

Вказівки до розв'язку:

Виготовляємо з риболовецької волосіні та порожніх пляшок маятники максимально можливої довжини, підбираємо довжину маятників так, щоб вони тривалий час (хоча б 10-20 коливань) коливалися синхронно.

Для підвищення точності вимірювань треба:

- по-перше, довжину волосіней кожного маятника беремо якомога найдовшою (для цього пляшки мають бути нижче рівня столу і ближче до підлоги;

- по-друге, щоб виключити обертання та зіткнення пляшок спочатку за допомогою шматочків сірника підвішуємо кришки обох пляшок (на одній висоті) через отвір в центрі, а вже потім накручуємо їх на пляшки.

- початкове відхилення маятників від положення рівноваги не має бути занадто великим.

Заповнюємо одну пляшку водою, синхронно запускаємо маятники, рахуємо коливання порожньої пляшки та спостерігаємо за різницею фаз коливань. Коливання рахуємо до тих пір, поки обидва маятники знов не будуть рухатися синхронно. У цей момент часу маятник з порожньою пляшкою зробив  $N_0$  коливань, а маятник з заповненою пляшкою —  $N_1 = N_0 - 1$  коливань.

Оскільки  $T = \frac{t}{N}$ , відношення періодів

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{N_0}{N_1} = \frac{N_0}{N_0 - 1}.$$

Наприклад, при  $N_0 = 20$  маємо  $\frac{T_1}{T_0} = \frac{20}{20-1} \approx 1,05$ .

Враховуючи, що період коливань нитяного маятника пропорційний  $\sqrt{\ell}$ , де  $\ell$  — довжина маятника, можна отримати:

$$\frac{T_1}{T_0} = \sqrt{\frac{\ell_1}{\ell_0}}, \text{ або } \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^2 = \frac{\ell_1}{\ell_0} = \frac{\ell_0 + \Delta\ell}{\ell_0} = 1 + \frac{\Delta\ell}{\ell_0},$$

$$\text{звідки } \frac{\Delta\ell}{\ell_0} = \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^2 - 1 = \left(\frac{N_0}{N_1}\right)^2 - 1 = \left(\frac{N_0}{N_0 - 1}\right)^2 - 1.$$

У розглянутому раніше прикладі  $\frac{\Delta\ell}{\ell_0} = \left(\frac{20}{20-1}\right)^2 - 1 \approx 0,11$ .

Оцінимо відносну похибку вимірювань. Оскільки кількість коливань, за які коливання маятника з водою відстають на один період визначається цілим числом с похибкою  $\pm 1$ , маємо

$$\varepsilon\left(\frac{T_1}{T_0}\right) = \frac{\Delta N}{N_0} = 0.05,$$

$$\varepsilon\left(\frac{\Delta\ell}{\ell_0}\right) = 2 \frac{\Delta N}{N_0} = 0.1.$$

## Вказівки до задачі №2 експериментального туру 8 клас

### 1. Теоретичне обґрунтування

*з умови рівномірного руху заціпки*

Коефіцієнт тертя дерева по паперу визначаємо з умови рівномірного руху прищипки по аркушу паперу.

а) по горизонтальній поверхні (рис.1):  $mg = \mu \cdot N$ ;  $N = Mg$ ;  $\mu = m/M$

б) по похилій площині  $\mu = h/L$  (рис.2)

Силу, стиснення паперу заціпкою визначаємо з наступних міркувань:

а) аркуш паперу у заціпці притискається з двох сторін силами

$T_1 = T_2 = T$ , руху паперу

протидіють дві сили тертя  $F_1 = F_2 = F = \mu T$

б) розташували папір вертикально намагаємось витягнути папір з заціпки,

врівноважуючи силу тертя вагою стаканчика з сіллю: 2

$\mu T = (m_{\text{ст}} + \Delta m)g$ , де  $m_{\text{ст}}$  – маса

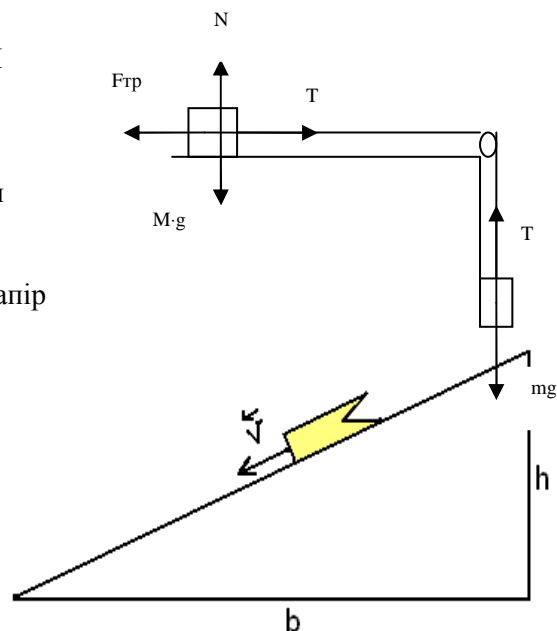
пластикового стаканчика зі скотчем,  $\Delta m$  – маса солі.

*з умови рівноваги важеля*

Силу, з якою одна частина (верхня) тисне на другу (нижню), визначаємо застосовуючи важіль. Момент сили тяжіння, який створює стаканчик з сіллю відносно центру кріплення заціпки має врівноважити момент сили тиску відносно цього центру

а)  $T \cdot L_1 = (m_{\text{ст}} + \Delta m)g \cdot L_2$ ; де  $L_1$  і  $L_2$  – плечі відповідних сил.  $T = (m_{\text{ст}} + \Delta m)g \cdot L_2 / L_1$

б) оскільки сили діють на папір з двох боків, то сила, що стискає дорівнює  $2T = 2(m_{\text{ст}} + \Delta m)g \cdot L_2 / L_1$



### 2. Виконання роботи.

*Перший спосіб вимірювання  $\mu$*

а) до горизонтальної поверхні (столу) скотчем прикріплюємо смужку паперу, на якому розташовуємо заціпку з ниткою; нитку слід пропустити через середину кріплення заціпки;

б) для того щоб позбутись впливу тертя нитки по паперу треба підкласти щось,

наприклад, ручку, різноважку, палець, тощо під нитку на краю столу

в) на терезах зважуємо заціпку

г) до вільного кінця нитки, що звисає зі столу, прикріплюємо важки з набору терезів так, щоб візуально досягти рівномірного руху заціпки по смужці

*Другий спосіб вимірювання  $\mu$*

а) щільно обгортаємо лінійку папером, закріплюємо скотчем та розташовуємо на ній

заціпку

б) підбираємо такий кут нахилу, при якому починається візуально рівномірне зісковзування заціпки по лінійці. Рух має починатись після легкого підштовхування

в) зафіксуємо висоту отриманої похилої площини у будь-який розумний засіб. Вимірюємо її висоту і основу.

*Вимірювання середньої сили затискання заціпки*

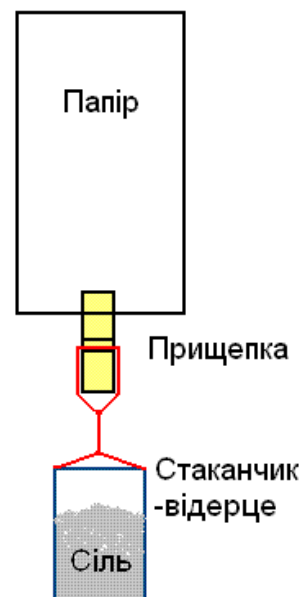
а) Використовуючи скотч, робимо зі стаканчика аналог відерця, до середини дужки якого прив'язуємо нитку, пропущену через середину кріплення заціпки.

б) Розташовуємо систему вертикально, утримуючи її за верхній кінець аркуша (див. рис.)

в) Ложкою підсипаємо сіль у стаканчик поки заціпка не прийде у рух

г) За цих умов зважуємо стаканчик з сіллю на терезах

*Другий спосіб вимірювання середньої сили затискання заціпки*



- а) Защіпку використовуємо як важіль, що може обертатись навколо центру скріплення защіпки.
- б) до витонченої кінцівки защіпки скотчем кріпимо імпровізоване відерце із сіллю і додаємо сіль до розчеплення губок прищіпки
- в) за цих умов зважуємо стаканчик з сіллю на терезах
- г) вимірюємо плечі сил відносно осі обертання

*Третій спосіб вимірювання середньої сили затискання защіпки*

Безпосередньо вимірюємо силу, з якою губки защіпки тиснуть одна на одну.

- а) верхню губку защіпки утримуємо нерухомою (у будь-який спосіб)
- б) до нижньої губки скотчем кріпимо імпровізоване відерце і додаємо у нього сіль, досягаючи початку її руху униз.
- в) за цих умов зважуємо стаканчик з сіллю на терезах

**Пам'ятаємо, що чисельні значення вимірювань другим і третім способом, треба подвоювати.**

**3. Обробка результатів**

- а) Повторюємо вимірювання кілька разів
- б) Результати оформлюємо у вигляді таблиці
- в) Розраховуємо чисельні значення  $\mu$  та  $T$
- г) Знаходимо середні значення

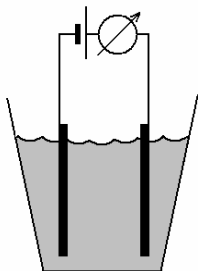
**4. Висновки**

- а) Якість експерименту оцінюємо по відхиленню величин, отриманих у експерименті, від їх середніх значень
- б) Визначаємо основні фактори впливу на результат окремого вимірювання
- в) Висновок про достовірність отриманих чисельних значень
- г) Яку силу отримано у експерименті і як вона співвідноситься з силою тертя ковзання.  
Межі застосування отриманого результату.

<b>Завдання експериментального туру IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики 2012 року</b> 9 клас	<b>Задания экспериментального тура IV этапа Всеукраинской олимпиады по физике 2012 года</b> 9 класс
<p><b>Завдання 1.</b></p> <p><b>Обладнання:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- дві смужки діелектрика, вкриті тонким шаром міді (до кожної смужки припаяний провідник);</li> <li>- міліметровий папір;</li> <li>- батарейка 4,5 В;</li> <li>- амперметр шкільний;</li> <li>- пластиковий стаканчик;</li> <li>- провідники;</li> <li>- серветка.</li> </ul> <p><b>Групове:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- годинник;</li> <li>- посудина із розчином мідного купоросу.</li> </ul> <p><b>Завдання:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- визначити товщину мідного шару;</li> <li>- вказати, які чинники вплинули на точність отриманих результатів;</li> <li>- оцінити точність метода визначення товщини шару.</li> </ul> <p><i>Довідка: електрохімічний коефіцієнт міді <math>3,3 \cdot 10^{-7}</math> кг/Кл; густина міді <math>8,9 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</i></p> <p><b>Вказівка.</b> Місцепайки в розчин не занурювати!</p>	<p><b>Задание 1.</b></p> <p><b>Оборудование:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- две полоски диэлектрика, покрытые тонким слоем меди (к каждой полоске припаян проводник);</li> <li>- миллиметровая бумага;</li> <li>- батарейка на 4,5 В;</li> <li>- амперметр школьный;</li> <li>- одноразовый стаканчик;</li> <li>- проводники;</li> <li>- салфетка.</li> </ul> <p><b>Групповое:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- часы;</li> <li>- сосуд с раствором медного купороса.</li> </ul> <p><b>Задание:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определите толщину медного слоя;</li> <li>- укажите, какие факторы повлияли на точность полученных результатов;</li> <li>- оцените точность метода определения толщины слоя.</li> </ul> <p><i>Справка: электрохимический эквивалент меди <math>3,3 \cdot 10^{-7}</math> кг/Кл; плотность меди <math>8,9 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</i></p> <p><b>Указание.</b> Место пайки в растворе погружать!</p>

**Вказівки до розв'язку завдання №1 експериментального туру (9 клас).**

1. Складається електричне коло з батарейки, вольтметра та двох електродів, частково занурених в електроліт (рис.).



2. Вимірюється залежність струму від часу до повного стравлення шару міді на поверхні однієї з діелектричних смужок та будується відповідна залежність струму  $I$  від часу  $t$  графічно.

3. З графіка залежності  $I(t)$  визначається заряд  $q$  як площа під кривою струму  $I$  над горизонтальною віссю  $t$ .

4. Використовуючи закон Фарадея для електролізу  $m = kq$  і враховуючи співвідношення між масою та розмірами тіла  $m = \rho Sd$ , визначаємо товщину

шару міді  $d$ , стравленого з поверхні смужки діелектрика:  $d = \frac{kq}{\rho S}$ , де  $k$  -

електрохімічний коефіцієнт міді,  $\rho$  - густина міді,  $S$  - площа витравленого шару міді, яка визначається за допомогою міліметрового паперу.

5. На точність отриманого результату впливатимуть: 1) точність вимірювання струму амперметром; 2) точність вимірювання часу годинником; 3) точність визначення площі;

- 4) неоднорідність стравлюваного шару; 5) нерівномірність протікання реакції електролізу.

6. Точність експерименту визначаємо як:  $\frac{\Delta d}{d} = \sqrt{\left(\frac{\Delta q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2}$ ,

де:  $\Delta I = 0,03$  А для даного амперметра,  $\Delta t = 1$  с,  $\Delta S = 1$  мм<sup>2</sup>. В такому випадку  $\frac{\Delta d}{d} \approx 10\%$ .

<b>Завдання експериментального туру IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики 2012 року</b> 9 клас	<b>Задания экспериментального тура IV этапа Всеукраинской олимпиады по физике 2012 года</b> 9 класс
<p><b>Завдання 2.</b></p> <p><b>Обладнання:</b> <u>Індивідуальне</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– прищипка дерев'яна для розвішування білизни;</li> <li>– пластиковий стаканчик;</li> <li>– пластикова чайна ложка;</li> <li>– лінійка;</li> <li>– аркуш паперу розміром А4;</li> </ul> <p><u>Групове</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– нитка швацька;</li> <li>– сіль кухонна;</li> <li>– вага з різновагами;</li> <li>– скотч;</li> <li>– ножиці.</li> </ul> <p>Додаткова інформація: Значення коефіцієнта тертя ковзання дорівнює відношенню висоти похилої площини до її основи під час рівномірного зісковзування тіла з цієї площини.</p> <p><b>Завдання:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити коефіцієнт тертя паперу по дереву.</li> <li>2. Визначити середнє значення сили, з якою притискаються одна до одної губки прищипки.</li> </ol> <p>Проаналізуйте отримані результати та зробіть відповідні висновки.</p>	<p><b>Задание 2.</b></p> <p><b>Оборудование:</b> <u>Индивидуальное:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прищепка бельевая деревянная;</li> <li>- пластиковый стаканчик;</li> <li>- линейка;</li> <li>- лист бумаги А4;</li> </ul> <p><u>Групповое:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нитки швейные</li> <li>- соль кухонная;</li> <li>- весы с разновесами;</li> <li>- пластиковая чайная ложечка;</li> <li>- скотч;</li> <li>- ножницы.</li> </ul> <p>Подсказка: коэффициент трения можно найти как отношение высоты наклонной плоскости к ее основанию, когда тело равномерно соскальзывает с этой наклонной плоскости.</p> <p><b>Задание:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определите коэффициент трения бумаги о дерево.</li> <li>2. Определите среднюю силу, которая прижимает губки прищепки друг к другу.</li> <li>3. Проанализируйте полученные результаты и сделайте соответствующие выводы</li> </ol>

#### Розв'язання:

Коефіцієнт тертя ковзання можна визначити методом рівномірного зісковзування дерев'яної прищипки по смужці паперу, яка покладена на лінійку. Лінійка при цьому має бути встановлена під певним кутом до площини столу. Для отримання числового значення коефіцієнта тертя ковзання потрібно виміряти висоту піднятого кінця лінійки над поверхнею столу  $h$  та основу  $b$  утвореного таким чином трикутника (рис.1). Тоді:

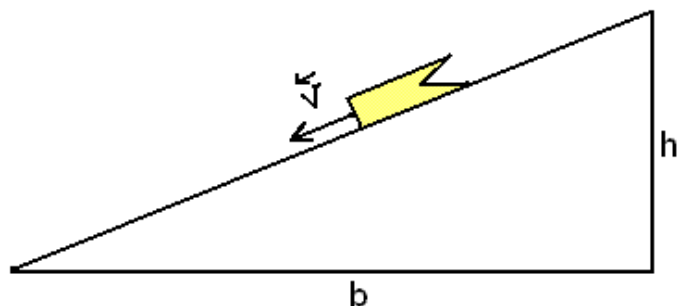


Рис. 1. Зісковзування прищипки з похилої площини

Процес визначення сили, з якою притискаються губки прищепки, можна зрозуміти з рисунка 2. Тримавши в руці лист або смужку паперу, в стаканчик-відерце підсипаємо сіль то того часу, поки прищепка не почне зісковзувати з нижнього кінця паперу. Сила тяжіння, яка при цьому діє разом на стаканчик-відерце з насипаною до нього сіллю та прищепку, дорівнює силі тертя ковзання, яка виникає між папером та губками прищепки. Тому для визначення сили, з якою притискаються губки прищепки, можна скористатись таким рівнянням:

$$(m_{\text{п}} + m_{\text{с}})g = 2\mu N,$$

звідки:

$$N = (m_{\text{п}} + m_{\text{с}})g / 2\mu$$

Де  $m_{\text{п}}$  – маса прищепки,  $m_{\text{с}}$  – маса солі з відерцем,  $\mu$  – коефіцієнт тертя ковзання дерева по паперу,  $g$  – прискорення вільного падіння тіл,  $N$  сила, з якою тиснуть губки прищепки на папір.

Далі повинен йти аналіз отриманих результатів та формулювання висновків.

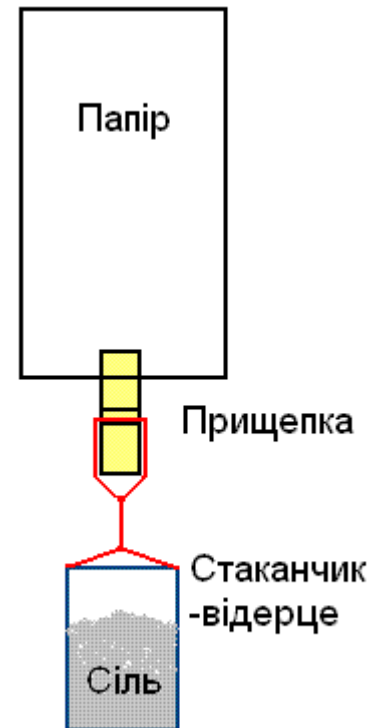


Рис. 2

**Задания экспериментального тура  
IV этапа Всеукраинской олимпиады по физике 2012 года  
10 класс**

**Задача 1.**

**Оборудование:**

- три разных резистора с неизвестными номиналами, соединенные треугольником;
- вольтметр школьный на 6 В;
- резистор с номиналом 6,2 кОм;
- батарея гальванических элементов;
- соединительные проводники - 3 шт.

**Задание**

1. Найдите внутреннее сопротивление вольтметра.
2. Найдите ток, который должен проходить через вольтметр для того, чтобы стрелка отклонилась до деления 6 В.
3. Не нарушая соединения резисторов, определите сопротивление каждого из них.

**В отчете привести:**

1. Теоретическое обоснование выбранного метода измерений.
2. Экспериментальные данные и результаты расчётов.
3. Оценку погрешностей.

**Вказівки до розв'язку**

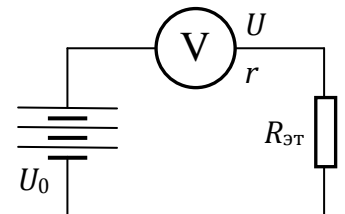
**1. Нахождение внутреннего сопротивления вольтметра.**

Прежде всего, измерим с помощью вольтметра напряжение на выводах источника тока  $U_0$ . Затем присоединим вольтметр к источнику последовательно с известным «эталонным» сопротивлением  $R_{\text{эт}}$  и отметим показания вольтметра  $U$ .

Сила тока в цепи  $I = \frac{U_0}{R_{\text{эт}} + r}$ , напряжение на вольтметре  $U = \frac{U_0 r}{R_{\text{эт}} + r}$ , откуда

$$r = R_{\text{эт}} \cdot \frac{U}{U_0 - U} \quad (1).$$

Внутреннее сопротивление вольтметра составляет 6 кОм.



**2. Нахождение тока полного отклонения стрелки вольтметра.**

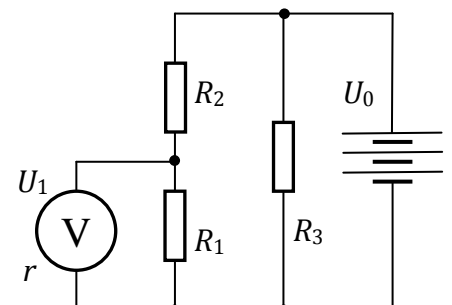
Для этого делим предел измерения вольтметра на его внутреннее сопротивление: 6 В / 6000 Ом = 0,001 А = 1 мА.

**3. Нахождение сопротивления резисторов «треугольника».**

**Первый способ:**

Обозначим сопротивления резисторов «треугольника»  $R_1, R_2, R_3$  и соберем схему, изображенную на рисунке.

Эквивалентное сопротивление вольтметра и подключенного параллельно ему резистора  $R_1$



$$R'_1 = \frac{r \cdot R_1}{r + R_1} \quad (2).$$

Показания вольтметра в этом случае

$$U_1 = \frac{U_0}{R'_1 + R_2} \cdot R'_1$$

Подставляя сюда выражение (2), получаем

$$\frac{U_0}{U_1} = 1 + \frac{r + R_1}{r \cdot R_1} \cdot R_2 \quad (3).$$

Теперь подключим вольтметр к резистору  $R_2$  и измерим напряжение на нем  $U_2$ . Тогда можно записать:

$$\frac{U_0}{U_2} = 1 + \frac{r + R_2}{r \cdot R_2} \cdot R_1 \quad (4).$$

Уравнения (3) и (4) образуют систему, решая которую можно получить

$$R_1 = r \cdot \frac{U_0 - U_1 - U_2}{U_2} \quad (5); \quad R_2 = r \cdot \frac{U_0 - U_1 - U_2}{U_1} \quad (6).$$

Для нахождения сопротивления резистора  $R_3$  поменяем местами резисторы  $R_1$  и  $R_3$  и измерим напряжение  $U_3$  на резисторе  $R_3$  и напряжение  $U'_2$  на резисторе  $R_2$ . Тогда

$$R_3 = r \cdot \frac{U_0 - U_3 - U'_2}{U'_2} \quad (7).$$

**Второй способ:**

Обозначим сопротивления резисторов «треугольника»  $R_1, R_2, R_3$  и соберем схему, изображенную на рисунке.

Соединим проводником точки  $b$  и  $c$  и измерим проводимость двух параллельно соединенных резисторов  $R_2, R_3$ , которую обозначим  $G_{23}$ . (Пользоваться проводимостями, т.е. обратными сопротивлению величинами, в случае параллельного соединения удобнее, поскольку получаются менее громоздкие формулы). Аналогично измерим проводимости  $G_{12}$  и  $G_{31}$ . Получаем систему трех уравнений:

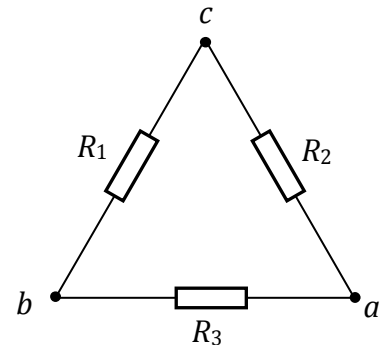
$$\begin{cases} G_{12} = G_1 + G_2 \\ G_{23} = G_2 + G_3 \\ G_{31} = G_3 + G_1 \end{cases}, \quad \text{откуда получаем окончательно}$$

$$R_1 = \frac{2}{G_{31} + G_{12} - G_{23}}; \quad R_2 = \frac{2}{G_{12} + G_{23} - G_{31}}; \quad R_3 = \frac{2}{G_{23} + G_{31} - G_{12}}.$$

Для измерения значений  $G_{12}$ ,  $G_{23}$  и  $G_{31}$  подключим вольтметр к батарее через пару параллельно включенных резисторов (как при определении внутреннего сопротивления вольтметра). Поскольку теперь внутреннее сопротивление вольтметра известно, то из формулы (1) получаем

$$G_{12} = \frac{U_{12}}{r \cdot (U_0 - U_{12})}; \quad G_{23} = \frac{U_{23}}{r \cdot (U_0 - U_{23})}; \quad G_{31} = \frac{U_{31}}{r \cdot (U_0 - U_{31})}.$$

При изготовлении «треугольников» использовались резисторы с сопротивлениями 2,7 кОм, 7,5 кОм и 10 кОм.





**Завдання експериментального туру  
IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики 2012 року  
10 клас**

**Задача 2.**

**Обладнання:**

- шкільний штатив;
- горизонтальна поверхня парти;
- одна з фігур з гри у шашки масою 2 г;
- гирька відомої маси;
- відрізок дроту для кріплення гирьки до нитки;
- мірна стрічка;
- міліметрівка.

**Групує:**

- Нитки

**Завдання:**

1. Користуючись запропонованим обладнанням, визначте коефіцієнт тертя шашки по поверхні столу.
2. Експериментально дослідіть залежність швидкості шашки, якої вона набуває після удару по ній масивного тіла, від швидкості цього тіла.

**У звіті навести:**

1. Теоретичне обґрунтування методу розв'язання задачі.
2. Виведення розрахункових формул і формул для оцінки похибок вимірювань.
3. Детальний опис способів вимірювань необхідних величин та аналіз факторів, що впливають на точність вимірювань.
4. Результати досліджень у вигляді таблиць та графіків.
5. Аналіз отриманих результатів.

**Вказівки до розв'язку**

**«Користуючись запропонованим обладнанням, визначте коефіцієнт тертя шашки по поверхні столу»**

Коефіцієнт тертя можна знайти використовуючи силу тертя спокою. Звичайно, при цьому треба враховувати різницю між коефіцієнтом тертя спокою та ковзання.

Зберемо наступну установку:

Важок підвісимо на нитці на штатив за допомогою дроту, так, щоб підвіс виявився симетричним (Рис. 1.).

Рис.1.Підвіщення важку

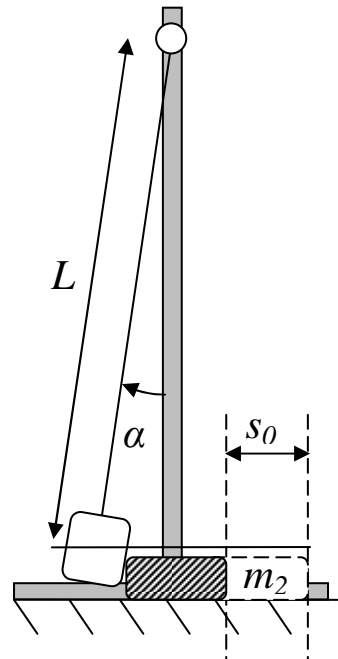
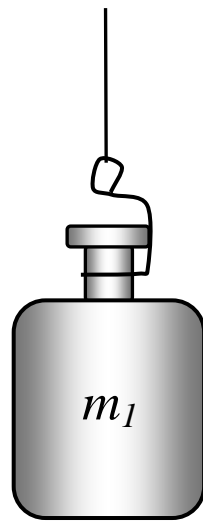


Рис.2.Визначення коефіцієнту тертя спокою

Зсуваючи шашку та підштовхуючи нею важок, намагаються максимально відхилити важок, коли шашка ще може утримуватися силою тертя спокою. Тоді умова рівноваги дасть рівняння:

$$\mu \cdot m_2 \cdot g = m_1 \cdot g \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$$

Звідки:

$$\boxed{\mu = \operatorname{tg}(\alpha) \cdot m_1 / m_2} \quad (1)$$

Оскільки  $\alpha$  дуже малий, то можна вважати, що  $\operatorname{tg}(\alpha) \approx s_0 / L$

**«Експериментально дослідіть залежність швидкості шашки, якої вона набуває після удару по ній масивного тіла, від швидкості цього тіла»**

Для визначення швидкості руху важка перед ударом скористаємося законом збереження енергії (див. рис.3):

$$m_1 \cdot g \cdot h = m_1 \cdot v_1^2 / 2$$

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$\boxed{v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (l - \sqrt{l^2 - s_1^2})}} \quad (2)$$

Для визначення швидкості руху шашки теж скористаємося законом збереження енергії, але враховуючи втрати енергії на подолання сили тертя ковзання (див. рис.3):

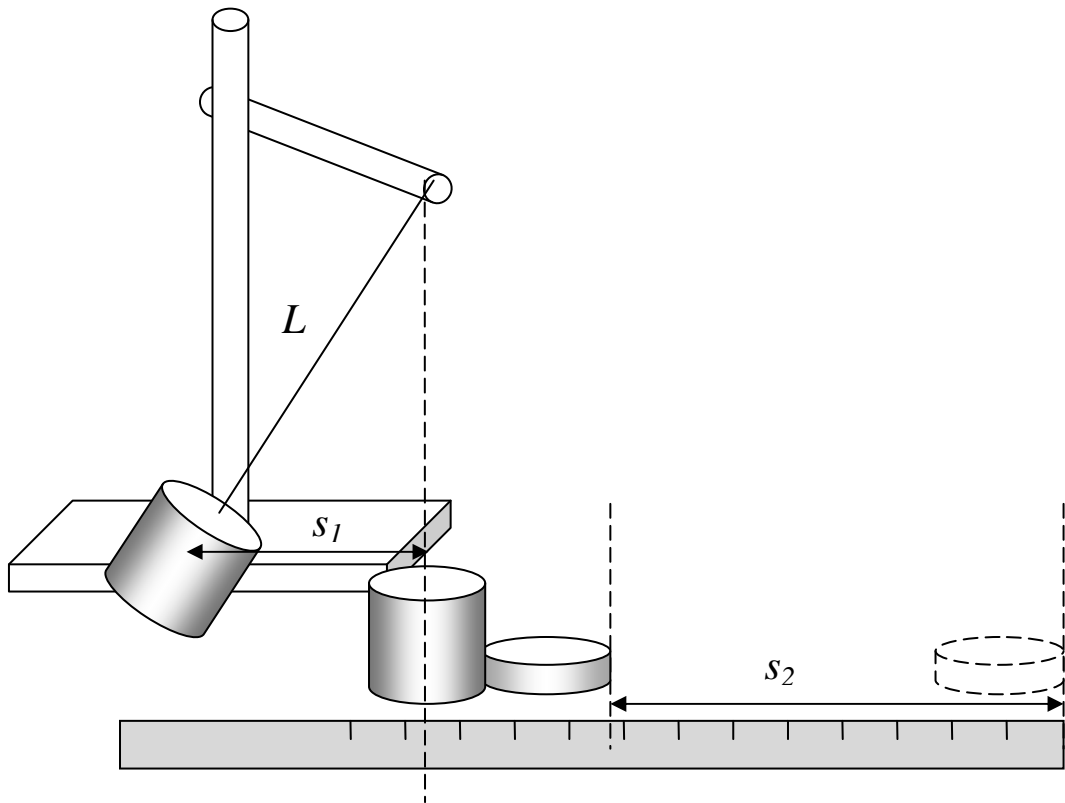
$$m_2 \cdot v_2^2 / 2 = \mu \cdot m_2 \cdot g \cdot s_2,$$

Звідки

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot s_2}.$$

Куди можна у першому наближенні підставити значення коефіцієнту тертя з (1). Після підставлення отримаємо:

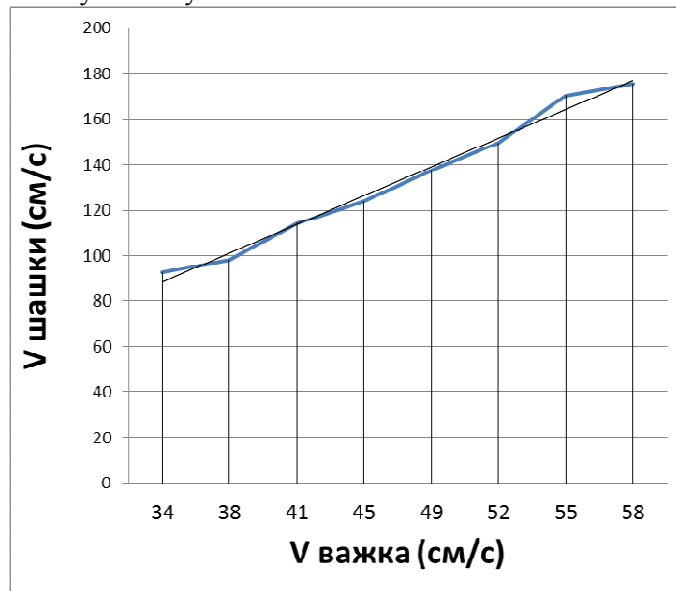
$$\boxed{v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot s_2 \cdot \frac{m_1 \cdot s_0}{m_2 \cdot L}}} \quad (3)$$



*Рис.3. Рух важка та шашки при визначенні швидкості*

Показані формули (1), (2), (3) дозволяють після проведення дослідів отримати наступні данні (один з можливих варіантів, якій сильно залежить від відхилення маятника від положення рівноваги та матеріалу поверхні, по якій ковзає тіло)

Графічна залежність може бути наступною:



Ще у звіті треба описати, як саме проводилися експериментальні досліді. Провести кілька дослідів, та оговорити як зменшити можливі похибки. Отримані результати показують, що зіткнення важку та шашки, якщо шашка після удару не волочиться важком, можна вважати пружним. Також з наведеного графіку можна побачити, що (при не врахуванні відмінності сили тертя спокою та ковзання) відношення між обрахованими швидкостями може бути трохи більшим за теоретично прогнозоване. Теоретично прогнозованим можна вважати співвідношення для пружного удару:  $v_2 = v_1 \cdot 2 \cdot m_1 / (m_1 + m_2)$ .

**Завдання експериментального туру  
IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики 2012 року**

**11 клас**

**Завдання 2**

**Обладнання**

**Групове**

- нитки швейні;
- ножиці;
- метроном.

*Індивідуальне*

- штатив шкільний;
- аркуш картону;
- два постійних магніти;
- пластилін;
- вимірювальна лінійка;
- міліметровий папір;
- гайка сталеві М3.

**Завдання:**

1. Зробіть маятник, використовуючи нитку та один з магнітів. Для кріплення магніту до нитки використайте сталеву гайку;
2. Вивчіть силу взаємодії магнітів в залежності від відстані між ними. Побудуйте на міліметровому папері графік цієї залежності. Вважаючи залежність степеневою, визначте показник степеню та коефіцієнт пропорційності.
3. Проаналізуйте отримані результати та зробіть висновки.

*Рекомендації:*

- починайте з більшої віддалі між магнітами, зменшуючи її доти, доки Ви в змозі вимірювати період коливань маятника;
  - не допускайте ударів магнітів один об інший та об металеві предмети;
  - щоб магніти не загубилися, тримайте їх у пластиліні;
  - після закінчення експерименту поверніть магніти черговому інструкторові.
- Довідкові дані: маса магніту разом із гайкою дорівнює 0.82 г.*

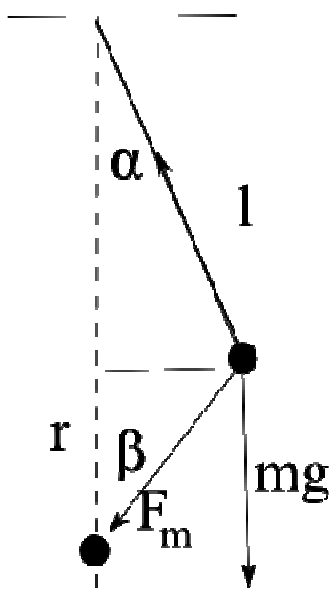
**Критерії оцінювання**

1. Опис установки, обґрунтування її параметрів – 1 бал
2. Теоретична модель 2 бали
3. Протокол результатів вимірювання -1 бал
4. Обробка результатів – 1 бал
5. Графік за експериментальними даними (на міліметровому папері) – 1 бал
6. Значення показника  $n$  залежності  $F = k r^{-n}$  - 1.5 бала
7. Значення  $k$  - 1.5 бала
8. Аналіз результатів і висновки – 1 бал

Ітого 10 балів

### Вказівки до розв'язання задачі

Під час збирання установки слід забезпечити максимальне віддалення магнітів металевих предметів, а також збіг напрямків магнітних моментів. Розглядаються малі відхилення маятника від положення рівноваги,  $\alpha, \beta \ll 1$  (див. Рис. 1).



За цих умов рівняння коливань мають вигляд:

$$ml^2 \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = -mgl\alpha - \frac{kl}{r^n} \left(1 + \frac{l}{r}\right) \alpha$$

Звідки отримуємо частоту

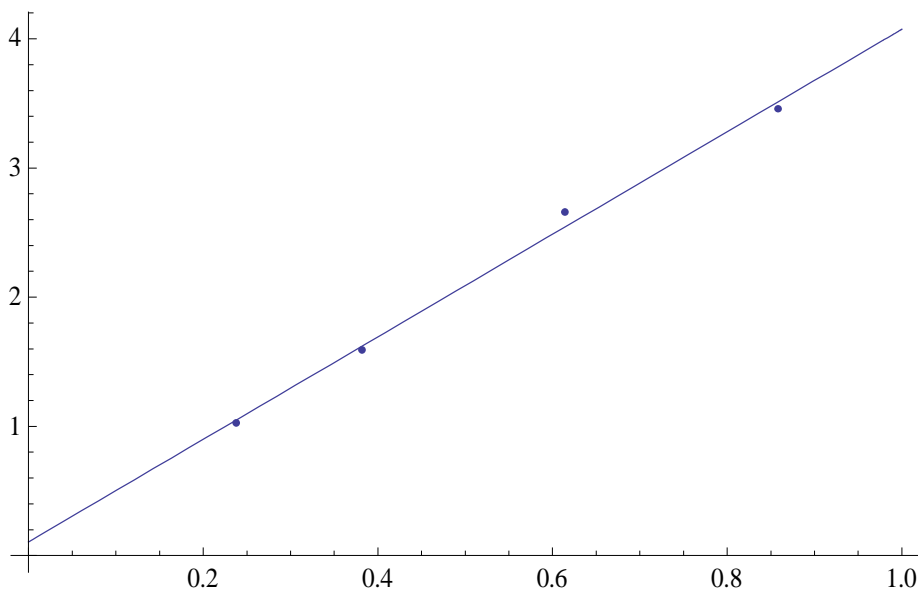
$$\omega^2 = \omega_0^2 + \frac{k}{mlr^n} \left(1 + \frac{l}{r}\right) \sim \omega_0^2 + \frac{k}{mr^{n+1}},$$

де для спрощення моделі слід забезпечити  $l \gg r$  у експериментах. Аналіз експериментальних даних доцільно проводити у логарифмічному масштабі:

$$\ln \left( \frac{\omega_i^2 - \omega_0^2}{\omega_j^2 - \omega_0^2} \right) = (n+1) \ln \left( \frac{r_j}{r_i} \right)$$

Наприклад, отримуємо такий графік

Рис. 1



Отримуємо:  $k \sim 3.6 \cdot 10^{-9} \text{ Н} \cdot \text{м}^4$ ,  $n_{\text{exp}} = 3.96 \rightarrow n = 4$

Коментар: Як відомо, для диполь-диполь взаємодії точне значення  $n = 4$ .

Члени журі:

Кельник О.І

Колебошин В.Я.

Кулінський В.Л.

Орлянський О.Ю.