

**«Крутим вертим».** **Оборудование:** установка для изучения крутильных колебаний, включающая в себя штатив с двумя лапками, CD или DVD диск, закреплённый на натянутой леске.

**Задание:** 1) Поверните диск на некоторый угол  $\varphi_0$  относительно положения равновесия. Пронаблюдайте за крутильными свободными колебаниями CD диска.

2) Изменяя начальный угол закручивания  $\varphi_0$  в пределах от  $90^\circ$  до  $720^\circ$ , определите для каждого значения  $\varphi_0$  число колебаний  $N$ , в течение которых угловая амплитуда уменьшается в два раза. Рекомендуется изменять угол  $\varphi_0$  с шагом в  $90^\circ$ . Для каждого значения  $\varphi_0$  эксперимент следует выполнить несколько раз.

3) Постройте график зависимости  $N(\varphi_0)$ .

4) Сделайте качественный вывод о характере зависимости  $N(\varphi_0)$ .

**Рекомендации для организаторов.** Штатив можно изготовить самостоятельно. В качестве основания взять пластину из ДСП размером  $10 \times 10$  см. и деревянной линейки 40 см. В пластине сделать циркулярной пилой пропил толщиной 2 мм. В этот пропил с натягом вставить деревянную линейку длиной 40 см шириной 25 мм и толщиной 2 мм. К стойке штатива приклеена перекладина - участок такой же линейки длиной 13 см (см. фото). В основании штатива просверлено отверстие диаметром 1-1,5 мм. В это отверстие вставляется разогнутая скрепка – она выступит крючком, для закрепления нижнего конца натянутой лески. На этом штативе укреплена колебательная система, состоящая из CD или DVD диска (можно уже старого), к которому приклеены две изогнутые скрепки (на фотографии видно, как скрепки изогнуты и приклеены). Они выступают в роли крючков, к которым крепится в натяг леска (рыболовная диаметром 0,3 мм). На верхнюю поверхность диска следует приклеить бумажный лимб с ценой делений в 10 градусов. Вторая лапка штатива используется как указатель для отсчёта углов поворота диска (она не изображена на фото). Нижний конец лески либо закрепляется внатяг в основании штатива, либо прикрепляется к тяжелому грузу.



Фото 1



Фото 2

**Критерии оценивания:**

Количество экспериментальных точек, занесённых в таблицу:

8	<b>3 балла</b>
6 – 7	2 балла
4 – 5	1 балл

количество измерений для каждого значения начального угла поворота  $\varphi_0$ :

больше или равно 3	<b>3 балла</b>
2	2 балла
1	1 балл

Расчет среднего значения  $N$  для каждого  $\varphi_0$ **2 балла**

Наличие графика:

Обозначение физических величин, откладываемых по осям

**0,5 балла,**

Указание единиц физических величин, откладываемых по осям

**0,5 балла,**

Шкала на каждой из осей

**0,5+0,5 балла**

Наличие экспериментальных точек на графике

**2 балла**Вывод о характере зависимости  $N(\varphi_0)$  – (убывает, возрастает, не зависит от  $\varphi_0$ )**2 балла**

Оценка погрешности

**1 балл****9-2 и 10-1****«По стопам Архимеда».** Оборудование: ёмкость с водой, линейка, полиэтиленовая трубка, ложка чайная, нитка капроновая.**Задание.** Найдите плотности материалов, из которых сделаны чайная ложка и пластмассовая трубка. Опишите методы измерения масс и объемов исследуемых тел. Приведите необходимые расчетные формулы. Плотность воды  $\rho = 1,00 \cdot 10^3 \text{ г/см}^3$ .**Рекомендации для организаторов.** Ёмкость можно изготовить из пластиковой бутылки ёмкостью 1,50 – 2,0 л с цилиндрическими стенками, срезав верхнюю коническую часть. Линейка деревянная длиной 40 см. Полиэтиленовая трубка (**в воде не должна тонуть**) длиной 100 мм, внешним диаметром 20 – 25 мм и внутренним диаметром 14 – 16 мм (можно приобрести на рынке стройматериалов и сантехники). Ложка чайная алюминиевая. Нить капроновая тонкая длиной не менее 1 м.**Возможное решение.** Находим центр масс линейки (он не обязательно будет в середине шкалы линейки).

Линейка кладется на край стола так, чтобы один её конец выступал на несколько см. К концу линейки ниткой крепим ложку и находим положение равновесия (когда линейка вот-вот опрокинется).

$$m_{\text{лож}} = \frac{Ml_1}{x_1} = 1.0M$$

Затем находим положение равновесия линейки с ложкой, погруженной в воду (метод гидростатического взвешивания).

$$m_{\text{лож.в}} = \frac{Ml_2}{x_2} = 0.63M$$

$$\rho_{\text{лож}} = \frac{L - \nu_{\Gamma} t_0}{\nu_1 - \nu_{\Gamma}} = \frac{L - \nu_{\Gamma} t_0}{\nu_1 - \nu_{\Gamma}}$$

Опыт повторяем с трубкой. Поскольку трубка не тонет, для её полного погружения в воду к ней необходимо прикрепить ложку.

Знание нового положения равновесия на грани опрокидывания позволяет узнать среднюю плотность трубки и ложки, а отсюда вычислить плотность трубки.

$$m_{\text{лож}} = \frac{M_1}{x_1} = 1.0M$$

...

### Критерии оценивания:

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1) Описание способа нахождения плотности методом гидростатического взвешивания (теория)                    | <b>3 балла</b>          |
| 2) Нахождение плотности ложки (методом гидростатического взвешивания) –                                    | <b>3 балла</b>          |
| 3) Нахождение средней плотности трубки с ложкой методом гидростатического взвешивания (идея + эксперимент) | <b>1 балл + 3 балла</b> |
| 4) Определение плотности материала трубки  | <b>3 балла</b>          |
| 5) Наличие (указание) погрешностей измерений   | <b>2 балла</b>          |

## 10-2, 11-1.

**Цилиндр со смещенным центром масс. Оборудование:** отрезок цилиндрической пластиковой трубы (диаметр 100 мм) с гладкой внешней поверхностью и длиной образующей 50 мм, внутри которой асимметрично закреплён кусок пластилина, лист миллиметровой бумаги, наклонная плоскость с регулируемым углом наклона, лист бумаги формата А4.

**Задание:** Определите расстояние от центра масс конструкции из трубки и пластилина до центра трубки и до одного из помеченных краёв трубки (вдоль оси трубки).

**Внимание!!!** Извлекать пластилин или сминать его не допускается.

**Рекомендации для организаторов.** Отрезок цилиндрической пластиковой трубы с гладкой внешней поверхностью. Наилучшие результаты получаются с сантехнической (серой) трубой диаметром 100 мм и длиной образующей 50 мм. Кусок пластилина массой, близкой или равной массе куска трубки, приклеен внутри трубки к стенке не по центру. Торцы трубки желательно заклеить бумагой и на одном торце краской сделать метку.

Наклонную плоскость можно взять из стандартного школьного набора или изготовить самостоятельно. Например, взять дощечку длиной приблизительно 40 см и брусок 3 x 6 x 12 см. Подвигая брусок под дощечкой можно регулировать угол наклона. Возможны и другие варианты изготовления наклонной плоскости.

**Возможное решение.** Находится положение равновесия при горизонтальном положении оси трубки на наклонной плоскости. Используя теоретический расчёт и экспериментальные данные вычисляется расстояние центра масс конструкции от оси трубки.

Смещая трубку вдоль собственной оси на краю стола, добиваемся положения неустойчивого равновесия и определяем положение центра масс относительно помеченного торца.

**Критерии оценивания:**

- |  |            |
|--|------------|
| 1) Описание способов нахождения положения ЦМ (теория)    | – 5 балла. |
| 2) Результаты прямых измерений (таблица)                 | – 2 балла. |
| 3) Вычисления и результаты расстояний вдоль оси цилиндра | – 3 балла, |
| 4) от оси цилиндра                                       | – 3 балла, |
| 5) оценка погрешностей                                   | – 2 балл.  |

**11-2**

**«Моды колебаний» Оборудование:** секундомер, деревянные линейки длиной 40 см (на концах линейки закреплены два груза), канцелярская резинка, штатив с лапкой.

**Задание.** Разрезанную канцелярскую (кольцевую) резинку прикрепите (с лёгким натягом) к линейке. Закрепите резинку в лапке (на краю зафиксированной на столе линейки), как показано на фотографиях (фото 3 или фото 4). Возбудите в системе поочерёдно разные типы колебаний (моды). Измерьте период малых колебаний различных мод полученной колебательной системы. Повторите измерения несколько раз. Кратко опишите или изобразите графически наблюдаемые вами моды в порядке возрастания частот. Приведите рядом с описанием полученное значение **частоты**.

**Определение:** *Нормальные колебания или нормальные моды — набор характерных для колебательной системы типов гармонических колебаний. Каждое из нормальных колебаний физической системы, например, колебаний атомов в молекулах, характеризуется своей частотой. Набор частот нормальных колебаний составляет колебательный спектр. Произвольное колебание физической системы можно представить в виде суперпозиции нормальных колебаний. Вынужденные колебания физической системы имеют резонанс на частотах, которые совпадают с частотами нормальных колебаний.*

В изучаемой вами системе при заданной моде колебаний все точки системы движутся с одной и той же частотой.

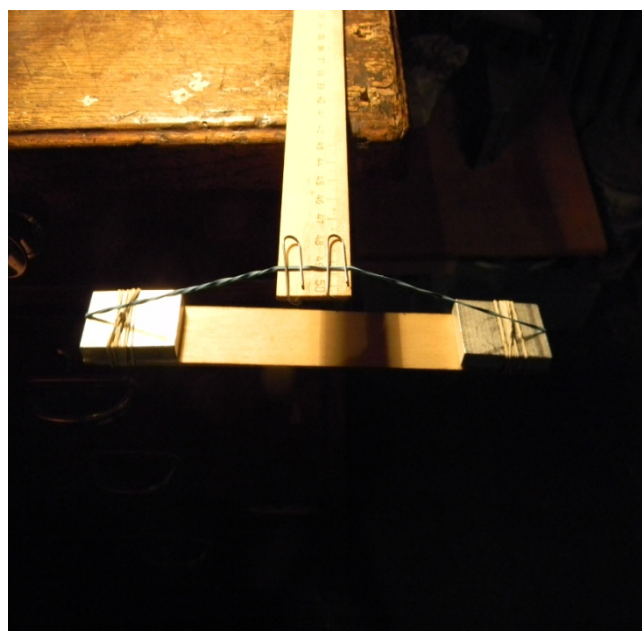
**Примечание.** Возможно, частота некоторых мод будет столь высокой, что вы её не сможете измерить. В этом случае попытайтесь определить частоту приближённо.

**Рекомендации для организаторов.** Вместо штатива участникам олимпиады можно выдать: деревянную линейку длиной 20 см, 2 скрепки, скотч, груз для фиксации линейки. Линейка фиксируется скотчем на краю стола так, что ее конец выступает примерно на 10 см. Для лучшей фиксации линейки её можно прижать к столу тяжелым предметом (например, несколькими книгами).

Резинка крепится нитками и скотчем ко второй линейке, на концах которого закреплены два груза каждый массой около 20 г (это, например, могут быть стальные гайки см. фотографию)).



**Фото. 3**



**Фото. 4**

**Критерии оценивания:** Всего может быть 6 мод. Легко измеряемых мод 5.

- 1) За каждую найденную моду ставится 1,5 балла. Всего – **9 баллов**.
- 2) За определение частоты каждой из мод – 1 балл. Всего – **6 баллов**.