

случая и учитывая, что $\Delta v \leq v(0)$, искомое перемещение поршня можно представить в виде

$$h = \begin{cases} \frac{V}{S} & \text{при } (\lambda + 100C)m = k > \frac{p_{\text{атм}} VLM}{RT(0)} = b, \\ \frac{(\lambda + 100C)RT(0)m}{Mp_{\text{атм}}SL} & \text{при } k < b, \end{cases}$$

или, подставив значения $R = 8,31$ Дж/(моль · К), $M = 18$ г/моль, $p_{\text{атм}} = 1$ атм = $1,01 \cdot 10^5$ Па и $T(0) = 373$ К,

$$h = \begin{cases} \frac{V}{S} & \text{при } k > 0,59VL, \\ 1,7 \frac{(\lambda + 100C)m}{SL} & \text{при } k < 0,59VL. \end{cases}$$

6. Как известно, избыточный статический заряд располагается на поверхности проводника. Если обозначить величину заряда поверхности пластины, находящейся на расстоянии a от одной из обкладок конденсатора, q_{1a} , а заряд другой поверхности обозначить q_{2a} , то по условию задачи $q = q_{1a} + q_{2a}$. На обращенных к пластине поверхностях обкладок конденсатора (в силу явления электростатической индукции) должны появиться заряды $-q_{1a}$ и $-q_{2a}$. Таким образом, между обкладками и пластиной возникают электрические поля, напряженности которых равны $E_{1a} = q_{1a}/(\epsilon_0 S)$ и $E_{2a} = q_{2a}/(\epsilon_0 S)$. Соответственно, разности потенциалов между обкладками и заряженной пластиной равны $\Delta\phi_{1a} = aE_{1a}$ и $\Delta\phi_{2a} = (d-a)E_{2a}$. Поскольку пластины по условию соединены проводником, эти разности потенциалов должны быть равны друг другу, откуда получим

$$q_{1a} = (1 - a/d)q, \quad q_{2a} = aq/d.$$

Видно, что при изменении положения заряженной пластины внутри конденсатора должно происходить перераспределение зарядов как между поверхностями пластины, так и между обкладками конденсатора. При этом должны изменяться напряженности полей внутри конденсатора, а значит, и энергия, соответствующая этим полям. Очевидно, что такое изменение может произойти только за счет работы внешних сил, под действием которых происходит перемещение пластины. Ясно также, что перераспределение зарядов – их упорядоченное движение – в общем случае должно сопровождаться выделением тем большего количества теплоты и тем более интенсивным излучением, чем больше скорость упорядоченного движения зарядов. Следовательно, работа внешних сил будет минимальной, если перемещение пластины будет происходить бесконечно медленно. На основании закона сохранения энергии можно утверждать, что искомая работа A должна удовлетворять уравнению

$$\frac{q_{1a}^2}{2C_{1a}} + \frac{q_{2a}^2}{2C_{2a}} + A = \frac{q_{1b}^2}{2C_{1b}} + \frac{q_{2b}^2}{2C_{2b}},$$

где C_{1a} и C_{1b} – емкости конденсатора, образованного пластиной и обкладкой, находящейся от нее на расстояниях a и b соответственно, а C_{2a} и C_{2b} – емкости конденсатора, образованного пластиной и второй обкладкой. Учитывая, что емкость плоского воздушного конденсатора с площадью каждой пластины S и расстоянием между ними d равна $C = \epsilon_0 S/d$, из последнего уравнения получаем

$$A = \frac{q^2(b-a)(d-a-b)}{2\epsilon_0 Sd}.$$

7. Как известно, гальванический элемент состоит из двух изготовленных из разных проводников электродов, погруженных в электролит. ЭДС гальванического элемента определяется разностью электрохимических потенциалов его электро-

дов, а при подключении к элементу нагрузки ток через электролит обусловлен упорядоченным движением только ионов. Поэтому на основании закона Фарадея для электролиза можно утверждать, что скорость растворения отрицательного электрода при подключении к элементу нагрузки должна быть прямо пропорциональна величине текущего через элемент тока. Следовательно, для ответа на поставленный вопрос необходимо найти отношение токов при указанных способах подключения резисторов.

Если ЭДС элемента E , сопротивление первого резистора R_1 , а второго R_2 , то при последовательном соединении резисторов и источника через каждый из них должен протекать ток

$$I_{\text{ис}} = \frac{E}{(1+n)R_1 + R_2}.$$

При этом на втором резисторе должна выделяться тепловая мощность $Q_2 = I_{\text{ис}}^2 R_2$. Поскольку эта мощность должна быть максимальной, можно определить величину R_2 , приравняв нулю первую производную Q_2 по R_2 . Вычисления дают $R_2 = (n+1)R_1$.

В случае соединенных параллельно резисторов ток через элемент равен

$$I_{\text{ип}} = \frac{E}{nR_1 + R_1 R_2 / (R_1 + R_2)} = \frac{(n+2)E}{((n+3)n+1)R_1}.$$

Тогда искомое отношение, равное отношению токов, будет равно

$$x = \frac{(n+3)n+1}{2(n+1)(n+2)}.$$

8. Поскольку стержень находится в магнитном поле с индукцией \vec{B} , направленной вертикально, а сам располагается горизонтально, во время $(-\tau \leq t \leq 0)$ протекания тока I на стержень должна действовать сила Ампера, равная $F_A = IBL$ и направленная горизонтально перпендикулярно его оси. Так как величина импульса силы Ампера равна

$$\int_{-\tau}^0 F_A dt = \int_{-\tau}^0 I(t)BL dt = BLq,$$

на основании закона изменения импульса получаем, что к моменту $t = 0$ окончания протекания заряда все точки стержня приобретут скорость $v_0 = BLq/m$ и в дальнейшем будут (подобно грузу математического маятника при малых амплитудах) совершать гармонические колебания с угловой частотой $\omega = \sqrt{g/H}$. Следовательно, зависимость от времени угла α отклонения нитей подвеса от вертикали будет иметь вид $\alpha(t) = \alpha_0 \sin \omega t$. Проекция скорости точки, движущейся по окружности радиусом H с угловой скоростью $d\alpha/dt = \alpha'(t)$, на положительное направление касательной к ее траектории равна $v_k = H\alpha'(t)$, тогда зависимость вертикальной составляющей скорости от времени можно представить в виде $v_v(t) = v_k(t) \sin \alpha(t) = v_k(t)\alpha(t)$, т.к. $\alpha(t) \ll 1$. Отсюда, учитывая ранее найденные значения угловой частоты колебаний и амплитуды скорости, найдем искомое максимальное значение вертикальной составляющей скорости стержня:

$$v_{v\text{max}} = \frac{v_0^2}{2\omega H} (\sin 2\omega t)_{\text{max}} = \frac{(BLq)^2}{2m^2 \sqrt{gH}}.$$

9. Будем решать эту задачу, полагая, что лупу можно считать тонкой собирающей линзой, для которой справедлива формула $1/d + 1/f = 1/F$, где d – расстояние от линзы до точки предмета, изображение которой находится от линзы на расстоянии f , а F – фокусное расстояние линзы. Поскольку в первом случае изображение нити на рисунке действительное, обозначив расстояние от линзы до лампочки через H , из формулы линзы получим $F = bH/(b+H) \approx b$ (расстояние от линзы до лампочки, которая висит под потолком комнаты, явно не меньше 1 м, т.е. значительно больше $b = 5$ см). Во втором