



## Республиканская физическая олимпиада 2023 года (3 этап)

Экспериментальный тур

### *Решения задач 11 класс (для жюри)*

Задания экспериментального тура данной олимпиады предоставляют для участников большие возможности для самостоятельного выбора параметров установок, диапазонов исследования, методов измерений. Иными словами – проявить свои творческие способности. Кроме того, результаты измерений сильно зависят от предоставленного оборудования, которое может различаться в разных областях нашей Республики.

Поэтому, относитесь к приведенным ниже результатам, как к ориентировочным. Желательно (или даже обязательно) провести собственные измерения. Поэтому здесь приводятся основные теоретические положения и результаты измерений, полученные авторами данных заданий. Методы обработки результатов измерений являются в большинстве своем, стандартными, поэтому подробно не описываются.



Результаты измерений в этих экспериментах далеко не однозначны. Они очень зависят от используемых материалов и оборудования. Кроме того мы предоставляем участникам олимпиады определенную свободу в планировании и проведении эксперимента. Поэтому в этом решении мы не приводим все результаты измерений, ограничиваемся только теоретическим описаниями, указанием характерных значений измеряемых величин и видом получаемых зависимостей.

### Задание 11-1. Поплавок.

1. Трубку с закрытым снизу концом можно использовать в качестве гидростатических весов. При не слишком высокой точности измерений, можно считать, что плотность свинца значительно больше плотности воды (в 11 раз), поэтому силу Архимеда, действующую на свинец не учитывать (хотя ее не сложно учесть, поставив в формуле коэффициент 1,1). Масса прикрепленного к трубке дополнительного груза определяется по формуле

$$m = \pi r^2 \Delta h \rho_0 \quad (1)$$

Где  $\Delta h$  - глубина погружения трубки. Диаметр трубки порядка 2 мм. Поэтому изменение глубины погружения на 1 см, соответствует изменению массы на 0,03 г.

2. Масса маленьких грузил для поплавокых удочек лежит в интервале 0,1 – 0,5 г.

3. Можно (и нужно) добиться начального угла погружения не менее  $70^\circ$ . Большему углу препятствует недостаточный диаметр пластиковой бутылки.

4. Для использованной нами ручки угол наклона монотонно возрастал при увеличении массы грузила. Ручка становилась вертикально уже при массе подвешенного груза менее 0,1 г. Поэтому для того, чтобы снять требуемую зависимость требуется использовать маленькие кусочки свинца.

5. Основная причина наклонного положения – смещение центра масс вытесненной воды, при наклоне цилиндрического поплавка.

6. Основным параметр, влияющий на исследуемое явление – диаметр поплавка: чем больше этот диаметр, тем легче заставить поплавок плавать в наклонном положении.



### Задание 11-2. Бумажный маятник.

1. Период колебаний пружинного маятника рассчитывается по известной формуле

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (1)$$

2. Подставляя формулу для жесткости пружины получим, что период колебаний зависит от размеров полоски следующим образом

$$T = Al^{-\frac{\alpha}{2}}h^{\frac{\beta}{2}}. \quad (2)$$

Для определения показателей степеней необходимо провести измерения зависимости периода колебаний от длины полоски (при неизменной ширине) и зависимости периода колебаний от ширины полоски (при неизменной длине). Формула (2) допускает очевидную линеаризацию с использованием двойного логарифмического масштаба

$$\ln T = B - \frac{\alpha}{2} \ln l - \frac{\beta}{2} \ln h. \quad (3)$$

Поэтому построив указанные зависимости в двойном логарифмическом масштабе по коэффициенты наклона графиков можно рассчитать искомые показатели степеней.

3. Измерения требуют большого терпения. Требуется 5-10 минут, чтобы научиться мягко раскачивать маятник, плавно вводя его в резонанс. Зато при этом можно измерить времена большого числа периодов колебаний (до 100). Результаты измерений очень сильно зависят от сорта используемой бумаги. В наших измерения характерные значения периодов составляли от нескольких десятых доли секунды до 1,5 с. В ходе измерения одной зависимости удавалось достичь изменения периодов в 2-2,5 раза.

Полученные зависимости оказываются близкими к линейным. Оказывается, что значение параметра  $\alpha$  близко к -3, а параметра  $\beta$  к 1. Конечно погрешность ручных измерений высока и составляет величины порядка 20%.