

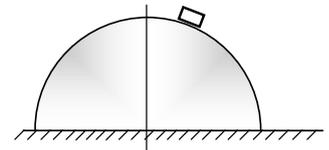
**Отборочный (заочный) онлайн-этап академического соревнования Олимпиады школьников
«Шаг в будущее» по физике «Профессор Жуковский»
(общеобразовательный предмет физика), осень 2020 год
11 класс**

Вариант 1

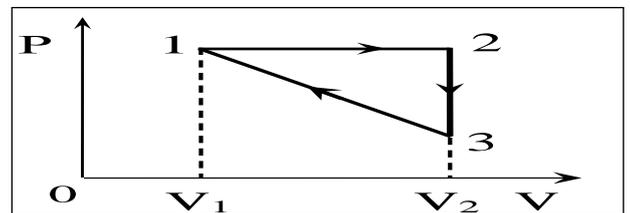
Задача 1 (10 баллов) Космический путешественник собирается отправиться на луну. Он берёт с собой пружинные весы, гирию, массой $m = 1$ кг, и блок. Опустившись на поверхность Луны, космонавт поднимает камень, который вытягивает на его весах значение 1 кг. Затем он подвешивает гирию и камень к нити, перекинутой через блок, и обнаруживает, что камень опускается с ускорением $a = 1,2$ м/с². Определите массу камня. Ускорение свободного падения на Земле принять равным 10 м/с². В ответе укажите массу в кг десятичной дробью, округлив её до десятых долей, без единицы измерения.

Задача 2 (6 баллов) Тело движется по окружности радиуса $R = 4$ м неравномерно. Линейная скорость этого тела изменяется по закону $v(t) = 1 + 3t$. Найдите полное ускорение a тела в м/с² в момент времени $t = 1$ с. Ответ укажите целым числом без единицы измерения.

Задача 3 (17 баллов) Небольшое тело начинает соскальзывать без начальной скорости из верхней точки неподвижной полусферы радиуса $R = 1$ м. На какую высоту h оно подскочит после удара о горизонтальную поверхность, на которой находится полусфера? Удар считать абсолютно упругим, полусфера жестко закреплена на плоскости. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с². В ответе укажите высоту h в метрах десятичной дробью, округлив её значение до сотых долей, без единицы измерения.

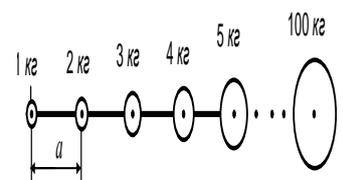


Задача 4 (17 баллов) Сто шаров, массы которых равны 1 кг, 2 кг, 3 кг, ..., 100 кг, расположены последовательно на прямом невесомом стержне, причём расстояния между центрами соседних шаров одинаковы и равны a . С центром какого шара совпадает центр масс системы? В ответе укажите номер шара без знака №.

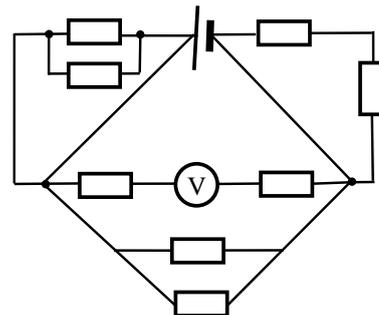


Задача 5 (6 баллов) Две сферы с объёмами 100 см³ и 200 см³ соединены короткой трубкой, в которой имеется пористая перегородка. С её помощью можно добиться равенства давлений в сосудах, но не температуры. В исходном состоянии система находится при температуре $T = 27$ °С и содержит кислород под давлением 760 мм. рт. ст. Малая сфера помещается в сосуд со льдом при температуре $T_1 = 0$ °С, а большая – в сосуд с паром при температуре $T_2 = 100$ °С. Найдите давление, которое установится в системе. Тепловым расширением сфер пренебречь. В ответе укажите давление в мм. рт. ст. целым числом без единицы измерения.

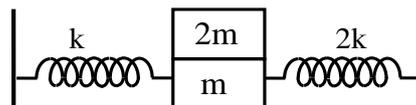
Задача 6 (10 баллов) С газообразным гелием проводится циклический процесс, состоящий из процесса 1-2, изохоры 2-3 и процесса 3-1 с линейной зависимостью давления от объёма. Найдите отношение объёмов в состояниях 2 и 1, если в цикле 1-2-3-1 газ совершил работу $A = 200$ Дж, а в изохорическом процессе 2-3 от газа отвели количество теплоты $Q = 900$ Дж. В ответе отношение укажите целым числом.



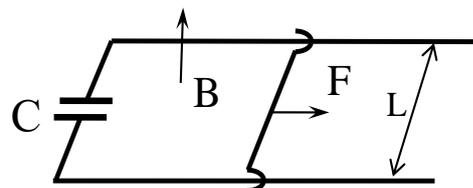
Задача 7 (6 баллов) В схеме, изображённой на рисунке, ЭДС источника тока равна 10 В, сопротивление каждого резистора $R = 1$ Ом. Найдите напряжение, которое покажет идеальный вольтметр V. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Ответ укажите в Вольтах целым числом.



Задача 8 (10 баллов) Определите максимальную амплитуду гармонических колебаний системы, состоящей из двух брусков и двух невесомых пружин, при которой бруски будут совершать колебания по горизонтальной плоскости без проскальзывания относительно друг друга. Жесткость пружин $k = 100$ Н/м и $2k = 200$ Н/м. Масса нижнего бруска $m = 10$ кг, верхнего – $2m = 20$ кг, коэффициент трения между брусками равен $\mu = 0,3$. В положении равновесия пружины не деформированы. Трение между нижним бруском и плоскостью отсутствует. В ответе укажите значение амплитуды в метрах десятичной дробью, округлив до десятых долей без единицы измерения.



Задача 9 (18 баллов) По двум металлическим параллельным рейкам, расположенным в горизонтальной плоскости и замкнутым на конденсатор ёмкости C, может без трения двигаться проводник массы m и длины L. Вся система находится в однородном магнитном поле, индукция которого B направлена вверх, перпендикулярно горизонтальной плоскости. К середине проводника перпендикулярно к нему и параллельно рейкам приложена сила F. Определите ускорение проводника, если сопротивление реек, подводящих проводов и подвижного проводника равно нулю. Считать, что в начальный момент скорость проводника равна нулю. В ответе укажите номер выбранного Вами ответа без скобки.



- 1) $a = \frac{F}{m \cdot B^2 \cdot L^2 \cdot C}$; 2) $a = \frac{F}{m + B^2 \cdot L^2 + C}$; 3) $a = \frac{F}{m + B^2 \cdot L^2 \cdot C}$
 4) $a = \frac{F}{m^2 + B^2 \cdot L^2 \cdot C}$; 5) $a = \frac{F}{m + B^2 \cdot L^2 \cdot C^2}$

Решение варианта 1

Задача 1 (10 баллов)

Ответ: 5,9 кг.

Задача 2 (6 баллов)

Так как по условию $v(t) = 1 + 3t$ и $t = 1c$, то

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = 3 \frac{M}{c^2};$$

Тангенциальное ускорение

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{4^2}{4} = 4 \frac{M}{c^2}.$$

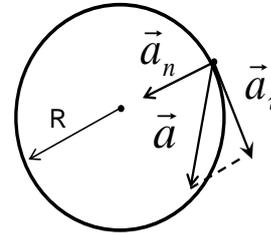
нормальное ускорение

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \frac{M}{c^2}$$

Полное ускорение

$$a = 5 \frac{M}{c^2}$$

Ответ: $a = 5 \frac{M}{c^2}$.



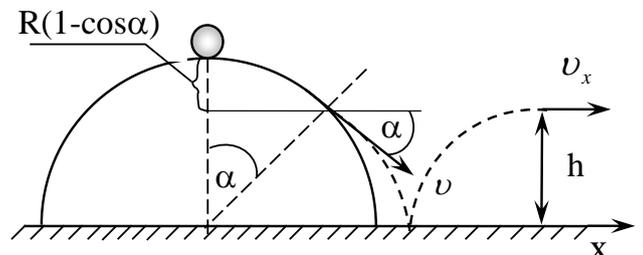
Задача 3 (17 баллов)

1) Используя закон сохранения энергии, запишем выражения для полной энергии в начальной точке траектории и в точке максимального подъема:

$$mgR = \frac{mv_x^2}{2} + mgh \quad h = R - \frac{v_x^2}{2g} \quad (1), \text{ где } v_x = v \cdot \cos \alpha.$$

2) Скорость v и $\cos \alpha$ найдем, используя закон сохранения энергии и исходя из условия отрыва тела от сферы. (Сила реакции N обратится в ноль при значении α , при котором $\cos \alpha = 2/3$. Далее тело будет свободно двигаться в поле тяжести):

$$\left. \begin{aligned} \frac{mv^2}{2} &= mgR(1 - \cos \alpha) \\ \frac{mv^2}{R} &= mg \cos \alpha \end{aligned} \right\} \text{ Отсюда } \left. \begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{2}{3} \\ v^2 &= \frac{2}{3} gR \end{aligned} \right\}$$



$$h = R - \frac{1}{2g} (v \cos \alpha)^2 = R - \frac{1}{2g} \cdot \frac{2}{3} gR \left(\frac{2}{3} \right)^2 = \frac{23}{27} R$$

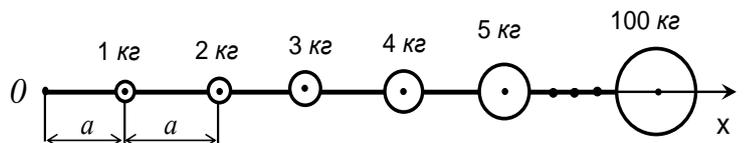
Подставим эти выражения в (1), найдем

Подставив значение $R = 1\text{м}$, найдём числовое значение $h = 0,85\text{ м}$.

Ответ: $h = \frac{23}{27} R = 0,85\text{ м}$.

Задача 4 (17 баллов)

Центр тяжести тела совпадает с центром масс. Введём систему координат таким образом, чтобы центр первого шара находился от начала координат на расстоянии $x_1 = a$, где a – расстояние



между центрами соседних шаров. Тогда центр второго шара будет иметь координату $x_2 = 2a$;
 $x_3 = 3a$ и т. д. Тогда координата центра масс

$$X = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{M} = \frac{a \cdot 1^2 + a \cdot 2^2 + \dots + a \cdot 100^2}{1 + 2 + \dots + 100}$$

$$1^2 + 2^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}, \quad 1 + 2 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

Известно, что $\frac{6}{6}$, кроме того,

$$X = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{M} = \frac{a \cdot n(n+1)(2n+1) \cdot 2}{6 \cdot n(n+1)} = \frac{a \cdot 201}{3} = 67a$$

Тогда

То есть центр масс системы совпадает с центром 67-го шара.

Ответ: 67.

Задача 5 (6 баллов)

Пусть V_1 - объём малой сферы, V_2 - объём большой сферы. Из уравнения Клапейрона-Менделеева следует, что масса газа в обоих сосудах

$$m = \frac{\mu \cdot p(V_1 + V_2)}{RT} \quad (1)$$

Пусть в новых условиях массы газа в сферах равны соответственно m_1 и m_2 . Тогда

$$m_1 = \frac{\mu \cdot p_1 \cdot V_1}{RT_1}; \quad m_2 = \frac{\mu \cdot p_1 \cdot V_2}{RT_2} \quad (2)$$

где p_1 - искомое давление. Так как $m_1 + m_2 = m$, то из выражений (1) и (2) находим, что

$$p_1 = p \frac{V_1 + V_2}{V_1 T_2 + V_2 T_1} \cdot \frac{T_1 \cdot T_2}{T} = 842 \text{ мм. рт. ст.}$$

$$p_1 = p \frac{V_1 + V_2}{V_1 T_2 + V_2 T_1} \cdot \frac{T_1 \cdot T_2}{T} = 842 \text{ мм. рт. ст.}$$

Ответ:

З А Д А Ч А 6 . (10 баллов)

$$1) Q_{3-1} = \frac{3}{2} \cdot P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_3 V_2 = \frac{3}{2} (P_2 - P_3) \cdot V_2$$

Работа равна площади цикла в координатах P – V.

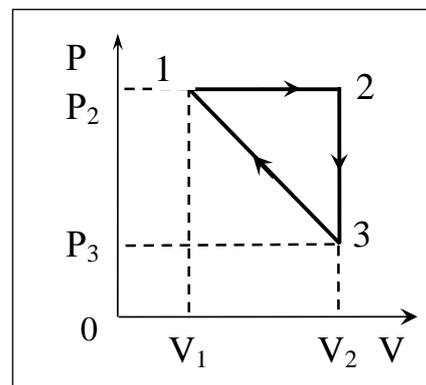
$$2) A = \frac{1}{2} (P_2 - P_3)(V_2 - V_1) \quad \text{- площадь треугольника}$$

$$3) \frac{Q_{2-3}}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{1} \frac{(P_2 - P_3) \cdot V_2}{(P_2 - P_3)(V_2 - V_1)} = 3 \frac{V_2}{V_2 - V_1} = \frac{900}{200} = \frac{9}{2}$$

$$4) \frac{V_2}{V_2 - V_1} = \frac{Q_{3-1}}{3A} = \frac{900}{3 \cdot 200} = \frac{3}{2}; \quad 5) \frac{\frac{V_2}{V_1} - 1}{V_1} = \frac{3}{2}, \quad \text{откуда } \frac{V_2}{V_1} = 3$$

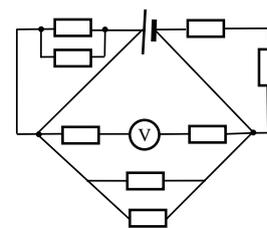
$$\frac{V_2}{V_1} = 3$$

Ответ:



Задача 7 (6 баллов)

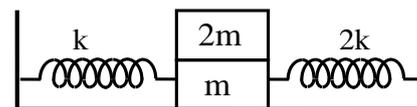
Ответ: 10 В.



Задача 8 (10 баллов)

1) Квадрат циклической частоты колебательной системы

$$\omega^2 = \frac{\sum k_i}{\sum m_i} = \frac{2k + 4k}{2m + m} = \frac{2k}{m}$$



2). Если бруски колеблются не проскальзывая относительно друг друга, то верхний брусок движется под действием силы трения покоя, максимальная величина которой равна силе трения скольжения,

т. е. $F_{\text{ТР.макс}} = \mu \cdot 2mg$. Эта сила создает максимальное ускорение верхнего бруска

$a_{\text{макс}} = \frac{F_{\text{ТР.макс}}}{2m} = \frac{\mu 2mg}{2m} = \mu g$, которое в случае гармонических колебаний равно $a_{\text{макс}} = A \cdot \omega^2$, т.е.

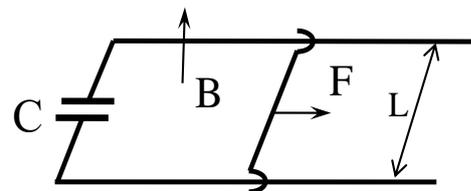
$$\mu g = A \omega^2$$

Откуда амплитуда колебаний $A = \frac{\mu g}{\omega^2} = \frac{\mu mg}{2k}$. Подставив числовые значения, найдём $A = 0,3$ м.

Ответ: $A = \frac{\mu mg}{2k} = 0,3$ м.

Задача 9 (18 баллов)

1). ЭДС индукции, возникающая в проводнике при его движении в магнитном поле, $E = vBL$.



2) Заряд конденсатора $Q = CE = C \cdot vBL$.

$$I = \frac{dQ}{dt} = BLCa$$

3) Ток в цепи, где a – ускорение проводника.

4). Сила Ампера, действующая на проводник, $F = I \cdot BL = B^2 L^2 Ca$.

5) Второй закон Ньютона для проводника $m \cdot \vec{a} = \vec{F} + \vec{F}_A$.

$$a = \frac{F}{m + B^2 L^2 C}$$

Из последних двух уравнений получаем

Ответ: $a = \frac{F}{m + B^2 L^2 C}$.