

# Республиканская физическая олимпиада 2026 года (3 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 сомнении 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, инженерный 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 (4 стр.).

### Задача 10\_1. Конический маятник

В данной задаче конический маятник — это маленький стальной шарик, подвешенный на невесомой нерастяжимой нити и совершающий равномерное движение по окружности в горизонтальной плоскости. Нить при этом описывает поверхность конуса.

В данной задаче Вам предстоит исследовать зависимость периода обращения шарика по окружности от её радиуса при движении с постоянной по модулю скоростью. **Внимание!** Ускорение свободного падения  $g$  в данной задаче считается неизвестным.

**Оборудование:** экспериментальная установка (рис. 1, основные деления на бумажной полосе нанесены через 5,0 см), электронный секундомер с памятью 10-и этапов.

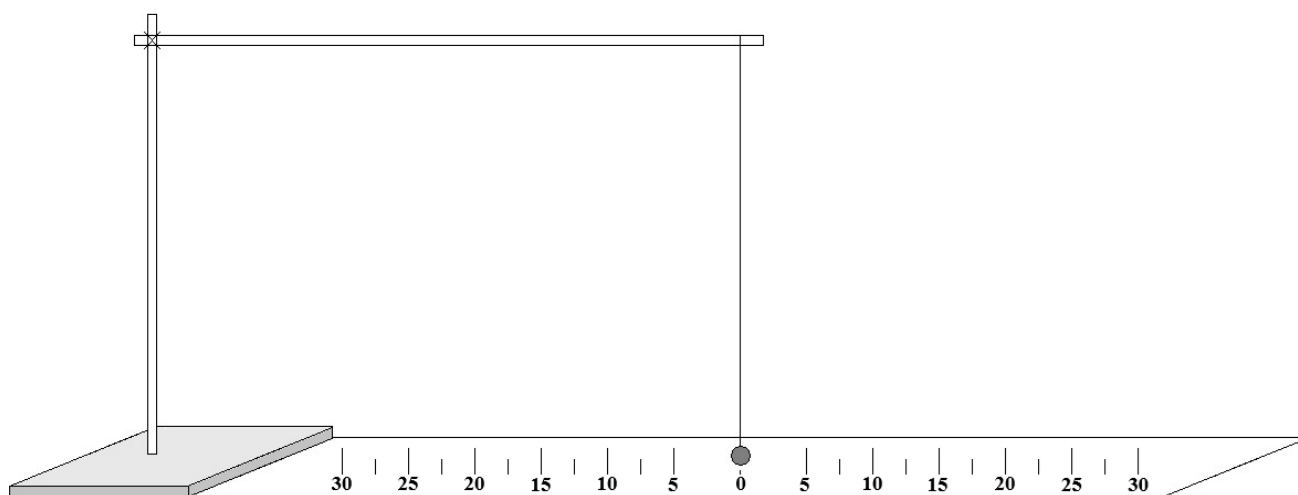


Рисунок 1

#### Часть 0. Наблюдения (не оценивается)

В 9-ом классе вы проделывали подобный эксперимент на одной из лабораторных работ. Возьмитесь большим и указательным пальцем за нить вблизи её крепления к горизонтальному стержню. Приведите маятник во вращательное движение. Старайтесь чтобы траектория шарика была близка к окружности, и чтобы шарик слева и справа от отметки нуль проходил на одинаковом расстоянии. Отпустите нить и наблюдайте за движением шарика. Если при проведении исследования Вам будет недостаточно меток, нанесённых на бумажную полосу, то вы можете нанести дополнительные метки.

#### Часть 1. Теоретическая

Введём обозначения:  $T$  – период обращения шарика по окружности,  $l$  – расстояние от точки подвеса до центра шарика,  $g$  – ускорение свободного падения,  $\beta$  – угол между вертикалью и нитью во время движения шарика по окружности,

$R$  – радиус окружности, по которой движется шарик. Иные необходимые величины введите и опишите самостоятельно.

1.1 Сделайте схематический рисунок при движении конического маятника. Обозначьте силы, действующие на шарик и другие необходимые вектора.

1.2 Покажите, что зависимость  $T(\beta)$  периода обращения шарика  $T$  от угла между вертикалью и нитью  $\beta$  во время движения шарика описывается уравнением

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \beta}{g}} \quad (1).$$

1.3 Получите уравнение зависимости  $T(R)$  периода обращения шарика  $T$  от радиуса окружности, по которой движется шарик  $R$ .

### Часть 2. Эксперимент и анализ

2.1 Исследуйте зависимость  $T(R)$  экспериментально. Результаты представьте таблично. *(Повторные измерения в таблицу записывать не нужно)*. Кратко опишите как вы измеряли период.

2.2 Линеаризируйте уравнение, полученное вами в п.1.3. Укажите какие величины в полученном вами линеаризованном уравнении будут аналогичны величинам  $y$ ,  $b$ ,  $k$ ,  $x$  в линейном уравнении  $y = b + kx$  (\*).

2.3 Постройте график линеаризованной зависимости  $T(R)$ .

2.4 На основе результатов эксперимента определите период обращения конического маятника, когда  $R \rightarrow 0$ . Вычислите погрешности.

### Часть 3. Вычисления значений констант

Используя результаты части 2, вычислите *(не забудьте о погрешностях)*:

3.1 Ускорение свободного падения  $g$ .

3.2 Определите радиус окружности, по которой должен двигаться шарик, и угол между нитью и вертикалью, когда  $T \rightarrow 0$ .

### Задача 10-2. Утечка воздуха

**Оборудование:** шприц одноразовый 60 мл, манометр с верхним пределом измерения 300мм.рт.ст., колба с отводом ( $V_k = V_0 = 622\text{мл}$ , если объём колбы другой, то жюри должно об этом сообщить учащимся, здесь указан объём колбы вместе с внутренним объёмом трубок и манометра), пробка резиновая с термометром, штуцер-тройник с двумя пластиковыми соединительными трубками, барометр (один на кабинет), зажим винтовой (1шт), зажим пружинный (канцелярский, 1шт), секундомер электронный с памятью этапов.

В данной задаче Вам предстоит исследовать процесс утечки воздуха из жёсткого сосуда. Справочные данные: 1мм. рт. ст. = 133,4Па.

Соберите экспериментальную установку: плотно закройте колбу пробкой, вставьте штуцера в отвод колбы, в одну из соединительных трубок вставьте манометр. С помощью шприца создайте в колбе давление, превышающее атмосферное на  $\Delta p = 130 - 140$  мм. рт. ст.. За один ход поршня шприца создать в колбе такое давление не получится. Подумайте, как это сделать. После того как вы создали необходимое давление в колбе, пережмите трубку, в которую вставлен шприц. На этот случай у вас есть зажимы, используйте, тот, который для вас удобнее. После этого отсоедините шприц. Ваша экспериментальная установка должна выглядеть как на рисунке 2. Ослабляя зажим, добейтесь медленной утечки воздуха из колбы. Утечка должна происходить более чем за 2,5 минут.



Рисунок 1



Рисунок 2

1. Исследуйте экспериментально зависимость  $p_m(\tau)$  показаний манометра  $p_m$  от времени  $\tau$  при утечке воздуха из колбы. Результаты представьте таблично. Проведите эксперимент со временем утечки более 2,5мин. Возможно Вам понадобится провести несколько тренировочных экспериментов. Записывайте результаты всех экспериментов. Если не получится провести эксперимент со

временем утечки более 2,5 мин, то в чистовик запишите результаты эксперимента с наибольшим временем утечки. При каждом эксперименте указывайте температуру воздуха в колбе до утечки  $t_1$  и по окончании утечки  $t_2$ .

2. Постройте график зависимости показаний манометра от времени  $p_m(\tau)$ .

3. Какое из уравнений будет справедливо на всём временном интервале вашего эксперимента:

$$p_m = p_{m0} - \alpha \tau \quad (1)$$

или

$$\frac{\Delta p_m}{\Delta \tau} = -\beta \langle p_m \rangle \quad (2),$$

где  $\langle p_m \rangle$  – среднее значение показаний манометра на временном промежутке  $\Delta \tau$ ,

$p_{m0}$  – показания манометра в момент начала отсчёта времени,

$\Delta p_m = p_{mi} - p_{m(i-1)}$  – разность между двумя «соседними» показаниями манометра,

$\Delta \tau = \tau_i - \tau_{i-1}$  – разность между двумя «соседними» моментами времени,

$\alpha$  и  $\beta$  – некоторые коэффициенты.

Приведите обоснование по каждой зависимости.

4. Укажите единицы измерения коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$ .

5. Можно ли процесс утечки воздуха считать изотермическим?

6. Определите атмосферное давление  $p_a$ .

7. Постройте график зависимости  $p_m(V)$  показаний манометра  $p_m$  от объёма  $V$  занимаемого воздухом в данный момент (включая воздух, вышедший в окружающую среду). В момент начала отсчёта времени объём воздуха в колбе, включая внутренний объём соединительных трубок и манометра,  $V_0 = 622$  мл.

8. Определите работу, совершённую воздухом при расширении его в окружающую среду, за время эксперимента.

9. Постройте график зависимости  $P(\tau)$  мощности  $P$ , развиваемой расширяющимся воздухом, от времени  $\tau$ .

10. На основе графика, построенного в п. 9, предложите уравнение зависимости  $P(\tau)$  (можно в неявном виде). Объясните ваше предположение.