

ТВОРЧІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ В ПРОЦЕСІ ОСВОЄННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ «НАВЧАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ ІТМ»

Литвинов Ю.В.,

доцент,

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

У статті висвітлюються приклади постановки творчих завдань, з використанням комп'ютерного вимірювального комплексу «Навчальна лабораторія ІТМ».

В статье освещаются примеры постановки творческих задач, с использованием компьютерного измерительного комплекса «Учебная лаборатория ИТМ».

The article highlights examples of creative tasks, using computer measuring complex «Educational Laboratory ITM.»

На основі комп'ютерних технологій розроблено ефективні інструментальні засоби проведення навчального експерименту. Комп'ютерний вимірювальний комплекс - багатофункціональний вимірювальний прилад, що дозволяє суттєво розширити коло навчальних експериментів за рахунок гнучкості програмного забезпечення та можливостей апаратної складової. Позитивний ефект від таких засобів не може бути реалізований повною мірою без належної підготовки педагогічних кадрів. Постановка навчального експерименту не повинна обмежуватися репродуктивною діяльністю вчителя з повторення загальних методик його проведення. Використання приладу у нестандартних режимах роботи, розробка експериментальних установок та проведення з їх допомогою досліджень, розвиває творчі здібності майбутнього вчителя фізики.

Особливістю творчих завдань є те, що такі завдання формулюються не у вигляді умови задачі, а у вигляді проблеми, яку потрібно вирішити [1]. Результатом роботи може бути проведене дослідження, розроблений пристрій, запропонований спосіб, тощо. Досвід показує, що творче завдання, як правило, передбачає вирішення цілої низки нових для студента проблем. Це, насамперед, пов'язано з необхідністю не тільки розробити лабораторну установку, датчик або знайти новий спосіб їх використання, а й випробувати їх у навчальному експерименті. В ході виконання творчого завдання студенти отримують досвід виконання експериментальних, дослідницьких, винахідницьких, конструкторських та раціоналізаторських робіт [2;3].

В статті висвітлюються приклади постановки творчих завдань, з використанням комп'ютерного вимірювального комплексу «Навчальна лабораторія ІТМ».

Завдання формулюється таким чином, щоб його виконання призвело до розширення меж застосування вимірювального комплексу шляхом розробки нових експериментальних установок та методик проведення експериментів. Процес вирішення творчого завдання включає всі стадії наукового пізнання. Після формулювання проблеми студенти обговорюють її і висувають гіпотези з можливих способів вирішення. На цьому етапі

колективна праця є більш ефективною, ніж індивідуальна, тому, що відбувається актуалізація знань та досвіду групи людей. За таких умов, знання ефективніше передаються між учасниками колективу, а до роботи залучаються всі його члени. Після усвідомлення сенсу завдання та висування гіпотез з розв'язання, складають план його виконання. Подальша робота пов'язана з побудовою моделі бажаного результату. Залежно від індивідуальних особливостей, студенти створюють теоретичну (формули, розрахунки) або фізичну (принципова схема, малюнок прототипу, діючий макет) модель, проводять пошуковий експеримент з допомогою прототипу розробленого приладу або лабораторної установки. Одним із важливих етапів виконання завдання є конструювання установки для проведення експерименту. Студенти самі повинні вирішити, які прилади, обладнання та матеріали будуть потрібні для проведення робіт. Такий підхід робить менш визначеними шляхи виконання завдання і потребує додаткових творчих зусиль. Оскільки творче завдання вирішується в межах навчального процесу, потрібно слідкувати за темпом його виконання. Складне завдання може сповільнити або зупинити процес. Це призводить не тільки до втрат робочого часу, а й інтересу до самого завдання. Якщо робота зайшла у «глухий кут», слід надати студентам підказки. Однак, потрібно обов'язково проаналізувати, які фактори спричинили до гальмування творчого процесу.

Дослідження пружинного маятника.

У шкільному курсі фізики формули, за небагатьма винятками, подаються без математичного виводу. Часто, такі формули є спрощеними. Спрощена формула має межі використання, що повідомляються вчителем під час їх вивчення. Психологічні особливості сприйняття математичних формул полягають у тому, що вони сприймаються учнями, як ідеальна математична модель що описує фізичний закон. При цьому, з поля зору зникають важливі деталі. Звичайно, межі шкільної програми не передбачають більш глибокого вивчення предмету, однак, вивчення меж використання формул, що описують фізичні закони, суттєво розширює світогляд майбутнього вчителя. Додатковий інтерес, до проблеми полягає в тому, що, незважаючи на простоту вирішення завдання, в методичній літературі практично відсутня інформація що дає відповідь на поставлене питання. Творчі завдання з визначення меж використання формул, або їх уточнення допомагають глибше зрозуміти сутність фізичних явищ та процесів, набути досвід експериментального та теоретичного методів досліджень.

Завдання: Експериментальним шляхом визначити внесок пружини у коливальний процес, та уточнити формулу визначення періоду коливань пружинного маятника. Довести правильність результатів теоретично.

Прилади та обладнання: Датчик «Динамометр»; терези аналітичні; пружини – 2-3 шт. (k пружності 20-50 Н/м.); набір важків 10 – 100 г.; штатив з лапкою.

Період коливань пружинного маятника визначають за формулою:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \text{ де}$$

T -період коливань маятника; m -маса важка; k - жорсткість пружини.

Зазначається, що формула є наближеною, бо не враховує маси пружини. Пружинний маятник складається з пружини, до якої прикріплено важок. Один кінець пружини закріплено до нерухомої опори. Під час коливань, закріплений кінець пружини залишається нерухомим, а інший - здійснює коливання разом з важком. З віддаленням від важка, амплітуда коливань витків пружини поступово зменшується. Отже, пружина частково задіяна у коливальному процесі (рисунок 1).

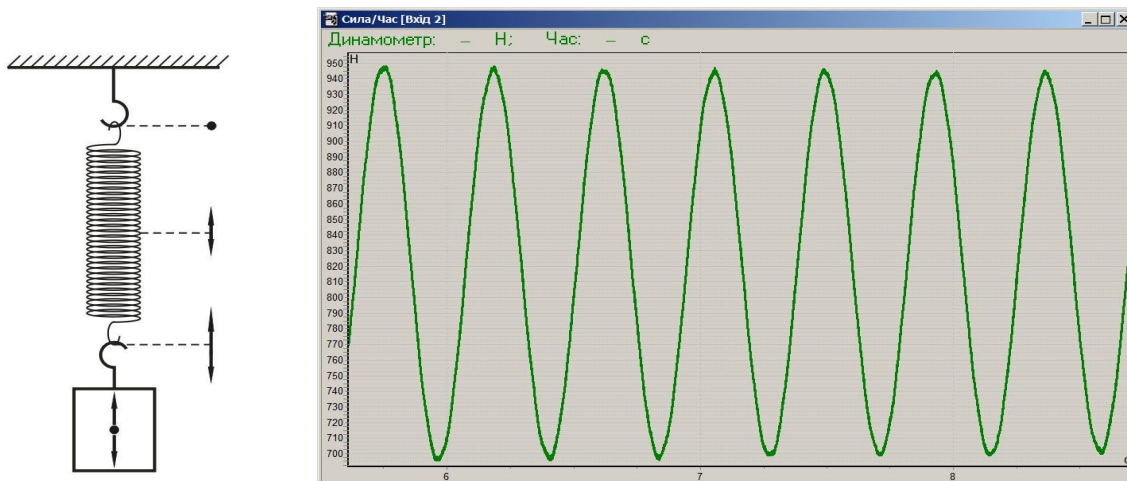


Рисунок 1. Схема пружинного маятника (витки пружини задіяні в коливальному процесі) та крива коливального процесу.

Якщо врахувати внесок пружини у коливальний процес маятника, вказану формулу можна записати у вигляді:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_a + m_{\text{эф}}}{k}}; \text{ де } m_{\text{эф}} - \text{внесок пружини у коливальну систему.}$$

Ефективну масу пружини, що задіяна у коливальному процесі можна знайти двома способами. Перший спосіб передбачає вимірювання періоду коливань і жорсткості пружини. У другому способі вимірюється лише період коливань маятника, а ефективну масу пружини знаходять за результатами двох вимірювань періоду з різними важками. Другий спосіб більш прийнятний, бо не потребує точного вимірювання коефіцієнту жорсткості пружини.

Пружину підвішуємо на гачок динамометра, а потім, змінюючи масу важків, знімаємо криві коливального процесу.

Період коливань визначаємо за віссю часу, наводячи курсор на точки з однаковою фазою. Точність вимірювань значно підвищиться, якщо виміряти проміжок часу, за який маятник здійснить декілька коливань і поділити на їх кількість. Наприклад, якщо взяти 20 коливань, точність вимірювання сягне четвертого знаку після коми. Якщо витки пружини у підвішеному стані не прилягають щільно одне до одного, вона зможе коливатися з власною частотою без зовнішнього навантаження.

Результати занесемо у таблицю:

№ експерименту	1	2	3	4
Маса важка (г)	0	20	100	200
Період коливань T (с)	0,108	0,169	0,317	0,436
T^2	0,01166	0,029	0,100	0,190
$m = m_{\text{в}} + m_{\text{еф}}$	13,5	33,5	113,5	213,5

Скористаємося даними вимірювань. Позначимо різні періоди через T_1 і T_2 .

Тоді $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 + m_{\text{еф}}}{k}}$; $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_2 + m_{\text{еф}}}{k}}$. Возведемо обидва вирази у квадрат і

поділимо одне на друге.

Середнє значення $m_{\text{еф}}$ за вказаними даними – 0,0135кг., або 13,5 г. З цих же виразів визначаємо величину коефіцієнту жорсткості пружини $k = 45,66 \text{ Н/м}$.

Маса пружини, визначена з допомогою аналітичних терезів – 41 г. Отже, ефективна маса пружини, що робить внесок у коливальну систему становить 0,3293 від загальної маси, це приблизно її третина.

Натупним кроком дослідження буде побудова графіку за даними вимірювань у координатах $T^2(m_{\text{в}})$ (рисунок 2).

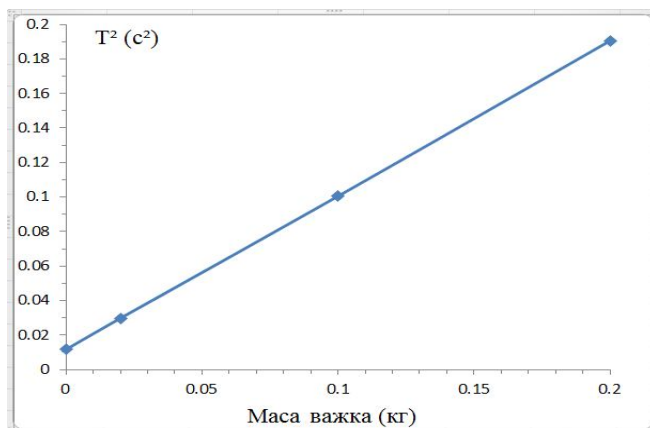


Рисунок 2. Залежність квадрату періоду коливань пружинного маятника від маси важка.

Оскільки $T^2 = \frac{4\pi^2}{k} (m_{\text{в}} + m_{\text{еф}}) = \frac{4\pi^2 m_{\text{в}}}{k} + \frac{4\pi^2 m_{\text{еф}}}{k}$, за графіком визначимо коефіцієнт жорсткості пружини k та її ефективну масу.

Вертикальну вісь графік перетинатиме у точці $\frac{4\pi^2 m_{\text{сп}}}{k}$; а тангенс кута нахилу з горизонтальною віссю становитиме $\frac{4\pi^2}{k}$.

Проведемо аналогічні вимірювання та обчислення для пружин іншої маси та жорсткості.

За даними експерименту можна зробити висновок: формула, що описує коливальний процес пружинного маятника з урахуванням маси пружини має наступний вигляд:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_{\text{сп}} + 1/3 m_{\text{сп}}}{k}}$$

Вирішимо завдання теоретичним методом і порівняємо з даними експерименту.

Розглянемо найпростіший випадок, коли пружина здійснює коливальні рухи без важка. Коливальний процес характеризується збереженням енергії, тому можна записати:

$$\frac{m_{\text{сп}} v^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

Зрозуміло, що кожен елемент пружини буде мати свою швидкість руху, яка буде зменшуватися з максимальної (вільний кінець пружини) до «0» - (верхній кінець пружини). В довільній точці елемент пружини має швидкість $v_l = \frac{l}{L} v$, де l - відстань від точки підвісу до елемента пружини, L - довжина пружини. Маса елемента пружини $m_l = \frac{m_{\text{сп}}}{L} dl$. Відповідна кінетична енергія цього елемента буде:

$$dE_k = \frac{m_{\text{сп}}}{2L} \left(\frac{l}{L}\right)^2 v^2 dl$$

Інтегруючи отриманий вираз в межах від 0 до L , отримаємо:

$$E_k = \frac{m_{\text{сп}}}{2L^2} v^2 \int_0^L l^2 dl = \frac{m_{\text{сп}} v^2}{2 \cdot 3} \quad \text{тоді} \quad \frac{m_{\text{сп}} v^2}{2 \cdot 3} = \frac{kx^2}{2}$$

Таким чином, у коливальному процесі пружини задіяна $1/3$ її гравітаційної маси. Дані теоретичних розрахунків та експерименту привели до однакового результату. Отже, ми отримали формулу, що враховує внесок пружини у коливальну систему пружинного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_{\text{сп}} + 1/3 m_{\text{сп}}}{k}}$$

Вимірювання температурних залежностей опору металів та напівпровідників.

Перед виконанням завдання, окрім вміння користуватися вимірювальним комплексом, слід повторити матеріал про принципи вимірювання електричних величин та

провести вимірювання з використанням комплексу шкільного демонстраційного гальванометра. В демонстраційних експериментах електричний опір визначають користуючись законом Ома. На рисунку 3 показано схему підключення приладів для дослідження вольт – амперних характеристик та визначення опору R досліджуваного зразка (металевий дріт, резистор тощо). За аналогічною схемою підключаються й датчики струму та напруги.

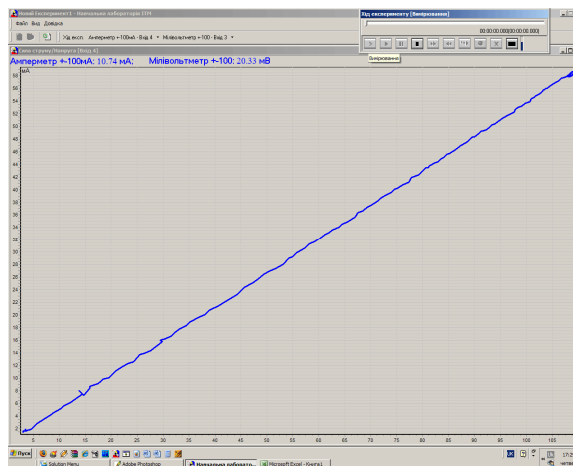
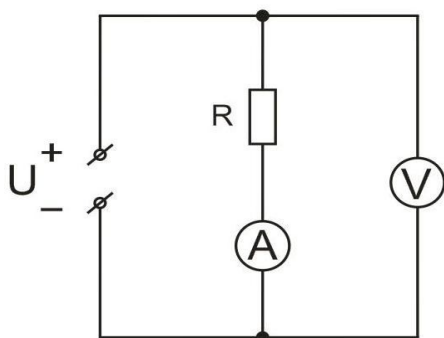


Рисунок 3. Електрична схема вимірювальної установки та вольт – амперна характеристика спіралі лампочки розжарювання при протіканні малих струмів.

Змінюючи напругу джерела струму, вимірюють її падіння на зразку і силу струму у колі. Дані вимірювань відображують у вигляді графіку залежності струму у колі від напруги на досліджуваній ділянці (рисунок 1 зправа), або у вигляді графіків струму і напруги у часі. За графіком можна визначити опір ділянки електричного кола у будь – якій точці кривої. Дані вимірювань можна експортувати до електронних таблиць, обчислити значення опору та побудувати графік залежності опору зразка від напруги на ньому, струму у колі, його температури тощо. Якщо опір зразка змінюється під час вимірювання (наприклад, від температури), то бажано одразу отримати графік температурної залежності опору, а не витрачати час на обчислення опору та побудову графіку у електронних таблицях Excel.

Завдання:

1. Запропонувати спосіб прямого вимірювання опору з допомогою датчиків базового комплексу комп’ютерного вимірювального комплексу «Фізика»;
2. Створити установку для вимірювання температурних залежностей опору металів та напівпровідників;
3. Зняти температурну залежність опору напівпровідникового терморезистора.

1 Варіант вирішення завдання.

З закону Ома для замкненого кола $I = \frac{E}{r+R}$ витікає, що падіння напруги на ділянці кола пропорційне опору ділянки.

$$E = I * r + I * R; \text{ або } E = U_r + U_R.$$

Якщо внутрішній опір джерела струму набагато менший за опір навантаження, $r \ll R$, то напруга на зовнішній ділянці кола буде практично дорівнювати ЕРС джерела

$U_R \approx E \approx \text{Const}$. Інакше кажучи, зміна опору зовнішньої ділянки кола призведе до зміни струму у колі, а падіння напруги залишатиметься практично сталим. Таким чином, струм у колі становитиме: $I \approx \frac{1}{R} * \text{Const}$. Знаючи напругу джерела живлення і вимірюючи струм у колі, можна визначити опір зовнішньої ділянки: $R \approx \frac{1}{I} * \text{Const}$. Джерелом з малим внутрішнім опором є стабілізатор напруги. На практиці можна використовувати як регульовані джерела напруги, так і джерела сталої напруги. Мінімальне значення напруги більшості стабілізаторів дорівнює 1,25 В.

Із сказаного вище витікає, що для визначення електричного опору можна використовувати датчик струму, відкалібрований у одиницях опору за умови сталої напруги джерела ЕРС.

2 Варіант вирішення завдання. Розглянемо випадок, коли внутрішній опір джерела ЕРС набагато більший за опір зовнішнього кола $r \gg R$. Зміна опору R не призведе до значної зміни струму у колі. Тоді $R = \frac{U}{I} \approx U * \text{Const}$. Для постановки досліду скористуємося електронним генератором (стабілізатором) струму. Генератор струму з комплекту «ІТМ – Електрика» забезпечує протікання стабільного струму у колі при зміні опору кола у сотні разів. Струм встановлюється в межах 0,5 – 4 мА. Таким чином, за умови постійного струму, для вимірювання електричного опору, можна використовувати датчик напруги, здійснивши його градуювання у одиницях опору.

Перевірка працездатності датчиків.

Перший варіант датчика опору створено на основі амперметра 0- 100 мА. Стабілізатор напруги встановлено на мінімальну напругу 1,25 В. На етапі градуювання першого датчика з'ясовується, що для забезпечення точності нелінійного датчика, потрібно дуже ретельно попрацювати. Для градуювання такого датчика нам буде потрібно мати якомога більшу кількість точок у таблиці, що потребує багато часу. Роздільна здатність датчика у межах діапазону вимірювання сильно змінюється, тому в реальному експерименті він буде малоприматним через нераціональне використання робочого діапазону АЦП. Калібровочний графік показано на рисунку 4 (зліва).

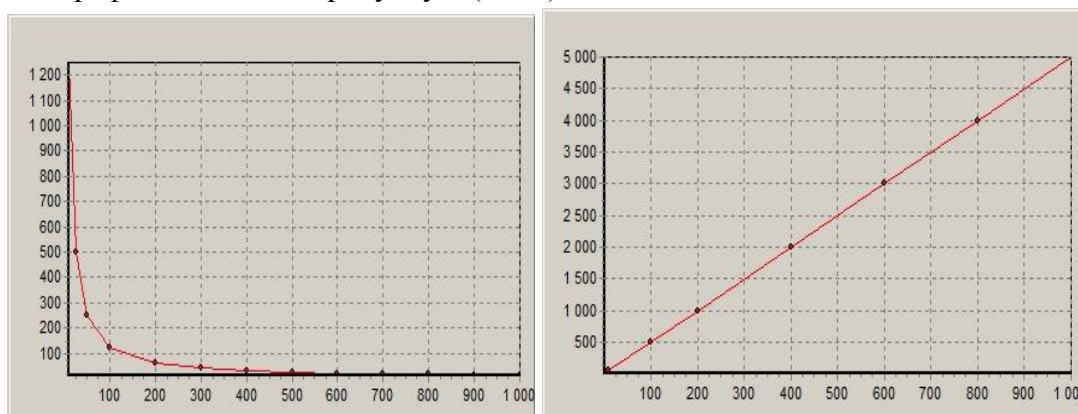


Рисунок 4. Графіки градуювання датчиків опору, створених на основі датчика струму (лівий) та датчика напруги (правий). На графіках по осі «Х» відображено покази АЦП, а по осі «У» - значення еталонного опору.

Мінімальний опір, який можна виміряти з допомогою такого датчика 12,5 Ом, максимальний – 1250 Ом. Перехід у інший діапазон вимірювання забезпечується зміною

напруги стабілізатора. Для розширення діапазону вимірювання вбік збільшення вимірюваного опору, треба збільшити напругу джерела живлення і створити додаткову таблицю градувань.

Графік градування другого датчика показано на рисунку 4 (зправа). Датчик є лінійним. Для градування достатньо двох точок (двох еталонних опорів). Основою датчика обрано вольтметр з межами вимірювання 0-5 В. Генератор струму встановлено на 1 мА. Схему вимірювання опору показано на рисунку 5 зліва. Межі вимірювання опору 5 Ом – 5 кОм.

Експериментальним шляхом визначаємо, що омметр на основі вольтметра більш придатний для проведення вимірювань.

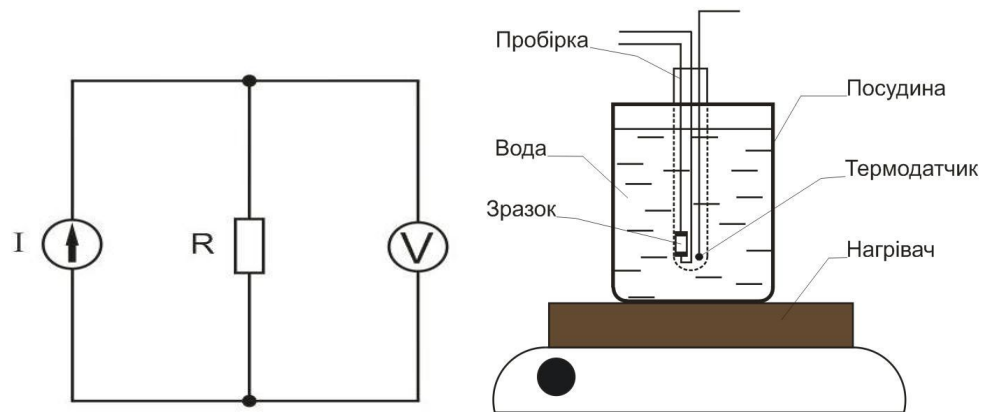


Рисунок 5. Електрична схема кіл вимірювання опору та схематичне зображення лабораторної установки.

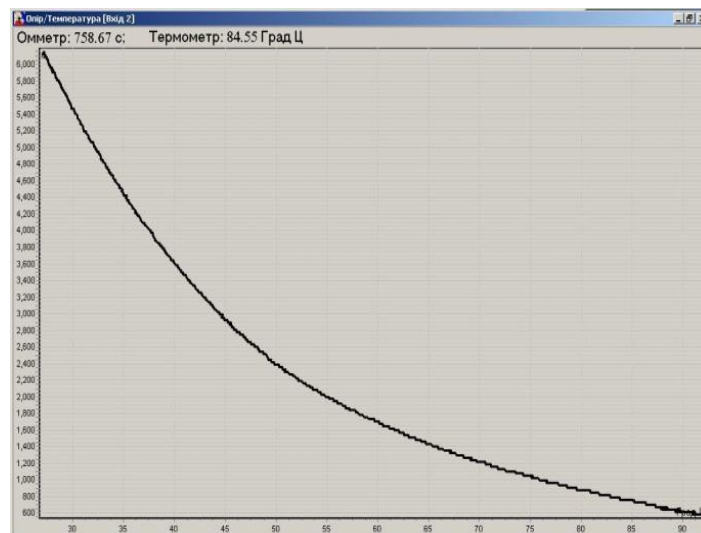


Рисунок 6. Залежність опору напівпровідникового терморезистора від температури.

На рисунку 6 показано графік залежності опору напівпровідникового терморезистора від температури. За даними вимірювань, відображеними на графіку, видно, що зміна температури в межах 30 – 90 °С призводить до зменшення опору майже у 10 разів. Подальша обробка даних вимірювання дозволяє обчислити ширину забороненої зони напівпровідникового матеріалу, з якого виготовлено терморезистор. У нашому випадку вона складає: $F = 0,8 \text{ eВ}$.

Створення демонстраційної установки для дослідження закону витікання рідини через отвір у дні циліндричної посудини.

Завдання. Запропонувати способи вимірювання кількості води у посудині у будь-який момент часу з використанням датчиків базового комплекту «Навчальна лабораторія «ІТМ»». Виготувати установку та експериментальним шляхом вирішити задачу про витікання рідини через отвір у посудині. Підтвердити результати експерименту шляхом теоретичних розрахунків.

В ході виконання дослідження, студенти повинні:

- Створити демонстраційну установку;
- Запропонувати спосіб вимірювання необхідних фізичних величин;
- Визначити, за якими законами змінюються маса води в посудині, тиск на дні посудини, висота рідини;
- Порівняти результати вимірювань з теоретичними розрахунками.

Першим кроком виконання завдання буде створення експериментальної установки. Для саморобної установки підійде металевий, або пластиковий циліндричний балончик від побутових рідин. Якщо установка буде використовуватись для проведення демонстрацій, посудину виготовляють з прозорого пластику, а воду підфарбовують. Біля верхнього краю циліндру роблять отвори для підвісу, а у дні – отвір для витікання рідини. Схему експериментальної установки та її фото, показано на рисунку 7. Діаметр отвору повинен забезпечити витікання рідини протягом певного відрізка часу (20 – 60 секунд). При малому діаметрі отвору рідина витікатиме дуже повільно, а при великому - призведе до стрімкого вилу води що збільшить похибки вимірювань. З огляду на те, що установку призначено для проведення демонстрацій та отримання даних для постановки експериментальних завдань, оптимальний час вимірювання становитиме 20 – 30 секунд. Студенти можуть підібрати розмір отвору експериментальним шляхом. Для цього потрібно просвердлити отвір і виміряти час витікання води. Якщо його діаметр не відповідає вказаним вимогам, його заклеюють пластиліном а поруч просвердлюють інший.

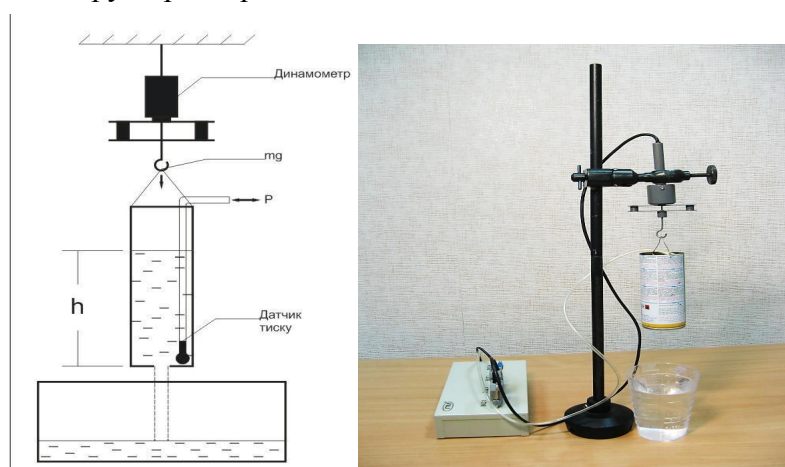


Рисунок 7. Схема та фотографія установки для дослідження закону витікання рідини з циліндричної ємності через отвір в її дні.

Експериментальний спосіб визначення діаметру отвору не є раціональним. Тому, для орієнтовного визначення діаметру отвору доцільно вирішити задачу теоретично. Швидкість витікання води з отвору у дні посудини описується формулою:

$v = 0,6\sqrt{2gh}$, де h – висота шару рідини над отвором. Протягом малого проміжку часу dt , висота шару води зменшиться на dh . Якщо посудина має форму циліндру, з площею основи S то об'єм рідини, що витече через отвір, площею S_o , дорівнюватиме:

$-Sdh = S_o v dt = S_o 0,6\sqrt{2gh} dt$ знак «-» показує, що висота стовпа рідини зменшується.

Звідси $\frac{dh}{dt} = -\frac{S_o}{S} 0,6\sqrt{2gh}$. Ров'язання отриманого рівняння дає можливість визначити величину радіусу отвору у посудині, за якої вода повністю витече протягом бажаного проміжку часу.

$$r = \sqrt{\frac{10\sqrt{H}}{3\sqrt{2g}} \cdot \frac{R^2}{t}}$$

Підставляючи значення:

H - максимальна висота шару води у посудині – 0,11 м;

g - прискорення вільного падіння $9,81 \text{ М/с}^2$;

R - радіус посудини – 0,023 м;

t - бажаний час повного витікання води з посудини – 30 с,

отримаємо $r = 0,002$ м, або 2 мм.

Дані експерименту та розрахунку слід зіставити.

Наступний етап вирішення завдання – вимірювання та отримання графіків зміни параметрів у часі. При витіканні води з отвору зменшується такі параметри: маса води у посудині; об'єм води; висота шару води; сила тяжіння, що діє на воду; тиск біля дна посудини. Вказані параметри пов'язані між собою простими формулами. Тому, вимірюючи тиск біля дна посудини, можна легко визначити висоту шару води, а вимірюючи силу тяжіння - масу води. На графіках (Рисунок 8) показано, як змінюються тиск і маса води в посудині з плином часу.

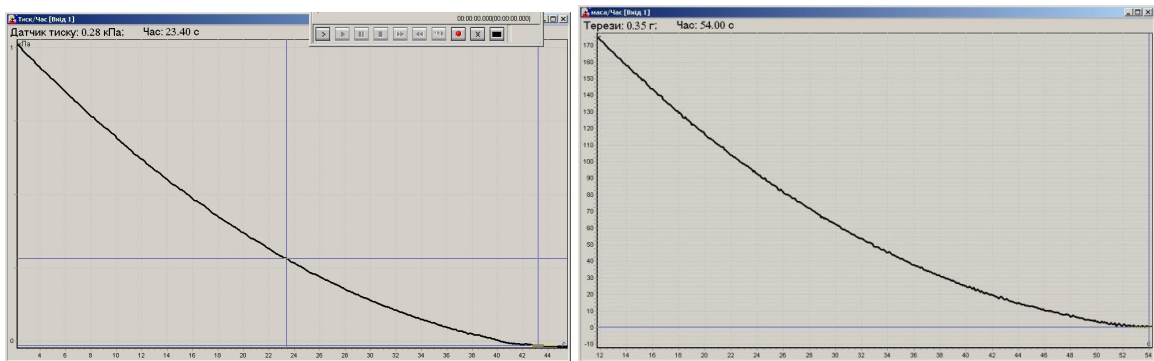


Рисунок 8. Графік залежності тиску води біля дна посудини від часу (зліва) і залежності маси води від часу (зправа).

У наведеному нами прикладі, величина отвору була меншою, і становила 1,5 мм., а час повного витікання рідини приблизно дорівнював при $H = 0,11$ м. $t = 42$ секунди.

Використання творчих завдань в підготовці майбутніх вчителів фізики спрямовано на розв'язання проблем різного типу. Вирішення експериментальних, дослідницьких, винахідницьких, конструкторських та раціоналізаторських завдань поглиблює знання у галузі фізики, розширює світогляд та допомагає опанувати експериментальний метод дослідження. Досвід Вирішення завдань творчого характеру допоможе майбутньому вчителю отримати навички постановки та проведення навчального демонстраційного експерименту, є важливим чинником успішної роботи.

Список використаної літератури

1. Разумовский В.Г. Творческие задачи по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1966. – 154 с.
2. Творчі задачі з фізики /А.А. Давиденко // Вісн. Житомир. держ. ун-ту ім. І. Франка.- 2004.- №14.- С.101-104.
3. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. – М.: Педагогика, 1981. – 186с.