

**Міністерство освіти і науки України
Житомирський державний університет імені Івана Франка**

О.К. Ткаченко М.В. Федьович

**ПРАКТИКУМ ІЗ ШКІЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО
ЕКСПЕРИМЕНТУ**

Молекулярна фізика. Термодинаміка.

**Житомир 2012
ПЕРЕДМОВА**

- Експериментальні методи пізнання – важлива складова частина методологічного арсеналу фізичної науки. Більше того, експеримент як штучне відтворення фізичних явищ з метою їх, багаторазового спостереження і детального вивчення, один з основних методів пізнання.

- Він, по-перше, дає змогу одержати нові емпіричні дані, які систематизуються й узагальнюються в законах і теоріях. По-друге, він є критерієм істинності положень науки і проводиться в інтересах підтвердження чи спростування вже існуючих ідей та теорій. По-третє, через експеримент здійснюється взаємозв'язок фізичних знань із практикою та виробництвом.

- Хоч сучасна фізика і поділяється на експериментальну та теоретичну, в загальному процесі пізнання експериментальні і теоретичні методи тісно взаємопов'язані. Будь-який експеримент від початку до кінця пронизується теорією. У свою чергу, результати, одержані шляхом теоретичних досліджень, підлягають експериментальній перевірці. Отже, теорія й експеримент – дві сторони єдиного процесу пізнання.

- Враховуючи той факт, що навчальне пізнання багато в чому подібне до наукового, досягти бажаних результатів у навчанні можна, приділяючи належну увагу методам і засобам, характерним для фізичної науки. Відображення експериментального характеру фізичної науки здійснюється в шкільному курсі шляхом широкого використання різних видів фізичного експерименту: демонстраційних і фронтальних дослідів, фронтальних лабораторних робіт, робіт фізичного практикуму, експериментальних задач, позакласних дослідів.

- Майже всі ці види фізичного експерименту увійшли до даного посібника, в якому подається опис лабораторних робіт із методики й техніки шкільного фізичного експерименту. Запропонований посібник містить завдання, які спрямовують навчальну самостійну роботу студентів на вивчення шкільного обладнання й оволодіння методикою проведення експерименту. Майбутній учитель повинен навчитись грамотно з методичної й технічної точок зору проводити навчальний експеримент, за його допомогою знайомити учнів із методами природничонаукового дослідження, розвивати творчий потенціал їх, мислення .

- Оскільки вчитель виступає посередником між учнями і навчальним експериментом, від його методичної майстерності і технічної грамотності залежить успіх у засвоєнні навчального предмета. Тому-то лабораторні роботи з методики й техніки навчального фізичного експерименту передбачають експериментальну підготовку

майбутнього вчителя як у плані оволодіння технікою та технологією фізичного експерименту, так і в напрямку формування навичок розв'язування конкретних дидактичних завдань, як-от:

- а/ дотримання певної логічної послідовності в доборі демонстрацій;
- б/ визначення мети, функціонального призначення досліду;
- в/ раціонального розміщення приладів при проведенні демонстрацій;
- г/ надання демонстрації проблемного характеру;
- д/ виявлення методичних переваг однієї демонстрації перед іншою;
- е/ порівняльна методична оцінка варіантів досліду;
- є/ вибір доцільної методики роботи з таблицею, відеофільмом, кінофільмом, демонстрацією тощо.

- Посібник написано з урахуванням програм шкільного курсу фізики та вузівського курсу методики навчання фізики.

- На етапі самостійного опрацювання літературних джерел, студенту необхідно:

- ознайомитись з програмою середньої загальноосвітньої школи;
- повторити за шкільними та вузівськими підручниками теоретичний матеріал, пов'язаний з темою роботи;
- продумати методику проведення демонстрацій, передбачених інструкцією до лабораторної роботи;
- пригадати /або вивчити/ будову, принцип дії, правила користування приладами, які використовуються в роботі;
- обдумати відповіді на контрольні запитання;
- систематизувати й узагальнити отриману інформацію;
- зробити необхідні записи і зарисовки в робочому зошиті для лабораторних занять.

- Під час виконання лабораторної роботи необхідно проробити самостійно всі досліди, передбачені інструкцією, консультуючись, у разі потреби, із викладачем або лаборантом. При цьому слід пам'ятати, що мистецтво експериментування не є природним даром, воно виробляється практичним тренуванням. Щоб добре оволодіти фізичним експериментом, потрібні багаторазові й тривалі вправи в його проведенні. Відомий учений О. Ейхенвальд із метою відпрацювання техніки проведення дослідів приїжджав на лекцію з теоретичної фізики за дві години до її початку. Усі досліди проробляв сам. Причому не стільки з'ясовував те, чи получаються досліди /у їх надійності сумнівів не було/ скільки дбав про забезпечення доброї видимості і естетичної

привабливості: виразність та переконливість дослідів, охайність приладів, розміщення викладача і його рух, доречність дослідів тощо.

- Щоб демонстраційні досліди ефективно виконували свої функції у навчанні, майбутній учитель повинен добре засвоїти основні вимоги щодо демонстраційного експерименту, а саме:

- ❖ підготовленість учнів до сприймання досліду;
- ❖ змістовність демонстраційного експерименту;
- ❖ наочність дослідів;
- ❖ їх простота;
- ❖ надійність;
- ❖ добра видимість;
- ❖ переконливість;
- ❖ естетичність;
- ❖ емоційність;
- ❖ короткочасність;
- ❖ додержання правил техніки безпеки.

- Будь-який дослід викликає мимовільну увагу учнів, але вона не стійка. Поставивши мету досліду, вчитель переводить її довільну, викликає інтерес, мобілізує увагу на основному, готує учнів до сприймання досліду. Учні повинні розуміти, для чого проводиться дослід, у чому вони мають переконатися, що зрозуміти в результаті досліду. Демонстрування дослідів без зазначення їхньої мети не ефективно.

- Необхідно наголосити, що дослід тільки тоді ефективний, коли його результат добре бачать усі учні. Намагання ж переконати учнів у тому, що в досліді, який не вдався, все-таки дещо вийшло, підриває авторитет учителя, порушує нормальний хід уроку. Коли трапилася невдача з демонстрацією, потрібно пояснити, причину невдачі і продемонструвати дослід повторно. А щоб уникнути цього, демонстрацію слід ретельно готувати багаторазовою попередньою перевіркою, з'ясуйте оптимальні умови, за яких вона вдається найкраще.

- Щоб не забути тонкощів, від яких залежить успіх тих чи інших демонстрацій, необхідно фіксувати в робочому зошиті для лабораторних занять їхні секрети. Це значно скоротить час, необхідний учителю в майбутньому для повторної підготовки демонстраційного експерименту.

- Інтереси майбутньої професійної діяльності студентів вимагають, щоб на заняттях із методики й техніки шкільного фізичного експерименту вони набули вмінь і навичок у виконанні й оформленні шкільних фронтальних лабораторних робіт і робіт фізичного практикуму. Суттєвим засобом формування таких умінь і навичок у

залученні студентів до активної діяльності з виконання завдань, характерних для практичної роботи педагога. Природно, що під час виконання шкільних фронтальних лабораторних робіт і робіт фізичного практикуму необхідно дотримуватися тих вимог, які пред'являються в школі до цих видів фізичного експерименту.

- Важливою методичною вимогою є оволодіння експериментальним методом, що реалізується в лабораторній установці. Не менш важливо знати конструкцію і правила користування приладами, які добираються відповідно до методу дослідження, вміти скласти установку. Під час вимірювань потрібно вміти правильно робити відлік значень вимірюваних величин за показами приладів, оцінювати реальність здобутих результатів. Треба враховувати обґрунтованість висновків, охайність і грамотність оформлення роботи.

- Письмове оформлення виконаної фронтальної лабораторної роботи та роботи фізичного практикуму повинно містити:

- назву й мету роботи;
- перелік обладнання, використаного в роботі;
- схематичний малюнок установки або схеми електричного кола;
- виведення розрахункової формули;
- звітну таблицю з результатами вимірювань і обчислень;
- графік (якщо такий передбачається завданням роботи);
- обчислення досліджуваних величин;
- записи необхідних пояснень;
- висновки з досліджень.

- Не останнє місце в підготовці майбутнього вчителя займають питання культури ведення записів у робочому зошиті та культури оформлення роботи. Записи слід вести охайно і грамотно, без перекреслень і виправлень. Малюнки й таблиці мають бути виконані за допомогою креслярських інструментів олівцем або пастою.

- При виконанні робіт необхідно бути гранично акуратним і обережним, строго дотримуватись правил техніки безпеки. Після закінчення лабораторної роботи слід упорядкувати робоче місце.

- **Захист лабораторної роботи** передбачає: з'ясування рівня володіння теоретичним матеріалом, уміннями й навичками здійснювати вимірювання; розуміння методики й техніки фізичного експерименту, знання програми та шкільних підручників. Враховується акуратність і повнота опрацювання результатів спостережень та вимірювань, додержання вимог щодо оформлення лабораторних робіт, знання літератури з фізичного експерименту. Важливим професійним елементом відповіді студента є вміння супроводжувати демонстрування дослідів змістовними, чіткими, лаконічними й вичерпними поясненнями на рівні, доступному для учнів відповідного класу. Досвід показав, що суттєвими у підвищенні ефективності самостійної роботи студентів з лабораторного практикуму є орієнтація їх на типові обладнання фізичного кабінету школи і раціоналізація процесу самопідготовки до занять. Тому-то підбір завдань до лабораторних занять здійснювався з урахуванням технічної забезпеченості кабінетів фізики приладами, що випускаються чи випускалися промисловістю.

Лабораторна робота № 1

Основи молекулярно-кінетичної теорії

Мета: оволодіти методикою і технікою проведення демонстрацій з розділу „Основи молекулярно-кінетичної теорії”, виконати шкільні лабораторні роботи, передбачені програмою.

Завдання I. Опрацювати відповідний навчальний матеріал за шкільними і вузівськими підручниками.

Завдання II. Набути умінь і навичок у виконанні таких демонстрацій:

1. Механічна модель броунівського руху

Обладнання: прилад для демонстрації моделі броунівського руху, проєкційний апарат із пристосуванням для горизонтального проєктування, кінопроектор, кінофільм „Броунівський рух”.

Поширений шкільний прилад (мал. 1) встановлюють на проекційному апараті, підготовленому для горизонтального проектування. Над приладом закріплюють об'єktiv із плоским дзеркалом або оборотною призмою. Проектують прилад, домагаючись різкості зображення сталевих кульок і гумової пробки. Пояснюють учням з чого складається прилад, який моделює броунівський рух, звертають увагу на головні деталі: кільце з плоскої пружини, ударний механізм, сталеві кульки, які моделюють молекули, невеличку гумову пробку – частинку з більшою масою, ніж кульки.

Прилад для демонстрації моделі броунівського руху:

1 – металева рама;

2 – сталева плоска пружина;

3 – ударний механізм із зубчаткою, ударником і ручкою;

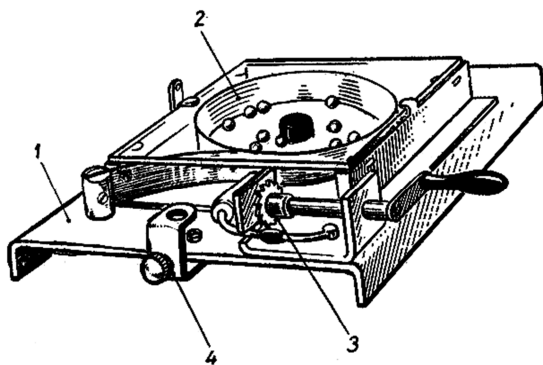
4 – скоба для кріплення приладу на проекційному апараті.

Щоб пружина була добре видна на екрані, на її злегка натискають з боку ударника усередину, до центру кільця. Корисно також збудити пружину простим натисненням руки і показати, як відскакують від неї окремі кульки.

При обертанні ручки ударного механізму, чути характерний звук від ударника. Одночасно з цим на екрані видно, як під впливом швидкого хаотичного руху кульок, які імітують рух молекул, робить безладний рух пробка. Вона переміщається внаслідок одночасного бомбардування декількома кульками.

Верхнє скло приладу знімається, що дає можливість змінювати число кульок і брати пробку різноманітного розміру.

Після досліду треба показати учням кінофільм „Броунівський рух”, у якому це явище демонструється в такому вигляді, як воно спостерігається в мікроскопі. Перед кінофільмом варто коротко ознайомити учнів із приготуванням рідкого препарату для спостереження під мікроскопом.

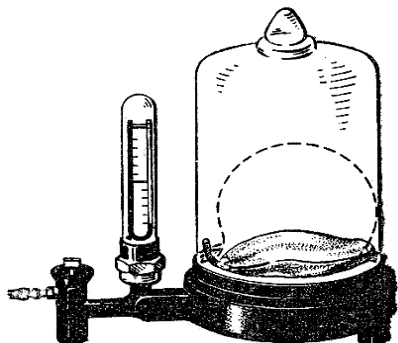


Мал. 1

2. Роздування гумової камери під ковпаком повітряного насоса

Обладнання: насос Комовського або ротаційний з електродвигуном, тарілка зі скляним ковпаком, камера від футбольного м'яча, затискач гвинтовий.

Злегка надувають гумову камеру повітрям, складають вдвічі відвідну трубку і щільно затискають її за допомогою гвинтового затискача. Потім кладуть камеру на тарілку під ковпак так, щоб вона не закривала собою отвір для виходу повітря. З'єднують тарілку з насосом і відкачують з-під ковпака повітря. При цьому камера починає поступово розширюватися, як показано на рисунку пунктиром.



Мал. 2

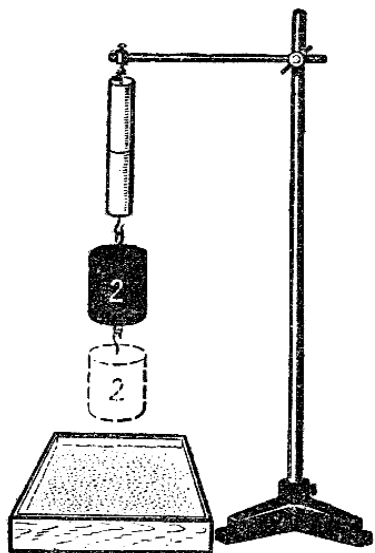
Звертають увагу на те, що при відкачуванні повітря, число молекул, що припадає на одиницю об'єму в просторі під ковпаком, стає усе менше. Всередині ж камери число молекул залишається незмінним, тому кількість ударів на стінки камери всередині буде більшим ніж зовні, і камера буде поступово розширюється.

Якщо у фізичному кабінеті не виявиться футбольної камери, то в цьому досліді можна з успіхом скористатися дитячою гумовою кулею або надувною іграшкою з тонкої гуми.

3. Зчеплення свинцевих циліндрів

Обладнання: штатив універсальний, два свинцевих циліндри, набір тягарців, ніж, кювета з піском.

Добре очищені з торця свинцеві циліндри прикладають один до другого. Рукою, наскільки вистачає сили, притискають їх і злегка повертають навколо повздовжньої осі.



Мал. 3

Потім підвішують циліндри за гачок на заздалегідь підготовлений штатив. Під циліндри підставляють кювету з піском (у випадку падіння пісок „пом'якшує” удар), а на вільний гачок підвішують тягарці (мал. 3), збільшуючи поступово навантаження по 1 кг . Звичайно зчеплення циліндрів витримує вантаж 5 кг . Успіх описаного досліду залежить винятково від правильної підготовки свинцевих циліндрів. Їхні торцеві поверхні повинні бути, насамперед, рівними: без виступів, заглиблень, подряпин, забоїн. Крім того, поверхні повинні бути цілком чистими, блискучими.

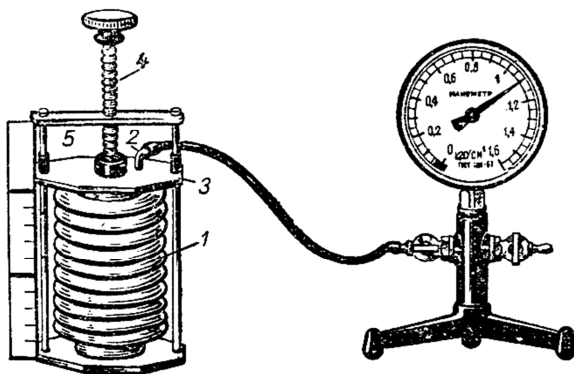
Для усунення нерівностей циліндри закріплюють по черзі в обіймі і спеціальним ножем поступово зачищають поверхню свинцю до блиску. Цим і закінчується підготовка

4. Залежність тиску газу від об'єму при сталій температурі

Обладнання: циліндр змінного об'єму, манометр демонстраційний, трубка гумова.

Перед дослідом окремо показують прилад для вивчення газових законів, зображений на мал. 4 разом із манометром. Звертають увагу на головну частину приладу – закритий гофрований циліндр 1 (сильфон), що з'єднується з зовнішнім повітрям тільки через невеличкий вигнутий патрубок 2, впаяний у металеву кришку 3. Сильфон за допомогою гвинта 4 можна розтягувати, причому об'єм повітря, замкнутого усередині приладу, змінюється пропорційно висоті.

Вимірюється об'єм газу в умовних одиницях по прикріпленій до приладу чіткій демонстраційній шкалі. Показчиком при таких вимірах служить у сильфоні край кришки 3. Початковий об'єм сильфона - п'ять умовних одиниць, а кінцевий – десять. Щоб не розтягувати сильфон



Мал. 4

поверх норми, на стійки надіто дві невеличкі трубки-обмежувачі 5.

Для проведення дослідів сильфон з'єднують гумовою трубкою з манометром, як показано на рисунку. Відкривають обидва крани манометра і за допомогою гвинта розтягують або стискають циліндр так, щоб об'єм повітря в ньому став, наприклад, 7,5 ум.од. Потім закривають

вільний кран манометра і приступають до демонстрації.

Декілька разів повільно змінюють об'єм повітря в приладі і спостерігають за показаннями манометра. Переконаються, що зі зменшенням (або зі збільшенням) об'єму, тиск збільшується (або зменшується) у стільки ж разів. Результати вимірювань записують на класній дошці в таблицю.

Отримані результати дають можливість зробити висновок, що при незмінній масі газу і постійній температурі добуток об'єму газу на тиск є величина постійна, тобто об'єм газу обернено пропорційний його тиску.

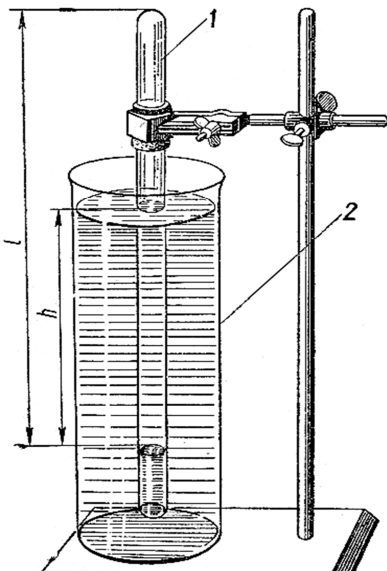
Завдання III: Виконати лабораторні роботи, додержуючись методичних вимог, щодо оформлення їх письмового звіту:

1. Експериментальне вивчення закону Бойля-Маріотта

Мета: дослідити, як змінюватиметься об'єм тієї самої маси газу (при сталій температурі), якщо змінювати тиск, і встановити співвідношення між цими величинами.

Обладнання: висока скляна посудина з водою; скляна трубка закрита з одного кінця; лінійка з ціною поділки 1 мм; штатив для закріплення трубки; барометр (один на весь клас).

Опис приладу: На мал. 5 зображено прилад для експериментального вивчення закону Бойля-Маріотта. Прилад складається із скляної трубки 1 і високої скляної посудини 2 з водою. Один кінець трубки закритий корком або запаяний, а другий відкритий. Ця трубка відкритим кінцем занурена в посудину з водою. У трубці є закритий стовпчик повітря. Щоб уникнути випаровування води на її поверхню слід наливають трохи олії.



Мал. 5

Теоретичні відомості

Якщо у воду, налиту у високу скляну посудину, опустити відкритим кінцем трубку, то повітря в ній перебуватиме під тиском:

$$p = (p_{\text{атм.}} + \rho gh), \quad (1)$$

де $p_{\text{атм.}}$ – атмосферний тиск у Па, h – різниця рівнів води в метрах у широкій посудині і в трубці. Об'єм повітря в трубці можна визначити за формулою:

$$V = Sl,$$

де l – довжина стовпчика повітря, S – площа поперечного перерізу трубки.

Оскільки площа поперечного перерізу трубки скрізь однакова, то числове значення l можна прийняти за значення V в умовних одиницях об'єму.

Із зміною глибини занурення трубки змінюється об'єм і тиск повітря в трубці.

Зв'язок між величинами p і V виражено формулою $pV = \text{const.}$

Порядок виконання роботи:

1. Скласти прилад як показано на мал. 5. Визначити і записати характеристики лінійки.

2. Занурити трубку на максимальну глибину, виміряти висоту стовпчика повітря в трубці l і різницю рівнів води в трубці й посудині h . Глибину занурення трубки встановити, пересуваючи затискач з муфтою вздовж стояка штатива.

Щоб температура повітря в трубці залишалася сталою під час проведення експерименту, вимірювання потрібно проводити через деякий час після зміни положення трубки, коли встановиться теплова рівновага між повітрям у трубці і навколишнім середовищем. Не потрібно братися руками за трубку, щоб не нагріти її.

3. Результати вимірювань $p_{\text{атм}}$, h і l для різних глибин занурення трубки записати в таблицю.

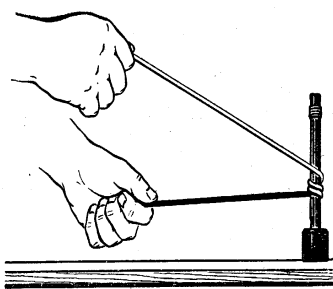
№ n/n	$p_{\text{атм}}, \text{Па}$	$h, \text{м}$	$l, \text{м}$	$p, \text{Па}$	$V, \text{ум. од.}$	PV

4. Зробити відповідні висновки.

Лабораторна робота № 2

Теплові явища. Перший закон термодинаміки

Мета: оволодіти методикою і технікою постановки демонстрацій з теми “Теплові явища. Перший закон термодинаміки” на першому і другому ступенях навчання. Виконати шкільні лабораторні роботи, передбачені програмою.



Мал. 1

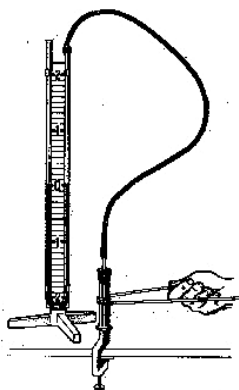
Завдання I. Опрацювати відповідний навчальний матеріал за шкільними і вузівськими підручниками.

Завдання II. Набути умінь та навичок у виконанні таких демонстрацій:

1. Нагрівання тіл при терті

Обладнання: трубка для дослідів з парою або трубка Тіндала, пробка, шнур, ефір або спирт, тринога, струбцина.

Трубу на стержні закріплюють в струбцині від відцентрової машини, яка закріплена на



Мал. 2

демонстраційному столі. В трубку наливають біля 1 см^3 сірчаного ефіру або машинного масла. Трубку закривають пробкою. Обгорнувши трубку 2-3 рази міцною мотузкою, натирають її. Від тертя трубка нагрівається, ефір закипає і його пари виштовхують пробку.

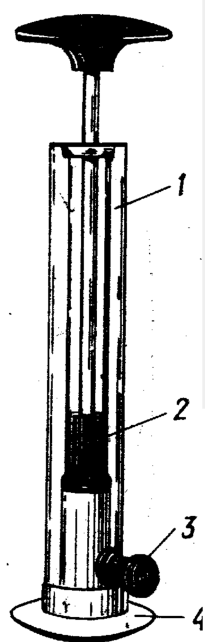
2. Демонстрація зміни енергії за допомогою трубки Тіндаля і манометра

Трубка Тіндаля – коротка латунна трубка, відкрита з одного кінця. Складають установку як показано на мал. 2. Трубку обмотують шнуром і натирають її. При цьому спостерігають повільне опускання рідини в манометрі. Це зумовлюється зміною (збільшенням) внутрішньої енергії повітря, яке міститься в трубці.

3. Спостереження вибуху горючої суміші при різкому стисненні

Обладнання: повітряне огниво, ефір або машинне масло.

Повітряне огниво мал. 3 складається з циліндра 1, поршня 2, клапана 3, підставки 4.



Мал. 3



Мал. 4

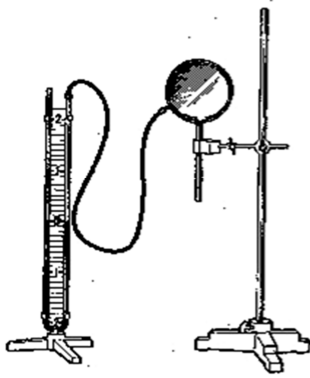


Мал. 5

На дно циліндра опускають кусочок вати, змоченої сірчаним ефіром або наливають декілька краплин машинного масла. В циліндр вставляють поршень і енергійно рухають його вниз, стискаючи тим самим повітря. При стиску повітря нагрівається настільки, що суміш парів з повітрям спалахує (мал. 4).

Демонстрація залежить від правильно вибраного відношення парів і повітря в циліндрі. Потрібно правильно визначити дозування ефіру. Демонстрація також залежить і від справності приладу.

4. Зміна температури повітря при адіабатичному розширенні.



Мал. 6

Обладнання: скляний бутель місткістю 1-1,5 л, гумова пробка для бутля з пропущеною крізь неї широкою скляною трубкою, відрізок гумового шланга довжиною 25-30 см.

Скляний бутель ополіскують водою й дають решткам води стекти. Горловину його щільно закривають гумовою пробкою, а на кінець трубки, яка проходить через пробку, надівають відрізок широкого гумового шланга.

За кілька хвилин перед виконанням досліду в бутель вкидають палаючий сірник або пускають трохи цигаркового диму.

У бутель насосом Шінца накачують повітря до того часу поки корок не вилетить з нього. Спостерігають утворення всередині бутля густого туману (мал. 5)..

Утворення туману свідчить про охолодження повітря всередині бутля, яке при різкому розширенні, виконує роботу проти тиску зовнішнього повітря.

Бутель можна освітити проекційним ліхтарем і спостерігати утворення туману на екрані.

5. Нагрівання тіл випромінюванням

Обладнання: теплоприймач, рідинний манометр.

Теплоприймач – плоска тонкостінна металева коробка циліндричної форми діаметром приблизно 100 мм. Одна із плоских поверхонь світла, дзеркальна, друга – чорна, матова. На боковій поверхні коробки є ніпель для з'єднання її з демонстраційним рідинним манометром.

Будова приладу дозволяє використати його в якості індикатора підвищення температури тіла, а також в дослідах для порівняння променепоглинання темними і світлими поверхнями.

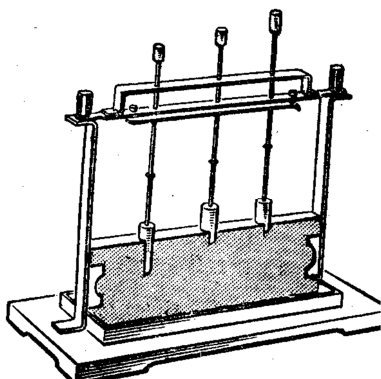
6. Різна питома теплоємність металів

Обладнання: прилад Тіндала, електрична плитка.

Перед дослідом знімають зі стійки приладу Тіндаля обойму з циліндрами однакової маси із різних металів: латуні, сталі і алюмінію. Поміщають циліндрики у бляшану ванну, яка додається до приладу, в яку було налито кип'яток. Обойму з циліндрами виймають із кип'ятку і, зсунувши планку, скидають їх на парафінову пластинку. Циліндрики повинні стати точно посередині пластинки. Якщо який-небудь з циліндриків трохи зміститься в сторону, його потрібно швидко поправити (мал. 7).

Далі слідкують за тим, як циліндрики, розплавляючи парафін, поступово заглиблюються в пластинку і зупиняються, коли їх температура буде трохи нижча точки плавлення парафіну. Різна глибина свідчить про різну кількість теплоти, яку віддав кожний циліндр при остиганні на однакове число градусів, тобто неоднакової теплоємності. Беручи до уваги, що маси у них однакові, можна зробити висновок, що питома теплоємність різних металів, із яких виготовлені циліндри, неоднакова.

Після проведення досліду парафінову пластинку звільняють від циліндриків, вкладають у форму і підігрівають, поки парафін не розплавиться. Потім парафіну дають захолонути.



Мал. 7

Завдання III: Виконати лабораторні роботи, додержуючись методичних вимог, щодо оформлення їх письмового звіту:

1. Визначення питомої теплоємності твердого тіла

Обладнання: терези, гирьки, термометр, калориметр, металевий циліндр, чайник, фільтрувальний папір.

Порядок виконання роботи:

1. Зважують внутрішню посудину калориметра, наливають в неї води трохи менше половини і знову зважують, щоб визначити масу води.

2. З чайника з киплячою водою дістають крючком металевий циліндр. Швидко переносять його в калориметр, злегка розмішують термометром воду в калориметрі і слідкують за підвищенням її температури. Коли температура досягне максимуму і перестане підвищуватись, записують її величину, виймають циліндр, витирають фільтрувальним папером, зважують.

3. З рівняння теплового балансу:

$$c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_1) = c m (t_2 - \theta), \text{ де } \theta - \text{загальна температура.}$$

Знаходять: $c = \frac{(\theta - t_1)(c_1 m_1 + c_2 m_2)}{m(t_2 - \theta)}$, де m_1 – маса алюмінієвої посудини;

m_2 – маса води;

t_1 – початкова температура води;

t_2 – температура циліндра;

m – маса циліндра.

4. Результати вимірювань занести в таблицю:

Маса води $m_2, \text{г}$	Початкова температура води $t_1, ^\circ\text{C}$	Маса циліндра $m_2, \text{г}$	Початкова температура циліндра $t_2, ^\circ\text{C}$	Загальна температура циліндра $\theta, ^\circ\text{C}$	Питома теплоємність $c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

5. Зробити висновок.

2. Спостереження за процесом плавлення кристалічного тіла

Обладнання: термометр, годинник з секундною стрілкою, штатив з муфтами, лапкою і кільцем, електрична плитка, конічна колба, пробірка з нафталіном.

Порядок виконання роботи:

1. Завчасно вставити термометр в нафталін.
2. Всі пробірки з нафталіном вставити в стійку і помістити в металеву кружку з киплячою водою.
3. Коли нафталін розплавиться, стійку з пробірками виймають і замість гарячої води наливають холодної води стільки, щоб пробірки занурилися в неї приблизно на 1 см.
4. В рідку частину нафталіну занурюють термометр, який залишається в пробірках до повного затвердіння нафталіну.
5. Пробірку з нафталіном необхідно занурити в воду до рівня нафталіну, причому вона не повинна торкатися колби.
6. Поставивши під колбу гарячу електричну плитку, починають вести спостереження. Один із студентів слідкує за показами термометра і повідомляє товаришу, коли стовпчик ртуті в термометрі з'явиться над лапкою штативу. Інший після цього слідкує за секундною стрілкою годинника і вголос відраховує час через кожні півхвилини.

7. В момент відліку записати покази термометра у вигляді таблиці:

Час, хв.	Температура, $^\circ\text{C}$	Час, хв.	Температура, $^\circ\text{C}$
----------	-------------------------------	----------	-------------------------------

--	--	--	--

8. Коли вода закипить, приймають колбу і спостерігають за температурою при затвердінні нафталіну. З моменту початку плавлення і до затвердіння необхідно злегка помішувати термометром нафталін для кращого вирівнювання температури.

9. По даних таблиці побудувати графік залежності температури від часу.

10. Зробити відповідні висновки.

Лабораторна робота № 3

Основні перетворення рідин і газів

Мета: оволодіти методикою і технікою постановки демонстрацій з теми “Основні перетворення рідин і газів” на I-у і II-у ступені навчання. Виконати шкільні лабораторні роботи, передбачені програмою.

Завдання I. Опрацювати відповідний навчальний матеріал за шкільними і вузівськими підручниками.

Завдання II. Набути умінь і навичок у виконанні таких демонстрацій:

1. Кипіння води при зниженому тиску

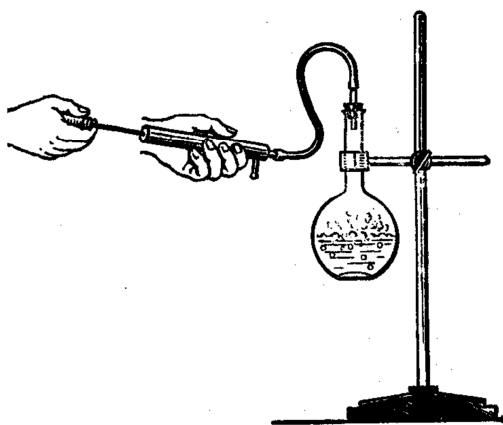
Обладнання: насос повітряний ручний з гумовою трубкою, штатив універсальний з муфтою і лапкою, нагрівач, круглодонна колба 250-300 мл; кювета для роботи з рідинами, стакан хімічний. Цей дослід показують в 2-х варіантах: із застосуванням вакуумного насоса, коли безпосередньо простежується зміна тиску і без насоса, шляхом охолодження колби, коли про причини зміни доводиться здогадуватися, знаючи основні властивості насичуючих парів води:

а) в круглодонній колбі, зажатій в лапці штативу і налитій до половини водою, нагрівають воду до кипіння. Потім нагрівач прибирають, а колбу щільно закривають корком, з'єднаним гумовою трубкою з насосом. (мал. 1 а).

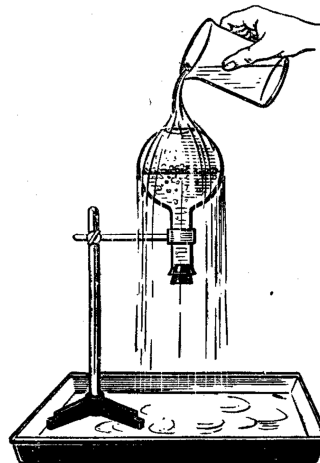
Через 1-2 хв., коли вода охолоне, ручним насосом відкачують повітря і пари води. Тиск у колбі поступово зменшується, і вода бурхливо закипає. Якщо припинити відкачування, то кипіння припиняється. Таким прийомом протягом 5 хв. можна змусити воду кипіти декілька раз через рівні проміжки часу. Досвід виразно показує, що із зменшенням тиску вода кипить при пониженій температурі.

б) в круглодонну колбу, як у першому варіанті, наливають до половини воду і нагрівають її до кипіння. Потім, не знімаючи з нагрівача, швидко закривають колбу гумовою трубкою, перевертають шийкою вниз і затискають в лапці штатива. Під штатив із колбою підставляють кювету для роботи з рідинами (лист).

Через 1-2 хв., коли вода дещо охолоне, колбу штучно охолоджують: поливають її холодною водою (мал. 1 б), накривають зверху мокрим рушником або кладуть на неї сніг. При цьому тиск насичуючих парів в колбі знижується і вода бурхливо закипає. Залишають колбу остигати ще 3-5 хв., і знову повторюють дослід. Таким чином, можна заставити воду кипіти навіть при кімнатній температурі.



Мал. 1 а



Мал. 1 б

2. Критичний стан ефіру

Обладнання: прилад Авенаріуса, проекційний апарат із оборотною призмою, спиртівка або електроплитка.

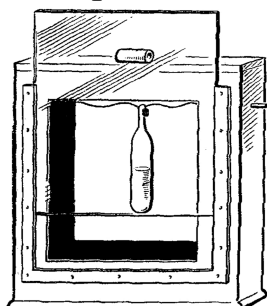
Будова приладу Авенаріуса для демонстрації критичного стану ефіру зрозуміло із мал. 2. Основною частиною приладу служить ампула з такою кількістю ефіру, щоб при нагріванні до критичної температури тиск в ній також був критичний.

Перед дослідом прилад закріплюють в універсальному штативі і розміщують між конденсором і об'єктивом проекційного апарату (мал. 3).

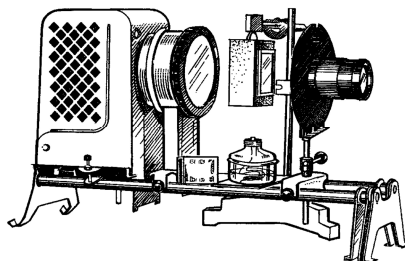
За допомогою об'єктива з оборотною призмою проектують ампулу на екран так щоб було чітко видно меніск ефіру, підігривають і ведуть спостереження.

При початковій (кімнатній температурі) межа між рідким ефіром і його насиченою парою різко окреслена (мал. 4 а). Меніск угнутий, густина рідкого ефіру набагато більша, ніж його пари.

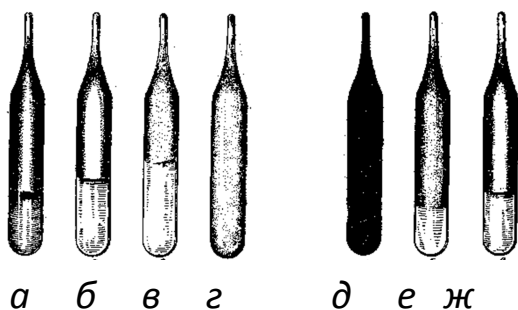
При нагріванні густина рідкого ефіру зменшується, меніск стає плоским і трохи піднімається. Одночасно з цим частина ампули, де знаходиться ефір, внаслідок зменшення густини світліє і стає прозорою, як і верхня частина (мал. 4 б, в).



Мал. 2



Мал. 3



Мал. 4

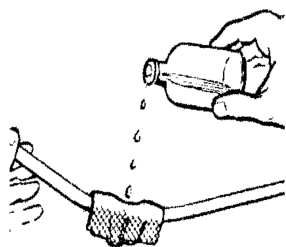
Ампула, заповнена такою кількістю ефіру, щоб внаслідок нагрівання до критичної температури ($193,8^{\circ}\text{C}$) він переходив у критичний стан. Критичний тиск ефіру близько 36 атм. (3500 кПа). З наближенням до критичного стану зображення меніска стає розмитим, він темнішає, а потім зовсім зникає

(мал. 4 г). Це і є момент переходу ефіру через критичний стан. При цьому поверхневий натяг дорівнює нулю, а густина рідкого ефіру дорівнює густині його пари.

Після того припиняють нагрівання і спостерігають зворотній процес. Дають можливість приладу поступово охолоджуватись і звертають увагу на те, як в ампулі з'являються і стають добре помітними багато численні; швидкозмінні – результат наявності ділянок речовини різної густини. В цей час температура близька до критичної і потрібно бути особливо уважним, щоб не пропустити момент переходу.

При критичній температурі ефір стає перенасиченою парою і, як тільки в ньому появляються центри конденсації, вся ампула заповнюється туманом (мал. 4 д). Потім вона швидко становиться прозорою і на екрані з'являється утворена з різко вираженим меніском (мал. 4 е, ж). На цьому дослід закінчується.

3. Охолодження рідини під час випаровування



Мал. 5

Обладнання: термометр, штатив, пробірка, скляні і гумові трубки, кільце гумове, трохи зігнута скляна трубка довжиною 25-30 см, флакончик із сірчаним ефіром, вода, піпетка, насос або гумова груша, клаптик марлі, нитки.

1. Відмічають покази рідинного термометра. Обгортають його балон шаром марлі і прив'язують нитками. Змочують марлю ефіром, спиртом чи водою. Обдувають балон листом картону, термометр показує зниження температури. Цей же термометр занурюють у рідину, виймають і махають у повітрі або проводять дослід, як і раніше. Помічають зниження температури.

2. На місце згину скляної трубки вносять піпеткою кілька краплин води (мал. 5). Обгортають трубку клаптиками марлі і змочують ефіром. Обдувають трубку повітрям за допомогою насоса і через 4-5 хв. знімають марлю і розбивають трубку. При цьому видно, що вода в трубці замерзла.

3. На пробірку надівають гумове кільце так, щоб утворилась лійкоподібна ямка в яку наливають трохи холодної води, а в пробірку на 0,5 об'єму ефіру. Продувають повітрям. Ефір швидко випаровується, а вода при цьому замерзає.

4. Властивості насиченої і ненасиченої пари

Обладнання: прилад для вивчення насичених парів, демонстраційний манометр, насос Комовського, дві посудини з гарячою і холодною водою, ефір, штатив з довгим стояком, дві лапки, дві муфти. На універсальному штативі збирають прилад (мал. 6) лійку з краном 1, скляний кран 2 з гумовою пробкою, пробірку і трійник. Щоб переконатись в герметичності приладу, з'єднують його через

демонстраційний манометр з насосом, так як показано на мал. 6, закривають кран 1 і викачують повітря.

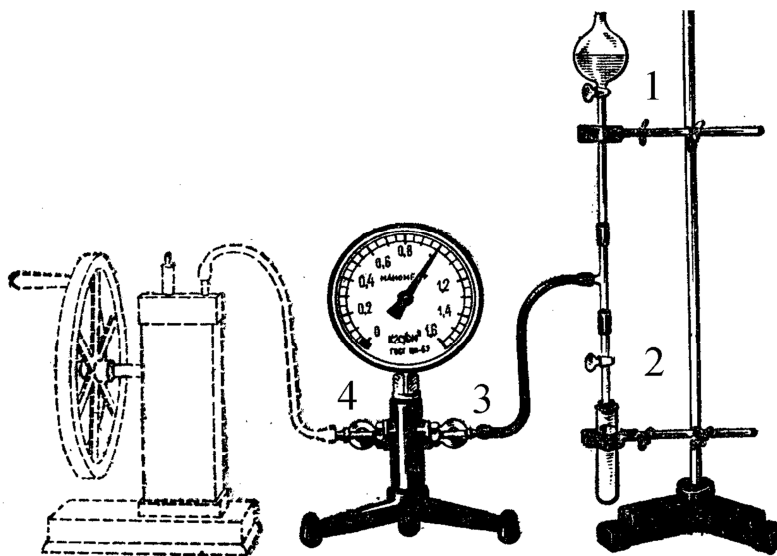
Коли стрілка манометра встановиться майже на нулі шкали, кран 4 закривають, припиняють відкачування і протягом декількох хвилин спостерігають за манометром. Якщо його покази не змінюються (установка підготовлена нормально) переходять до демонстрації дослідів.

а) Залежність тиску насиченої пари від температури

Закривають кран 2 (1 і 4 закриті) і наливають у лійку ефір. Швидким поворотом крана 1 на 180° вводять в трубку приладу трохи ефіру. Звертають увагу на те, що ефір повністю випарувався і манометр показує деякий тиск ненасичених парів.

Таким же чином вводять ще декілька порцій ефіру, поки в трубці над краном 2 не появиться рідина і пари стануть насиченими. Підкреслюють, що тепер знову введена порція ефіру ніяк не змінюють покази манометра: тиск насичених парів при незмінній температурі є величина стала.

б) Незалежність тиску насиченої пари від її об'єму



Мал. 6

Відкривають кран 2 і випускають ефір у пробірку. Звертають увагу, що при цьому об'єм насичених парів значно збільшився, але покази манометра не змінились. Вони залишаються незмінними і після того, якщо зменшувати об'єм доливанням ефіру. Роблять висновок, що тиск насичених парів не залежить від об'єму.

в) Залежність тиску насичених парів від температури

Підставляють під пробірку стакан з холодною водою. Покази манометра поступово зменшуються. Потім під пробірку підставляють стакан з теплою водою (30° – 35°) і спостерігають швидке підвищення тиску. Таким чином, переконуються в залежності тиску насичених від температури.

г) Залежність тиску насичених парів від роду речовини

Для цього бажано мати другий такий самий прилад і замість ефіру взяти бензин. Виявляється, що при однаковій температурі тиск насичених парів бензину значно менший ніж тиск насичених парів ефіру.

Успіх описаних дослідів залежить від герметичності установки.

Примітка. Експеримент записаний на комп'ютер.

Завдання III. Виконати лабораторну роботу, додержуючись методичних вимог щодо оформлення її письмового звіту:

Вимірювання відносної вологості повітря

Мета: навчитися вимірювати відносну вологість, використовуючи гігрометр і психрометр, виміряти абсолютну і відносну вологість повітря.

Обладнання: гігрометр, гумовий насос-груша, скляний екран, посудина з сірчаним ефіром; термометр з ціною поділки $0,1^{\circ}$; психрометр.

Теоретичні відомості

Тиск водяної пари, яка є в повітрі при даній температурі, називається абсолютною вологістю і вимірюється в одиницях тиску.

Примітка. Оскільки при певній температурі тиск пари пропорційний її густині, то абсолютну вологість можна виражати числом грамів водяної пари в 1 м^3 повітря.

Величина, яка виражається відношенням парціального тиску пари p , що є в повітрі, до тиску p_0 насиченої пари при цій же температурі називається відотною вологістю. Звичайно відносну вологість виражають у процентах; формула відносної вологості має вигляд:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \times 100\%.$$

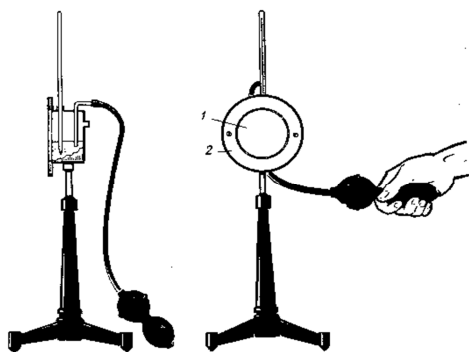
Значення p_0 для кожної температури беруть з таблиць, тому визначення відносної вологості зводиться до знаходження абсолютної вологості.

Ненасичену пару можна перевести в насичену зниженням температури. Ознакою насичення пари є її конденсація – утворення

крапельок роси. Температура, при якій водяна пара стає насиченою, називається точкою роси. Знаючи точку роси, визначають тиск водяної пари в повітрі (за таблицею залежності тиску насиченої пари від температури).

Опис приладів

I. Прилад для обчислення точки роси називається конденсаційний гігрометром (мал. 7). Він являє собою камеру, закріплену на штативі. Камера має чотири отвори: один для термометра і два для продування повітря через камеру. Передня стінка камери дзеркальна причому навколо неї встановлена дзеркальна кільцева рамка з того самого металу. Камеру наполовину заповнюють ефіром і щоб прискорити його випаровування гумовою грушею продувають повітря. При цьому температура гігрометра знижується, а водяна пара, що є в повітрі біля дзеркальної стінки камери охолоджується, стає насиченою. Появу роси спостерігають, порівнюючи поверхню охолодженої камери з дзеркальною поверхнею кільця, яка під час досліду не змінюється. В цей момент вимірюють температуру.

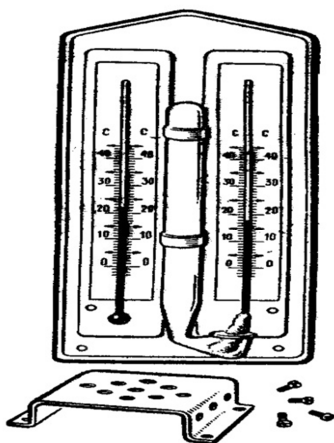


Мал. 7

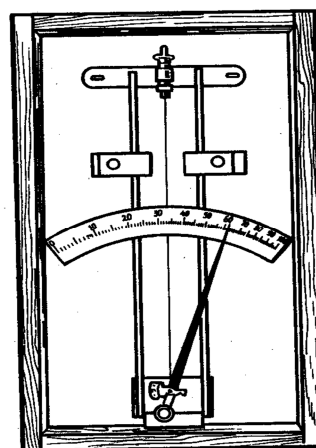
II. Психрометр (мал. 8) складається з двох однакових термометрів.

Резервуар одного з них обмотаний марлею або батистом, зануреним у воду. Якщо водяна пара в повітрі ненасичена, то внаслідок випаровування води покази мокрого термометра будуть нижчі, ніж сухого. Різниця між показом термометрів тим більша, чим менша вологість повітря, відносну вологість повітря можна знайти за психрометричною таблицею.

III. Волосняним гігрометром (мал. 9) безпосередньо вимірюють відносну вологість у відсотках.



Мал. 8



Мал. 9

Волосяний гігrometer встановлюють і перевіряють на основі визначення відносної вологості за допомогою психрометра. Стрілку гігrometerа на відповідну поділку шкали встановлюють за допомогою регульовального гвинта.

Порядок виконання роботи:

I. Вимірювання відносної вологості повітря за допомогою психрометра

1. Ознайомтесь з будовою психрометра.
2. Визначте покази його термометрів і обчисліть різницю температур.
3. З психрометричної таблиці визначити відносну вологість повітря.

II. Вимірювання відносної вологості повітря за допомогою конденсаційного гігrometerа

1. Ознайомтесь з будовою конденсаційного гігrometerа. Протріть м'якою тканиною дзеркальні стінку і кільце гігrometerа до повного блиску.
2. Виміряйте температуру повітря в кімнаті.
3. Налийте в камеру гігrometerа ефіру або спирту, вставте в неї термометр і приєднайте гумову грушу.
4. Установіть прилад так, щоб дзеркальна поверхня буде під кутом $30-40^{\circ}$ до напрямку прямого зору. Продуйте повітря крізь ефір (спирт) і уважно стежте за дзеркальною поверхнею стінки камери, порівнюючи її з поверхнею кільця.
5. У момент появи роси, припиніть продування повітря, запишіть покази термометра і продовжуйте спостереження, щоб записати показ термометра в момент повного зникнення роси.
6. Спостереження повторіть декілька разів. Результати дослідження запишіть у таблицю:

Температура		
навколишнього повітря	появи роси	зникнення роси

7. Середнє значення записаних температур прийміть за вірогідну точку роси і, знаючи температуру навколишнього повітря, обчисліть відносну вологість, скориставшись таблицею залежності тиску насиченої водяної пари від температури.

III. Вимірювання відносної вологості повітря волосяним гігрометром

1. Ознайомтесь з будовою і принципом роботи волосяного гігрометра. Порівняйте його значення з результатами попередніх дослідів.

2. Подихайте на волосину гігрометра і спостерігайте за поведженням стрілки.

Обробка результатів:

1. Обчислити максимальну абсолютну похибку вимірювання точки роси.

2. За результатами вимірювань і графіком залежності тиску насиченої пари від температури знайти значення абсолютної вологості і тиск насиченої водяної пари при кімнатній температурі.

3. Обчислити відносну вологість повітря в кімнаті.

Лабораторна робота № 4

Властивості рідин і твердих тіл

Мета: оволодіти методикою і технікою проведення демонстрацій з теми „Властивості рідин і твердих тіл”. Виконати шкільні лабораторні роботи, передбачені програмою.

Завдання I. Опрацювати відповідний навчальний матеріал за шкільними та вузівськими підручниками.

Завдання II. Набути умінь та навичок у виконанні таких демонстрацій.

1. Рідина в капілярних трубках

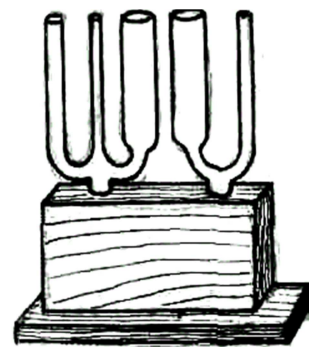
Обладнання: набір капілярних трубок, універсальний проекційний апарат, забарвлена вода, хімічний стакан, піпетка.

Для демонстрування явища капілярності випускається спеціальний набір капілярних трубок, що складається з двох самостійних приладів – сполучених посудин. Один із них з однією капілярною трубкою діаметром 2...2,5 мм, а другий—з двома капілярними трубками діаметром 1...1,5 мм і 2...2,5 мм. Діаметр широкої трубки у кожному приладі 6...8 мм. Висота трубок – близько 5 см. Вони призначені для проектування на екран.

Прилад з двома капілярами заповнюється рідиною, що змочує скло (вода). Прилад: з одним капіляром призначений для заповнення його рідиною, яка не змочує скла (ртуть). Та оскільки ртуть заборонено використовувати в шкільних дослідах, цей прилад всередині необхідно покрити тонким шаром парафіну і заповнювати також водою. Для цього прилад нагрівають на спиртівці і в широку трубку наливають розплавлений парафін, який відразу ж виливають через капіляр. Потім прилад повертають отворами вниз, щоб стік зайвий парафін.

Під час підготовки до проведення досліду в широку трубку приладу з двома капілярами піпеткою накачують стільки забарвленої води, щоб її рівень у найтоншому капілярі не сягав верхніх країв. Широку трубку приладу з одним капіляром заповнюють забарвленою водою наполовину. Підставку з капілярами встановлюють на дерев'яному столику, закріпленому в рейтері: оптичної лави універсального проекційного апарата біля самого конденсора, і за допомогою об'єктива установку проєктують на екран. У досліді бажано використати об'єктив з оборотною призмою.

Під час проведення дослідів з капілярами воду



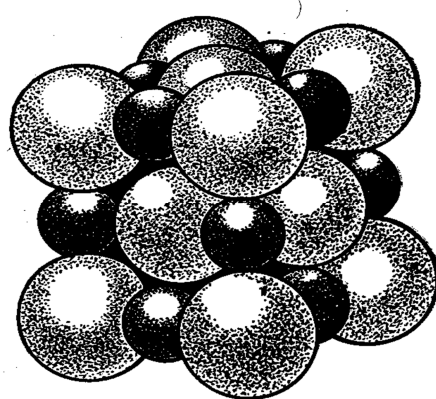
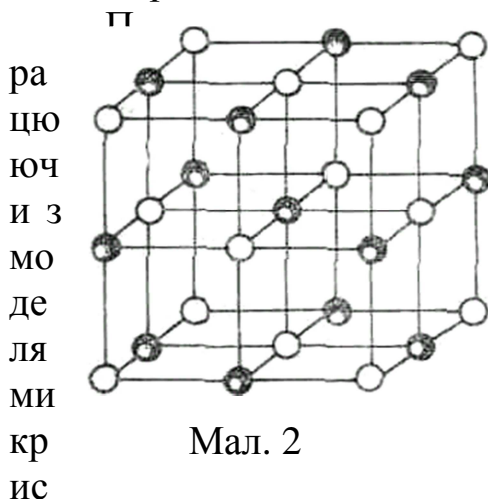
Мал. 1

треба забарвлювати речовинами, які не фарбують скла: фуксином, метиленовою синьою, чорнилом для авторучки.

2. Демонстрування моделі кристалічної решітки кристалів

Обладнання: модель кристалічної решітки кухонної солі.

Промисловість випускає модель, що складається з 27 дерев'яних кульок діаметром 25 мм з отворами (14 кульок пофарбовані в червоний колір, а 13 – у чорний) і 54 пофарбованих металевих стержнів діаметром 3 мм, довжиною 100 мм. Модель кристалічної решітки складають так, щоб утворився куб, причому у вершинах кутів куба і в точках перетину діагоналей його граней поміщають червоні кульки, які зображують іони хлору (мал. 3), а між ними закріплюють чорні кульки, які зображують іони натрію.



талічних решіток, слід пам'ятати, що їх призначення – наочно зображувати просторове розміщення частинок у решітці. Така будова моделей допомагає з'ясувати просторове розміщення, періодичність, ближній і дальній порядок частинок. Але співвідношення між розмірами кульок і відстанями між ними не відповідають (і не можуть відповідати) дійсності, а кульки не можуть бути моделями частинок. Ядра атомів у 10^5 разів менші за відстані між ядрами. Отже, якщо додержувати цих пропорцій і вибрати розміри кульок, які б добре видно учням у класі, то відстані між кульками треба було б узяти такі, які дорівнюють кілька кілометрів. Щоб кульки могли бути моделями частинок, із яких складається кристал, вони повинні не розділятися проміжками, а, навпаки, доторкуватись одна до одної і навіть частково перекриватись, тобто взаємно проникати одна в одну.

Отже, щоб в учнів не склалось уявлення, що кристалічна решітка (і тверде тіло) так само пориста, як і її модель, треба одночасно зі згаданою моделлю показати модель із щільною упаковкою частинок (мал. 3 а). Радіус кульок, що імітують у цій моделі іони хлору, удвічі

більший за радіус тих, що імітують іони натрію. Модель виготовляють із пластиліну.

Завдання III: Виконати лабораторні роботи, додержуючись методичних вимог щодо оформлення їх письмового звіту:

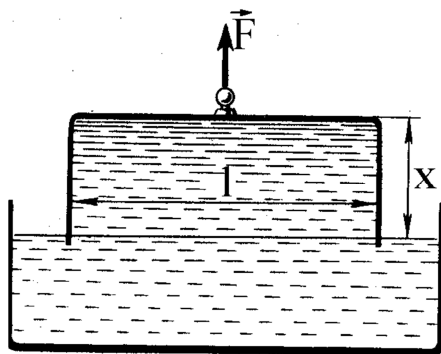
1. Визначити коефіцієнт поверхневого натягу води

а) Визначити коефіцієнт поверхневого натягу води методом відривання петлі

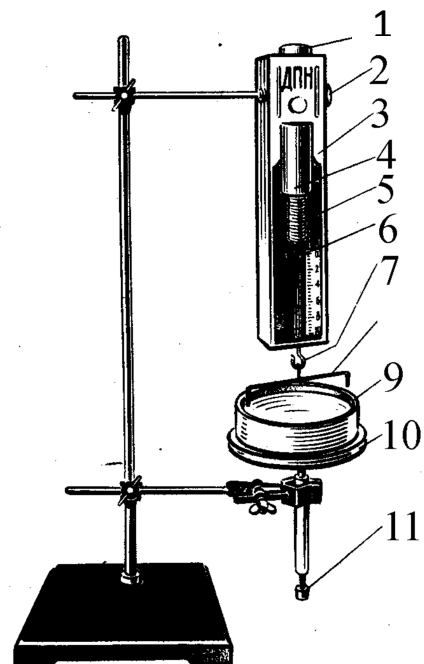
Обладнання: динамометр типу ДПН з прилад, штатив для фронтальних робіт, вода дистильована, лінійка вимірювання 30 см із міліметровими поділками.

Порядок виконання роботи:

Вільна поверхня рідини в стані рівноваги прагне до мінімуму, рідина ніби стягується пружиною поверхневою плівкою, щоб зменшити свою площу. З утворенням тонкої плівки шириною l (мал. 3) вздовж межі поверхні рідини діє сила поверхневого натягу F , яка дорівнює:



Мал. 3



Мал. 4

$$F = 2\sigma l, \quad (1)$$

де σ – поверхневий натяг; множник 2 взято тому, що плівка має дві поверхні. Звідси:

$$\sigma = \frac{F}{2l} \quad (2)$$

Модуль сили поверхневого натягу F вимірюють чутливим динамометром типу ДПН, а ширину плівки, яка дорівнює ширині дротяної петлі, – вимірюють лінійкою.

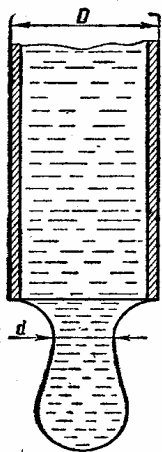
Динамометр типу ДПН (мал. 4) складається з корпусу 3, всередині якого розміщена вимірювальна пружина 5, що має прямий кінець з відкритим гачком 7. Гачок призначений для з'єднання петлі 8 з вимірювальною пружиною динамометра.

Стрілка 6 призначена для відлічування показів по шкалі. Досліджувану рідину наливають у скляну чашку 9.

Для вимірювання поверхневого натягу дротяну петлю повністю занурюють у рідину, а потім її повільно виймають. При цьому на петлі утворюється плівка. Коли сила пружності пружини динамометра за модулем дорівнюватиме поверхневому натягу F , плівка розривається.

Порядок виконання роботи:

1. Вивчіть будову динамометра ДПН.
2. Приготуйте прилад до виконання вимірювань. Для цього надіньте на відкритий гачок 7 петлю 8. Притримуючи установочний гвинт 1, відкрутіть стопорний гвинт 2. Обертаючи стакан 4 і натискаючи на головку гвинта 1, встановіть стрілку динамометра на нульову поділку шкали. Закрутіть стопорний гвинт.
3. Налийте в чашку 9 дистильованої води і встановіть її на підставку 10. Обертаючи гвинт тримача 11, підніміть чашку з рідиною до такого рівня, щоб петля повністю занурилась у воду.
4. Повільно опускайте чашку з водою. Для цього викручуйте гвинт тримача 11 доти, поки не розірветься плівка рідини, що тягнеться петлею. Позначте на шкалі динамометра силу розривання плівки.
5. Обчисліть поверхневий натяг за формулою (2).
6. Повторіть вимірювання тричі для кожної дротини. Обчисліть середнє значення поверхневого натягу.



Мал. 5

б) Вимірювання поверхневого натягу води методом відривання крапель.

Обладнання: терези навчальні з штативом, гирі Г4-210, штангенциркуль, клин вимірювальний з жерсті розміром $1\text{ см} \times 10\text{ см}$, голка, лінійка вимірювальна 30 см з міліметровими поділками, колба конічна, склянка низька, лійка конусоподібна з короткою шийкою, трубка гумова з краном і скляним наконечником діаметром $3\text{--}4\text{ мм}$, штатив для фронтальних робіт, вода дистильована.

Порядок виконання роботи:

Якщо вода повільно витікає з вертикально закріпленої трубки, то з її нижнього кінця відривається крапля за краплею. Розміри кожної з крапель збільшується поступово. В міру збільшення краплі шийка її тоншає і нарешті крапля відривається. Коли крапля ще висить на шийці (мал. 5), сила тяжіння $F=mg$, яка діє на краплю, зрівноважується силою поверхневого натягу $F=\pi d\sigma$, що діє по периметру поперечного перерізу шийки, звідки:

$$\sigma = \frac{mg}{\pi d} \quad (1)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини, d – діаметр найвужчого місця шийки, у якому сили поверхневого натягу напрямлені вертикально, m – маса висячої краплі.

Випускаючи рідину краплями дуже повільно, практично досягають того, що маса висячої краплі фактично дорівнює масі краплі, яка відривається (без цієї умови маса падаючої краплі буде меншою від маси, яка визначається за формулою (1):

$$m = \frac{\pi d \sigma}{g}.$$

Щоб точніше виміряти масу m краплі, у посудину набирають багато крапель і ділять загальну масу M на їх кількість n .

Для вимірювання діаметра шийки краплі, при якій крапля ще не відривається, її освітлюють розбіжним пучком світла і на екрані одержують тінь на екрані. За допомогою міліметрового паперу, приклеєного до екрана, можна виміряти розміри тіней шийки і трубки. Якщо зовнішній діаметр трубки D' , то розміри тіні більші за діаметр у $\frac{D'}{D}$ разів. Очевидно, у стільки ж разів буде збільшений розмір тіні

шийки d' від діаметра шийки d : $\frac{D'}{D} = \frac{d'}{d}$, звідки:

$$d = \frac{D}{D'} d' \quad (2)$$

Остаточна формула для посереднього вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу рідини:

$$\sigma = \frac{(M_2 - M_1) \cdot g}{\pi d n},$$

де M_1 – маса порожньої посудини, M_2 маса посудини з n краплями води.

Опис приладу

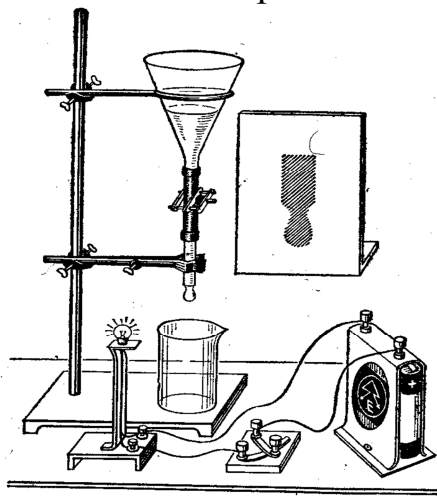
Прилад для цієї роботи показано на мал. 6: закріплена в штативі крапельниця складається з лінійки, гумової трубки, затискача і складної трубки. Кінець трубки плоско відшліфований і повністю змочуваний. З одного боку трубки встановлено освітлювач (електричну лампочку, що живиться від батарейки кишенькового ліхтарика), а з другого – екран, до якого прикріплено міліметровий папір.

Порядок виконання роботи:

1. Визначити і записати характеристики засобів вимірювання, що використовуються в роботі.

2. Виміряти штангенциркулем зовнішній діаметр трубки D і масу посудини M_1 , у яку стікатимуть краплі.

3. Затиснути гумову трубку крапельниці, налити в лійку води. Підставити під крапельницю хімічну склянку. Регулюючи затискачем, добитися повільного витікання крапель. Розмістити освітлювач і екран так, щоб тінь від краплі й кінця трубки на екрані була чіткою. Підставити склянку з виміряною масою і відлічити 20 крапель. Після того виміряти масу посудини з краплями M_2 .



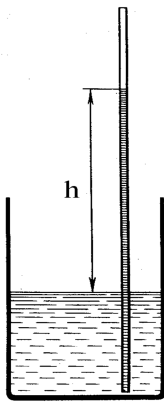
Мал. 6

4. Спостерігаючи за рухом крапель на екрані, виміряти d' і D' . За максимальну абсолютну похибку вимірювання d' прийняти ± 3 мм. (під час вимірювання d' потрібно оцінити випадкову похибку, а для цього треба виміряти діаметр шийки кожної падаючої краплі і знайти середнє його значення, обчислити середню арифметичну похибку вимірювання і після того оцінити максимальну похибку результату вимірювання і після того оцінити максимальну похибку вимірювання діаметра шийки краплі. Для спрощення роботи цього не робимо).

5. Результати вимірювання

D, d', D', M_1, M_2 і n записати в таблицю.

6. Обчислити коефіцієнт поверхневого натягу дистильованої води.



Мал. 8

в) Вимірювання поверхневого натягу води способом піднімання рідини в капілярі

Під час вимірювання σ другим методом капілярну трубку опускають у склянку з водою і вимірюють висоту підняття води h у капілярі.

Рідина піднімається в капілярі доти, поки сила поверхневого натягу F зрівноважить силу тяжіння $F_{\text{тяж}}$ яка діє на підняту воду:

$$\pi D \sigma = \frac{\rho \pi D^2 h g}{4}.$$

Звідси:

$$\sigma = \frac{\rho g h D}{4} \quad (4)$$

де ρ – густина рідини, g – модуль прискорення вільного падіння, h – висота піднімання рідини в капілярі, D – діаметр капіляра.

Масу води вимірюють за допомогою терезів, внутрішній діаметр скляної трубки – вимірювальним клином і штангенциркулем, висоту піднімання води в капілярі – вимірювальною лінійкою, діаметр капіляра – голкою і штангенциркулем.

Порядок виконання роботи:

1. Підготуйте в зошиті таку таблицю для записування результатів вимірювань і обчислень:

№ досліду	$\rho, \text{кг/м}^3$	$h, \text{м}$	$D, \text{м}$	$\sigma, \text{Н/м}$	$\Delta \sigma$	$\varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{\sigma}$

2. За допомогою голки і штангенциркуля виміряйте, діаметр капіляра.

3. Опустіть капіляр у воду і виміряйте висоту її піднімання в капілярі.

4. Обчисліть поверхневий натяг води за формулою (4).

5. Повторіть вимірювання кілька разів і знайдіть середнє значення. Результати вимірювань запишіть у таблицю.

6. У цій роботі оцінити похибки вимірювань дуже важко (подумайте чому), тому треба порівняти знайдені вами значення з табличними.

7. Порівняйте результати вимірювань різними методами і зробіть висновок.

2. Визначення модуля пружності гуми

Один із способів вимірювання модуля пружності ґрунтується на виконанні закону Гука:

$$\sigma = E\varepsilon.$$

Найпростіше виміряти модуль пружності гуми, оскільки вона починає деформуватися навіть при невеликих навантаженнях.

Обладнання: набір тягарців, вимірювальна лінійка з міліметровими поділками, штатив, гумовий зразок.

Порядок виконання роботи:

1. Виміряти товщину $\left(b = \frac{B}{N}\right)$ і ширину $\left(a = \frac{A}{N}\right)$ зразка з прямокутним перерізом або діаметр зразка з круглим перерізом.
2. Підвісити зразок за один з кінців на штативі і підкріпити до його нижнього кінця штатив із набору тягарців.
3. Нанести на середній частині зразка олівцем дві тонкі позначки на відстані близько 30 см одна від одної.
4. Виміряти початкову відстань l_0 між позначками.
5. Навантажити зразок тягарцями, записати їх масу m і виміряти їх відстань l між позначками.
6. Результати вимірювань записати в таблицю.
7. Обчислити площу перерізу S в деформованому стані, виходячи з того, що об'єм гуми збільшується на незначну величину і при малих деформаціях: $S_0 l_0 = S l$; $S = \frac{S_0 l_0}{l}$; $\sigma = E\varepsilon$.

$l, м$	$a, м$	$b, м$	S	$m, кг$	σ	l_0	Δl	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$	$S_0 = ab$
				0.01					
				0.02					
				0.03					
				0.04					
				0.05					
				0.06					
				0.07					
				0.08					
				0.09					
				0.1					

8. Побудувати графік $\sigma = f(\varepsilon)$.

З графіка визначити модуль пружності гуми $E - ?$; $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$