

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка**

---

**Кафедра фізико-математичної освіти та інформатики**

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**Тема: «Методика вивчення молекулярної фізики і термодинаміки у старшій школі в умовах дистанційного навчання»**

**Виконала:**

магістрантка б2М-Ф групи  
факультету природничої і фізико-математичної освіти  
Хоминіч Світлана Вікторівна

**Спеціальність:**

014 Середня освіта Предметна спеціальність 014.08 Середня освіта (Фізика)

**Науковий керівник:**

кандидат педагогічних наук, доцент  
Рябко Андрій Вікторович

Дата захисту: « » 2023 р.

Національна оцінка \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_

Оцінка ECTS \_\_\_\_\_

Підписи членів ДЕК:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Глухів - 2023

# Зміст

Зміст .....	2
Вступ .....	4
<b>Розділ 1. Теоретичні засади вивчення фізики в старших класах закладу загальної середньої освіти в умовах дистанційного навчання із застосуванням ІКТ .....</b>	<b>11</b>
1.1. Дидактичні передумови використання дистанційних технологій в навчальному процесі .....	11
1.1.1. Моделі дистанційного навчання .....	16
1.1.2. Інформаційні технології в дистанційній освіті .....	23
1.1.3. Структура навчальної демонстрації .....	26
1.2. Календарно-тематичний план з фізики для 10 класу .....	28
1.3. Labquest Vernier у навчальному фізичному експерименті з молекулярної фізики і термодинаміки .....	29
1.3.1. Як обладнання LabQuest Vernier підтримує дистанційне навчання .....	33
1.3.2. Властивості газів .....	37
1.3.3. Випаровування та міжмолекулярна взаємодія .....	39
1.3.4. Закон Бойля: залежність між тиском і об'ємом у газах .....	44
1.3.5. Залежність між тиском і температурою в газах .....	49
1.3.6. Тепловий двигун: зв'язок роботи з P-V циклом .....	54
1.3.7. Дослідження плавлення льоду .....	55
1.3.8. Температура кипіння води .....	57
1.4. Висновки до розділу .....	58
<b>Розділ 2. Методика вивчення молекулярної фізики і термодинаміки у старшій школі в умовах дистанційного навчання .....</b>	<b>60</b>
2.1.1. Методи дистанційного навчання фізики .....	60
2.1.1.1. Цифрові навчальні платформи та ресурси .....	60
2.1.1.2. Інтерактивне спілкування та обговорення .....	61

2.1.1.3. Адаптивні стратегії навчання.....	62
2.1.1.4. Практичний експеримент .....	62
2.1.1.5. Адаптивні технології та доступність.....	63
2.1.2. Рух і взаємодія молекул .....	66
2.1.3. Основне рівняння МКТ ідеального газу.....	74
2.1.4. Температура. Температурна шкала Кельвіна.....	81
2.2. Дослідно-експериментальна перевірка результатів дослідження...	91
2.3. Висновки до розділу.....	96
<b>Висновки.....</b>	<b>97</b>
<b>Література .....</b>	<b>98</b>

## Вступ

**Актуальність теми.** Попри постійні атаки окупантів, в українській школі продовжується освітній процес, освітяни спільними зусиллями долають всі виклики, які постають перед ними. Чимало закладів загальної середньої освіти вимушені періодично або постійно проводити заняття у дистанційній формі.

Дослідження дистанційної освіти на основі досвіду країни, що перебуває у стані відкритої війни, у сучасній європейській та американській педагогічній думці не досліджено. Оскільки таких прецедентів у XXI столітті ще не було. З цієї причини пошук відповідей на виклики дистанційного навчання в українських реаліях може стати певною матрицею для вирішення подібних ситуацій в інших державах. Таким чином, такий аналіз є важливою дослідницькою проблемою, яка досі не мала синтетичного вирішення.

Освіта є основним правом, яке заслуговує кожна дитина, незалежно від обставин. Проте в умовах війни доступ до освіти може бути серйозною проблемою. Війна може створити руйнування, хаос і переміщення, через що дітям буде важко ходити до школи. Але важливість освіти залишається значною під час війни, оскільки вона допомагає дітям подолати травму війни та готує їх до кращого майбутнього.

Навчання в умовах війни стикається з численними перешкодами. Школи можуть бути пошкоджені або зруйновані, що ускладнить або унеможливить відвідування уроків дітьми. Вчителі можуть бути переміщені або недоступні через проблеми безпеки. Батьки можуть бути не в змозі оплатити витрати на освіту, оскільки їм важко задовольнити основні потреби, такі як їжа та житло. Крім того, у зонах конфлікту дітям може загрожувати викрадення, вербування до збройних груп та інші форми насильства.

Незважаючи на ці виклики, освіта є важливою під час війни. Освіта дає дітям знання та навички, необхідні для того, щоб впоратися з травмою війни. Це також допомагає їм підтримувати відчуття нормального життя та дає

надію на краще майбутнє. Освіта також може допомогти запобігти вербуванню дітей у збройні групи, надаючи їм альтернативний шлях до кращого життя.

Щоб забезпечити освіту в умовах війни, уряди, неурядові організації та окремі люди повинні працювати разом, щоб подолати перешкоди. Перш за все, безпека має бути головним пріоритетом. Школи мають бути захищені від пошкоджень, а вчителі повинні отримати необхідну підготовку та підтримку для роботи в небезпечних умовах. Батькам необхідно надати фінансову допомогу, необхідну для того, щоб відправити своїх дітей до школи, а громадам мають бути надані ресурси, необхідні для відновлення та утримання шкіл.

Крім того, інноваційні підходи до освіти, такі як мобільні школи, можна використовувати для охоплення дітей у віддалених або небезпечних районах. Навчальні онлайн-платформи також можуть стати цінним джерелом освіти під час війни, особливо коли фізичні школи неможливі. Радіо- та телепрограми також можна використовувати для надання освітнього контенту дітям, які не можуть відвідувати школу особисто.

Насамкінець важливо надавати психосоціальну підтримку дітям під час війни. Травма війни може мати значний вплив на психічне здоров'я дітей, і освіта може бути ефективним способом вирішення цієї проблеми. Школи можуть надавати консультаційні послуги, а вчителів можна навчити виявляти та підтримувати дітей, які відчувають емоційні труднощі.

Підсумовуючи, освіта є важливою частиною життя кожної дитини, навіть під час війни. Незважаючи на існуючі перешкоди, важливо забезпечити освіту дітей у зонах конфлікту. Роблячи це, ми можемо допомогти їм впоратися з травмою війни, дати їм відчуття нормальності та надії, а також дати їм інструменти, необхідні для побудови кращого майбутнього для себе та своїх громад.

У зв'язку з цим актуальною є проблема ефективного застосування інформаційно-комунікаційних технологій у процесі дистанційного навчання, зокрема, й фізики.

Водночас, існує певна суперечність між дидактичним потенціалом інформаційних технологій дистанційного навчання та їх практичним використанням у навчально-виховному процесі з фізики у старшій школі. Недостатнє теоретичне і практичне вивчення проблеми зумовили вибір теми дослідження: **«Методика вивчення молекулярної фізики і термодинаміки у старшій школі в умовах дистанційного навчання»**

На сьогодні досліджено такі аспекти: шляхи підвищення ефективності навчання з використанням інформаційних технологій (В.Ю. Биков, М.І. Жалдак, Ю.О. Жук, О.І. Іваницький, В.І. Клочко, Н.В. Морзе, Ю.С. Рамський, В.І. Сумський) педагогічні підходи до комп'ютеризації навчального процесу (Б.С. Гершунський, Є.І. Машбиць, І.П. Підласий, П.Б. Полянський [27]); дидактичні властивості комп'ютерних засобів (Є.С. Полат [26]); теорія і практика модульного навчання (В. Огнев'юк, О. Фурман); теорія і практика особистісно-орієнтованого навчання (І.Д. Бех, С.І. Подмазін, І.С. Якиманський, В.В. Рибалка); педагогічні положення про активізацію навчальної діяльності (А.Ф. Есаулов, В. Лозова, М.І. Махмутов, В.Т. Оконь, І.Ф. Харламов, Т.І. Шамова, Г.І. Щукіна); методи творчого навчання за допомогою телекомунікаційних засобів (Г.А. Андріанова, А.П. Кудін, А.В. Хуторський); концептуальні педагогічні положення про дистанційне навчання (О.А. Андрєєв, Г.О. Козлакова, І.В. Козубовська, А.П. Кудін, В.М. Кухаренко, В.В. Олійник, Є.С. Полат [26], П.В. Стефаненко А.В. Хуторський, Н.В. Василенко та інші.

Впровадження інформаційних технологій в методичну систему навчання фізики передбачає раціоналізацію його структури і змісту, модернізацію форм і методів навчання. Проблеми визначення змісту шкільного курсу фізики з використанням елементів обчислювальної техніки розглядались в роботах П. С. Атаманчука [8], Є.В. Коршака, О.І. Бугайова,

Б.Ю. Миргородського [22], С.У. Гончаренка [15], Г.М. Гайдучка, О.Ф. Кабардіна, Н.М. Шахмаєва. Шляхи підвищення ефективності навчання на базі використання інформаційних технологій розглянуті у працях М.І. Жалдака [16, 17], Ю.О. Жука, О.І. Іваницького, В.І. Ключко, Е.І. Машбиця, Н.В. Морзе, В.І. Сумського та інших вчених.

Основну увагу в нашому дослідженні ми приділяємо комплексній проблемі функціонування дистанційної освіти в Україні з 2019 року (початок пандемії Covid-19) до рішень, прийнятих уже під час російсько-української війни у 2022 році. Це може бути корисним теоретикам і практикам педагогічної науки, які за результатами цього дослідження зможуть отримати матеріал для дискусії про майбутнє дистанційної освіти в цілому.

Особливу увагу у розв'язанні поставлених перед освітою важливих світоглядних та прикладних питань, відіграє фізика. Як навчальний предмет фізика посідає одне з провідних місць у розв'язанні комплексних завдань підготовки вчителів природничих дисциплін. Вона створює необхідні умови для формування у молоді правильних наукових уявлень про навколишній світ та його фізичну картину, формує і розвиває науковий спосіб мислення, розкриває тісний взаємозв'язок науки з життям.

**Мета роботи** – полягає в теоретичному обґрунтуванні, розробці, впровадженні та експериментальній перевірці методики вивчення розділу "Молекулярна фізика і термодинаміка" в 10 класі закладу загальної середньої освіти в умовах дистанційного навчання.

**Об'єкт дослідження** – є навчально-виховний процес з фізики у 10 класі закладу загальної середньої освіти.

**Предмет дослідження** складають методи та прийоми використання у дистанційному навчальному процесі з фізики інформаційно-комунікаційних технологій.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні **завдання**:

- проаналізувати стан розробленості проблеми у педагогічній теорії і практиці;

- теоретично обґрунтувати і розробити методичку методики вивчення розділу " Молекулярна фізика і термодинаміка" в 10 класі закладу загальної середньої освіти в умовах дистанційного навчання із застосуванням ІКТ;
- підготувати методичні розробки для забезпечення навчально-виховного процесу з фізики;
- перевірити в процесі проходження педагогічної практики ефективність запропонованої методики.

Провідним на всіх етапах дослідження виступав педагогічний експеримент, мета якого виявлення ефективності запропонованої методики, методи математичної статистики для обробки та інтерпретації результатів педагогічного експерименту.

Для розв'язання поставлених завдань використовувалися наступні **методи дослідження:**

- теоретичні – аналіз психолого-педагогічної, філософської, і науково-методичної літератури при обґрунтуванні теоретичних положень дослідження;
- емпіричні – узагальнення педагогічного досвіду з проблеми, спостереження навчально-виховного процесу з фізики, опитування;
- вивчення результатів діяльності учнів і вчителів.

**Наукова новизна** роботи полягає у наступному:

- запропоновано використання інформаційно-комунікаційних технологій у комплексі з діючими підручниками з фізики;
- запропоновано методичні прийоми формування фізичних понять засобами комп'ютерного моделювання на прикладі вивчення розділу "Молекулярна фізика і термодинаміка " в 10 класі;
- доведено педагогічну доцільність ефективності інформаційно-комунікаційних технологій у процесі дистанційного навчання на підвищення якості засвоєння знань, підвищення мотивації навчання та розвиток пізнавального інтересу учнів.



### **Практичне значення:**

- створено електронний посібник, який містить основні демонстрації з розділу "Молекулярна фізика і термодинаміка" в 10 класі для використання у процесі дистанційного проведення уроків з фізики;
- розроблено демонстраційні комп'ютерні моделі з метою забезпечення вивчення означеного розділу;
- розроблено онлайн-тести з метою діагностики і перевірки знань учнів.

**Експериментальна база дослідження.** Дослідно-експериментальна робота здійснювалась у Глухівський ЗОШ № 6, Новгород-Сіверська ЗОШ № 2.

**Організація дослідження.** Дослідження здійснювалось поетапно.

На першому етапі (I семестр) з'ясовувались та аналізувались психолого-педагогічні аспекти методики вивчення розділу "Молекулярна фізика і термодинаміка" в 10 класі у процесі дистанційного навчання. Вивчалися теоретичні та практичні передумови застосування в навчальному процесі інформаційних технологій. Проводився констатуючий експеримент. Було створено навчально-методичне забезпечення формуючого експерименту.

На другому етапі (формуючий експеримент) перевірялася експериментальна методика вивчення розділу "Молекулярна фізика і термодинаміка" в 10 класі у процесі дистанційного навчання.

**Пропозиції щодо використання результатів дослідження.** Розроблена в магістерській роботі методика вивчення розділу "Молекулярна фізика і термодинаміка" в умовах дистанційного навчання та результати дослідження рекомендуються до використання в процесі вивчення фізики в 10 класі.

Результати дослідження висвітлені у **публікаціях**:

1. Хомініч С. Навчальний фізичний експеримент з молекулярної фізики і термодинаміки в умовах дистанційного навчання із використанням LABQUEST 2. *Міжнародна науково-методична конференція «Проблеми математичної освіти» (ПМО – 2023)*, м. Черкаси, 6-7 квітня 2023 р. Черкаси: Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2023. С. 189-191 [33]

# **Розділ 1. Теоретичні засади вивчення фізики в старших класах закладу загальної середньої освіти в умовах дистанційного навчання із застосуванням ІКТ**

У першому розділі розглянемо дидактичні передумови використання інформаційно-комунікаційних технологій вивчення фізики в старших класах закладу загальної середньої освіти в умовах дистанційного навчання.

На основі порівняльного методу порівнюються принципи використання цифрових платформ в Україні та США, Україні та Франції тощо, оскільки досвід використання такої системи в цих країнах підтверджує ефективність сучасної дистанційної освіти. У результаті проаналізовано низку проблем, зокрема, висвітлено загальну важливість дистанційної освіти для навчального процесу, продемонстровано важливість асинхронного навчання, проаналізовано досвід використання онлайн-платформ, сформовано певні рекомендації щодо розвитку дистанційної освіти на тлі військової агресії. Дистанційна освіта в Україні в умовах повномасштабного російського вторгнення спрямована на такі категорії учнів: осіб, які вимушено тимчасово проживають в інших регіонах України, осіб, які проживають на окупованих територіях або за її межами України.

## **1.1. Дидактичні передумови використання дистанційних технологій в навчальному процесі**

Широке впровадження дистанційної освіти стало предметом багатьох дискусій з початку пандемії COVID-19, коли навчальні заклади багатьох країн почали працювати через Інтернет. Прогресивність такого способу проведення занять ще не визначена, що робить це питання дуже актуальним для дослідження. Це особливо важливо для українського освітнього контексту, де поширення глобальної хвороби поєдналося з початком

широкомасштабного російського вторгнення у 2022 році. Наслідки активних військових дій для розвитку освітніх технологій до кінця не з'ясовані, якщо лише тому, що європейські країни у XXI столітті не стикалися з такими загрозливими викликами.

Оскільки нині дистанційне навчання на основі інформаційно-комунікаційних технологій використовується на всіх рівнях освітнього процесу, це впливає на появу різноманітних педагогічних досліджень щодо умов використання дистанційної освіти. Наприклад, Demiray [2] проаналізував специфіку використання дистанційних онлайн-платформ у сучасній освіті. Він вважає, що поширення інших цифрових технологій у сучасності є помітним «цунамі», яке трансформувало галузь освіти. Kem (2022) [4] описав основні популярні персональні та адаптивні цифрові платформи, які використовуються в міжнародних системах дистанційної освіти. Cherng та ін. описали ключові переваги та недоліки використання дистанційного навчання в університетах [1]. Також у спільній роботі вони охарактеризували значення пандемії COVID-19 для вищої освіти. Особливу увагу вони приділили аналізу нових інформаційних та комунікаційних технологій. Водночас у своїй роботі автори досліджували проблему ефективності дистанційного навчання в умовах пандемії. Багато вчених дослідили ключові переваги та можливості Coursera, глобальної платформи для дистанційного навчання. З іншого боку, Lopes & Soares (2022) крізь призму мультимедіа охарактеризували особливості онлайн-додатків для навчання, охарактеризували основні інформаційні механізми, що використовуються в електронному навчанні. Незважаючи на це, вони зазначають, що дистанційна освіта сприяє появі різноманітних освітніх інновацій [5].

Цінними для цього дослідження є роботи авторів, які охарактеризували проблему використання дистанційного навчання на війні. Зокрема, Rajab (2018) досліджував характеристики та умови використання онлайн-навчання у військових реаліях Саудівської Аравії [6]. У той же час Крецмер і Ронен

досліджували стан освіти на окупованих територіях через правові аспекти. Gordon охарактеризував проблеми освіти в контексті війни в Ізраїлі [3].

У фаховій літературі пропонується огляд кількох аспектів широкої проблеми, але немає синтетичних досліджень, які б підсумовували прогнозовані наслідки війни для розвитку освітніх процесів. Тому метою роботи є аналіз продуктивності дистанційної освіти в умовах війни на основі українського досвіду.

Ми досліджуємо такі питання:

- значення дистанційної освіти для навчального процесу,
- важливість асинхронного навчання, аналіз освітніх платформ онлайн-освіти в умовах війни,
- специфіка використання дистанційної освіти в Україні,
- формування рекомендації щодо подальшого розвитку дистанційної освіти на основі вивчення ситуації в Україні.

На основі аналізу вдалося розділити основні предмети дослідження (майбутнє дистанційної освіти) на більш дрібні частини (характеристика феномену дистанційної освіти, дослідницькі переваги та недоліки цього типу навчання, прогнозування майбутнього становища онлайн-освіти в Україні). Шляхом синтезу можна було об'єднати раніше виділені частини та сформулювати власні судження та висновки. На основі застосування системного методу дослідження феномен дистанційної освіти розглядається як складна система, що складається з багатьох елементів.

У даному дослідженні також використовувалися спеціальні педагогічні методи. З теоретичних педагогічних методів використано абстрагування та конкретизацію. На основі порівняльного методу порівняно принципи застосування цифрових платформ в Україні та США, оскільки влада цих держав надала офіційні емпіричні матеріали, що підтверджують ефективність сучасної дистанційної освіти. На основі порівняльного методу порівнюється проблема використання онлайн-освіти в Україні, США та Франції. Крім того,

застосовано аксіоматичний метод дослідження. Це передбачає перехід від загальнотеоретичних міркувань (загальної характеристики феномену дистанційної освіти) до формування конкретних рекомендацій і висновків.

Далі на основі прогностичного методу відображено ймовірне використання дистанційної освіти в Україні. Також робота сформована на застосуванні статистичного методу, який полягав у ретельному аналізі даних (офіційні документи Міністерства освіти США, МОН України). Отже, висновки в роботі ґрунтуються на достовірних емпіричних матеріалах офіційного характеру.

Окремо слід відзначити метод SWOT-аналізу, який з 1970-х років використовується для багатоаспектного аналізу підприємницької діяльності та формування оцінок стану підприємства та майбутніх загроз. Цей метод не втратив своєї актуальності і донині. Його суть - виявлення сильних і слабких сторін проєктів, розрахунок ризиків і перспектив розвитку на основі використання комплексного аналізу. Універсальність цього методу не вимагає складних розрахунків - потрібно лише адекватно і чітко оцінити зовнішні і внутрішні фактори впливу.

Дистанційне навчання – це навчальний процес, який забезпечує можливість навчальної взаємодії викладача та студента на відстані. Водночас є застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій і можливостей.

Дистанційна освіта включає три основні аспекти:

- 1) можливість навчання незалежно від географічного розташування;
- 2) визначення темпу навчання;
- 3) можливість складання власного навчального плану.

Водночас потреба проаналізувати можливі переваги та недоліки дистанційної освіти стала актуальною в епоху пандемії COVID-19. Цей процес проявився у постійному переході на синхронні (зокрема, Zoom, Skype, Microsoft Teams, Google Meet) або асинхронні платформи (LMS).

Водночас впровадження онлайн-технологій у навчальний процес сприяє використанню в навчальному процесі таких видів діяльності, як організація різноманітних відеоконференцій, перегляд лекцій чи практичних занять як у прямому ефірі, так і в записі, робота над дискусіями на форумах, заходи з спільні документи (йдеться про Google Docs, Google Slides), організація та проведення різноманітних онлайн-запитів і голосувань (на основі платформ Google Forms), можливість проводити автономне тестування, перегляд різноманітних навчальних відео.

Зауважте, що сучасні інформаційно-комунікаційні технології полегшують використання різні заходи в онлайн-формі, зокрема, для організації спільної діяльності, а також для використання проектних підходів. Не всі вчителі та викладачі готові переходити до роботи над собою та своїми програмами, але цей шлях виглядає дуже перспективним.

Наприклад, щоб розділити учнів на міні-групи, зручно використовувати функцію сесійної кімнати в додатку Zoom.

Для організації онлайн-навчання необхідно використовувати відповідну систему управління навчанням (Lopes & Soares, 2022) [5]. Наприклад, Львівський національний університет реалізував це на платформі Moodle. Для порівняння, Університет Пенсільванії використовує платформу Canvas. Іншим популярним місцем у США є Blackboard. Ці платформи зручні та функціональні. Тут можна проводити різноманітні види контролю для учнів у формі тестів, описових запитань чи співбесід. На платформі Moodle викладачі також можуть відображати матеріали своїх лекцій чи семінарів. Зазначимо, що платформа Moodle, яка використовується у Львівському національному університеті, є особистісно-орієнтованою, де кожен студент може переглядати власний бал та індивідуально використовувати матеріали, надані викладачем. Водночас на платформі Canvas викладачі також можуть публікувати матеріали, систематично їх оновлювати, організовувати вікторини, проводити дискусійні форуми тощо.

Процес дистанційного навчання побудований на використанні різноманітних інформаційно-комунікаційних технологій. Після закінчення такого навчання учні та учні отримують відповідні сертифікати.

### 1.1.1. Моделі дистанційного навчання

В Україні існують різні моделі дистанційного навчання (наведені в табл. 1.1) (Затверджено Міністерством освіти і науки України «Дистанційна освіта» (п.д.). (<https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/distancijna-osvita> ).

Таблиця 1.1.

Моделі дистанційного навчання в Україні

№	Модель
1	Навчання з використанням мультимедійних програм
2	На основі автономних систем навчання
3	Співпраця різних навчальних закладів
4	Дистанційне навчання у загальноосвітніх і вищих навчальних закладах
5	Дистанційне навчання в автономних навчальних закладах
6	На основі самостійного засвоєння вивченого матеріалу

Дистанційна освіта в Україні орієнтована на декілька категорій учнів. Насамперед, йдеться про дітей, які постраждали внаслідок війни та вимушені тимчасово проживати в інших регіонах України чи за межами держави. Крім того, дистанційна освіта також може бути орієнтована на учнів, які проживають у важкодоступних або географічно віддалених від навчальних закладів місцях. Діти, які проживають на окупованих територіях (зокрема, в Криму чи деяких територіях Донецької та Луганської областей), також можуть навчатися в закладах дистанційної освіти (Distance Education).



Слід зазначити, що у розвитку української дистанційної освіти важливе місце відводилося асинхронному навчанню. Цей вид освітньої діяльності реалізується через використання онлайн-каналів (електронне листування, заняття на телебаченні, спеціальні освітні платформи з використанням веб-технологій), але без безпосереднього контакту на рівні викладач-учень. Асинхронне навчання не передбачає спілкування в режимі реального часу, а базується на індивідуальному темпі обробки навчальних матеріалів.

Досвід Франції став важливим для європейських країн. У цій країні існує спеціальний Національний центр дистанційної освіти (скорочено – CNED), спеціалісти якого організували роботу спеціальної навчальної платформи «Мій клас вдома» (Ma Classe à la Maison), основу якої складають кілька компонентів. Спочатку студентам пропонується отримати завдання в навчальному модулі під назвою «Термінал». У ньому зібрані всі навчальні програми, за якими відбувається навчальний процес, і учні можуть відвідувати його кілька разів на день, щодня індивідуально перевіряючись за спеціальною анкетною.

Наступна частина «Мого домашнього класу» представлена синхронним «віртуальним класом», в якому вчитель проводить заняття для учнів у режимі відеоконференції. Кожен день учням пропонуються заняття по 3-4 години з різних предметів, які можна відвідувати. Безсумнівно, практики синхронних і асинхронних студій відрізняються, але ці форми навчання залежать одна від одної та сприяють урізноманітненню процесу дистанційного навчання. Йдеться про інформаційно-комунікаційні технології, які дозволяють студентам і викладачам спілкуватися, працювати над вирішенням проблем, контролювати відвідуваність, проводити оцінювання.

Український досвід асинхронної дистанційної освіти скромніший, принаймні не має давніх традицій використання. Пандемія COVID-19 призвела до переходу на часткове домашнє навчання, де потрібні були асинхронні методи навчання. Негативний вплив зазнало кількох тенденцій:

недостатня цифровізація середніх шкіл, відсутність доступу до Інтернету у віддалених місцях. Відсутність досвіду асинхронного навчання призвело до певного хаосу в організаціях, що навчаються. Через низьку якість Мережі в деяких регіонах України було вирішено проводити заняття на телебаченні. Це піонерське для України рішення наштовхнулося на неузгодженість у роботі телеканалів – майже кожен український телеканал хотів приєднатися до ініціативи, а різні уроки транслювали паралельно, що унеможливлювало вивчення всіх предметів. Пізніше був встановлений певний порядок, і кожен телеканал транслював уроки для певної вікової групи учнів. Для популяризації проекту були запрошені знаменитості та здібні викладачі. Правда, не обійшлося і без критики.

На основі опрацювання пропозицій Міністерство освіти і науки України створило окрему платформу «Українська школа онлайн». Її функціональність схожа на французькі зразки. Учням на вибір пропонуються відеолекції провідних викладачів України. Матеріали уроків відповідають навчальній програмі, а реєстрація відкриває можливість опрацювання завдань на основі інформації, що міститься в підручниках, і коротких відеолекцій. Це значно збільшує охоплення учнів, адже уроки та виконання завдань можуть проходити у будь-який час. Але важливим аспектом залишається батьківський контроль, оскільки в контексті дистанційної освіти в українських реаліях саме на них покладається додаткова відповідальність за контроль навчального процесу.

Здобувачі вищої освіти в умовах воєнного стану також перейшли на дистанційне навчання. Навіть після COVID-19 заняття в українських університетах відбуваються переважно за дистанційною формою. Зокрема, для контролю знань, як уже зазначалося, використовувалася платформа Moodle, яка також розробила електронні навчальні курси, що у поєднанні з відео лекцією створило сприятливу атмосферу для навчання. Для майбутніх спеціалістів також був доступний широкий вибір українських освітніх порталів та платформ, які пропонують додаткові курси, які будуть корисні

для саморозвитку та розвитку професійних навичок. Наприклад, Prometheus пропонує чималий набір онлайн-курсів, частковий доступ до яких безкоштовний. Завдяки активному використанню цієї платформи можливий особистісний розвиток та навчання за індивідуальною траєкторією, що цінується сучасними стейкхолдерами. Безсумнівно, основний функціонал цього сайту не безкоштовний, але в сучасних умовах він пропонує дійсно актуальні курси на власний вибір. За потреби можна використовувати матеріали з інших платформ. Це, до речі, суттєво відрізняє можливості дистанційної освіти для дорослих від дистанційної освіти для дітей шкільного віку: вибір навчального матеріалу для учнів значно ширший, ніж для дітей шкільного віку. Ця тенденція є виразною сьогодні і потребуватиме певного вирішення в майбутньому.

Використанню методу проектів сприяв і розвиток дистанційного навчання. Ця методика викладання з'явилася в США ще в ХХ столітті, але в Україні почала використовуватися фактично лише після розпаду СРСР. Вільне опрацювання обраних предметів, виконання відповідних завдань формують необхідні навички та компетенції, які будуть необхідні як для продовження досвіду роботи, так і для опанування іншої спеціальності. Ефективність цього методу доведена українськими дослідниками принаймні з часів карантину та пандемії COVID-19. Встановлено, зокрема, що його ефективність залишалася на такому ж високому рівні, як і в умовах традиційного навчання. Однак для його широкого застосування необхідні самодисципліна, організованість і контроль викладача. Активне застосування методу проектів в Україні в умовах воєнного часу виглядає перспективним напрямком навчання здобувачів вищої освіти найближчим часом.

Зазначимо, що під час активної фази бойових дій, *в умовах російської агресії, асинхронна форма навчання стає важливим елементом для проведення та організації навчальних заходів.* У прикордонних областях України, прилеглих до театру військових дій, неможливо організувати звичайний навчальний процес – надто високий ризик артилерійського та

ракетного обстрілу з боку російської армії. Тому більш надійними є дистанційні методи навчання, які, зокрема, дадуть змогу «повернути» до навчання тих дітей, які через різні обставини стали переселенцями та проживають в інших регіонах України. Асинхронне навчання також буде корисним, але потребує вдосконалення.

Перспективним у сфері регулювання освітніх процесів виглядає використання Всеукраїнської школи онлайн, системи Prometheus тощо (Distance Education). Завдяки цим та іншим платформам учні та учні матимуть доступ до навчальних матеріалів, що не знизить якість освіти. Зокрема, на основі арабського досвіду виявлено, що зниження якості освіти за допомогою дистанційного процесу не зафіксовано. Хоча даних для розрахунку українських статистичних показників на сьогодні недостатньо, подальше вивчення українського досвіду використання продемонструє ефективність чи вразливість цієї техніки в умовах не просто територіального конфлікту чи повстанського руху, а й під час зіткнення регулярних армій.

Можливості дистанційної освіти в реаліях України також можна узагальнити у вигляді SWOT-аналізу (наведено в табл. 1.2)

Таблиця 1.2.

#### Можливості дистанційної освіти в Україні

Здобутки дистанційної освіти в Україні	Проблеми використання дистанційної освіти в Україні
Застосування в бойових ситуаціях, досвід дистанційного навчання, набутий під час пандемії COVID-19	Труднощі з доступом до Інтернету в окремих регіонах країни, зокрема на прифронтових та окупованих територіях
Широкий інструментарій навчальних практик, який не поступається традиційним методам навчання	Труднощі з контролем за виконанням завдань (незважаючи на всі можливості поточного контролю та батьківського контролю)
Наявність цифрових навчальних платформ із згенерованим контентом	Небажання деяких викладачів самовдосконалюватися та розвивати методи роботи в онлайн-середовищі.
Безпечне розташування, уникнення скупчення великої кількості дітей в одному місці, уразливого для	

артилерійського чи ракетного обстрілу з боку росіян.	
------------------------------------------------------	--

Отже, дистанційна освіта в Україні має свої недоліки та переваги, які більше свідчать про її високий потенціал та подальший розвиток. Вважаємо, що в результаті реформування деяких аспектів освітнього процесу дистанційній освіті в майбутньому приділятиметься більше уваги.

Застосування дистанційної освіти в умовах розгортання військової агресії з боку Російської Федерації виглядає єдино правильним рішенням. Російські удари по цивільних об'єктах на сході та півдні України з використанням тактичної авіації та ракетних систем роблять традиційну освіту майже неможливою. Було підтверджено руйнування та повну окупацію близько 200 навчальних закладів (шкіл) і часткове пошкодження ще близько 2000 навчальних закладів.

Водночас на офіційному рівні український уряд обговорює можливість проведення занять у звичайному режимі. Цей крок виправданий важливістю та ефективністю традиційної освіти, а також нормами безпеки – шкільне бомбосховище було б кращим для дітей, які перебувають у небезпечному місті, ніж сидіти під обстрілами вдома. Водночас остаточні рішення щодо можливості відновлення звичайних приймуть місцева влада та батьки (йдеться про те, чи відпускать дітей з дому). На практиці під загрозою обстрілу використання дистанційних технологій набагато ефективніше.

Представники української влади стверджують, що відновлення навчання можливе лише за умови дотримання всіх правил безпеки та наявності в навчальному закладі системи бомбосховищ, здатної вмістити та захистити всіх, хто навчається у закладі. Крім того, передбачається, що традиційна освіта буде проходити лише після припинення чи припинення бойових дій, тому поки невідомо, яка освіта буде запропонована в новому навчальному році. Усі ці застереження по-своєму свідчать на користь того, що дистанційна освіта в майбутньому в Україні займатиме основне місце серед методів організації навчального процесу. Очевидно, що в умовах відкритої військової

агресії та продовження бойових дій це буде єдиний варіант продовження навчання. Винятком є лише досить «спокійні» регіони України. Зокрема, західні регіони зазнали незрівнянно менше фізичних ушкоджень – лише в результаті точкових ракетних обстрілів. Але, пам'ятаючи про трагедію у Вінниці, коли російські ракети знищили офісний центр з мирними людьми, під час тренувань завжди слід враховувати фактор ризику.

Водночас завдяки своїй універсальності та можливостям, які з'явилися внаслідок пандемії COVID-19 та всесвітнього «карантину», дистанційна освіта не поступається денній. Представники української громадськості оцінили переваги та недоліки дистанційної системи, тому її використання в майбутньому виглядає прогресивним кроком.

Отже, масштабне використання технологій дистанційної освіти почалося з поширенням пандемії Covid-19. Водночас після повномасштабного російського вторгнення в лютому 2022 року в Україні постала актуальна проблема відновлення онлайн-освіти. Дистанційна освіта в Україні в умовах бойових дій орієнтована на декілька категорій учнів. Насамперед, йдеться про дітей, які вимушені тимчасово проживати в інших регіонах України чи за межами держави. Діти, які проживають на окупованих територіях, можуть навчатися в дистанційних закладах. Вважаємо, що в умовах військових дій дистанційна освіта дозволяє школярам і студентам ефективно навчатися.

Водночас за ініціативи Міністерства освіти України, ЮНЕСКО та інших громадських організацій існує багато платформ для додаткового онлайн-навчання як для учнів, так і для школярів. Важливою умовою функціонування дистанційної освіти в Україні є її адаптація для дітей молодшого шкільного віку. На основі проведеного аналізу вдалося встановити, що в умовах триваючого протистояння, обстрілу Росією цивільних об'єктів із ракетно-артилерійського озброєння використання дистанційних освітніх технологій є актуальним. Як показує український досвід використання дистанційної освіти в умовах війни, цей спосіб організації навчального процесу майже безальтернативний. Агресивні дії

російської армії та загроза обстрілу навчальних закладів ускладнюють традиційну роботу навчальних закладів. Отже, для України *в недалекому майбутньому дистанційне навчання є невід'ємною частиною освіти майбутнього*. Ми прогнозуємо, що в майбутньому механізми дистанційного навчання будуть тільки вдосконалюватися, що вплине на поширення та розвиток онлайн-освіти в цілому.

### 1.1.2. Інформаційні технології в дистанційній освіті

На багатьох етапах розвитку суспільства сучасні технології забезпечували інформаційний обмін між людьми, відображали відповідний рівень та можливості систем пошуку, реєстрації, зберігання, опрацювання, подання, передачу інформації і, по суті, були синтезом методів та засобів оперування людиною з інформацією в інтересах її діяльності.

У науковій літературі під «інформаційними технологіями» розуміють сукупність методів і технічних засобів накопичення, організації, збереження, опрацювання, передачі і подання інформації, що розширює знання людей і розвиває їхні можливості щодо керування технічними соціальними проблемами [17]. Педагогіка визначає інформаційні технології як методологію і технологію навчального й виховного процесу з використанням електронних засобів навчання.

Нові можливості для навчання надають мультимедійні технології, що дозволяють створювати електронні книги, енциклопедії, фільми, бази даних. Їх особливістю є об'єднання текстової, графічної, аудіо- та відеоінформації тощо. Використання інформаційних технологій розкриває значні дидактичні можливості щодо підвищення ефективності формування фізичних понять. Усвідомлення необхідності створення умов для розробки і впровадження інформаційних технологій, пошуку вдалого поєднання їх з традиційними методами навчання – складна задача. Однією з умов для її успішного розв'язання є дотримання низки психолого-педагогічних вимог, що визначають кінцеву ефективність навчально-виховної діяльності.

Психологічний аспект проблеми впровадження інформаційних технологій пов'язаний перш за все з поглибленим аналізом діяльності як основного механізму досягнення учителем і учнями певної мети. Дидактичний аспект передбачає виявлення і використання закономірностей процесу навчання, переосмислення їх відповідно специфічним умовам інформатизації.

Засоби інформаційних технологій дозволяють здійснити синтез двох найважливіших форм психічного відображення дійсності шляхом автоматичного перекладу інформації з мови графічних моделей на символно-оперативну мову та навпаки. Операція перекодування, тобто перехід від однієї форми опису (наприклад знакової) до його відтворення іншим способом (наприклад, комп'ютерне моделювання) є необхідною умовою формування теоретичного мислення.

Інформаційні технології підлягають тій самій системі дидактичних принципів, що й традиційні технології, але з врахуванням, що система таких принципів, їх зміст скориговані на основі сучасних психолого-педагогічних даних. Це означає не заміну традиційних дидактичних принципів, а їх перегляд і наповнення змістом, який дозволив би конструктивно використовувати їх в будь-яких ситуаціях навчання [21].

Відповідно до принципу науковості навчальні комп'ютерні програми необхідно наповнювати таким змістом, який найбільш ефективно може бути засвоєний лише за допомогою комп'ютерного моделювання. Насамперед, це стосується демонстрації процесів, реалізація яких в умовах навчання неможлива. Разом з тим, при формуванні багатьох фізичних понять (величин, явищ), є потреба зосередити увагу на тих чи інших особливостях. Наприклад, зобразити вектор швидкості, сили тощо під час проведення реального експерименту немає можливості. На створеній комп'ютерній моделі на основі спостережуваного процесу така можливість з'являється. Важливо при цьому, щоби способи засвоєння навчального матеріалу були адекватними сучасним науковим методам пізнання.



Принцип наочності передбачає, що в програмі має бути наявна не будь-яка модель, а лише та, що сприяє реалізації дидактичної мети. Модель явища чи процесу слід подавати у формі, яка дозволяє найбільш чітко розкрити ознаки, зв'язки і співвідношення. При цьому важливо адекватно застосовувати кольорову гаму, мигання, звуковий супровід та інші комп'ютерні ефекти.

Можливість візуалізації інформації, яка має складну абстрактну природу, робить комп'ютерні технології ефективним і потужним засобом при вивченні багатьох понять фізики шляхом створення і побудови динамічних образів і моделей. Це полегшує засвоєння понять, викликає в учнів прагнення висловлювати оригінальні гіпотези, сприяє розвитку когнітивних складових мислення.

За допомогою комп'ютерних програм можна не лише демонструвати об'єкт вивчення, але й створювати ефекти його перетворення. Ефективність формування понять підвищується за умов, коли учні самостійно будують або добудовують моделі, а не отримують їх у готовому вигляді. Діяльність учнів під час роботи з моделлю повинна бути завчасно продумана. Тільки тоді вона буде ефективною, коли учитель чітко спланує послідовність та мету використання комп'ютерної програми.

Відповідно до принципу систематичності і послідовності у зміст програми мають бути включені спеціальні методичні знання, що відображають структуру відповідної науки. В об'єктах і явищах, які вивчаються з використанням комп'ютерних програм, варто виділити основні структурні елементи і суттєві зв'язки між ними, які дозволять уявити ці об'єкти як цілісні утворення.

Основною і необхідною складовою інформаційних технологій навчання є педагогічні програмні засоби (ППЗ).

Досвід застосування інформаційних технологій навчання свідчить, що найефективнішою формою використання ППЗ у навчальному процесі є їх

включення до складу програмно-методичних комплексів (ПМК), тобто використання програмних засобів одночасно із супроводжуючими друкованими матеріалами для вчителя, а також дидактичними матеріалами для учнів.

Аналіз літературних джерел засвідчив, що існують різні класифікації програмно - педагогічних засобів. В нашому дослідженні ми обрали класифікацію, в основу якої покладено значення (місце) ППЗ у навчальному процесі.

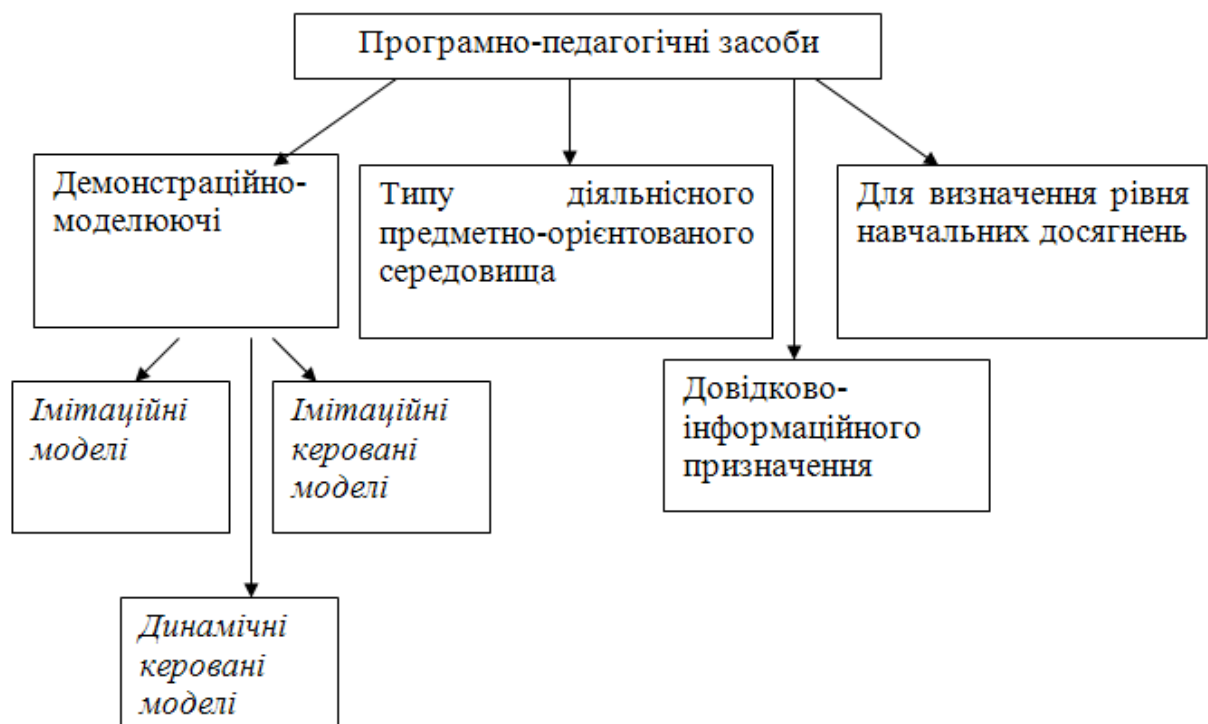


Рис. 1.1. Класифікація ППЗ за місцем використання у навчальному процесі

### 1.1.3. Структура навчальної демонстрації

Зупинимось на переліку вимог щодо *структури навчальної комп'ютерної демонстрації*:

1. Стислість і лаконічність подання навчального матеріалу, максимальна інформативність тексту (малоефективно і незручно читати значний текст на екрані).

2. Відсутність громіздкості, чіткий порядок у всьому, згрупованість інформації (структуризація), об'єднання окремих семантично пов'язаних інформаційних елементів в цілісні для сприйняття групи (принцип структурності).

3. Вся найбільш важлива інформація повинна розміщуватися в верхньому лівому кутку екрана і повинна бути доступною без скролювання (використання смуги прокрутки). Це пов'язано з тим, що найкраще всього запам'ятовується перша і остання думка.

4. Графіка повинна доповнювати текст. Динаміка зв'язку візуальних і вербальних елементів і їх кількість визначається функціональною направленістю навчального матеріалу. Образне мислення домінує над словесно-логічним в тих випадках, коли трансляція зорових повідомлень в мовну форму дуже громіздка, або взагалі неможлива, причому узагальнення результатів не вимагаються – задача має конкретний характер. Це відноситься в першу чергу до оперування складними образами, кольоровими композиціями тощо.

5. Ілюстрації (схеми, плакати, карти), які відповідають складним моделям чи пристроям, мають бути оснащені системою миттєвої підказки, яка з'являється і зникає синхронно до руху курсору вздовж окремих елементів ілюстрації.

6. Вся вербальна інформація без винятку повинна бути прискіпливо перевірена на відсутність орфографічних, граматичних і стилістичних помилок.

7. Рекомендується там, де це можливо, використати для тексту і графічних зображень звуковий супровід, бо як відомо якість навчання значно підвищується, якщо одночасно задіяні зорові і слухові канали сприймання інформації. Дослідження показують, що ефективність слухового сприймання інформації складає 15%, зорового – 25%, а їх одночасне включення в процес навчання підвищує ефективність сприймання до 65%. Можна домогтися відчутного підвищення обсягу короткочасної зорової пам'яті

перекодуванням частини зорової інформації в слухову, враховуючи той факт, що слухова пам'ять «стирається» повільніше.

## 1.2. Календарно-тематичний план з фізики для 10 класу

Розділ «Молекулярна фізика і термодинаміка» має важливе значення в курсі фізики старшої школи. Далі наводимо орієнтовне календарно-тематичне планування для 10 класу, з якого можна побачити зміст і обсяг і місце відповідного розділу.

**Календарно-тематичний план з фізики для 10 класу (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.)(105 годин, 3 години на тиждень, 4 години – резервних)**

№ з/п	Тема уроку	Дата
<b>Розділ III. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА</b>		
<b>Частина 1. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА</b>		
53	Основні положення молекулярно-кінетичної теорії	
54	Розв'язування задач	
55	Рух і взаємодія молекул	
56	Основне рівняння МКТ ідеального газу	
57	Температура. Температурна шкала Кельвіна	
58	Розв'язування задач	
59	Рівняння стану ідеального газу. Ізопроееси	
60	Розв'язування задач	
61	Розв'язування задач	
62	<i>Лабораторна робота № 6. Дослідження ізотермічного процесу</i>	
63	Розв'язування задач. Підготовка до контрольної роботи	
64	<b>Контрольна робота № 4 з теми «Молекулярна фізика»</b>	
65	Пароутворення та конденсація. Насичена та ненасичена пара. Кипіння	
66	Вологість повітря. Точка роси	
67	<i>Лабораторна робота № 7. Вимірювання відносної вологості повітря</i>	
68	Поверхневий натяг рідини. Змочування. Капілярні явища	

69	Розв'язування задач	
70	<i>Лабораторна робота № 8. Вимірювання поверхневого натягу рідини</i>	
71	Будова та властивості твердих тіл. Анізотропія кристалів. Рідкі кристали	
72	Механічні властивості твердих тіл	
73	Розв'язування задач	
74	Розв'язування задач. Підготовка до контрольної роботи	
75	<b>Контрольна робота № 5 з теми «Молекулярна фізика»</b>	
<b>Розділ III. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА</b> <b>Частина 2. ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ</b>		
76	Внутрішня енергія. Способи зміни внутрішньої енергії	
77	Розв'язування задач	
78	Робота в термодинаміці	
79	Розв'язування задач	
80	Перший закон термодинаміки. Адіабатний процес	
81	Розв'язування задач	
82	Принцип дії теплових двигунів. Холодильна машина	
83	Розв'язування задач	
84	Розв'язування задач. Підготовка до контрольної роботи	
85	<b>Контрольна робота № 6 з теми «Основи термодинаміки»</b>	
86	Захист учнівських проектів	

### **1.3. Labquest Vernier у навчальному фізичному експерименті з молекулярної фізики і термодинаміки**

Цифровий вимірювальний комп'ютерний комплекс (ЦВКК) Vernier дозволяє проводити велику кількість лабораторних дослідів, практичних робіт та здійснювати демонстрацію фізичних явищ. Крім виконання всіх передбачених освітньою програмою лабораторних робіт з фізики, набір для вчителя дозволяє створювати власні оригінальні досліди. Прилад має вбудовану пам'ять і може працювати під управлінням різних операційний

систем. Це надає можливість не тільки збирати інформацію, а й оперативно її обробляти з відтворенням на вбудованому дисплеї або екрані комп'ютера.

Останніми роками дистанційне навчання стає все більш популярним, пропонуючи студентам гнучкість у здобутті вищої освіти та дослідженні різних наукових дисциплін, не виходячи з дому. Однак природничі курси, особливо ті, що вимагають практичних лабораторних робіт, можуть бути складними для адаптації до дистанційного навчання. На щастя, технологічний прогрес дозволив подолати цей розрив. Одним із таких технологічних рішень є обладнання LabQuest Vernier, яке надає студентам можливість досліджувати молекулярну фізику та термодинаміку на відстані. У цій статті ми обговоримо, як викладачі та учні можуть використовувати обладнання LabQuest Vernier для вивчення цих захоплюючих областей фізики.

### Розуміння обладнання LabQuest Vernier

LabQuest Vernier — це система збору й аналізу даних, розроблена для того, щоб допомогти студентам і викладачам збирати й аналізувати наукові дані. Система включає в себе інтерфейс LabQuest, різні датчики та зручний інтерфейс програмного забезпечення, що дозволяє легко проводити експерименти та аналізувати дані в режимі реального часу. Обладнання LabQuest Vernier можна використовувати в традиційних лабораторних умовах, але його універсальність робить його чудовим вибором також для дистанційного навчання.

### Молекулярна фізика і термодинаміка: короткий огляд

Перш ніж заглибитися в те, як обладнання LabQuest Vernier може покращити вивчення молекулярної фізики та термодинаміки, давайте коротко визначимо ці сфери:

1. Молекулярна фізика. Молекулярна фізика зосереджується на розумінні поведінки та властивостей окремих молекул. Він досліджує рух атомів і молекул, їхні рівні енергії та те, як вони взаємодіють один з одним. Теми молекулярної фізики включають молекулярну спектроскопію, теорію зіткнень і вивчення молекулярних сил.

2. Термодинаміка: Термодинаміка має справу з принципами, які керують енергією, теплом і роботою. Він пов'язаний з передачею енергії та перетворенням матерії. Закони термодинаміки, такі як закони термодинаміки, важливі для розуміння поведінки газів, рідин і твердих тіл.

Як обладнання LabQuest Vernier підтримує дистанційне навчання

1. Віддалений збір даних: обладнання LabQuest Vernier дозволяє студентам збирати наукові дані віддалено. За допомогою сенсорів і програмного забезпечення учні можуть вимірювати різні фізичні властивості, такі як температура, тиск і концентрація газу. Ці дані можна використовувати для дослідження поведінки молекул і термодинамічних процесів.

2. Аналіз даних у режимі реального часу: програмне забезпечення LabQuest забезпечує аналіз даних у режимі реального часу, що дозволяє студентам легко спостерігати за змінами даних у ході експериментів. Ця функція особливо цінна для молекулярної фізики та термодинаміки, де незначні зміни умов можуть мати значний вплив на результати.

3. Віртуальні експерименти: LabQuest Vernier пропонує велику бібліотеку віртуальних експериментів, які охоплюють широкий спектр тем, у тому числі ті, що стосуються молекулярної фізики та термодинаміки. Учні можуть проводити ці експерименти вдома, отримуючи практичний досвід і розуміючи складні концепції.

4. Віддалена співпраця: дистанційне навчання не обов'язково має бути ізольованим. Обладнання LabQuest Vernier дозволяє студентам співпрацювати віртуально. Вони можуть проводити групові експерименти, обмінюватися даними та обговорювати результати, сприяючи почуттю спільності в процесі навчання.

### Застосування в молекулярній фізиці

Систему LabQuest Vernier можна використовувати для дослідження різноманітних явищ молекулярної фізики. Ось кілька прикладів:

1. Молекулярна спектроскопія: учні можуть використовувати датчики LabQuest для дослідження спектрів поглинання та випромінювання різних молекул, допомагаючи їм зрозуміти квантування рівнів енергії в атомах і молекулах.

2. Поведінка газу: обладнання LabQuest Vernier можна використовувати для вимірювання тиску, температури та об'єму газів, дозволяючи студентам експериментувати з газовими законами, включаючи закон Бойля та закон Чарльза.

3. Теорія зіткнень: вивчаючи рух частинок і зіткнення в газофазних реакціях, учні можуть отримати уявлення про принципи кінетики реакції та механізми реакції.

### Застосування в термодинаміці

Термодинаміка є ще однією сферою, де обладнання LabQuest Vernier доводить свою високу користь:

1. Передача тепла: учні можуть досліджувати механізми передачі тепла за допомогою датчиків температури. Вони можуть вивчати провідність, конвекцію та випромінювання, а також закони термодинаміки, які керують цими процесами.

2. Фазові переходи: Обладнання LabQuest Vernier може допомогти студентам вивчити фазові переходи, такі як точки плавлення та кипіння речовин, дозволяючи їм зрозуміти взаємозв'язок між енергією та фазовими змінами.

3. Термодинамічні процеси: учні можуть моделювати різні термодинамічні процеси, включаючи ізотермічні, адіабатичні та ізобарні процеси



### 1.3.1. Як обладнання LabQuest Vernier підтримує дистанційне навчання

Віддалений збір даних: обладнання LabQuest Vernier дозволяє студентам збирати наукові дані віддалено. За допомогою сенсорів і програмного забезпечення учні можуть вимірювати різні фізичні властивості, такі як температура, тиск і концентрація газу. Ці дані можна використовувати для дослідження поведінки молекул і термодинамічних процесів.

Аналіз даних у режимі реального часу: програмне забезпечення LabQuest забезпечує аналіз даних у режимі реального часу, завдяки чому учні можуть легко спостерігати за змінами даних у ході експериментів. Ця функція особливо цінна для молекулярної фізики та термодинаміки, де незначні зміни умов можуть мати значний вплив на результати.

Віртуальні експерименти: LabQuest Vernier пропонує велику бібліотеку віртуальних експериментів, які охоплюють широкий спектр тем, у тому числі ті, що стосуються молекулярної фізики та термодинаміки. Учні можуть проводити ці експерименти вдома, отримуючи практичний досвід і розуміючи складні концепції.

Віддалена співпраця: дистанційне навчання не повинно бути ізольованим. Обладнання LabQuest Vernier дозволяє студентам співпрацювати віртуально. Вони можуть проводити групові експерименти, обмінюватися даними та обговорювати результати, сприяючи почуттю спільності в процесі навчання.

#### Застосування в молекулярній фізиці

Систему LabQuest Vernier можна використовувати для дослідження різноманітних явищ молекулярної фізики. Ось кілька прикладів:

Молекулярна спектроскопія: учні можуть використовувати датчики LabQuest для дослідження спектрів поглинання та випромінювання різних молекул, допомагаючи їм зрозуміти квантування рівнів енергії в атомах і молекулах.

Поведінка газу: Обладнання LabQuest Vernier можна використовувати для вимірювання тиску, температури та об'єму газів, що дозволяє студентам експериментувати з газовими законами, включаючи закон Бойля та закон Чарльза.

Теорія зіткнень: Вивчаючи рух частинок і зіткнення в газофазних реакціях, учні можуть отримати уявлення про принципи кінетики реакції та механізми реакції.

#### Застосування в термодинаміці

Термодинаміка є ще однією сферою, де обладнання LabQuest Vernier доводить свою високу користь:

Передача тепла: учні можуть досліджувати механізми передачі тепла за допомогою датчиків температури. Вони можуть вивчати провідність, конвекцію та випромінювання, а також закони термодинаміки, які керують цими процесами.

Фазові переходи: Обладнання LabQuest Vernier може допомогти студентам вивчити фазові переходи, такі як температури плавлення та кипіння речовин, дозволяючи їм зрозуміти зв'язок між енергією та фазовими змінами.

Термодинамічні процеси: учні можуть моделювати різні термодинамічні процеси, включаючи ізотермічні, адіабатичні та ізобарні процеси, і аналізувати, як вони впливають на внутрішню енергію, роботу та теплопередачу системи.

Наприклад, для дослідження поведінки тиску й об'єму газу, тобто здійснення одного з термодинамічних процесів циклу, який спостерігається в роботі теплового двигуна. Один з процесів відомий як ізотермічне розширення — названий так тому, що дані збиралися досить повільно, щоб температура газу в системі залишалася постійною.

У цьому експерименті досліджується термодинамічні процеси, щоб зрозуміти, як на внутрішня енергія системи ( $U$ ) впливає на обмін енергією між системою та навколишнім середовищем.

Спроектуйте та створіть термодинамічну систему, що складається з колби, трубки, шприца та датчика тиску. Пов'яжіть терміни ізотермічний, ізохорний, ізобарний та адіабатичний з різними термодинамічними процесами та тим, як рухати вашу термодинамічну систему через ці процеси.

Зберіть дані про тиск, об'єм і температуру для трьох із цих процесів.

Проаналізуйте різні  $P$ - $V$  процеси, щоб відстежувати роботу ( $A$ ), виконану замкнутим газом або над ним, і теплоту ( $Q$ ), що передається між газом і навколишнім середовищем. Використовуйте перший закон термодинаміки, щоб пояснити зміну внутрішньої енергії в кожному з цих процесів. Визначити повну роботу, виконану замкнутим газом у різних термодинамічних циклічних процесах.

У цьому експерименті використовуються наступні датчики та обладнання: датчик тиску газу, датчик температури з нержавіючої сталі. Може також знадобитися додаткове обладнання.



Рис. 1.2. Датчик тиску газу

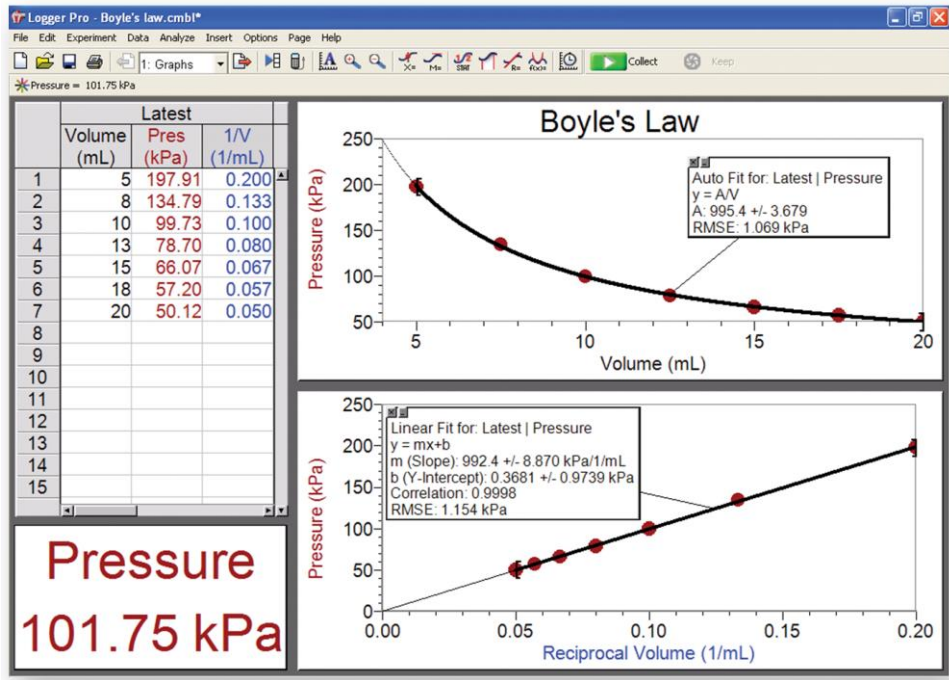


Рис. 1.3. Графік закону Бойля-Маріотта, побудований за допомогою Labquest Vernier



Рис. 1.4. Датчик температури з нержавіючої сталі

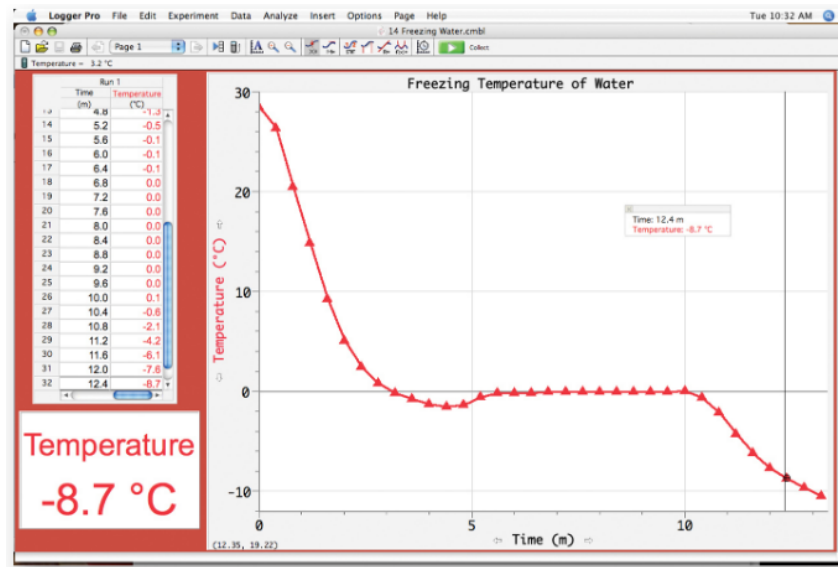


Рис. 1.5. Вимірювання температури за допомогою датчика

### 1.3.2. Властивості газів

Ми думаємо про газ як про сукупність крихітних частинок у випадковому тепловому русі. Коли вони стикаються зі стінками контейнера, вони діють на стінки контейнера. Середня сила, що виникає в результаті цих зіткнень на кожну одиницю площі контейнера, називається тиском газу. Ви знайомі з повсякденними одиницями тиску, такими як psi (фунт на квадратний дюйм) для опису тиску в шинах або дюйми ртутного стовпа для опису атмосферного тиску. Для цього експерименту ми будемо використовувати одиницю тиску в СІ, паскаль, який визначається як один Ньютон сили, що діє на кожен квадратний метр поверхні. Оскільки Ньютон менший за фунт, а квадратний метр набагато більший за квадратний дюйм, ми використовуватимемо кілопаскалі, кПа, для опису тиску газу.

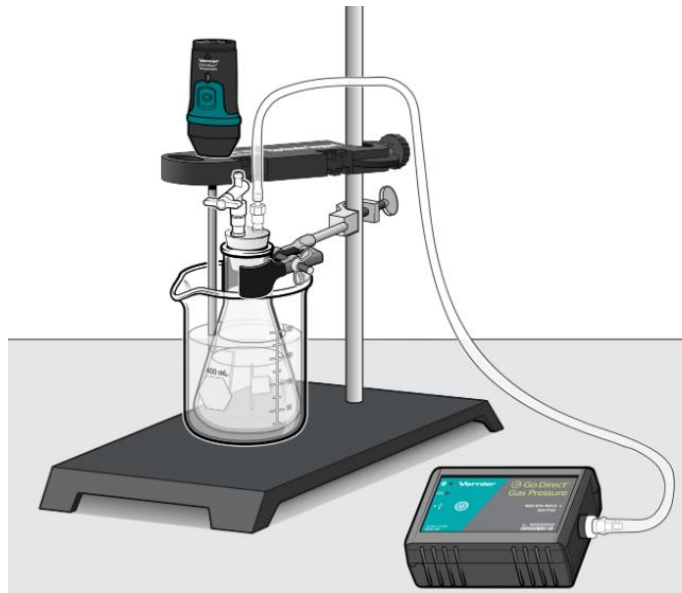


Рис. 1.6. Установа для вивчення властивостей газу

У цьому експерименті ви зберете дані про залежність тиску від об'єму, тиску від кількості та тиску від температури для зразка повітря в закритому контейнері.

Визначте співвідношення між цими парами змінних.

Визначте один вираз, що зв'язує ці змінні.

Визначте константу пропорційності для залежності між тиском, об'ємом і температурою.

Використовуйте кінетичну молекулярну теорію (КМТ), щоб змодельовати поведінку газу в різних точках на кожному графіку.

Датчики та обладнання

У цьому експерименті використовуються наступні датчики та обладнання. Може знадобитися додаткове обладнання.





Рис. 1.7. Обладнання, яке використовується в експерименті

### 1.3.3. Випаровування та міжмолекулярна взаємодія

У цьому експерименті датчики температури поміщають у різні рідини. Випаровування відбувається, коли зонд виймають із ємності з рідиною. Це випаровування є ендотермічним процесом, що призводить до зниження температури. Величина зниження температури, як і в'язкість і температура кипіння, пов'язана з силою міжмолекулярних сил притягання. У цьому експерименті ви дослідите зміни температури, спричинені випаровуванням кількох рідин, і зв'яжете зміни температури з силою міжмолекулярних сил притягання. Ви будете використовувати результати, щоб передбачити, а потім виміряти зміну температури для кількох інших рідин.

У цьому досліді ви зустрінете два типи органічних сполук — алкани та спирти. Двома алканами є пентан,  $C_5H_{12}$ , і гексан,  $C_6H_{14}$ . Крім атомів Карбону і Гідрогену, спирти також містять функціональну групу  $-OH$ . Метанол,  $CH_3OH$ , і етанол,  $C_2H_5OH$ , є двома спиртами, які ми будемо використовувати в цьому експерименті. Ви дослідите молекулярну структуру алканів і спиртів на предмет наявності та відносної сили двох міжмолекулярних сил — водневого зв'язку та дисперсійних сил. Ви також використаєте цей експеримент, щоб порівняти зміни температури для пропан-1-олу (мол.  $Wt = 60$ ) і пропанону (мол.  $Wt = 59$ ) і визначити, який має більші міжмолекулярні сили.

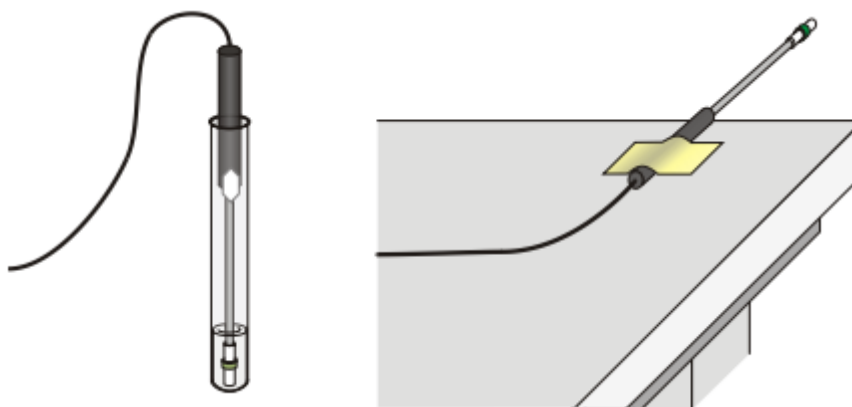


Рис. 1.8. Установка для вивчення випаровування і міжмолекулярної взаємодії

### МАТЕРІАЛИ

LabQuest	6 шматків фільтрувального паперу (2,5 см X 2,5 см)
метанол (метиловий спирт)	1-бутанол
LabQuest App	2 маленькі гумки
етанол (етиловий спирт)	н-пентан
2 датчики температури	малярський скотч
1-пропанол	н-гексан
	пропанон

Передлабораторна вправа Перед виконанням експерименту заповніть таблицю передлабораторної роботи. Для кожної сполуки подано назву та формулу. Намалюйте структурну формулу молекули кожної сполуки. Потім визначають молекулярну масу кожної з молекул. Між будь-якими двома молекулами існують дисперсійні сили, які, як правило, зростають із збільшенням молекулярної маси молекули. Далі перевірте кожну молекулу на наявність водневих зв'язків. Перш ніж може виникнути водневий зв'язок, атом водню повинен бути зв'язаний безпосередньо з атомом N, O або F у молекулі. Скажіть, чи кожна молекула має здатність до утворення водневих зв'язків.



### ПРОЦЕДУРА 1. Отримайте та одягніть захисні окуляри!

Застереження: сполуки, які використовуються в цьому експерименті, легкозаймисті та отруйні. Уникайте вдихання їх випарів. Уникайте їх контакту зі шкірою або одягом. Переконайтеся, що під час цього експерименту в лабораторії немає відкритого вогню. негайно повідомте вчителя, якщо трапиться нещасний випадок.

2. Підключіть датчики температури до LabQuest і оберіть «Новий» у меню «Файл». Якщо у вас старі датчики, які не ідентифікуються автоматично, налаштуйте датчики вручну.

3. На екрані вимірювача натисніть Довжина. Змініть тривалість збору даних на 240 секунд. Виберіть ОК. Збір даних триватиме 4 хвилини.

4. Оберніть зонд 1 і зонд 2 квадратними шматочками фільтрувального паперу, закріпленими маленькими гумовими стрічками, як показано на малюнку 1. Згорніть фільтрувальний папір навколо наконечника зонда у формі циліндра. Підказка: спочатку надіньте гумку на зонд, оберніть папір навколо зонда, а потім нарешті надіньте гумку на папір. Папір має бути рівним із кінцем зонда.

5. Поставте зонд 1 у контейнер з етанолом, а зонд 2 у контейнер з 1-пропанолом. Стежте, щоб контейнери не перекидалися. **НЕБЕЗПЕКА:** Денатурований етанол,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ : легкозаймиста рідина та пари. Тримайте подалі від тепла, іскор, відкритого вогню та гарячих поверхонь. Не їжте і не пийте під час використання цього продукту — шкідливий при ковтанні. Викликає серйозне подразнення шкіри та очей.

Може викликати подразнення дихальних шляхів. Уникайте вдихання туману, парів або спрею. Викликає пошкодження органів. Додавання денатурату робить продукт отруйним. Не можна зробити неотруйним. **НЕБЕЗПЕКА:** 1-пропанол: тримайте подалі від тепла, іскор, відкритого вогню та гарячих поверхонь — це легкозаймиста рідина та пара. Не їжте та не пийте під час використання цього продукту — шкідливо при ковтанні. Викликає легке подразнення шкіри та серйозне пошкодження очей. Може бути шкідливим при вдиханні. Може викликати сонливість або запаморочення.

6. Підготуйте 2 шматки маскувальної стрічки, довжиною

приблизно 10 см кожен, щоб використовувати їх для закріплення зондів на місці під час Кроку 7. 7. Після того, як зонди пробули в рідинах щонайменше 30 секунд, почніть збір даних. На екрані будується оперативний графік залежності температури від часу для зонда 1 і зонда 2. Справа від графіка відображаються живі показання. Стежте за температурою протягом 15 секунд, щоб встановити початкову температуру кожної рідини. Потім одночасно вийміть зонди з рідин і заклейте їх скотчем, щоб наконечники зондів виступали на 5 см над краєм столу, як показано на малюнку 1. 8. Збір даних припиниться через 4 хвилини (або зупиніть збір даних до того, як минуло 4 хвилини). Розгляньте графік залежності температури від часу. На основі ваших даних визначте максимальну температуру  $t_1$  і мінімальну температуру  $t_2$  для обох зондів. Запишіть  $t_1$  і  $t_2$  для кожного зонда. 9. Для кожної рідини відніміть мінімальну температуру від максимальної, щоб визначити  $\Delta t$ , зміну температури під час випаровування. 10. На підставі значень  $\Delta t$ , які ви отримали для цих двох речовин, а також інформації у вправі перед лабораторною роботою, передбачте величину значення  $\Delta t$  для 1-бутанолу. Порівняйте його здатність утворювати водневі зв'язки та молекулярну масу з етанолом і 1-пропанолом. Запишіть ваш прогноз  $\Delta t$ , а потім поясніть, як ви прийшли до цієї відповіді у відведеному місці. Зробіть те саме для н-пентану. Не важливо, щоб ви передбачили точне значення  $\Delta t$ ; просто оцініть логічне значення, яке є вищим, нижчим або між попередніми значеннями  $\Delta t$ . 11. Перевірте свій прогноз у кроці 10, повторивши кроки 5–9, використовуючи 1-бутанол із зондом 1 і нпентан із зондом 2.

**НЕБЕЗПЕКА:** 1-бутанол,  $C_4H_9OH$ : тримайте подалі від тепла, іскор, відкритого вогню та гарячих поверхонь — легкозаймиста рідина та пара. Токсичний при ковтанні, контакті зі шкірою або при вдиханні. Не їжте та не пийте під час використання цього продукту. Не вдихайте туман, пари або спреї. Викликає серйозне подразнення шкіри та очей. Викликає пошкодження органів. **НЕБЕЗПЕКА:** н-пентан,  $CH_3(CH_2)_3CH_3$ : тримайте подалі від тепла, іскор, відкритого вогню та гарячих поверхонь —

легкозаймиста рідина та пара. Не їжте та не пийте під час використання цього продукту — шкідливий при ковтанні або контакті зі шкірою. Уникайте вдихання туману, парів або спрею. Може викликати сонливість або запаморочення. 12. На основі значень  $\Delta t$ , які ви отримали для всіх чотирьох речовин, а також інформації, отриманої у вправі перед лабораторною роботою, спрогнозуйте значення  $\Delta t$  для метанолу та н-гексану. Порівняйте здатність до утворення водневих зв'язків і молекулярну масу метанолу та н-гексану з такими для попередніх чотирьох рідин. Запишіть ваш прогноз  $\Delta t$ , а потім поясніть, як ви прийшли до цієї відповіді у відведеному місці. 13. Перевірте свій прогноз у кроці 12, повторивши кроки 5–9, використовуючи метанол із зондом 1 і н-гексан із зондом 2.

**НЕБЕЗПЕКА:** Метанол, СНЗОН: тримайте подалі від тепла, іскор, відкритого вогню та гарячих поверхонь — це легкозаймиста рідина та пари. Токсичний при ковтанні, контакті зі шкірою або при вдиханні. Не їжте та не пийте під час використання цього продукту. Не вдихайте туман, пари або спрей. Викликає серйозне подразнення шкіри та очей. Викликає пошкодження органів. **НЕБЕЗПЕКА:** н-Гексан, С6Н14: Тримайте подалі від джерел тепла, іскор, відкритого вогню та гарячих поверхонь — легкозаймистих рідин і парів. Не їжте та не пийте під час використання цього продукту. Уникайте вдихання туману, парів або спрею. Може бути смертельним при проковтуванні та потраплянні в дихальні шляхи. Може викликати пошкодження органів. Викликає подразнення шкіри та очей. Може викликати сонливість або запаморочення. Підозра щодо шкоди фертильності або ненародженій дитині. Не використовуйте, доки не зрозумієте всі заходи безпеки. 14 Повторіть кроки 5–9, використовуючи пропанол із зондом 1 і пропанон із зондом 2

#### Обробка даних

1. Дві рідини, н-пентан і 1-бутанол, мали майже однакові молекулярні маси, але значно відрізнялися значення  $\Delta t$ . Поясніть різницю у значеннях  $\Delta t$  цих речовин, виходячи з їх міжмолекулярних сил. 2. Який із досліджених

спиртів має найсильніші міжмолекулярні сили притягання?

Найслабші міжмолекулярні сили? Поясніть, використовуючи результати цього досліду. 3. Який із досліджених алканів має сильніші міжмолекулярні сили притягання? Слабші міжмолекулярні сили? Поясніть, використовуючи результати цього досліду. 4. Побудуйте графік залежності  $\Delta t$  чотирьох спиртів від їх відповідних молекулярних мас. Відкладіть молекулярну масу на горизонтальній осі та  $\Delta t$  на вертикальній осі.



Рис. 1.9. Графіки експериментальних залежностей

### 1.3.4. Закон Бойля: залежність між тиском і об'ємом у газах

Основна мета цього експерименту – визначити зв'язок між тиском і об'ємом замкнутого газу. Газ, який ми використовуємо, буде повітрям, і він буде обмежений у шприці, підключеному до датчика тиску газу (див. Малюнок 1). Коли об'єм шприца змінюється шляхом переміщення поршня, відбувається зміна тиску обмеженого газу. Ця зміна тиску буде відстежуватися за допомогою датчика тиску газу. Передбачається, що протягом експерименту температура буде постійною. Пари даних про тиск і об'єм будуть зібрані під час цього експерименту, а потім проаналізовані. За даними та графіком ви зможете визначити, яка математична залежність існує

між тиском і об'ємом обмеженого газу. Історично ця залежність була вперше встановлена Робертом Бойлем у 1662 році і з тих пір відома як закон Бойля.



Рис. 1.10. Установка для вивчення залежності між тиском і об'ємом у газах

## МАТЕРІАЛИ

Датчик тиску газу LabQuest Vernier

Газовий шприц LabQuest App на 20 мл

## ПРОЦЕДУРА

1. Підготуйте датчик тиску газу та зразок повітря для збору даних.
  - а. Підключіть датчик тиску газу до LabQuest і виберіть «Новий» у меню «Файл». Якщо у вас є старіший датчик, який не виконує автоматичну ідентифікацію, налаштуйте датчик вручну.
  - б. Від'єднавши шприц на 20 мл від датчика тиску газу, рухайте поршень шприца, доки передній край внутрішнього чорного кільця (позначеного стрілкою на малюнку 1) не буде розташований на позначці 10,0 мл.
  - в. Приєднайте 20 мл шприц до клапана датчика тиску газу.
2. Налаштувати режим збору даних.
  - а. На екрані вимірювача натисніть Режим. Змініть режим на Події з записом.
  - б. Введіть назву (об'єм) та одиниці (мл). Виберіть ОК.
3. Щоб отримати найкращі дані, вам потрібно буде виправити показники об'єму зі шприца. Подивіться на шприц; його масштаб повідомляє про його власний внутрішній об'єм. Однак цей об'єм не є загальним об'ємом повітря, захопленого у вашій системі, оскільки всередині датчика тиску є трохи місця.

Щоб врахувати додатковий об'єм у системі, вам потрібно буде додати 0,8 мл до показань вашого шприца. Наприклад, з об'ємом шприца 5,0 мл

загальний об'єм становитиме 5,8 мл. Саме цей загальний обсяг знадобиться для аналізу. 4. Тепер ви готові збирати дані про тиск і об'єм. Найпростіше, якщо одна людина доглядає за газовим шприцом, а інша вводить обсяги. а. Почніть збір даних. б. Перемістіть поршень таким чином, щоб передній край внутрішнього чорного кільця (див. Малюнок 2) знаходився на лінії 5,0 мл на шприці. Міцно утримуйте поршень у цьому положенні, доки значення тиску, що відображається на екрані, не стабілізується. в. Торкніться «Зберегти» та введіть 5.8, об'єм газу (у мл) на екрані. Пам'ятайте, що ви додаєте 0,8 мл до загального об'єму шприца. Виберіть ОК, щоб зберегти цю пару даних тиску, об'єму.

д. Продовжуйте цю процедуру, використовуючи шприци об'ємом 10,0, 12,5, 15,0, 17,5 і 20,0 мл. ф. Зупинити збір даних. 5. Після завершення збору даних відобразиться графік залежності тиску від об'єму. Щоб перевірити пари даних на відображеному графіку, торкніться будь-якої точки даних. Коли ви торкаєтеся кожної точки даних, праворуч від графіка відображаються значення тиску та об'єму. Запишіть значення тиску та об'єму в таблицю даних. 6. На основі графіка залежності тиску від об'єму вирішіть, який математичний зв'язок існує між цими двома змінними, прямий чи обернений. Щоб перевірити, чи зробили ви правильний вибір: а. Виберіть «Підгонка кривої» в меню «Аналіз». б. Виберіть Power як рівняння Fit. Статистика підгонки кривої для цих двох стовпців даних відображається для рівняння у формі  $y = Ax^B$ , де  $x$  — об'єм,  $y$  — тиск,  $A$  — константа пропорційності, а  $B$  — експонента  $x$  (об'єм) у цьому рівнянні. Примітка: залежність між тиском і об'ємом можна визначити за значенням і знаком експоненти,  $B$ . с. Якщо ви правильно визначили математичне співвідношення, лінія регресії має майже відповідати точкам на графіку (тобто проходити через нанесені точки або поблизу них). d.

Виберіть ОК.



Рис. 1.11. Графік у координатах PV

### ОБРОБКА ДАНИХ

1. Якщо об'єм збільшити вдвічі з 5,0 мл до 10,0 мл, що, за вашими даними, станеться з тиском? У відповіді покажіть значення тиску. 2. Якщо об'єм зменшити вдвічі з 20,0 мл до 10,0 мл, що, за вашими даними, станеться з тиском? У відповіді покажіть значення тиску. 3. Якщо об'єм збільшити втричі з 5,0 мл до 15,0 мл, що за вашими даними відбулося з тиском? У відповіді покажіть значення тиску. 4. Виходячи з ваших відповідей на перші три запитання та форми кривої на графіку залежності тиску від об'єму, ви вважаєте, що зв'язок між тиском і об'ємом газу в замкнутому просторі є прямим чи оберненим? Поясніть свою відповідь. 5. Виходячи з ваших даних, яким би ви очікували тиск, якби об'єм шприца збільшили до 40,0 мл. Поясніть або покажіть роботу, щоб підтвердити свою відповідь. 6. Виходячи з ваших даних, яким би ви очікували тиск, якщо об'єм шприца зменшити до 2,5 мл. 7. Які експериментальні фактори вважаються постійними в цьому експерименті? 8. Один із способів визначити, чи зв'язок є оберненим чи прямим, – це знайти константу пропорційності  $k$  за даними. Якщо ця залежність пряма, то  $k = P/V$ . Якщо воно обернене,  $k = P \cdot V$ . На основі вашої відповіді на запитання 4 виберіть одну з цих формул і обчисліть  $k$  для семи впорядкованих пар у вашій таблиці даних (розділіть або помножте значення  $P$  і  $V$ ). Відповіді покажіть у третьому стовпчику таблиці «Дані та

обчислення». 9. Наскільки сталими були значення  $k$ , які ви отримали в Запитанні 8? Хороші дані можуть показувати деякі незначні варіації, але значення  $k$  мають бути відносно постійними. 10. Використовуючи  $P$ ,  $V$  і  $k$ , напишіть рівняння, що відображає закон Бойля. Напишіть словесне твердження, яке правильно виражає закон Бойля.

### РОЗШИРЕННЯ

1. Щоб підтвердити, що між тиском і об'ємом існує обернена залежність, також можна побудувати графік залежності тиску від об'єму ( $1/\text{об'єм}$ ). Щоб зробити це за допомогою LabQuest: а. Торкніться вкладки Таблиця, щоб відобразити таблицю даних. б. Виберіть «Новий обчислюваний стовпець» у меню «Таблиця». в. Введіть назву ( $1/\text{об'єм}$ ) та одиниці ( $1/\text{мл}$ ). Виберіть рівняння,  $A/X$ . Використовуйте тиск як стовпець для  $X$  і 1 як значення для  $A$ . г. Виберіть ОК.



2. Виконайте цю процедуру, щоб обчислити статистику регресії та побудувати найкращу лінію регресії на вашому графіку тиску проти  $1/\text{об'єму}$ : а. Виберіть «Параметри графіка» в меню «Графік». б. Виберіть Autoscale від 0 і виберіть ОК. в. Виберіть «Підгонка кривої» в меню «Аналіз». г. Виберіть «Лінійний» як рівняння відповідності. Статистика лінійної регресії для цих двох стовпців даних відображається у формі:  $y = mx + b$ , де  $x$  —  $1/\text{об'єм}$ ,  $y$  — тиск,  $m$  — константа пропорційності, а  $b$  — точка перетину  $y$ . д. Виберіть ОК. Якщо залежність між  $P$  і  $V$  є зворотною



залежністю, графік залежності тиску від  $1/\text{об'єму}$  має бути прямим; тобто крива має бути лінійною і проходити через (або поблизу) початок координат. Перегляньте свій графік, щоб перевірити, чи це вірно для ваших даних.



### 1.3.5. Залежність між тиском і температурою в газах

Гази складаються з молекул, які постійно рухаються і чинять тиск, коли стикаються зі стінками свого контейнера. Швидкість і кількість зіткнень цих молекул змінюються, коли температура газу підвищується або знижується. У цьому експерименті ви вивчатимете залежність між температурою зразка газу та тиском, який він створює. Використовуючи прилад, показаний на малюнку 1, ви помістите колбу Ерленмейєра зі зразком повітря у водяні бані різної температури. Тиск буде контролюватися за допомогою датчика тиску, а температура – за допомогою датчика температури. Об'єм зразка газу та кількість молекул, які він містить, залишатимуться постійними. Пари даних про тиск і температуру будуть зібрані під час експерименту, а потім проаналізовані. За даними та графіком ви визначите, яка математична залежність існує між тиском і абсолютною температурою закритого газу. Ви також можете виконати вправу розширення

та використати свої дані, щоб знайти значення абсолютного нуля за температурною шкалою Цельсія.

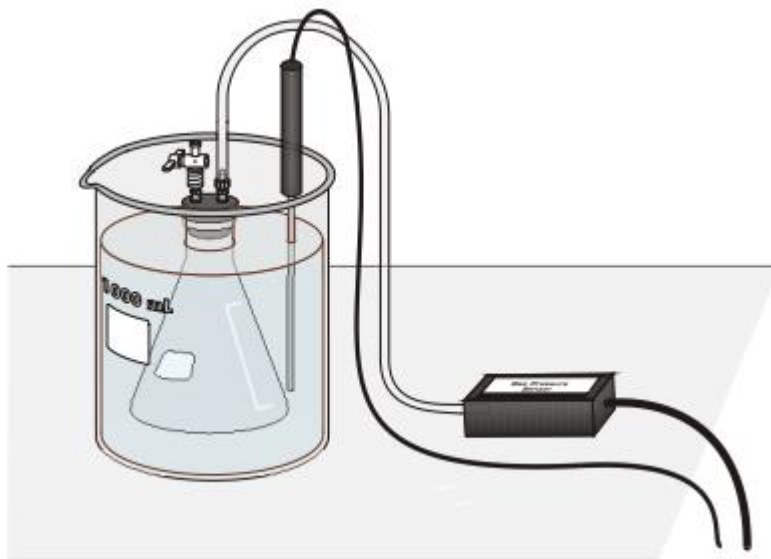


Рис. 1.12. Установка для вивчення залежності між тиском і температурою в газах

## МАТЕРІАЛИ

Пластикова трубка LabQuest із двома з'єднувачами Додаток LabQuest  
Колба Ерленмейера 125 мл Ноніус Датчик тиску газу Гумова пробка в зборі  
Підставка для кільця температурного зонда та допоміжний затискач Чотири  
1-літрові склянки з гарячою плитою, рукавичка або тканина

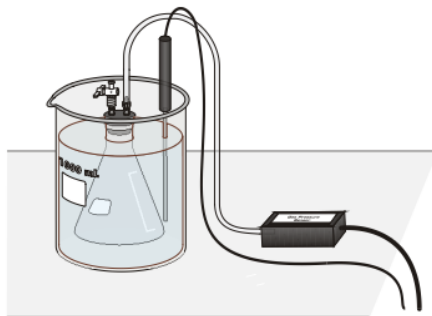
## ПРОЦЕДУРА

- Отримайте та одягніть захисні окуляри.
- Приготуйте водяну баню. Налийте приблизно 800 мл гарячої водопровідної води в склянку об'ємом 1 л і поставте її на гарячу плиту. Увімкніть конфорку на високий рівень.
- Приготуйте ванну з крижаною водою. Налийте приблизно 700 мл холодної водопровідної води в другий стакан об'ємом 1 л і додайте лід.
- Налийте приблизно 800 мл води кімнатної температури в третю склянку об'ємом 1 л.
- Налийте приблизно 800 мл гарячої водопровідної води в четверту склянку об'ємом 1 л.
- Підготуйте датчик температури та датчик тиску газу до збору даних.
  - Під'єднайте датчик тиску газу до каналу 1 LabQuest, а датчик температури – до каналу 2. Виберіть «Новий» у меню «Файл». Якщо у вас

старі датчики, які не ідентифікуються автоматично, налаштуйте датчики вручну.



б. Отримайте вузол із гумовою пробкою з шматком товстостінної пластикової трубки, з'єднаної з одним із двох клапанів. Приєднайте з'єднувач на вільному кінці пластикової трубки до відкритого штока датчика тиску газу, повернувши його за годинниковою стрілкою. Залиште його двоходовий клапан на гумовій пробці відкритим (на одній лінії зі штоком клапана, як показано на малюнку 2) до кроку бд. в. Вставте гумову пробку в колбу Ерленмейєра на 125 мл. Важливо: закрутіть пробку в шийку колби, щоб забезпечити щільне прилягання.



д. Закрийте двоходовий клапан над гумовою пробкою — зробіть це, повернувши ручку клапана так, щоб вона була перпендикулярна самому штоку клапана (як показано на малюнку 3). Зразок повітря, який потрібно досліджувати, тепер поміщений у колбу. 7. На екрані вимірювача натисніть Режим. Змініть режим на Вибрані події. Виберіть ОК. 8. Змініть налаштування графіка, щоб відобразити графік залежності тиску від температури. а. Натисніть Графік. б. Виберіть Показати графік ► Графік 1 у меню Графік. в. Торкніться мітки осі X і виберіть «Температура». 9. Почніть збір даних. Показники тиску (в кПа) і температури (в °C) і відображаються на екрані. 10. Зберіть дані про залежність тиску від температури вашого зразка

газу. а. Поставте колбу на баню з крижаною водою. Переконайтеся, що вся колба закрыта (див. Малюнок 3). б. Помістіть датчик температури у ванну з крижаною водою. в. Коли показання температури та тиску стабілізуються, торкніться «Зберегти», щоб зберегти показання температури та тиску. 11. Повторіть крок 10, використовуючи ванну кімнатної температури. 12. Повторіть крок 10, використовуючи ванну з гарячою водою. 13. Використовуйте кільцеву підставку та спеціальний затискач, щоб підвісити температурний датчик у бані з киплячою водою. Застереження: не обпікайте себе або дроти зонда гарячою пластиною. Щоб не обпекти руку, тримайте трубку колби рукавичкою або тканиною. Після того, як температурний датчик побув у киплячій воді кілька секунд, помістіть колбу в киплячу водяну баню та повторіть крок 10. Припиніть збір даних і вийміть колбу та температурний датчик. 14. Розгляньте точки даних на відображеному графіку залежності тиску від температури ( $^{\circ}\text{C}$ ). Щоб перевірити пари даних на відображеному графіку, торкніться будь-якої точки даних. Коли ви натискаєте кожен точку даних, значення температури та тиску відображаються праворуч від графіка. Запишіть пари даних у вашу таблицю даних. 15. Для того, щоб визначити, чи зв'язок між тиском і температурою є прямою чи оберненою, необхідно використовувати абсолютну температурну шкалу; тобто температурна шкала, точка  $0^{\circ}$  якої відповідає абсолютному нулю. Ви будете використовувати шкалу абсолютної температури Кельвіна. Замість того, щоб вручну додавати  $273^{\circ}$  до кожної з температур за Цельсієм, щоб отримати значення Кельвіна, ви створите новий стовпець для температури Кельвіна. а. Торкніться вкладки Таблиця, щоб відобразити таблицю даних. б. Виберіть «Новий обчислюваний стовпець» у меню «Таблиця». в. Введіть назву стовпця (температура Кельвіна) та одиниці (К). д. Виберіть рівняння  $X+A$ . Використовуйте температуру як стовпець для  $X$  і введіть 273 як значення для  $A$ . Виберіть ОК, щоб відобразити графік залежності тиску від температури Кельвіна. д. Торкніться будь-якої точки даних, щоб записати значення температури Кельвіна (відображаються

праворуч від графіка) у вашу таблицю даних. 16. Виконайте цю процедуру, щоб обчислити статистику регресії та побудувати найкращу лінію регресії на графіку залежності тиску від температури Кельвіна: а. Виберіть «Підгонка кривої» в меню «Аналіз». б. Виберіть «Лінійний» як рівняння відповідності.

Статистика лінійної регресії для цих двох списків відображається для рівняння у формі:

$$y = mx + b,$$

де  $x$  — температура (К),  $y$  — тиск,  $m$  — константа пропорційності, а  $b$  — точка перетину  $y$ .

Виберіть ОК.

### ОБРОБКА ДАНИХ

1. Для того, щоб виконати цей експеримент, які два експериментальні фактори залишалися постійними? 2. На основі даних і графіка, які ви отримали для цього досліджу, виразіть словами залежність між тиском газу та температурою. 3. Поясніть цю залежність за допомогою понять молекулярної швидкості та зіткнень молекул. 4. Напишіть рівняння для вираження залежності між тиском і температурою (К). Використовуйте символи  $P$ ,  $T$  і  $k$ . 5. Один із способів визначити, чи зв'язок є оберненим чи прямим, – це знайти константу пропорційності  $k$  за даними. Якщо ця залежність пряма,  $k = P/T$ . Якщо це обернено,  $k = P \cdot T$ . На основі вашої відповіді на запитання 4 виберіть одну з цих формул і обчисліть  $k$  для чотирьох упорядкованих пар у вашій таблиці даних (розділіть або помножте значення  $P$  і  $T$ ). Покажіть відповідь у четвертому стовпчику таблиці «Дані та обчислення». Наскільки «постійними» були ваші цінності? 6. Відповідно до цього експерименту, що має статися з тиском газу, якщо температуру Кельвіна збільшити вдвічі? Перевірте це припущення, знайшовши тиск при  $-73^\circ\text{C}$  (200 К) і при  $127^\circ\text{C}$  (400 К) на графіку залежності тиску від температури. Як порівняти ці два значення тиску?

### РОЗШИРЕННЯ

Дані, які ви зібрали, також можна використовувати для визначення значення абсолютного нуля за температурною шкалою Цельсія. Замість того, щоб побудувати графік залежності тиску від температури Кельвіна, як ми робили вище, цього разу ви покладете температуру за Цельсієм на вісь  $y$ , а тиск на вісь  $x$ . Оскільки абсолютний нуль — це температура, при якій тиск теоретично дорівнює нулю, температура, де лінія регресії (продовження кривої температура-тиск) перетинає вісь  $y$ , має бути значенням температури за Цельсієм для абсолютного нуля. Ви можете використовувати дані, зібрані в цьому експерименті, щоб визначити значення абсолютного нуля.

- На графіку змініть вісь  $X$  на тиск.
- Змініть вісь  $Y$  на температуру ( $^{\circ}\text{C}$ ). Тепер відображається графік залежності температури ( $^{\circ}\text{C}$ ) від тиску.
- Виберіть «Підгонка кривої» в меню «Аналіз».
- Виберіть «Лінійний» для рівняння відповідності. Статистика лінійної регресії для цих двох списків відображається для рівняння у формі:  $y = mx + b$
- де  $x$  — температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $y$  — тиск,  $m$  — константа пропорційності,  $b$  — точка перетину  $y$ .
- Виберіть ОК.
- Виберіть «Параметри графіка» в меню «Графік». Введіть 0 як крайнє ліве значення на осі абсцис (тиск). Потім введіть  $-300$  як найнижче значення на осі  $Y$  (температура). Виберіть ОК.
- Виберіть «Інтерполяція» в меню «Аналіз». Значення координати температури і тиску лінії регресії відображаються праворуч від графіка. Постукайте по лінії регресії до значення тиску, що дорівнює 0 кПа.

Примітка. Ви також можете скористатися кнопкою ◀ на LabQuest, щоб допомогти перемістити курсор до 0 кПа. Температура (в  $^{\circ}\text{C}$ ) при цьому тиску є значенням абсолютного нуля для ваших даних.

- (необов'язково) Надрукуйте графік залежності температури від тиску з відображеною лінією регресії та екстрапольованим значенням температури.

### 1.3.6. Тепловий двигун: зв'язок роботи з P-V циклом

Ви уважно вивчали підручник і намагаєтеся зрозуміти, як можна пов'язати роботу теплового двигуна зі зміною тиску  $P$  і об'єму  $V$  його

робочої речовини. Зокрема, ви хотіли б пов'язати роботу, необхідну для підняття маси, з площею, обмеженою діаграмою  $P-V$ , яка описує, що відбувається з повітрям двигуна — його робочою речовиною.

### Цілі

Дослідіть, як робота, виконана двигуном, який збільшує масу протягом кожного свого циклу, пов'язана з площею, обмеженою його графіком  $P-V$ .

### Датчики та обладнання

У цьому експерименті використовуються наступні датчики та обладнання. Може знадобитися додаткове обладнання.

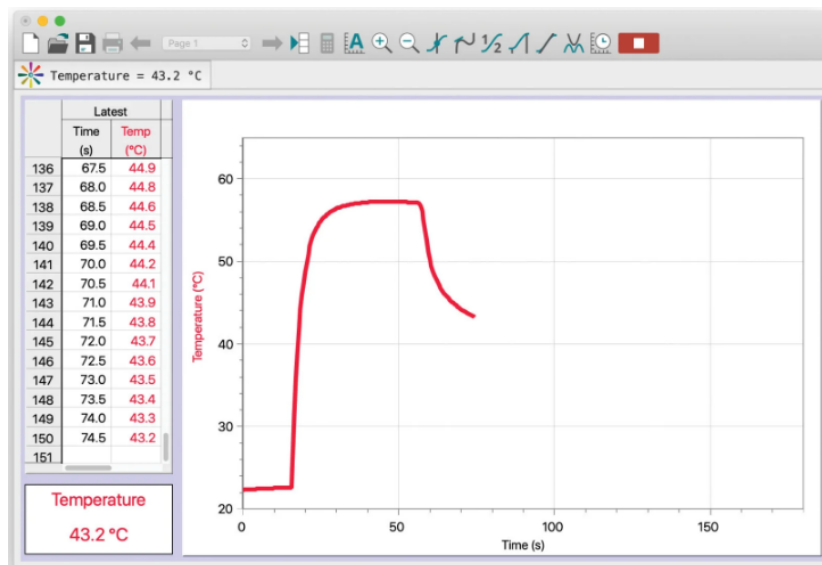


Рис. 1.13. Графік температури

### 1.3.7. Дослідження плавлення льоду

Поведінки при плавленні та замерзанні належать до характерних властивостей, які надають чистій речовині її унікальну ідентичність. Коли додається енергія, чиста тверда вода (лід) при  $0^{\circ}\text{C}$  перетворюється на рідку воду при  $0^{\circ}\text{C}$ .

У цьому експерименті ви визначите енергію (в джоулях), необхідну для розплавлення одного грама льоду. Потім ви визначите молярну теплоту плавлення льоду (у кДж/моль). Надлишок льоду буде додано до теплої води відомої температури в пінопластовій чашці. Лід охолодить теплу воду до

температури близько  $0^{\circ}\text{C}$ . Енергія, необхідна для танення льоду, вилучається з теплої води, коли вона охолоджується.

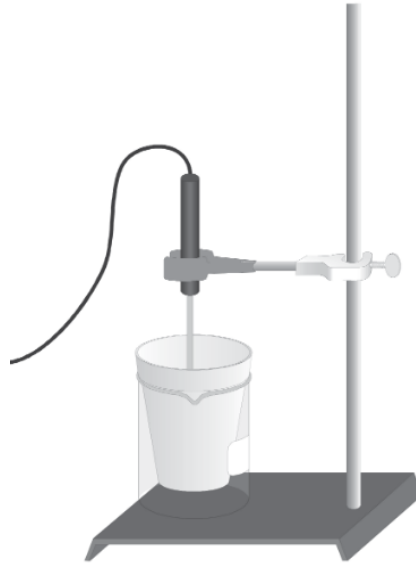


Рис. 1.14. Установка для вивчення плавлення льоду

Для розрахунку тепла, яке витікає з води, можна скористатися співвідношенням

$$q = C_p \cdot m \cdot \Delta t$$

де  $q$  означає тепловий потік,  $C_p$  — питома теплоємність,  $m$  — маса в грамах, а  $\Delta t$  — зміна температури. Для води  $C_p$  становить  $4,18 \text{ Дж/г}^{\circ}\text{C}$ .

Цілі

Визначте енергію (в Джоулях), необхідну для розплавлення одного грама льоду. Визначте молярну теплоту плавлення льоду (в кДж/моль).



Рис. 1.15. Датчики та обладнання



Може знадобитися додаткове обладнання.

### 1.3.8. Температура кипіння води

Фізичні властивості чистої речовини можна використовувати, щоб ідентифікувати речовину та відрізнити її від інших чистих речовин. Температура кипіння є однією з таких фізичних властивостей. Це температура, за якої речовина швидко переходить із рідкого стану в газоподібний. Швидке утворення бульбашок свідчить про те, що рідина має температуру кипіння. У цьому досліді ви вивчатимете кипіння води.

Фізичні властивості чистої речовини можна використовувати, щоб ідентифікувати речовину та відрізнити її від інших чистих речовин. Температура кипіння є однією з таких фізичних властивостей. Це температура, за якої речовина швидко переходить із рідкого стану в газоподібний. Швидке утворення бульбашок свідчить про те, що рідина має температуру кипіння. У цьому досліді ви вивчатимете кипіння води.



Рис. 1.16. Установка для вивчення кипіння води

Цілі

У цьому експерименті ви будете

Спостерігати за кипінням води.

Для вимірювання температури використовуйте комп'ютер.

Аналізуйте дані.

Використовуйте свої дані та графік, щоб зробити висновки про кипіння.

Визначте температуру кипіння води.

Застосовувати вивчені поняття в новій ситуації.

Датчики та обладнання

У цьому експерименті використовуються наступні датчики та обладнання. Може знадобитися додаткове обладнання.

## 1.4. Висновки до розділу

На основі проведеного аналізу вдалося встановити, що в умовах триваючого протистояння, обстрілу росією цивільних об'єктів із ракетно-артилерійського озброєння використання дистанційних освітніх технологій є актуальним. Як показує український досвід використання дистанційної освіти в умовах війни, цей спосіб організації навчального процесу майже безальтернативний. Агресивні дії російської армії та загроза обстрілу навчальних закладів ускладнюють традиційну роботу навчальних закладів. Отже, для України в недалекому майбутньому дистанційне навчання є невід'ємною частиною освіти майбутнього. Ми прогнозуємо, що в майбутньому механізми дистанційного навчання будуть тільки вдосконалюватися, що вплине на поширення та розвиток онлайн-освіти в цілому.

У сфері дистанційного навчання обладнання LabQuest Vernier є цінним інструментом для учнів і викладачів, які прагнуть досліджувати молекулярну фізику та термодинаміку. Забезпечуючи дистанційний збір даних, аналіз даних у реальному часі, віртуальні експерименти та спільне навчання, ця технологія сприяє багатому та інтерактивному освітньому досвіду. Оскільки ми адаптуємося до постійно мінливого ландшафту освіти, нас обнадіює

знання, що ми можемо продовжувати досліджувати захоплюючий світ молекулярної фізики та термодинаміки, не виходячи з власного дому.

## **Розділ 2. Методика вивчення молекулярної фізики і термодинаміки у старшій школі в умовах дистанційного навчання**

У другому розділі розв'язується завдання, що стосується розробки навчально-методичного комплексу, обґрунтування методики його застосування під час вивчення фізики.

### **2.1.1. Методи дистанційного навчання фізики**

Під час військового конфлікту чи будь-якої кризи освіта часто зривається, і дистанційне навчання стає життєво важливим інструментом для продовження академічних занять. Фізика, будучи фундаментальною наукою, яка лежить в основі нашого розуміння світу природи, може створити особливі проблеми в контексті дистанційного навчання. Однак за правильного підходу та ресурсів студенти можуть ефективно вивчати фізику дистанційно, навіть у розпал конфлікту. У цьому есе ми дослідимо найефективніші методи вивчення фізики в дистанційному навчанні в складні часи.

#### **2.1.1.1. Цифрові навчальні платформи та ресурси**

Однією з найбільших переваг дистанційного вивчення фізики є велика кількість доступних цифрових ресурсів і навчальних платформ. Ці платформи можуть надати студентам доступ до підручників, лекцій, симуляцій та інтерактивного контенту. Вкрай важливо, щоб студенти навчилися орієнтуватися в цих ресурсах, щоб отримати повне розуміння фізики.

- Онлайн-підручники та конспекти лекцій: багато підручників і конспектів лекцій доступні в Інтернеті, і вони часто охоплюють той самий матеріал, що й традиційні підручники. Ці цифрові ресурси дозволяють

студентам навчатися у своєму власному темпі, і вони легко доступні навіть під час конфлікту.

- Відеолекції: відеолекції є цінним ресурсом, особливо коли студенти мають обмежений доступ до особистого навчання. Такі платформи, як Khan Academy, Coursera та edX, пропонують високоякісні відеокурси, що дозволяє студентам навчатися у експертів у цій галузі.

- Моделювання та віртуальні лабораторії: симуляції фізики та віртуальні лабораторії, подібні до тих, які пропонує PhET Interactive Simulations, дозволяють студентам проводити експерименти та досліджувати концепції фізики у віртуальному середовищі. Це необхідні інструменти, коли практичні лабораторії недоступні.

#### **2.1.1.2. Інтерактивне спілкування та обговорення**

Фізику часто сприймають як складний предмет, а під час конфліктів вона може ще більше ізолювати учнів. Важливо розвивати почуття спільності та залучення, щоб полегшити навчання.

- Онлайн-дискусійні форуми: створення дискусійних форумів або використання існуючих платформ, таких як Reddit або Discord, може допомогти студентам ставити запитання, ділитися ресурсами та брати участь у дискусіях з колегами та викладачами. Ця взаємодія може бути неоціненною, коли традиційні дискусії в класі неможливі.

- Навчання «рівний-рівному»: заохочення навчання «рівний-рівному» через онлайн-навчальні групи або спільні проекти може покращити розуміння та підтримувати мотивацію учнів.

- Регулярні віртуальні зустрічі: проведення віртуальних робочих годин або зустрічей з викладачами через платформи для відеоконференцій, такі як Zoom або Microsoft Teams, можуть забезпечити більш особистий досвід навчання, де студенти можуть ставити запитання та шукати роз'яснень.

### 2.1.1.3. Адаптивні стратегії навчання

У часи кризи управління часом і стресом стає ще важливішим. Застосування ефективних стратегій навчання може допомогти студентам залишатися на шляху та зберігати збалансований підхід до вивчення фізики.

- Управління часом: студенти повинні розробити навчальний графік, який враховує їхню поточну ситуацію, забезпечуючи гнучкість і гарантуючи, що вони покривають необхідний матеріал. Інструменти та програми для управління часом можуть бути корисними.

- Самооцінка та зворотній зв'язок: регулярна самооцінка за допомогою тестів і практичних завдань може допомогти учням оцінити своє розуміння та визначити сфери, які потребують вдосконалення. Необхідно також отримати зворотній зв'язок від інструкторів або колег щодо завдань і оцінювання.

- Чанкінг: розбивка навчального матеріалу на менші, керовані розділи може полегшити розуміння складних концепцій. Цей метод «розбивання» особливо ефективний у фізиці, де багато тем взаємопов'язані.

### 2.1.1.4. Практичний експеримент

Однією з унікальних проблем вивчення фізики в дистанційній формі є обмежений доступ до лабораторних приміщень. Однак для вирішення цієї проблеми можна застосувати творчі рішення.

- Домашні експерименти: деякі фізичні експерименти можна проводити вдома за допомогою доступних матеріалів. Студенти можуть виконувати прості експерименти, щоб отримати практичний досвід і краще зрозуміти теоретичні концепції, які вони вивчають.

- Віртуальні лабораторії: як згадувалося раніше, віртуальні лабораторії та симуляції можна використовувати для повторення лабораторних експериментів. Хоча вони не замінюють фізичного досвіду, вони можуть бути дуже ефективними для ілюстрації концепцій.

### 2.1.1.5. Адаптивні технології та доступність

Доступність є ключовим аспектом дистанційного навчання, особливо під час конфліктів, коли студенти можуть зіткнутися з різними проблемами. Інструктори та установи повинні враховувати наступне:

- Інструменти доступності: використовуйте платформи та матеріали, доступні для учнів з обмеженими можливостями. Надати с

Параметри низької пропускної здатності: визнайте, що не всі студенти матимуть високошвидкісний доступ до Інтернету. Пропонуючи варіанти низької пропускної здатності для відео та інтерактивного вмісту, ви гарантуєте, що навчальні матеріали будуть доступні ширшому колу учнів.

Гнучке оцінювання: подумайте про адаптацію оцінювання відповідно до різноманітних обставин учнів. Такі варіанти, як іспити, які можна забрати додому, подовжені терміни або оцінювання за відкритими книгами, можуть зменшити стрес від дистанційного навчання у складні часи.

Психічне здоров'я та благополуччя

Важливо визнати вплив конфлікту та кризи на психічне здоров'я та благополуччя учнів. Ізоляція, стрес і страх можуть вплинути на здатність людини ефективно навчатися.

Підтримка психічного здоров'я: заохочуйте учнів звертатися за психічною підтримкою, коли це необхідно. Багато закладів пропонують консультаційні послуги, і є численні онлайн-ресурси для управління стресом і тривогию.

Самообслуговування та перерви: нагадайте учням про важливість самообслуговування. Регулярні перерви, повноцінний сон і дотримання здорового способу життя мають вирішальне значення для загального добробуту.

Розвиток стійкості: заохочуйте учнів розвивати стійкість. Цього можна досягти за допомогою практик уважності, методів управління стресом і створення сприятливого навчального середовища.

Далі розглянемо методику проведення деяких уроків з розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» в 10 класі.

Типова структура та хронометраж 45-хвилинного дистанційного уроку фізики з законів термодинаміки

У стислому 45-хвилинному дистанційному уроці фізики про закони термодинаміки важливі ефективність і зосередженість. Ось структурований план уроку:

Назва уроку: Розуміння законів термодинаміки

Тривалість заняття: 45 хвилин

Компоненти уроку:

1. Вступ і привітання (3 хвилини)

- Вітаємо учнів на уроці.
- Зробіть короткий огляд теми.
- Згадайте будь-які важливі оголошення чи логістику.

2. Огляд і розминка (5 хвилин)

- Почніть із короткого огляду фундаментальних понять, пов'язаних із термодинамікою.

- Подайте коротке запитання або задачу для розминки, яка оцінює попередні знання учнів.

3. Теоретичний зміст - перший закон (7 хвилин)

- Поясніть перший закон термодинаміки, підкресливши його положення та важливість.

- Використовуйте стислі наочні посібники, діаграми або слайди для ілюстрації понять.

- Наведіть кілька ключових прикладів, які підкреслюють застосування Першого закону.

4. Інтерактивна діяльність (6 хвилин)

- Залучіть учнів до короткої інтерактивної діяльності, пов'язаної з Першим законом. Це може бути швидкий віртуальний експеримент або просте завдання на вирішення проблеми.



- Заохочуйте учнів брати участь в обговореннях і відповідати на будь-які запитання, що виникають.

#### 5. Теоретичний зміст – другий закон (7 хвилин)

- Ознайомтеся з другим законом термодинаміки, його основними принципами та поняттям ентропії.

- Наведіть стислі приклади з реального світу, щоб проілюструвати другий закон.

- Сприяти залученню студентів, ставлячи запитання та сприяючи обговоренню.

#### 6. Інтерактивне заняття (6 хвилин)

- Проведіть коротку інтерактивну діяльність, пов'язану з другим законом, наприклад моделювання або дослідження теплових двигунів.

- Заохочуйте студентів аналізувати дані та обговорювати свої висновки в чаті або на дискусійному форумі.

#### 7. Запитання та відповіді та обговорення (3 хвилини)

- Відкрийте слово для короткого запитання та обговорення, де студенти можуть ставити запитання та ділитися думками.

- Зверніть увагу на будь-які невизначеності або неправильні уявлення, пов'язані з матеріалом.

#### 8. Підсумок і висновок (3 хвилини)

- Підсумуйте ключові моменти уроку, зосередившись на першому та другому законах термодинаміки.

- Повторіть завдання уроку та практичне застосування.

#### 9. Домашнє завдання/завдання (2 хвилини)

- Надайте детальну інформацію про домашнє завдання, прочитані матеріали або додаткові ресурси.

- Уточніть дату виконання та інструкції щодо подання.

- Заохочуйте студентів звертатися, якщо їм потрібна допомога у виконанні завдання.

## 10. Заключне слово (1 хвилина)

- Висловіть подяку студентам за участь та увагу.
- Нагадайте їм про майбутні уроки, завдання чи оцінювання.
- Повторіть свою готовність для будь-яких питань або проблем.

Загальна тривалість заняття: 45 хвилин

Під час стислого 45-хвилинного уроку дуже важливо зосередитися на ключових поняттях і ефективно залучати учнів. Структура наголошує на стислій теоретичній подачі змісту, інтерактивних заходах і можливостях для запитань і дискусій. Викладачі повинні адаптувати урок до потреб своїх учнів і наявних технологій, забезпечуючи продуктивне та інформативне навчання в межах часових обмежень.

### 2.1.2. Урок. Рух і взаємодія молекул

#### Мета уроку:

**Навчальна:** Формувати уявлення учнів про рух молекул, про дослід Штерна; формувати вміння пояснювати фізичні явища та процеси, з'ясовувати їх закономірності.

**Розвивальна.** Розвивати творчий підхід до навчання як засіб виховання стійкого інтересу до предмета.

**Виховна.** Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

**Тип уроку:** урок засвоєння нових знань.

#### Наочність і обладнання:

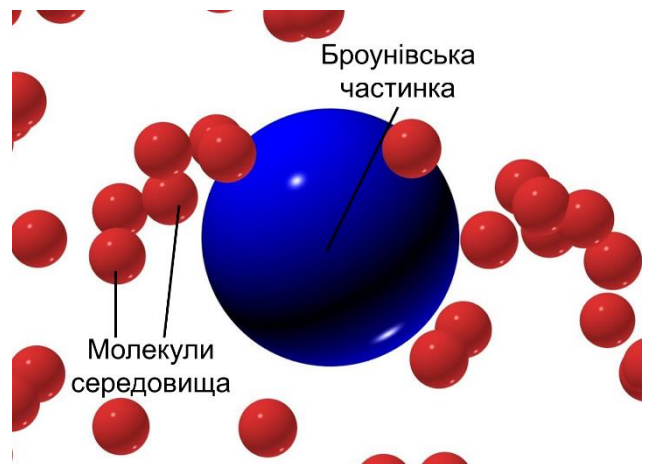
навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

#### Хід уроку

#### I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

#### II. АКТУАЛІЗАЦІЯ

#### ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ



Ми вже знаємо, що таке атоми, молекули та йони.

Як рухаються частинки?

Як виміряти швидкість руху частинок?

### **III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ**

#### **1. Броунівський рух**

**Броунівський рух – хаотичний рух видимих у мікроскоп малих макрочастинок, завислих у рідині або газі, який відбувається під дією ударів молекул рідини або газу.**

Роберт Броун (1773–1858) першим спостерігав це явище в 1827 р. Розглядаючи в мікроскоп завислі у воді пилкові зерна, Броун помітив, що вони безперервно рухаються, постійно змінюючи швидкість.

#### ***Проблемне питання***

- Яка причина броунівського руху?

Причина броунівського руху – *хаотичний рух молекул середовища*. Рухаючись, мікрочастинки середовища безперервно бомбардують завислу в ньому макрочастинку. При цьому сумарна сила ударів з одного боку може випадково виявитися більшою, ніж з іншого боку. Якщо макрочастинка досить мала (1 мкм), то внаслідок ударів вона починає рух; потім інші поштовхи спричиняють зміну її швидкості.

#### ***Проблемні питання***

- Чому більші частинки «топчуться» на місці?
- Чому зі збільшенням температури рідини швидкість руху броунівської частинки збільшується?

#### **2. Дифузія та її застосування**

#### ***Проблемне питання***

- Що таке дифузія?

**Дифузія – процес взаємного проникнення молекул однієї речовини між молекулами іншої, який відбувається внаслідок теплового руху цих молекул.**

Унаслідок теплового хаотичного руху молекул сироп змішався з водою протягом доби, дві відшліфовані та притиснуті одна до одної пластинки свинцю та золота «зрослися» на 1 мм протягом 5 років.

### ***Проблемне питання***

- При яких умовах швидкість дифузії збільшується чи зменшується?

*У будь-яких середовищах швидкість дифузії збільшується з підвищенням температури і тиску.*

- Де застосовують дифузію?

Дифузійні процеси надзвичайно важливі для одержання та оброблення деяких матеріалів. Дифузія у твердих тілах забезпечує з'єднання металів під час зварювання, паяння, нікелювання. За допомогою дифузії поверхневий шар металевих виробів насичують вуглецем, забезпечуючи їх міцність.

**Осмос – процес одnobічної дифузії крізь напівпроникну перегородку (мембрану) молекул розчинника в бік більшої концентрації розчиненої речовини.**

Наприклад, якщо гострим ножем відрізати скибку лимона, то сік практично не виділиться; якщо ж посипати скибку цукром, то з'явиться сік. Виділяючись із лимона, сік ніби прагне розбавити концентрований розчин цукру, що утворився на зрізі.

У природі завдяки осмосу поживні речовини та вода проникають із ґрунту в корені рослин, із травного тракту – в організми істот і безпосередньо в клітини; кисень із легеневих альвеол надходить у кров тощо. У промисловості осмос використовують для очищення води, виробництва напоїв, отримання деяких полімерів.

### 3. Швидкість руху молекул

#### Проблемне питання

- Як швидко рухаються молекули?

Молекули в газах рухаються дуже швидко – зі швидкістю кулі (див. таблицю), але далеко «полетіти» не можуть, бо щосекунди зазнають понад мільярд зіткнень з іншими молекулами. Тому *траєкторії руху молекул являють собою складні ламані лінії*, подібні до траєкторії руху броунівської частинки.

Температура газу,	Середня квадратична швидкість руху молекул газу, м/с		
<b>0</b>	1693	425	362
<b>20</b>	1755	440	376
<b>100</b>	1980	496	422
<b>200</b>	2232	556	475

### 4. Взаємодія молекул

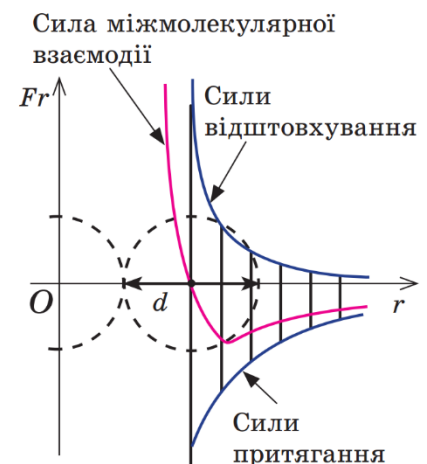
#### Проблемне питання

- Як і чому взаємодіють молекули?

МКТ стверджує, що *між молекулами одночасно існують як сили притягання, так і сили відштовхування*.

*Основна причина виникнення цих сил – електричне притягання та відштовхування*

*заряджених частинок, які утворюють атом: позитивно заряджене ядро одного атома притягується до негативно зарядженої електронної хмари іншого атома; разом із тим ядра цих атомів відштовхуються одне від одного, відштовхуються і їх електронні хмари.*



Якщо відстань  $r$  між молекулами менша від розмірів  $d$  самих молекул ( $r < d$ ), то переважають сили відштовхування, тому молекули відштовхуються одна від одної.

За відстані  $r = d$  сили притягання і сили відштовхування врівноважуються.

У разі подальшого збільшення відстані між молекулами ( $r < d$ ) починають переважати сили притягання й молекули притягуються одна до одної.

На відстані  $d$  молекули перебувають у стані стійкої рівноваги.

## 5. Фазові стани речовини

В МКТ розрізняють три *фазові (агрегатні) стани речовини*: *рідкий, твердий, газоподібний* (існує і четвертий стан – *плазма*, він найпоширеніший у Всесвіті, адже саме у стані плазми перебуває речовина в зорях).

Змінення фазового стану називають *фазовим переходом*.

Фазові (агрегатні) стани речовини		
Газоподібний	Рідкий	Твердий кристалічний
Не зберігає ані об'єму, ані форми (займає весь наданий об'єм)	Зберігає об'єм, не зберігає форму	Зберігає як об'єм, так і форму
Відстані між молекулами набагато більші за їх розміри	Відстані між молекулами малі	Відстані між молекулами малі
Взаємодія між молекулами – тільки під час зіткнень	Взаємодія між молекулами досить сильна	Взаємодія між молекулами досить сильна
Молекули	Існує тільки	Існує дальній

розташовані хаотично	ближній порядок	порядок (кристалічні гратки)
Молекули рухаються приблизно по ламаних лініях	Молекули коливаються, зрідка «стрибаючи» на сусіднє вільне місце	Молекули коливаються навколо своїх рівноважних положень у кристалічних гратках
Гази легко стискаються	Стиснути рідину практично неможливо	Тверді тіла дуже важко стиснути

**Аморфні тіла – тіла, що частинки яких не утворюють кристалічні гратки і в цілому розташовані безладно (смола, скло, віск, бурштин).**

Речовини в аморфному стані нагадують дуже в'язкі рідини. Якщо покласти в посудину кристалики солі, вони ніколи не зберуться в один великий кристал. А от якщо покласти в посудину шматочки смоли, яка є аморфною речовиною, то через кілька днів смола зіллється і набуде форми посудини.

На відміну від кристалічних, *аморфні речовини не мають певної температури плавлення*, а переходять у рідкий стан поступово розм'якшуючись.

Аморфний стан речовин є порівняно хитким – поступово відбувається кристалізація. Так, скло має аморфну структуру, але згодом у ньому утворюються помутніння – дрібні кристалики кварцу.

#### **IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ**

1. Чому вуглекислий газ, який ми видихаємо, не залишається біля нас, а розсіюється в просторі?

Вуглекислий газ розсіюється в просторі, бо гаряче повітря, що ми видихаємо піднімається догори (конвекція), окрім того молекули вуглекислого газу рухаються хаотично до зіткнення з іншими молекулами і змішуються з ними (дифузія).

2. Яким фізичним явищем пояснюється процес засолювання огірків? Як відбувається цей процес? У якому приміщенні – теплому чи холодному – огірки засолюються швидше?

Процес засолювання огірків пояснюється дифузією. Молекули води та молекули кухонної солі потрапляють у проміжки між молекулами огірків. Огірки засолюються швидше у теплому приміщенні – при збільшенні температури зростає середня швидкість руху молекул, а отже і швидкість дифузії.

3. З'ясовано, що через стінки капілярів в організмі людини переміщується 60 л рідини за хвилину. Завдяки якому фізичному явищу це відбувається?

Переміщення рідини відбувається завдяки явищу осмосу – процесу однобічної дифузії.

4. Є два способи підживлення рослин: поливання спеціальними розчинами (прикореневе підживлення); обприскування (позакореневе підживлення). Поясніть обидва способи.

Прикореневе і позакореневе підживлення відповідає за передачу поживних речовин в рослину. Вони відбуваються завдяки явищу осмосу, і в одному, і в іншому випадку молекули поживних речовин потрапляють через живі клітини в середину рослини.

5. Якщо покласти одне на одне два віконних скла, їхні поверхні злипнуться (саме тому під час зберігання між ними кладуть папір). Якщо притиснути одну до одної дві дерев'яні лінійки, вони не злипнуться. Чому?

Два шматки скла прилипають через те, що їх поверхня є дуже рівною, при дотику проявляється майже на всій площі сили міжмолекулярного притягання. Окрім того, між ними немає прошарку повітря і атмосферний тиск додатково на них тисне з певною силою.



У випадку дерев'яних лінійок, між ними є багато проміжків через неідеально рівну поверхню, і лінійки дотикаються лише в небагатьох місцях, і сили міжмолекулярної взаємодії буде дуже малою і непомітною. Між лінійками буде тонкий шар повітря, і тиск атмосфери буде скомпенсовано.

6. Чи буде горіти свічка в космічному кораблі? Якщо буде, то як довго? Обґрунтуйте свою відповідь.

У космічному кораблі, що знаходиться на орбіті спостерігається явище невагомості. Гаряче повітря там не піднімається догори, а холодне не опускається вниз. Там природна конвекція відсутня.

Отже, запалена свічка буде горіти, але недовго, поки увесь кисень поблизу полум'я не перетвориться у вуглекислий газ. Самовільно продукти згоряння разом з вуглекислим газом підніматися не будуть

7. Скористайтеся додатковими джерелами інформації та дізнайтеся, яке значення мають процеси дифузії (зокрема, осмосу) в кулінарії. Чому технологія приготування їжі потребує розуміння сутності цих процесів?

## **V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ**

### ***Бесіда за питаннями***

1. *У чому причина броунівського руху?*
2. *Що таке дифузія? Наведіть приклади проявів і застосування дифузії в науці, техніці, природі, житті людини.*
3. *Чи є правильним твердження, що швидкості руху молекул певного газу за однакової температури є однаковими?*
4. *У чому причина міжмолекулярної взаємодії?*
5. *За яких умов між молекулами виявляються сили міжмолекулярного притягання? відштовхування?*
6. *Поясніть фізичні властивості речовин у різних фазових станах із точки зору МКТ.*

7. У чому відмінності аморфного і кристалічного станів речовини?

## VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 27, Вправа № 27 (7)

### 2.1.3. Основне рівняння МКТ ідеального газу

#### Мета уроку:

**Навчальна:** Формувати уявлення учнів про ідеальний газ як найпростішу модель реального газу; про основне рівняння МКТ; формувати вміння застосувати основне рівняння МКТ для розв'язування задач; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, обґрунтувати твердження.

**Розвивальна.** З метою розвитку мислення розвивати вміння аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; пояснювати подібні матеріали; виявляти аналогії; розкривати загальне і конкретне; встановлювати закономірності.

**Виховна.** Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

**Тип уроку:** урок засвоєння нових знань.

**Наочність і обладнання:** навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

#### Хід уроку

### I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

### II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Кожне макроскопічне тіло складається з величезної кількості молекул.

Поведінку макроскопічних тіл описують низкою фізичних величин – мікроскопічними і макроскопічними параметрами.

Що це за параметри і як вони пов'язані?

### III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

## **1. Мікроскопічні і макроскопічні параметри**

**Мікроскопічні параметри – це фізичні величини, які характеризують властивості та поведінку окремих мікрочастинок речовини. (маси молекул, їх швидкості, концентрація)**

**Макроскопічні параметрами – це фізичні величини, які характеризують властивості та поведінку макроскопічних тіл без урахування їх молекулярної будови. (об'єм, тиск, температура)**

### **Основне завдання МКТ:**

**Встановити зв'язок між макроскопічними і мікроскопічними параметрами речовини й, виходячи з цього, знайти рівняння стану даної речовини. Наприклад, знаючи масу молекул, їх середні швидкості й концентрацію, можна знайти об'єм, тиск і температуру даної маси газу, а також визначити тиск газу, якщо відомі його об'єм і температура.**

## **2. Ідеальний газ**

**Ідеальний газ – це фізична модель газу, молекули якого приймають за матеріальні точки, що не взаємодіють одна з одною на відстані та пружно взаємодіють у моменти зіткнення.**

З точки зору молекулярних уявлень, гази складаються з атомів або молекул, відстані між якими значно більші за їх розміри. Внаслідок цього сили взаємодії між молекулами газів практично відсутні. Взаємодія між ними фактично відбувається лише під час короткочасних зіткнень.

Оскільки взаємодія молекул ідеального газу зводиться лише до короткочасних зіткнень і розміри молекул не впливають на тиск і температуру газу, ми можемо вважати, що: ідеальний газ – набір невзаємодіючих матеріальних точок.

## **3. Основне рівняння МКТ ідеального газу**

### Проблемне питання

• Чи є сенс розглядати рух кожної окремої молекули та встановлювати швидкість її руху в даний момент часу?

Число молекул величезне, і за секунду кожна молекула змінює швидкість свого руху мільярди разів. Тому фізики використовують *середні значення швидкостей молекул*.

$$\overline{v^2} = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}$$

$\overline{v^2}$  – середній квадрат швидкості

$N$  – число молекул

$v_1, v_2, \dots, v_N$  – швидкості руху окремих молекул

**Середня квадратична швидкість руху молекул – це квадратний корінь із середнього квадрата швидкості.**

$$\bar{v}_{\text{кв}} = \sqrt{\overline{v^2}}$$

Тиск газу є результатом зіткнення молекул газу зі стінками посудини.

Чим швидше рухаються молекули газу і чим більшою є маса цих молекул, тим більшою буде сила їх ударів і тим більший тиск створюватиме газ.

**Основне рівняння МКТ ідеального газу:**

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}$$

$p$  – тиск ідеального газу

$m_0$  – маса однієї молекули газу

$n$  – концентрація молекул  $n = \frac{N}{V}$ ,  $[n] = \text{м}^{-3}$

$\overline{v^2}$  – середнє значення квадрата швидкості молекул

Коефіцієнт 1/3 зумовлений тривимірністю простору – тим, що під час хаотичного руху молекул всі три напрями рівноправні.

### **Проблемне питання**

- Чому тиск газу збільшується зі збільшенням концентрації молекул?

### **4. Зв'язок тиску з середньою кінетичною енергією молекули.**

$$\bar{E}_k = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$$

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2 n m_0 \overline{v^2}}{3} = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$$

## **IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ**

1. Під яким тиском знаходиться газ в посудині, якщо середня квадратична швидкість його молекул  $10^3$  м/с, концентрація молекул  $3 \cdot 10^{25}$  м<sup>-3</sup>, а маса кожної молекули  $5 \cdot 10^{-26}$  кг?

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$\bar{v} = 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}$
$n = 3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$	$[p] = \text{кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} = \text{Па}$
$m_0 = 5 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$	$p = \frac{1}{3} \cdot 5 \cdot 10^{-26} \cdot 3 \cdot 10^{25} \cdot (10^3)^2 = 5 \cdot 10^5 \text{ (Па)}$
$p = ?$	<b>Відповідь:</b> $p = 0,5 \text{ МПа.}$

2. Визначте тиск газу, якщо його густина дорівнює  $0,6$  кг/м<sup>3</sup>, а середня квадратична швидкість руху його молекул становить  $400$  м/с.

<p><b>Дано:</b></p> $\rho = 0,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ $\bar{v} = 400 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ <hr/> <p><math>p - ?</math></p>	<p><b>Розв'язання</b></p> $p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2$ $\rho = \frac{m}{V} = \frac{N m_0}{V} = n m_0 \quad \text{де } n = \frac{N}{V}$ $p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 \quad [p] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$ $p = \frac{1}{3} \cdot 0,6 \cdot (400)^2 = 32000 \text{ (Па)}$ <p><b>Відповідь:</b> <math>p = 32 \text{ кПа}</math>.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. Тиск газу дорівнює 80 кПа, а концентрація його молекул  $2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ .  
Визначте середню кінетичну енергію поступального руху молекул газу.

<p><b>Дано:</b></p> $p = 80 \text{ кПа}$ $= 8 \cdot 10^4 \text{ Па}$ $n = 2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ <hr/> <p><math>\bar{E}_k - ?</math></p>	<p><b>Розв'язання</b></p> $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k \quad \Rightarrow \quad \bar{E}_k = \frac{3p}{2n}$ $[\bar{E}_k] = \frac{\text{Па}}{\text{м}^{-3}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$ $\bar{E}_k = \frac{3}{2} \cdot \frac{8 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^{25}} = 6 \cdot 10^{-21} \text{ (Дж)}$ <p><b>Відповідь:</b> <math>\bar{E}_k = 6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}</math>.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. На терезах зрівноважено два однакових закритих балони: перший із киснем, а другий з азотом. Тиск газів однаковий. Порівняйте середні квадратичні швидкості руху молекул кисню та азоту.

<i>Да</i>	<i>Розв'язання</i>
<i>но:</i>	$m = \rho V = n m_0 V = \frac{N}{V} \cdot \frac{M}{N_A} \cdot V = \frac{NM}{N_A}$
$m_1 = m_2$	
$V_1 = V_2$	$m_1 = m_2 \quad \frac{N_1 M_1}{N_A} = \frac{N_2 M_2}{N_A} \quad \Rightarrow \quad N_1 M_1 = N_2 M_2$
$p_1 = p_2$	
$\frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2}$	?
	$p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2$
	$p_1 = p_2$
	$\frac{1}{3} \cdot \frac{M_1}{N_A} \cdot \frac{N_1}{V_1} \cdot \bar{v}_1^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{M_2}{N_A} \cdot \frac{N_2}{V_2} \cdot \bar{v}_2^2$
	$\bar{v}_1^2 = \bar{v}_2^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} = 1$
	<b>Відповідь:</b> $\frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} = 1.$

### *Додаткові задачі*

1. Визначте тиск кисню, якщо концентрація його молекул дорівнює  $3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ , а середня квадратична швидкість руху його молекул становить 420 м/с.

**Дано:**

$$n = 3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

$$\bar{v} = 420 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

 $p - ?$ **Розв'язання**

$$M_r(\text{O}_2) = 2 \cdot 16 = 32 \text{ (а.о.м.)}$$

$$M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \quad M = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$M = m_0 \cdot N_A \Rightarrow m_0 = \frac{M}{N_A}$$

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \frac{M}{N_A} n \bar{v}^2$$

$$[p] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\text{моль}^{-1}} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} = \text{Па}$$

$$p = \frac{1}{3} \cdot \frac{32 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} \cdot 3 \cdot 10^{25} \cdot (420)^2 \approx 93767 \text{ (Па)}$$

**Відповідь:**  $p \approx 94 \text{ кПа}$ .

2. Тиск розрідженого газу  $5 \cdot 10^4 \text{ Па}$ , його густина  $4,1 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$ . Визначте середню квадратичну швидкість хаотичного руху молекул газу.

**Дано:**

$$p = 5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\rho = 4,1 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

 $\bar{v} - ?$ **Розв'язання**

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 \Rightarrow \bar{v} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

$$[\bar{v}] = \sqrt{\frac{\text{Па}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = \sqrt{\frac{\frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = \sqrt{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 5 \cdot 10^4}{4,1 \cdot 10^{-2}}} \approx 1913 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

**Відповідь:**  $\bar{v} \approx 1913 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .



## V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

### *Бесіда за питаннями*

1. *Дайте означення макроскопічних і мікроскопічних параметрів. Наведіть приклади.*
2. *Дайте означення ідеального газу.*
3. *Що таке середній квадрат швидкості руху молекул? середня квадратична швидкість руху молекул?*
4. *Чому газ тисне на стінки посудини?*
5. *Які параметри пов'язує основне рівняння МКТ ідеального газу? Запишіть це рівняння.*
6. *Яким співвідношенням пов'язані тиск і середня кінетична енергія поступального руху молекул ідеального газу? тиск і густина ідеального газу?*

## VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 28, Вправа № 28 (2, 4)

### 2.1.4. Температура. Температурна шкала Кельвіна

#### **Мета уроку:**

**Навчальна:** Формувати уявлення учнів про температуру, про шкалу Кельвіна, переведення температур у градусах Цельсія в температури за шкалою Кельвіна та навпаки; формувати знання про стан теплової рівноваги і вміння застосувати їх під час розв'язування задач.

**Розвивальна.** З метою розвитку мислення розвивати вміння аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; пояснювати подібні матеріали; виявляти аналогії; розкривати загальне і конкретне; встановлювати закономірності.

**Виховна.** Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

**Тип уроку:** урок засвоєння нових знань.

**Наочність і обладнання:** навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

## Хід уроку

### I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

### II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Змалку ми характеризуємо температуру словами: гаряче, тепле, холодне.

А що ж таке температура з погляду фізики?

### III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Температура

Однаково нагріті тіла, контактуючи одне з одним, не змінюють своїх властивостей, і тоді кажуть, що ці тіла перебувають у стані теплової рівноваги.

**Температура – фізична величина, яка характеризує стан теплової рівноваги макроскопічної системи.**

**Стан теплової рівноваги – це такий стан макроскопічної системи, коли всі макроскопічні параметри системи залишаються незмінними як завгодно довго.**

#### 2. Термометри

##### *Проблемне питання*

- Як можна виміряти температуру?

**Термометри – прилади для вимірювання температури через перетворення тепла в покази або в сигнали.**

***Основні частини будь-якого термометра: термометричне тіло (ртуть або спирт у рідинному термометрі, біметалева пластина в металевому деформаційному термометрі тощо) і шкала.***

Дія термометрів заснована на тому, що зі зміною температури тіла змінюються певні макроскопічні параметри термометричного тіла (об'єм, електричний опір).

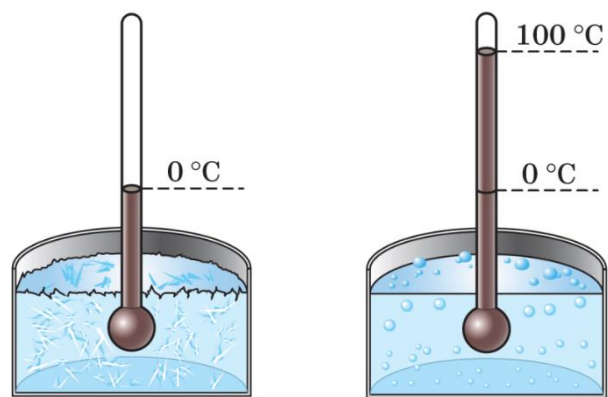
**Види термометрів і принципи їх дії:**

- рідинний (зміна об'єму рідини зі зміною температури);
- термометр опору (зміна опору провідника зі зміною температури);
- біметалевий деформаційний (зміна довжин двох різних металевих пластин зі зміною температури).

**Проблемне питання**

• Як будують шкали термометрів та які вони бувають?

Наприклад, за нульову точку температурної шкали Цельсія взято температуру танення льоду за нормального атмосферного тиску ( $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Температурі

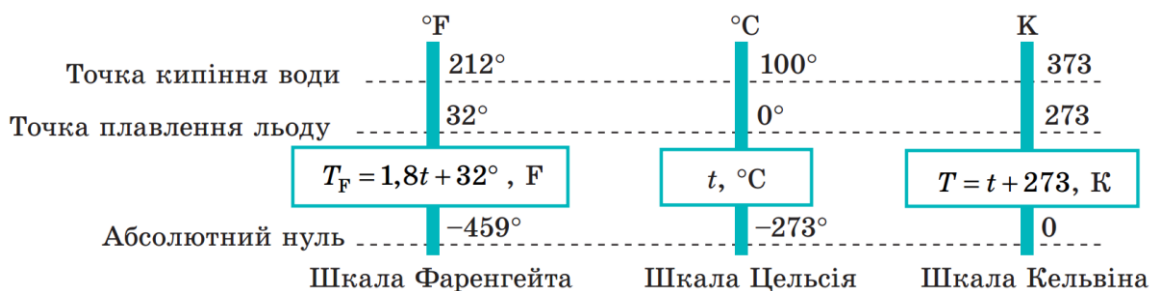


кипіння води за нормального атмосферного тиску приписують значення  $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Одиниця температури за шкалою Цельсія – градус Цельсія:

$$[t] = 1^{\circ}\text{C}$$

Найпоширенішими температурними шкалами є шкали Цельсія, Кельвіна, Фаренгейта.



### 3. Температура і середня кінетична енергія молекул

### Проблемне питання

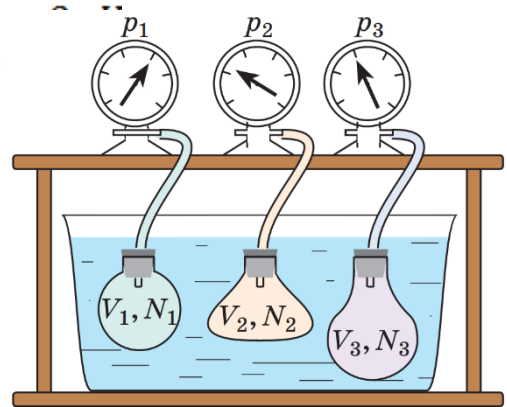
Припустимо: якщо гази перебувають у стані теплової рівноваги, то середні кінетичні енергії молекул цих газів будуть однаковими.

- Як це довести, адже безпосередньо виміряти ці енергії неможливо?

Основне рівняння МКТ ідеального газу:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k \quad n = \frac{N}{V} \quad \Rightarrow \quad \bar{E}_k$$

Дослід, який дозволяє встановити зв'язок між температурою і середньою кінетичною енергією поступального руху молекул газу. Гази в посудинах



перебувають у стані теплової рівноваги із середовищем, а отже, й один з одним.

Вимірювання підтверджують, що для будь-яких розріджених газів виконуються співвідношення:

$$\frac{p_1 V_1}{N_1} = \frac{p_2 V_2}{N_2} = \frac{p_3 V_3}{N_3} \quad \Rightarrow \quad \bar{E}_{k1} = \bar{E}_{k2} = \bar{E}_{k3}$$

Відношення  $\frac{pV}{N}$  часто позначають літерою  $\theta$  (тета).  $\bar{E}_k = \frac{3}{2} \frac{pV}{N} = \frac{3}{2} \theta$

### 4. Абсолютна шкала температур

У 1848 р. англійський фізик Вільям Томсон (лорд Кельвін) (1824–1907) запропонував абсолютну шкалу температур (зараз її називають шкалою Кельвіна).

**Абсолютна температура – це температура  $T$ , виміряна за шкалою Кельвіна.**

*Одиниця абсолютної температури – кельвін – основна одиниця*

SI:

$$[T] = 1 \text{ К}$$

**Шкала Кельвіна побудована таким чином, що:**

- зміна температури за шкалою Кельвіна дорівнює зміні температури за шкалою Цельсія:  $\Delta t = \Delta T$ , тобто ціна поділки шкали Кельвіна дорівнює ціні поділки шкали Цельсія:  $1 \text{ }^\circ\text{C} = 1 \text{ К}$ ;

- температури, виміряні за шкалами Кельвіна і Цельсія, пов'язані співвідношеннями:

$$T = t + 273 \quad t = T - 273$$

- температура за шкалою Кельвіна пов'язана з величиною  $\theta = \frac{pV}{N}$  співвідношенням  $\theta = kT$ , де  $k$  – стала Больцмана – коефіцієнт пропорційності, який не залежить ані від температури, ані від складу та кількості газу:

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

**Середня кінетична енергія поступального руху молекул ідеального газу прямо пропорційна абсолютній температурі:**

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

**Абсолютний нуль температури – це абсолютна нижня межа температури, за якої рух молекул і атомів має припинитися.**

Тобто, якщо газ охолодити до температури  $T = 0 \text{ К}$ , рух його молекул має припинитися  $\bar{E}_k = 0$ . Таким чином, нульова точка шкали Кельвіна – це найнижча теоретично можлива температура. Насправді рух молекул не припиняється ніколи, тому досягти температури  $0 \text{ К}$  ( $-273,15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) неможливо.

Тиск  $p$  газу повністю визначається його абсолютною температурою  $T$  і концентрацією  $n$  молекул газу:

$$p = nkT$$

#### IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Чому, зануривши термометр у посудину з водою, не можна відразу ж знімати його покази?

Необхідний час для встановлення теплової рівноваги.

2. Чи можна стверджувати, що людина здорова, якщо температура її тіла становить 311 K? Відповідь обґрунтуйте.

$$t = T - 273$$

$$t = 311 - 273 = 38 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ні, температура тіла 38 °C.

3. Визначте середню кінетичну енергію молекул одноатомного газу та концентрацію молекул за температури 290 K і тиску 0,8 МПа.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$T = 290 \text{ К}$	$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \quad [\bar{E}_k] = \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К} = \text{Дж}$
$p = 0,8 \text{ МПа}$ $= 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$\bar{E}_k = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \approx 6 \cdot 10^{-21} \text{ (Дж)}$
$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$	$p = nkT \quad n = \frac{p}{kT} \quad [n] = \frac{\text{Па}}{\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}}{\text{Н} \cdot \text{м}} = \text{м}^{-3}$
$\bar{E}_k - ?$	$n = \frac{8 \cdot 10^5}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290} \approx 2 \cdot 10^{26} \text{ (м}^{-3}\text{)}$
$n - ?$	
	<b>Відповідь:</b> $\bar{E}_k \approx 6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}; n \approx 2 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$ .

4. Аргон перебуває за температури  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Кінетична енергія теплового руху всіх його молекул дорівнює  $10 \text{ Дж}$ . Визначте число молекул аргону.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$T = (27 + 273) \text{ К}$ $= 300 \text{ К}$	$E_k = N\bar{E}_k = N \cdot \frac{3}{2} kT \quad \Rightarrow \quad N = \frac{2E_k}{3kT}$
$E_k = 10 \text{ Дж}$	$[N] = \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К}} = 1$
$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$	$N = \frac{2 \cdot 10}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} \approx 1,61 \cdot 10^{21}$
$N - ?$	
	<b>Відповідь:</b> $N \approx 1,61 \cdot 10^{21}$ .

5. Знайдіть середньоквадратичну швидкість поступального руху молекул гелію за температури  $1200 \text{ К}$ .

*Дано:*

$$T = 1200 \text{ К}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$\bar{v} = ?$$

*Розв'язання*

$$M_r(\text{He}) = 4 \text{ а.о.м.}$$

$$M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$$

$$M = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$$

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \quad \bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} \quad m_0 = \frac{M}{N_A}$$

$$\frac{3}{2} kT = \frac{M \bar{v}^2}{2 N_A} \quad \Rightarrow \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{3 k T N_A}{M}}$$

$$[\bar{v}] = \sqrt{\frac{\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К} \cdot \text{МОЛЬ}^{-1}}{\frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}}} = \sqrt{\frac{\text{КГ} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot \text{М}}{\text{КГ}}} = \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1200 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{4 \cdot 10^{-3}}} \approx 2730 \left( \frac{\text{М}}{\text{с}} \right)$$

**Відповідь:**  $\bar{v} \approx 2730 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ .

6. У скільки разів зміниться середня квадратична швидкість руху молекул газу, якщо температура підвищиться від 27 до 159 °С?



*Дано:*

$$T_1 = (27 + 273)\text{К}$$

$$= 300 \text{ К}$$

$$T_2 = (159 + 273)\text{К}$$

$$= 432 \text{ К}$$

---


$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = ?$$

*Розв'язання*

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT \quad \bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

$$\frac{3}{2}kT = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} \quad \Rightarrow \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \frac{\sqrt{\frac{3kT_2}{m_0}}}{\sqrt{\frac{3kT_1}{m_0}}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad \left[ \frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} \right] = \sqrt{\frac{\text{К}}{\text{К}}} = 1$$

$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \sqrt{\frac{432}{300}} = 1,2$$

**Відповідь:** збільшиться в 1,2 разу.

7. Молекули якого газу за температури 7 °С мають середню квадратичну швидкість 590 м/с?

**Дано:**

$$T = (7 + 273)K = 280 K$$

$$\bar{v} = 590 \frac{M}{c}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

**М – ?****Розв'язання**

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \quad \bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} \quad m_0 = \frac{M}{N_A}$$

$$\frac{3}{2} kT = \frac{M \bar{v}^2}{2 N_A} \quad \Rightarrow \quad M = \frac{3 k T N_A}{\bar{v}^2}$$

$$[M] = \frac{\frac{Дж}{К} \cdot К \cdot \text{МОЛЬ}^{-1}}{\frac{M^2}{c^2}} = \frac{КГ \cdot \frac{М}{c^2} \cdot М \cdot \text{МОЛЬ}^{-1}}{\frac{M^2}{c^2}} = \frac{КГ}{\text{МОЛЬ}}$$

$$M = \frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 280 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{590^2} \approx 20 \cdot 10^{-3} \left( \frac{КГ}{\text{МОЛЬ}} \right)$$

**Відповідь:** наприклад, молекули неону.**V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ****Бесіда за питаннями**

1. За яких умов система перебуває в стані теплової рівноваги?
2. Дайте означення температури.
3. Що таке термометр? Яким є принцип його дії? Які види термометрів ви знаєте?
4. Охарактеризуйте температурні шкали Цельсія та Кельвіна. Як вони пов'язані?
5. Доведіть, що температура – міра середньої кінетичної енергії руху молекул.
6. Як пов'язані тиск газу та абсолютна температура?

**VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ**

Опрацювати § 29, Вправа № 29 (2, 4)

## 2.2. Дослідно-експериментальна перевірка результатів дослідження

Основною метою формуючого етапу була перевірка ефективності запропонованих розробок для вивчення молекулярної фізики і термодинаміки у 10 класі. На цьому етапі відбувалося визначення впливу розробленої методики на підвищення рівня здобутих знань й умінь учнів, рівня самостійної навчальної діяльності в умовах дистанційного навчання.

Формуючий експеримент, у якому брали участь 5 учнів 10А класу (контрольна група) і 5 учнів того 10А класу Жиховського ліцею Середино-Будської міської ради (експериментальна група).

Перед дослідженням постало завдання виявити відмінності між двома групами за ознаками (за О. І. Бугайовим): 1) рівня самостійності при виконанні завдання лабораторної роботи; 2) вміння правильно вимірювати, обчислювати та готувати звіт; 3) глибина і точність відповідей під час підсумкової бесіди.

У відповідності зі структурою результату навчання студентів для оцінки відмінності між двома малими вибірками за рівнем ознаки використовували непараметричний *U-критерій Манна-Вітні*.

Критерій Манна-Вітні є непараметричною альтернативою *t*-критерію для незалежних вибірок. Його перевага полягає у тому, що ми відмовляємося від припущення про нормальність розподілу і однаковості дисперсій. Необхідно, щоб дані вимірювалися принаймні у порядковій шкалі (були ранжовані).

*U*-критерій Манна-Вітні використовується для порівняння 2 вибірок обсягом  $n_1$  або  $n_2 < 11$ , тобто умови обмеження щодо обсягу вибірок дотримуються.

У кожній вибірці повинно бути щонайменше три спостереження; якщо в одній вибірці було два спостереження, то у другій їх повинно бути щонайменше п'ять.

У кожній вибірці має бути не більше 60 спостережень, однак уже при 20 і більше спостереженнях ранжування доволі трудомістке.

Дані повинні бути подані принаймні в порядковій шкалі.

Розрахунок U-критерію Манна–Вітні зручно подати у вигляді алгоритму.

1. Перевірити, чи виконуються умови застосування критерію U.
2. Перенести дані першої вибірки на картки одного кольору (наприклад, червоного), другої на картки другого кольору (наприклад, синього).
3. Розкласти всі картки в один ряд у порядку зростання незважаючи на колір картки.
4. Проранжувати значення на картках. Ранги занести на відповідні картки.
5. Розкласти картки на дві групи, орієнтуючись за їх кольором (червоні в один ряд, сині – у другий).
6. Розрахувати суму рангів окремо на картках двох груп.
7. Визначити більшу з двох рангових сум. Вибірку з більшою ранговою сумою вважати вибіркою 1, з меншою — вибіркою 2.
8. Сформулювати основну і альтернативну гіпотези.  
 $H_0$ : рівень ознаки у вибірці 2 не нижчий від рівня ознаки у вибірці 1;  
 $H_1$ : рівень ознаки у вибірці 2 нижчий від рівня ознаки у вибірці 1.
9. Обчислити емпіричне значення U за формулою

$$U_{emp} = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - S_1 \quad (2.1)$$

де – обсяг вибірки відповідно 1 і 2;  $S_1$  – сума рангів вибірки 1.

10. За таблицею критичних значень критерію Манна-Вітні [31, с. 354] визначити критичні значення  $U_{0,01}$  і  $U_{0,05}$  для заданих  $n_1$  і  $n_2$ .

11. Якщо  $U_{emp} \leq U_{0,01}$  гіпотезу  $H_0$  потрібно відхилити, якщо  $U_{emp} > U_{0,05}$  – прийняти. Якщо  $U_{0,01} < U_{emp} \leq U_{0,05}$  гіпотеза  $H_0$  відхиляється на рівні

значущості 0,05 (або 5%), хоча на практиці такий рівень значущості для U-критерію Манна–Вітні вважається неприйнятним.

Як зазначено вище, перед дослідженням постало завдання виявити відмінності між двома групами за ознаками: 1) рівня самостійності при виконанні завдань лабораторної роботи; 2) вміння правильно вимірювати, обчислювати та готувати звіт; 3) глибина і точність відповідей під час підсумкової бесіди. Кожна ознака вимірювалася за 100-бальною шкалою.

Таблиця 2.1.

## Рівень самостійності при виконанні лабораторної роботи

Контрольна група				Експериментальна група		
№	Код учня	Рівень ознаки	Ранг	Код учня	Рівень ознаки	Ранг
1	A1	30	1	E8	66	6
2	C5	45	2	П7	57	4
3	П5	50	3	Я3	77	10
4	Д4	65	5	О9	70	8
5	И1	68	7	A10	75	9
Сума рангів			18	Сума рангів		37

$$U_{\text{емп}} = 3$$

З табл. 2.1 видно, що більша рангова сума в експериментальній вибірці, тому вважаємо її вибіркою 1, а з меншою сумою – вибіркою 2.

Сформулюємо гіпотези.

$H_0$ : учні вибірки 2 (контрольна група) не поступаються учням вибірки 2 (експериментальна група) за рівнем самостійності при виконанні лабораторної роботи;

$H_1$ : учні контрольної групи поступаються учням експериментальної групи за рівнем самостійності при виконанні лабораторної роботи.

За таблицею критичних значень критерію Манна–Вітні [31, с. 354] критичні значення  $U_{0,01}$  і  $U_{0,05}$  для заданих  $n_1 = 5$  і  $n_2 = 5$  дорівнюють  $U_{0,01} = 1$  та  $U_{0,05} = 4$ .

Оскільки  $U_{емп} < U_{0,05}$ , гіпотезу  $H_0$  треба відхилити і прийняти гіпотезу  $H_1$ , тобто учні контрольної групи поступаються учням експериментальної групи за рівнем самостійності при виконанні лабораторної роботи.

Таблиця 2.2.

Рівень вміння вимірювати, обчислювати та готувати звіт

Контрольна група				Експериментальна група		
№	Код учня	Рівень ознаки	Ранг	Код учня	Рівень ознаки	Ранг
1	A1	33	1	E8	69	5,5
2	C5	50	3	П7	58	4
3	П5	43	2	Я3	77	9,5
4	Д4	74	7	О9	76	8
5	И1	69	5,5	A10	77	9,5
Сума рангів			18,5	Сума рангів		36,5

$$U_{емп} = 3,5$$

З табл. табл. 2.2 видно, що більша рангова сума в експериментальній вибірці, тому вважаємо її вибіркою 1, а з меншою сумою – вибіркою 2.

Сформулюємо гіпотези.

$H_0$ : учні вибірки 2 (контрольна група) не поступаються учням вибірки 2 (експериментальна група) за рівнем вміння правильно вимірювати, обчислювати та готувати звіт;

$H_1$ : учні контрольної групи поступаються учням експериментальної групи за рівнем вміння правильно вимірювати, обчислювати та готувати звіт.

Таблиця 2.3.

Рівень глибини і точності відповідей під час підсумкової бесіди

Контрольна група				Експериментальна група		
№	Код учня	Рівень ознаки	Ранг	Код учня	Рівень ознаки	Ранг
1	A1	36	1	E8	67	7
2	C5	50	3	П7	54	4
3	П5	49	2	Я3	79	9,5
4	Д4	66	6	О9	72	8
5	И1	60	5	A10	79	9,5
Сума рангів			17	Сума рангів		38

$$U_{emp} = 2$$

Оскільки  $U_{emp} < U_{0,05}$ , гіпотезу  $H_0$  треба відхилити і прийняти гіпотезу  $H_1$ , тобто учні контрольної групи поступаються учням експериментальної групи за рівнем вміння правильно вимірювати, обчислювати та готувати звіт.

З табл. табл. 2.3 видно, що більша рангова сума в експериментальній вибірці, тому вважаємо її вибіркою 1, а з меншою сумою – вибіркою 2.

Сформулюємо гіпотези.

$H_0$ : учні вибірки 2 (контрольна група) не поступаються учням вибірки 2 (експериментальна група) за рівнем глибини і точності відповідей під час підсумкової бесіди;

$H_1$ : учні контрольної групи поступаються учням експериментальної групи за рівнем глибини і точності відповідей під час підсумкової бесіди.

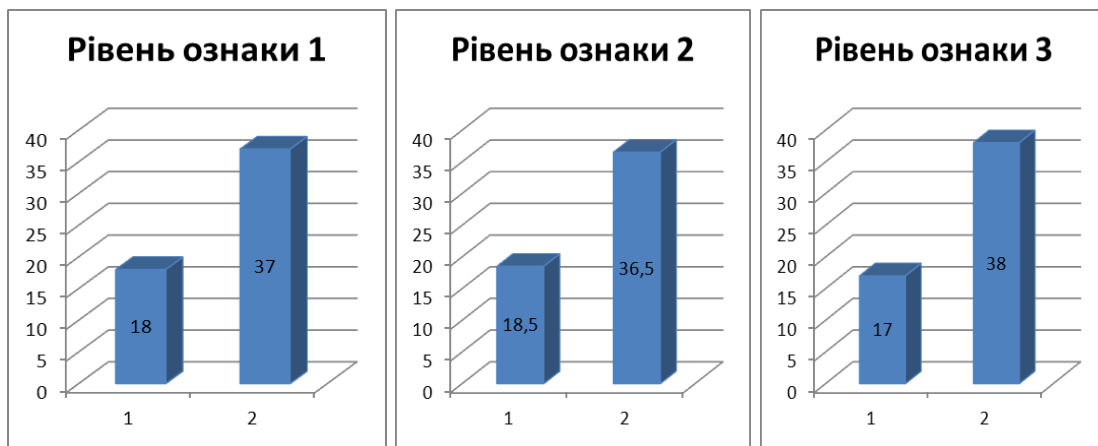


Рис. 2.1. Рівні ознак

Оскільки  $U_{emp} < U_{0,05}$ , гіпотезу  $H_0$  треба відхилити і прийняти гіпотезу  $H_1$ , тобто учні контрольної групи поступаються учням експериментальної групи за рівнем глибини і точності відповідей під час підсумкової бесіди.

Отже, виявлені відмінності між двома групами за трьома ознаками:

- 1) рівнем самостійності при виконанні завдань лабораторної роботи;
- 2) вмінням правильно вимірювати, обчислювати та готувати звіт;
- 3) глибиною і точністю відповідей під час підсумкової бесіди.

Встановлено, що учні контрольної групи поступаються учням експериментальної групи за рівнем всіх трьох ознак (рис. 2.1).

### 2.3. Висновки до розділу

На основі викладеного вище можна зробити наступні висновки:

Під час конфлікту чи кризи дистанційне навчання може бути ефективним засобом продовження освіти навіть для таких складних предметів, як фізика. Ключовим є використання доступних цифрових ресурсів, сприяння взаємодії та взаємодії, застосування адаптивних стратегій навчання, адаптація до обмежень дистанційного навчання та пріоритетне благополуччя учнів. Застосовуючи ці ефективні методи, як учні, так і викладачі можуть працювати разом, щоб гарантувати, що освіта з фізики залишається доступною та продуктивною навіть у складні часи.

Дослідно-експериментальна перевірка розробленої методики засвідчила її ефективність і рекомендується до впровадження у навчальний процес. Встановлено, що учні контрольної групи поступаються учням експериментальної групи за рівнем всіх трьох ознак: 1) рівня самостійності при виконанні завдання лабораторної роботи; 2) вміння правильно вимірювати, обчислювати та готувати звіт; 3) глибина і точність відповідей під час підсумкової бесіди.



## Висновки

У магістерській роботі наведено теоретичне узагальнення і результати вирішення проблеми методики вивчення молекулярної фізики і термодинаміки у старшій школі в умовах дистанційного навчання. Встановлено, що в майбутньому механізми дистанційного навчання будуть тільки вдосконалюватися, що вплине на поширення та розвиток онлайн-освіти в цілому. У сфері дистанційного навчання обладнання LabQuest Vernier є цінним інструментом для учнів і викладачів, які прагнуть досліджувати молекулярну фізику та термодинаміку. Забезпечуючи дистанційний збір даних, аналіз даних у реальному часі, віртуальні експерименти та спільне навчання, ця технологія сприяє багатому та інтерактивному освітньому досвіду.

Розроблено лабораторні роботи з молекулярної фізики і термодинаміки у старшій школі із застосуванням LabQuest Vernier. Встановлено, що в умовах дистанційного навчання важливим є використання доступних цифрових ресурсів, сприяння взаємодії та взаємодії, застосування адаптивних стратегій навчання, адаптація до обмежень дистанційного навчання та пріоритетне благополуччя учнів.

Дослідно-експериментальна перевірка розробленої методики засвідчила її ефективність і рекомендується до впровадження у навчальний процес. Встановлено, що учні контрольної групи поступаються учням експериментальної групи за рівнем всіх трьох ознак: 1) рівня самостійності при виконанні завдання лабораторної роботи; 2) вміння правильно вимірювати, обчислювати та готувати звіт; 3) глибина і точність відповідей під час підсумкової бесіди.

Майбутні дослідження пов'язуємо із розробкою навчально-методичного забезпечення для вивчення фізики із застосуванням технологій доповненої і віртуальної реальності.

## Література

1. Cherng, H.-Y. S., & Davis, L. A. (2019). Multicultural Matters: *An Investigation of Key Assumptions of Multicultural Education Reform in Teacher Education*. *Journal of Teacher Education*, 70(3), 219–236.  
<https://doi.org/10.1177/0022487117742884Cherng>
2. Demiray, U. (2017). Is digital age “A tsunami” for distance education.: *In Advances in Educational Technologies and Instructional Design*, 179-194.  
<https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1692-7.ch009>
3. Gordon, N. (2022, July 15). Palestinian universities are once again under attack. Breaking News, World News and Video from AlJazeera.  
<https://www.aljazeera.com/opinions/2022/7/15/palestinian-universities-are-once-again-under-attack>
4. Kem, D. (2022). Personalised and adaptive learning: Emerging learning platforms in the era of digital and smart learning. *International Journal of Social Science and Human Research*, 05(02), 385-391.  
<https://doi.org/10.47191/ijsshr/v5-i2-02>
5. Lopes, A., & Soares, F. (2022). Online distance learning course design and multimedia in E- learning. IGI Global.
6. Rajab, K. D. (2018). The effectiveness and potential of E-learning in war zones: An empirical comparison of face-to-face and online education in Saudi Arabia. *IEEE Access*, 6, 6783-6794.  
<https://doi.org/10.1109/access.2018.2800164>
7. Архипов К.Є. Про застосування інформаційних технологій в освітній галузі Проблеми інформатизації освіти: Тези доповідей обласної науково-методичної конференції. ТГУ, 1999.
8. Атаманчук П.С. Основи впровадження інноваційних технологій навчання фізиці: Навчальний посібник /Кам'янець-Подільський: Абетка-НОВА, 2007.

9. Вембер В. П. Методичні основи проектування та використання електронного підручника з інформатики для загальноосвітньої школи: автореф. дис. На здобуття наук. Ступеня канд. пед. наук: 13.00.02 К., 2008. 20 с.
10. Вембер В. П. Навчально-методичні вимоги до електронного підручника *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць Редрада. К.: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2006. С. 50–56.*
11. Вембер В. П. Роль та місце електронного підручника в навчально-методичному комплекті з навчального предмета для загальноосвітньої школи *Актуальні проблеми психології: Зб. наук. праць Інституту психології ім. Г. С. Костюка АПН України. К., 2009. С. 43–51.*
12. Вікова та педагогічна психологія: Навч. посіб. К.: Просвіта, 2001. 416 с.
13. Воронкін О. С. Досвід проведення відкритого дистанційного курсу «Вступ до фізики звуку» *Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наук. праць. Вип. X : в 3-х т. – Кривий Ріг : видавничий відділ НметАУ, 2012. Т. 2 : Теорія та методика навчання фізики. С. 44–53.*
14. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. М. : Прогресс, 1976. 494 с.
15. Гончаренко С.У. Формування наукового світогляду учнів під час вивчення фізики : посібник для вчителя К. : Рад. школа, 1990. 208 с.
16. Жалдак М. І. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики. К.: Дініт, 2004. 110 с.
17. Жалдак М.І. Педагогічний потенціал комп'ютерно-орієнтованих систем навчання математики. *Зб. наук. праць К.:НПУ ім. М.П. Драгоманова. Випуск 7. 2003. С. 3-14.*
18. Згуровський М. Інформаційні мережеві технології в науці та освіті. *Дзеркало тижня. № 25 (400) 2002.*

19. Кадемія М. Ю. Електронний навчальний посібник на інтерактивній основі *Професійна підготовка педагогічних кадрів в умовах інноваційної перебудови української національної освіти: сучасний стан, проблеми, перспективи розвитку: матеріали Міжвуз. наук.-практ. конф., 11 жовтня 2007 р. – Хмельницький: ХГПА, 2007. С. 82–86.*
20. Комп'ютер на уроках фізики: Посібник для вчителів. КостопільЮ РВП «РОСА», 2005. 228 с.
21. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики. Посібник для вчителів. 2006. №3-4. 95 с.
22. Миргородський Б.Ю. Демонстраційний експеримент з фізики: Молекулярна фізика: посібник для вчителів К. : Рад. школа, 1982. – 139 с.
23. Мисліцька Н.А. Інформаційні технології навчання в системі формування понять з фізики. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. Випуск 7. Збірник наукових праць.* Київ-Вінниця: ТОВ Вінниця. 2005. С. 107-111.
24. Педагогічні технології та педагогічно-орієнтовані програмні системи: предметно-орієнтований підхід (група авторів) // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2002. – № 6. – С. 19.
25. Пищик В.І. Психологічний супровід дистанційного навчання в Інтернеті / Науковий сервіс в Інтернеті: тези доповідей Всеросійської наукової конференції. М. : Изд-во МГУ, 1999.
26. Полат Є. С. Дистанційне навчання: навч. посібник / Полат Є. С. – М. : ВЛАДОС, 1998.
27. Полянський П. Б. Про переваги і вразливі місця електронних підручників / П. Б. Полянський [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://osvita.ua/school/school\\_today/16840](http://osvita.ua/school/school_today/16840).

28. Садовий М.І., Вовкотруб В.П., Трифонова О.М. Вибрані питання загальної методики навчання фізики: навчальний посібник. Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013. 252 с.
29. Соменко Д.В. Використання апаратно-обчислювальної платформи Arduino в навчальному процесі з фізики [посіб. для студ. фіз.-мат. фак-тів пед. унів-тів] / Д. В. Соменко. [наук. редактор С.П. Величко]. – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013. – 88 с.
30. Столяров В.С. Автоматизация физического эксперимента в среде LabVIEW. Режим доступа: <http://www.physchem.msu.ru/doc/afe1.pdf> (23.12.2017)
31. Телейко А. Б. Математико-статистичні методи в соціології та психології: навч. посіб. / А. Б. Телейко, Р. К. Чорней. К. : МАУП, 2007. – 424 с.
32. Фіцула М.М. Педагогіка: Навчальний посібник для учнів педагогічних закладів освіти. – К.: Академія, 2000. – 542 с.
33. Хомініч С. Навчальний фізичний експеримент з молекулярної фізики і термодинаміки в умовах дистанційного навчання із використанням LABQUEST 2. *Міжнародна науково-методична конференція «Проблеми математичної освіти» (ПМО – 2023)*, м. Черкаси, 6-7 квітня 2023 р. Черкаси: Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2023. С. 189-191
34. Чайковська І. Формування готовності вчителя фізики використовувати інформаційно-комунікаційні технології у професійній діяльності / І. Чайковська // Витоки педагогічної майстерності. – 2012. – № 10. – С.317-321
35. Шарко В.Д. Методична підготовка вчителя фізики в умовах неперервної освіти. Монографія. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2006. – 400 с.
36. Яциніна Н.О. Формування інформаційно-технологічної компетенції майбутнього вчителя у навчальному процесі педагогічного університету. - Дисс. ... канд. пед. наук із спец. 13.00.09 – теорія навчання. – Х., 252 с.