

МОШ, 2015/16, отборочный этап, 10 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 затонул? 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 60,3 кДж (около 60 кДж); масса льда будет равна 820 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. И использованные 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

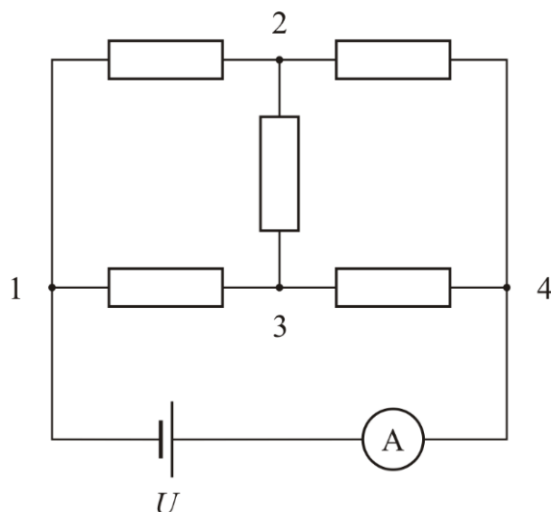
Ответ

При двойном использовании каждого металла $\bar{\rho} = 9,32 \text{ г/см}^3$ (единственный вариант); при использовании каждого металла хотя бы раз получается 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

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? 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.

Рассмотрите два случая: А) если резистор сопротивлением 4 Ом включен в диагональ моста (то есть между точками 2 и 3); и Б) если этот резистор включен НЕ в диагональ моста. Для каждого случая дайте ответ на вопрос задачи. Для первого случая дополнительно рассчитайте чему равно изменение показаний амперметра. Батарейку можно считать идеальным источником напряжения, амперметр также считайте идеальным.

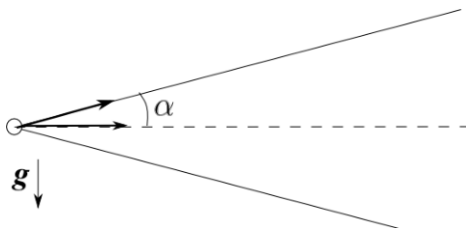


Ответ

В первом случае нужно отключить любой резистор с сопротивлением 1 Ом; во втором случае нужно отключить резистор с сопротивлением 1 Ом, подключённый к тому же полюсу батарейки, что и резистор с сопротивлением 4 Ом; абсолютная величина изменения показаний амперметра в первом случае равна 2 А.

4 Фонарь и брошенные шарики

Тёмной ночью на верхушку высокого столба повесили фонарь так, что пучок излучаемого им света образует прямой круговой конус с углом раствора 2α , и ось этого конуса параллельна земле. Из точки крепления фонаря бросают маленькие шарики с одним и тем же модулем начальной скорости так, что их траектории полностью лежат в вертикальной плоскости, содержащей ось конуса. Первый шарик, запущенный вдоль оси конуса, был виден в течение времени $\tau = 2$ с. В течение какого времени τ_1 будет виден шарик, запущенный вверх под углом α к горизонту? Через какое время τ_2 с момента начала движения этот шарик пересечёт ось конуса? Чему равен модуль начальной скорости v , с которой запускают шарики?



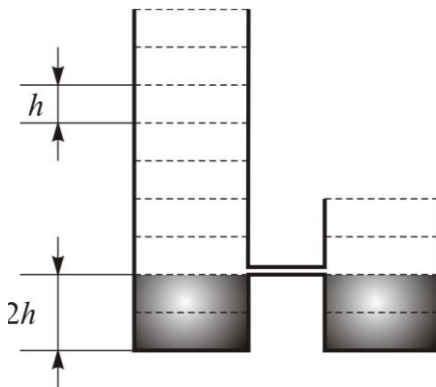
Считайте пучок узконаправленным (угол раствора конуса достаточно мал). Размерами фонаря и шариков можно пренебречь. Для малых углов $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$ (когда α выражен в радианах), $\cos \alpha \approx 1$. Ускорение свободного падения g известно.

Ответ

$$\tau_1 = 4 \text{ с}, \quad \tau_2 = 2 \text{ с}, \quad v = \frac{g\tau}{2\alpha}.$$

5 h-образная трубка с водой и маслом

Какой максимальный объём воды плотностью ρ можно налить в h-образную трубку с открытыми концами, частично заполненную маслом плотностью $0,8\rho$? Площадь сечения вертикальных колен трубки S . Объёмом горизонтальной соединительной трубочки можно пренебречь. Размеры h-образной трубки и высота столба воды указаны на рисунке. Пунктирные деления на трубке сделаны через одинаковое расстояние h , которое известно. Затыкать открытые концы, наклонять трубку и выливать из неё жидкости нельзя.



Ответ

$$V = 4,25 Sh.$$

6 Шарик по окружности на нити

Металлический шарик подвешен к потолку на нерастяжимой нити. Шарик вращается по окружности, лежащей в горизонтальной плоскости, с постоянной по модулю скоростью $v_1 = 2,5 \text{ м/с}$, так что нить всегда составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с вертикалью. Затем скорость шарика увеличили, и нить стала составлять угол $\beta = 45^\circ$ с вертикалью. Найдите модуль v_2 новой скорости шарика.

Ответ

$$v_2 = v_1 \sqrt{\frac{\sin \beta \operatorname{tg} \beta}{\sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}} \approx 3,9 \text{ м/с.}$$

7 Сотня шариков в воде

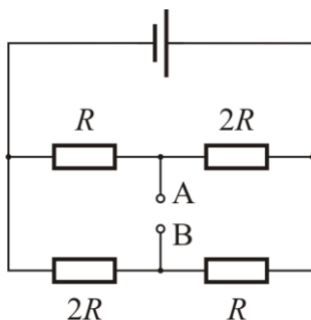
В теплоизолированном сосуде находится вода при температуре $t_0 = 10,0^\circ\text{C}$. Одинаковые шарики (их количество $n = 100$) нагревают до температуры $\theta = 60,0^\circ\text{C}$. Затем один шарик опускают в воду. Когда наступает тепловое равновесие, шарик вынимают и заменяют его вторым и так далее. Какой станет температура воды после того, как из неё достанут последний сотый шарик? Теплоёмкость одного шарика составляет $\alpha = 0,01$ части от теплоёмкости сосуда с водой. Количество воды в сосуде всё время остаётся постоянным.

Ответ

$$t_{100} \approx 41,5^\circ\text{C}.$$

8 Мост с вольтметром и амперметром

Из идеального источника напряжения и четырёх резисторов собрана цепь, схема которой показана на рисунке. Когда между клеммами A и B подключили идеальный вольтметр, он показал напряжение $U = 4 \text{ В}$. Когда вместо вольтметра подключили идеальный амперметр, его показания составили $I = 30 \text{ мА}$. Затем вместо амперметра между клеммами A и B подключили ещё один резистор сопротивлением R . Найдите силу тока через этот резистор.



Ответ

$$I_R = \frac{1}{7} \frac{\varepsilon}{R} \approx 17 \text{ мА (при этом } \varepsilon = 12 \text{ В, } R = 100 \text{ Ом).}$$