2012 год

Решения к задачам
Всероссийской олимпиады школьников по физике
Муниципальный этап
11 класс

Решение к задаче 1. (6 баллов)

Ускорение на прямолинейном участке определяется по формуле $a_1 = \frac{\upsilon}{t_1}$, где υ – скорость в точке В, а t_1 – время движения по прямолинейному участку. Ускорение при движении по дуге окружности есть центростремительное ускорение и определяется по формуле $a_2 = \frac{\upsilon^2}{R}$, где R – радиус полуокружности. С учётом того, что $\upsilon = \frac{\pi R}{t_2}$, получим $a_2 = \frac{\upsilon \pi}{t_2}$. Приравнивая выражения для ускорений, получим $\frac{\upsilon}{t_1} = \frac{\upsilon \pi}{t_2}$, откуда для искомого отношения имеем $\frac{t_2}{t_1} = \pi$.

Ответ: $\frac{t_2}{t_1} = \pi$.

Решение к задаче 2. (10 балов)

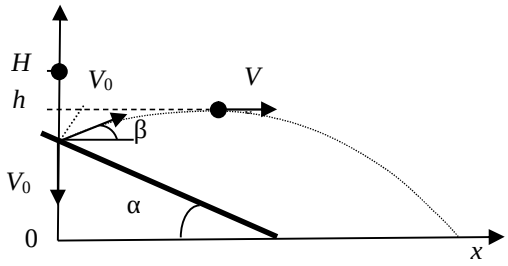
Перед столкновением с плитой скорость шарика направлена вертикально вниз и равна $V_0 = gt$, а после упругого соударения с плитой её модуль не изменяется, а направление составляет угол $\beta = 90^\circ - 2\alpha$ с горизонтом. (Угол падения шарика при упругом ударе равен углу отражения.)

При движении после соударения горизонтальная составляющая скорости не изменяется, так как шарик находится в свободном падении, а сила тяжести направлена вертикально, т. е. $\upsilon_x = V_0 \cos\beta = \text{const}$.

Так как при упругом ударе энергия шарика сохраняется, его механическая энергия в течение всего времени движения остаётся постоянной. В начальный момент времени $E_0 = mgH$, а в момент наибольшего подъёма после соударения с плитой $E_1 = mgh + \frac{m\upsilon_x^2}{2}$. Сохранение энергии $E_1 = E_0$ приводит к уравнению $mgh + \frac{m\upsilon_x^2}{2} = mgH$.

Учитывая условие $\upsilon_x = V_0 \cos\beta = gt \cos\beta = gt \sin 2\alpha$, получим отсюда высоту падения $H = h + \frac{gt^2 \sin^2 2\alpha}{2}$.

Подставляя сюда значения величин, получаем ответ: $H = 2$ м.



Решение к задаче 3(10 баллов).

Изобразим процесс на *pV*-диаграмме и обозначим давления и объёмы газа в состояниях 1 и 2 через (p_1, V_1) и (p_2, V_2) соответственно. Температуру газа в состоянии 1 обозначим через T_1, а в состоянии 2 – через T_2.

Из первого закона термодинамики следует, что полученное газом количество теплоты идёт на увеличение внутренней энергии газа и на совершение им работы: $Q = \Delta U_{12} + A_{12}$.

Используем термодинамическую модель одноатомного идеального газа: $\begin{cases} pV = \nu RT, \\ U = \dfrac{3}{2}\nu RT. \end{cases}$ Изменение его внутренней энергии равно

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1).$$

Совершённая газом работа численно равна площади трапеции под графиком процесса на *pV*-диаграмме, т. е. разности площадей треугольников:

$$A_{12} = \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1).$$

С учётом этого получаем $Q = \Delta U_{12} + A_{12} = 2(p_2V_2 - p_1V_1)$. Из графика процесса следует, что $\dfrac{p_2}{p_1} = \dfrac{V_2}{V_1}$. Поэтому $\dfrac{p_2V_2}{p_1V_1} = \left(\dfrac{V_2}{V_1}\right)^2$ и выражение для количества теплоты приобретает вид

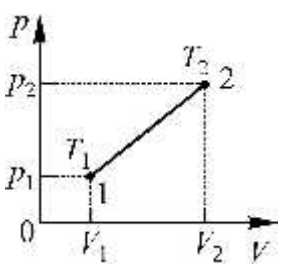
$$Q = 2p_1V_1\left(\frac{V_2^2}{V_1^2} - 1\right) = 2\nu RT_1\left(\frac{V_2^2}{V_1^2} - 1\right).$$

6. Заметим, что искомое отношение плотностей газа массой *m* в состояниях 1 и 2 равно $\alpha = \dfrac{\rho_1}{\rho_2} = \dfrac{m/V_1}{m/V_2} = \dfrac{V_2}{V_1}$.

Поэтому $Q = 2\nu RT_1\left(\dfrac{V_2^2}{V_1^2} - 1\right) = 2\nu RT_1(\alpha^2 - 1)$, откуда $T_1 = \dfrac{Q}{2\nu R(\alpha^2 - 1)}$.

Подставляя в полученную формулу числовые данные, находим T_1.

Ответ: $T_1 \approx 400$ К.



Решение к задаче 4. (8 баллов)

Энергия заряженного конденсатора C_1 до замыкания ключа К:

$$W_э = \frac{C_1 U^2}{2}. \quad (1)$$

Заряд конденсатора C_1:

$$q = C_1 U. \quad (2)$$

Суммарная энергия заряженных конденсаторов после замыкания ключа К:

$$W_{э1} + W_{э2} = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2}. \quad (3)$$

Так как процесс зарядки конденсатора C_2 происходит медленно, нет потерь энергии на излучение, а следовательно, после замыкания ключа К первоначальная энергия заряженного конденсатора C_1 в новом состоянии равновесия распределяется между конденсаторами:

$$W_э = W_{э1} + W_{э2}. \quad (4)$$

Кроме того, выполняется закон сохранения заряда:

$$q = q_1 + q_2 = C_1 U_1 + C_2 U_2. \quad (5)$$

Объединяя соотношения (1) – (5), получаем систему уравнений

$$\begin{cases} C_1 U^2 = C_1 U_1^2 + C_2 U_2^2, \\ C_1 U = C_1 U_1 + C_2 U_2. \end{cases}$$

Решая эту систему, получаем

$$C_1 = \frac{C_2 U_2}{2U - U_2}.$$

Ответ: C_1 = 0,5 мкФ.

Решение к задаче 5. (10 баллов)

Измерить длину палочки и опустить ее в мензурку с водой. Пусть вся длина палочки составляет l_1, а находящаяся под водой часть l_2. Тогда масса палочки равна $m = l_1 S °_1$. Масса вытесненной воды $m_2 = l_2 S °_2$. Поскольку палочка плавает, то массы равны: $l_1 °_1 S = l_2 S °_2$. Откуда: $°_1 = °_2 \frac{l_2}{l_1}$.

Максимальное количество баллов – 44.