

Задания отборочного этапа Олимпиады школьников СПбГУ по физике 2023-2024 гг.

Участникам отборочного этапа Олимпиады по физике из 8-10х классов предлагался вариант, состоявший из 6 задач, участникам из 11 класса – из 7. Каждая из задач составлялась в нескольких вариациях, выбиравшаяся системой проведения Олимпиады случайным образом. При проверке проверялась корректность введенного в систему числового ответа. Часть задач предлагались к решению участникам разных классов. Ниже в обозначениях задач указывается, участникам из каких классов они предназначались.

Структура разбиения тем задач по вариантам для разных классов:

8 – сила тяги, мощность;

8 – равномерное движение, работа с графиком;

8-9 – гидравлический пресс;

8-9 – плотность вещества, сила Архимеда;

8-9 – сила тяги, мощность+КПД;

9-10 – рычаги;

9-10 – равноускоренное одномерное движение в поле силы тяжести;

9-10 – электрические цепи;

10-11 – процессы в идеальном газе, уравнение Менделеева-Клапейрона, диаграммы;

10-11 – механические колебания, задача с графиком;

10 -11 – равноускоренное движение;

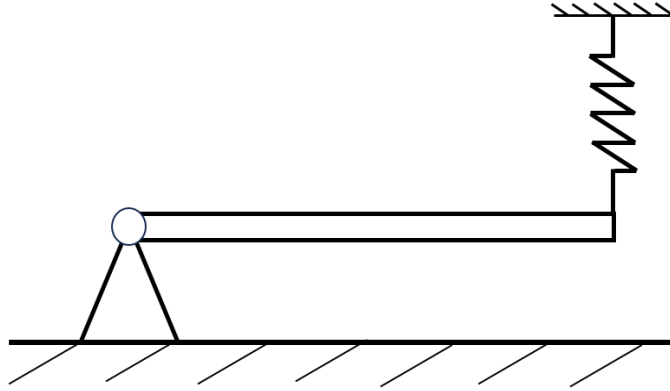
11 – оптимизация «накопителя» механической энергии;

11 – движение в магнитном поле;

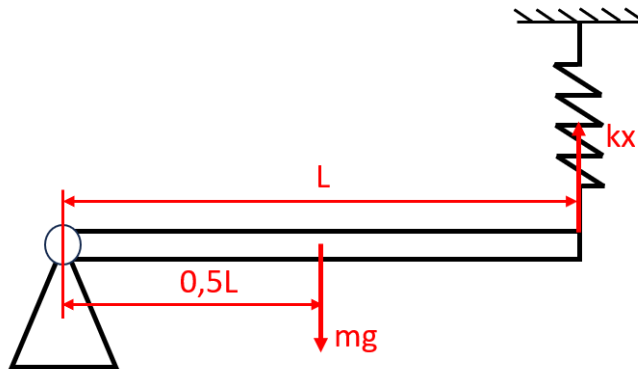
11 – движение заряженных частиц в плоском конденсаторе.

10.1. Вариант 1

Однородный массивный стержень закреплён с одного конца на шарнире, вокруг которого он может свободно вращаться. С другого конца стержень прикреплен к потолку пружины жесткостью 200 Н/м. Определите массу стержня, если система находится в равновесии, стержень ориентирован горизонтально, пружина вертикальная, а ее растяжение составляет 5 см? Размерами шарнира и массой пружины пренебрегите, ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 . Ответ приведите в килограммах, округлив до ближайшего целого.



Решение:



Примем за L длину всего стержня. На стержень действует сила mg приложенная к центру масс, то есть к центру стержня. Плечи сил будем откладывать относительно шарнира. Плечо силы тяжести относительно шарнира $0,5L$. Помимо силы тяжести на стержень действует сила упругости пружинки $k\Delta x$, плечо этой силы равно L . Запишем правило моментов:

$$M_1 = M_2 \Rightarrow 0,5mgL = k\Delta xL \Rightarrow mg = 2k\Delta x$$

Выразим массу и подставим значения:

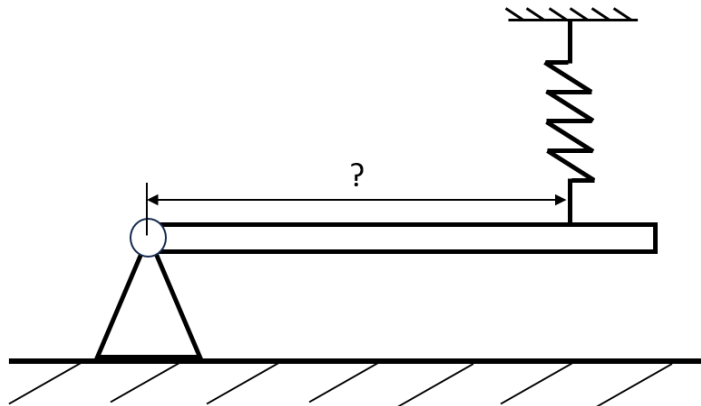
$$m = \frac{2k\Delta x}{g} = \frac{2 * 200 * 0,05}{10} = 2 \text{ кг}$$

Ответ: 2 кг

Вариант 2

Однородный стержень массой 2 кг и длиной 1 м закреплён с одного конца на шарнире, вокруг которого он может свободно вращаться. На некотором расстоянии от шарнира стержень прикреплен к потолку пружины жесткостью 200 Н/м. Определите, на каком расстоянии от шарнира расположена точка крепления пружины, если система находится в

равновесии, стержень ориентирован горизонтально, пружина вертикальна, а ее растяжение составляет 5 см? Размерами шарнира и массой пружины пренебрегите, ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 . Ответ приведите в метрах, округлив до ближайшего целого.



Ответ: 1 м

10.2 Вариант 1.

Мальчик стреляет из ружья в шахту, глубина которой составляет 875 метров. Начальная скорость пули равна 150 м/с и направлена вертикально вниз. Найдите, через какое время после выстрела мальчик услышит, что пуля достигла дна. Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 , скорость звука 330 м/с , сопротивлением воздуха пренебрегите. Ответ приведите в секундах, округлив до ближайшего целого.

Решение:

Время, через которое мальчик услышит звук определяется по формуле:

$$t_0 = t_1 + t_2, \quad (1)$$

где t_1 – время, за которое пуля достигнет дна, t_2 – время, за которое звук преодолеет тоже расстояние, распространяясь со дна шахты.

Для того, чтобы найти t_1 , используем формулу равноускоренного движения в поле тяжести:

$$S = V_0 t_1 + \frac{g t_1^2}{2}. \quad (2)$$

Получим $t_1 = 5 \text{ с}$.

Далее найдем время t_2 .

$$t_2 = \frac{S}{V_{зв}}, \quad (3)$$

Получим $t_2 = 2.65 \text{ с}$.

Тогда $t_0 = t_1 + t_2 = 7.65 \text{ с}$.

Ответ: $t_0 = 8 \text{ с}$.

10.2 Вариант 2.

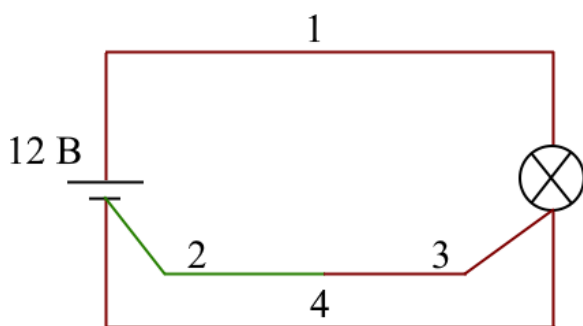
Мальчик стреляет камнем из рогатки в шахту. Начальная скорость камня равна 35 м/с и направлена вертикально вниз. Найдите глубину шахты, если известно, что звук удара камня

о ее дно мальчик услышал через 14 секунд после того, как выстрелил из рогатки. Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 , скорость звука 330 м/с , сопротивлением воздуха пренебрегите. Ответ приведите в метрах, округлив до ближайшего целого.

Ответ: $S = 990 \text{ м}$.

10.3 Вариант 1.

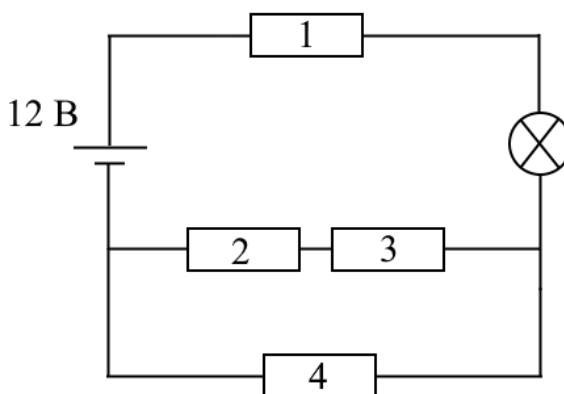
Лампа накаливания сопротивлением 5 Ом подключена к источнику питания медными и алюминиевыми проводами, как показано на рисунке. В таблице представлены параметры каждого провода: номер, длина L , площадь поперечного сечения S и материал. На источнике выставлено напряжение 12 В . Найдите силу тока, проходящего через лампу. Ответ приведите в амперах, округлив до целого. Удельное сопротивление меди $1.72 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, алюминия – $2.70 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, внутренним сопротивлением источника пренебрегите, сопротивление лампы считайте постоянным.



№	$L, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Материал
1	30	$7.0 \cdot 10^{-7}$	Медь
2	25	$3.0 \cdot 10^{-7}$	Алюминий
3	8	$8.0 \cdot 10^{-7}$	Медь
4	45	$1.0 \cdot 10^{-6}$	Медь

Решение:

Построим эквивалентную схему:



Найдем общее сопротивление цепи:

$$R_0 = R_1 + \frac{(R_2 + R_3) \cdot R_4}{R_2 + R_3 + R_4} + r, \quad (1)$$

где R_1, R_2, R_3, R_4 – сопротивление каждого из проводов:

$$R_1 = \frac{\rho_{\text{медь}} \cdot l_1}{s_1} = \frac{1.72 \cdot 10^{-8} \cdot 30}{7 \cdot 10^{-7}} = 0.7371 \text{ Ом}, \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{\rho_{\text{алюм}} \cdot l_2}{s_2} = \frac{2.7 \cdot 10^{-8} \cdot 25}{3 \cdot 10^{-7}} = 2.25 \text{ Ом}, \quad (3)$$

$$R_3 = \frac{\rho_{\text{медь}} \cdot l_3}{s_3} = \frac{1.72 \cdot 10^{-8} \cdot 8}{8 \cdot 10^{-7}} = 0.172 \text{ Ом}, \quad (4)$$

$$R_4 = \frac{\rho_{\text{медь}} \cdot l_4}{s_4} = \frac{1.72 \cdot 10^{-8} \cdot 45}{1 \cdot 10^{-6}} = 0.774 \text{ Ом}, \quad (5)$$

где l_n и s_n – длина и площадь поперечного сечения каждого провода.

Подставив значения из условия задачи, получим общее сопротивление цепи: $R_0 = 6.32 \text{ Ом}$.

Тогда ток, проходящий через лампу, будет определяться выражением:

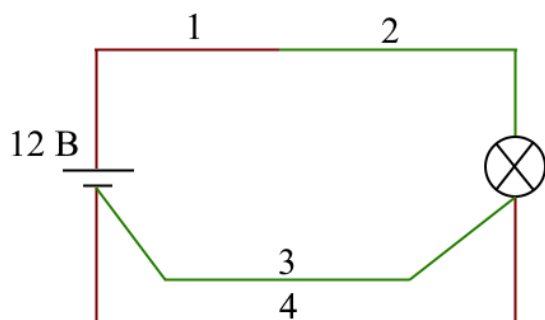
$$I_0 = \frac{U}{R_0}, \quad (6)$$

Подставив значения напряжения на источнике и общее сопротивление цепи, получим: $I_0 = 1.898 \text{ А}$.

Ответ: $I_0 = 2 \text{ А}$.

Вариант 2.

Лампа накаливания сопротивлением 4 Ом подключена к источнику питания медными и алюминиевыми проводами, как показано на рисунке. В таблице представлены параметры каждого провода: номер, длина L , площадь поперечного сечения S и материал. На источнике выставлено напряжение 12 В. Найдите силу тока, проходящего через лампу. Ответ приведите в амперах, округлив до целого. Удельное сопротивление меди $1.72 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, алюминия – $2.70 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, Внутренним сопротивлением источника пренебрегите, сопротивление лампы считайте постоянным.

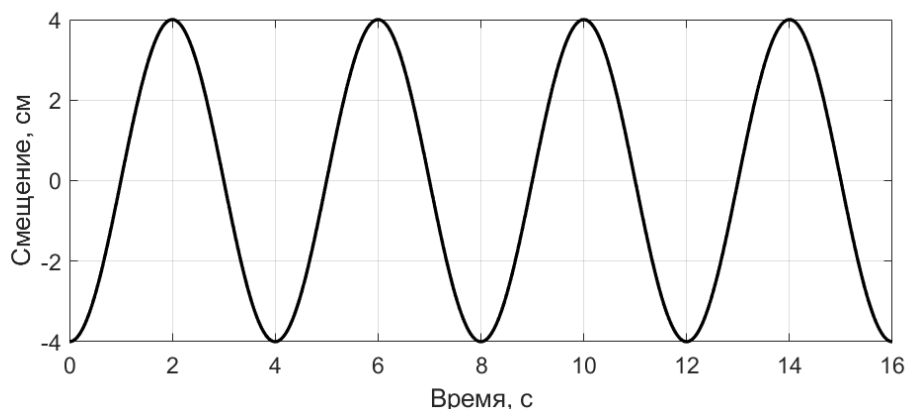


№	L, м	S, м ²	Материал
1	21	$2.1 \cdot 10^{-6}$	Медь
2	5	$2.6 \cdot 10^{-6}$	Алюминий
3	18	$2.9 \cdot 10^{-6}$	Алюминий
4	17	$2.7 \cdot 10^{-6}$	Медь

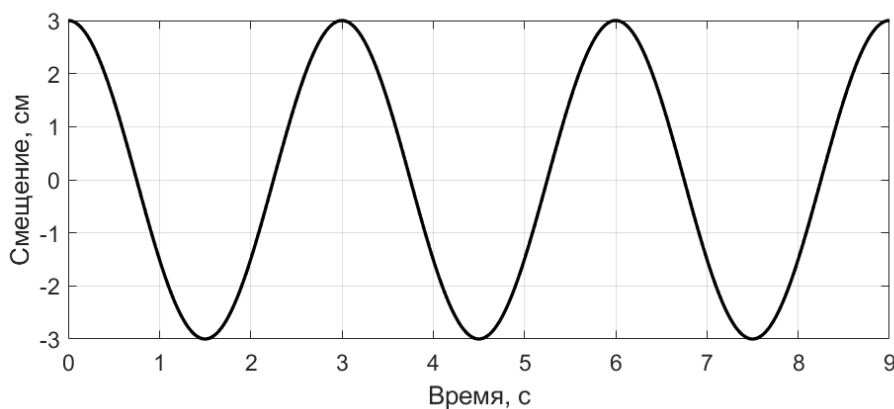
Ответ: $I_0 = 3 \text{ А}$.

10.1 На невесомом эластичном жгуте подвешен грузик некоторой массы. Грузик смещают из положения равновесия и отпускают, в результате чего он начинает совершать вертикальные колебания. Зависимость смещения грузика от времени представлена на графике. Определите растяжение жгута в состоянии покоя. Ответ приведите в сантиметрах, округлив до ближайшего целого значения. Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 , массой жгута пренебрегите.

Вариант 1:



Вариант 2:



Решение:

Из графика можем определить период колебаний грузика, который связан с массой грузика и жесткостью жгута по формуле:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{T^2}{4\pi^2}$$

2 закон Ньютона для растяжения жгута в состоянии покоя:

$$mg = k\Delta x$$

Откуда:

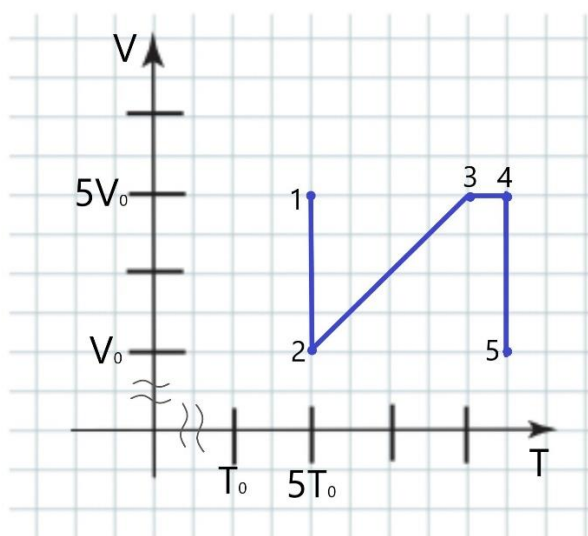
$$\Delta x = \frac{m}{k} g = \frac{T^2}{4\pi^2} g$$

Вариант 1: $T=4 \text{ с}$, $\Delta x = \frac{m}{k} g = \frac{T^2}{4\pi^2} g = \frac{16[\text{с}^2]}{4\pi^2} * 10 \left[\frac{\text{М}}{\text{с}^2}\right] = 405 \text{ см}$.

Вариант 2: $T=3 \text{ с}$, $\Delta x = \frac{m}{k} g = \frac{T^2}{4\pi^2} g = \frac{9[\text{с}^2]}{4\pi^2} * 10 \left[\frac{\text{М}}{\text{с}^2}\right] = 228 \text{ см}$.

10. 2 Вариант 1.

Изменение состояния некоторого постоянного количества идеального газа представлено на диаграмме.



Выберите верные утверждения:

- А) процесс 1-2 – Изотермическое сжатие? (верно)
- б) 2-3 – изохорный процесс? (неверно)
- в) давление идеального газа в точке 5 в три раза меньше, чем в точке 1? (неверно)
- г) давление идеального газа в точке 5 в три раза больше, чем в точке 2? (верно)

Решение:

- а) Да. На диаграмме между точками 1 и 2 изображен процесс изотермического сжатия.
- б) Нет. Процесс 2-3 не является изохорным, так как давление на этом участке диаграммы меняется.
- в) Нет.

Рассмотрим соотношение идеального газа для точек один и пять.

$$\begin{aligned}(P_1 V_1) / T_1 &= (P_5 V_5) / T_5 \\ (P_1 5V_0) / 5T_0 &= (P_5 V_0) / 15T_0 \\ P_1 &= P_5 / 15\end{aligned}$$

Таким образом, давление идеального газа в точке 5 в 15 раз больше, чем в точке 1.

- г) Да.

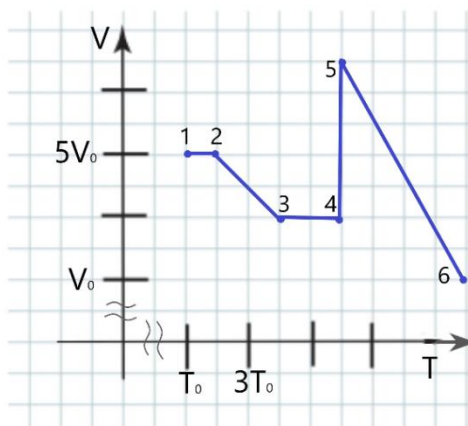
Рассмотрим соотношение идеального газа для точек один и пять.

$$\begin{aligned}(P_5 V_0) / 15T_0 &= (P_2 V_0) / 5T_0 \\ P_5 &= 3P_2\end{aligned}$$

Таким образом, давление идеального газа в точке 5 в 3 раза больше, чем в точке 2.

Вариант 2.

Изменение состояния некоторого постоянного количества идеального газа представлено на диаграмме.

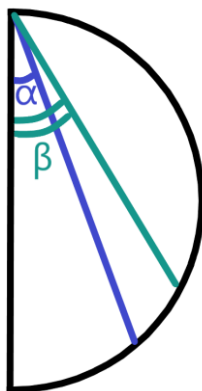


Выберите верные утверждения:

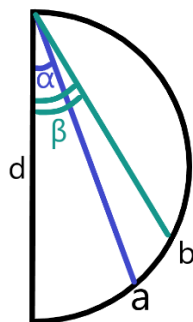
- а) 3-4 и 2-3 – изохорные процессы? (неверно)
- б) 4-5 – изотермическое сжатие? (неверно)
- в) давление идеального газа в точке 1 в пятьдесят раз меньше, чем в точке 6? (верно)
- г) давление идеального газа в точке 4 в полтора раза больше, чем в точке 3? (верно)

Задача 10.3.

Из верхней точки полушария (см. рисунок) проделали насквозь две гладкие прорези под углами к вертикали 30° и 45° . В начало каждой из прорезей разместили по небольшой шайбе и отпустили. Пусть t_1 – время движения шайбы в прорези, образующей угол 30° с вертикалью; t_2 – время движения другой шайбы. Найдите отношение t_1/t_2 . Трение отсутствует.



Решение:



Ускорение, с которым шайба будет скатываться по гладкой прорези, будет равно проекции ускорения свободного падения на ось, направленную вдоль прорези, то есть

$$a = g_a = g \cos \alpha$$

$$a = g_b = g \cos \beta$$

Найдем длины прорезей, по которым скатываются шайбы:

$$l_a = d \cos \alpha$$

$$l_b = d \cos \beta$$

$$d \cos \alpha = g \cos \alpha t_1^2 / 2$$

$$d \cos \beta = g \cos \beta t_2^2 / 2$$

Отсюда

$$t_1 = t_2 = \sqrt{2d/g}.$$

Время не зависит от угла скатывания, поэтому $t_1/t_2 = 1$.

Ответ: 1