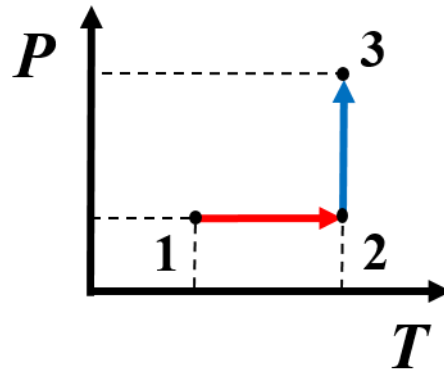


10 класс, задача 5, 11 класс, задача 1, вариант 1 Изменение состояния идеального одноатомного газа в количестве **1 моль** проиллюстрировано на графике. Известно, что в результате процесса 1–3 внутренняя энергия газа изменилась на **4986 Дж**, давление увеличилось в **2 раза**, а конечный объем оказался равен начальному. Определите начальную температуру газа. Универсальная газовая постоянная равна **8.31 Дж/(моль·К)**. Ответ приведите в **кельвинах**, округлив до ближайшего целого.



Решение

Процесс 1-2 изобарический:

$$p_1 = p_2 = p$$

из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Процесс 2-3 изотермический:

$$p_2 V_2 = p_3 V_3$$

По условию имеем:

$$V_1 = V_3, P_3 = \alpha P_2$$

Подставим в уравнение для процесса 2-3 с учетом условия задачи:

$$p V_2 = \alpha p V_3 \Rightarrow V_2 = \alpha V_3 = \alpha V_1$$

Подставим полученное выражение для объемов в уравнение для процесса 1-2

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{\alpha V_1} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = \alpha T_1$$

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа изменяется только в процессе 1-2

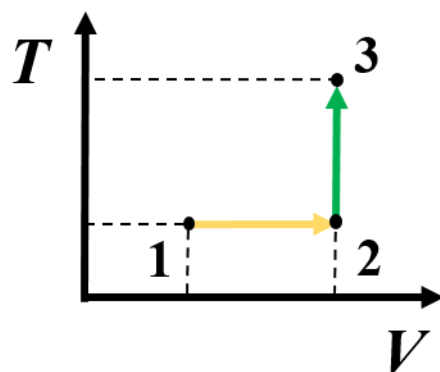
$$\Delta U_{12} = dU = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (\alpha T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 (\alpha - 1)$$

Отсюда определим начальную температуру газа:

$$T_1 = \frac{2dU}{3\nu R(\alpha - 1)}$$

Ответ: 400 К

10 класс, задача 5, 11 класс, задача 1, вариант 2 Изменение состояния идеального одноатомного газа в количестве **1 моль** проиллюстрировано на графике. Известно, что в результате процесса 1–3 внутренняя энергия газа изменилась на **9972 Дж**, объем газа увеличился в **3 раза**, а конечное давление оказалось равно начальному. Определите начальную температуру газа. Универсальная газовая постоянная равна **8.31 Дж/(моль·К)**. Ответ приведите в **кельвинах**, округлив до ближайшего целого.



Решение

Процесс 1-2 – изотермический $T_1 = T_2$. Из уравнения Менделеева-Клапейрона имеем:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_1 \frac{V}{\alpha} = p_2 V$$

$$p_1 = \alpha p_2$$

Процесс 2-3 изохорный, через ур М.-К. получаем:

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3}$$

По условию:

$$p_1 = p_3$$

Подставим:

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_3} \Rightarrow \frac{p_2}{T_2} = \frac{\alpha p_2}{T_3} \Rightarrow \alpha T_2 = T_3$$

Внутренняя энергия одноатомного газа изменяется только на участке 2-3:

$$\Delta U_{23} = dU = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (\alpha - 1) T_2$$

И тогда:

$$T_1 = T_2 = \frac{2dU}{3\nu R(\alpha - 1)}$$

Ответ: 400 К

10 класс, задача 6, 11 класс, задача 2, вариант 1 Гвоздь массой **1 г** забит в закрепленную доску, не до конца, но так, что его острый конец выходит с другой стороны доски. Чтобы начать его

вытаскивать, необходимо было бы тянуть с силой в **80 Н**. На сколько **миллиметров** опустится шляпка этого гвоздя, если по нему ударить молоточком массой **200 г** со скоростью **3 м/с**? Считать, что молоточек на гвоздь опускают с постоянной скоростью, а после удара они движутся как единое целое. Ответ округлите до ближайшего целого.

Решение:

Запишем закон сохранения импульса для гвоздя и молоточка:

$$Mv = (m + M)v' \Rightarrow v' = \frac{M}{m + M}v$$

Кинетическая энергия гвоздя и молоточка пойдет на работу силы трения:

$$\frac{(M + m)v'^2}{2} = F_{\text{тр}}\Delta l$$

Сила трения дана по условию. Выражаем Δl :

$$\Delta l = \frac{(M + m)M^2v^2}{2F_{\text{тр}}(m + M)^2} = \frac{M^2v^2}{2F_{\text{тр}}(M + m)}$$

Ответ: 11.19≈11 мм

10 класс, задача 6, 11 класс, задача 2, вариант 1 Потолок в сарае сделан из деревянных досок. В одну из досок снизу вертикально забит гвоздь массой **0.5 г**, не до конца, но так, что его острый конец выходит с другой стороны доски. После удара молотком массой **300 г** со скоростью **2 м/с** гвоздь погрузился в доску на **5 мм**. Определите максимальную массу груза, который можно было бы подвесить за шляпку этого гвоздя. Ускорение свободного падения примите равным **10 м/с²**. Считать, что молоточек на гвоздь опускают с постоянной скоростью, а после удара они движутся как единое целое. Ответ приведите в **килограммах**, округлив до ближайшего целого.

Решение:

Запишем закон сохранения импульса для гвоздя и молоточка:

$$Mv = (m + M)v' \Rightarrow v' = \frac{M}{m + M}v$$

Кинетическая энергия гвоздя и молоточка пойдет на работу силы трения:

$$\frac{(M + m)v'^2}{2} = F_{\text{тр}}\Delta l$$

Отсюда находим силу трения:

$$F_{\text{тр}} = \frac{(M + m)v'^2}{2\Delta l} = \frac{(M + m)M^2v^2}{2\Delta l(m + M)^2} = \frac{M^2v^2}{2\Delta l(M + m)}$$

Эта сила трения будет равна максимальному весу, который может выдержать гвоздь. Поэтому искомая масса равна:

$$m_0 = \frac{M^2v^2}{2\Delta l(M + m)g}$$

Ответ: 11.98≈12 кг

10 класс, задача 7, 11 класс, задача 3, вариант 1 Для того, чтобы избежать столкновения с космическим мусором, космонавтам орбитальной станции пришлось изменить орбиту станции. В

результате маневров радиус круговой орбиты увеличился на **35 км**. На сколько процентов уменьшилось ускорение свободного падения на высоте новой орбиты, если на высоте до маневров оно составляло **8.7 м/с²**, а период обращения станции вокруг Земли был **5570 с**? Ответ приведите в **процентах**, округлив до ближайшего целого значения.

Решение:

Выражение для центростремительного ускорения (оно же ускорение свободного падения):

$$g_0 = a_{ц} = \frac{v^2}{R_0} \Rightarrow R_0 = \frac{v^2}{g_0}$$

Скорость обращения вокруг Земли связана с периодом:

$$v = \frac{2\pi R_0}{T}$$

Откуда имеем:

$$R_0 = \frac{4\pi^2 R_0^2}{g_0 T^2} \Rightarrow R_0 = \frac{g_0 T^2}{4\pi^2} \approx 6837.1 \text{ км}$$

Связь ускорения свободного падения с расстоянием до центра Земли и массой Земли:

$$g_0 = G \frac{M}{R_0^2} \Rightarrow g_0 R_0^2 = GM$$

На новой высоте:

$$R = R_0 + h$$

$$g(R_0 + h)^2 = g_0 R_0^2 \Rightarrow g = g_0 * \frac{R_0^2}{(R_0 + h)^2} = g_0 * \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R_0}\right)^2} \approx 8.6116 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

И окончательный ответ:

$$100\% * \left(1 - \frac{g}{g_0}\right) \approx 1\%$$

Ответ: 1%

10 класс, задача 7, 11 класс, задача 3, вариант 2 Космическое тело вращается по круговой орбите вокруг Земли с периодом **5690 с**. Ускорение свободного падения в гравитационном поле Земли на высоте орбиты тела составляет **8.4 м/с²**. На сколько нужно увеличить высоту орбиты вращения тела, чтобы ускорение свободного падения уменьшилось на **5%**? Ответ приведите в **километрах**, округлив до ближайшего целого.

Решение

Выражение для центростремительного ускорения (оно же ускорение свободного падения):

$$g_0 = a_{ц} = \frac{v^2}{R_0} \Rightarrow R_0 = \frac{v^2}{g_0}$$

Скорость обращения вокруг Земли связана с периодом:

$$v = \frac{2\pi R_0}{T}$$

Откуда имеем:

$$R_0 = \frac{4\pi^2 R_0^2}{g_0 T^2} \Rightarrow R_0 = \frac{g_0 T^2}{4\pi^2}$$

Связь ускорения свободного падения с расстоянием до центра Земли и массой Земли:

$$g_0 = G \frac{M}{R_0^2} \Rightarrow g_0 R_0^2 = GM$$

На новой высоте:

$$R = R_0 + h$$

$$g(R_0 + h)^2 = g_0 R_0^2 \Rightarrow g = g_0 * \frac{R_0^2}{(R_0 + h)^2} = g_0 * \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R_0}\right)^2}$$

Отсюда выражаем изменение высоты орбиты h:

$$h = \frac{g_0 T^2}{4\pi^2} \left(\sqrt{\frac{g_0}{g}} - 1 \right)$$

Известно, что

$$\left(1 - \frac{g}{g_0}\right) = \alpha \Rightarrow \frac{g}{g_0} = 1 - \alpha \Rightarrow \frac{g_0}{g} = \frac{1}{1 - \alpha}$$

Откуда

$$h = \frac{g_0 T^2}{4\pi^2} \left(\sqrt{\frac{1}{1 - \alpha}} - 1 \right) =$$

Ответ: 179 км

10 класс, задача 8, 11 класс, задача 4, вариант 1 Пиротехнический снаряд был запущен вертикально вверх. Из-за неисправности вместо красочного фейерверка в верхней точке траектории снаряда на высоте **4 км** его разорвало на два осколка массами **3 и 2 кг**. Определите, на каком расстоянии друг от друга приземлились осколки, если их скорости сразу после взрыва имели только горизонтальные составляющие, а их полная механическая энергия в этот же момент составляла **350 кДж**. Ускорение свободного падения принять равным **10 м/с²**. Спротивлением воздуха пренебречь. Ответ приведите в **километрах**, округлив до ближайшего целого.

Решение:

Так как снаряд разрывается в наивысшей точке траектории, его скорость в этот момент равна 0. Записываем закон сохранения импульса осколков до и сразу после взрыва:

$$0 = p_1 - p_2 \Rightarrow m_1 v_1 = m_2 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1$$

Полная механическая энергия осколков сразу после взрыва

$$E_{\text{полн}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + (m_1 + m_2)gH$$

$$E_{\text{кин}} = E_{\text{полн}} - E_{\text{пот}} = E_{\text{полн}} - (m_1 + m_2)gH;$$

$$E_{\text{кин}} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 m_1^2}{2 m_2^2} v_1^2 = \frac{m_1 v_1^2}{2} \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)$$

$$v_1^2 = \frac{2E_{\text{кин}}}{m_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2E_{\text{кин}}}{m_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)}}, v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1$$

После разрыва осколки будут двигаться равноускорено в поле тяжести Земли:

$$x_1 = v_1 t, y_1 = H - \frac{gt^2}{2}$$

$$x_2 = v_2 t, y_2 = H - \frac{gt^2}{2}$$

В точке падения координаты y равны 0, отсюда находим выражение для времени полета, одинаковое для обоих осколков:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Подставим полученное значение времени для нахождения расстояния между точкой падения и точкой старта для обоих осколков:

$$x_1 = v_1 t = \sqrt{\frac{2E_{\text{кин}}}{m_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)} \frac{2H}{g}}, x_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1 t = \frac{m_1}{m_2} v_1 \sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{m_1}{m_2} \sqrt{\frac{2E_{\text{кин}}}{m_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)} \frac{2H}{g}}$$

Расстояние между точками падения осколков определяется как сумма координат:

$$L = x_1 + x_2 = \sqrt{\frac{2(E_f - (m_1 + m_2)gH)}{m_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)} \frac{2H}{g}} \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)$$

Ответ: 14 км

10 класс, задача 8, 11 класс, задача 4, вариант 2 Пиротехнический снаряд был запущен вертикально вверх. Из-за неисправности вместо красочного фейерверка в верхней точке траектории снаряда его разорвало на два осколка массами **3 и 2 кг**. Впоследствии осколки нашли на расстоянии **6.5 км** друг от друга. Определите, на какой высоте произошел взрыв, если скорости осколков сразу после взрыва имели только горизонтальные составляющие, а их суммарная кинетическая энергия в этот момент была равна **34 кДж**. Ускорение свободного падения принять равным **10 м/с²**. Соппротивлением воздуха пренебречь. Ответ приведите в **километрах**, округлив до ближайшего целого.

Решение:

Так как снаряд разрывается в наивысшей точке траектории, его скорость в этот момент равна 0. Записываем закон сохранения импульса осколков до и сразу после взрыва:

$$0 = p_1 - p_2 \Rightarrow m_1 v_1 = m_2 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1$$

Кинетическая энергия осколков сразу после взрыва

$$E_{\text{кин}} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 m_1^2}{2 m_2^2} v_1^2 = \frac{m_1 v_1^2}{2} \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)$$

$$v_1^2 = \frac{2E_{\text{кин}}}{m_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2E_{\text{кин}}}{m_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)}}, v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1$$

После разрыва осколки будут двигаться равноускорено в поле тяжести Земли:

$$x_1 = v_1 t, y_1 = H - \frac{gt^2}{2}$$

$$x_2 = v_2 t, y_2 = H - \frac{gt^2}{2}$$

Расстояние между точками падения осколков дано по условию:

$$L = x_1 + x_2 = t(v_1 + v_2)$$

Отсюда можем определить время полета:

$$t = \frac{L}{(v_1 + v_2)}$$

В точке падения координаты y равны 0, отсюда находим выражение для высоты, на которой произошел взрыв:

$$\begin{aligned} H = \frac{gt^2}{2} &= \frac{gL^2}{2(v_1 + v_2)^2} = \frac{gL^2}{2v_1^2 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)^2} = \frac{gL^2}{\frac{4E_{\text{кин}}}{m_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)} \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)^2} = \frac{gL^2}{4E_{\text{кин}}} \frac{m_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)}{\left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)^2} \\ &= \frac{gL^2}{4E_{\text{кин}}} \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)} \end{aligned}$$

Ответ: 4 км

11 класс, задача 5, вариант 1 Заряженная пылинка массой $5 \cdot 10^{-18}$ кг и зарядом $8 \cdot 10^{-18}$ Кл движется в пространстве с постоянной скоростью. В пространстве на короткий промежуток времени включают однородное магнитное поле с индукцией **1 Тл**, перпендикулярное направлению движения частицы. Определите минимальное время, в течение которого должно быть включено поле, чтобы направление движения частицы отклонилось на угол **45 градусов** от первоначального. Пылинка движется в вакууме, силой тяжести пренебречь. Ответ приведите в **миллисекундах**, округлив до ближайшего целого.

Решение:

На частицу, движущуюся в магнитном поле действует сила Лоренца, направленная перпендикулярно направлению движения:

$$F_L = qvB$$

Под действием этой силы частица будет двигаться по окружности, сила Лоренца будет равна центростремительной силе:

$$F_L = ma_{\text{ц}}, a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{r}$$

Записываем второй закон Ньютона:

$$m \frac{v^2}{r} = qvB \Rightarrow \frac{mv}{r} = qB$$

Вспоминаем связь линейной скорости и циклической частоты:

$$v = wr$$

Подставляем, находим циклическую частоту:

$$\frac{mwr}{r} = qB \Rightarrow mw = qB \Rightarrow w = qB/m$$

Вспоминаем соотношение между циклической частотой и периодом:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \frac{m}{qB}$$

Время, за которое частица отклонится на заданный угол, относится к периоду так же, как этот угол относится к 360 градусам:

$$\frac{t}{T} = \frac{\alpha}{360} \Rightarrow t = \frac{\alpha T}{360} = \frac{\alpha}{360} 2\pi \frac{m}{qB}$$

Ответ: 491 мс.

11 класс, задача 5, вариант 2 Заряженная пылинка массой $2 \cdot 10^{-17}$ кг и зарядом $8 \cdot 10^{-18}$ Кл движется в пространстве с постоянной скоростью. В пространстве в течение **1.2 с** включают однородное магнитное поле с индукцией **0.4 Тл**, перпендикулярное направлению движения частицы. Определите угол между начальным и конечным направлением движения частицы. Пылинка движется в вакууме, силой тяжести пренебречь. Ответ выразите в **градусах**, округлив до целого значения.

Решение:

На частицу, движущуюся в магнитном поле действует сила Лоренца, направленная перпендикулярно направлению движения:

$$F_L = qvB$$

Под действием этой силы частица будет двигаться по окружности, сила Лоренца будет равна центростремительной силе:

$$F_L = ma_{ц}, a_{ц} = \frac{v^2}{r}$$

Записываем второй закон Ньютона:

$$m \frac{v^2}{r} = qvB \Rightarrow \frac{mv}{r} = qB$$

Вспоминаем связь линейной скорости и циклической частоты:

$$v = \omega r$$

Подставляем, находим циклическую частоту:

$$\frac{m\omega r}{r} = qB \Rightarrow m\omega = qB \Rightarrow \omega = qB/m$$

Вспоминаем соотношение между циклической частотой и периодом:

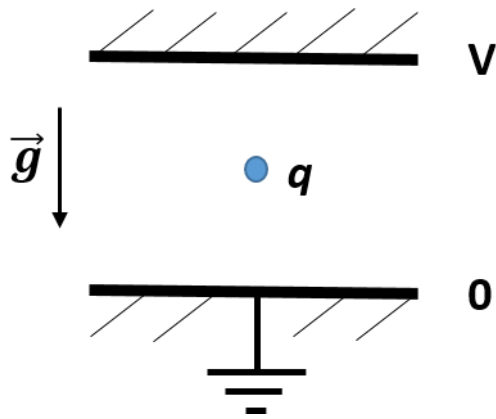
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \frac{m}{qB}$$

Угол, на который отклонится частица, будет относиться к 360 градусам так же, как время, на которое включили поле, будет относиться к периоду:

$$\frac{\alpha}{360} = \frac{t}{T} \Rightarrow \alpha = 360 * \frac{tqB}{2\pi m}$$

Ответ: 11 градусов.

11 класс, задача 6, вариант 1 Капля массой **1 мкг**, заряженная до $-4 \cdot 10^{-14}$ Кл, левитирует в вакууме посередине между двумя горизонтальными металлическими пластинами, к которым подведено напряжение **12 кВ** (смотри рисунок). Затем, потенциал верхней пластины увеличивают до **20 кВ**. Через какое время капля преодолеет половину расстояния до пластины относительно своего первоначального расположения? Ускорение свободного падения считать равным **10 м/с²**. Ответ приведите в **миллисекундах**, округлив до целого.



Решение:

По условию дано, что заряженная капля левитирует, значит сила тяжести уравновешена силой Кулона:

$$E_1 q = mg$$

Напряженность электрического поля между пластинами связана с расстоянием между ними как:

$$E_1 = \frac{V_1}{L}$$

Отсюда найдем неизвестное расстояние между пластинами:

$$\frac{V_1}{L} q = mg \Rightarrow L = \frac{V_1 q}{mg}$$

Затем напряжение на пластинах увеличивают. Напряженность электрического поля увеличивается, и капля начинает двигаться равноускоренно вверх:

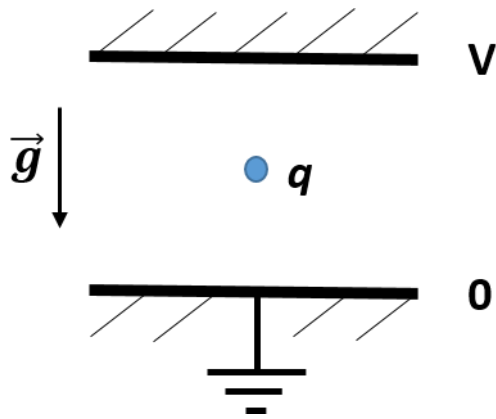
$$ma = E_2 q - mg \Rightarrow a = \frac{V_2 q}{Lm} - g = \frac{V_2 q mg}{V_1 q m} - g \Rightarrow a = g \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right)$$

Расстояние, которое по условию проходит частица, это половина изначального расстояние до пластины или четверть расстояния от одной пластины до другой. Поскольку капля начинает двигаться без начальной скорости, то можно записать:

$$\frac{L}{4} = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{L}{2a}} = \sqrt{\frac{L}{2mg^2 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right)}} = \frac{V_1}{g} \sqrt{\frac{q}{2m(V_2 - V_1)}}$$

Ответ: 60 мс

11 класс, задача 6, вариант 2 Капля массой **2 мкг**, заряженная до $-4 \cdot 10^{-14}$ Кл, левитирует в вакууме посередине между двумя горизонтальными металлическими пластинами, к которым подведено напряжение **12 кВ** (смотри рисунок). Затем, заряд капли увеличивают вдвое. Через какое время капля преодолет половину расстояния до пластины относительно своего первоначального расположения? Ускорение свободного падения считать равным **10 м/с²**. Ответ приведите в **миллисекундах**, округлив до целого.



Решение:

По условию дано, что заряженная капля левитирует, значит сила тяжести уравновешена силой Кулона:

$$Eq_1 = mg$$

Напряженность электрического поля между пластинами связана с расстоянием между ними как:

$$E = \frac{V}{L}$$

Отсюда найдем неизвестное расстояние между пластинами:

$$\frac{V}{L}q_1 = mg \Rightarrow L = \frac{Vq_1}{mg}$$

Затем заряд капли увеличивают вдвое, и капля начинает двигаться равноускоренно вверх:

$$ma = Eq_2 - mg \Rightarrow a = \frac{Vq_2}{Lm} - g = \frac{Vq_2mg}{Vq_1m} - g \Rightarrow a = g\left(\frac{q_2}{q_1} - 1\right)$$

Расстояние, которое по условию проходит частица, это половина изначального расстояния до пластины или четверть расстояния от одной пластины до другой. Поскольку капля начинает двигаться без начальной скорости, то можно записать:

$$\frac{L}{4} = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{Vq_1}{2mg^2\left(\frac{q_2}{q_1} - 1\right)}} = \frac{1}{g} \sqrt{\frac{Vq_1}{2m\left(\frac{q_2}{q_1} - 1\right)}}$$

Ответ: 49 мс

11 класс, задача 7, вариант 1 В закрытом сосуде с поршнем, движущемся без трения, находится ненасыщенный пар. В результате изотермического сжатия **1/6 часть** пара была сконденсирована. Давление пара при этом увеличилось в **3.3 раза**. Во сколько раз уменьшился объем, занимаемый паром? Ответ округлите до ближайшего целого числа.

Решение:

Конечное состояние обозначаем индексами 2, начальное – индексами 1.

Конденсация части пара может быть записана как:

$$N_2 - N_1 = \frac{N_1}{y} \Rightarrow N_2 = N_1\left(1 - \frac{1}{y}\right)$$

Записываем уравнение Менделеева-Клапейрона для пара:

$$P_1 V_1 = N_1 k_B T$$

$$P_2 V_2 = N_2 k_B T$$

Поделим одно на другое:

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{y}{y-1}$$

Известно, что

$$\frac{P_2}{P_1} = z \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \frac{y}{y-1} = z \frac{y}{y-1}$$

Ответ: 4

11 класс, задача 7, вариант 2 В закрытом сосуде с поршнем, движущемся без трения, находится ненасыщенный водяной пар при температуре **100 °C** и относительной влажности **50%**. При изотермическом сжатии объем пара уменьшился в **3 раза**. Определите давление водяных паров в конечном состоянии. Плотность насыщенных водяных паров при 100 °C равна **0.598 кг/м³**, молярная масса **18 г/моль**, универсальная газовая постоянная **8.31 Дж/К/моль**. Ответ приведите в **кПа**, округлив до ближайшего целого.

Решение:

Относительная влажность по определению означает:

$$\frac{P_1}{P_{sat}} = \alpha$$

Допустим, что при изотермическом сжатии пар остался ненасыщенным. Тогда:

$$P_2 V_2 = P_1 V_1 \Rightarrow P_2 = P_1 \frac{V_1}{V_2} = y P_1$$

Подставляем конкретные значения, и находим, что

$$y P_1 > P_{sat} = P_1 / \alpha$$

То есть давление превышает давление насыщенных паров, и поэтому при сжатии будет конденсация. Давление при этом не будет изменяться и будет равно давлению насыщенных паров, которое определяется сразу через температуру и плотность насыщенных паров:

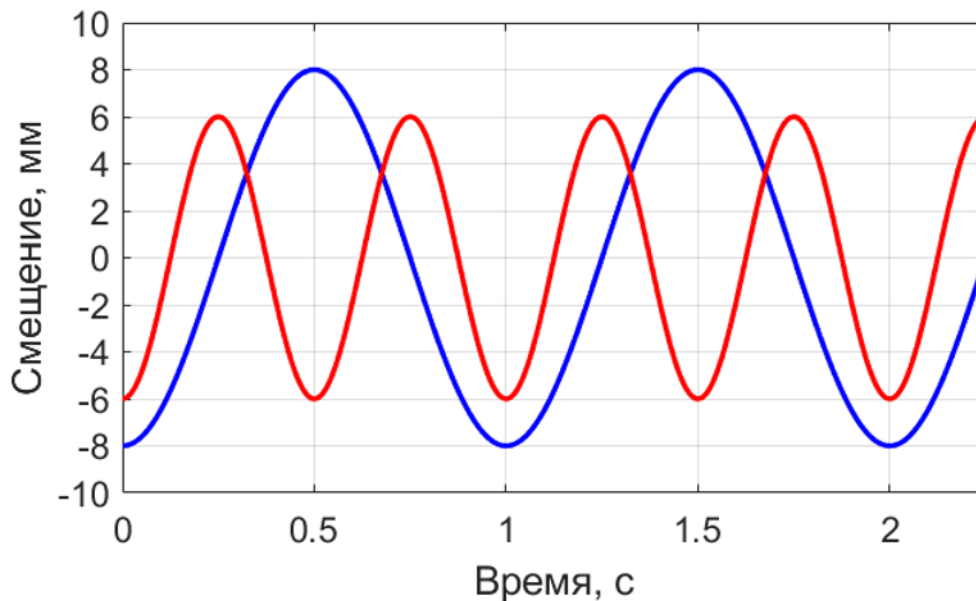
$$\rho_{sat} = \frac{m}{V} = \frac{\nu M}{V}$$

$$P_{sat} = \frac{\nu R T}{V} = \frac{R T \rho_{sat}}{M}$$

Ответ: 103 кПа

11 класс, задача 8, вариант 1 На легкой пружинке, расположенной вертикально, подвешен грузик некоторой массы. Грузик отклоняют вниз из положения равновесия и отпускают, в результате чего он начинает совершать вертикальные колебания. Зависимость смещения грузика из положения равновесия от времени регистрируется с помощью видеокамеры. Затем грузик заменяют на другой, также отклоняют вниз из положения равновесия и повторяют измерения. Измеренные

зависимости для каждого из грузиков представлены на графике, синяя линия соответствует измерению для первого грузика, красная – для второго. Определите отношение растяжения пружины в состоянии покоя при подвешивании первого грузика к растяжению при подвешивании второго. Массой пружинки пренебречь.



Решение:

Из графика можем определить период колебаний для каждого из грузиков:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{k}}$$

При этом масса выражается как:

$$m_1 = \frac{T_1^2 k}{4\pi^2}$$

2 закон Ньютона для положения равновесия:

$$m_1 g = k \Delta x_1$$

$$m_2 g = k \Delta x_2$$

Откуда:

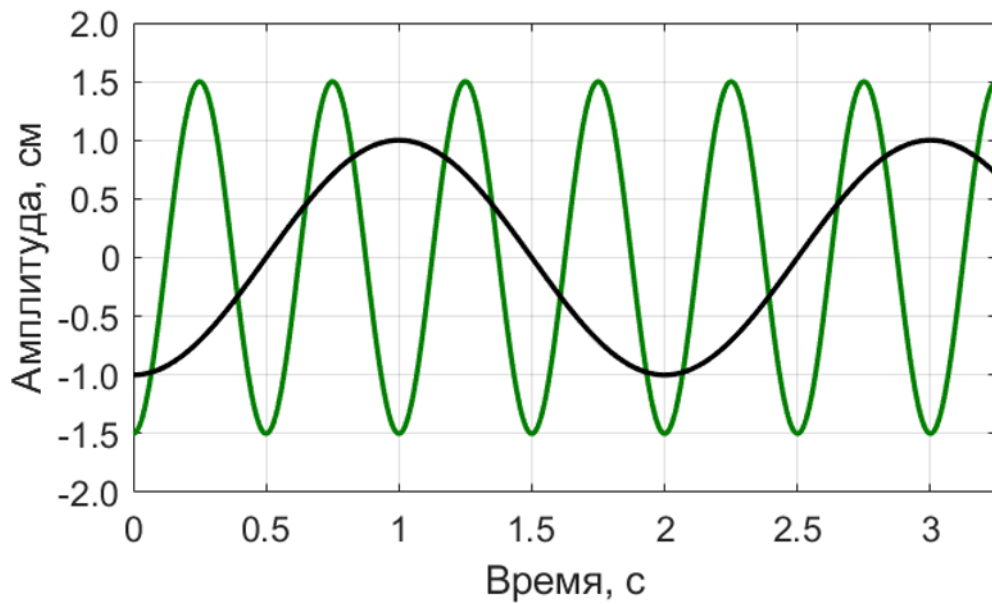
$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

Из рисунка видно, что период для первого грузика в 2 раза больше периода для второго. И тогда

Ответ: 4.

11 класс, задача 8, вариант 2 На легкой пружинке, расположенной вертикально, подвешен грузик некоторой массы. Грузик отклоняют из положения равновесия вниз и отпускают, в результате чего он начинает совершать вертикальные колебания. Зависимость смещения грузика из положения равновесия от времени регистрируется с помощью видеокамеры. Затем пружинку заменяют на другую и повторяют измерения с тем же грузиком, также отклоняя его вниз из положения равновесия. Измеренные зависимости для каждой из пружинки представлены на графике, черная

линия соответствует измерению для первой пружинки, зеленая – для второй. Определите отношение растяжения первой пружинки в состоянии покоя при подвешивании грузика к растяжению второй пружинки при подвешивании того же грузика. Массой пружинок пренебречь.



Решение:

Из графика можем определить период колебаний для каждой из пружинок:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{k}}$$

При этом масса выражается как:

$$k_1 = \frac{4\pi^2 m}{T_1^2}$$

2 закон Ньютона для положения равновесия:

$$mg = k_1 \Delta x_1$$

$$mg = k_2 \Delta x_2$$

Откуда:

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{k_2}{k_1} = \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

Из рисунка видно, что период для первой пружинки в 4 раза больше периода для второй. И тогда

Ответ: 16.