

ОЛИМПИАДА «Я – БАКАЛАВР»
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ
2025/2026 учебный год
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ФИЗИКА

КЛАСС 9

Вариант 2

Задача 1 (20 баллов)

На полигоне проводят испытания нового пистолета. В качестве мишени используется полый цилиндр радиуса $R = 50$ см, вращающийся с частотой $\nu = 200$ оборотов в секунду. После выстрела обнаруживают, что пуля пробила навывлет цилиндр, но оставила лишь одно сквозное отверстие. С какой скоростью могла лететь пуля, если эта скорость оказалось направленной перпендикулярно к оси вращения цилиндра? Известно также, что скорость пули при стрельбе из этого пистолета может варьироваться от 100 до 450 м/с.

Разбор задания:

1. Очевидно, за время пролета пули цилиндр должен сделать пол-оборота плюс некоторое целое число оборотов, $\frac{1}{2} + N$, где $N = 0, 1, 2, \dots$

$$v\Delta t = 2R; \quad (*)$$

$$\Delta t = \frac{T}{2} + NT = T \left(\frac{1}{2} + N \right) = \frac{1}{\nu} \left(\frac{1}{2} + N \right).$$

2. Подставим это выражение в уравнение (*) и выразим ν :

$$\frac{\nu}{\nu} \left(\frac{1}{2} + N \right) = 2R$$

Откуда:

$$\nu = \frac{2\nu R}{\left(\frac{1}{2} + N \right)} = \frac{4R\nu}{1 + 2N}$$

3. Произведем вычисления при $N = 0$:

$$v = \frac{4 \cdot 200 \cdot 0,5}{1} = 400 \text{ м/с}$$

Также при $N = 1$:

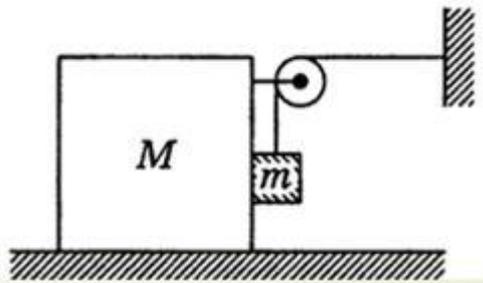
$$v = \frac{4 \cdot 200 \cdot 0,5}{1 + 2} \approx 133,3 \text{ м/с}$$

Эти значения попадают в номинальный диапазон скоростей. При $N = 2$ получим $v = \frac{4 \cdot 200 \cdot 0,5}{1+4} \approx 80 \text{ м/с}$ – вне диапазона. Таким образом, пуля могла лететь со скоростью 133,3 и 400 м/с.

Ответ: 133,3 м/с и 400 м/с.

Задача 2 (20 баллов)

Для проведения эксперимента собрали установку, показанную на рисунке. Для это взяли брусок массы $M = 0,6 \text{ кг}$ и грузик массой $m = 0,1 \text{ кг}$, касающийся гладкой вертикальной поверхности первого. Вначале брусок зафиксирован на столе. Затем его отпускают. Определите ускорение бруска. Трением между бруском и столом, а трением в блоке пренебречь.



Разбор задания:

1. При смещении грузика по вертикали горизонтальная часть нити становится короче. Брусок перемещается точно на расстояние, на которое грузик смещается за это же время вниз. Это означает, что вертикальное ускорение грузика равно горизонтальному ускорению обоих тел, вектор которого направлен по горизонтали вправо.
2. По горизонтали тела движутся вместе с ускорением, сообщаемым системе силой T натяжения нити:

$$(M + m)a = T$$

Уравнение 2-го закона Ньютона для грузика в проекции на ось, направленную вертикально вниз:

$$ma = mg - T$$

Решая уравнения, получаем:

$$a = \frac{mg}{M + 2m}$$

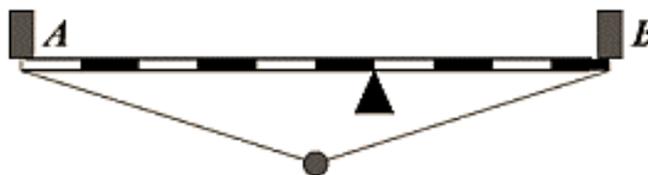
3. Вычисление приводит к результату:

$$a = \frac{0,1 \cdot 10}{0,6 + 2 \cdot 0,1} = 1,25 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 1,25 м/с².

Задача 3 (20 баллов)

Система, показанная на рисунке, состоит из однородного массивного рычага, двух брусков А и В и бусинки, нанизанной на гладкую нить и прикрепленной к концам рычага. Система находится в равновесии. Найдите массу M рычага, если масса бруска А равна m , бруска В – $4m$, а бусинки – m .



Разбор задания:

1. Бусинка находится в равновесии, если горизонтальные проекции сил натяжения нити, действующих на бусинку, равны друг другу по модулю. Поскольку рычаг в состоянии равновесия горизонтален, получаем, что бусинка находится в равновесии, если она расположена ровно под серединой рычага.
2. Рассмотрим силы, действующие на систему «рычаг-нить-бусинка». Со стороны груза А на рычаг действует сила mg , которая приложена к левому краю рычага, и направлена вертикально вниз. Со стороны груза В на рычаг действует сила $4mg$, которая приложена к правому краю рычага и направлена

вертикально вниз. Также на рычаг действует сила тяжести, которая в силу однородности рычага приложена к его центру и направлена вертикально вниз. Помимо вышеуказанных сил на рычаг действует сила реакции со стороны опоры N , приложенная в месте контакта с опорой и направленная вертикально вверх. На бусинку же действует сила тяжести mg , приложенная к ней и направленная вертикально вниз. Силы натяжения нити для системы являются внутренними.

3. Запишем уравнение моментов для системы «рычаг-нить-бусинка» относительно точки опоры. Пусть масса рычага равна M , а длина одной десятой части рычага – l . Тогда:

$$mg \cdot 6l + mgl + Mgl = 4mg \cdot 4l$$

4. Из последнего уравнения получаем:

$$M = 9m$$

Ответ: $9m$.

Задача 4 (20 баллов)

Для проведения эксперимента взяли калориметр, наполненный водой массой 200 г при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$. В него последовательно бросают одинаковые кубики льда массой 10 г при температуре $t_2 = -10^\circ\text{C}$. Определите минимальное и максимальное числа кубиков льда, которые можно бросить в сосуд, чтобы после установления теплового равновесия температура оказалась равной 0°C . Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг, удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2100$ Дж/кг \cdot °C, удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/кг \cdot °C. Вода из сосуда не выливается.

Разбор задания:

1. Очевидно, что конечная температура, равная 0°C , может достигаться, если после теплообмена в сосуде будут находиться и вода, и лёд, поскольку 0°C – это температура фазового перехода (плавления льда). Таким образом, если положить в сосуд слишком много кубиков льда, то вся вода замёрзнет и температура содержимого (льда) будет ниже нуля, а если в сосуд положить

недостаточное число кубиков льда, то весь лёд растает и температура содержимого (воды) будет выше нуля.

2. Таким образом, записывая два уравнения теплового баланса (для максимального и минимального числа кубиков льда), получим ограничения для этих чисел:

$$\begin{cases} Q_{\text{охл.воды}} + Q_{\text{замерз.воды}} \geq Q_{\text{нагрев.льда}} \\ Q_{\text{охл.воды}} \leq Q_{\text{нагрев.льда}} + Q_{\text{плав.льда}} \end{cases}$$

где $Q_{\text{охл.воды}}$ – теплота, выделяющаяся при охлаждении воды до нуля,

$Q_{\text{замерз. воды}}$ – теплота, выделяющаяся при замерзании воды, $Q_{\text{нагр льда}}$ – теплота, поглощаемая при нагревании льда до нуля, $Q_{\text{плавл льда}}$ – теплота, поглощаемая при плавлении льда.

3. Записывая в явном виде уравнения пункта 2, имеем:

$$\begin{cases} c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_1 - 0^\circ\text{C}) + \lambda m_{\text{в}} \geq n_{\text{МАХ}} c_{\text{л}} m_{\text{л}} (0^\circ\text{C} - t_2) \\ c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_1 - 0^\circ\text{C}) \leq n_{\text{min}} c_{\text{л}} m_{\text{л}} (0^\circ\text{C} - t_2) + n_{\text{min}} \lambda m_{\text{л}} \end{cases}$$

4. Отсюда получаем:

$$\begin{cases} n_{\text{МАХ}} \leq \frac{c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_1 - 0^\circ\text{C}) + \lambda m_{\text{в}}}{c_{\text{л}} m_{\text{л}} (0^\circ\text{C} - t_2)} = \frac{4200 \cdot 0,2 \cdot 20 + 330\,000 \cdot 0,2}{2100 \cdot 0,01 \cdot 10} \approx 394,3 \\ n_{\text{min}} \geq \frac{c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_1 - 0^\circ\text{C})}{c_{\text{л}} m_{\text{л}} (0^\circ\text{C} - t_2) + \lambda m_{\text{л}}} = \frac{4200 \cdot 0,2 \cdot 20}{2100 \cdot 0,01 \cdot 10 + 330\,000 \cdot 0,01} \approx 4,8 \end{cases}$$

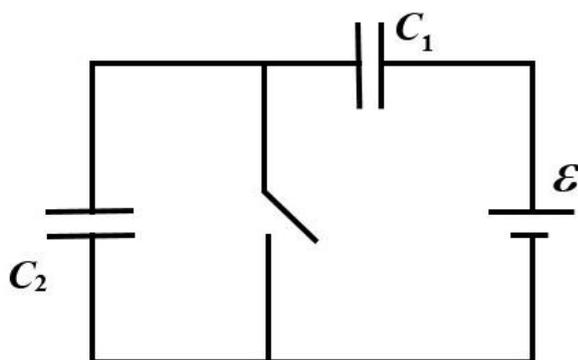
5. Учитывая, что n_{min} и n_{max} – целые числа, получаем ответ:

$$5 \leq n \leq 394$$

Ответ: $n_{\text{min}} = 5$, $n_{\text{max}} = 394$

Задача 5 (20 баллов)

Батарейка с ЭДС $\varepsilon = 5$ В, а также два конденсатора с емкостями $C_1 = 3$ мкФ и $C_2 = 2$ мкФ подключены так, как показано на рисунке. Вначале ключ разомкнут. Определите какой Δq протечет через ключ после его замыкания.



Разбор задания:

1. При разомкнутом ключе конденсаторы подключены последовательно, поэтому общая емкость цепи C равна

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 1,2 \text{ мкФ}$$

2. Суммарное напряжение на конденсаторах равно $\varepsilon = 5 \text{ В}$, т.е., заряд системы конденсаторов

$$q_1 = C\varepsilon = 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 6 \text{ мкКл}$$

3. После замыкания конденсатор C_2 разрядится, а заряд на конденсаторе C_1 станет равным

$$q_2 = C_1\varepsilon = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 15 \text{ мкКл}$$

4. Протекший через ключ заряд

$$\Delta q = q_2 - q_1 = 15 - 6 = 9 \text{ мкКл}$$

Ответ: 9 мкКл.