

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна**

**Навчально-науковий інститут «Фізико-технічний факультет»**

**Затверджую**

Голова приймальної комісії,  
ректор Харківського національного  
університету імені В.Н. Каразіна

Віль БАКІРОВ



\_\_\_\_\_ 2021 р.

**ПРОГРАМА**

**вступного фахового екзамену з загальної фізики**

**спеціальність: 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»**

**за освітніми програмами:**

**«Прикладна фізика»,**

**«Медична фізика»**

**«Біомедичні нанотехнології»**

**Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти**

**для вступу на другий курс осіб, які здобули  
освітньо-кваліфікаційний рівень молодшого спеціаліста**

**Харків 2021**

## Частина 1. Механіка

### *Основні поняття кінематики*

Система відліку. Матеріальна точка. Положення матеріальної точки. Кількість ступенів вільності. Радіус - вектор, координати, закон руху матеріальної точки. Траєкторія. Шлях, який пройдено. Переміщення. Швидкість руху. Середня швидкість. Миттєва швидкість. Прискорення. Довільний криволінійний рух. Нормальне та дотичне прискорення. Повне прискорення. Годограф швидкості. Аналогія між радіус-вектором та швидкістю. Типові задачі кінематики. Визначення траєкторії за відомим прискоренням. Визначення швидкості та прискорення точки за відомим законом руху (приклад). Абсолютно тверде тіло. Швидкість поступального руху. Плоский рух. Обертання навколо осі. Прискорення обертального руху. Абсолютний характер кутової швидкості. Миттєва вісь обертання.

### *Основні поняття та закони динаміки*

Вільна матеріальна точка. Взаємодія. Сила. Замкнута та вільна системи матеріальних точок. Імпульс. Збереження імпульсу. Маса. Інерціальні та неінерціальні системи відліку. Перший закон Ньютона. Принцип причинності в науці. Причини зміни імпульсу. Другий закон Ньютона в інерціальній системі відліку. Векторний характер другого закону. Принцип незалежності рухів. Адитивність маси. Характерні особливості взаємодії. Третій закон Ньютона - наслідок закону збереження імпульсу. Контактні сили. Сили тертя спокою, ковзання, котіння. Методика розв'язання задач динаміки. Закони збереження та функціональні властивості простору та часу. Принцип відносності Галілея. Межі застосування класичної механіки (релятивістська та квантова механіка).

### *Вільний рух системи матеріальних точок*

Збереження імпульсу. Робота. Збереження кінетичної енергії. Можливість застосування законів збереження для зв'язаних систем. Рух тіл змінної маси. Рівняння Мещерського. Формула Ціолковського. Космонавтика. Центр інерції системи матеріальних точок. Система відліку центра інерції. Закон руху центра інерції. Зіткнення. Абсолютно непружне зіткнення. Пружне зіткнення двох куль. Лобове зіткнення. Опис пружного зіткнення в системі центра інерції. Довільне пружне зіткнення. Методика розв'язання задач. Розсіяння частинок. Силевий центр. Прицільний параметр. Переріз розсіяння.

### *Силове поле*

Фундаментальні взаємодії. Класифікація сил. Сили, що утворюють силеві поля. Циркуляція вектора сили. Потенціальна енергія. Еквіпотенціальна поверхня. Зв'язок між силою та потенціальною енергією. Потенціал та напруженість поля. Силеві лінії. Елементи теорії векторного поля. Рух у полі потенціальних сил. Закон збереження повної енергії. Межі руху. Рух обмежений та необмежений. Потенціальна яма. Потенціальний бар'єр. Повна енергія замкненої системи матеріальних точок. Перетворення енергії при переході з однієї системи відліку до іншої. Внутрішня енергія. Умова стабільності складного тіла. Рух матеріальної точки в полі центральної сили. Збереження повної енергії та моменту імпульсу матеріальної точки. Закони Кеплера. Можливі траєкторії руху. Космічні швидкості. Проблема двох тіл.

### *Опис руху матеріальної точки в неінерціальних системах відліку*

Зв'язок між швидкістю матеріальної точки в інерціальній та неінерціальній системах відліку. Відносна та переносна швидкість. Зв'язок між прискоренням матеріальної точки в інерціальній та неінерціальній системах відліку. Сили інерції. Другий закон Ньютона в неінерціальних системах відліку. Виявлення сил інерції на Землі. Принцип еквівалентності гравітаційної та інертної мас.

### *Механіка абсолютно твердого тіла*

Рівняння моментів. Обертання відносно закріпленої осі. Кінетична енергія обертального руху. Момент сили. Момент імпульсу. Збереження моменту імпульсу. Момент інерції. Аналогія між величинами, які описують поступальний рух та обертання твердого тіла навколо осі. Аналогії як метод наукового пізнання. Теорема Штейнера. Типові задачі про обертання навколо закріпленої осі. Рівновага твердого тіла. Котіння. Кінетична енергія тіла

при котінні. Сили тертя при котінні. Рівнодіюча сила. Пара сил. Момент пари сил. Обчислення моментів інерції симетричних тіл. Довільне обертання твердого тіла. Головні осі інерції твердого тіла. Кінетична енергія твердого тіла, яке довільно обертається. Тензор інерції. Вільне обертання симетричної дзиги. Кутова швидкість вільної (регулярної) прецесії. Гіроскопічний ефект. Кутова швидкість прецесії гіроскопа в однорідному силовому полі. Застосування гіроскопів. **Механічні коливання**

Фізичні аналогії. Найпростіші періодичні рухи. Довільний періодичний рух (теорема Фур'є). Гармонічний осцилятор. Амплітуда, частота, фаза, початкові умови. Малі коливання поблизу положення стійкої рівноваги. Математичний маятник. Фізичний маятник. Зведена довжина. Центр коливань. Оборотноість фізичного маятника. Теорема Гюйгенса. Енергія гармонічного коливання. Визначення власної частоти коливань осцилятора. Метод розмірностей. Загасання коливань внаслідок сухого і в'язкого тертя. Вимушені коливання. Параметричний резонанс. Додавання коливань одного напрямку. Биття. Додавання взаємно перпендикулярних коливань. Фігури Лісажу. Коливання зв'язаних осциляторів.

## Частина 2. Молекулярна фізика

### *Рівняння стану ідеального газу*

Методи емпіричного пізнання: спостереження, вимірювання, порівняння. Температура, тиск. Виведення основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Значення середньої швидкості хаотичного руху молекул. Закон Дальтона, закон Авогадро. Розподіл енергії по ступенях вільності. Абсолютний нуль температури. Внутрішня енергія та теплоємність ідеального газу. Експериментальна залежність теплоємності газу від температури. Стан термодинамічної рівноваги. Рівняння стану. **Термодинаміка ідеального газу**

Рівноважні та нерівноважні процеси. Графіки рівноважних процесів. Перший закон термодинаміки. Функції стану. Внутрішня енергія, ентальпія. Функції, що характеризують протікання процесів. Політропні процеси. Графіки процесів. Математичний апарат термодинаміки. Властивості функцій кількох змінних. Повний диференціал функції та функція стану. Зв'язок між другими перехресними частинними похідними параметрів, зв'язаних рівнянням стану. Оборотної та необоротної процеси в термодинамічній системі. Основні необоротної процеси в ідеальному газі: розширення газу в порожнечу, процес Джоуля - Томсона. Циклічні процеси. Теплові машини. Холодильний коефіцієнт. Цикл Карно. ККД циклу Карно. Другий закон термодинаміки. Формулювання Кельвіна, формулювання Клаузіуса. Перша теорема Карно. Термодинамічна шкала температур. Друга теорема Карно. Нерівність Клаузіуса. Ентропія як функція стану. Ентропія ідеального газу. Зростання ентропії в замкненій термодинамічній системі. Перетворення теплоти на роботу, вільна енергія, зв'язана енергія. Теорема Нернста. Статистичний сенс ентропії. Еквівалентність статистичного та термодинамічного визначення ентропії. Флуктуації. Ентропія та інформація. Ентропія та життя. Ентропія та від'ємні температури. Межі застосування другого закону термодинаміки.

### *Максвелів розподіл частинок за швидкостями*

Поняття середнього та функції розподілу. Дошка Гальтона. Розподіл молекул ідеального газу по інтервалах швидкостей. Розподіл за компонентом швидкості, за модулем швидкості, за кінетичною енергією. Фазовий простір швидкостей. Густина розподілу молекул у фазовому просторі швидкостей  $n(\vec{v})$ . Постановка задачі про визначення функції  $n(\vec{v})$ . Виведення функції розподілу Максвела. Графіки функцій розподілу  $f(v)$ ,  $\varphi(v_x)$ ,  $n(\varepsilon)$ ; зв'язок між цими функціями. Досліди Штерна та Ламерта. Задача про кількість зіткнень молекул з  $1 \text{ cm}^2$  стінки за  $1 \text{ c}$ . Виведення рівняння стану ідеального газу в стані термодинамічної рівноваги.

### *Розподіл частинок за потенціальною енергією*

Розподіл молекул ідеального газу у зовнішньому силовому полі. Розподіл Больцмана. Барометрична формула. Досліди Перена. Розподіл Максвела - Больцмана. Розподіл Гібса.

Межі застосування класичного розподілу. Температура виродження. Поняття про розподіл квантових частинок по енергіях. Розподіл Фермі - Дірака та Бозе - Ейнштейна.

### **Основи фізичної кінетики**

Довжина та час вільного пробігу молекул газу. Кількість зіткнень молекули за 1 с. Швидкі та повільні процеси встановлення термодинамічної рівноваги. Фізична сутність явищ перенесення: дифузії, в'язкості, теплопровідності. Стаціонарні та нестаціонарні процеси перенесення, їх рівняння. Молекулярно-кінетична теорія коефіцієнтів перенесення в ідеальному газі. Розмірність коефіцієнтів перенесення  $D$ ,  $\kappa$ ,  $\eta$ . Зв'язок між ними, їхня залежність від термодинамічних параметрів та можливість перевірки молекулярно-кінетичної моделі речовини. Зв'язок коефіцієнта дифузії із рухомістю молекул. Характерні задачі стаціонарної фізичної кінетики та методика їхнього розв'язання. Тепловий опір. Термодифузія. Формула Пуазейля, в'язкий опір трубопроводу. Особливості явищ перенесення в розріджених газах. Ефузія. Застосування знань про явища перенесення в техніці.

### **Термодинаміка реального газу**

Модель та реальність. Термодинамічні відомості. Стисливість. Молекулярно-кінетична модель. Рівняння Ван - дер - Ваальса. Поправки на сили притягання та сили відштовхування між молекулами. Дослідження рівняння Ван - дер - Ваальса. Ізотерма Амага. Критична точка  $(P_k, T_k, V_k)$ . Рівняння Ван - дер - Ваальса в зведеній формі. Закон відповідних станів. Внутрішня енергія реального газу. Ентропія реального газу. Відхилення від закону Маєра для газу Ван-дер-Ваальса. Основні поворотні та неповоротні процеси. Крива інверсії процесу Джоуля - Томсона. Конденсація реальних газів на рідину. Методи одержання низьких температур (турбодетандер Капіці, адіабатне розмагнічування парамагнітної солі). Фізика низьких температур: успіхи, задачі, можливості.

### **Рідина**

Фізичні властивості рідини. Подібність та відмінності властивостей реального газу і рідини. Густина та стисливість. Рівняння Ван - дер - Ваальса для рідини. Молекулярно-кінетична модель рідини. Близький та далекий порядок. Стаціонарний потік. Елементи гідро - та аеродинаміки. Закон Бернуллі. Обтікання тіл. Підйомна сила. Число Рейнольдса. Енергія молекули в товщі та на поверхні рідини. Поверхневий шар, його будова. Коефіцієнт поверхневого натягу. Тиск під викривленою поверхнею рідини. Явище капілярності. Живлення рослин. Змочування, незмочування, крайовий кут. Тиск насиченої пари над викривленою поверхнею. Особливості явищ перенесення у рідині. Енергія активації. Час осілого життя молекули та в'язкість. Бінарна та кореляційна функції.

### **Розчини**

Розчинність. Суміші рідин, тверді розчини. Осмотичний тиск. Кипіння та твердіння сумішей. Фазові діаграми. Евтектика. Правило фаз.

### **Молекулярно-кінетична теорія твердого тіла**

Особливості кристалічної фази речовини. Близький та далекий порядок. Кристалічні ґратки. Анізотропія фізичних властивостей кристала. Пружність. Характерна форма кристала. Внутрішньокристалічні сили. Симетрія кристалів. Елементи симетрії (вісь, площина, центр, вектор перенесення). Просторові ґратки. Вузлові прямі, вузлові площини ґратки. Класифікація кристалів, кристалічні системи, ґратки Браве. Будова реальних кристалів, блочна структура. Елементарні дефекти в кристалах: прониклі атоми, вакансії, заміщення, дислокації. Теплові властивості. Теплоємність, теплове розширення кристала. Основні положення теорії теплоємності за Ейнштейном та Дебаєм. Елементи квантової статистики. Уявлення про квазічастинки. Рівняння стану. Коефіцієнт Грюнайзена.

### **Пружні властивості твердого тіла**

Прості розтяг та стискання. Модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона. Енергія пружної деформації. Всебічні стискання та розтяг. Модуль всебічного стискання. Деформація згинання. Модуль зсуву. Деформація крутіння. Межі застосування лінійної теорії пружності. Межа пружності. Межа міцності. Петля механічного гістерезису.

### **Звук**

Поширення акустичних коливань у суцільному середовищі. Рівняння плоскої монохроматичної хвилі. Швидкість звука в газі, рідині та твердому тілі. Акустичний тиск. Хвильове рівняння. Інтенсивність хвилі. Стоячі хвилі. Акустичний резонатор Гельмгольца. Власні частоти. Закон відбиття. Закон заломлення хвиль. Ефект Доплера. Поглинання звука.

### **Фазові переходи**

Фази речовини. Фазові переходи першого роду. Плавлення, кипіння. Рівняння Клапейрона - Клаузіуса. Зародки нової фази. Критичні розміри зародка. Метастабільні стани. Природа явищ перегрівання та переохолодження. Бульбашкова камера. Камера Глезера. Фазові переходи другого роду, критичні стани та нестійкості. Фазові діаграми. Потрійна точка. Роль флуктуацій. Надплинність. Досліди Капіці. Теорія надплинності Ландау (якісно). Конденсат та газ фононів. Явище надпровідності (якісно).

## **КРИТЕРІЇ**

оцінювання рівня знань

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 фахового 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.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

(основна)

1. Савельев И.В. Курс общей физики. - М.: Наука, 1966. - т.1, 2.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. -М.: Наука, 1975. - т.1, 2.
3. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Механика и молекулярная физика. -М.: Наука, 1965.
4. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. - К.: Вища шк., 1993.- 431 с.
5. Дутчак Я.Й. Молекулярна фізика. - Видавництво Львівського університету, 1973. С. 264.
6. Иродов И.Е., Савельев И.В., Замша О.И. Сборник задач по общей физике. - М.: Наука, 1975.
7. Гірка В.О., Гірка І.О., Кондратенко А.М., Програма та методичні поради з механіки та молекулярної фізики для студентів 1 курсу фізико-технічного факультету. - Харків: Просвіта, 2001. – 24 с.
8. В. О. Гірка, І. О. Гірка. Механіка; навчальний посібник. - Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 386 с.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

(додаткова)

1. Біленко І.І. Фізичний словник.- К.: Вища школа, 1993.
2. Телеснин Р.В. Молекулярная физика. - М.: Высш. школа, 1973.
3. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. - М.: Наука, 1971.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 1, Механика. -М.: Наука, 1988.- 216 с. § 18.
5. Поль Р.В. Механика, Акустика и учение о теплоте. -М.: Наука, 1971.
6. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции, т. 7, М., 1966.
7. Гірка В.О., Гірка І.О. Лекції з курсу фізики «Механіка та молекулярна фізика» для студентів природничих факультетів. Навчальний посібник / Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. – 367 с.

Голова фахової атестаційної комісії  
ННІ «Фізико-технічний факультет»



Ігор СЕРЕДА

Відповідальний секретар  
Приймальної комісії



Ольга АНОЩЕНКО

Затверджено на засіданні Приймальної комісії Харківського  
Національного університету імені В.Н. Каразіна

Протокол №2 від 8 лютого 2021 р.