



# Республиканская физическая олимпиада 2022 года (Заключительный этап)

## Экспериментальный тур

### 10 класс.

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Сдавать работу следует после выполнения обоих заданий. Задания могут быть не равноценными, поэтому ознакомьтесь с условиями обеих задач.

2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. **При отсутствии оборудования или сомнения в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.**

3. При оформлении работы каждую задачу и каждую ее часть начните с новой страницы.

4. Все графики рекомендуем строить на листе миллиметровой бумаги, выданном для выполнения каждого задания. Обязательно пронумеруйте и подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

5. Подписывать рабочие страницы и графики запрещается.

6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.

7. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к организаторам.



**Желаем успехов в выполнении данных заданий!**

Данный комплект заданий содержит:

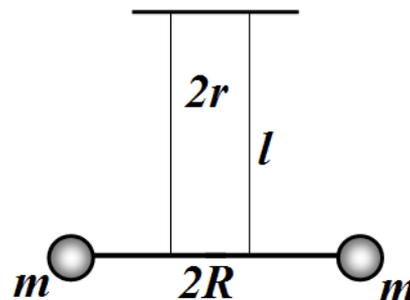
- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (3 стр.).

## Задание 10-1. Крутильные весы Кулона.

**Приборы и оборудование:** Штатив с лапкой и кольцевой подставкой, катушка ниток, кусок пластилина, секундомер с памятью этапов, линейка, деревянная палочка с двумя алюминиевыми шариками, 2 пластиковые полоски, кусок сухой ткани, 2 деревянные палочки.

Основу установки составляют крутильные весы: длинный стержень с двумя одинаковыми шариками на концах (коромысло), симметрично подвешенный на двух параллельных длинных нитях к еще одной деревянной палочке сверху. Подобную установку использовал О. Кулон при проведении своих экспериментов, поэтому она должна быть вам знакома. На рисунке обозначено:

$l$  - длины нитей;  $2r$  - расстояние между нитями;  
 $2R$  - расстояние между центрами шариков.



Отметим, что закручивание нитей может проводиться как снизу (при закручивании коромысла с шариками), так и при повороте палочке сверху. Оба этих угла поворота можно измерять с помощью угломерных шкал. В качестве «источника» электростатического поля используйте пластиковую полоску, потертую о кусок ткани. Прикасаться ею к шарикам не следует.

Вам необходимо измерить (конечно, на таком примитивном приборе скорее оценить) силу взаимодействия между наэлектризованной пластиковой полоской и незаряженным металлическим шариком в зависимости от расстояния между ними.

### Часть 1. Градуировка крутильных весов

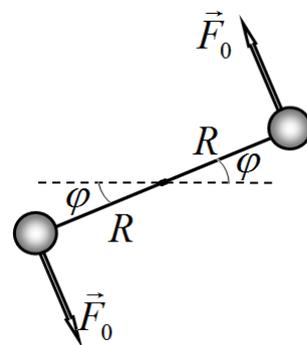
В этой части вам необходимо установить зависимость угла закручивания коромысла  $\varphi$  от момента силы, приложенной к шарикам коромысла.

Обозначим массу коромысла  $m$  (она будет указана Вам в лаборатории во время выполнения задания). Обозначения геометрических параметров крутильных весов указаны на рисунке, Вы их можете измерить и при необходимости устанавливать самостоятельно.

**1.1** Рассчитайте момент силы, действующий на коромысло со стороны нитей подвеса, при повороте коромысла на малый угол  $\varphi$ .

**1.2** К шарикам прикладывают одинаковые по модулю и противоположно направленные силы  $F_0$ , направленные перпендикулярно коромыслу. Покажите, что угол закручивания коромысла  $\kappa$  при малых углах поворота и силы  $F_0$  пропорциональны друг другу

$$F_0 = K\varphi \quad (1)$$



**1.3** Выразите значение коэффициента  $K$  через массу шарика, ускорение свободного падения  $g$  и геометрические параметры крутильных весов.

Прежде чем переходить к систематическим измерениям, проведите пробный качественный эксперимент. Длины нитей должны быть примерно равны 40 см, их изменять не следует.

Потерев одну из пластиковых полосок тканью (сообщив ей некоторый электрический заряд), поднесите полоску к шарiku и убедитесь, что шарик притягивается к полоске. Подберите такое расстояние между нитями  $2r$ , чтобы Ваши весы «чувствовали» притяжение полоски на расстоянии 3-4см (от шарика до полоски).

**1.4** Укажите найденное значение расстояния между нитями, обозначим соответствующий параметр  $r_0$ .

Если сила  $F_0$  хорошо описывается формулой (1), то крутильные колебания будут происходить с периодом, который определяется по формуле

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}. \quad (2)$$

Где  $m$  - масса одного шарика.

**1.5** Измерьте зависимость периода крутильных колебаний от расстояния между нитями подвеса, в диапазоне, включающем значение  $r_0$ .

**1.6** Сравните вид полученной зависимости с Вашими теоретическими изысканиями.

Если формула (1) применима, то период крутильных колебаний не зависит от их амплитуды. Установите расстояние между нитями равным  $2r_0$  и больше его не изменяйте.

**1.7** Измерьте зависимость периода крутильных колебаний от их амплитуды (максимального угла закручивания). Постройте график полученной зависимости. Укажите интервал углов закручивания, в котором формула (1) применима.

## Часть 2. Электростатические взаимодействия.

Предложите методику измерения силы притяжения шарика к полоске с помощью имеющегося прибора. Приведите схему установки, кратко опишите последовательность Ваших действий.

**2.1** Измерьте зависимость силы притяжения (в Ньютонах) шарика к наэлектризованной полоске от расстояния между ними. Постройте график этой зависимости.

**2.2** Подчиняется ли полученная вами зависимость закону Кулона? Назовите основные причины возможных отклонений от закона Кулона.

### Последние советы.

1. Старайтесь каждые раз электризовать полоски одинаково.
2. Используйте «симметричную» схему: у вас два шарика, две полоски, две нити...
3. Результаты будут более точными, если вы будете закручивать нити сверху, как это делал О. Кулон
4. Рекомендуем использовать метод отрыва ... думайте!!!

## Задание 10-2. Очень медленное движение.

**Приборы и оборудование:** Штатив с лапкой, пробирка с пробкой, шприцы одноразовые с иглой, линейка, секундомер электронный с памятью этапов, стакан одноразовый 200 мл, салфетки бумажные (для вытирания стола), скотч, гель (жидкое мыло), масло.

В данной работе Вам необходимо исследовать вертикальное движение пузырьков масла и воздуха в вязкой жидкости.

Сначала аккуратно соберите установку: с помощью скотча прикрепите пробирку к линейке, заполните пробирку жидким мылом, примерно 2 см по высоте пробирки оставьте место для воздуха, плотно закройте пробирку пробкой, проткните пробку иглой для шприца, так, что бы с помощью шприца внутрь пробирки можно было впускать небольшие порции масла, или воздуха. Закрепите линейку с пробиркой в штативе вертикально, пробкой вниз.

Теперь, запуская с помощью шприца внутрь пробирки небольшую порцию масла, Вы можете наблюдать подъем пузырька и измерять характеристики его движения.

При движении пузырька масла (или воздуха) на него действует сила сопротивления, которая пропорциональна скорости движения пузырька  $v$ . Эта сила также имеет степенную зависимость от радиуса пузырька  $r$ :

$$F = Cr^\gamma v. \quad (1)$$

### Часть 1. Масляный пузырек.

**1.1** Покажите экспериментально, что при всплытии пузырек движется равномерно. Проведите необходимые измерения, постройте график закона движения. рассчитайте скорость этого движения, оцените погрешность измерения скорости.

(Эти измерения можно провести для одного пузырька, укажите его радиус).

**1.2.** Исследуйте зависимость скорости пузырька от его радиуса. Постройте график полученной зависимости. На основании полученных данных определите показатель степени  $\gamma$  в формуле (1).

### Часть 2. Воздушный пузырек.

**2.1 – 2.2** Проведите измерения п.1.1 - 1.2 для пузырьков воздуха.

### Часть 3. Сравнение.

**3.1** Используя полученные экспериментальные данные, найдите отношение плотности масла к плотности жидкого мыла.