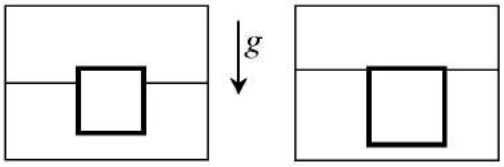
Физика 9 класс



1. В сосуде с жидкостью плавает тело в форме куба, так что 1/5 часть его объёма находится над поверхностью жидкости. Сосуд с жидкостью и телом нагрели до некоторой температуры. За счёт теплового расширения (не одинакового для тела и жидкости) объём тела, сохранившего форму куба, увеличился в x раз, а общий объём жидкости — в $k \cdot x$ раз. Найти k, если известно, что после нагрева тело плавает в жидкости, погрузившись полностью.

Решение.

При тепловом расширении объём тела увеличивается при неизменной массе. Значит, плотность тела уменьшается пропорционально увеличению объёма:

$$\frac{\rho'_т}{\rho_т} = \frac{1}{x}, \quad \frac{\rho'_ж}{\rho_ж} = \frac{1}{kx}. \qquad (1) \qquad \textbf{(3 б.)}$$

Здесь $\rho_т$ и $\rho_ж$ — плотности плавающего тела и жидкости до нагрева, а $\rho'_т$ и $\rho'_ж$ — эти же величины после нагрева. Пусть до нагрева тело имело объём V. Тогда, по условию, объём тела, выступающей над поверхностью воды, равен $\frac{1}{5}V$, а объём погруженной части, соответственно, $\frac{4}{5}V$. В равновесии сила тяжести $\rho_т Vg$, действующая на тело, уравновешивается силой Архимеда $\rho_ж \frac{4}{5}Vg$. Приравняв эти силы и сократив на Vg, получим:

$$\rho_т = \frac{4}{5}\rho_ж. \qquad (2) \qquad \textbf{(3 б.)}$$

После нагрева тело плавает, погрузившись полностью, и аналогичные рассуждения приведут, очевидно, к равенству

$$\rho'_т = \rho'_ж. \qquad (3) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

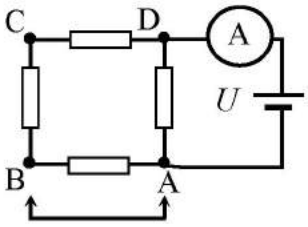
Разделив (3) на (2) и подставив выражения для отношения плотностей из (1), получим:

$$\frac{1}{x} = \frac{5}{4}\frac{1}{kx},$$

откуда найдём

ответ: $k = \frac{5}{4}$. **(2 б.)**

2. Студенту досталась схема, содержащая четыре резистора, источник напряжения $U = 10$ В и миллиамперметр (см. рис.). Три резистора имеют одинаковое сопротивление. Для того, чтобы определить сопротивления резисторов, он поочередно замыкал резисторы между точками AB, BC и CD и измерял показание прибора. Результаты измерений, соответственно: 12 мА, 12 мА, 15 мА. Миллиамперметр идеальный. Найдите величины всех сопротивлений в схеме.



Решение.

Пусть сопротивление каждого из трёх одинаковых резисторов — r, а четвёртого — R. Так как при замыкании резисторов между точками AB и BC в цепи текут одинаковые токи, такое возможно, если между этими точками подключены одинаковые резисторы r. **(2 б.)**

Поскольку при замыкании резистора между точками CD ток в цепи другой, это означает, что резистор с сопротивлением R находится между точками CD. Действительно, если бы резистор с сопротивлением R находился между точками AD, то при поочередном замыкании резисторов между точками AB, BC и CD мы бы получили одинаковые общие сопротивления цепи, и соответственно измеряли бы одинаковые токи. **(2 б.)**

По закону Ома

$$I_{AB} = \frac{U}{R_{AB}}, \qquad (1)$$ **(1 б.)**

$$I_{CD} = \frac{U}{R_{CD}}, \qquad (2)$$ **(1 б.)**

где $I_{AB} = 12$ мА, $I_{CD} = 15$ мА,

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{r+R} + \frac{1}{r} = \frac{2r+R}{r(r+R)}, \qquad (3)$$ **(1 б.)**

$$\frac{1}{R_{CD}} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{r} = \frac{3}{2r}. \qquad (4)$$ **(1 б.)**

Из (2) и (4) находим

$$r = \frac{3U}{2I_{CD}}. \qquad (5)$$

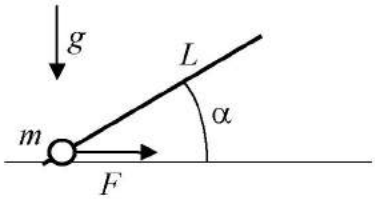
Из (1), (3) и (5) находим

$$R = r\frac{4I_{CD} - 3I_{AB}}{3I_{AB} - 2I_{CD}}. \qquad (6)$$

Подставив в (5) и (6) численные значения величин, получим

ответ: $r = 1$ кОм, $R = 4$ кОм. **(2 б.)**

3. На спицу длины L надета заряженная бусинка массы m. После того, как включили источник горизонтального электрического поля, на бусинку начала действовать горизонтальная сила F, и она пришла в движение. На какую высоту относительно конца спицы поднимется бусинка после того, как слетит со спицы? Спица расположена под углом α к горизонту. Трения нет.



Решение.

Запишем баланс энергии для момента времени, когда бусинка слетает со спицы

$$FL\cos\alpha - mgL\sin\alpha = \frac{mv^2}{2}, \qquad (1)$$ **(4 б.)**

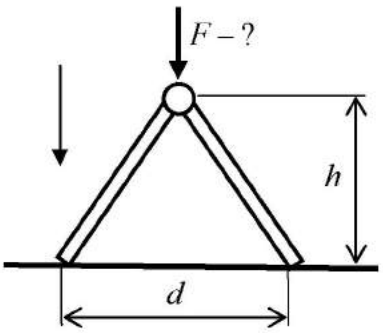
где v — скорость бусинки. Зная вертикальную составляющую скорости бусинки в этот момент $v\cdot\sin\alpha$, найдём максимальную высоту подъема бусинки:

$$H = \frac{(v\sin\alpha)^2}{2g}. \qquad (2)$$ **(4 б.)**

Выразив v из (1) и подставив в (2), получим

ответ: $H = L\sin^2\alpha\cos\alpha\left(\frac{F}{mg} - \mathrm{tg}\,\alpha\right).$ **(2 б.)**

4. Мерный угольник, состоящий из двух одинаковых стержней массы m, соединенных шарниром, стоит на горизонтальной поверхности. Шарнир находится на высоте h относительно поверхности, а свободные концы стержней упираются в поверхность на расстоянии d друг от друга. С какой вертикальной силой нужно надавить на шарнир, чтобы «ноги» угольника разъехались? Коэффициент трения между стержнями и поверхностью μ, трения в шарнире отсутствует, массой шарнира пренебречь.



Решение.

Искомая сила равна максимальной, при которой ещё сохраняется равновесие. Сила взаимодействия стержней F_{12} горизонтальная. Из условия равновесия стержня по горизонтали она равна силе трения:

$$F_{12} = F_{\text{тр}}. \qquad (1)$$

Условие равновесия стержня по вертикали:

$$F + 2mg = 2N, \qquad (2) \qquad \textbf{(3 б.)}$$

Равенство моментов сил, действующих на одну ногу угольника, относительно точки её касания с поверхностью имеет вид:

$$F_{12} \cdot h = \frac{F}{2} \cdot \frac{d}{2} + mg \cdot \frac{d}{4}. \qquad (3) \qquad \textbf{(3 б.)}$$

Максимальное значение F, при котором сохраняется равновесие (т.е. минимальное значение, при котором начинается скольжение), соответствует силе трения $F_{\text{тр}} = \mu N$, откуда с учетом (1) – (3) получаем

$$(F + mg)\frac{d}{4h} = \mu\left(\frac{F}{2} + mg\right) \;\Rightarrow\; F = \frac{\left(\mu - \frac{d}{4h}\right)}{\left(\frac{d}{2h} - \mu\right)} 2mg. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

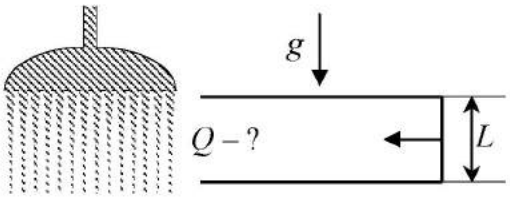
Поскольку F положительна, числитель и знаменатель полученного равенства должны быть одного знака, что справедливо при условии $\frac{d}{4h} < \mu < \frac{d}{2h}$.

Ответ:

При $\frac{d}{4h} < \mu < \frac{d}{2h}$ необходима сила $F \geq \frac{\left(\mu - \frac{d}{4h}\right)}{\left(\frac{d}{2h} - \mu\right)} mg$; **(1 б.)**

при $\frac{d}{2h} < \mu$ скольжения не будет при любой силе. **(1 б.)**

5. Длинная высокая коробочка ширины L повернута на бок и находится рядом с работающим душем (см. рис.). Верхний бок коробочки расположен чуть ниже уровня лейки душа. Коробочку начинают быстро двигать по горизонтали влево так, что она, захватывая воду, на время полностью перекрывает водяную струю лейки. В результате в коробочке оказывается объем воды V. Найдите расход воды (объем воды, протекающий через сечение в единице времени) через лейку душа, если суммарная площадь дырок в лейке S. Вода, попавшая в коробочку, назад не выплескивается. Ускорение свободного падения g. Влиянием воздуха пренебречь.



Решение.

Расход воды через лейку душа равен

$$Q = v_0 S, \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

где v_0 — скорость водяной струи на выходе из лейки.

Объём воды V в коробочке равен объёму воды, вытекшему через лейку душа за время t опускания струи от верхнего до нижнего бока коробочки:

$$V = v_0 S t. \qquad (2) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Из (1) и (2) найдём время

$$t = \frac{Q}{V}. \qquad (3)$$

За это время струя при равноускоренном движении проходит путь L (расстояние между верхним и нижним боками коробочки):

$$L = v_0 t + \frac{gt^2}{2}. \qquad (4) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Подставим сюда $v_0 t$, выраженное из (2), и t из (3), получим

$$L = \frac{V}{S} + \frac{g}{2}\left(\frac{V}{Q}\right)^2.$$

Выразив отсюда Q, найдём

ответ: $Q = V\sqrt{\dfrac{gS}{2(LS - V)}}$. **(2 б.)**