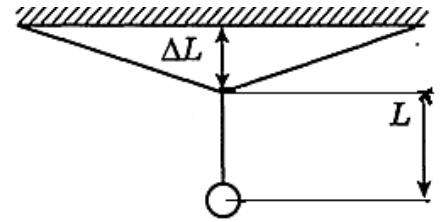


Э-11.2. Изменяющаяся траектория (из 20 баллов). Оборудование. Гайка М10; нить длиной 2,5 – 3 м; секундомер; линейка длиной 50 см, два канцелярских зажима (клипсы 51 мм); лист бумаги формата А4, два листа миллиметровой бумаги формата А4 для построения графиков.

Закрепите зажимы на краю стола на расстоянии 40 – 45 см друг от друга. Привяжите концы нити к проволочным «лапкам» зажимов так, чтобы прогиб ΔL составлял 2 – 3 см. К середине этой нити привяжите другую нить длиной около 60 см с гайкой. У вас должна получиться система из нитей и гайки, представленная на рис. 1. Изменяя расстояние между зажимами, вы можете регулировать величину «прогиба» ΔL .



Обозначим вертикальную плоскость, в которой находятся нити и гайка в положении равновесия (плоскость рисунка), символом P .

Задание. На листе бумаги проведите прямую линию. Положите лист на пол так, чтобы нарисованная прямая находилась строго под краем стола и была ему параллельна.

- 1) Измерьте период T_1 колебаний математического маятника, совершаемых в плоскости P , параллельной краю стола. Маятник должен перемещаться над нарисованной прямой.
- 2) Измерьте период T_2 колебаний математического маятника, совершаемых в вертикальной плоскости (S), перпендикулярной краю стола. Чтобы контролировать движение маятника, расположите на полу лист бумаги так, чтобы нарисованная прямая была перпендикулярна краю стола.
- 3) Уложите лист на полу так, чтобы нарисованная прямая составляла угол приблизительно 45° с плоскостью P . Отклоните гайку вдоль нарисованной прямой на несколько см в вертикальной плоскости S , и отпустите её. Гайка начнёт совершать движение по медленно изменяющейся траектории. Проекция траектории на горизонтальную плоскость сначала близка к прямой, затем постепенно превращается в эллиптическую, круговую и т.д. Вы можете заметить, что движение гайки является циклическим, то есть через некоторое время τ движение гайки вернется в исходную плоскость S , и её траектории будет близка к первоначальной прямой. Измерьте период τ .
- 4) Экспериментально исследуйте зависимость $\tau(\Delta L)$, изменяя ΔL в диапазоне 2-7 см (не менее 5 точек) при постоянном значении L (50 см). Результаты измерений запишите в таблицу.
- 5) Экспериментально исследуйте зависимость $\tau(L)$, изменяя L в диапазоне 25 – 60 см (не менее 5 точек) при постоянном значении ΔL (2,5-4 см). Результаты измерений запишите в таблицу.
- 6) При $\frac{\Delta L}{L} \ll 1$ зависимость $\tau(\Delta L, L)$ может быть описана формулой $\tau = A \cdot L^\alpha \cdot \Delta L^\beta$. Используя графическую обработку экспериментальных результатов, определите значения α и β .
- 7) Предложите теоретическое обоснование зависимости $\tau = A \cdot L^\alpha \cdot \Delta L^\beta$, получите теоретическое значение параметров этой зависимости (A , α и β). Сравните теоретические результаты для α и β с экспериментальными.

Примечание. При работе над п. 4 вы можете использовать приближение

$$(1 + x)^n \approx 1 + nx, \text{ справедливое при } x \ll 1.$$

Внимание! Из-за ограниченного времени выполнения задания погрешности определения α и β оценивать не требуется, однако точность полученных вами промежуточных и конечных результатов будет учитываться при выставлении баллов!

Начало онлайн-разбора решений заданий экспериментального тура (по московскому времени) будет: 24 января по адресу <https://youtu.be/AanAYIhjAT0> 7 класс – 16.00; 9 класс – 17.00; 25 января по адресу <https://youtu.be/zTTmmnl-NSs> 8 класс – 13.00; 10 класс – 14.00; 11 класс – 15.30.