

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

**Циклова комісія економіки, соціально-гуманітарних та  
фундаментальних дисциплін**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

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

**173 Авіоніка  
Авіоніка**

**за темою - Властивості пари. Властивості рідин**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 22.02.2024 №2

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського  
національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 17.01.2024 №6

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з гуманітарних та соціально-  
економічних дисциплін  
Протокол від 22.02.2024 №2

Розглянуто на засіданні циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, протокол від 05.01.2024 №14

**Розробник:**

*Викладач циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, Пузир М.С.*

**Рецензенти:**

*1.Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, кандидат технічних наук, доцент Черниш А.А.*

*2.Начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.*

## План лекції

1. Властивості пари.
2. Властивості рідин. Характеристика рідкого стану речовини.

## Рекомендована література:

### Основна

1. Дмитрієва В. Ф. Фізика : навчальний посібник / В. Ф. Дмитрієва. – К.: Техніка, 2008. – 608 с.

### Додаткова

1. Курс фізики : навчальний посібник / [Зачек І. Р., Кравчук І. М., Романишин Б. М., Габа В. М., Гончар Ф. М.]. – Львів : Видавництво «Бескид Біт», 2002. – 376 с.
2. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.1: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – 224 с.
3. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.2: Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 208 с.
4. Збірник задач з фізики : навчальний посібник / [Лопатинський І. Є., Зачек І. Р., Серeda В. М., Крушельницька Т. Д., Українець Н. А.]. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 124с.

## Текст лекції

### 1. Властивості пари

Явище переходу речовини в пару називається пароутворенням. У природі пароутворення відбувається у вигляді випаровування і кипіння. Пароутворення з відкритої поверхні рідини називається випаровуванням. Випаровуються не тільки рідини, а й тверді тіла. Випаровування твердих тіл називається сублімацією.

Розглянемо процес випаровування рідин. Як дифузія, випаровування відбувається в наслідок безперервного хаотичного руху молекул рідини.

Всяка молекула, яка рухається з глибин рідини до її поверхні, зазнає в поверхневому шарі дії сили, що перешкоджає вируванню молекули з поверхні рідини. Щоб пройти крізь поверхневий шар, молекула повинна мати достатню кінетичну енергію, щоб виконати роботу виходу з поверхні рідини. Швидкості молекул рідини, як молекул газу, різні. Рідину залишають «найшвидші» молекули, внаслідок чого середня кінетична енергія молекул, які лишилися,

зменшуються, що призводить до зниження температури рідини. Щоб підтримувати сталою температуру рідини, їй треба надавати енергію ззовні, наприклад, у вигляді теплоти. Кількість теплоти  $Q$ , потрібної для перетворення в пару в 1 кг рідини при сталій температурі, називають питомою теплотою пароутворення:

$$r = \frac{Q}{m}$$

Після того як молекула рідини перемістилась від межі поверхневого шару на відстань, більшу за радіус дії молекулярних сил рідини, вона стає молекулярною парою. Молекулярні сили діють на порівняно коротких відстанях (порядку 10 нм).

### **Конденсація**

Внаслідок хаотичного руху над поверхнею рідини молекула пари, потрапляючи в сферу дії молекулярних сил, знову повертається в рідину. Цей процес називають конденсацією. У процесі конденсації пари деякої маси виділяється стільки енергії, скільки витрачається під час випаровування рідини такої самої маси. Р випаровується при будь-якій температурі і тим швидше, чим вища температура, більша площа вільної поверхні, яка випаровується, і тим швидше видаляється утворена над рідиною пара.

Якщо рідина міститься у відкритій посудині, то молекул випаровується більше, ніж конденсується, і маса рідини зменшується.

Нагадаємо, що процес пароутворення зв'язаний із збільшенням її. Отже, конденсація і пароутворення відбуваються тільки процесі обміну енергією між навколишнім середовищем і речовиною.

## **2. Властивості рідин. Характеристика рідкого стану речовини**

Рідина - це агрегатний етап речовини. проміжний між газоподібним і твердим. Проте рідини внаслідок різного характеру теплового руху молекул істотно відрізняються від газів і твердих тіл. Відповідь на питання до чого ближчі властивості рідин (до газу чи твердого тіла), залежить від того, при яких температурах і тисках їх порівнюють. Якщо сили молекулярної взаємодії в газах починають проявлятися при низьких температурах і великих тисках, то в рідинах ці сили мають основне значення. Молекулярний тиск у рідинах дуже великий. Звернемо увагу, що молекулярний тиск - це не тиск у тому розумінні, як це прийнято в газових законах, а умовне позначення величини, яка враховує дію молекулярних сил. Питомий об'єм рідин у тисячі разів менший від питомого об'єму газу; отже, молекулярний тиск у рідинах у мільйони разів більший, ніж у газах. Розрахунок молекулярного тиску для води дає значення близько 1100 МПа. Молекулярний тиск можна обчислити за тією роботою, яку виконують молекули, проходячи крізь поверхневий шар рідини». Якщо рідина перебуває в

стані рівноваги, то молекули рідини коливаються навколо деякого положення рівноваги. У цьому разі сили притягання зрівноважені силами відштовхування.

Великим значенням молекулярного тиску пояснюється той факт, що рідина практично нестислива. Справді, перебуваючи під величезним молекулярним тиском, рідина практично не реагує на зміни зовнішнього тиску.

Рідина має властивість текучості, набирає форми посудини, в яку її наливо.

Розглянемо окрему молекулу, розміщену всередині великого об'єму рідини. На цю молекулу діють сусідні молекули, розміщені на відстані  $r_0 \neq 1 \text{ нм}$  (радіус молекулярної взаємодії). Якщо радіус молекулярної взаємодії обмежити сферу, в центрі якої лежить молекула, що розглядається, то в цій області розмістяться всі молекули, впливу яких зазнає взята молекула. Оскільки густина рідини однакова в усьому об'ємі, то рівнодійна молекулярних сил, які діють на розглядувану молекулу, дорівнює нулю. Молекули рідини притягуються одна до одної, але оскільки результуюча сил притягання дорівнює нулю, то молекули під дією цих сил зовсім не переміщуються.

Під час зсування шарів один відносно одного в рідині виникають сили внутрішнього тертя, які залежать від коефіцієнта внутрішнього тертя (динамічної в'язкості).

Чим більша динамічна в'язкість, тим в'язкіша рідина. Наприклад, вода більш в'язка речовина, ніж ацетон, але менш в'язка, ніж гліцерин. У більшості газів значення динамічної в'язкості у 100-200 раз менші, ніж у води. В'язкість рідини залежить від температури і тиску. З підвищенням температури в'язкість рідини швидко зменшується, зростання тиску веде до збільшення в'язкості рідини.

Численні дані свідчать про те, що за структурою рідини ближчі до твердих тіл, ніж до газів. У рідинах існує так званий ближній порядок, тобто в рідинах можна назвати положення молекул, близьких до першої. Дані рентгеноструктурного аналізу показують, що структура рідини подібна до структури твердого тіла, з якого вона утворилась, тільки ця структура виражена слабше.

Радянський фізик Я. І. Френкель розробив теорію, згідно з якою молекула рідини протягом деякого часу коливається навколо своїх положень рівноваги, ніби перебуваючи у вузлі кристалічних ґрат. Час "осілого життя" молекули рідини дуже малий ( $\sim 10^{-10}$  -  $10^{-12}$  с) після чого молекула рідини переходить у нове положення рівноваги (новий вузол). У найпростіших випадках пробіг молекули рідини збігається із спиною ґрат - відстанню між двома сусідніми вузлами ґрат. Молекула, яка перебуває у вузлі ґрат, здійснює теплові коливання з амплітудою, яка менша за сталу ґрат.