

МОШ, 2015/16, отборочный этап, 11 класс

Условия и ответы

1 Лёд с дробинкой в закрытом баке

В герметично закрытом баке находится вода при температуре 0°C . В воде плавает кусок льда массой 1 кг , в который вмёрзла свинцовая дробинка массой 100 г . Какое количество теплоты нужно подвести к содержимому бака, чтобы лёд с дробинкой затонули? Чему будет равна масса льда в момент, когда лёд с дробинкой начнут тонуть? Как изменится уровень воды в баке после того, как лёд с дробинкой утонут?

Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1,0\text{ г/см}^3$, плотность льда $\rho_{\text{л}} = 0,9\text{ г/см}^3$, плотность свинца $\rho_{\text{с}} = 11,3\text{ г/см}^3$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 335\text{ кДж/кг}$. Дробинка находится в середине куска льда и не отрывается от него.

Ответ

Нужно подвести $Q \approx 60,3\text{ кДж}$; масса льда в момент начала погружения $M_1 \approx 820\text{ г}$; уровень воды понизится.

2 Треугольник из шести металлических частей

Вася решил изготовить плоскую деталь в форме треугольника по следующей схеме. Сначала картонную модель треугольника он разделил медианами на 6 частей. Затем отдельные части заменил копиями, изготовленными из разных металлов. Используемые металлы и их плотности представлены в таблице. Определите возможные варианты средней плотности получившегося треугольника, собранного из отдельных металлических деталей, если все из перечисленных металлов были использованы ровно по два раза. Сколько различных вариантов средней плотности может получиться, если каждый металл нужно использовать не меньше одного раза? Какая средняя плотность детали в этом случае максимальная, а какая минимальная?

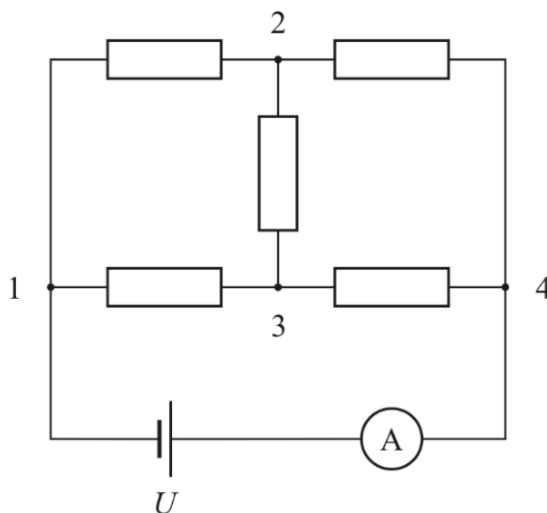
Металл	Плотность, г/см^3
Свинец	11,40
Медь	8,96
Сталь	7,60

Ответ

$\bar{\rho} = 9,32\text{ г/см}^3$; 10 вариантов; $\bar{\rho}_{\text{min}} = 8,46\text{ г/см}^3$, $\bar{\rho}_{\text{max}} = 10,36\text{ г/см}^3$.

3 Мостовая схема и амперметр (11 кл.)

Вася нашёл в ящике своего папы-физика четыре резистора сопротивлением 1 Ом каждый, один резистор сопротивлением 4 Ом, амперметр, батарейку с напряжением $U = 4,5$ В и провода. С использованием этих элементов Вася собрал цепь, схема которой изображена на рисунке (такая схема называется мостовой). Какой из резисторов нужно отключить Васе для того, чтобы показания амперметра изменились сильнее всего? Найдите это изменение показаний амперметра. Вася знает расположение резистора с сопротивлением 4 Ом, но пока вы не расскажете, что ему надо делать, он Вам не покажет, где располагается этот резистор. Батарейку можно считать идеальным источником напряжения, амперметр также считайте идеальным.

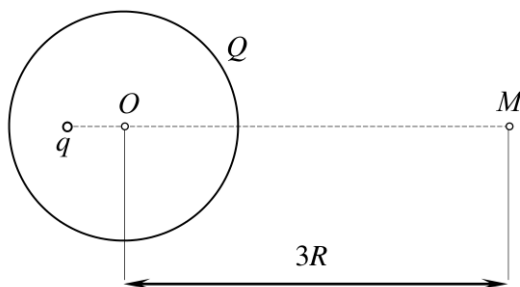


Ответ

Нужно рассмотреть два случая: когда резистор с сопротивлением 4 Ом включён в диагональ моста и когда нет. В первом случае нужно отключить любой резистор с сопротивлением 1 Ом, изменение показаний амперметра равно 2 А. Во втором случае нужно отключить резистор с сопротивлением 1 Ом, подключённый к тому же полюсу батарейки, что и резистор с сопротивлением 4 Ом; изменение показаний $\approx 2,4$ А.

4 Заряд внутри проводящей сферы

Внутри проводящей сферы радиусом R , несущей заряд Q , на расстоянии $R/2$ от её центра O находится точечный заряд q . Найдите потенциал φ в точке M . Точка M , центр сферы O и заряд q лежат на одной прямой. Найдите заряды внутренней и внешней поверхностей сферы. Распределён ли заряд на внутренней поверхности равномерно или неравномерно? А на внешней? Качественно изобразите вид силовых линий электрического поля.



Ответ

На внутренней поверхности сферы заряд $-q$ распределён неравномерно, на внешней поверхности заряд $Q + q$ распределится равномерно; $\varphi = k \frac{Q + q}{3R}$. Качественная картина силовых линий показана на рисунке в решении (направление силовых линий не указано, поскольку неизвестны знаки зарядов).

5 Взрыв снаряда

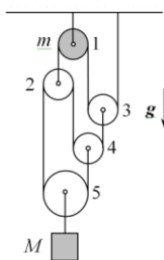
Закреплённая пушка, установленная на горизонтальной поверхности земли, стреляет под углом α к горизонту, причём снаряды вылетают из пушки с начальной скоростью v_0 . После первого выстрела снаряд упал на расстоянии L от пушки. Второй выстрел оказался неудачным, и на некоторой высоте снаряд разорвался на два осколка массами m и $2m$. Первый, лёгкий осколок, упал на землю на расстоянии $L/2$ от пушки, а второй осколок в момент падения первого осколка находился строго над ним. Определите расстояние s между осколками к моменту падения на землю первого осколка. Получите ответ в общем виде и в частном случае: $\alpha = 60^\circ$, $v_0 = 80$ м/с, $m = 5$ кг, $g = 10$ м/с².

Ответ

$s = \frac{3}{4} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$, при заданных числах $s = 360$ м; горизонтальные составляющие скоростей осколков после разрыва одинаковы: $v_{1x} = v_{2x} = v_0 \cos \alpha = 40$ м/с.

6 Ускорения блоков

Найдите величины и направления ускорений осей всех блоков, изображённых на рисунке. Массы бруска и верхнего блока равны соответственно M и m . Остальные блоки невесомы, нить также невесома и нерастяжима. Трение в осях блоков пренебрежимо мало. Нити по блокам не проскальзывают, не лежащие на блоках участки нитей вертикальны. В начальный момент система покоилась.

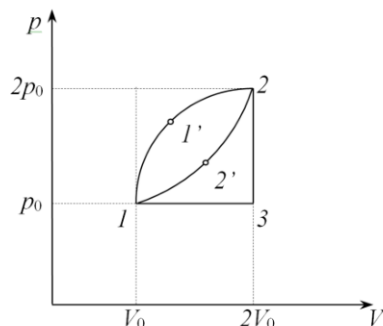


Ответ

$a_1 = a_2 = a_3 = 0$, $a_5 = g$, $a_4 = -2g$ (ось x направлена вниз, т. е. ось блока 4 движется вверх с ускорением $2g$); $\omega_1 = \omega_3 = 0$; блок 4 вращается по часовой стрелке, блоки 2 и 5 — против.

7 КПД цикла с дугой окружности

А) Определите КПД η циклического процесса 11'231, который совершается с одноатомным идеальным газом. pV -диаграмма цикла изображена на рисунке. Кривая 11'2 на диаграмме — четверть дуги окружности (при соответствующем выборе масштабов). Объём газа в цикле меняется в диапазоне от V_0 до $2V_0$, давление меняется в диапазоне от p_0 до $2p_0$. Минимальная температура газа равна $T_0 = 120$ К, а количество вещества составляет $\nu = 1$ моль. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль·К).



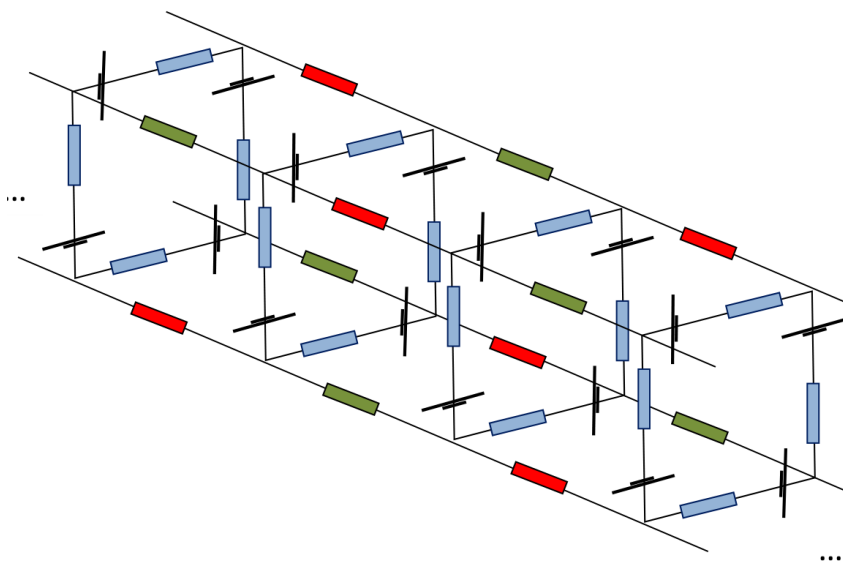
Б) Разделим данный цикл некоторой дугой 12'2 так, как показано на рисунке. КПД цикла 12'231 равен η_1 . Определите КПД цикла 11'22'1.

Ответ

$$\text{А) } \eta = \frac{\pi}{\pi + 22} \approx 12,5\% \text{ (работа за цикл } A = \frac{\pi}{4} p_0 V_0 \approx 0,78 \text{ кДж); Б) } \eta_2 = \frac{\eta - \eta_1}{1 - \eta_1} = \frac{\frac{\pi}{\pi + 22} - \eta_1}{1 - \eta_1}.$$

8 Цепочка проволочных кубов с источниками

Имеется цепочка, которая состоит из 2015 проволочных кубов, содержащих одинаковые источники напряжения с внутренними сопротивлениями r и внешние нагрузки R_1 (синие), R_2 (красные) и R_3 (зелёные), соединённых так, как показано на рисунке. При каком значении сопротивления R_1 на внешних нагрузках будет выделяться максимальная суммарная мощность (значения R_2 и R_3 красных и зелёных резисторов известны)? Получите ответ в общем виде и в частном случае $\varepsilon = 2$ В, $r = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 3$ Ом. Изобразите график зависимости мощности, выделяющейся на синем резисторе, от его сопротивления $P_c(R_1)$.

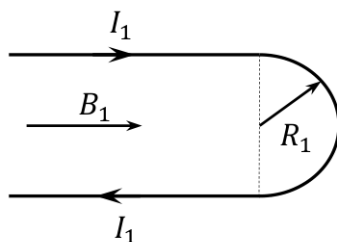


Ответ

В общем виде: $R_1 = r$, мощность на красных и зелёных нагрузках $P_k = P_3 = 0$ Вт, $P_c = \frac{\varepsilon^2}{4R_1}$; в частном случае $R_1 = r = 1$ Ом и $P_c = \frac{\varepsilon^2}{4R_1} = 1$ Вт.

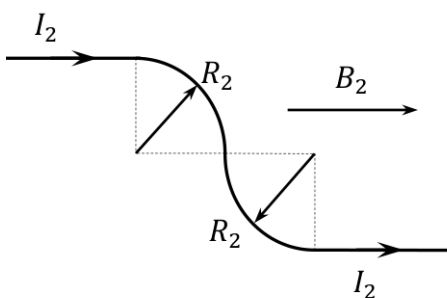
9 Сила Ампера на проводе с дугами

А) Проводник с током I_1 , состоящий из двух параллельных участков, соединённых проволочной полуокружностью радиусом R_1 , помещён в однородное магнитное поле индукцией B_1 , направленное вдоль параллельных участков провода (см. рис.). Определите модуль силы, с которой магнитное поле действует на этот провод с током.



Б) Решите задачу в случае, когда провод состоит из двух параллельных участков, которые соединены двумя проволочными четвертями окружностей радиусом $R_2 = 10$ см, как показано

на рисунке. Ток в проводе $I_2 = 30$ А, вектор индукции однородного магнитного поля $B_2 = 1$ Тл направлен вдоль параллельных участков провода.



Ответ

А) $F_1 = 2I_1 R_1 B_1$; Б) $F_2 = I_2 \cdot 2\sqrt{2} R_2 \cdot B_2 \cdot \sin \frac{\pi}{4} = 6$ Н.

10 Ракета и снаряд: взаимно перпендикулярные скорости

Ракета удаляется от поверхности Земли с постоянной скоростью $v_0 = 200$ м/с, направленной строго вертикально. Из неподвижного орудия под углом α к горизонту выпускается снаряд с такой же по величине начальной скоростью v_0 . В каком диапазоне должен лежать угол α , чтобы в системе отсчёта, движущейся поступательно вместе со снарядом, скорости ракеты и орудия хотя бы в какой-то момент времени были взаимно перпендикулярны? Сопротивлением воздуха пренебречь. Поверхность Земли считать плоской.

Ответ

$60^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ (при $\alpha = 60^\circ$ перпендикулярность достигается через $\tau = 7,5$ с).

11 Ворона на доске в воде

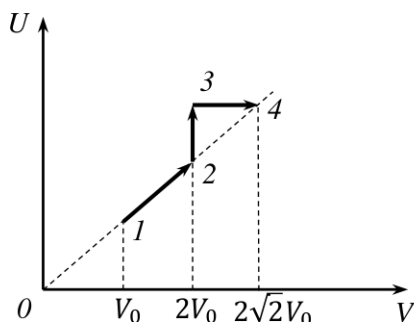
Посередине длинной доски массой $M = 4$ кг сидит ворона. Доска при этом на три четверти погружена в воду. После того как ворона пересела на один из её концов, верхний край доски с этого конца опустился как раз до уровня воды (нижний край доски по-прежнему полностью погружен в воду). Найдите массу вороны.

Ответ

$m = \frac{M}{8} = 0,5$ кг.

12 Внутренняя энергия газа от объёма

Зависимость внутренней энергии идеального газа от объёма указана на рисунке. На каком из участков: 1–2, 2–3 или 3–4 — совершённая работа максимальна?



Ответ

Работа максимальна на участке 1–2.

13 Три шарика в космосе

Три маленьких шарика находятся в космосе в углах правильного треугольника со сторонами длиной R . Шарика имеют массы m , $100m$, $100m$. Их электрические заряды равны соответственно $100q$, q , q . В начальный момент скорости шариков равны нулю. Какими будут скорости этих шариков через очень большое время?

Ответ

Скорость шарика с зарядом $100q$: $v_1 = \frac{10q}{\sqrt{\pi\epsilon_0 m R}}$; скорости шариков с зарядами q : $v_2 = \frac{q}{20\sqrt{\pi\epsilon_0 m R}}$.

14 Бусинка на стержне в невесомости

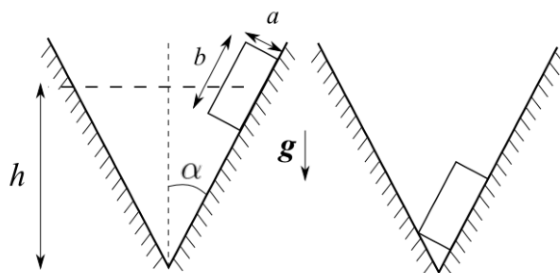
Гладкий стержень длины L и массы M находится в невесомости. На стержень надета маленькая бусинка, масса которой гораздо меньше массы стержня. Определите период малых колебаний бусинки вблизи центра стержня. Гравитационная постоянная равна G .

Ответ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L^3}{8GM}} = \pi\sqrt{\frac{L^3}{2GM}}.$$

15 Брусок между двумя плоскостями

Между двумя плоскостями, составляющими угол 2α , на поверхности одной из плоскостей находится брусок длиной b и высотой a . В начальный момент времени центр масс бруска находится на высоте h от линии пересечения плоскостей. Брусок отпускают без начальной скорости, он соскальзывает и касается своим ребром другой плоскости. Найдите скорость бруска в этот момент. Линия пересечения плоскостей параллельна поверхности земли. Трением пренебречь.



Ответ

$$v = \sqrt{2g \left(h - \frac{b}{2} \cos \alpha - \frac{a \cos \alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha} \right)}.$$

16 Маятник с удвоенной скоростью

Математический маятник колеблется с угловой амплитудой $\varphi_0 = 0,1$ рад. В момент прохождения маятником нижней точки своей траектории скорость маятника резко увеличили в 2 раза. Найдите новую угловую амплитуду колебаний φ_1 .

Ответ

$$\varphi_1 = \arccos(4 \cos \varphi_0 - 3) \approx 0,2 \text{ рад.}$$

17 Диссоциация двухатомного газа

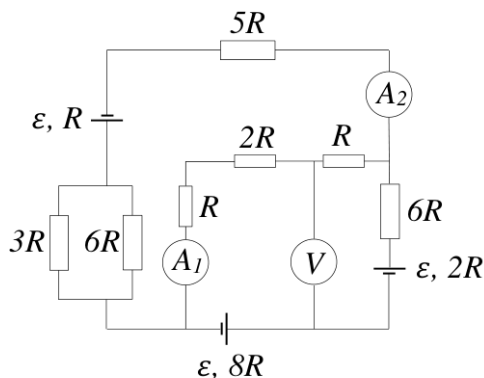
Герметичный сосуд заполнен двухатомным идеальным газом. После значительного повышения температуры часть молекул диссоциировала на атомы, при этом удельная теплоёмкость всего газа возросла на 10 %. Какая часть молекул диссоциировала? Теплоёмкость одного моля двухатомного идеального газа при неизменном объёме $c_V = 2,5R$.

Ответ

Диссоциировала половина молекул: $\alpha = 0,5$.

18 Амперметр в схеме с тремя источниками

В схеме, изображённой на рисунке, определить показание амперметра A_1 . Приборы считать идеальными.

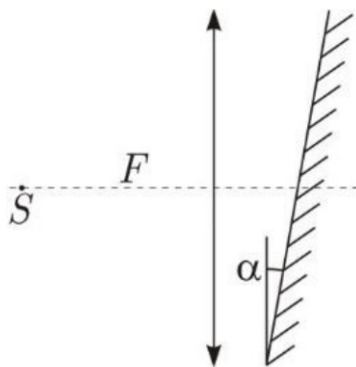


Ответ

$$I_1 = 0.$$

19 Линза и наклонное зеркало

За собирающей линзой расположено плоское зеркало, причём угол между зеркалом и линзой равен α . На главной оптической оси линзы в фокусе расположен источник света S . Определите, на каком расстоянии от источника света находится его изображение, если фокусное расстояние линзы равно F .



Ответ

Расстояние между источником и его изображением равно $F \operatorname{tg} 2\alpha$.

Источник: Московская олимпиада школьников по физике, 2015/16, отборочный этап, 11 класс — условия (1), условия (2), условия (3), условия (4), решения (1), решения (2), решения (3), решения (4). Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.