загальна фізика

Механічний рух та його види. Основна задача механіки та способи її розв'язання в кінематиці. Фізичне тіло й матеріальна точка. Система відліку. (Способи вимірювання довжини і часу.) Відносність механічного руху. Траєкторія руху. Рівномірний прямолінійний рух. Шлях і переміщення. Швидкість руху. Рівняння рівномірного прямолінійного руху. Закон додавання швидкостей. Графіки залежності кінематичних величин від часу для рівномірного прямолінійного руху.

Нерівномірний рух. Середня та миттєва швидкість. Рівноприскорений рух. Прискорення. Рівняння рівноприскореного руху. Швидкість і пройдений шлях тіла під час рівноприскореного прямолінійного руху. Графіки залежності кінематичних величин від часу для рівноприскореного прямолінійного руху.

Вільне падіння тіл. Прискорення вільного падіння. Рівняння руху під час вільного падіння тіл.

Рівномірний рух матеріальної точки по колу. Період і обертова частота. Кутова швидкість. Зв'язок лінійних і кутових величин, що характеризують рух матеріальної точки по колу. Доцентрове прискорення.

Механічна взаємодія тіл. Сила. Види сил у механіці. Вимірювання сил. Додавання сил.

Закони динаміки. Перший закон Ньютона. Інерціальні системи відліку. Інерція та інертність. Маса та імпульс тіла. Другий закон Ньютона. Третій закон Ньютона. Межі застосування законів Ньютона.

Гравітаційна взаємодія. Закон всесвітнього тяжіння. Гравітаційна стала. Сила тяжіння. Вага й невагомість. Рух тіла, кинутого вертикально вгору. Рух тіла, кинутого горизонтально. Рух тіла, кинутого під кутом до горизонту.

Штучні супутники Землі. Перша космічна швидкість. Розвиток космонавтики. Внесок українських учених у розвиток космонавтики (Ю. Кондратюк, С. Корольов та ін.).

Деформація тіл. Сила пружності. Механічна напруга. Закон Гука. Модуль Юнга.

Сили тертя. Коефіцієнт тертя ковзання.

Рух тіла під дією кількох сил.

Рівновага тіл. Види рівноваги тіл. Умова рівноваги тіла, що має вісь обертання. Момент сили. Центр тяжіння.

Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух.

Механічна робота та потужність. Механічна енергія. Кінетична і потенціальна енергія. Взаємні перетворення потенціальної і кінетичної енергії в механічних процесах. Повна механічна енергія. Закон збереження енергії. Абсолютно пружний удар двох тіл.

Коливальний рух. Умови виникнення коливань. Вільні коливання. Гармонічні коливання. Амплітуда, період і частота коливань. Рівняння гармонічних коливань. Фаза коливань.

Математичний маятник. Період коливань математичного маятника. Пружинний маятник та період його коливань. Перетворення енергії під час коливань математичного й пружинного маятників.

Вимушені коливання. Резонанс. Енергія коливального руху. (Автоколивання.)

Поширення механічних коливань у пружному середовищі. Поперечні та поздовжні хвилі. Довжина хвилі. Швидкість поширення хвиль.

Принцип відносності А. Ейнштейна. Основні положення спеціальної теорії відносності (СТВ). Швидкість світла у вакуумі. Відносність одночасності подій. Відносність довжини і часу.

Релятивістський закон додавання швидкостей. Взаємозв'язок маси та енергії.

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії будови речовини та її дослідні обґрунтування. Маса та розміри атомів і молекул. Кількість речовини. Молярна маса. Стала Авогадро.

Вимірювання швидкості руху молекул. (Дослід О. Штерна.)

Пояснення будови твердих тіл, рідин і газів на основі атомно-молекулярного вчення про будову речовини.

Модель ідеального газу. Газові закони. Тиск газу. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу.

Рівняння стану ідеального газу. Рівняння Менделєєва-Клапейрона. Ізопроцеси. (Зрідження газів, їх отримання і використання.)

Пароутворення й конденсація. Насичена й ненасичена пара. Кипіння. Вологість повітря. Точка роси. Методи вимірювання вологості повітря.

Властивості рідин. Поверхневий натяг рідини. Змочування. Капілярні явища.

Будова й властивості твердих тіл. Кристалічні й аморфні тіла. Анізотропія кристалів. (Утворення кристалів у природі.) Рідкі кристали та їхні властивості. Застосування рідких кристалів у техніці. Полімери: їх властивості і застосування. (Наноматеріали).

Теплові явища. Статистичний і термодинамічний підходи до пояснення теплових явищ. Термодинамічна рівновага. Температура. (Способи вимірювання температури.)

Внутрішня енергія тіл. Два способи зміни внутрішньої енергії тіла. Робота й кількість теплоти. Робота термодинамічного процесу. Теплоємність. Перший закон термодинаміки. Адіабатний процес.

Теплові машини. Принцип дії теплових двигунів. (Двигун внутрішнього згорання. Дизель.) Необоротність теплових процесів. Холодильна машина.

Електричне поле. Напруженість електричного поля. Силові лінії електричного поля. Накладання електричних полів. Електричне поле точкових зарядів.

Речовина в електричному полі. Провідники в електричному полі. Діелектрики в електричному полі. Поляризація діелектриків. Діелектрична проникність речовини. (Вплив електричного поля на живі організми.)

Робота під час переміщення заряду в однорідному електростатичному полі. Потенціал електричного поля.

Різниця потенціалів. Зв'язок напруженості електричного поля з різницею потенціалів.

Електроємність. Електроємність плоского конденсатора. Види конденсаторів. З'єднання конденсаторів. Енергія електричного поля. Використання конденсаторів у техніці.

Електричний струм. Електричне коло. Джерела і споживачі електричного струму. Електрорушійна сила. Закон Ома для повного кола. Електричні кола з послідовним і паралельним з'єднанням провідників. Робота та потужність електричного струму. (Теплова дія струму.) Міри та засоби безпеки під час роботи з електричними пристроями.

Електричний струм у різних середовищах (металах, рідинах, газах) та його використання.

Плазма та її властивості. (Практичне застосування плазми)

Електропровідність напівпровідників та її види. Власна і домішкова провідності напівпровідників.

Електронно-дірковий перехід: його властивості і застосування. Напівпровідниковий діод. Напівпровідникові прилади та їх застосування.

Струм у вакуумі та його застосування. Електронні пучки та їх властивості. Електронно-променева трубка.

Електрична і магнітна взаємодії. Взаємодія провідників зі струмом. Магнітне поле струму. Лінії магнітного поля прямого і колового струмів. Індукція магнітного поля. Потік магнітної індукції.

Дія магнітного поля на провідник зі струмом. Сила Ампера. Дія магнітного поля на рухомі заряджені частинки. Сила Лоренца. Момент сил, що діє на прямокутну рамку зі струмом у магнітному полі. Принцип дії електродвигуна.

Магнітні властивості речовини. Діа-, пара- і феромагнетики. Застосування магнітних матеріалів. (Магнітний запис інформації. Вплив магнітного поля на живі організми.)

Електромагнітна індукція. Досліди М.Фарадея. Напрямок індукційного струму. Закон електромагнітної індукції. Самоіндукція. ЕРС самоіндукції. Індуктивність. Енергія магнітного поля котушки зі струмом.

Обертання прямокутної рамки в однорідному магнітному полі. Змінний струм.

Одержання змінного струму. Генератор змінного струму. Діючі значення напруги і сили струму. Трансформатор. Виробництво, передача та використання енергії електричного струму.

Взаємозв'язок електричного і магнітного полів як прояв єдиного електромагнітного поля.

Коливальний контур. Виникнення електромагнітних коливань у коливальному контурі. Гармонічні електромагнітні коливання. Рівняння електромагнітних гармонічних коливань. Частота власних коливань контуру. Перетворення енергії в коливальному контурі. Вимушені коливання. Резонанс. Автоколивання.

Утворення і поширення електромагнітних хвиль. Досліди Г. Герца. Швидкість поширення, довжина і частота електромагнітної хвилі. Шкала електромагнітних хвиль. Властивості електромагнітних хвиль різних діапазонів частот. Електромагнітні хвилі в природі і техніці. Принцип дії радіотелефонного зв'язку. Радіомовлення і телебачення. Радіолокація. Стільниковий зв'язок. Супутникове телебачення.

Розвиток уявлень про природу світла. Поширення світла в різних середовищах. Джерела і приймачі світла. Поглинання і розсіювання світла. Відбивання світла. (Плоске і сферичне дзеркала. Одержання зображень за допомогою дзеркал. Застосування дзеркал.) Заломлення світла. Закони заломлення світла. Показник заломлення. Повне відбивання світла. (Волоконна оптика.) Лінзи. Побудова зображень, одержаних за допомогою лінз. Кут зору. Оптичні прилади та їх застосування.

Світло як електромагнітна хвиля. Когерентність світлових хвиль. Інтерференція світла. Інтерференційні картини в тонких пластинках і плівках. (Поняття про голографію.)

Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракційні картини від щілини, тонкої нитки. Дифракційна ґратка.

Дисперсія світла. Проходження світла крізь призму. Неперервний спектр світла. Спектроскоп.

Поляризація світла. Природне і поляризоване світло. (Одержання поляризованого світла.)

Квантові властивості світла. Гіпотеза М. Планка. Світлові кванти. Стала Планка. Енергія та імпульс фотона. Тиск світла.

Фотоефект. Досліди О.Г. Столетова. Закони зовнішнього фотоефекту. Рівняння фотоефекту. Застосування фотоефекту.

Люмінесценція. (Фотохімічна дія світла.)

Квантові генератори та їх застосування. Принцип дії квантових генераторів.

Корпускулярно-хвильовий дуалізм світла.

Історія вивчення атома. Ядерна модель атома. Квантові постулати М. Бора. (Досліди Д. Франка і Г. Герца.) Енергетичні стани атома.

Випромінювання та поглинання світла атомами. Атомні і молекулярні спектри. Рентгенівське випромінювання. (Застосування рентгенівського випромінювання в науці, техніці, медицині, на виробництві.) Спектральний аналіз та його застосування.

Методи реєстрації іонізуючого випромінювання.

Атомне ядро. Протонно-нейтронна модель атомного ядра. Нуклони. Ізотопи. Ядерні сили та їх особливості. Роль електричних і ядерних сил у забезпеченні стійкості ядер.

Фізичні основи ядерної енергетики. Енергія зв'язку атомного ядра. Дефект мас. Способи вивільнення ядерної енергії: синтез легких і поділ важких ядер. Ядерні реакції. Ланцюгова реакція поділу ядер урану. Ядерний реактор. Ядерна енергетика та екологія.

Радіоактивність. Природна і штучна радіоактивність. Види радіоактивного випромінювання. Період напіврозпаду. Закон радіоактивного розпаду. Отримання і застосування радіонуклідів.

(Дозиметрія. Дози випромінювання. Захист від іонізуючого випромінювання.)

Елементарні частинки. Загальна характеристика елементарних частинок. (Класифікація елементарних частинок.) Кварки. Космічне випромінювання.

## Теоретична фізика

Предмет та метод теоретичної фізики.

Класична механіка як розділ курсу теоретичної фізики. Межі застосування класичної (неквантової) механіки. Огляд основних понять класичної механіки.

Дослідження рівнянь руху і законів збереження.

Динаміка системи частинок. Типи сил. Закони збереження. Задача двох тіл: зведена маса, рух у центральному полі, задача Кеплера, переріз розсіяння, формула Резерфорда, лабораторна система відліку і система відліку центра мас. Механічна подібність. Теорема віріала.

Рух при наявності в'язей.

Типи в'язей. Віртуальні переміщення. Принцип Д'Аламбера. Рівняння Лагранжа першого роду.

Принцип найменшої дії.

Узагальнені координати та швидкості, стан системи, конфігураційний простір. Інтегральне формулювання законів фізики. Основна задача варіаційного числення. Принцип Гамільтона, рівняння Лагранжа другого роду. Узагальнений імпульс. Властивості функції Лагранжа, асимптотична адитивність. Принцип відносності Галілея, розширена (неоднорідна) група перетворень Галілея. Функція Лагранжа частки та системи часток. Функція Лагранжа у зовнішньому полі. Узагальнена енергія. Узагальнений потенціал, дисипативна функція. Рівняння Лагранжа для неконсервативних систем.

Теорема Ньотер і закони збереження.

Динамічні змінні. Інтеграли руху і закони збереження. Симетрії. Теорема Е. Ньотер (E. Noether). Закони збереження як наслідки теореми Ньотер.

Вступ до теорії коливань.

Одновимірний рух. Осцилятор поблизу положення рівноваги. Рух у швидкоосцилюючому полі. Згасаючі коливання. Вимушені коливання. Малі коливання систем з багатьма ступенями вільності, власні частоти, нормальні коливання. Поняття про нелінійні та параметричні коливання.

Динаміка твердого тіла.

Модель твердого тіла. Координати, швидкості і прискорення точок твердого тіла. Матриця повороту. Кути Ейлера. Тензор і вектор кутової швидкості. Динамічні змінні твердого тіла. Тензор інерції. Кінетична енергія. Система рівнянь руху твердого тіла відносно нерухомого та рухомого базисів. Рівняння Ейлера. Дзиги. Рівняння Лагранжа твердого тіла. Узагальнені сили, узагальнені імпульси, узагальнена енергія твердого тіла. Опис руху твердого тіла в системі відліку, що обертається відносно інерціальної системи відліку.

Основи механіки суцільного середовища.

Основні поняття механіки суцільного середовища. Тензор швидкості деформацій. Рівняння неперервності. Тензор механічних напружень і закони збереження імпульса та моменту імпульса. Рівняння для енергії. Вектор Умова. Рівняння руху ідеальної рідини. Стаціонарна течія і інтеграл Бернуллі. Теорема Томсона про збереження циркуляції швидкості. Потенціальна течія. Нестислива рідина. Звукові хвилі в рідинах та газах. Рівняння Нав'є-Стокса. Ламінарна і турбулентна течії в'язкої рідини.

Рівняння Гамільтона.

Перетворення Лежандра. Функція Гамільтона. Рівняння Гамільтона. Функція Гамільтона як енергія системи. Приклади. Фазовий простір. Фазові траєкторії. Теорема Ліувілля. Варіаційний принцип для рівнянь Гамільтона.

Канонічний формалізм.

Дужки Пуассона, їх властивості. Теорема Пуассона. Зв'язок дужок Пуассона з законами збереження. Канонічні перетворення (КП). Приклади. Властивості КП. КП для осцилятора. Загальний підхід до теорії канонічних перетворень. Метод Гамільтона-Якобі. Приклади застосування. Змінні "дія-кут". Приклади. Адіабатичні інваріанти. Оптико-механічна аналогія.

Релятивістська кінематика.

Фізика і геометрія. Псевдоевклідова структура простору-часу. Інтервал. Світовий конус подій. Перетворення Лоренца як наслідок інваріантності інтервалу, їх фізична та геометрична інтерпретація. Наслідки перетворень Лоренца. Принцип відносності як відображення

псевдоевклідової геометрії простору-часу. 4–вектори: 4–радіус-вектор, 4–швидкість, 4–прискорення, перетворення 4–векторів.

Релятивістська динаміка.

Дія для вільної частки. Релятивістські імпульс і енергія. 4–імпульс. Рівняння Гамільтона-Якобі вільної частки. Взаємодія в теорії відносності. Функція Лагранжа як чотиривимірний скаляр. 4–сила та її перетворення. Зв'язок 4–сили і 4–імпульса. Рівняння Мінковського. Дія і функція Лагранжа заряду в заданому електромагнітному полі, 4–потенціал, рівняння Гамільтона-Якобі. Інваріантність фази електромагнітної хвилі, 4–хвильовий вектор, перетворення частоти і 3–хвильового вектора.

Експериментальні основи і математичне формулювання фундаментальних законів класичної електродинаміки.

Закон Кулона. Принцип суперпозиції. Струм. Індукція магнітного поля. Сила, що діє на струм в магнітному полі. Закон Біо – Савара. Закон Ампера Закон електромагнітної індукції. Електрорушійна сила. Рівняння класичної електродинаміки у вакуумі. Системи одиниць.

Мікроскопічні та макроскопічні рівняння електродинаміки. Поляризація середовища, зв'язані та вільні заряди. Електрична індукція. Намагнічування середовища, поляризаційний струм та струм намагнічування. Напруженість магнітного поля. Рівняння неперервності. Закон збереження електричного заряду. Сила Лоренца. Закон збереження енергії. Об'ємна густина енергії електромагнітного поля. Вектор Пойнтінга. Закон збереження імпульсу. Максвелівський тензор натягу. Закон збереження моменту імпульсу.

Електростатика. Скалярний потенціал. Напруженість електричного поля. Теорема Гауса. Рівняння Лапласа й рівняння Пуассона. Методи розв'язування задач електростатики. Розклад скалярного потенціалу по мультиполях. Електричний диполь. Квадруполь. Енергія диполя у зовнішньому полі. Диполь-дипольна взаємодія. Енергія системи заряджених провідників. Ємність.

Магнітостатика. Вектор магнітної індукції. Векторний потенціал. Розклад векторного потенціалу по мультиполях. Скалярний магнітний потенціал. Енергія магнітного поля для магнітостатичних явищ. Коефіцієнти взаємної та само індукції. Магнітний диполь. Енергія магнітного диполя у зовнішньому магнітному полі. Магнітна диполь-дипольна взаємодія. Взаємодія системи струмів із зовнішнім магнітним полем. Гіромагнітне відношення. Теорема Лармора.

Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль.

Калібрувальна інваріантність рівнянь Максвела. Калібрування Лоренца. Кулона і Гамільтона. Запізнювальні та випереджаючі потенціали.

Спектральний розклад. Спектральний та кутовий розподіл енергії випромінювання. Плоска монохроматична хвиля. Закон дисперсії. Поляризація, інтенсивність електромагнітної хвилі. Зв'язок між енергією й імпульсом плоскої електромагнітної хвилі. Електромагнітне поле як сукупність гармонійних осциляторів. Вираз енергії, імпульсу та векторного потенціалу через координати та імпульси осциляторів електромагнітного поля.

Електромагнітне поле на великій відстані від джерела. Кутовий та спектральний розподіл електромагнітного випромінювання заданим струмом. Електричне дипольне й квадрупольне магнітне дипольне випромінювання. Електромагнітне поле в ближній та дальній зонах. Електромагнітне поле заряду, який рухається прискорено. Потенціали Лієнара-Віхерта. Енергія, випромінювана частинкою, що рухається прискорено.

Розсіяння електромагнітних хвиль. Ефективний переріз розсіяння. Формула Томпсона. Реакція випромінювання. Радіаційна ширина спектральних ліній.

Дифракція електромагнітних хвиль. Формула Гріна. Дифракція лінійно поляризованої хвилі на круглому отворі.

Основи спеціальної теорії відносності.

Експериментальні основи спеціальної теорії відносності. Аберация зірок, дослід Фізо. Перетворення Лоренца. Наслідки з перетворень Лоренца. Правило додавання швидкостей. Чотиривимірний вектор та його перетворення при переході від однієї до іншої інерційної системи відліку. Просторово-часовий інтервал Коваріантні та контраваріантні координати. Скалярний добуток чотиривекторів, його інваріантність відносно перетворень Лоренца.

Чотири вектор густини струму. Рівняння неперервності. Чотири вектор потенціалу, рівняння для нього. Калібрування Лоренца Тензор електромагнітного поля. Релятивістська коваріантність рівнянь Максвелла. Перетворення Лоренца для полів. Інваріанти тензора електромагнітного поля. Ефект Допплера. Коваріантність виразу для сили Лоренца

Релятивістська механіка. Рівняння руху в спеціальній теорії відносності. Чотири вектор швидкості, імпульсу, сили. Енергія частинки Розпад частинок. Релятивістська функція Лагранжа та Гамільтона. Принцип найменшої дії для електромагнітного поля. Інтеграл дії для системи, яка складається з частинок і поля. Тензор енергії імпульсу електромагнітного поля\*. Закон збереження енергії та імпульсу.

Електродинаміка суцільного середовища

Діелектрики. Вектор поляризації. Вектор електричної індукції. Тензор поляризованості. Магнетики. Вектор намагнічення. Поляризація неполярних діелектриків. Локальне поле. Формула Клаузіуса – Мосотті Поляризація полярних діелектриків у постійному електричному полі. Дисперсія діелектричної проникності. Зв'язок між діелектричною та магнітною проникностями й енергією, яка поглинається в середовищі. Співвідношення Крамерса – Кроніга. Частотна дисперсія газу із заряджених гармонійних осциляторів.

Феноменологічна теорія поширення електромагнітних хвиль.

Плоскі хвилі в діелектриках. Хвильове рівняння. Плоска монохроматична хвиля. Хвильовий вектор. Дисперсійне рівняння. Фазова швидкість електромагнітної хвилі. Співвідношення між амплітудами напруженостей електричного та магнітного полів. Потік енергії електромагнітної хвилі. Поляризація електромагнітних хвиль. Поширення електромагнітних хвиль у диспергуючому середовищі. Груповая швидкість. Відбиття й заломлення електромагнітних хвиль. Формули Френеля. Коефіцієнт відбиття та проходження. Кут Брюстера. Повне внутрішнє відбиття. Поширення електромагнітних хвиль у провідниках. Поширення електромагнітних хвиль в анізотропному середовищі. Звичайна та незвичайна хвилі. Геометрична оптика. Ейкональне наближення. Випромінювання Черенкова – Вавилова.

Електромагнітне поле у хвильоводах та резонаторах. Поперечно - магнітні та поперечно - електричні хвилі. Електромагнітні хвилі в прямокутному хвильоводі. Прямокутний резонатор.

Квазістаціонарні електромагнітні поля.

Умови квазістаціонарності. Квазістаціонарні явища в лінійних провідниках. Квазістаціонарне наближення для магнітного поля. Скін – ефект. Магнітний резонанс. Правила Кірхгофа\*. Довгі лінії.

Рівняння магнітної гідродинаміки для нестисливої рідини Магнітне число Рейнольдса. Поширення збурень в ідеальному провідному середовищі, яке знаходиться в магнітному полі. Альфвенівські хвилі. Течія Гартмана.

Перехід від квантової механіки до класичної. Квазикласичне наближення. Правила квантування Бора-Зоммерфельда.

Різні представлення вектору стану та операторів. Загальна теорія унітарних перетворень Унітарні перетворення, що відповідають зміні стану з часом; представлення Шредінгера, Гайзенберга та взаємодії. Рух у кулоновському полі, дискретний та неперервний спектри (семінар).

Спін та поняття спінора. Спінори вищих рангів. Зв'язок спінорів з тензорами. Матриці Паулі. Рівняння Паулі.

Теорія збурень в стаціонарних станах з дискретним спектром. Теорія збурень при наяві двох близьких рівнів. Теорія збурень при наяві виродження. Метод Рітца (семінар).

Ймовірність для переходів з одного квантового рівня на інший. Адіабатичне та раптове включення взаємодії. Переходи під дією періодичного збурення.

Правила відбору для випромінювання та поглинання світла. Мультипольне випромінювання. Час життя збудженого стану та ширина енергетичної лінії. Ефект Штарка.

Принцип тотожності та обмінна взаємодія. Теорія основного стану атома з двома електронами. Збуджений стан атома гелію: орто та парагелій.

Розрахунок атомних рівнів методом Хартрі-Фока (метод самоузгодженого поля).

Вторинне квантування бозонного та ферміонного полів. Представлення чисел заповнення гармонічного осцилятора.

Основи релятивістської теорії поля. Дійсне та комплексне поля Клейна-Гордона, векторне поле, електромагнітне поле.

Рівняння Дірака. Вільний рух діраковської частинки. Калібрувальний принцип та включення електромагнітного поля. Електрон в зовнішньому електромагнітному полі. Магнітний момент електрона.

Зарядове спряження. Частинка та античастинка. Поняття діраківського “моря”. Теорія Дірака та тонке розщеплення в атомі водню. Лембівський зсув.

Вторинне квантування бозонного поля. Перестановочні співвідношення для польових операторів. Оператори народження. Знищення та числа частинок. Особливості квантування електромагнітного поля.

Вторинне квантування ферміонного поля.

Пружне розсіювання частинок без спіна.

Функція Гріна для вільної частинки. Амплітуда розсіювання. Борнівський ряд. Диференціальний перетин. Теорія розсіювання в борнівському наближенні. Квантовий вивід формули Резерфорда (семінар).

Метод парціальних хвиль. Поняття S-матриці. Фазовий зсув. Оптична теорема. Пружне розсіювання повільної частинки на сферичній потенційній ямі, довжина розсіювання.

Розсіювання на сферичному потенційному бар'єрі. Ефекти обміну при розсіянні однакових частинок. Мотивське розсіювання.

Об'єкт, предмет і методи термодинаміки та статистичної фізики. Поняття термодинамічної системи. Інтенсивні та екстенсивні параметри стану. Термодинамічні потенціали та їх залежність від параметрів стану системи.

Нульове начало термодинаміки. Рівноважний стан. Температура.

Принцип еквівалентності механічної роботи та теплоти. Перше начало термодинаміки. Внутрішня енергія термодинамічної системи.

Рівноважні (зворотні) та нерівноважні (незворотні) процеси. Адіабатичний процес. Поняття ентропії. Друге начало термодинаміки для рівноважних процесів. Обчислення коефіцієнта корисної дії теплових машин. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Нерівність Клаузіуса.

Термодинамічні системи зі змінним числом частинок. Фізичний зміст хімічного потенціалу. Співвідношення Дюгема-Гіббса. Число незалежних параметрів стану системи. Залежність термодинамічних потенціалів від числа частинок.

Необхідні та достатні умови термодинамічної рівноваги однокомпонентних ізольованих систем. Теплова рівновага. Механічна рівновага. Хімічна рівновага. Неповна рівновага. Локальна рівновага.

Моделювання термодинамічних процесів в термодинаміці. Основне рівняння термодинаміки. Співвідношення Максвелла. Термічне та калоричне рівняння стану. Умова їх сумісності. Застосування термодинаміки для дослідження атомного ідеального газу та інших термодинамічних систем.

Процес Джоуля-Томсона. Температура інверсії для газу Ван-дер-Ваальса.

Парадокс Гіббса.

Третє начало термодинаміки та наслідки з нього.

Основні положення статистичної фізики. Статистичний метод вивчення властивостей макроскопічних систем. Мікростани та макростан системи. Ергодична гіпотеза. Статистичний ансамбль. Усереднення по ансамблю. Густина ймовірності мікростанів. Рівняння Ліувілля.

Мікроканонічний ансамбль. Мікроканонічний розподіл Гіббса. Термодинамічна вага стану системи із заданими внутрішньою енергією та числом частинок. Принцип Больцмана. Особливості дослідження класичних систем.

Метод (Больцмана) обчислення термодинамічних параметрів мікроканонічних ансамблів. Застосування методу Больцмана для дослідження властивостей атомного ідеального газу, та інших класичних і квантових систем.

Канонічний ансамбль. Канонічний розподіл Гіббса. Статистичний інтеграл і статистична сума. Урахування тотожності частинок. Зв'язок вільної енергії Гельмгольца зі статистичним інтегралом і статистичною сумою. Метод (Гіббса) обчислення термодинамічних параметрів

канонічних ансамблів. Застосування методу Гіббса для дослідження властивостей атомного ідеального газу, інших класичних і квантових систем.

Основні поняття рівноважної квантової статистичної фізики. Статистичний оператор і матриця густини ймовірності мікростанів. Рівняння Неймана. Квантування енергії поступального руху атомів ідеального газу.

Великий канонічний ансамбль. Великий канонічний розподіл Гіббса. Велика статистична сума. Омега-потенціал, його зв'язок з великою статистичною сумою, іншими термодинамічними потенціалами. Обчислення омега-потенціалу і рівнянь стану атомного ідеального газу зі змінним числом частинок.

Статистична теорія вироджених систем. Обчислення великої статистичної суми для ансамблю ферміонів. Розподіл Фермі-Дірака. Обчислення великої статистичної суми для ансамблю бозонів. Розподіл Бозе-Ейнштейна. Статистично невироджений газ, розподіл Максвелла-Больцмана. Хвильові та корпускулярні властивості частинок у вироджених та невироджених системах.

Властивості молекулярних газів. Термодинамічні властивості невиродженого ідеального газу, що складається з двохатомних молекул. Електронна, поступальна, коливальна та обертальна частини статистичної суми. Вплив обертального та коливального руху на теплоємність. Особливості системи молекул, що складаються з однакових атомів. Властивості орто- та параводню.

Термодинамічні властивості невиродженого ідеального газу, що складається з багатоатомних молекул.

Термодинамічні властивості реального газу. Конфігураційний інтеграл. Рівняння стану у вигляді віріального ряду за степенями густини. Рівняння стану Ван-дер-Ваальса. Зв'язок другого віріального коефіцієнта з параметрами міжмолекулярної взаємодії. Екранування Дебая. Теорія Дебая-Хюккеля.

Термодинамічні властивості речовини у зовнішньому полі. Термодинамічна рівновага у зовнішньому полі. Термодинамічні властивості речовини в електричному і магнітному полях. Вектор поляризації, формула Ланжевена. Поляризованість та парамагнітна сприйнятливість. Зв'язок між явищем електрострикції та п'єзоефектом. Адіабатичне розмагнічування як метод отримання низьких температур.

Системи з від'ємною абсолютною температурою.

Фізика гетерофазних багатокомпонентних систем. Фазова рівновага. Умови фазової рівноваги в гетерогенній системі. Правило фаз Гібса. Класифікація фазових переходів. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Тиск насиченої пари над твердим тілом. Рівняння Еренфеста для фазових переходів другого роду. Умови хімічної рівноваги. Закон діючих мас. Теорія дисоціації двохатомних молекул.

Іонізаційна рівновага. Залежність ступені іонізації атомів від тиску і температури. Формула Саха.

Фізика вироджених термодинамічних систем. Методика обчислень термічного та калоричного рівнянь стану вироджених систем. Спеціальні математичні функції, які використовуються у цих обчисленнях.

Термодинамічні властивості електронного газу в металах. Густина електронних станів, енергія електронного газу, енергія Фермі, температурна залежність хімічного потенціалу, температура виродження. Теплоємність. Контактна різниця потенціалів.

Основні положення зонної теорії твердого тіла. Статистика рухомих та нерухомих носіїв заряду в напівпровідниках. Хімічний потенціал електронів в напівпровідниках. Принцип компенсації. Властивості власних та домішкових напівпровідників  $n$ - і  $p$ -типу. Температурна залежність концентрації носіїв струму домішкових напівпровідників.

Явище конденсації Бозе-Ейнштейна та його сучасні застосування. Температура бозе-конденсації. Число бозе-частинок на основному енергетичному рівні, енергія, теплоємність, тиск бозе-газу.

Термодинамічні властивості рівноважного електромагнітного випромінювання. Закони Стефана-Больцмана, Релея-Джінса, Віна. Формула Планка для спектральної густини енергії випромінювання.

Термодинамічні властивості твердого тіла. Внесок акустичних та оптичних коливань в енергію коливань і коливальну теплоємність. Теорія теплоємності твердого тіла Дебая. Закон Дюлонга-Пті. Модель твердого тіла Ейнштейна.

Теорія флуктуацій. Флуктуації та кореляція параметрів стану термодинамічних систем. Статистична теорія флуктуацій. Флуктуації і кореляція термодинамічних величин у великому канонічному та канонічному ансамблях. Термодинамічна теорія флуктуацій. Імовірність термодинамічних флуктуацій. Флуктуація температури та інших параметрів стану термодинамічних систем.

Фізична кінетика. Методи дослідження нерівноважних термодинамічних систем. Одночастинкова функція розподілу. Вивід кінетичного рівняння Больцмана з рівняння Ліувілля. Інтеграл зіткнень. Наближення часу релаксації. Електропровідність невідродженого електронного газу в металах. Ефект Холла. Явища дифузії, теплопровідності та термоелектрорушійної сили. Потік тепла, коефіцієнт теплопровідності.

### **Астрономія.**

Астрономія — фундаментальна наука, яка вивчає об'єкти Всесвіту та Всесвіт у цілому. Історія розвитку астрономії. Галузі астрономії. Зв'язок астрономії з іншими науками.

Астрономія та астрологія. Значення астрономії для формування світогляду людини. Астрономічні знання як явище культури.

Небесні світила й небесна сфера. Сузір'я.

Зоряні величини. Визначення відстаней до небесних світил.

Астрономія та визначення часу. Типи календарів.

Небесні координати. Видимий рух Сонця. Видимі рухи планет. Закони Кеплера.

Випромінювання небесних світил. Методи астрономічних спостережень.

Принцип дії і будова оптичного та радіотелескопа. Приймачі випромінювання. Застосування в телескопобудуванні досягнень техніки і технологій. Сучасні наземні й космічні телескопи. Астрономічні обсерваторії.

Земля і Місяць. Планети земної групи: Меркурій, Венера, Марс і його супутники. Планети-гіганти: Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун та їхні супутники, Плутон та його супутник Харон. Малі тіла Сонячної системи — астероїди, комети, метеори. Дослідження планет за допомогою космічних апаратів. Етапи формування нашої планетної системи.

Фізичні характеристики Сонця. Будова Сонця та джерела його енергії. Прояви сонячної активності та їх вплив на Землю.

Зорі та їх класифікація. Подвійні зорі. Фізичні змінні зорі. Планетні системи інших зір. Еволюція зір. Нейтронні зорі. Чорні діри.

Молочний Шлях. Будова Галактики. Місце Сонячної системи в Галактиці. Зоряні скупчення та асоціації. Туманності. Підсистеми Галактики та її спіральна структура.

Світ галактик. Квазари.

Проблеми космології. Історія розвитку уявлень про Всесвіт. Походження й розвиток Всесвіту.

Людина у Всесвіті. Антропний принцип. Імовірність життя на інших планетах.

Унікальність нашого Всесвіту. Питання існування інших всесвітів.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Фахове випробування оцінюється за шкалою оцінок від 100 до 200 балів. Якщо вступник не склав фахового випробування, то він отримує оцінку нижчу за 100 балів. Підставою для формування оцінки є правильність, логічність, глибина відповіді, уміння аналізувати проблеми, які стосуються змісту відповіді, виробляти самостійні оцінки та рішення щодо розв'язання таких проблем.

Рівень професійної компетентності вступників оцінюється за 200-бальною шкалою:

**I рівень – початковий** Відповіді вступника на теоретичні питання елементарні, фрагментарні, зумовлюються початковими уявленнями про сутність психолого-педагогічних та методичних категорій. У відповідях на практичні та творчі завдання вступник не виявляє самостійності, демонструє невміння аналізувати діяльність учасників навчально-виховного процесу, приймати рішення.

**II рівень – середній.** Вступник володіє певною сукупністю теоретичних знань, практичних умінь, навичок, здатний виконувати завдання за зразком, володіє елементарними вміннями здійснювати пошукову, евристичну діяльність, самостійно здобувати нові знання.

**III рівень – достатній.** Вступник знає істотні ознаки понять, явищ, закономірностей, зв'язків між ними, а також самостійно застосовує знання в стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями (аналізом, абстрагуванням, узагальненням тощо), вміє робити висновки, виправляти допущені помилки. Відповідь повна, правильна, логічна, обґрунтована, хоча їй і бракує власних суджень.

**IV рівень – високий.** Передбачає глибокі знання з загальної та теоретичної фізики, астрономії; ерудицію, вміння застосовувати знання творчо, здійснювати зворотній зв'язок у своїй роботі, самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію. Відповідь вступника свідчить про його правильне і глибоке розуміння суті питання програмного матеріалу; глибоке і аргументоване доведення теоретичних положень; уміння інтегрованого застосування теоретичних знань з фахових дисциплін, вільне володіння і адекватне застосування термінології.

**Таблиця відповідності  
рівнів підготовки значенням 200-бальної шкали оцінювання відповідей вступників  
під час вступного випробування**

| Рівень компетентності                                                                                                                                                                                                       | Шкала оцінювання | Національна шкала оцінювання |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|
| <b>Початковий</b><br>Відповіді вступника невірні, фрагментарні, засвідчують відсутність розуміння програмного матеріалу в цілому                                                                                            | <b>1-99</b>      | незадовільно                 |
| <b>Середній</b><br>Відповіді вступника визначаються розумінням окремих аспектів питань програмного матеріалу але характеризується поверховістю та фрагментарністю. При цьому спостерігаються неточності у висловленні думки | <b>100-136</b>   | задовільно                   |
| <b>Достатній</b><br>Відповіді вступника визначаються правильним і глибоким розумінням сутності питання програмного матеріалу, але при цьому в них мають місце окремі неточності не принципового характеру                   | <b>137-174</b>   | добре                        |
| <b>Високий</b><br>Відповіді вступника визначаються глибоким розумінням сутності питання програмного матеріалу                                                                                                               | <b>175-200</b>   | відмінно                     |

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Астрономія: навчальний посібник / І.А. Климишин, Г.О. Гарбузов, Б.О. Мурніков, Т.І. Кабанова – Одеса: Астропринт, 2012. – 351 с.
2. Білий М.І., Скубенко А.Ф., Загальна фізика. Оптика / М.І. Білий, А.Ф. Скубенко – К.: Вища школа, 1987. – 376 с.
3. Богацька І.Г., Горбачук І.Т. Загальна фізика. Електрика і магнетизм. – К.: Вища школа, 1995. – 287 с.
4. Божко В.В., Новосад О.В. Електрика і магнетизм: курс лекцій у 2 ч. – Ч. 1. Електростатика. Постійний електричний струм. – Луцьк: Вежа Друк, 2018. – 120 с.
5. Божко В.В., Новосад О.В. Електрика і магнетизм: курс лекцій у 2 ч. – Ч. 2. Електромагнетизм. Електромагнітні коливання і хвилі. – Луцьк: Вежа Друк, 2018. – 160 с.
6. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоев В.М. Основи термодинаміки. Навчальний посібник для студентів фізичних та інженерно-фізичних факультетів університетів. - Київ.: Видавничий центр "Київський університет".- 2004.- 165 с.
7. Булавін Л.А., Тарковський В.К. Ядерна фізика. Підручник, 2-е видання, перероблене і доповнене. – К.: Знання, 2005. – 439 с.
8. Бушок Г.Ф. Курс фізики: Навчальний посібник у 2 кн. / Г.Ф. Бушок, В.В. Левандовський, Г.Ф. Півень. – К.: Либідь, 2001. – 448 с.
9. Вальтер А.К., Залюбовский И.И. Ядерная физика. – Харьков: Основа, 1991. – 479 с.
10. Вибрані питання астрономії та астрофізики: Навчальний посібник / П. Шигорін Луцьк: 2020. – 136 с.
11. Галушак М.О., Федоров О.Є. Курс фізики. Електромагнетизм. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2016, 405 с.
12. Герасимов О.І., Андріанова І.С., Фізика в задачах. Підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса: Вид-во “ТЭС”, 2017. 564с.
13. Головіна Н.А. Молекулярна фізика та термодинаміка: навч. посібник. – Луцьк: Вежа-Друк, 2017. – 240 с.
14. Головіна Н.А. Молекулярна фізика та термодинаміка в запитаннях та задачах: навчальний посібник. – Луцьк: Вежа-Друк, 2017. – 190 с.
15. Губська В.В., Кришталь В.Ф. Теоретична механіка. Кінематика твердого тіла та динаміка точки. Конспект лекцій: навч. посіб. КПП ім. Ігоря Сікорського Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2018. 105 с. [URL:https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23703/1/konspekt\\_%d0%a2%d0%9c\\_G%20ubskaya\\_Kryshstal\\_2018.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23703/1/konspekt_%d0%a2%d0%9c_G%20ubskaya_Kryshstal_2018.pdf)
16. Глауберман А.Ю., Манакин Л.О. Фізика атома та квантова механіка. – К.: вища школа. – 1972. – 292 с.
17. Давидюк Г.Є., Мирончук Г.Л. Радіація і людина: навчальний посібник. Луцьк: Вежа-Друк, 2018. -309 с.
18. Дідух Л.Т. Механіка: підручник. Тернопіль: Підручники і посібники, 2016, - 428 с.
19. Дутчак Я.Й. Молекулярна фізика / Я.Й. Дутчак – Л.: Видавництво ЛДУ, 1973. – 264 с.
20. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика. Фізичні основи механіки, молекулярної фізики і термодинаміки. – К.: Вища школа, 1993. – 450 с.
21. Загальна астрономія: підручник для вищих навчальних закладів / С.М. Андрієвський, С.Г. Кузьменков, В.А. Захожай, І.А. Климишин. – Харків: ПромАрт, 2019. – 524 с.
22. Загальна фізика: Збірник задач: Навч. посібник / В.М. Барановський, П.В. Бережний, П.О. Возний та ін. – К.: Вища шк., 1993. – 359 с.
23. Загальні основи фізики. Навчальний посібник з курсу «Фізика» / Петченко О.М., Сисоев А.С., Назаренко Є.І., Безуглий А.В. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 224 с.
24. Загальний курс фізики: Збірник задач / І.П. Гаркута, І.П. Гарбарчук, В.П. Курінний та ін. – К.: Техніка, 2003. – 560 с.
25. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. В 3-х т. Т.1. Механика. Основы

термодинамики, фізики реальних газів, жидкостей и твердых тел. – К.: Дніпро, 1994. – 344 с.

26. Кармазін В.В., Семенець В.В. Курс загальної фізики. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. – К.: Кондор, 2016 р. – 786 с.

27. Класична механіка (курс лекцій): навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 160 с.

28. Кобель Г.П., Головіна Н.А. Лабораторний практикум з механіки: методичні рекомендації для студентів факультету інформаційних систем, фізики та математики. – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 80 с.

29. Колобродов В.Г. Хвильова оптика. Частина 2. Дифракція і поляризація світла: Підручник. Київ: НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», 2018. – 230 с.

30. Климишин І.А., Крячко І.П. Астрономія 11 клас. Підручник для загальноосвітніх навчальних закладів. – Київ: Знання України, 2002. – 234 с.

31. Климишин І.А. Атлас зоряного неба. – Львів: Вища школа, 1985. – 48 с.

32. Кравцов О.В. Задачі з класичної механіки. - К.: НТУУ "КПІ", 2006. – 234 с.

33. Курс загальної астрономії: підручник для студ. вузів / С.М. Андрієвський, Д.О. Климишин; ОНУ ім. І.І. Мечникова, Прикарпатський нац. ун-т ім. В. Стефаника. – Одеса: Астропринт, 2010. – 475 с.

34. Кучерук І. М. Загальний курс фізики: навч. посіб.: у 3-х т. Т. 1 Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. Київ: Техніка, 2006

35. Куліненко Л.Б., Федорова О.В. Методичний посібник з курсу «Загальна фізика» - Ізмаїл, 2005. 176 с.

36. Кучерук І. М. Загальний курс фізики: навч. посіб.: у 3-х т. Т. 2 Електрика і магнетизм. Київ: Техніка, 2006

37. Кучерук І. М. Загальний курс фізики: навч. посіб.: у 3-х т. Т. 3 Оптика. Квантова фізика. Київ: Техніка, 2006.

38. Макарець М.В., Решетняк В.Ю., Романенко О.В. Задачі з класичної електродинаміки. – Київ: ВПЦ "Київський національний університет", 2006. – 300 с.

39. Небесна механіка: Підручник для студентів університетів, які навч. за спец. "Астрономія"/ Ю.В. Александров; Харк. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. – Харків: 2004. - 236 с.

40. Нестеренко Ф.П. Розв'язування задач з фізики: Посібник для вчителів. – К.: Рад. школа, 1984. – 111 с.

41. Оптика: підручник / М.О. Романюк, А.С. Крочук, І.П. Пашук; за ред. проф. М.О. Романюка – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 564 с.

42. Палехін В.П. Курс фізики: підручник В.П.Палехін. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 516 с.

43. Пришляк М.П. Астрономія 11 клас. Підручник для загальноосвітніх навчальних закладів. – Харків: Ранок, 2011.

44. Савчук А.Й., Юрійчук І.М. Фізика ядра і елементарних частинок: Задачі та методика їх розв'язування. – Чернівці: Рута, 2007. – 88 с.

45. Сергоровський Ю.В. Будова і властивості речовини. – К.: рад. школа, 1972. – 163 с.

46. Сугаков В.Й. Теоретична фізика. Електродинаміка. – Київ: Вища школа, 1974. – 150 с.

47. Федорченко А.М. Вступ до курсу статистичної фізики та термодинаміки. – К.: Вища школа, 1973. – 288 с.

48. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Т. 1 Класична механіка і електродинаміка. К.: 1992.

49. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Т.2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика.- К.: Вища школа.- 1993.- 415 с.

50. Фізика: навчальний посібник з розв'язування задач з курсу загальної фізики / Б.І. Вербицький, А.М. Кроль - К.: ІНКІОС, 2016. – 376 с.

51. Якібчук П.М. Молекулярна фізика. Навчальний посібник. / П.М. Якібчук, М.М. Клим. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 584 с.

## ІНФОРМАЦІЙНИЙ РЕСУРС

1. Офіційний сайт Міністерства освіти і науки України - <http://www.mon.gov.ua/>
2. Головне управління освіти і науки України - <http://www.edu.kiev.ua/>
3. Інститут вищої освіти НАПН України
4. Загальна середня освіта в Україні - <http://www.znz.edu-ua.net/>
5. Освітній портал України - <http://www.osvita.org.ua/>
6. Освітній сайт "Шкільна освіта" - <http://www.school.edu-ua.net/>
7. Всеукраїнський шкільний портал - <http://www.school.ed.net.ua/>
8. Освітній інформаційний портал - <http://www.osvit.iatp.org.ua/>
9. Освітній сайт "Освітянська мережа України" - <http://www.ednu.kiev.ua/>
10. Українська наукова мережа УРАН - <http://www.uran.net.ua/~ukr/frames.htm>
11. Національна Академія педагогічних наук України - <http://www.apsu.org.ua/>
12. НАПН України. Сайти сайти інститутів та інших підрозділів НАПН
13. ВАК України - <http://www.sac.gov.ua/>
14. Інститут змісту і методів навчання Міністерства освіти України - <http://www.ictme.edu-ua.net/>
15. Міжнародний освітній фонд ім. Ярослава Мудрого - <http://www.ymf.kiev.ua/>
16. I\*EARN - Міжнародна освітня та ресурсна мережа - <http://www.kar.net/%7Eiearn>
17. Острів знань. Освітній портал - <http://ostriv.in.ua/>