ВЫПИСКА ИЗ « МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ ЗАДАНИЙ И ТРЕБОВАНИЙ К ПРОВЕДЕНИЮ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ В 2016/2017 УЧЕБНОМ ГОДУ ПО ФИЗИКЕ», РАЗРАБОТАННЫХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ КОМИССИЕЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

6.5 Методика оценивания выполнения олимпиадных заданий

6.5.1. По окончании Олимпиады работы участников кодируются, а после окончания проверки декодируются.

6.5.2. Жюри Олимпиады оценивает записи, приведенные **только** в чистовике. **Черновики не проверяются.**

6.5.3. Не допускается снятие баллов за «плохой почерк», за решение задачи нерациональным способом, не в общем виде, или способом, не совпадающим с предложенным методической комиссией.

6.5.4. **Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается.**

6.5.5. Критерии оценивания разрабатываются авторами задач и приводятся в решении. Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценок по данной задаче.

6.5.6. Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10.

6.5.7. Проверка работ осуществляется Жюри Олимпиады согласно стандартной методике оценивания решений:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

и авторские критерии оценивания

Возможные решения задач

10 класс

Задача 1. Падение шарика

Небольшой шарик падает из точки A на массивную плиту, закрепленную на высоте $h = 1$ м от поверхности земли и ориентированную под углом $\alpha = 45°$ к горизонту. После упругого отражения от плиты шарик падает на поверхность земли в точке C на расстоянии $S = 4$ м от вертикальной прямой AB. Найдите время движения шарика до удара о землю. На какой высоте необходимо расположить плиту (не меняя ее ориентации), чтобы расстояние S было максимально при неизменном начальном положении шарика в точке A? Чему оно равно? Сопротивлением воздуха пренебречь. **(10 баллов)**

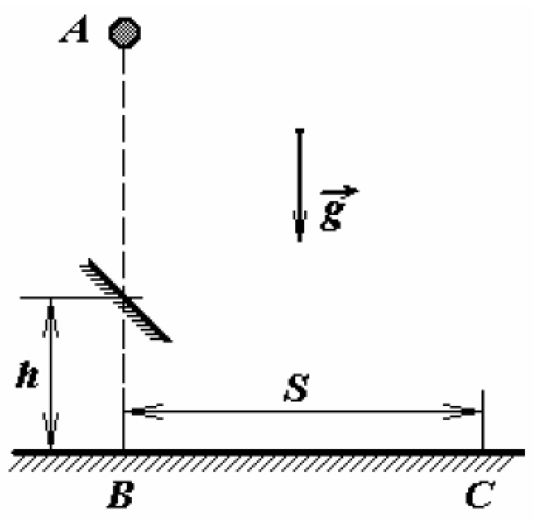
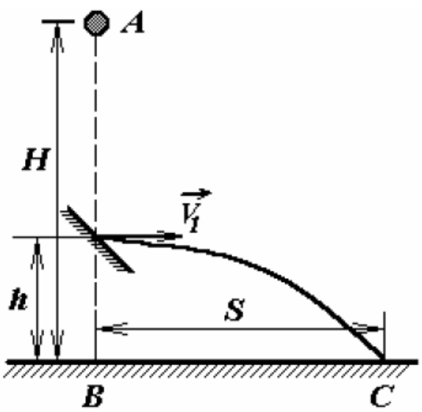


Рис.1

Возможное решение:

Так как плита наклонена под углом 45° к горизонту, то после удара скорость шарика $\vec{\upsilon}_1$ будет направлена горизонтально.



Поэтому, движение шарика после удара описывается уравнениями

$$\begin{cases} S = \upsilon_1 t_2 \\ h = \dfrac{g t_2^2}{2} \end{cases}, \qquad (1)$$

где t_2 – время движения от удара о плиту до падения на землю. Из системы уравнений (1) находим

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad \upsilon_1 = S\sqrt{\frac{g}{2h}}. \qquad (2)$$

Зная скорость шарика перед ударом о плиту, найдем время его движения от начальной точки A до удара

$$t_1 = \frac{\upsilon_1}{g} = \frac{S}{\sqrt{2gh}}. \qquad (3)$$

Полное время движения шарика рассчитаем по формуле

$$t = t_1 + t_2 = \frac{S}{\sqrt{2gh}} + \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 1.35 \text{ с.} \qquad (4)$$

Используя выражение (3), найдем высоту H точки A над уровнем земли

$$H = h + \frac{gt^2}{2} = h + \frac{S^2}{4h} = 5 \text{ м.} \qquad (5)$$

Найдем высоту h_0, на которой необходимо расположить плиту, чтобы дальность полета S была максимальна. Пройдя в свободном падении путь $(H - h_0)$, шарик наберет скорость $V_1 = \sqrt{2g(H - h_0)}$. Как следует из формул (2), после отражения он пролетит до падения на землю расстояние

$$S = V_1 \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = 2\sqrt{h_0(H - h_0)} = 2\sqrt{h_0 H - h_0^2}\,. \qquad (6)$$

Подкоренное выражение представляет собой квадратную функцию от h_0, которая в данном случае достигает максимума при

$$h_0 = \frac{H}{2} = 2.5 \text{ м.} \qquad (7)$$

Таким образом, максимальное расстояние $S_{\max} = 5$ м.

Критерии оценивания решения:

Найдено время движения шарика до удара о землю (4) – 4 балла.
Найдена высота H точки A над уровнем земли (5) – 2 балла.
Найдена искомая высота расположения плиты h_0 (7)– 2 балла.
Найдено максимальное расстояние $S_{\max}$ – 2 балла.

Задача 2. Два груза

В системе, изображенной на рис.2, блоки имеют пренебрежимо малые массы, нить невесомая и нерастяжимая, не лежащие на блоках участки нити горизонтальны. Массы грузов, лежащих на горизонтальной плоскости, одинаковы и равны M. Нить тянут за свободный конец в горизонтальном направлении с силой F. С каким ускорением движется конец нити, к которому приложена эта сила? Трения нет, движение грузов считайте поступательным. **(10 баллов)**

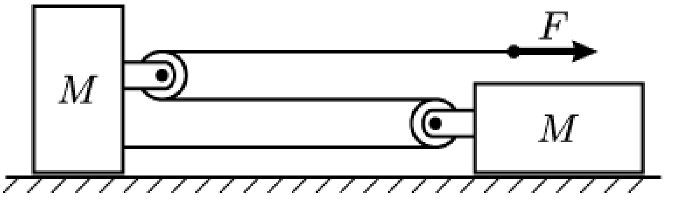


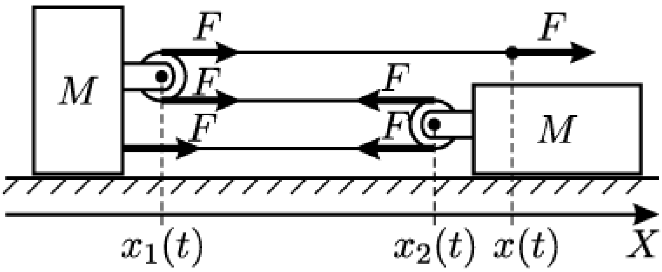
Рис.2

Возможное решение:

Поскольку нить и блоки невесомые и трения нет, то на левый груз в горизонтальном направлении действует сила (см. рис.), равная $3F$ и направленная слева направо, а на правый груз – сила $2F$, направленная справа налево. Направим ось X неподвижной системы координат вправо. Тогда проекция ускорения левого груза на ось X будет равна

$$a_1 = \frac{3F}{M}, \qquad (1)$$

а проекция ускорения правого груза $a_2 = -\frac{2F}{M}$. (2)



Найдем, как связаны друг с другом ускорения грузов и конца нити, то есть получим уравнение кинематической связи.
Пусть $x_1(t)$ – координата оси левого блока в некоторый момент времени t, $x_2(t)$ – координата оси правого блока, $x(t)$ – координата конца нити, L – длина нити, r – радиусы блоков, x_0 – расстояние от оси левого блока до левого груза.
Так как нить нерастяжима (L = const):

$$x(t) - x_1(t) + \pi r + x_2(t) - x_1(t) + \pi r + x_2(t) - x_1(t) + x_0 = L. \qquad (3)$$

Отсюда

$$x(t) = 3x_1(t) - 2x_2(t) + L - 2\pi r - x_0. \qquad (4)$$

Такое же соотношение справедливо также и для момента времени $t + \Delta t$, близкого к моменту t:

$$x(t + \Delta t) = 3x_1(t + \Delta t) - 2x_2(t + \Delta t) + L - 2\pi r - x_0. \qquad (5)$$

Вычитая из (5) соотношение (4) найдем связь между перемещениями левого и правого грузов и смещением конца нити:

$$\Delta x = 3\Delta x_1 - 2\Delta x_2. \qquad (6)$$

Деля полученное соотношение на Δt получим связи для скоростей и ускорений:

$$\upsilon = 3\upsilon_1 - 2\upsilon_2, \qquad (7)$$

$$a = 3a_1 - 2a_2. \qquad (8)$$

Таким образом, из нерастяжимости нити следует:

$$a = 3a_1 - 2a_2 = 3 \cdot \frac{3F}{M} - 2 \cdot \left(-\frac{2F}{M}\right) = \frac{13F}{M}.$$

Критерии оценивания решения:
Представлен рисунок с указанием сил и ускорений – 2 балла.
Определены ускорения грузов (1) и (2) – 2 балла.
Получено кинематическое соотношение (6) – 4 балла.
Получено соотношение (8) для ускорений – 1 балл.
Получен правильный ответ – 1 балл.

Задача 3. Мокрый снег

Экспериментатор набрал на улице мокрого снега, имеющего температуру 0°C, поместил его в морозильную камеру и начал через равные промежутки времени измерять его температуру, занося данные в журнал (первая запись была сделана сразу после начала эксперимента). Однако впоследствии журнал был испорчен, так что удалось прочитать только значения температуры, соответствующие десятой и одиннадцатой записям: –0,5°C и –4°C соответственно. Определите по этим данным массовую долю воды в мокром снеге. Удельная теплоемкость льда $C = 2{,}1\cdot10^3$ Дж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3{,}35\cdot10^5$ Дж/кг. **(10 баллов)**

Возможное решение:

1. Пусть интервал времени, через который производится измерение температуры, равен T, тогда, в соответствии с записями в журнале, температура стала равной $t_1 = -0{,}5$°C через $9T$, а $t_2 = -4$°C – через $10T$.

2. В течение первого интервала времени вся имевшаяся в мокром снеге вода замерзла.

3. Тогда, считая мощность отъема тепла в морозильной камере постоянной, запишем уравнения теплового баланса:

от начала эксперимента до 10-го измерения: $9TP = \varphi m\lambda + cm|t_1|$, (1)

от 10-го до 11-го измерения: $TP = cm(|t_2|-|t_1|)$, (2)

где P – мощность отъема тепла, m – масса снега, φ – массовая доля воды в мокром снеге.

4. Из полученных уравнений несложно найти:

$$\varphi = c(9|t_2|-10|t_1|)/\lambda.$$

Подставляя численные значения, получаем $\varphi \approx 0{,}19$.

Критерии оценивания решения:

За пункт 1 решения – 2 балла.

За пункт 2 решения – 2 балла.

Записано уравнение теплового баланса (1) – 2 балла.

Записано уравнение теплового баланса (2) – 2 балла.

Определена искомая массовая доля воды в мокром снеге – 2 балла.

Задача 4. Лампочка

В собранной схеме (см. рис.3) лампочка горит одинаково ярко как при замкнутом, так и при разомкнутом ключе K. Найдите напряжение на лампочке. Сопротивления $R_1 = R_3 = 90$ Ом, $R_2 = 180$ Ом, напряжение $U = 54$ В. **(10 баллов)**

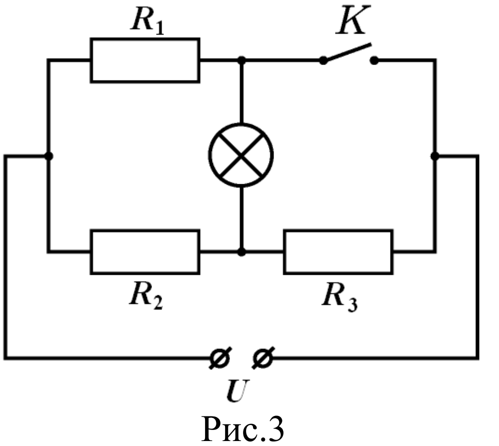
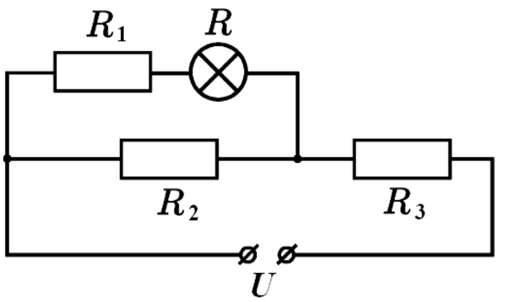


Рис.3

Возможное решение:

Обозначим сопротивление лампочки через R, а искомое напряжение на ней – через U_X. Исходную электрическую цепь с незамкнутым ключом можно изобразить в эквивалентном виде, показанном на рисунке.



Тогда напряжение на участке цепи, содержащем параллельное соединение равно

$$U_1 = U_X + R_1 \cdot \left(\frac{U_X}{R}\right). \qquad (1)$$

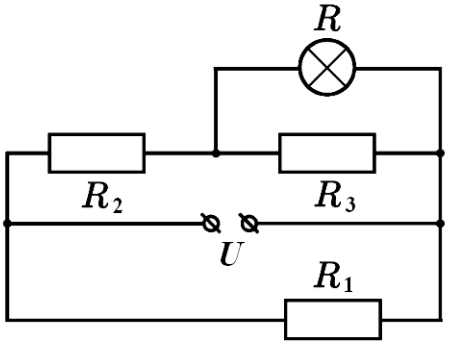
Сила текущего через этот участок тока составляет

$$I_3 = I_1 + I_2 = \left(\frac{U_X}{R}\right) + \left(\frac{U_1}{R_2}\right). \qquad (2)$$

Закон Ома для данной схемы дает:

$$U_X + R_1 \cdot \frac{U_X}{R} + R_3\left(\frac{U_X}{R} + \frac{U_X + R_1 \cdot (U_X / R)}{R_2}\right) = U\,. \qquad (3)$$

После замыкания ключа цепь можно перерисовать так, как показано на рисунке ниже.



Для верхнего участка цепи, содержащего два резистора и лампочку:

$$U_X + R_2 \cdot \left(\frac{U_X}{R} + \frac{U_X}{R_3}\right) = U\,. \qquad (4)$$

Решая полученные уравнения (3) и (4), найдем, что сопротивление лампы равно $R = 30$ Ом.

Напряжение на лампе:

$$U_X = \frac{U}{1 + \dfrac{R_2}{R} + \dfrac{R_2}{R_3}} = 6 \text{ В}.$$

Выше представлено одно из возможных решений задачи. Если участник олимпиады решил задачу правильно, используя альтернативный способ, то за выполнение задания выставляется максимальное количество баллов.

Критерии оценивания решения:

Представлена первая эквивалентная схема – 2 балла.

Получено соотношение (3) – 2 балла.

Представлена вторая эквивалентная схема – 2 балла.

Получено соотношение (4) – 2 балла.

Определено искомое напряжение – 2 балла.

Задача 5. Цилиндр в жидкости

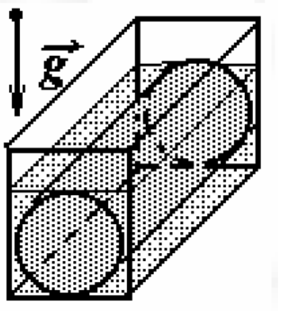


Рис.4

Сплошной однородный цилиндр радиуса R и длины L лежит на дне сосуда в форме параллелепипеда длины чуть большей L, ширины чуть большей $2R$ (см. рис.4). Сосуд заполнен жидкостью, так что она полностью покрывает цилиндр. Плотность материала цилиндра ρ, плотность жидкости ρ_0. Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы вынуть цилиндр из жидкости? **(10 баллов)**

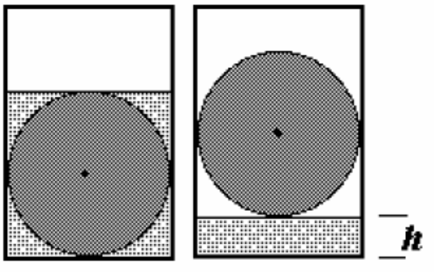
Возможное решение:

1. Минимальную работу в данном случае легко подсчитать как изменение потенциальной энергии системы.
2. Объем воды в сосуде

$$V = 4R^2L - \pi R^2 L = (4-\pi)R^2L. \qquad (1)$$

3. После того, как цилиндр достанут из воды, вода заполнит дно сосуда слоем толщиной

$$h = \frac{V}{2RL} = \left(2 - \frac{\pi}{2}\right)R. \qquad (2)$$



Следовательно, на такую же высоту необходимо поднять цилиндр.

4. Изменение потенциальной энергии цилиндра при этом

$$\Delta U_1 = mgh = \pi R^3 L\rho g\left(2 - \frac{\pi}{2}\right). \qquad (3)$$

5. Потенциальная энергия воды уменьшится на величину

$$\Delta U_2 = (4-\pi)R^2L\rho_0 g\left(1 + \frac{\pi}{4}\right), \qquad (4)$$

при записи этого соотношения учтено, что первоначально центр тяжести воды находился на высоте R, а затем оказался на высоте $h/2$.

6. Таким образом, полное изменение энергии (следовательно, и необходимая работа) рассчитываются по формуле

$$A = \Delta U = \Delta U_1 - \Delta U_2 = \frac{4-\pi}{2}R^3Lg\left(\pi\rho - \left(2 + \frac{\pi}{2}\right)\rho_0\right).$$

Критерии оценивания решения:

Идея о нахождении работы через изменение потенциальной энергии системы – 1 балл.

Определен объем жидкости – 2 балла.

Определена высота жидкости после поднятия цилиндра – 2 балла.

За нахождение изменения потенциальной энергии цилиндра – 2 балла.

За нахождение изменения потенциальной энергии жидкости – 2 балла.

Определена искомая минимальная работа – 1 балл.