

Пермский край
2023-24 учебный год
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
11 КЛАСС

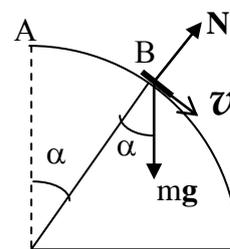
Критерии оценивания

Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов.

Задача 1. Соскальзывание спицы (10 баллов)

Пусть спица отрывается в точке В. (См. рис.)

1. Условие отрыва ($N=0$) совместно с уравнением движения: $mg \cos \alpha - N = m v^2 / R$ дает $v^2 = g R \cos \alpha$
2. Закон сохранения энергии для точек А и В: $mgR = m v^2 / 2 + mgH$, где H – высота точки В над основанием полуцилиндра.
3. Из геометрии задачи $H = R \cos \alpha$ и из [1],[2] с учетом этого получаем $\cos \alpha = 2/3$, $v^2 = 2 g R / 3$, $H = 2R/3$.
4. В точке В спица не только движется поступательно, но и вращается относительно своего центра с угловой скоростью $\omega = v/R$.
5. Для того чтобы воткнуться в опору вертикально спица за время свободного падения должна повернуться на угол $\beta = \pi/2 - \alpha = \pi/2 - \arccos(2/3) \approx 0,73$, т.е. падать в течение промежутка времени $\tau = \beta / \omega = \beta R / v$.
6. За это же время спица должна пролететь расстояние $H + h = v \tau \sin \alpha + g \tau^2 / 2$.
7. Откуда с учетом вышеперечисленных пунктов получим



$$h = R(\beta(\sin \alpha + 3\beta/4) - 2/3) \approx 0.28 R$$

Критерии оценивания решения:

Пункт 1 Нахождение скорости в момент отрыва	1
Пункт 2 Закон сохранения энергии	1
Пункт 3 Нахождение угла α и высоты отрыва	1
Пункт 4 Определение угловой скорости вращения	2
Пункт 5	2
Пункт 6	2
Получение ответа	1

Задача 2. Теплообмен в цилиндре (10 баллов)

1. Из условия задачи (легкий нижний поршень) следует, что давление газа P и насыщенного пара в равновесии одинаковы.
2. Т.к. давление насыщенных паров постоянно, то тепловое равновесие наступает после охлаждения газа до температуры T_1 .
3. Уравнение теплового баланса
$$\Delta m_{\text{пара}} L = C_p \nu (T_2 - T_1); \quad (C_p = 5R/2).$$
4. Высота столба газа в равновесии $H = H_0 T_1 / T_2$.
5. Из уравнений Менделеева-Клапейрона для начального и конечного состояний насыщенного пара следует $P \Delta H_{\text{пара}} S = \Delta m_{\text{пара}} R T_1 / \mu$.
6. Площадь поршня S , количество газа ν и давление P можно исключить с помощью уравнения первоначального состояния газа $P H_0 S = \nu R T_2$.
7. Решая совместно уравнения пп. 3,4,5,6 найдем смещение верхнего поршня $h = \Delta H_{\text{пара}} + H - H_0 = H_0 (T_2 - T_1) (5R T_1 / 2L\mu - 1) / T_2$.

Критерии оценивания решения:

Пункт 1	1
Пункт 2	1
Уравнение теплового баланса.....	3
Пункт 4	1
Пункт 5	2
Пункт 6	1
Получение ответа.....	1

Задача 3. Выделение тепла в цепи (10 баллов)

1. После установления равновесия ток через резисторы прекратится, конденсатор C_1 будет заряжен до напряжения, равного ЭДС батареи, а C_2 – разряжен (его пластины соединены между собой через резисторы): $U_{1\text{max}} = \mathcal{E}$, $U_{2\text{max}} = 0$.
2. При этом через батарею пройдет заряд q : $q = C_1 \mathcal{E}$.
3. Энергия заряженного конденсатора C_1 равна W :

$$W = C_1 \frac{\mathcal{E}^2}{2}.$$

4. Работа сторонних сил источника тока пропорциональна заряду, прошедшему через него: $A = q\mathcal{E} = C_1 \mathcal{E}^2$.
5. Эта работа переходит в энергию конденсаторов и теплоту:

$$Q = A - W = C_1 \frac{\mathcal{E}^2}{2}.$$

6. Подставляя значения физических величин, получим

$$Q = C_1 \frac{\mathcal{E}^2}{2} = \frac{80 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 10^2}{2} = 0,1 \text{ Дж}.$$

Критерии оценивания решения:

Описание равновесия	2
Заряд, протекший через батарею	2
Энергия заряженного конденсатора	1
Работа сторонних сил.....	2
Записан закон сохранения энергии.....	2
Вычислен ответ.....	1

Задача 4. Движение перемычки (10 баллов)

1. Второй закон Ньютона для движения перемычки:

$$ma = mg - i\ell B.$$

2. Ток в перемычке находим из закона

$$\text{Ома: } \mathcal{E}_i - U_c = B\ell v - \frac{q}{C} = iR.$$

3. Из 2) следует, что при $i = \text{const}$

$$B\ell \frac{\Delta v}{\Delta t} - \frac{\Delta q}{C\Delta t} = B\ell a - \frac{i}{C} = \frac{\Delta i}{\Delta t} R = 0. \text{ И ускорение перемычки}$$

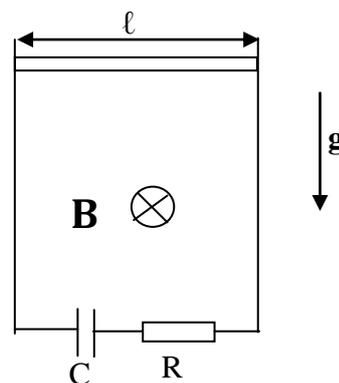
$$a = \frac{i}{B\ell C}.$$

4. Подставив в 1) найденное ускорение, определим стационарное значение тока:

$$i = \frac{B\ell Cmg}{m + B^2\ell^2 C}.$$

5. Начальную скорость перемычки при таком токе находим из 2) с учетом того,

$$\text{что конденсатор вначале был не заряжен: } v_0 = \frac{iR}{B\ell} = \frac{mgRC}{m + B^2\ell^2 C}.$$



Критерии оценивания:

1. Второй закон Ньютона для движения перемычки	1
2. Записан закон Ома (уравнение (2)).....	2
3. Определены условие протекания постоянного тока и ускорение.....	3
4. Определено стационарное значение силы тока	3
5. Получен ответ	1

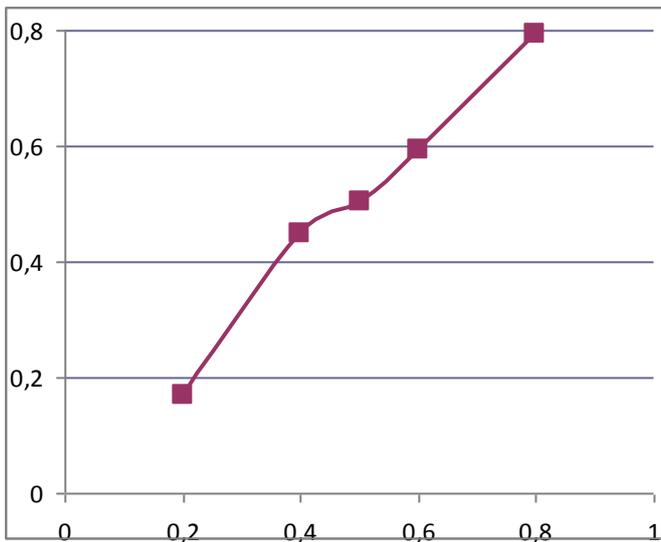
Задача 5. Определение коэффициента трения скольжения (10 баллов)

1. Связь времени движения t и пройденного пути S определяется формулой:

$$S = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \cdot t^2}{2}, \text{ следовательно, для расчётов по экспериментальным}$$

данным надо построить график $S = f(t^2)$ или $t^2 = f(S)$. Эти зависимости – линейные и по угловым коэффициентам графиков можно рассчитать μ .

2. Вид графика $t^2 = f(S)$ приведён на рисунке.



Видно, что первые две точки можно считать промахами, а три последних хорошо ложатся на линию $S=t^2$ с угловым коэффициентом равным 1.

3. Тогда $\frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{2} = 1 \Rightarrow \mu = \frac{g \sin \alpha - 2}{g \cos \alpha} = \frac{10 \cdot 0,6 - 2}{10 \cdot 0,8} = 0,5$.

Критерии оценивания:

1. Теоретическое обоснование выбора формы зависимости пути от времени3
2. Построение графика $S = f(t^2)$ или $t^2 = f(S)$ 2
3. Исключение грубых промахов3
4. Нахождение коэффициента трения2