

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія природничих дисциплін

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Фізика»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти

Аеронавігація

за темою -Основи молекулярно-кінетичної теорії. Ідеальний газ

Харків2022

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2022 № 8 _____

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу ХНУВС
Протокол від 22.08.2022 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2022 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії природничих дисциплін, протокол
від 10.08.2022 № 1

Розробник: викладач циклової комісії природничих дисциплін, спеціаліст
першої категорії, Москалик В.М.

Рецензенти:

1. Завідувач відділення фахової підготовки навчального відділу КЛК ХНУВС,
к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.
2. Доцент кафедри автомобілів і тракторів Кременчуцького національного
університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Черниш А.А.

План лекції:

1. Основи молекулярно-кінетичної теорії речовини. Фізична модель ідеального газу.
2. Теловий рух. Броунівський рух
3. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів.

Література:

Основна література:

- 1.1 Дмитрієва В. Ф. Фізика : навчальний посібник / В. Ф. Дмитрієва. – К. : Техніка, 2008. – 608 с.
- 1.2 Трофімова Т.І. Курс фізики ; 11-е изд., стер. : навчальний посібник для вишів / Т.І. Трофімова. –К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 560 с.
- 1.3. Технічна термодинаміка (Термодинаміка, теплопередача, теорія авіаційних двигунів) навчальний посібник: Л.В. Михненко. Міністерство цивільної авіації.

Тема 4. Основи молекулярно-кінетичної теорії. Ідеальний газ

1. Основи молекулярно-кінетичної теорії речовини. Фізична модель ідеального газу

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії

Розділ фізики, що вивчає залежності будови і фізичних властивостей тіл від характеру руху і взаємодії між частинками, з яких складаються тіла, називають молекулярною фізикою.

Вчення про те, що всі тіла складаються з окремих частинок - атомів, виникло у Стародавній Греції в IV ст. до н. е. Основоположником атомістичної теорії був філософ Демокріт. Погляди Демокріта` природно, дуже далекі від сучасних уявлень, але вони мали велике значення у розвитку фізики.

Серед видатних філософів-фізиків, які вивчали молекулярну будову речовини, особливу роль відіграли праці великого російського вченого

М. В. Ломоносова. Він розглянув питання обертального руху молекул і пояснив теплові` явища в цьому відношенні. Ломоносов заперечував вчення про теплець, що панувало тоді, - деяку невагому рідину, яка нібито визначала теплові властивості тіл, а твердив, що "теплота полягає у внутрішньому русі матерії.

Основні уявлення, висловлені М. В. Ломоносовим, були потім розвинуті Л. Больцманом, Р. Клаузіусом` Дж. Максвеллом, Ж. Гей-Люссаком, А. Авогадро та ін. Численні дослідження, виконані цими вченими, дали можливість сформулювати основні положення молекулярно-кінетичної

теорії. В основі теорії лежать три важливі положення, підтверджені експериментально і теоретично.

1. Усі тіла складаються з найдрібніших частинок – атомів молекул, до складу яких входять ще дрібніші елементарні частинки (електрони, протони, нейтрони). Будова будь-якої речовини дискретна (переривчаста).

2. Атоми і молекули речовини завжди перебувають у безперервному хаотичному русі.

3. Між частинками будь-якої речовини існують сили взаємодії – притягання і відштовхування. Природа цих сил слетромагнітна.

Ці положення підтверджуються явищами дифузії, броунівського руху, особливостями будови і властивостями газів, рідин, твердих тіл та іншими явищами.

2. Теловий рух. Броунівський рух

Тепловий рух

Дослідні дані, які лежать в основі молекулярно-кінетичної теорії, є наочним доказом молекулярного руху і залежності цього руху від температури. На відміну від механічного руху нагрівання чи охолодження тіл може призвести до зміни їхніх фізичних властивостей. Так, від значного охолодження вода перетворюється в лід, а нагрівання металу до високих температур перетворює його не тільки в рідину, а й у газ. Перебіг теплових процесів безпосередньо пов'язаний із структурою речовини, тому теплові явища можна використати для пояснення будови речовини, а будова речовини, у свою чергу, дає нам уявлення про фізичний зміст теплових явищ.

Щоб пояснити ці процеси і навчитись керувати ними, треба встановити закони, яким підпорядковані зміни, що відбуваються з тілами під дією теплоти. Ці закони описують теплову форму матерії.

Броунівський рух

У 1827 Р. Англійський ботанік р. Броун, вивчаючи внутрішню будову рослин за допомогою мікроскопа, встановив, що частинки твердої речовини у рідкому середовищі здійснюють безперервний хаотичний рух. Аналогічний рух можна спостерігати через мікроскоп, якщо розглядати дим, крапельки жиру у воді або частинки твердого тіла, що зависли в рідині чи газі. Тепловий рух завислих у рідині (або газі) частинок назвали броунівським рухом.

Було встановлено, що швидкість броунівських частинок залежить від їх розмірів і температури. Чим вища температура і менші розміри,

тим швидше рухаються частинки. Причиною броунівського руху є безперервний хаотичний рух молекул рідини або газу, які безладно вдаряючись з усіх боків об частинки, надають їм руху.

3. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів

Тиск виникає внаслідок ударів молекул об стінки посудин.

Розглянемо поводження однієї довільно взятої молекули і ідеального газу, що є в посудині, яка має форму куба. Нехай v_i - її швидкість, напрямлена перпендикулярно до стінки посудини, а m_i - маса. Під час пружного удару молекула надасть стінці імпульс $m_i v_i$, після удару її імпульс дорівнюватиме $-m_i v_i$. Отже, імпульс молекули зміниться на

$m_i v_i - (-m_i v_i) = 2 m_i v_i$. Другим законом Ньютона,

$$F_i T_i = 2 m_i v_i.$$

Якщо в кубі, довжина ребра якого дорівнює l , є n молекул, то внаслідок безладного руху молекул і рівної ймовірності всіх напрямів можна вважати, що $n/3$ молекул рухається вздовж осі x , $n/3$ - уздовж осі y , $n/3$ молекул - уздовж осі z .

Щоб знайти середню силу тиску газу, треба обчислити суму імпульсів усіх молекул об стінку за певний час. Від удару до наступного удару об ту саму грань молекула проходить шлях, який в середньому дорівнює $l = 2l/v_i$. Визначаємо тепер середню силу, з якою на одну із стінок посудини діє одна молекула. У рів підставимо час t_i між двома ударами

$F_i = (2l/v_i)$, звідки

$$F_i = \frac{2m_i v_i^2}{2l}, \text{ або } F_i = \frac{m_i v_i^2}{l}.$$

Молекули газу рухаються з різними швидкостями ($v_1, \dots, v_2, \dots, v_3, \dots$), отже, вони надають стінці посудини й різних імпульсів. Візьмемо який-небудь один напрям руху молекул (наприклад, уздовж осі x). Між двома протилежними гранями куба в цьому напрямі рухається $n/3$ усіх молекул, і сумарна сила ударів об одну грань

$$F = \frac{1}{3} \left(\frac{m_1 v_1^2}{l} + \frac{m_2 v_2^2}{l} + \dots + \frac{m_n v_n^2}{l} \right).$$

В ідеальному газі $m_1 = m_2 = \dots = m_n = m$, тому

$$F = \frac{1}{3} \frac{m}{l} (v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2).$$

Помноживши і поділивши праву частину рівності на n , дістанемо

$$F = \frac{1}{3} \frac{mn}{l} \left(\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n} \right).$$