

Всероссийская олимпиада школьников по физике  
муниципальный этап 2019 – 2020 учебный год

**11 класс**

Возможное (авторское) решение

**Задача 1.** Верхний конец пружины жёсткостью  $k$  закреплён на потолке исследовательской лаборатории. К нижнему концу этой пружины прикреплён груз массой  $m$ . Под груз помещают горизонтальную опору таким образом, что пружина первоначально не деформирована. Опору начинают опускать вертикально вниз с ускорением,  $a$  ( $a \neq g$ ). Оцените время, через которое груз оторвётся от опоры, после начала её движения.

**Решение.**

Пока груз не оторвётся от опоры, он будет двигаться с ускорением  $a$  под действием трёх сил – силы тяжести, силы реакции опоры и силы упругости, возникающей в пружине. Второй закон Ньютона в векторной форме запишется в виде:  $\vec{F}_{\text{упр}} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$ . В момент отрыва тела от опоры сила реакции опоры становится равной нулю. Уравнение второго закона Ньютона в этот момент принимает вид:  $\vec{F}_{\text{упр}} + m\vec{g} = m\vec{a}$ . В проекции на координатную ось  $OY$  получим:  $mg - F_{\text{упр}} = ma$ ; (для случая когда ось направлена вертикально вниз). Значение силы упругости в момент отрыва тела от опоры определяют по закону Гука:  $F_{\text{упр}} = k\Delta l$ , очевидно, что  $\Delta l = S_y$ . При равноускоренном движении:  $S_y = \frac{a}{2}t^2$ , с учётом того, что начальная скорость груза равна 0. Решая совместно

уравнения, получим:  $t = \sqrt{\frac{2m(g-a)}{ka}}$

**Ответ:**  $t = \sqrt{\frac{2m(g-a)}{ka}}$ .

**Примерные критерии оценивания**

Выполнен рисунок, на котором указаны векторы сил, ускорения и выбранное направление координатной оси – **2 балла**.

Записано уравнение второго закона Ньютона в векторной форме и в скалярной форме для проекций векторов на координатную ось в момент отрыва груза от опоры – **2 балла**.

Записан закон Гука и пояснено соответствие  $\Delta l = S_y$  – **2 балла**.

Записано уравнение перемещения при равноускоренном движении с учётом времени движения тела – **2 балла**

Произведены математические вычисления и получен верный ответ задачи (с указанием единиц измерения) – **2 балла**.

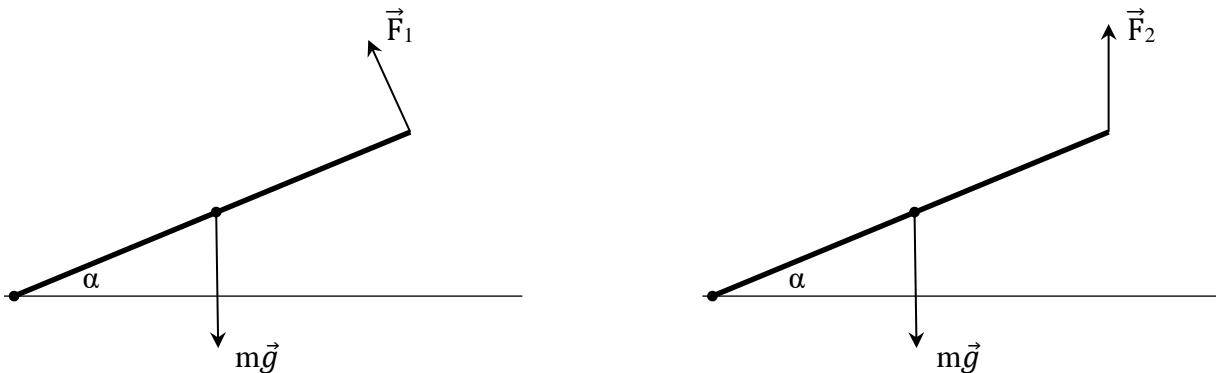
**11 класс**

Возможное (авторское) решение

**Задача 2.** Рабочий приподнял один конец длинной доски и удерживает его неподвижно таким образом, что доска образует острый угол с поверхностью земли. В каком случае ему необходимо прикладывать меньшую силу для удержания доски: 1) сила направлена перпендикулярно доске; 2) сила направлена вертикально. Ширина и толщина доски по всей длине одинаковы. Древесина однородна.

**Решение.**

Так, как и в первом и во втором случае система находится в равновесии, то сумма моментов сил, приложенных к доске, относительно конца доски, лежащего на земле, равна нулю.



Доска однородна и, следовательно, точка приложения силы тяжести, действующей на доску, совпадает с геометрическим центром доски. Обозначим длину доски  $L$ , а её массу  $m$ . Тогда для первого случая:  $mg \frac{L}{2} \cos \alpha = F_1 L$ ; или  $F_1 = \frac{mg \cos \alpha}{2}$ ; для второго случая:  $mg \frac{L}{2} \cos \alpha = F_2 L \cos \alpha$ ; или  $F_2 = \frac{mg}{2}$ ; найдём отношение:  $\frac{F_1}{F_2} = \cos \alpha$ . По условию задачи доска образует острый угол с поверхностью земли. Значение косинуса острых углов всегда  $< 1$ . Следовательно, в первом случае рабочему необходимо прикладывать меньшую силу, чем во втором.

**Ответ:**  $F_1 < F_2$

**Примерные критерии оценивания**

Выполнены рисунки, на которых указаны векторы сил, приложенных к доске – **2 балла.**

Записано условие равновесия для первого случая – **2 балла.**

Записано условие равновесия для второго случая – **2 балла.**

Выражены силы в первом и втором случаях – **2 балла**

Выполнено сравнение сил и сделан анализ соотношения сил – **2 балла.**

Всероссийская олимпиада школьников по физике  
муниципальный этап 2019 – 2020 учебный год

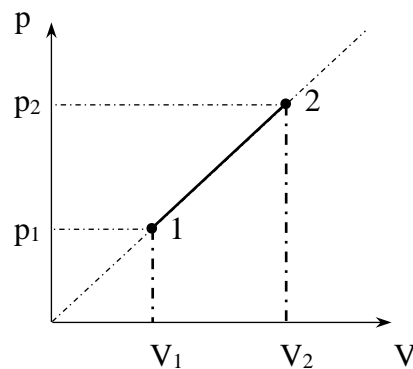
**11 класс**

Возможное (авторское) решение

**Задача 3.** Газ, количество вещества которого рано  $\nu$ , нагревают от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$ . Определите работу газа при этом процессе, если известно, что квадрат объёма газа изменялся прямо пропорционально абсолютной температуре.

**Решение.**

Согласно условию задачи,  $V^2 = \alpha T$ , где  $\alpha$  – некоторый постоянный коэффициент пропорциональности. Параметры газа в начальном и конечном состояниях соответственно определяются:  $V_1 = \sqrt{\alpha T_1}$ ;  $p_1 = \frac{\nu R V_1}{\alpha}$ ; и  $V_2 = \sqrt{\alpha T_2}$ ;  $p_2 = \frac{\nu R V_2}{\alpha}$ ; Рассмотрим график процесса, описанного в задаче, в координатах  $p, V$ :



Работа газа численно равна площади трапеции под графиком. Следовательно:

$$A = \frac{1}{2}(p_2 + p_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1). \text{ (Используем соотношение разности квадратов).}$$

**Ответ:**  $A = \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)$ .

Примерные критерии оценивания

Определено соотношение между объёмом и температурой газа – **2 балла**.

Записаны уравнения параметров газа в начальном и конечном состояниях – **2 балла**.

Использована графическое толкование работы газа – **4 балла**.

Получено конечное уравнение и определена работа газа – **2 балла**

Всероссийская олимпиада школьников по физике  
муниципальный этап 2019 – 2020 учебный год

**11 класс**

Возможное (авторское) решение

**Задача 4.** Два шара радиусами  $R_1$  и  $R_2$  изготовлены из одинакового металла. Шары зарядили и соединили тонким проводником. Определите отношение **поверхностных плотностей** электрических зарядов на шарах. Электростатическую индукцию и электроёмкость соединительного проводника не учитывать.

**Решение.**

Электрические заряды на шарах  $q_1$  и  $q_2$  после соединения проводником, будут в равновесии, при равенстве потенциалов шаров:  $\varphi_1 = \varphi_2$ . Потенциал заряженного шара:  $\varphi_1 = k \frac{q_1}{R_1}$ ;  $\varphi_2 = k \frac{q_2}{R_2}$ ;

Заряд на каждом шаре можно выразить соотношением:  $q_1 = 4\pi R_1^2 \sigma_1$ ;  $q_2 = 4\pi R_2^2 \sigma_2$ ;

И тогда отношение поверхностных плотностей зарядов:  $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{R_2}{R_1}$ ;

**Ответ:**  $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{R_2}{R_1}$ ;

Примерные критерии оценивания

Обосновано условие равновесия зарядов на шарах после соединения проводником – **3 балла.**

Записаны формулы определения потенциалов шаров – **2 балла.**

Записаны формулы для значений зарядов на каждом из шаров – **2 балла.**

Определено отношение поверхностных плотностей зарядов – **3 балла**

Всероссийская олимпиада школьников по физике  
муниципальный этап 2019 – 2020 учебный год

**11 класс**

Возможное (авторское) решение

**Задача 5.** В горизонтальной плоскости расположен проводящий контур, имеющий форму кольца радиуса  $r$ . Сопротивление контура равно  $R$ . Контур замкнут через гальванометр. Вдоль вертикальной оси, проходящей через центр кольца, начинает падать, без начальной скорости, небольшой заряженный шарик массой  $m$ . Заряд шарика равен  $q$ . В начальный момент времени шарик находился на расстоянии  $2\pi r$  выше плоскости кольца вдоль оси. Начертите график зависимости показаний гальванометра от времени падения шарика. Ускорение свободного падения равно  $g$ . Сопротивление воздуха не учитывать. Поясните вид графика.

**Решение.**

Сила индукционного тока в контуре, которую и показывает гальванометр, определяется соотношением:  $I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$ ; На основании закона электромагнитной индукции:  $\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ;

Линии индукции магнитного поля, создаваемого движущимся зарядом, лежат в горизонтальной плоскости (можно применить правило правого винта – «буравчика»). Поэтому поток магнитной индукции через площадь, ограниченную контуром, в любой момент времени равен нулю. Следовательно и  $\Delta\Phi = 0$ . Показания гальванометра будут всё время нулевыми. График имеет вид:



**Ответ:**  $I_i = 0$  на протяжении всего времени падения.

**Примерные критерии оценивания**

Определена величина, которую показывает гальванометр – **1 балл.**

Записана формула для определения силы индукционного тока – **2 балла.**

Записаны формулы закона электромагнитной индукции – **2 балла.**

Определено направление вектора магнитной индукции – **2 балла.**

Построен график и дано обоснование вида графика – **3 балла.**

**Общие рекомендации членам жюри по оцениванию работ участников олимпиады.**

1. Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные **только** в чистовике. Черновики не проверяются.
2. Не допускается снятие баллов за «плохой почерк», за решение задачи нерациональным способом, не в общем виде, или способом, не совпадающим с предложенным методической комиссией.
3. Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, **не учитывается**.
4. Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10.
5. Если решение ученика отлично от авторского, то проверка работ осуществляется согласно стандартной методике оценивания решений:

**Баллы      Правильность (ошибочность) решения**

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