

**Задания экспериментального тура  
IV этапа Всеукраинской олимпиады по физике 2011 года  
11 класс**

**Задача №1**

Оборудование: 1. деревянная палочка; 2. пластилин; 3. миллиметровая бумага;  
4. линейка; 5. карандаш массой 3,9 г; 6. тело неизвестной массы; 7. секундомер.

*Групповое:* леска, скотч, ножницы.

**Задание**

1. Тонкую деревянную палочку укрепите на угол парты так, чтобы свободные концы палочки выступали за края парты. К палочке подвесьте горизонтально карандаш на двух параллельных лесках.
2. На качественном уровне изучите характер горизонтальных колебаний вокруг вертикальной оси, проходящей через центр масс карандаша, и опишите, как изменяется частота колебаний в зависимости от расстояния между нитями подвеса.
3. Получите теоретическую зависимость частоты колебаний карандаша от параметров колебательной системы.
4. Предложите методику определения массы тела с помощью изготовленной вами установки и определите с ее помощью массу тела, которое Вам выдадут организаторы олимпиады.
5. Проанализируйте полученные результаты и укажите основные факторы, повлиявшие на точность измерений.

В отчете представьте:

- план проведения эксперимента;
- теоретические выкладки и обоснование выбора методики измерений;
- полученное значение массы тела;
- расчеты погрешности;
- анализ и оценку полученных результатов, выводы.

**Задача №2.**

Оборудование: семь леденцов в обертке, две тонкие деревянные палочки;  
мерная лента, секундомер.

*Групповое:* пластилин; леска.

**Задание.** Из предложенного оборудования соберите установку для определения коэффициента трения лески по деревянной палочке: две параллельные деревянные палочки крепятся горизонтально на некотором расстоянии друг от друга к столешнице парты так, что их концы выступают за ее край на несколько сантиметров. Если вы сочтете, что высоты недостаточно, то можно использовать ученический стул, расположенный на столешнице ученического стола.

1. Предложите методику измерения коэффициента трения скольжения тонкой рыболовной лески по деревянным палочкам.
2. Приведите план проведения исследований и последовательность обработки результатов и расчетов погрешности получаемой величины.
3. Проведите измерения и приведите результаты обработки полученных данных.
4. Проанализируйте полученный результат.
5. Предложите меры по повышению точности измерений.

**Справка.** Впервые задача о трении каната о цилиндр была рассмотрена великим математиком, механиком, физиком и астрономом Леонардом Эйлером (1707—1783). Он показал, что натяжение каната  $T$  в зависимости от угла охвата опоры канатом  $\alpha$  изменяется по закону  $T = T_0 e^{-\mu\alpha}$ , где  $e = 2,72...$  — основание натурального логарифма,  $T_0$  — начальное натяжение каната (еще не навитого на опору).

## 11 клас, експеримент, задача 1

Описана в умові задачі установка може здійснювати крутильні коливання відносно вертикальної осі. Щоб уникнути виникнення коливань іншого типу, слід виводити систему з положення рівноваги так, щоб центр олівця залишався на цій осі (тобто саме повертати олівець, тримаючи його за обидва кінці).

Отримаємо теоретичну залежність частоти  $\nu$  коливань від довжини  $L$  підвісу, відстані  $a$  між двома точками підвісу, довжини  $b$  олівця. Позначимо масу системи  $m$ , а її момент інерції відносно вертикальної осі симетрії  $I$ . Якщо кут повороту відносно вертикальної осі дорівнює  $\phi$  є малим, то система піднімається на висоту  $h = \frac{a^2}{8L} \phi^2$  і набуває потенціальної енергії  $mgh$ .

Кінетичну енергію системи можна записати у вигляді  $\frac{I\dot{\phi}^2}{2}$  (ми нехтуємо швидкістю вертикального переміщення). Скориставшись законом збереження механічної енергії, отримаємо: система здійснює гармонічні коливання, частота яких  $\nu = \frac{a}{4\pi} \sqrt{\frac{mg}{IL}}$ .

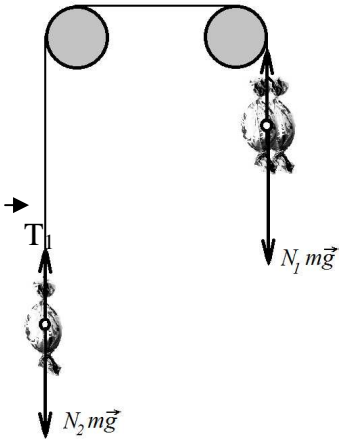
Якщо до центра олівця масою  $m_1$  підвісити на нитці тіло маси  $m_2$ , то  $m = m_1 + m_2$ ,  $I = m_1 b^2 / 12$  (ми вважаємо, що момент інерції системи дорівнює моменту інерції олівця).

Тоді частота коливань  $\nu = \frac{a}{2\pi b} \sqrt{\frac{3g}{L} \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right)}$ . З цієї формули видно характер залежності частоти від геометричних параметрів системи та співвідношення мас олівця та підвішеного тіла. Щоб отримати масу тіла, слід виміряти частоту  $\nu_0$  коливань олівця та частоту  $\nu$  коливань олівця з підвішеним тілом. Очевидно,  $\nu = \nu_0 \sqrt{1 + \frac{m_2}{m_1}}$ . Звідси

$$m_2 = m_1 \left( \frac{\nu^2}{\nu_0^2} - 1 \right) = m_1 \left( \frac{T_0^2}{T^2} - 1 \right) = m_1 \left( \frac{t_0^2}{t^2} - 1 \right).$$

Тут  $T_0$  і  $T$  - періоди відповідних коливань, а  $t_0$  і  $t$  - тривалість певної (однакової) кількості коливань (наприклад, 20 коливань). Чим більшою буде ця кількість коливань, тим меншою буде похибка отриманого результату. Важливо, що точність вимірювання всіх інших величин не впливає на точність «зважування». Слід лише забезпечити зазначений вище характер коливань.

## Задача 2 експериментального тур у 11 клас



Умова задачі однозначно задає конструкцію установки для вимірювання коефіцієнта тертя ковзання ливни по дереву (див малюнок). Відповідно методика експерименту може бути такою:

1. Підберемо співвідношення між  $N_1/N_2$  (кількості льодяників) таким чином, щоб досягти стабільного рівноприскореного руху. Таких співвідношень може бути кілька (наприклад, 1:2, 1:3, 2:5).
2. Запишемо 2-й закон Ньютона для кожного з тіл:

$$N_1 mg - T_1 = N_1 ma \quad (1)$$

$$-N_2 mg + T_2 = N_2 ma \quad (2)$$

Запишемо зв'язок між  $T_1$  та  $T_2$  (див. коментар до умови)

$$T_2 = T_1 e^{-\mu\pi} \quad (3)$$

3. З (1)–(3) знайдемо

$$\mu = \frac{1}{\pi} \ln \left( \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{1 - \frac{a}{g}}{1 + \frac{a}{g}} \right)$$

Прискорення отримаємо з формул рівноприскореного руху системи. Для цього виміряємо шлях  $h$ , який пройшов вантаж, та час руху.

$$\mu = \frac{1}{\pi} \ln \left( \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{1 - \frac{2h}{gt^2}}{1 + \frac{2h}{gt^2}} \right)$$

При проведенні дослідів журі на обладнанні, що пропонувалось учасникам, отримано:

$$\mu = 0.16$$

$$\varepsilon = 45\%$$

Слід зауважити, що найбільший внесок у похибку дає вимірювання часу внаслідок реакції людини та люфт кнопки секундоміра.

4. Для більшої точності бажано було закріпити палички на стільці, а сам стілець підняти на стіл.

Важливо було забезпечити наступні умови:

а) відсутність початкової швидкості,

б) паралельність паличок,

в) невеликий прогин паличок,

г) вертикальність ниток у момент запуску системи в дію,

д) відповідне співвідношення між кількістю льодяників, що забезпечує відносно невелике прискорення з одного боку та стабільний рух без ривків з іншого боку.

д) проведення серії дослідів для різних співвідношень  $N_1/N_2$  та відповідна обробка результатів кожної серії.

Врахування кожного з цих факторів дуже важливо для отримання достовірних результатів та потребує значної уваги при зборі установки та проведенні вимірювань.

Також бажаною була б оцінка достовірності отриманого значення коефіцієнта тертя.