Пермский край

2024-25 учебный год

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
11 КЛАСС

Критерии оценивания
Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов.

Задание 1. Максимальная скорость (10 баллов)

1). На брусок со стороны пружины в момент отпускания действует сила $F_{упр} = kL$, направленная горизонтально вдоль оси пружины. Согласно закону Кулона при неподвижном бруске максимальная величина силы сухого трения покоя - равна $F_{тр} = \mu Mg$. Поэтому при $kL \le \mu Mg$ брусок после отпускания должен оставаться неподвижным.

2). Если же $kL > \mu Mg$, то после отпускания брусок начнет двигаться с некоторым ускорением. При этом деформация пружины будет уменьшаться, а, следовательно, должно уменьшаться и ускорение бруска. В тот момент, когда сумма действующих на брусок сил обратится в нуль, скорость бруска станет максимальной.

3). Величину деформации *x* пружины в интересующий нас момент легко вычислить из соотношения $kx = \mu Mg$.

4). На основании закона изменения механической энергии $E_{кон} - E_{нач} = A_{тр}$ максимальная скорость v_m бруска должна удовлетворять уравнению: $\frac{kL^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{Mv_m^2}{2} + \mu Mg(L - x)$.

5). Откуда, с учетом п.3 $v_m = \sqrt{\frac{k}{M}}\left(L - \frac{\mu Mg}{k}\right)$.

Ответ: $$v_m = \begin{cases} 0 & при\ kL \le \mu Mg \quad (пункт\ 1.) \\ \sqrt{\frac{k}{M}}\left(L - \frac{\mu Mg}{k}\right) & при\ kL > \mu Mg \quad (пункт\ 5.) \end{cases}.$$

Оценивание задания 1

Определено возможное статическое состояние	2 балла
Определено динамическое условие максимума скорости(пункт 2 решения)	2 балла
Записано уравнение равенства сил (пункт 3 решения)	1 балл
Записан закон изменения механической энергии (пункт 4 решения)	3 балла
Получено выражение для максимальной скорости движущегося бруска (пункт 5 решения)	2 балла

Задание 2. Циклический процесс (10 баллов)

1). Газ получает тепло на участках 1→2 и 3→4

$$Q_{12} = U_2 - U_1 + A_{12} = \frac{5}{2} p_1 \left(V_2 - V_1\right) = \frac{5}{2} p_1 V_0;$$

$$Q_{34} = U_4 - U_3 + A_{34} = \frac{5}{2} p_3 \left(V_4 - V_3\right) = \frac{5}{2} p_0 V_0;$$

2). Суммарное количество теплоты, полученное газом:

$$Q_{получ} = \frac{5}{2}(p_1 + p_0)V_0 = 18.1 p_0 V_0;$$

3). Количество теплоты, отданное газом на участке 2→3:

$$Q_{отдан} = U_2 - U_3 = \frac{3}{2}(p_1 - p_3)2V_0 = 15.72 p_0 V_0;$$

4). КПД цикла: $\eta = 1 - \dfrac{Q_{отд}}{Q_{пол}} = 0{,}1315$

Оценивание задания 2

Определены количества теплоты на участках 1→2 и 3→4	4 балла
Найдено суммарное количество теплоты, полученное газом	2 балла
Вычислено количество теплоты, отданное газом	2 балл
Рассчитан КПД цикла	2 балла

Задание 3. Экзотермическая реакция (10 баллов)

1). Первоначально давление смеси газов равно $p_0 = (N + n)kT_0/V$, где V – объём сосуда, $(N + n)/V$ - суммарная начальная концентрация газов.

2) После окончания реакции в сосуде содержится $(N - n/2)$ молекул газа A и $n/2$ молекул газа AB_4. Газ B_2 весь прореагировал. Суммарная концентрация всех газов оказалась N/V, а давление смеси $p = NkT/V$, здесь T – установившаяся температура

3) Приравнивая давления начальное и конечное, найдём

$$T = \frac{N + n}{N} T_0. \qquad (1)$$

4). Вначале энергия одноатомного газа A была равна $3(N - n/2)\,kT/2$, а энергия многоатомного газа AB_4 (в количестве $n/2$ молекул) - $3nkT/2$. По окончании реакции энергия газа A стала $3NkT/2$. Дополнительно в системе выделилось количество теплоты $qn/2$.

5). По закону сохранения энергии:

$$\frac{3NkT_0}{2} + \frac{5nkT_0}{2} + \frac{qn}{2} = \frac{3(N - n/2)kT}{2} + \frac{3nkT}{2}.$$

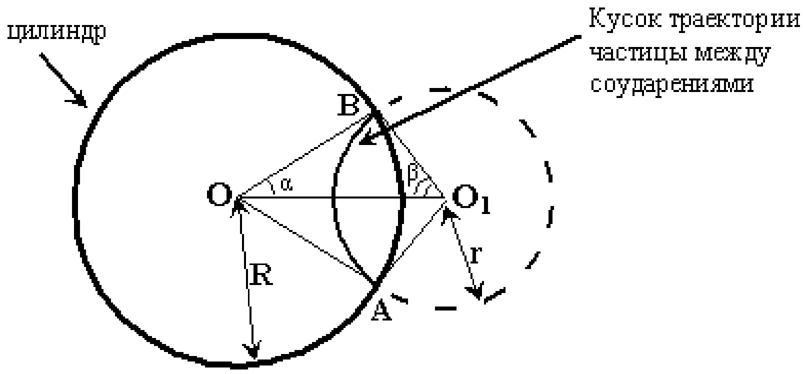
6) Подставляя сюда T из (1) и выражая q находим:

$$q = \frac{kT(3n - N)}{2N}.$$

Оценивание задания 3

Найдено начальное давление смеси газов в сосуде	2 балла
Вычислено давление в сосуде после реакции (пункт 2 решения)	3 балла
Определена конечная температура смеси газов	1 балл
Выражены начальные и конечные энергии газов и записан баланс энергии (пункты 4 и 5 решения)	3 балла
Получен окончательный ответ (пункт 6 решения)	1 балл

Задание 4. Движение в магнитном поле (10 баллов)



1). Траектория частицы представляет собой куски окружности. Если радиус этой окружности равен r, а скорость частицы v, то

$m\,v^2/r = q\,v\,B$ (1)

2). Поскольку шарик возвращается в исходную точку, точки последовательного соударения частицы с цилиндром $\boldsymbol{A}$ и $\boldsymbol{B}$ должны быть видны из центра цилиндра $\boldsymbol{O}$ под углом $2\alpha = 2\pi k/n$, где k и n – целые произвольные числа. Очевидно $\alpha = 90° - \beta$ (частица влетает перпендикулярно к поверхности),

3). Тогда $R\sin\alpha = r\sin\beta \Rightarrow r = R\,\mathrm{tg}(\pi k/n)$ (2)

4). Из 1 и 2 получаем искомую формулу $v = \frac{qBR}{m} tg(\pi k/n)$, где k, n– любые целые числа.

5). Т.к., перебирая целые k и n, можно добиться, чтобы со сколь угодной точностью $\mathrm{tg}(\pi k/n)$ был равен любому наперед заданному числу, поэтому шарик может иметь любую скорость.

Оценивание задания 4

Записан второй закон Ньютона для движения частицы в поле (пункт 1 решения)	1 балл
Определено условие возврата в начальную точку	4 балла
Получено выражение радиуса окружности, по которой движется частица (пункт 3 решения)	1 балл
Записано выражение для скорости частицы (пункт 4 решения)	1 балл
Проанализирована формула скорости и получен ответ задачи (пункт 5 решения)	3 балла

Задание 5. Определение температурного коэффициента сопротивления (10 баллов)

1) По результатам измерений можно рассчитать сопротивление при разных температурах (см. таблицу).

t°C	20	40	60
I, мА	350	324	303
R, Ом	103	111	119

где $R = R_0(1+\alpha\, t°)$/

Далее есть два варианта вычислений.

Действия варианта :«а»:

2а) Вычислить по найденным значениям R значение R_0 – сопротивления при 0°С. Есть возможность трёх вычислений по разным парам значений R.

3а) Находим среднее значение R_0 = 95 *Ом*

4а) По среднему значению R_0, температуре проводника и его сопротивлениям при разных температурах определяем три возможных значения температурного коэффициента сопротивления α.

5а) Находим ответ задания $\alpha_{средн} = 4{,}2\cdot10^{-3}K^{-1}$:

Оценивание задания 5 (первый вариант а)

Вычислены сопротивления при разных температурах (пункт 1 решения)	2 балла
Найдены по разным парам R 3 значения R_0 (пункт 2а решения)	2 балла
Определено среднее значение R_0 (пункт 3а решения)	1 балл
По разным R вычислены 3 значения температурного коэффициента сопротивления α (пункт 4а решения)	3 балла
Определено среднее значение $\alpha_{средн}$ (пункт 5а решения)	2 балла

Вариант второй (б)

Очевидно, что из отношения сопротивлений можно получить уравнение для определения α.

$$\frac{R_{t1}}{R_{t2}} = \frac{(1+\alpha t_1^0)}{(1+\alpha t_2^0)} = \beta \qquad (1)$$

2б). По соотношению (1) для трёх разных пар сопротивлений вычисляем α.

3б). Находим ответ задания $\alpha_{средн} = 4{,}2\cdot10^{-3}K^{-1}$:

Оценивание задания 5 (второй вариант б)

Вычислены сопротивления при разных температурах (пункт 1 решения)	2 балла
По соотношению (1) для трёх разных пар сопротивлений рассчитано α. (пункт 2б решения)	6 баллов
Определено среднее значение $\alpha_{средн}$ (пункт 3б решения)	2 балла

Внимание проверяющих! Допускается при вычислениях из-за округлений отклонения ±2%.