

**Міністерство освіти і науки України
Харківський національний педагогічний університет
імені Г.С. Сковороди**

Масич В.В., Сергєєв В.М., Глейзер Н.В., Юрченко О.В.

***Методичні вказівки до лабораторних робіт
з дисципліни «Методика навчання фізики в школі»
Розділ «Молекулярна фізика та термодинаміка»***

Методичні рекомендації

Харків – 2022

УДК 53(072)

Укладачі: Масич В. В., Малець Є. Б., Глейзер Н.В., Юрченко О. В.

Рецензенти:

Лимарєва Ю.М. – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики ДВНЗ «Донецький державний педагогічний університет»

Білих В.Г. – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри медичної фізики та інформаційних технологій № 1 Донецького національного медичного університету

Методичні рекомендації. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Методика навчання фізики в школі», розділ «Молекулярна фізика та термодинаміка». – Х. : ХНПУ імені Г.С. Сковороди, 2022. – 60 с.

Затверджено редакційно-видавничою радою Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди
Протокол № 8 від 15.12.2021 року

Видано коштом укладачів

© Харківський національний педагогічний
університет імені Г.С. Сковороди
© Масич В.В.
© Сергєєв В.М.
© Глейзер Н.В.
© Юрченко О.В

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
1. ТЕПЛОВЕ РОЗШИРЕННЯ	5
Лабораторна робота № 1. Вивчення принципу роботи моделі рідинного термометра	5
Лабораторна робота № 2. Калібрування термометричної шкали	7
Лабораторна робота № 3. Визначення властивостей біметалічної пластинки для вимірювання температури	10
Лабораторна робота № 4. Вивчення лінійного розширення твердих матеріалів	132
Лабораторна робота № 5. Дослідження зміни об'єму рідини	165
Лабораторна робота № 6. Дослідження зміни об'єму повітря при постійному тиску	187
Лабораторна робота № 7. Визначення зміни тиску повітря при постійному об'ємі	209
Лабораторна робота № 8. Дослідження явища теплопровідності металів ...	24
Лабораторна робота № 9. Дослідження конвекції в повітрі	265
Лабораторна робота № 10. Визначення теплового випромінювання	287
Лабораторна робота № 11. Визначення теплового захисту	29
2. ЗМІНА СТАНУ АГРЕГАЦІЇ	33
Лабораторна робота № 12. Дослідження рівняння теплового балансу	33
Лабораторна робота № 13. Вивчення питомої теплоємності твердих матеріалів	37
Лабораторна робота № 14. Розрахунок питомої теплоємності твердих матеріалів	41
Лабораторна робота № 15. Визначення температури плавлення твердої речовини	430
Лабораторна робота № 16. Визначення теплоти плавлення льоду	46
Лабораторна робота № 17. Визначення температури плавлення заморожуючої суміші	50
Лабораторна робота № 18. Дослідження теплового випромінювання при затвердінні	47
Лабораторна робота № 19. Визначення температури кипіння води та сольового розчину	54
Лабораторна робота № 20. Визначення теплоти випаровування рідини ..	56
Лабораторна робота № 21. Вивчення процесу дистиляції води	595
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	6258

ПРЕДМОВА

Методичні вказівки щодо виконання лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Методика навчання фізики в школі» розділ «Молекулярна фізика та термодинаміка» є складовою частиною НМК з фізики й призначені для підготовки педагогічних працівників.

Запропоновані методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни «Методика навчання фізики в школі» розділу «Молекулярна фізика та термодинаміка» дозволяють забезпечити: організацію виконання учнями лабораторних робіт, передбачених програмою з методики навчання фізики, формування та закріплення навичок роботи з лабораторним обладнанням, організацію визначення похибки й числової обробки результатів лабораторного експерименту, формування навичок самостійної роботи студентів з довідковою літературою, розвиток уважності й акуратності при виконанні лабораторних робіт, формування професійних компетентностей здобувачів освіти.

Процес виконання лабораторних робіт побудовано за класичною схемою і включає в себе теоретичну підготовку, ознайомлення з приладами та матеріалами, порядок виконання роботи й вимірювань, числову обробку результатів лабораторного експерименту та контрольні питання для обговорення виконаної роботи.

1. ТЕПЛОВЕ РОЗШИРЕННЯ

Лабораторна робота № 1

ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПУ РОБОТИ МОДЕЛІ РІДИННОГО ТЕРМОМЕТРА

Мета: сформулювати уявлення про поняття «термометр», навчитися за допомогою термометра вимірювати ступінь нагріву та/або температуру.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1

Обладнання:

1 × Універсальний штатив, 300 мм	1 × Пробка силіконова, 17/22/25 мм, з
2 × Муфта універсальна	1 отвором
1 × Опорний стрижень, 250 мм	1 × Опорний стрижень, 500 мм
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	1 × Термометр градуйований
1 × Восковий олівець	
1 × Трубка манометра, $D = 8$ мм, $L = 200$ мм	Додатково потрібно:
1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт.	1 × Газовий пальник
1 × Дротова сітка	1 × Вода
1 × Конічна колба Ерленмейера	1 × Сірники
1 × Порошок, сенсibilізований барвником, червоний	

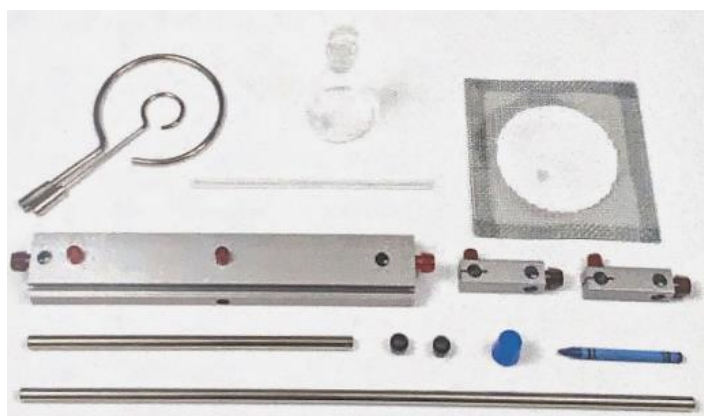


Рис. 1.1.

Теоретичні відомості

Термометр потрібен для вимірювання температури тіла або рідини.

Дія термометра заснована на тому, що зі зміною температури тіла змінюються певні властивості цього тіла. Коли більш нагріте тіло контактує з менш нагрітим, то більш нагріте тіло завжди охолоджується, а менш нагріте – нагрівається. До того ж можуть змінюватися й інші властивості тіл: вони

стають більшими або меншими за розмірами, можуть перейти в інший агрегатний стан, краще чи гірше проводити електричний струм, можуть почати випромінювати світло іншого кольору та ін.

Однаково нагріті тіла, контактуючи один з одним, не змінюють своїх властивостей, і тоді кажуть, що ці тіла перебувають у стані теплової рівноваги. Температура – це фізична величина, яка характеризує стан рівноваги тіл.

Розглянемо рідинний термометр, дія якого ґрунтується на розширенні рідини під час нагрівання. Рідинний термометр найбільш часто використовується в повсякденному житті. Головною частиною рідинного термометра є вузька скляна трубка, наповнена ртуттю або іншою рідиною (наприклад, кольоровим спиртом). Термометричною ознакою являється відстань від меніску рідини в капілярі до довільної фіксованої точки.

На практиці воду не можна використовувати в якості термометричного тіла в рідинному термометрі: об'єм води з підвищенням температури спочатку падає, а потім зростає, що робить неможливим використання об'єму води в якості термометричної ознаки.

У цьому експерименті побудована проста модель термометра, і в якості індикаторної рідини використовується вода.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 1.2. Стрижень 25 см вставте у поперечний отвір штатива, зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. На обидва кінці надіньте ковпачки для стрижня. Стрижень 50 см закріпіть у штативі вертикально.

3. Велике кільце штатива зафіксуйте за допомогою універсальної муфти на стрижні 50 см, покладіть сітку з керамічним центром.

4. Наповніть колбу Ерленмейера водою, до якої доданий барвник.

5. Пластикову трубку вставте у пробку з отвором (зовнішню стінку трубки трохи змочіть водою, щоб полегшити проходження пластикової трубки через гумову пробку. Пластикові трубка повинна знаходитися близько до дна гумової пробки!)

6. Зафіксуйте пробку з трубкою в колбі.

7. Переконайтеся, що у колбі не залишилося повітря. Налийте кольорову



воду в трубку і позначайте рівень води у пластиковій трубці восковою крейдою.

Рис. 1.2

Порядок виконання роботи

1. Модель термометра розмістити на сітці з керамічним центром.
2. Маленьке кільце штатива встановити на шийку колби Ерленмейера для безпеки.
3. Установити пальник під керамічний центр з колбою Ерленмейера і запалити його (рівень полум'я повинен бути малим). Дайте воді нагрітися упродовж деякого часу.
4. Через п'ять хвилин позначте новий рівень води в пластиковій трубці за допомогою воскового олівця.
5. Вимкніть пальник і спостерігайте за водяним стовпчиком.
6. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Дати визначення температури.
2. Для чого потрібен термометр?
3. Описати принцип дії термометра.
4. За рахунок чого змінюється рівень води в пластиковій трубці?
5. Два однакових термометри виставлено на сонце. Кулька одного з них закопчена. Чи однакову температуру покажуть термометри?

Лабораторна робота № 2

КАЛІБРУВАННЯ ТЕРМОМЕТРИЧНОЇ ШКАЛИ

Мета: навчитися калібрувати шкалу термометра.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1

Обладнання:

1 × Універсальний штатив, 300 мм	1 × Опорний стрижень, 500 мм
2 × Затискач універсальний	1 × Термометр градуйований
1 × Затискач круглий	1 × Термометр не градуйований
1 × Опорний стрижень, 250 мм	
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	Додатково потрібно:
1 × Опорний стрижень, 100 мм	1 × Газовий пальник
1 × Восковий олівець	1 × Вода
1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт.	1 × Сірники
1 × Дротова сітка	1 × Лід
1 × Аналітична склянка, висока	

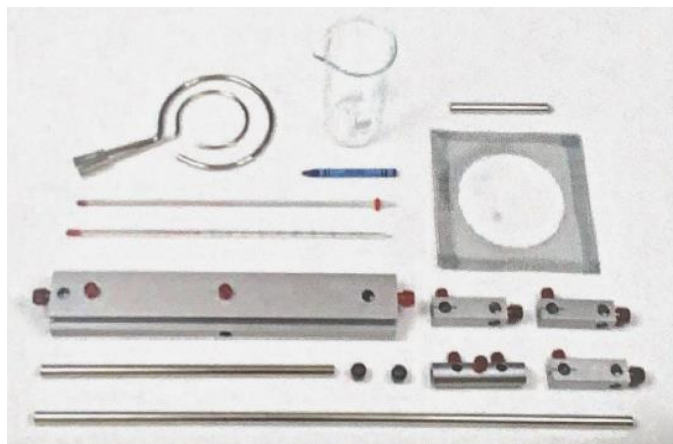


Рис. 2.1

Теоретичні відомості

Для визначення значення температури будь-якого тіла необхідно обрати еталон температури. Речовина, яка при певних умовах, рівноважних і достатньо легко відтворюваних, мала б певні значення температури, може бути обраною в якості робочої речовини термометра. Це значення температури є реперною точкою відповідної шкали температур. Шкала температур представляє собою впорядковану послідовність значень температур, яка дозволяє кількісно визначити температуру того чи іншого тіла.

Найбільш часто при отриманні шкали температур використовуються властивості вода. Точки танення льоду і кипіння води при нормальному атмосферному тиску обрані в якості реперних точок в сучасних температурних шкалах, які запропоновані Андерсом Цельсієм, Рене Фершо Реомюром, Даніелем Фаренгейтом. Фаренгейт створив перші спиртовий і ртутний термометри, які широко використовуються до нинішнього часу. Температурна шкала Цельсія використовуються в Україні та в багатьох країнах світу, температурні шкали Реомюра і Фаренгейта використовуються в Англії, США і деяких інших країнах.

Цельсій запропонував температурний інтервал між температурами танення льоду і кипіння води за нормального атмосферного тиску розділити на сто рівних частин (градусів Цельсія). Цю шкалу широко використовують і нині. Один градус Цельсія вважають рівним одному Кельвіну. При цьому температура танення льоду береться рівною 0°C , а температура кипіння води стає рівною $99,975^{\circ}\text{C}$, тобто приблизно рівною 100°C .

Після введення Міжнародної системи одиниць (СІ) до використання рекомендовано дві температурні шкали. Перша шкала – термодинамічна, яка не залежить від властивостей робочого тіла і вводиться за посередництвом циклу Карно. Одиницею вимірювання температури в цій температурній шкалі являється один Кельвін (1 K) – одна з семи основних одиниць в системі СІ. Ця одиниця названа на честь Уільяма Томсона, лорда Кельвіна, який розробив цю шкалу і зберіг величину одиниці вимірювання температури такою ж, як і в температурній шкалі Цельсія.

Друга рекомендована температурна шкала – міжнародна практична. Ця шкала має 11 реперних точок – температури фазових переходів низки чистих речовин. Одиницею вимірювання температури в міжнародній практичній шкалі є 1 K .

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 2.2. Вставте стрижень 25 cm у поперечний отвір універсального штативу, зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Стрижень 50 cm закріпіть в штативі вертикально.

3. Велике кільце зафіксуйте на стрижні довжиною 50 cm за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього дротову сітку з керамічним центром.

2.2



Рис.

Порядок виконання роботи

1. Визначення температури замерзання.

1.1. Аналітичну склянку заповніть наполовину водою з кубиками льоду. Поставте її на сітку з керамічним центром.

1.2. Не градуйований термометр занурити у склянку так, щоб його кулька з рідиною була повністю оточена кубиками льоду і водою.

1.3. Перемішуйте воду з льодом і спостерігайте за стовпчиком рідини в моделі термометра. Як тільки рівень стовпчика рідини в моделі припинить знижуватися, позначте його восковим олівцем.

1.4. Визначте температуру градуйованим термометром.

2. Визначення температури кипіння.

2.1. Аналітичну склянку заповніть наполовину водою з кубиками льоду і вставте в неї модель термометра.

2.2. Поставте стакан на сітку з керамічним центром і закріпіть кільцем середнього розміру для безпеки.

2.3. Запаліть пальник і поставте його під керамічне кільце. Коли вода закипить, знову позначте рівень стовпчика рідини восковим олівцем.

2.4. Після цього погасіть пальник.

3. Маркування шкали термометра.

3.1. Витягніть модель термометра з аналітичної склянки і виміряйте відстань між двома позначками.

3.2. Розділіть цю відстань на 10 рівних частин.

3.3. Температуру замерзання позначте 0°C , а температуру кипіння – 100°C .

3.4. Виміряйте температуру в кімнаті за допомогою цього термометра.

3.5. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Яким вимогам повинна відповідати робоча речовина термометра?
2. Що представляють собою реперні точки відповідної шкали температур?
3. Яка речовина використовується найбільш часто при отриманні шкали температур і чому?
4. Які реперні точки обрав Цельсій при побудові шкали температур?
5. На скільки рівних частин Цельсій запропонував розділити температурний інтервал між температурами танення льоду і кипіння води за нормального атмосферного тиску?
6. Як скористатися для вимірювання температури повітря термометром, на шкалі якого збереглося тільки дві поділки: 20 і 40 °C?

Лабораторна робота № 3

ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІМЕТАЛЕВОЇ ПЛАСТИНКИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Мета: дослідити властивості біметалевої стрічки при нагріванні.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1.

Обладнання:

- 1 × Універсальний штатив, 300 мм
- 2 × Затискач універсальний
- 1 × Опорний стрижень, 250 мм
- 2 × Захисний ковпачок для стрижнів
- 1 × Біметалева стрічка
- 1 × Опорний стрижень, 500 мм

Додатково потрібно:

- 1 × Газовий пальник
- 1 × Сірники

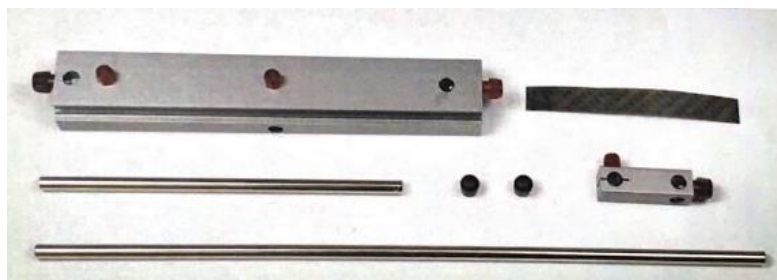


Рис 3.1

Теоретичні відомості

Якщо тіло складається з двох або декількох матеріалів з різними альфа, то при нагріванні в тілі виникають пружні напруження, які призводять до деформації або руйнування. Оскільки величина деформації такого складного тіла приймає певні значення в залежності від температури, то таке тіло можна використовувати в якості індикатора температури. Наприклад, термометр з біметалевих спіралей, реле терморегулятора з біметалевою пластини.

Якщо дві металеві смуги з різними коефіцієнтами теплового розширення міцно з'єднати між собою, вони будуть деформуватися (згинатися) при нагріванні. Таку пластину, виготовлену з двох різних металів, називають біметалевою стрічкою.

У результаті нагрівання такої стрічки її один компонент розширюється на певну величину, а другий на іншу. Це призводить до вигину біметалевої стрічки, форма якого залежить від різниці температурних коефіцієнтів. При чому швидкість деформації пластинки прямо пропорційна зміні її температури.

При охолодженні стрічки вона приймає вихідне положення. Такий тип біметалевої стрічки буде продемонстрований в цьому експерименті.

Підготовка до експерименту



1. Зберіть обладнання згідно з рис. 3.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Стрижень 50 см закріпіть в штативі вертикально.

3. Закріпіть біметалеву стрічку за допомогою універсального затискача так, щоб під нею можна було розмістити пальник. Відстань від стрічки до пальника повинна становити близько 10 см.

Порядок виконання роботи

1. Обережно нагрівайте знизу біметалеву стрічку і спостерігайте за її реакцією.
2. Приберіть пальник і далі спостерігайте за стрічкою. Сторона, яка раніше знаходилася з боку пальника, тепер буде направлена в іншу сторону.
3. Повторіть експеримент і знову спостерігайте реакцію.
4. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Що являє собою біметалева стрічка?
2. Чому біметалеву стрічку можна використовувати в якості індикатора температури?
3. Чому біметалева стрічка при нагріванні вигинається?
4. Що станеться з біметалевою стрічкою при охолодженні?

Лабораторна робота № 4

ВИВЧЕННЯ ЛІНІЙНОГО РОЗШИРЕННЯ ТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета: визначити лінійне розширення алюмінію та заліза.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1.

Обладнання:

1 × Універсальний штатив, 300 мм	1 × Конічна колба Ерленмейера
1 × З'єднувач для рейок	1 × Трубка для теплового розширення, алюмінієва
3 × Затискач універсальний	1 × Трубка для теплового розширення, залізна
1 × Розсувна хомутова опора зі стопорним гвинтом	1 × Стрілка з пробкою
1 × Розсувна хомутова опора для сітки	1 × Силіконова пробка, 17/22/25 см, 1 отвір
1 × Опорний стрижень, 250 мм	Додатково потрібно:
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	1 × Газовий пальник
1 × Трубка пластмасова, 25 см	1 × Сірник
1 × Восковий олівець	1 × Вода
1 × Опорний стрижень, 500 мм	1 × Лід
1 × Опорні кільця, набір 3 шт.	
1 × Дротова сітка	
1 × Аналітична склянка, висока	



Рис. 4.1.

Теоретичні відомості

Усі предмети при нагріванні змінюють свої розміри і, як правило, розширюються. У твердих тіл спостерігається лінійне розширення – зміна довжини, ширини та висоти тіла. Для різних предметів це розширення різне, а тому для його визначення вводиться коефіцієнт лінійного розширення. Коефіцієнт лінійного розширення – фізична величина, яка характеризує зміну відносних розмірів тіла при зміні температури на 1°C . Якщо зміна температури є не дуже великою (в інтервалі $200 - 300^{\circ}\text{C}$), то величина лінійного розширення альфа прямо пропорційна температурі тіла. Коефіцієнт альфа має різне значення для різних матеріалів.

$$\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}.$$

Таким чином, довжина тіла l_t , нагрітого до температури t_1 , визначається співвідношенням

$$l_t = l_0(1 + \alpha t),$$

де l_0 – початкова довжина тіла при $t = 0^{\circ}\text{C}$.

У твердих тілах при нагріванні збільшується амплітуда коливань частинок біля положень рівноваги, що призводить до збільшення об'єму.

У цьому експерименті визначається розширення алюмінію та заліза при невеликому нагріванні.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рисунком 4.2. З'єднайте дві рейки штатива за допомогою з'єднувача. Стрижень довжиною 50 см затисніть з лівого боку за допомогою стопорного гвинта.

2. Два опорних кільця для дротової сітки з керамічним центром і колби Ерленмейера прикріпіть до стопорного гвинта за допомогою універсальних затискачів.

3. Розсувну хомутову опору зі стопорним гвинтом розмістити на рейці збоку стрижня.



Рис. 4.2

7. На одному кінці алюмінієвої трубки є отвір. Інший її кінець пропустить через болт, але не фіксуйте. На іншій стороні пропустить зігнутий кінчик стрілки через отвір в алюмінієвій трубці. Потім загвинтіть алюмінієву трубку в болт.

8. Стрижень довжиною 10 см затисніть з правого кінця рейки за допомогою стопорного гвинта.

9. Універсальний затискач для кільця середнього розміру прикріпіть до стопорного гвинта. На опорне кільце поставте колбу. Коротку ПВХ трубку зафіксуйте на правому кінці алюмінієвої трубки. Її кінець вставте у колбу.

1. Налийте в колбу Ерленмейера близько 50 мл води. Встановіть у неї гумову пробку зі скляною трубкою. З'єднайте скляну трубку з лівим кінцем алюмінієвої трубки за допомогою трубки з поліхлорвінілу.

4. Болт затисніть в цій розсувній опорі. Болт служить лівим кріпленням алюмінієвої трубки.

5. Розсувну опору для ваг прикріпіть на правому кінці. Стрілку затисніть у розсувній опорі для ваг за допомогою пробки. Стрілка повинна показувати вниз.

6. Ваги для балансування важеля розмістите на столі таким чином, щоб стрілка вказувала на мітку градуйованої шкали в центрі.

Порядок виконання роботи

Експеримент 1.

1. Нагрівайте воду в колбі Ерленмейера, доки вона не закипить. Гарячий пар потрапляє у алюмінієву трубку і нагріває її. Стрілка вказує розширення трубки через нагрівання.

2. Коли стрілка припинить рухатися, зафіксуйте розширення по шкалі. Показане розширення: _____ мм.

3. Розділіть показане розширення на 40, тому що стрілка показує 40-разову зміну довжини.

Реальне розширення: _____ мм.

4. Довжина алюмінієвої трубки між двома монтажними опорами становить 50 см. Зміну довжини помножте на 2, щоб отримати розширення трубки довжиною 1 м.

Розширення трубки довжиною 1 м: _____ мм.

5. Для отримання розширення при нагріванні на 1°C розділіть на зростання температури відносно кімнатної для температури кипіння води, це становить приблизно 75 – 80.

Питоме розширення алюмінію становить: _____ мм/м $^{\circ}\text{C}$.

Експеримент 2.

1. Проведіть експеримент з залізною трубкою і проведіть оцінку, як зазначено вище.
2. Визначте похибку для цього випадку.
3. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Що називають лінійним розширенням?
2. Чим супроводжується розширення тіл при нагріванні?
3. Порівняйте лінійне розширення алюмінію та заліза.
4. Чому при не рівномірному нагріванні або охолодженні твердого тіла в ньому можуть виникнути тріщини?
5. Чому лабораторний посуд з кварцового скла не руйнується при нерівномірному нагріванні й охолодженні?

Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ОБ'ЄМУ РІДИНИ

Мета: дослідити зміну об'єму рідин при нагріванні.

Необхідні набори: Р9901-4А універсальний штатив, Р9902-4С Тепло 1.

Обладнання:

1 × Універсальний штатив, 300 мм	2 × Пробірки, 16×160 мм
3 × Затискач універсальний	1 × Бензин
1 × Затискач круглий	2 × Силіконова пробка, 12/18/27 мм,
1 × Опорний стрижень, 250 мм	1 отвір
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	1 × Опорний стрижень, 500 мм
1 × Опорний стрижень, 100 мм	1 × Термометр градуйований
1 × Восковий олівець	
2 × Трубки манометра	Додатково потрібно:
1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт.	1×Газовий пальник
1 × Дротова сітка	1×Вода
1 × Аналітична склянка, висока	1×Сірники
	1×Ганчірка



Рис. 5.1

Теоретичні відомості

Згідно з молекулярно-кінетичною теорією всі речовини складаються з дрібних частинок (молекул, атомів або іонів), між якими є проміжки. Частинки хаотично рухаються і взаємодіють між собою.

Досліди і спостереження дозволяють нам впевнитись у тому, що при підвищенні температури розміри тіл значно збільшуються. Це прояв однієї з важливих властивостей речовин, яка зумовлена характером теплового руху атомів і молекул – теплове розширення. У твердих тіл, рідин і газів має місце об'ємне розширення – зміна об'єму при нагріванні.

Чим зумовлюється теплове розширення тіл? Очевидно, що при нагріванні будь-якого фізичного тіла швидкість теплового руху його атомів і молекул збільшується. Внаслідок цього молекули після взаємодій розходяться на більші відстані, а, отже, збільшується об'єм речовини.

Коефіцієнтом об'ємного розширення називається величина бета, яка показує, на яку долю початкового об'єму V_0 (при $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) збільшується об'єм, якщо тіло нагріти на 1 градус С. Об'єм тіла V_t , нагрітого до температури $t\text{ }^{\circ}\text{C}$, можна розрахувати за формулою

$$V_t = V_0(1 + \beta t).$$

У даній роботі досліджується зміна об'єму двох рідин – води та ароматизованого бензину.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 5.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Стрижень 50 см закріпіть в штативі вертикально.

3. Велике кільце прикріпіть до стрижня 50 см за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

4. Одну пробірку наповніть до краю водою, другу – ароматизованим бензином. Дві гумові пробки вставте у пластикові трубки і використовуйте їх



Рис. 5.2

для закривання пробірок. Трохи затисніть пробки в пробірки, рідина повинна бути в них на однаковій висоті.

5. Позначте рівень стовпчика рідини у пробірках. Обидві пробірки затисніть у круглому затискачі і поставте у склянку. Склянку помістіть на сітку і притримуйте її кільцем середнього розміру.

Порядок виконання роботи

1. Запаліть пальник і нагрівайте воду у склянці. Спостерігайте за рідиною у пластикових трубках.
2. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Чим зумовлене об'ємне розширення тіл?
2. Яка з досліджуваних рідин має більший ступінь розширення? Чому?
3. Які особливості теплового об'ємного розширення має вода?

Лабораторна робота № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ОБ'ЄМУ ПОВІТРЯ ПРИ ПОСТІЙНОМУ ТИСКУ

Мета: дослідити зміну об'єму газу під час нагрівання при постійному тиску.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1.

Обладнання:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 × Універсальний штатив, 300 мм | 1 × Опорний стрижень, 500 мм |
| 2 × Затискач універсальний | 1 × Дротова сітка |
| 1 × Опорний стрижень, 250 мм | 1 × Аналітична склянка, висока |
| 2 × Захисний ковпачок для стрижнів | 1 × Конічна колба Ерленмейера |
| 1 × Пластикові трубка, 100 мм | 1 × Силіконова пробка, 17/22/25 мм, |
| 1 × Скляна трубка, пряма, 80×8 мм | 1 отвір |
| 1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт. | |

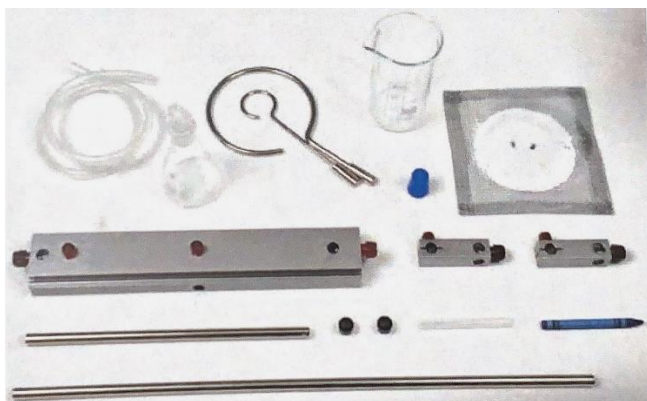


Рис. 6.1

Додатково потрібно:
 1 × Газовий пальник
 1 × Вода
 1 × Сірник
 1 × Ганчірка

Теоретичні відомості

При збільшенні температури газу збільшується кінетична енергія руху молекул, а отже і швидкість руху молекул. Однак сталість тиску означає, що при цьому зменшується кількість молекул в одиниці об'єму речовини. При чому зменшення концентрації молекул пропорційна до збільшення кінетичної енергії їх руху. Тому, зі збільшенням температури газу при незмінному тиску, його об'єм зростатиме. Найбільшого теплового розширення зазнають гази.

При незмінному тиску об'єм заданої маси газу прямо пропорційний його абсолютній температурі

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Цей експеримент демонструє саме таку зміну об'єму.

Підготовка до експерименту



Рис. 6.2

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 6.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Стрижень 50 см закріпіть у штативі вертикально.

3. Велике кільце прикріпіть до стрижня 50 см за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

4. Вставте скляну трубку в отвір гумової пробки, доки вона не буде трохи виступати з нижньої частини.

5. Вставте гумову пробку зі скляною трубкою у колбу Ерленмейера, щільно притисніть і поставте колбу на сітку.

6. Мале опорне кільце, яке тримає універсальний затискач, розмістити навколо колби Ерленмейера. ПВХ-трубку прикріпіть до скляної трубки. Інший кінець трубки занурте у склянку з водою.

Порядок виконання роботи

1. Тепер недовго нагрівайте повітря у колбі Ерленмейера на малому вогні. Спостерігайте за кінцем ПВХ-трубки у воді. Через кілька хвилин (колба Ерленмейера не повинна стати дуже гарячою!) приберіть пальник і далі спостерігайте за трубкою.

2. Під час процесу нагрівання спостерігається підйом повітряних бульбашок. При охолодженні повітря знову стискається. Через це з колби у ПВХ-трубку витікає вода.

3. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Які тіла розширюються найбільше?

Що трапляється з повітрям при нагріванні та при охолодженні?

Як змінюється об'єм заданої маси газу прямо при зміні його абсолютної температури за умови незмінного тиску?

Намалюйте графік залежності об'єму заданої маси газу при зміні його абсолютної температури за умови незмінного тиску?

Лабораторна робота № 7

ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ТИСКУ ПОВІР'Я ПРИ ПОСТІЙНОМУ ОБ'ЄМІ

Мета: визначити збільшення тиску при нагріванні на 1 градус Цельсія при постійному об'ємі.

Необхідні набори: Р9901-4А Універсальний штатив, Р9902-4С Тепло 1.

Обладнання:

1 × Універсальний штатив, 300 мм	2 × Трубка манометра
3 × Затискач універсальний	1 × Пластикова трубка, 45 мм
1 × Затискач круглий	1 × Пластикова трубка, 25 мм
2 × Опорний стрижень, 250 мм	1 × Скляна трубка, пряма
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт.
1 × Опорний стрижень, 100 мм	1 × Дротова сітка
1 × Восковий олівець	1 × Конічна колба Ерленмейера

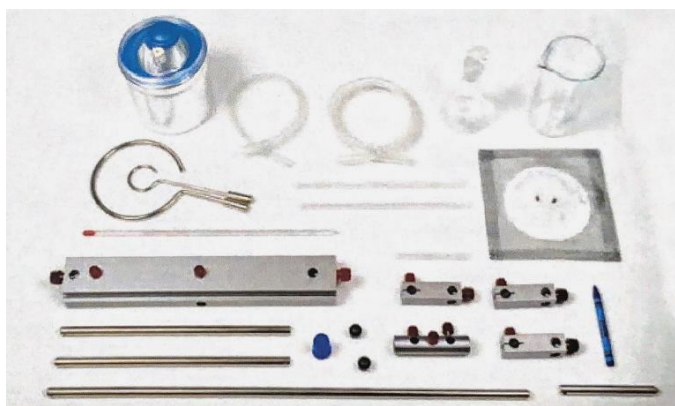


Рис. 7.2

- 1 × Порошок, сенсibilізований барвником, червоний
- 1 × Силіконова пробка, 17/22/25 мм, 1 отвір
- 1 × Ізоляційна колба з кришкою
- 1 × Опорний стрижень, 500 мм
- 1 × Термометр градуйований

Додатково потрібно:

- 1 × Газовий пальник
- 1 × Вода
- 1 × Сірники

Теоретичні відомості

Оскільки молекулярна будова газів відрізняється від будови твердих тіл, то і природа тиску газів відрізняється від природи тиску твердих тіл на опору.

У газах молекули безладно рухаються. Під час свого руху вони стикаються одна з одною, а також зі стінками посудини, у якій міститься газ. Розміри молекул дуже малі і сила удару також мала. Але число молекул газу в посудині дуже велике (в 1 см³ міститься приблизно 10¹⁹ молекул). Саме сумарною дією ударів молекул газу спричинюється тиск газу на стінки посудини.

Щоб збільшити кількість молекул в посудині, треба або додати у посудину ще газу, тобто збільшити його масу, при цьому збільшиться тиск газу в посудині. Або збільшити температуру газу в посудині, за умови, що маса не змінюється. Адже швидкість руху молекул під час нагрівання збільшується. Рухаючись швидше, молекули сильніше і частіше вдаряються об стінки посудини. Тиск газу відповідно зростає.

Дослідження залежності тиску газу від температури при незмінному об'ємі були вперше проведені Шарлем. Закон Шарля полягає у твердженні, що підвищення температури газу на 1 градус Цельсія при незмінному об'ємі призводить до збільшення тиску газів на 1/273 долю того тиску, який дана кількість газу мала при 0 градусів Цельсія. При ізохорному процесі (процесі, що відбувається при постійному об'ємі) величина тиску P_t лінійно залежить від температури t

$$P_t = P_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right).$$

Для газу термічний коефіцієнт тиску дорівнює коефіцієнту об'ємного розширення.

При введенні абсолютної шкали температур, між значеннями температури в абсолютній шкалі температур T і в шкалі Цельсія t є просте співвідношення: $T = t + 273$. Закон Шарля можна записати простіше

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Отже, при незмінному об'ємі даної маси газу тиск прямо пропорційний його абсолютній температурі.

У цьому експерименті ми збільшимо тиск повітря при постійному об'ємі.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 7.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.



Рис. 7.2

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Стрижень 50 см закріпіть в штативі вертикально.

3. Велике кільце прикріпіть до стрижня 50 см за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

4. Зберіть манометр з короткої ПВХ-трубки і двох пластикових трубок. Затисніть його затискачем на потрібній висоті.

5. Водю, в яку додано кольоровий порошок, наповніть трубки манометра до висоти трохи нижче з'єднання для довгої трубки.

6. Використовуйте посудину калориметра без стиропорової вставки. Наповніть її водою так, щоб колба Ерленмейера була повністю занурена в неї.

7. Розташуйте мале опорне кільце навколо шийки колби, щоб попередити її перекидання.

8. Виміряйте температуру води. $T_1 = \underline{\hspace{2cm}}^{\circ}\text{C}$.

9. Вставте в гумову пробку скляну трубку.

10. Колбу Ерленмейера, яка занурена у воду, щільно закрийте гумовою пробкою зі скляною трубкою. Потім з'єднайте колбу Ерленмейера з манометром за допомогою довгої ПВХ трубки (довжиною 45 см). Позначте рівень води у манометрі восковим олівцем.

Порядок виконання роботи

1. Посудину калориметра (без стиропорової вставки) нагрівайте пальником. Температура зростає приблизно на 4 градуси (пальник включається тільки на одну хвилину!). Оскільки передача тепла потребує часу, температура продовжує зростати і після вимкнення пальника.

2. Перемішайте воду і знову виміряйте температуру.

$T_2 = \text{_____}^{\circ}\text{C}$.

3. Манометр показує зростання тиску. Тримаючи трубку манометра відкритою, підніміть її настільки, щоб знову встановити первинний об'єм газу (рідина в манометрі знову досягає позначеної висоти у закритій трубці). Це робиться для того, щоб проводити вимірювання з таким же об'ємом.

4. Заміряйте різницю у висоті обох водяних стовпчиків (вимірювання проводьте за допомогою мірної стрічки від рівня столу).

Різниця у висоті: _____ см.

5. Тепер різницю у висоті розділіть на зростання температури, результат і буде різницею у висоті на градус Цельсія. Оскільки 1 см водяного стовпчика дорівнює тиску приблизно 1 мбар, ріст тиску може бути показаний нагріванням у мбарах.

6. Зробіть висновок.

Примітка: Зростання тиску становить близько 4 мбар на $^{\circ}\text{C}$. Якщо цифра, виміряна в експерименті, значно відрізняється від вказаної, це залежить, серед іншого, від того, що температура в колбі Ерленмейера не дозволяє достатньо швидко знизити температуру води.

Контрольні питання

1. Як пояснюють тиск газу на основі вчення про рух молекул?
2. Від чого залежить тиск газу?
3. Як можна збільшити тиск газу?
4. Як співвідносяться об'єм даної маси газу і тиск при незмінній температурі?

Лабораторна робота № 8

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯВИЩА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ МЕТАЛІВ

Мета: дослідити теплопровідність алюмінію та заліза.

Необхідні набори: Р9901-4А Універсальний штатив, Р9902-4С Тепло 1

Обладнання:

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 × Універсальний штатив, 300 мм | 1 × Опорний стрижень, 500 мм |
| 2 × Затискач універсальний | |
| 2 × Опорний стрижень, 250 мм | Додатково потрібно: |
| 2 × Захисний ковпачок для стрижнів | 1 × Газовий пальник |
| 1 × Восковий олівець | 1 × Сірники |
| 1 × Трубка для теплового розширення, алюмінієва | 1 × Папір для чищення |
| 1 × Трубка для теплового розширення, залізна | |

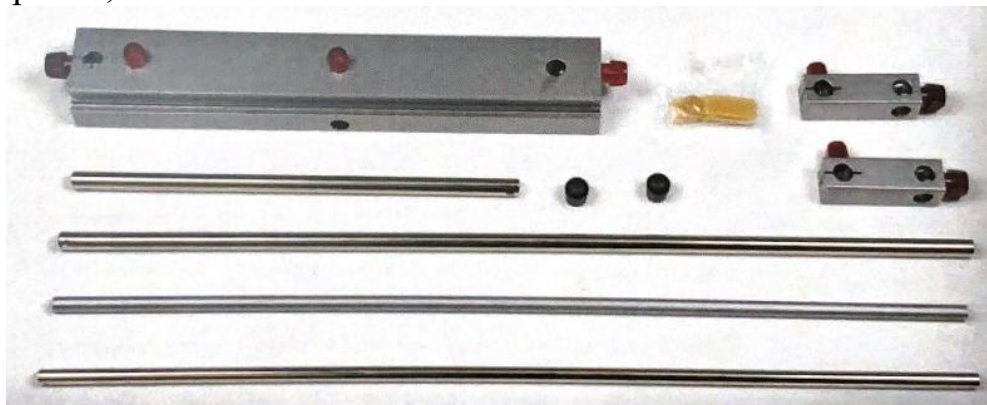


Рис. 8.1

Теоретичні відомості

Розглянемо механізм передавання теплоти з погляду атомно-молекулярного вчення. Уявімо металеву посудину з водою, яка нагрівається полум'ям. Молекули повітря в полум'ї мають значно більшу кінетичну енергію, ніж молекули металевої посудини. Внаслідок зіткнення вони передають частину своєї кінетичної енергії мікрочастинкам речовини посудини, що містяться найближче до полум'я. Згодом мікрочастинки розжареного дна посудини передають деяку кількість своєї енергії сусіднім частинкам, збільшуючи їх кінетичну енергію. Така передача енергії в результаті взаємодії частинок здійснюється шар за шаром. Зрозуміло, що ніякого перенесення речовини при цьому не відбувається. Такий процес називається теплопровідністю.

Теплопровідність – вид теплообміну, який полягає у процесі передачі теплоти від більш нагрітої до менш нагрітої частини тіла внаслідок теплового руху його частинок.

Різні речовини та речовини, що перебувають у різних агрегатних станах, по-різному передають теплоту. Висока теплопровідність металів пов'язана з особливостями їх будови. Частинки твердих тіл створюють хаотичні теплові коливання у вузлах кристалічної ґратки. Якби теплопровідність металів зумовлювалася лише цими коливаннями, то вона б не відрізнялася від теплопровідності інших твердих тіл. Але в металах є багато вільних електронів, які можуть вільно переміщуватися між вузлами кристалічних ґраток, що й забезпечує високу теплопровідність. На ділянці з вищою температурою частина електронів отримує більшу кінетичну енергію. Ці електрони легко долають проміжки між іонами. Стикаючись із іонами холодних ділянок металу, електрони передають їм надлишок своєї енергії, що зумовлює підвищення температури в цій ділянці.

У цьому експерименті ми дослідимо теплопровідність алюмінію і заліза. А також з'ясуємо, у якого з цих металів теплопровідність більша, а у якого менша.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 8.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.



Рис. 8.2

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі з однієї сторони. Другий стрижень 25 см закріпіть з іншої сторони.

3. Клаптик паперу розмістите на столі так, щоб він не забруднився.

4. Сформуєте шість невеликих кульок з воску (віск стає пластичним під дією температури рук). Три кульки воску приліпіть до алюмінієвої та залізної трубки. Першу кульку притисніть на відстані приблизно 5 см від кінця трубки.

5. У центрі штативу закріпіть за допомогою універсальних затискачів трубки

для теплового розширення так, щоб їх кінці торкалися один одного.

6. Розташуйте пальник під місцем контакту.

Порядок виконання роботи

1. Нагрівайте точку контакту двох металевих трубок.

2. Спостерігайте послідовність падіння воскових кульок (через нагрів) і записуйте її. Після того, як упаде четверта кулька, змагання з теплопровідності закінчуються.

3. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Що таке теплопровідність?
2. Чому метали мають найкращу теплопровідність?
3. Який ґрунт прогрівається сонцем швидше: вологий чи сухий?
4. Чому навесні утворюються воронки в снігу навколо стовбурів дерев?
5. Людина не відчуває прохолоди в повітрі при температурі 20°C , а в воді мерзне при температурі 25°C . Чому?
6. Чому взимку на радіатори автомобілів надягають чохли утеплення?

Лабораторна робота № 9

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКЦІЇ В ПОВІТРІ

Мета: дослідити конвекцію в повітрі за допомогою паперової спіралі.

Необхідні набори: Р9901-4А Універсальний штатив, Р9902-4С Тепло 1.

Обладнання:

1 × Універсальний штатив, 300 мм	1 × Спіралі для теплового випромінювання
1 × Затискач універсальний	1 × Опорний стержень, 500 мм
1 × Опорний стрижень, 250 мм	
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	Додатково потрібно:
1 × Ножиці	1 × Газовий пальник
1 × Сталева голка, прямокутна	1 × Сірники

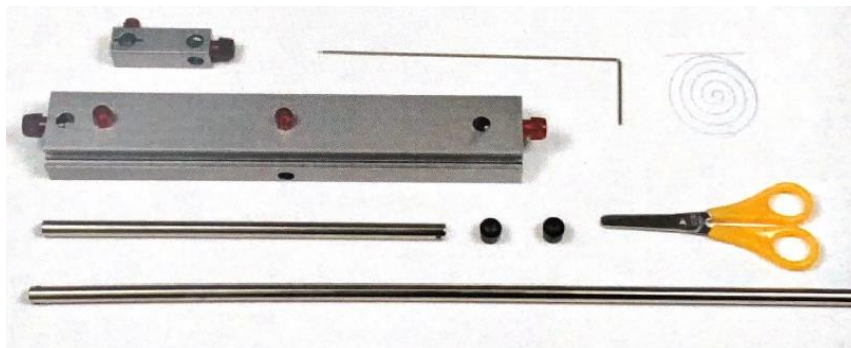


Рис. 9.1

Теоретичні відомості

Ви, можливо, звернули увагу, що обігрівальні батареї в будинках встановлюють під вікнами біля підлоги. Як же прогрівається повітря по всій кімнаті?

Річ у тім, що під час передавання теплоти в рідинах і газах поряд із теплопровідністю відбувається ще й конвекція – теплообмінний процес, що супроводжується перенесенням речовини.

Конвекція – це вид теплообміну, що відбувається в рідинах і газах і здійснюється внаслідок перенесення речовини.

Конвекцією пояснюється теплообмін повітря в кімнаті, що прогріваються батареєю опалення. Внаслідок нагрівання виникає різниця температур між нижніми й верхніми шарами повітря. Струмені теплого повітря будуть виштовхуватися знизу струменями холодного повітря й підніматися вгору під дією архімедової сили. Так поступово прогріватиметься та рухатиметься вгору холодне повітря, що перед цим опустилося.

У цьому експерименті ви зможете спостерігати конвекцію. Обертання спіралі покаже, що повітря, нагріте джерелом тепла, рухається вгору. Нагріте повітря піднімається.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рисунком. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною голівкою.



Рис. 9.2

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі з однієї сторони.

3. Універсальний затискач з зафіксованою вигнутою голкою пригвинтіть до вертикального стрижня на висоті не менше 30 см.

4. Спіраль для теплового випромінювання спочатку виріжте по зовнішньому колу. Потім розріжте по спільній лінії так, щоб утворилася паперова спіраль.

5. Розташуйте спіраль на кінці зігнутої голки (спіраль лягає краще, якщо її спочатку затиснути у кнопку в центрі).

Порядок виконання роботи

1. Запаліть пальник і встановіть невеликий вогонь.
2. Розташуйте пальник під зігнутою голкою.
3. Спостерігайте за спіраллю.

4. Зробіть висновок.

Увага: Відстань від паперової спіралі до полум'я повинна бути достатньо великою, щоб спіраль не загорілася!

Контрольні питання

1. Що таке конвекція?
2. Чим конвекція відрізняється від теплопровідності?
3. Опишіть механізм конвекції під час нагрівання повітря.
4. Чому скло вікна починає замерзати знизу раніш і в більшій мірі, чим зверху?
5. Чому пушинка над свічкою, яка горить, швидко здіймається вгору?
6. Чому кофе, чай, суп скоріше охолоджуються, коли їх перемішують ложкою?
7. Чому листя осини коливаються у безвітряну погоду?
8. Чому труба, за якою вода обертається в казан водяного опалення, підводиться до нього знизу, а не зверху?

Лабораторна робота № 10

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета: визначити теплове випромінювання на блискучому та темному блоках.

Необхідні набори: Р9901-4А Універсальний штатив, Р9902-4С Тепло 1

Обладнання:

2 × Шпилька	1 × Термометр градуйований
2 × Тримач для динамометрів	1 × Термометр не градуйований
1 × Універсальний штатив, 300 мм	
3 × Затискач універсальний	Додатково потрібно:
2 × Опорний стрижень, 250 мм	1 × Газовий пальник
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	1 × Сірники
1 × Опорний стрижень, 100 мм	1 × Вода
1 × Тіло для теплового опромінювання	

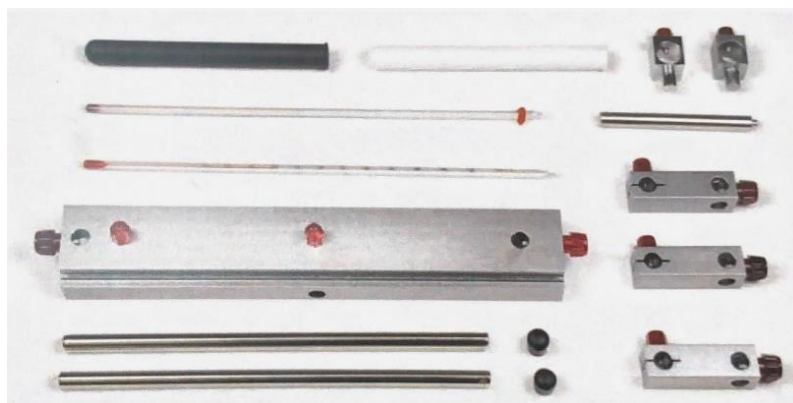


Рис. 10.1

Теоретичні відомості

Існує ще один вид теплообміну, відмінний від теплопровідності і конвекції, який до того ж здійснюється без «посередників». Річ у тім, що частина внутрішньої енергії тіла може випромінюватись і поширюватись у вигляді електромагнітних хвиль. Такий вид теплообміну називається тепловим випромінюванням.

Теплове випромінювання – вид теплообміну, обумовлений процесом перенесення енергії від одного тіла до іншого внаслідок випромінювання, поширення та поглинання електромагнітних хвиль.

Усі тіла, без винятку, випромінюють теплову енергію. Сонце, багаття, людина, тварини випромінюють інфрачервоні промені. Лід також випромінює, але нам здається, що від нього «віє холодом». Це відчуття виникає тому, що рука отримує від льоду менше енергії, ніж сама випромінює. Саме тому ми відчуваємо холод.

У даному експерименті ми визначимо теплове випромінювання на блискучому і темному блоках, адже теплове випромінювання, крім температури тіла, залежить від кольору його поверхні та її стану: шорсткі й темні тіла випромінюють і поглинають теплоту краще, ніж гладенькі та блискучі. Тому влітку, в спекотні дні, краще не носити темного одягу, який буде інтенсивно поглинати теплоту, що може стати причиною теплового удару.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рисунком 10.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.



Рис. 10.2

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 25 см вертикально у штативі.

3. Стрижень 10 см прикріпіть до стрижня 25 см за допомогою універсального затискача під кутом менше 90° .

4. Два блоки для теплового опромінювання мають болти, які використовуються для затискання блоків в універсальних затискачах. Ці два затискача прикріпіть до стрижня довжиною 10 см якомога ближче один до одного.

5. Налийте кілька крапель води в обидва блоки (для покращення теплового потоку).

6. Вставте градуйований термометр в один блок для випромінювання тепла, не градуйований термометр вставте в інший блок. Не градуйований термометр був відкалібрований в лабораторній роботі № 2.

7. Запишіть дві початкових температури

Порядок виконання роботи

1. Запаліть пальник. Через 2 хвилини запишіть показання двох термометрів.

Температура в $^\circ\text{C}$ через	0 хв.	2 хв.	4 хв.	6 хв.
блискучий блок				
темний блок				

2. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Що називають тепловим випромінюванням?
2. Поясніть, чому навіть лід випромінює тепло?
3. Які тіла випромінюють і поглинають тепло краще?
4. Два однакових термометри виставлено на сонце. Кулька одного з них закопчена. Чи однакову температуру покажуть термометри?
5. Чому в темних шершавих посудинах рідина охолоджується швидше, чим в світлих полірованих?

7. Чи економічно робити радіатори парового опалення добре полірованими або краще їх покривати чорною фарбою?

Лабораторна робота № 11

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО ЗАХИСТУ

Мета: визначити, який матеріал є добрим термозахистом, а який є поганим.

Необхідні набори: Р9901-4А універсальний штатив, Р9902-4С Тепло 1.

Обладнання:

1 × Універсальний штатив, 300 мм	1 × Термометр градуйований
2 × Затискач універсальний	1 × Термометр не градуйований
1 × Опорний стрижень, 250 мм	
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	Додатково потрібно:
1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт.	1 × Вода
1 × Дротова сітка	1 × Газовий пальник
1 × Аналітична склянка, висока	1 × Сірники
1 × Ізоляційна колба з кришкою	1 × Ганчірка

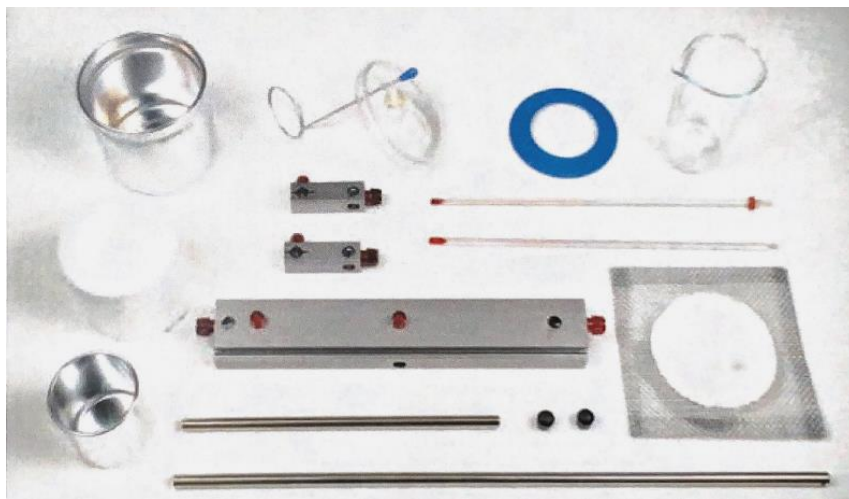


Рис. 11.1

Теоретичні відомості

Тепловий захист – засіб або система засобів забезпечення нормального температурного режиму в установках та апаратах, що працюють в умовах надходження до поверхні значних теплових потоків.

Теплова ізоляція (теплоізоляція) або термоізоляція – захист об’єктів від небажаного теплообміну з навколишнім середовищем. Використовуються для зменшення теплопередачі між двома середовищами.

Зберігати енергію означає, в тому числі, попереджати витікання тепла з кімнати. Експеримент демонструє приклад хорошого та поганого теплового захисту.

Підготовка до експерименту

1. Зібрати обладнання згідно з рис. 11.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі. Велике опорне кільце прикріпіть до штативу. Встановіть на нього дротову сітку з керамічним центром.

3. Поставте аналітичну склянку на сітку й утримуйте її опорним кільцем середнього розміру.



Рис. 11.2

4. Калориметр Джоуля використовуйте без кришки, візьміть від нього алюмінієву склянку.

Порядок виконання роботи

1. 200 мл води нагрійте приблизно до температури 80 °C.

2. Зніміть аналітичну склянку з сітки з керамічним центром за допомогою опорного кільця.

3. Обережно налейте 100 мл води у стиропорову вставку калориметра, і 100 мл води – в алюмінієву склянку.

4. Вставте градуйований термометр в одну посудину, а не градуйований – в іншу. Не градуйований термометр калібрувався в лабораторній роботі № 2. Запишіть початкові температури.

5. Порівняйте охолодження води в алюмінієвій склянці та в калориметрі. Щоб зробити це, виміряйте температуру на початку і через 2 хвилини.

6. Результати вимірювань запишіть в таблицю.

Температура в °C через	0 хв.	2 хв.	4 хв.	6 хв.
Алюмінієва				

склянка				
Калориметр				

7. Зробіть висновок.

Контрольні питання

- 1 Чому в будівельній техніці широко використовується пористий матеріал?
2. Для чого на зиму пристовбурові кола плодових дерев покривають шаром навозу, торфу, тирси?
3. Досвідчені господині, перш ніж наливати в стакан крутий окріп, опускають в нього чайну ложку. Для чого?
4. Яке призначення товстого шару підшкірного жиру у китів, тюленів та інших тварин, що мешкають у водах полярних морів?
5. Яка каска краще захищає голову від спеки: брудна чи блискуча?
6. Якого кольору одяг слід носити взимку і влітку?
7. З яких міркувань холодильники як зсередини, так і ззовні фарбують у білий колір?
8. Чому в холодну погоду багато тварин сплять, згорнувшись у клубок?

2. ЗМІНА СТАНУ АГРЕГАЦІЇ

Лабораторна робота № 12

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯННЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ

Мета: вивчення теплового балансу за умов змішування води різної температури.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1.

Обладнання:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1 × Універсальний штатив, 300 мм | 1 × Ізоляційна колба з кришкою |
| 2 × Затискач універсальний | 1 × Опорний стрижень, 500 мм |
| 1 × Опорний стрижень, 250 мм | 1 × Термометр градуйований |
| 2 × Захисний ковпачок для стрижнів | |
| 1 × Градуйований пластиковий циліндр | Додатково потрібно: |
| 1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт. | 1 × Вода |
| 1 × Дротова сітка | 1 × Газовий пальник |
| 1 × Аналітична склянка, висока | 1 × Сірники |
| 1 × Конічна колба Ерленмейера | 1 × Ганчірка |

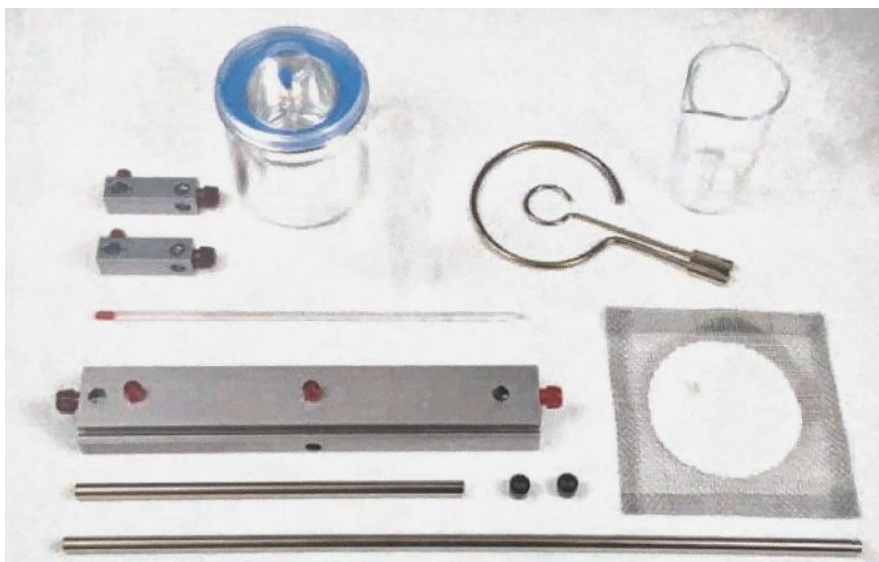


Рис. 12.1

Теоретичні відомості

Для кількісного опису властивостей теплообміну застосовують спеціальні фізичні величини, однією з яких є кількість теплоти.

Кількість теплоти (Q) – це та частина внутрішньої енергії, яку отримує чи втрачає тіло під час теплообміну. Одиницею кількості теплоти є 1 Дж (джоуль).

Кількість теплоти при нагріванні або охолодженні залежить від виду речовини, маси і зміни температури.

Теплота не може виникати або зникати, а може тільки перейти від одного тіла до іншого або перетворитися в інший вид енергії. Більш нагріті тіла передають певну кількість теплоти менш нагрітим. Рівняння теплового балансу дозволяє врахувати перерозподіл кількості теплоти при встановленні теплової рівноваги.

Нехай є N тіл масою m_1, m_2, m_N , які мають питомі теплоємності c_1, c_2, c_N відповідно, і кожне нагріте до температури t_1, t_2, t_N . Приводячи їх у контакт одне з іншим, після встановлення однакової для усіх тіл температури t_0 , отримаємо

$$c_1 m_1 (t_0 - t_1) + c_2 m_2 (t_0 - t_2) + c_3 m_3 (t_0 - t_3) + \dots + c_N m_N (t_0 - t_N) = 0.$$

Це рівняння, яке представляє собою математичний вираз закону збереження енергії при теплообміні, називається **рівнянням теплового балансу**. Рівняння справедливо лише в тому випадку, якщо обмін енергією між тілами, які розглядаються і оточуючими тілами, відсутній, тобто для ізольованої системи.

Якщо немає втрат, то кількість теплоти, яку віддають тіла, дорівнює кількості теплоти, що приймають тіла – це тепловий баланс. Щоб зменшити теплові втрати із зовнішнім середовищем, використовують калориметр. Це прилад, який служить для вимірювання кількості теплоти. Простіший

калориметр складається з металевого стакану, поміщеного усередину другого металевого стакану так, щоб вони не дотикалися один з іншим.

Така будова необхідна для того, щоб виключити або зменшити втрату теплоти з внутрішньої посудини назовні. В посудину наливають воду або іншу рідину, в результаті чого відбувається процес теплопередачі від пробного тіла, оскільки кількість рідини відома.

Наступне дійсно для двох сумішей води з різними температурами

$$m_1T_1 + m_2T_2 = (m_1 + m_2)T,$$

де m_1 , m_2 – маси двох сумішей води, T_1 , T_2 – початкові температури, T – температура суміші.

Наступне дійсно для різних матеріалів масою m_1 та m_2 і з питомою теплоємністю c_1 і c_2

$$m_1c_1T_1 + m_2c_2T_2 = (m_1c_1 + m_2c_2)T.$$

З досліду можна відповісти на питання: яку температуру має суміш гарячої та холодної води? Спочатку змішується однакова кількість гарячої та холодної води. У другому експерименті гаряча вода змішується із у два рази більшою кількістю холодної води.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 12.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною голівкою.



Рис. 12.2

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі.

3. Велике опорне кільце закріпіть на стрижні довжиною 50 см за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

Порядок виконання роботи

Експеримент 1.

1.1. Відміряйте 50 мл води за допомогою мірного циліндра і нагрійте її у колбі Ерленмейера. Ця колба захищена від перекидання малим опорним кільцем. При нагріванні води додайте 50 мл холодної води у калориметр за допомогою мірного циліндра.

1.2. Великий отвір у прозорій кришці калориметра закрийте пластиковою кришкою. Виміряйте температуру води у калориметрі.

1.3. Як тільки вода у колбі Ерленмейера досягне температури близько 70°C , вимкніть пальник.

1.4. Виміряйте температуру. Потім налейте 50 мл гарячої води у холодну воду в калориметрі (тримайте колбу Ерленмейера ганчіркою!).

1.5. Закрийте калориметр прозорою кришкою, вставте термометр через гумову пробку і перемішайте воду за допомогою палички (рухами уверх та вниз!).

1.6. Визначте температуру суміші.

Вода	Холодна	Гаряча	Суміш
Об'єм	50 мл	50 мл	100 мл
Температура	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$

1.7. Зробіть висновок.

Експеримент 2.

2.1. Тепер нагрійте 40 мл води (відміряйте за допомогою мірного циліндра) у колбі Ерленмейера до температури близько 70°C .

2.2. Одночасно налейте 80 мл холодної води (вимірюється за допомогою мірного циліндра!) у калориметр і визначте температуру води.

2.3 Як тільки вода у колбі Ерленмейера досягне температури близько 70°C , вимкніть пальник і виміряйте температуру нагрітої води.

2.4. Долийте у калориметр гарячу воду до холодної води. Після ретельного перемішування виміряйте температуру суміші.

Вода	Холодна	Гаряча	Суміш
Об'єм	80 мл	40 мл	120 мл
Температура	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$

2.5. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Що таке кількість теплоти?
2. Від чого залежить кількість теплоти, передана тілу під час нагрівання?
3. Яка є умова теплового балансу?
4. Розпечене вугілля, покладене на металеву пластину, гасне швидко, а на дерев'яній дошці продовжує тліти. Чому?
5. Чому внутрішні сосуди калориметрів виготовляють з тонкої латуні або алюмінію, а не зі скла?

Лабораторна робота № 13

ВИВЧЕННЯ ПИТОМОЇ ТЕПЛОЄМНОСТІ ТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета: порівняти теплове випромінювання алюмінію та заліза.

Необхідні набори: P9901-4A універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1

Обладнання:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 × Універсальний штатив, 300 мм | 1 × Градуирований пластиковий |
| 2 × Затискач універсальний | циліндр |
| 1 × Опорний стрижень, 250 мм | 1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт. |
| 2 × Захисний ковпачок для стрижнів | 1 × Дротова сітка |
| 1 × Ножиці | 1 × Аналітична склянка, висока |
| 1 × Шнур, рулон | 1 × Алюмінієвий брусок |
| 1 × Залізний брусок, з крюком | Додатково потрібно: |
| 1 × Ізоляційна колба з кришкою | 1 × Газовий пальник |
| 1 × Опорний стрижень, 500 мм | 1 × Вода |
| 1 × Термометр градуирований | 1 × Сірники |
| | 1 × Ганчірка |

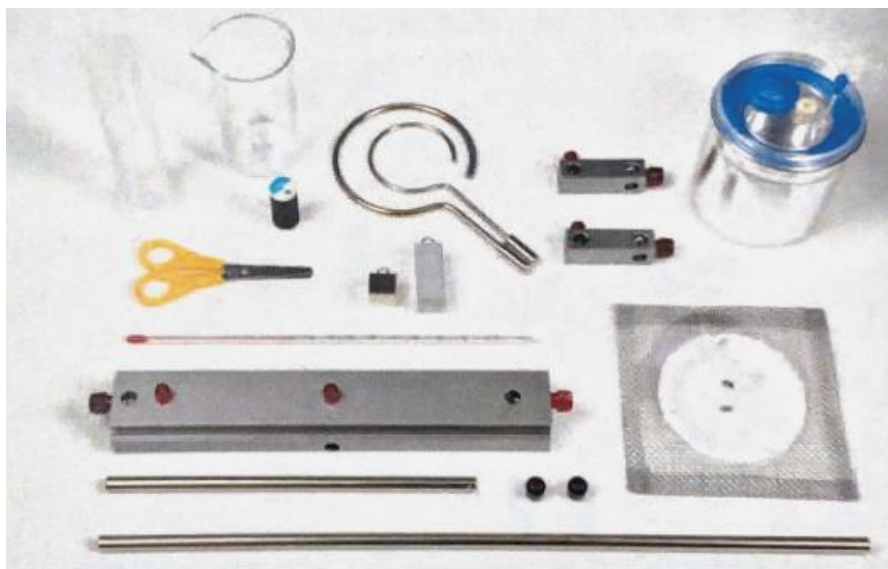


Рис. 13.1

Теоретичні відомості

Кількість тепла, яка може поглинатися матеріалом, залежить від питомої теплоємності матеріалу.

Кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання речовини на 1°C , називається **теплоємністю речовини**. Теплоємність тіла пропорційна його масі і залежить від властивостей тієї речовини, з якої складається тіло.

Питома теплоємність речовини – це кількість теплоти, яка потрібна для зміни температури тіла масою 1 кг , виготовленого з тієї ж речовини, на 1°C .

Різні речовини мають різну питому теплоємність.

Кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання речовини масою 1 кг на 1°C , або виділяється при охолодженні речовини масою 1 кг на 1°C , називається **питомою теплоємністю речовини**.

Якщо Q – кількість теплоти, яка передана тілу масою m при нагріванні його від температури t_1 до t_2 , то питома теплоємність речовини в даному інтервалі температур

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}.$$

Кількість теплоти, отримана тілом, дорівнює добутку його маси на питому теплоємність речовини c

$$Q = cm(t_2 - t_1).$$

Для вимірювання питомої теплоємності речовини, яка перебуває у твердому стані, використовують його теплообмін з рідиною, питома теплоємність якої відома. Щоб зменшити втрати теплоти у навколишнє середовище, експеримент проводять у калориметрі.

Чи випромінюють однакові маси однакову кількість тепла? У цьому досліді порівнюється теплове випромінювання алюмінію та заліза.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 13.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.



Рис. 13.2

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі.

3. Велике опорне кільце закріпіть на стрижні довжиною універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

4. Два блоки мають однакову масу. Шматок шнура з петлею прив'яжіть до двох блоків (з алюмінію та/або заліза).

5. Занурте блоки у склянку та покрийте водою. Кінці петлі необхідно закріпити на обідці склянки. Будьте обережними! Пам'ятайте, що кінці петлі неможна підносити надто близько до полум'я пальника! Нагрійте воду до температури близько 80°C .

6. Вимкніть пальник. Перемішайте воду термометром та виміряйте температуру.

7. Налийте в калориметр 100 мл холодної води (відміряйте мірною склянкою) та визначте температуру води.

Порядок виконання роботи

1. Витягніть алюмінієвий блок з аналітичної склянки і занурте у калориметр.

2. Витягніть алюмінієвий блок через 40 секунд. Перемішайте воду стрижнем (рухами вгору та вниз) і визначте збільшення температури.

3. Занурте залізний блок у контейнер. Знову витягніть занурений блок через 40 секунд. Воду перемішайте і визначте підвищення температури, викликане зануренням блока.

4. Результат запишіть в таблицю.

Температура холодної води	
Підвищення температури, викликане алюмінієвим блоком	
Підвищення температури, викликане залізним блоком	

5. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Що таке питома теплоємність речовини?
2. Яким чином вимірюється питома теплоємність твердої речовини?
3. В якій речовині більша питома теплоємність: алюмінію чи заліза?
4. Чи змінюється питома теплоємність речовини в залежності від умов?

Лабораторна робота № 14

РОЗРАХУНОК ПИТОМОЇ ТЕПЛОЄМНОСТІ ТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета: обчислити питому теплоємність алюмінію та заліза.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1.

Обладнання

1 × Універсальний штатив, 300 мм	1 × Залізний брусок, з крюком
2 × Затискач універсальний	1 × Ізоляційна колба з кришкою
1 × Опорний стрижень, 250 мм	1 × Опорний стрижень, 500 мм
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	1 × Термометр градуйований
1 × Ножиці	
1 × Шнур, рулон	Додатково потрібно:
1 × Градуйований пластиковий циліндр	1 × Газовий пальник
1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт.	1 × Ваги
1 × Дротова сітка	1 × Вода
1 × Аналітична склянка, висока	1 × Сірники
1 × Алюмінієвий брусок	1 × Ганчірка

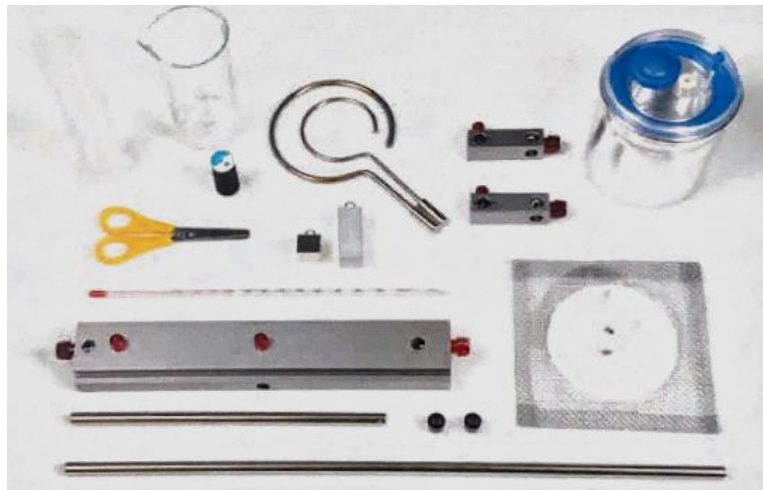


Рис. 14.1.

Теоретичні відомості

Властивість речовини отримувати (або віддавати) теплоту називають питомою теплоємністю речовини.

Питому теплоємність речовини позначають буквою c . Одиницею вимірювання питомої теплоємності речовини є $1 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$.

У цій роботі ми будемо обчислювати питому теплоємність заліза й алюмінію.

Підготовка до експерименту



Рис. 14.2

1. Зберіть обладнання згідно з рисунком 14.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі.

3. Велике опорне кільце закріпіть на стрижні довжиною 50 см за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

4. Два блоки мають однакову масу. Шматок шнура з петлею прив'яжіть до кожного з двох блоків (з алюмінію та/або заліза). Занурте блоки у склянку та покрийте водою. Кінці петлі не повинні звисати з обідка. Будьте обережними! Пам'ятайте, що кінці петлі неможна підносити надто близько до полум'я пальника!

5. Налийте в калориметр 100 мл холодної води (відміряйте мірною склянкою) та визначте температуру води.

Порядок виконання роботи

1. Витягніть залізний блок з аналітичної склянки і занурте у калориметр.

2. Витягніть залізний блок через 2 хвилини. Переміщайте воду стрижнем (рухами вгору та вниз) і визначте збільшення температури.

4. Результат занесіть до таблиці.

Температура холодної води T_1	$^\circ\text{C}$
Маса холодної води	0,1 кг
Температура гарячого залізного блока T_2	$^\circ\text{C}$
Маса гарячого блоку m	кг
Температура суміші T	$^\circ\text{C}$

5. Питома теплоємність заліза відносно води (c_1) отримайте за формулою для температури змішування з різними матеріалами та різної питомої теплоємності.

$$c_1 = \frac{0,1(T - T_1)}{m(T_2 - T)}$$

$c_1 =$ _____.

Питома теплоємність води: 4,6 кДж/кг $^{\circ}\text{C}$.

Питома теплоємність заліза: _____.

6. Повторіть експеримент з алюмінієвим блоком та визначте питому теплоємність алюмінію за формулою

$$c_2 = \frac{0,1(T - T_1)}{m(T_2 - T)}$$

$c_2 =$ _____.

Питома теплоємність води: 4,8 кДж/кг $^{\circ}\text{C}$.

Питома теплоємність алюмінію: _____.

7. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Як знайти кількість теплоти, яка потрібна для нагрівання речовини масою m , або виділяється при її охолодженні, при певній зміні температур?
2. Чому невелику скляну паличку, розжарену з одного кінця, можна тримати за інший кінець, не обпікаючи пальці, а залізний прут не можна?
3. В який посуді їжа підгоряє легше: в мідній або в чавунній? Чому?
4. Чому алюмінієвий кухоль з чаєм обпікає губи, а фарфорова чашка з чаєм ні?
5. В якому чайнику вода скоріше нагріється: в новому або старому, на стінках якого є накип?

Лабораторна робота № 15

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПЛАВЛЕННЯ ТВЕРДОЇ РЕЧОВИНИ

Мета: визначити температуру плавлення твердої речовини.

Необхідні набори: Р9901-4А універсальний штатив, Р9902-4С Тепло 1.

Обладнання:

1 × Тримач для динамометра	1 × Пробірка скляна
1 × Універсальний штатив, 300 мм	1 × Тіосульфат натрію
2 × Затискач універсальний	1 × Опорний стрижень, 500 мм
1 × Затискач круглий	1 × Термометр градуйований

- | | |
|-------------------------------------|---------------------|
| 1 × Опорний стрижень, 250 мм | |
| 2 × Захисний ковпачок для стрижнів | Додатково потрібно: |
| 1 × Опорний стрижень, 100 мм | 1 × Газовий пальник |
| 1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт. | 1 × Вода |
| 1 × Дротова сітка | 1 × Сірники |
| 1 × Аналітична склянка, висока | |

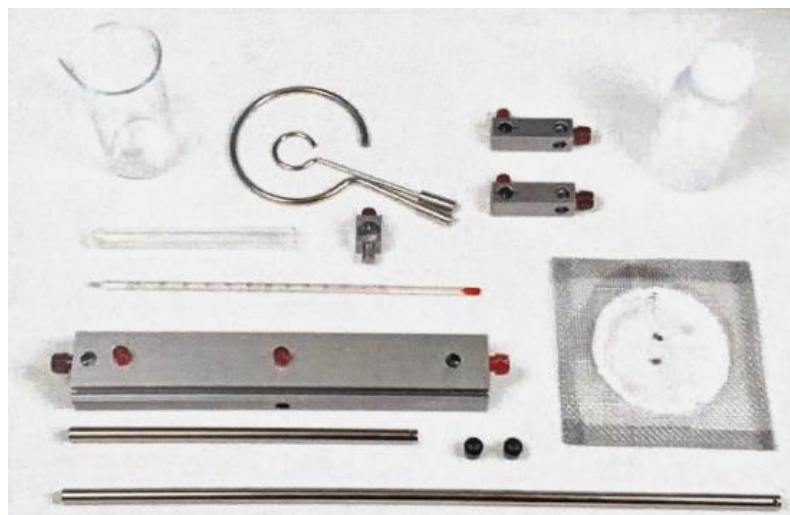


Рис. 15.1

Теоретичні відомості

Тверді тіла умовно можна поділити на кристалічні й аморфні, хоча треба пам'ятати, що чіткої межі між ними немає.

Кристалічними називають тіла, атоми і молекули яких знаходяться в строгому геометричному порядку. Тобто атоми і молекули утворюють так звану кристалічну ґратку (наприклад: залізо, лід). Кристалічні тіла характеризуються певною температурою плавлення. Тобто кристалічна ґратка руйнується лише при певній температурі. Температура плавлення залежить від речовини. Процес тверднення твердих тіл називається кристалізацією.

Плавлення – це процес переходу речовини з твердого стану в рідкий.

З дослідів випливає, що практично всі кристалічні речовини починають плавитися після досягнення ними певної (власної для кожної речовини) температури; у процесі плавлення температура речовини не змінюється.

Температура плавлення – це температура, за якої тверда кристалічна речовина плавиться, тобто переходить у рідкий стан.

Кристалізація – це процес переходу речовини з рідкого стану у твердий кристалічний.

Отже, процес кристалізації починається тільки після охолодження рідини до певної для цієї рідини температури; під час кристалізації температура речовини не змінюється; температура кристалізації речовини дорівнює температурі її плавлення.

У цьому експерименті ми визначаємо саме температуру плавлення твердого матеріалу – тіосульфату натрію.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 15.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.



Рис. 15.2

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі.

3. Велике опорне кільце закріпіть на стрижні довжиною 50 см за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

4. Наповніть пробірку на одну третину тіосульфатом натрію. Склянку наповніть водою і занурте в неї пробірку, яка закріплена у тримачі для динамометра. Тримач для динамометра утримується круглим затискачем, який прокладений уздовж стрижня довжиною 50 см.

5. Вставте термометр у пробірку. Поставте склянку на сітку з керамічним центром і утримуйте її опорним кільцем середнього розміру.

6. Пальник розташуйте під сіткою.

Порядок виконання роботи

1. Нагрівайте воду пальником і спостерігайте за температурою в пробірці. Як тільки термометр покаже температуру тіосульфату натрію близько 40°C , біля обідка пробірки він почне плавитися, оскільки температура біля обідка є дещо вищою.

2. Температура не зросте більше 48°C . Це температура плавлення тіосульфату натрію. Кількість отриманого тепла тепер використовується для процесу плавлення.

3. Тільки тоді, коли тіосульфат натрію повністю розплавиться, температура знову почне зростати.

4. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Які ви знаєте тверді тіла?

2. Якою фізичною величиною характеризуються кристалічні тіла?
3. Що називають температурою плавлення?
4. Чому аморфні тіла не мають певної температури плавлення і тверднення? Чому аморфні тіла не плавляться, а розм'якшуються?

Лабораторна робота № 16

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ПЛАВЛЕННЯ ЛЬОДУ

Мета: визначити теплоту плавлення льоду.

Необхідні набори: P9901-4A універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1.

Обладнання:



Рис. 16.1

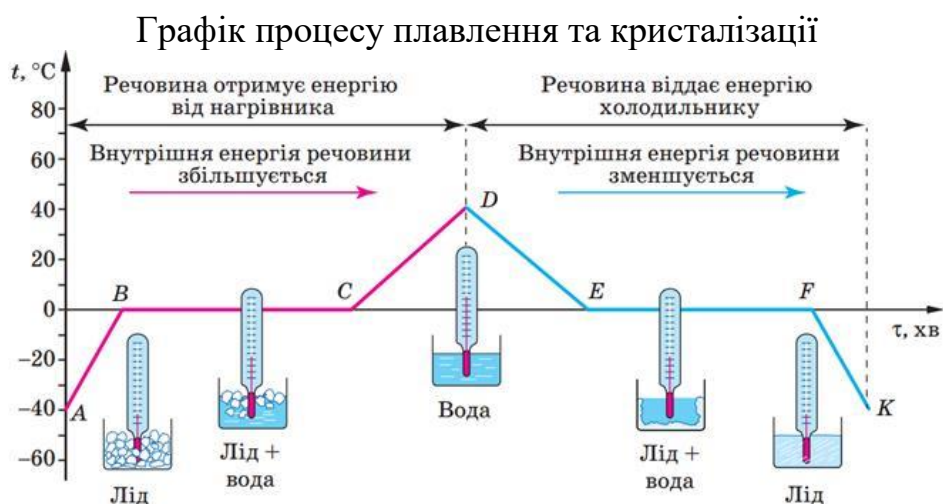
- 1 × Градуирований пластиковий циліндр
- 1 × Аналітична склянка, висока
- 1 × Термометр градуирований

Додатково потрібно:

- 1 × Ваги циліндр
- 1 × Ганчірка
- 1 × Вода

Теоретичні відомості

Найважливішою властивістю будь-якого кристалічного тіла є наявність певної температури плавлення, за якої воно перетворюється в рідину, не розм'якшуючись перед цим.



Перехід від твердого стану до рідкого потребує енергії. Енергія, необхідна для перетворення 1 кг льоду температурою 0 °С в 1 кг води температурою 0 °С, **називається питомою теплотою плавлення**.

Кількість теплоти, яка потрібна для плавлення тіла, залежить від його маси і від роду речовини, з якої виготовлено тіло.

Питома теплота плавлення – фізична величина, що характеризує певну речовину та дорівнює кількості теплоти, яку необхідно передати твердій кристалічній речовині масою 1 кг, щоб за температури плавлення повністю перетворити її на рідину. Питому теплоту плавлення позначають символом λ («лямбда»).

$$\lambda = Q/m.$$

Одиниця вимірювання в СІ: $[\lambda] = 1 \text{ Дж/кг}$.

Питома теплота плавлення показує, на скільки за температури плавлення внутрішня енергія 1 кг речовини в рідкому стані більша, ніж внутрішня енергія 1 кг цієї речовини у твердому стані.

Питому теплоту плавлення речовин визначають дослідним шляхом і фіксують у таблицях.

Щоб обчислити кількість теплоти, необхідну для плавлення кристалічної речовини, узятій за температури плавлення, потрібно питому теплоту плавлення цієї речовини помножити на її масу:

$$Q = \lambda m,$$

де Q – кількість теплоти, яку поглинає тверда кристалічна речовина; λ – питома теплота плавлення; m – маса речовини.

Кількість теплоти, яка виділяється під час кристалізації, розраховують за тією самою формулою.

У цьому експерименті ми визначимо теплоту плавлення льоду.

Кількість енергії, потрібної для трансформації 1 кг льоду з температурою 0 °С, можна розрахувати за результатами вимірювань.

Ця енергія називається теплотою плавлення.

$$m_1 T_1 c_w = (m_1 + m_2) T_2 c_w + m_2 q_s,$$

$$q_s = \frac{c_w (m_1 T_1 - (m_1 + m_2) T)}{m_2},$$

де m_1 – маса води, m_2 – маса заліза, c_w – питома теплоємність води (4,8 кДж/кг °С), q_s – теплота плавлення льоду, T_1 – початкова температура води, T_2 – кінцева температура води, змішаної з талою водою.

Підготовка до експерименту

1. Вставте термометр у кришку калориметра.

2. Візьміть точні ваги. Спочатку визначте масу калориметра (з кришкою і термометром) за допомогою ваг. Потім влийте у калориметр точно 100 мл води (вимірюється за допомогою мірного циліндра).



Рис. 16.2

Лід охолоджує воду. Під час процесу плавлення визначте масу доданих кубиків льоду.

4. Почекайте, поки лід повністю розплавиться (відкривайте кришку калориметра час від часу і перевіряйте лід). Потім перемішайте воду (рухами стрижня вгору та вниз) і виміряйте температуру.

5. Результати експерименту занесіть до таблиці.

Маса калориметра	г
Маса калориметра з водою	г
Маса води	г

Температура води у калориметрі	$^{\circ}\text{C}$
Маса калориметра з льодом	г
Маса льоду	г
Температура води після процесу розплавлення	$^{\circ}\text{C}$

6. Визначте теплоту плавлення льоду.

7. Зробіть висновок.

3. Закрийте калориметр і визначте його масу з водою. Визначте температуру за допомогою термометра.

4. Покладіть у склянку шматочки льоду, що розплавляються. Температура 0°C .

Порядок виконання роботи

1. Подрібнений лід висушіть тканиною і покладіть його рукою в калориметр (близько 30 г).

2. Закрийте калориметр знову.

3. Розтопіть лід теплою водою.

Контрольні питання

1. Що таке теплота плавлення?
2. Що представляє собою питома теплота плавлення?
3. Порівняйте питому теплоту плавлення алюмінію, заліза, золота, льоду, міді, олова, нафталіну, срібла.

Лабораторна робота № 17

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПЛАВЛЕННЯ ЗАМОРОЖУЮЧОЇ СУМІШІ

Мета: визначити температуру плавлення суміші льоду та солі.

Необхідні набори: Р9901-4А Універсальний штатив Р9902-4С Тепло 1



Рис. 17.1

Обладнання:

- 1 × Аналітична склянка, висока
- 1 × Термометр градуирований

Додатково потрібно:

- 1 × Лід
- 1 × Звичайна сіль

Ми покажемо, чому для танення льоду на вулиці використовується сіль.

Теоретичні відомості

Процесом, який забезпечує охолодження, являється процес плавлення льоду. Додавання солі до води знижує температуру замерзання розчину, поки склад суміші не прийде до критичної точки. Ця точка для розчинів солей у воді називається кріогідратною точкою, а суміш, яка відповідає такому складу, кріогідратною сумішшю. Кріогідратна суміш твердне при постійній температурі, яка залежить від природи солі та часто знаходиться нижче температури замерзання води. Кріогідрантим називається розчин солі у воді такої концентрації, при якій не спостерігається виділення ні кристалів води (льоду), ні кристалів солі при охолодженні цього розчину від даної температури до кріогідратної точки кристалізації всієї маси одночасно. Кріогідратна суміш відрізняється найнижчою точкою плавлення серед усіх інших можливих концентрацій. Практично для цілей охолодження часто застосовують суміш подрібненого льоду з кухонною сіллю. Кріогідратні суміші завдяки низьким і постійним температурам плавлення застосовують в якості охолоджуючих сумішей.

Підготовка до експерименту

1. Наповніть склянку на одну третину подрібненими шматочками льоду.

2. Вставте термометр у склянку так, щоб його кулька з рідиною була покрита льодом.

3. Термометр показує температуру 0°C . Це температура плавлення льоду.

Порядок виконання роботи

1. Додайте трохи солі до льоду і спостерігайте за показаннями термометра.

2. Стовпчик термометра опускається нижче 0°C . Температура плавлення сольового розчину, таким чином, є нижчою. Причиною є розчинення солі у воді.

3. Процес розчинення потребує тепла, яке отримується з льоду.

4. Зробить висновок.

Контрольні питання

1. Який процес забезпечує охолодження?
2. Як змінює температуру замерзання розчину додавання солі до води?
3. Що називають кріогідратною точкою?
4. Що називають кріогідратною сумішшю?
5. Від чого залежить температура кріогідратної точки?
6. Чому кріогідратні суміші застосовують в якості охолоджуючих сумішей?

Лабораторна робота № 18

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ЗАТВЕРДІННІ

Мета: дослідження теплового випромінювання деякого об'єму рідини при затвердінні.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1

Обладнання:

1 × Тримач для динамометра	1 × Пробірка скляна
1 × Універсальний штатив, 300 мм	1 × Тіосульфат натрію
2 × Затискач універсальний	1 × Опорний стрижень, 500 мм
1 × Затискач круглий	1 × Термометр градуйований
1 × Опорний стрижень, 250 мм	
2 × Захисний ковпачок для стрижнів	Додатково потрібно:
1 × Опорний стрижень, 100 мм	1 × Газовий пальник
1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт.	1 × Вода

1 × Дротова сітка
1 × Аналітична склянка, висока

1 × Сірники

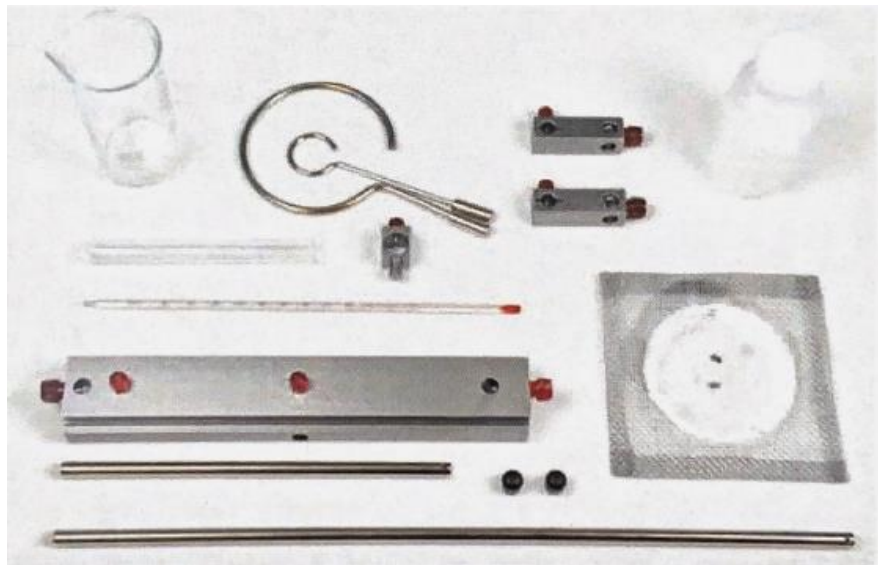


Рис. 18.1

Теоретичні відомості

Більшість рідин при охолодженні замерзають шляхом кристалізації, тобто утворення кристалічної твердої речовини з однорідної рідини. Поки співіснують тверде тіло і рідина, температура усієї системи залишається майже рівною температурі плавлення внаслідок повільного відводу тепла при контакті з повітрям, яке являється поганим провідником тепла. Температура не падає, як тільки починається заморожування, але буде продовжувати падати, коли заморожування закінчиться. Кристалізація включає в себе зародження і ріст кристалів. Нуклеація – це етап, на якому молекули починають збиратися в кластери, розташовуватися певним, періодичним чином, який визначає кристалічну структуру. Зростання кристалів – це подальше зростання ядер, яким вдалося досягнути критичного розміру кластера.

Кількість теплоти, яка виділяється під час кристалізації, розраховують за формулою

$$Q = \lambda m,$$

де Q – кількість теплоти, яку поглинає тверда кристалічна речовина; λ – питома теплота плавлення; m – маса речовини.

Тверднення майже завжди є екзотермічним процесом, тобто при перетворенні рідини в тверду речовину виділяється тепло.

У роботі будемо спостерігати за зростанням теплового випромінювання деякого об'єму рідини при затвердінні. Це можливо тільки під час затвердіння, яке відбувається швидко.

Підготовка до експерименту

1. Зберіть обладнання згідно з рисунком. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі.



Рис. 18.1

3. Велике опорне кільце закріпіть на стрижні довжиною 50 см за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

4. Спочатку потрібно розплавити тіосульфат натрію, а потім охолодити його. Наповніть пробірку тіосульфатом натрію на одну третину. Склянку наполовину наповніть водою й установіть в неї пробірку, затиснуту в тримачі для динамометра.

5. Тримач для динамометра утримуйте за допомогою круглого затискача, який встановлений уздовж стрижня довжиною 50 см.

6. Вставте термометр в пробірку. Встановіть склянку на сітку і тримайте її за допомогою опорного кільця середнього розміру.

7. Розташуйте пальник під сіткою. Нагрівайте воду до того моменту, коли тіосульфат натрію в пробірці не розплавиться.

8. Вимкніть пальник. Витягніть пробірку зі склянки за допомогою затискача і приберіть склянку.

Порядок виконання роботи

1. Охолодіть тіосульфат натрію і спостерігайте за термометром. Як тільки температура впаде до 35°C (рідина ще не затверділа, хоча точка затвердіння 48°C вже була досягнута) додайте кілька кристалів тіосульфату натрію у розплав. Тепер відбувається швидке затвердіння рідини.

2. Додані кристали стають зародками кристалоутворення.

3. Температура зростає, оскільки при затвердінні виділяється тепло. Теплота затвердіння є виділеною теплотою плавлення. Торкніться низу пробірки рукою і відчуйте тепло.

4. Зробіть висновок

Контрольні питання

1. Чому заморожування є поширеним методом зберігання продуктів харчування?
2. Що впливає при заморожуванні на швидкість реакцій і ріст мікроорганізмів при зберігання продуктів харчування?
3. За рахунок чого деякі живі організми здатні переносити довгі періоди часу при температурі нижче точки замерзання води?
4. Якого кольору одяг слід носити зимою і влітку?

Лабораторна робота № 19

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КИПІННЯ ВОДИ ТА СОЛЬОВОГО РОЗЧИНУ

Мета: порівняти температуру кипіння води з температурою кипіння сольового розчину.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1.

Обладнання:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1 × Універсальний штатив, 300 мм | 1 × Термометр градуйований |
| 2 × Затискач універсальний | |
| 1 × Опорний стрижень, 250 мм | Додатково потрібно: |
| 2 × Захисний ковпачок для стрижнів | 1 × Газовий пальник |
| 1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт. | 1 × Звичайна сіль |
| 1 × Дротова сітка | 1 × Вода |
| 1 × Аналітична склянка, висока | 1 × Сірники |
| 1 × Опорний стрижень, 500 мм | |

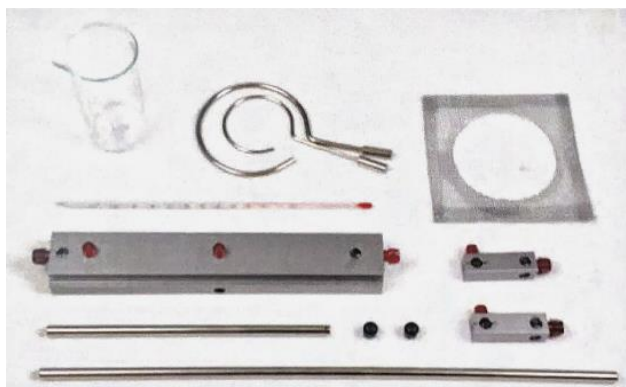


Рис. 19.1

Підготовка до експерименту



Рис. 19.2

1. Зберіть обладнання згідно з рисунком 19.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі.

3. Велике опорне кільце закріпіть на штативі за допомогою універсального затискача.

4. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

5. Наповніть склянку 100 мл води і помістіть її на сітку, покладену на велике кільце штативу. Притримуйте стакан опорним кільцем середнього розміру. Занурте у склянку термометр.

Порядок виконання роботи

Експеримент 1.

1.1. Нагрівайте воду пальником до закипання і спостерігайте за температурою.

1.2. Як тільки буде досягнута температура кипіння води, температура на термометрі припинить зростати. Тепер отримуване тепло використовується для випаровування води (теплота випаровування).

Експеримент 2.

2.1. Додайте сіль до киплячої води і спостерігайте за термометром. Яку температуру ви виміряли?

Зробіть висновок

Контрольні питання

1. За якої умови починається кипіння у водних розчинах?
2. Чи можна знизити температуру кипіння розчину?

Лабораторна робота № 20

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ВИПАРОВУВАННЯ РІДИНИ

Мета: визначити теплоту випаровування 1 кг води.

Необхідні набори: Р9901-4А Універсальний штатив, Р9902-4С Тепло 1.

Обладнання:

1 × Універсальний штатив, 300 мм	1 × Термометр градуйований
2 × Затискач універсальний	
1 × Опорний стержень, 250 мм	Додатково потрібно:
2 × Захисний ковпачок для стержнів	1 × Газовий пальник
1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт.	1 × Звичайна сіль
1 × Дротова сітка	1 × Вода
1 × Аналітична склянка, висока	1 × Сірники
1 × Опорний стержень, 500 мм	

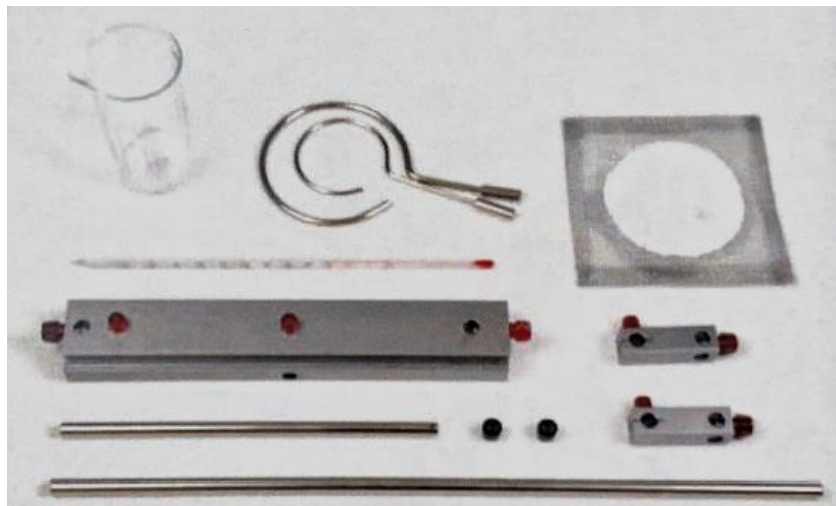


Рис. 20.1

Теоретичні відомості

Ми знаємо, що молекули рідини, так само як і молекули твердого тіла або газу, безперервно рухаються з різними швидкостями. Окремі молекули рідини рухаються із швидкостями як більшими, так і меншими від середньої швидкості. Якщо якась «швидка» молекула опиниться біля поверхні рідини, то вона може подолати притягання сусідніх молекул і вилетіти з рідини. Молекули, що вилетіли з рідини, утворюють над нею пару – відбувається процес випаровування. Температура рідини, що випаровується, знижується, тому що молекули, які покидають її, забирають кінетичну енергію. Зі зростанням температури швидкість випаровування зростає.

Випаровування – перехід речовини з рідкого або твердого агрегатного стану в газоподібний (пару), який відбувається на вільній поверхні рідини.

Випаровування супроводжується оберненим процесом – конденсацією. Між процесами випаровування і конденсації встановлюється динамічна рівновага, якщо кількість молекул, що покидає рідину в одиницю часу, дорівнює кількості молекул, що повертаються в рідину. При цій умові пара над поверхнею рідини є насиченою. Випаровування продовжуватиметься, поки пара над рідиною не стане насиченою, або повністю не висохне.

Процес випаровування кількісно характеризується питомою теплотою випаровування.

Швидкість випаровування залежить від площі вільної поверхні рідини, а також від роду рідини чи речовини твердого тіла та зовнішніх умов (у відкритій посудині і під час вітру випаровування відбувається швидше).

Щоб рідина у процесі пароутворення не змінювала своєї температури, їй треба надавати енергію. Питома теплота пароутворення – це фізична величина, що показує, яка кількість теплоти потрібна, щоб перетворити рідину, масою 1 кг, у пару без зміни температури рідини.

У даній роботі визначається енергія, яка необхідна для випаровування 1 кг води.

Підготовка до експерименту



Рис. 20.2

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 20.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня.

3. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі. Велике опорне кільце закріпіть на стрижні довжиною 50 см за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

4. Визначте масу порожньої склянки, після чого налейте в неї 100 мл води. Тепер визначте масу склянки з водою і масу води.

5. Поставте склянку на сітку. Встановіть на склянку кільце середнього розміру. Занурте у склянку термометр і визначте температуру води.

Порядок виконання роботи

1. Запаліть пальник і відрегулюйте полум'я.
2. Запустіть таймер. Полум'я повинно залишатися незмінним, щоб нагрівання здійснювалося рівномірно.
3. Нагрівайте воду пальником, доки вона не закипить і зчитуйте температуру кожні дві хвилини.
4. Як тільки показання термометра досягнуть температури кипіння, витягніть термометр і запишіть показання часу. Випарюйте воду рівно 4 хвилини. Після охолодження визначте залишкову масу води за допомогою ваг.

Оцінку експерименту розділіть на дві частини.

1. Визначення енергії, яка виділилась пальником у воду.

Визначте нагрівання води упродовж 4 хвилин (240 с).

Підйом температури dT : _____⁰C.

Наступні твердження стосуються потужності нагріву пальника Р

$$P = \frac{mc_w dT}{t},$$

де m – маса води, t – тривалість (204 с), c_w – питома теплоємність.

2. Визначення питомої теплоти пароутворення.

Загальна енергія, потрібна для випаровування, визначається по тривалості випаровування (4 хвилини = 240 с) і потужності випаровування Р пальника

$$W = Pt,$$

Маса води, що випаровується: $mV =$ _____ г.

Теплоту випаровування, потрібну для випаровування 1 г та/або 1 кг води, q_v можна розрахувати по масі води, що випаровується.

$$q_v = \frac{W}{m_v} = \text{_____ Дж/кг.}$$

Результат: Теплота випаровування води . _____ МДж/кг.

Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. Опишіть процес випаровування.
2. Що таке питома теплота пароутворення?
3. Як змінюється температура рідини, що випаровується?
4. Назвіть умови випаровування рідини.
5. Опишіть динамічну рівновагу між процесами випаровування і конденсації.
6. Як змінюється швидкість випаровування зі зростанням температури?
7. Яким процесом, оберненим випаровуванню, супроводжується останнє?
8. Чи впливає рух повітря на швидкість випаровування?
9. Чи існує випаровування з поверхні твердих тіл?

Лабораторна робота № 21

ВІВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ДИСТИЛЯЦІЇ ВОДИ

Мета: дослідити процес дистиляції води.

Необхідні набори: P9901-4A Універсальний штатив, P9902-4C Тепло 1

Обладнання:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1 × Універсальний штатив, 300 мм | 1 × Конічна колба Ерленмейера |
| 3 × Затискач універсальний | 1 × Пробірка скляна |
| 1 × Затискач круглий | 1 × Порошок, сенсibilізований барвником, червоний |
| 2 × Опорний стрижень, 250 мм | 1 × Силіконова пробка, 17/22/25 мм, |
| 2 × Захисний ковпачок для стрижнів | 1 отвір |
| 1 × Опорний стрижень, 100 мм | 1 × Опорний стрижень, 500 мм |
| 1 × Градуйований пластиковий циліндр | |
| 1 × Пластична трубка, 45 см | Додатково потрібно: |
| 1 × Трубка манометра | 1 × Газовий пальник |
| 1 × Опорне кільце, комплект з 3 шт. | 1 × Вода |
| 1 × Дротова сітка | 1 × Сірники |
| 1 × Аналітична склянка, висока | 1 × Ганчірка |

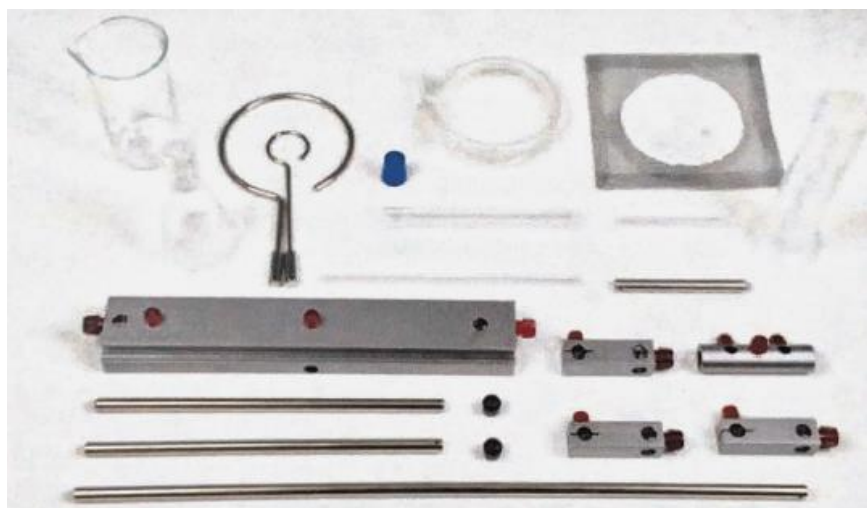


Рис. 21.1

Теоретичні відомості

Дистиляція – процес очищення рідин від розчинних у ній нелегких сумішей або розділення сумішей рідин на фракції, які відрізняються складом, шляхом випарювання та подальшою конденсацією утворених парів.

Цей метод широко застосовується у лабораторній, хімічній і фармакологічній практиці. Дистиляція буває двох видів: проста і

фракціонована. Проста дистиляція полягає в одноразовому випарюванні рідини з безперервним відведенням парів та їх подальшою конденсацією. Конденсат, який у результаті утворився, називають дистилятом, а рідина, яка не упарилася, – кубовим залишком.

Просту дистиляцію необхідно застосовувати лише в тих випадках, коли різниця в $T_{\text{кип}}$ рідин, які входять до складу суміші, досить велика. Фракціонована дистиляція полягає в багаторазовому повторенні процесу випарювання і конденсації. При цьому дистиляти різного складу збирають у декількох приймальниках. У промисловості застосовують автоматизовану фракціоновану дистиляцію, яка здійснюється в спеціальних апаратах – ректифікаційних колонках.

Чи може кольорова вода знову стати чистою?

У цьому експерименті замість кольорової води може використовуватися вода, до якої додана сіль. Такий експеримент покаже можливість перетворення морської води у питну.

Підготовка до експерименту



Рис. 21.2

навколо шийки колби Ерленмейера.

7. Вставте у пробірку пластикову трубку. Вставте пробірку у склянку, наповнену наполовину холодною водою.

8. Поставте склянку в опорне кільце середнього розміру (це кільце кріпиться до короткого стрижня за допомогою універсального затискача). Тепер з'єднайте дві трубки однією трубкою з поліхлорвінілу.

1. Зберіть обладнання згідно з рис. 21.2. Вставте стрижень 25 см у поперечний отвір універсального штативу. Зафіксуйте стрижень гвинтом з накатаною головкою.

2. Прикріпіть захисні ковпачки по обидві сторони стрижня. Закріпіть стрижень 50 см вертикально у штативі.

3. Велике опорне кільце закріпіть на стрижні довжиною 50 см за допомогою універсального затискача. Покладіть на нього сітку з керамічним центром.

4. Налийте у колбу Ерленмейера трохи води (на висоту 2 см), до якої доданий кольоровий порошок.

5. Вставте коротку скляну трубку в отвір гумової пробки. Закрийте колбу Ерленмейера гумовою пробкою і поставте її на сітку.

6. Установіть мале опорне кільце

Порядок виконання роботи

1. Запаліть пальник і нагрівайте кольорову воду в колбі Ерленмейера, доки вона не закипить.
2. Спостерігайте, що буде відбуватися з водяною парою.
3. Водяна пара потрапляє по трубопроводу і скляній трубці у пробірку. Оскільки пробірка розташована в холодній воді, відбувається конденсація пари.
4. У пробірку збирається чиста вода. Фарбник після випаровування води залишився позаду, в колбі Ерленмейера.
5. Зробіть висновок.

Контрольні питання

1. За якої умови починається кипіння у водних розчинах?
2. За яких умов може змінитися характер пароутворення у водних розчинах, яке «змушене» поступово локалізуватися на поверхні в зоні газ/вода?
3. Як змінюється інтенсивність кипіння в міру дегазації чистих розчинів?
4. Де зосереджується зона утворених бульбашок пари дегазації чистих розчинів?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Москаль Д.М., Дідух В.Д., Ладика Р.Б. Лабораторний практикум з фізики: Посібник. – Тернопіль: Укрмед-книга, 2000. – 188с.
2. Смірнов В. А. Фізика – 7. Перші уроки. Частина І. – Ч.: Вид. група «Основа», 2009. – 144 с.
3. Фізика: Дит. енцикл. : /Авт.-упоряд. О.А.Леонович: Худож. О.В. Кардашук. – К.: Школа, 2002.-432с.: іл.- (Я пізнаю світ).
4. Уроки фізики у 7-8 класах: Метод. посіб. Для вчителів/ Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко. Фізичні бувальщини: на допомогу вчителю фізики / В.Ф. Савченко.- К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002.- 320с.
5. Гельфгат І. М., Ненашев І.Ю. Фізика. 7 клас: Збірник задач / І.М. Гельфгат, І.Ю. Ненашев. – Х.: Вид-во «Ранок», 2015. -160 с.
6. Мацюк В. Фізика. Збірник задач. 7 клас / В. Мацюк, Н. Струж, О. Слободян, - Тернопіль: Підручники і посібники, 2015. – 208 с.
7. Мацюк В. Фізика. Збірник задач. 8 клас / В. Мацюк, Н. Струж, О. Слободян, - Тернопіль: Підручники і посібники, 2016. – 208 с.
8. Божинова Ф.Я., Кірюхін М.М., Кірюхіна О.О. Фізика. 7 клас: підруч. для загальноосвіт. навч. закл. – Х.: Ранок, 2009
9. Божинова Ф.Я., Кірюхін М.М., Кірюхіна О.О. Фізика. 8 клас: підруч. для загальноосвіт. навч. закл. – Х.: Ранок, 2009
10. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів: Фізика. 7-9 класи. - К.: Видавничий дім «Освіта», 2013.-32 с.
11. Азнаурян І.О. Фізика та фізичні методи дослідження матеріалів: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2007. – 250 с.
12. Вакуленко М. О., Вакуленко О. В. Фізичний тлумачний словник <https://ddpu.edu.ua/fizmatzbirnyk/slovniky/sl11.pdf>
13. Ф. Божинова, О. Кірюхіна Фізика. 8 клас. Зошит для лабораторних робіт. Ранок, 48 с. <https://www.yakaboo.ua/ua/fizika-8-klas-zoshit-dlja-laboratornih-robit.html>
14. С.В. Кушнір, М.В. Кость, Р.П. Козак, І.І. Сахнюк «Поверхнєве кипіння» з сольовим ефектом як новий вид переходу солей у газову фазу із водних розчинів. Дорov. Нас. akad. nauk Ukr. 2017. No 12, p. 68-72
15. Гринчук А. В. Довідник юного фізика 2007, Харків: Основа. - 112 с. <https://subject.com.ua/physics/junior/150.html>
16. Ісаєнко В. Творчі задачі з фізики як засіб розвитку уяви в обдарованих дітей // Рідна школа 2010, №4–5 (квітень - травень) с.30-32
17. Цікаві задачі для з фізики учнів <https://fizichka.wordpress.com/2013/02/22/7-клас-цікаві-задачі/>
18. Фізика 7–9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Інститут модернізації змісту освіти. <https://imzo.gov.ua/osvita/zagalno-serednya-osvita-2/navchalni-prohramy-5-9-klasy-naskrizni-zmistovi-liniji/fizyka-naskrizni-zmistovi-liniji/>

19. На допомогу вчителів: 5 практичних порад, як провести дослідну роботу в умовах дистанційного навчання <https://b-pro.com.ua/statti/poglyad-eksperta.-laboratorni-roboti-v-umovah-distancijnogo-navchannya>
20. Експеримент і його види https://pidru4niki.com/18060203/psihologiya/eksperiment_yogo_vidi
21. Островерхова А. М. Лабораторна робота і її аналіз. Аналіз уроку: концепції, методики, технології <https://osvita.ua/school/method/technol/724/>
22. Северинова А.М. Збірник комплексних завдань з фізики 7-9 клас. Черкаси. - 210 с.
23. Степанченко О. В., Чумак М. Є., Сиротюк В. Д. Шкільний фізичний експеримент як засіб формування дослідницьких умінь учнів http://nbuv.gov.ua › znpkr_ped_2013_19_20
24. Фармацевтична енциклопедія <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2513/distilyaciya>
25. Українська електронна освітня система «Мій Клас» <https://miyklas.com.ua/p/fzika/8-klas/teplovi-iaavishcha-325934/agregatni-stani-rechovini-pitoma-teplota-plavlennia-308849/re-99d3f6c1-6551-4dbe-8626-8dd10e2a07f6>

Навчальне видання

Укладачі:

**Масич Віталій Васильович
Малець Євген Борисович
Глейзер Наталія Володимирівна
Юрченко Ольга Валентинівна**

Методичні рекомендації

Відповідальний за випуск: Масич В.В.

Комп'ютерна верстка: Кіреєва Н.Л.

Відповідальність за дотримання вимог академічної доброчесності несуть автори

Підписано до друку 15.12.2021. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Друк – цифровий. Ум. друк. арк. 3,75.
Обл.-вид. арк. 1,8. Зам № . Наклад 300 прим. Ціна договірна.

Видавництво КП «Міська друкарня»
Свідоцтво про державну реєстрацію №
т. 700-48-37, 700-48-38, 700-48-36. E-mail: 13druk@gmail.com