

В вариант обязательно включаются задачи Ф10.2, Ф10.4, Ф10.5

Ф10.1-1 Небольшой водолазный колокол представляет собой цилиндр высоты L , открытый с одной стороны. С помощью этого колокола на дальней планете исследуется кипищий океан, состоящий из воды. Для этого водолазный колокол медленно погружают под воду. На поверхности планеты барометр показывает значение 200 мм. рт. ст. , а колокол заполнен сухим воздухом при атмосферном давлении. На какой глубине высота столба воздуха равна $L/10$? Считайте, что температура океана не изменяется с глубиной погружения. Плотность ртути равна $\rho_{Hg} = 13,6\rho_{\text{воды}}$.

Ф10.1-2 Небольшой водолазный колокол представляет собой цилиндр высоты L , открытый с одной стороны. С помощью этого колокола на дальней планете исследуется кипищий океан, состоящий из воды. Для этого водолазный колокол медленно погружают под воду. На поверхности планеты барометр показывает значение 200 мм. рт. ст. , а колокол заполнен сухим воздухом при атмосферном давлении. На какой глубине высота столба воздуха равна $L/7$? Считайте, что температура океана не изменяется с глубиной погружения. Плотность ртути равна $\rho_{Hg} = 13,6\rho_{\text{воды}}$.

Ответ. Вариант 1: $H = 51,68 \text{ м}$; вариант 2: $H = 35,36 \text{ м}$.

Решение. В начальный момент погружения давление внутри колокола складывается из начального давления воздуха и давления насыщенного пара внутри и равняется $P_0 = 2P_{\text{атм.}}$. Так как погружение медленное, а температура океана не изменяется с глубиной, процесс можно считать изотермическим. С учётом постоянного сечения колокола можно получить, что $P'L = P_0L$. Отсюда конечное давление равно $P' = P_0L/L' = 2L/L'P_{\text{атм.}}$. Тогда давление столба жидкости составит $P = P' - P_{\text{атм.}} = (2L/L' - 1)P_{\text{атм.}}$. Обозначим за h высоту столба ртути в барометре, а за H глубину погружения колокола. Тогда $\rho_{\text{воды}}gH = (2L/L' - 1)\rho_{Hg}h$. Отсюда $H = (2L/L' - 1)h\rho_{Hg}/\rho_{\text{воды}}$.

Ф10.2-1 Деревянный шарик привязан ко дну сосуда нитью и погружён в жидкость на часть своего объема. Сосуд начинает двигаться с горизонтальным ускорением и нить отклоняется на угол $\alpha = 30^\circ$ от вертикали. Найдите ускорение сосуда.

Ф10.2-2 Деревянный шарик привязан ко дну сосуда нитью и погружён в жидкость на часть своего объема. Сосуд начинает двигаться с горизонтальным ускорением и нить отклоняется на угол $\alpha = 60^\circ$ от вертикали. Найдите ускорение сосуда.

Ответ. Вариант 1: $a = 5,66 \text{ м/с}^2$; вариант 2: $a = 16,99 \text{ м/с}^2$.

Решение. Из-за движения сосуда с ускорением u силы Архимеда возникает горизонтальная составляющая. Запишем проекции второго закона Ньютона на горизонтальную и вертикальную оси:

$$\rho V a = \rho_{\text{ж.}} a V_{\text{н.}} - T \sin \alpha,$$

$$\rho V g + T \cos \alpha = \rho_{\text{ж.}} g V_{\text{н.}}.$$

Отсюда $a(\rho_{\text{ж.}} V_{\text{н.}} - \rho V) = g(\rho_{\text{ж.}} V_{\text{н.}} - \rho V) \operatorname{tg} \alpha$. Следовательно, ускорение равно $a = g \operatorname{tg} \alpha$.

Ф10.3-1 Под массивным поршнем в вертикальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде находится $\nu = 3$ моль азота (молярная масса $\mu = 28 \text{ г/моль}$). Поршень имеет начальную скорость $v = 5 \text{ м/с}$, направленную вниз, и массу $m = 100 \text{ г}$. На сколько изменится температура газа в момент, когда поршень остановится, если он к этому моменту переместится вниз на $\Delta H = 1 \text{ м}^2$? Считайте что процесс происходит квазистатически, а газ распределен в сосуде равномерно.

Ф10.3-2 Под массивным поршнем в вертикальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде находится $\nu = 2$ моль азота (молярная масса $\mu = 28 \text{ г/моль}$). Поршень имеет начальную

скорость $v = 3 \text{ м/с}$, направленную вниз, и массу $m = 50 \text{ г}$. На сколько изменится температура газа в момент, когда поршень остановится, если он к этому моменту переместится вниз на $\Delta H = 2 \text{ м}^2$? Считайте что процесс происходит квазистатически, а газ распределен в сосуде равномерно.

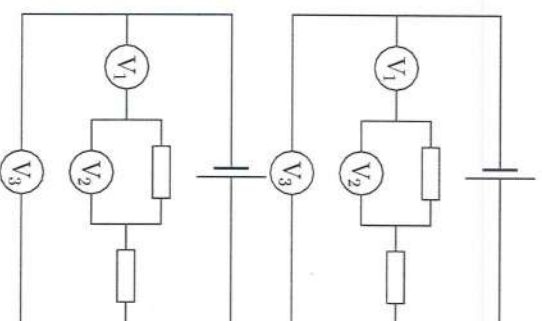
Ответ. Вариант 1: $\Delta T = 4,2 \text{ мК}$; вариант 2: $\Delta T = 4,3 \text{ мК}$.

Решение. Из закона сохранения энергии (с учётом изменения положения центра масс газа) можно получить, что

$$U_0 + \frac{mv^2}{2} + mgH_1 + v\mu H_1/2 = U' + mgH_2v\mu H_2/2.$$

Отсюда $\Delta T = \frac{m(v^2/2 + g\Delta H)}{5/2\nu R} + \frac{\mu g\Delta H}{5R}$.

Ф10.4-1 В цепи, представленной на рисунке, первый вольтметр показывает значение в 1,1 раза больше чем второй. Во сколько раз отпичаются показания третьего вольтметра от показаний первого? Все вольтметры одинаковы и все резисторы одинаковы.



Ф10.4-2 В цепи, представленной на рисунке первый вольтметр показывает значение в 1,5 раза больше чем второй. Во сколько раз отпичаются показания третьего вольтметра от показаний первого? Все вольтметры одинаковы и все резисторы одинаковы.

Ответ. Вариант 1: $U_3/U_1 = 1,2$; вариант 2: $U_3/U_1 = 1,83$.

Решение. Обозначим сопротивление вольтметра через R , а сопротивление резистора через r . Пусть через первый вольтметр течёт ток I , а $U_1 = IR$. Тогда напряжение на третьем вольтметре равно

$$U_3 = IR + Ir + I \frac{Rr}{R+r}.$$

Поскольку ток через первый вольтметр равен сумме токов через второй вольтметр и резистор, параллельно подключенный к нему, получаем

$$U_2 = IR/(1+r/R) = U_1/(1+r/R).$$

Тогда отношение сопротивлений резистора и вольтметров $r/R = U_1/U_2 - 1$. Отсюда получим, что

$$\frac{U_3}{U_1} = U_1/U_2 + \frac{U_1/U_2 - 1}{U_1/U_2}.$$

Ф10.5-1 Лаборант Юрий Иванович нашёл линзу, фокусным расстоянием 10 см. На оптической оси на расстоянии 22 см от линзы он разместил маленький светящийся объект и начал равномерно его перемещать по направлению от линзы. На каком расстоянии от линзы скорость движения объекта относительно его изображения минимальна?

Ф10.5-2 Лаборант Юрий Иванович нашёл линзу, фокусным расстоянием 13 см. На оптической оси на расстоянии 33 см от линзы он разместил маленький светящийся объект и начал равномерно его перемещать по направлению от линзы. На каком расстоянии от линзы скорость движения объекта относительно его изображения минимальна?

Ответ. Вариант 1: 22 см; вариант 2: 33 см.

Решение. В нашем случае объект расположен за фокусом, следовательно, формируется действительное изображение. Из формулы тонкой линзы при рассмотрении малых приращений получим, что скорость движения объекта относительно линзы v_f и изображения относительно линзы v_d связаны следующим соотношением:

$$\frac{v_f}{f^2} = \frac{v_d}{d^2}.$$

При удалении объекта от линзы его изображение сдвигается ближе к линзе. Следовательно, относительная скорость будет равна $v = v_f - v_d = v_f(1 - d^2/f^2) = v_f(1 - F^2/(F - f)^2)$. Обозначим $f/F = x$. Тогда $v = v_f(1 - 1/(x - 1)^2)$. При $x > 2$ правая часть является монотонно возрастающей функцией относительно аргумента x . Значит, относительная скорость минимальна в начальный момент времени.

**Межвузовский центр воспитания и развития талантливой молодежи в области
естественно-математических наук «Физтех-Центр»**

Материалы данного конкурса доступны для свободного некоммерческого использования (при использовании ссылка на источник обязательна).

© Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет),
2023-2024.