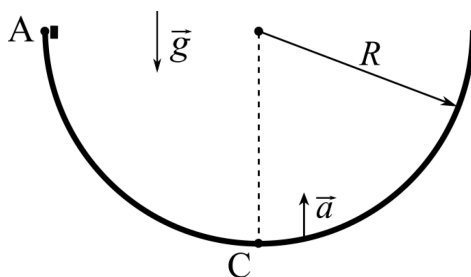


Олимпиада «Физтех» по физике

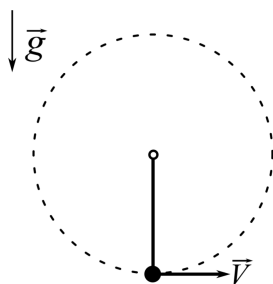
11 класс, 2025/26 год, онлайн-этап, второй тур

1. Гладкий жёлоб в форме полуокружности радиуса $R = 25$ см поступательно движется вертикально вверх с ускорением $a = 0,5$ см/с². Небольшая шайба соскальзывает в жёлоб из точки А. Начальная скорость шайбы относительно жёлоба равна нулю. Найдите модуль скорости шайбы относительно жёлоба в точке С. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Шайба движется в вертикальной плоскости. Ответ приведите в [м/с] с округлением до десятых.



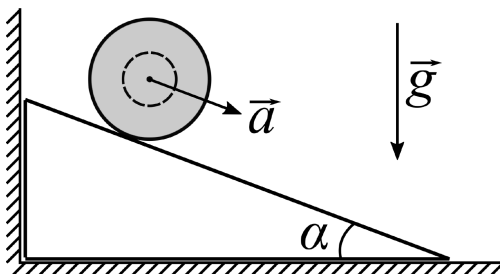
$$v = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,25} = 2,24 \text{ м/с}$$

2. Шарик, закреплённый на лёгкой нити, движется по окружности в вертикальной плоскости в однородном поле тяжести. Наибольшая и наименьшая силы натяжения нити отличаются в $n = 49$ раз. Во сколько раз сила натяжения нити в тот момент, когда нить находится в горизонтальной плоскости, меньше наибольшей силы натяжения нити? Ответ приведите с точностью до сотых. Силу сопротивления воздуха и изменение длины нити в процессе движения считайте пренебрежимо малыми.



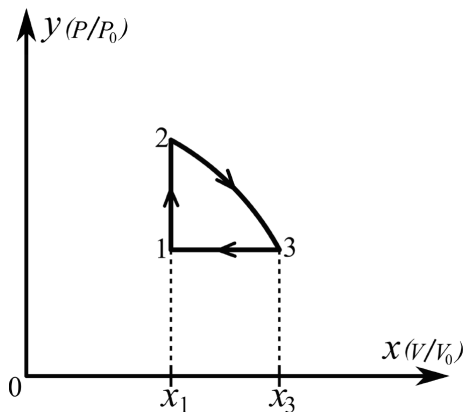
$$T_{\text{bottom}} = \frac{mv^2}{L} = \frac{mv^2}{L}$$

3. С клина, находящегося на гладкой горизонтальной плоскости (см. рис.), скатывается без проскальзывания полый шар. Ускорение центра масс шара $a = 3,47 \text{ м/с}^2$. Шар изготовлен из материала плотностью $\rho = 1150 \text{ кг/м}^3$. Радиус шара $R = 0,1 \text{ м}$, радиус полости $r = 0,05 \text{ м}$. Центры шара и полости совпадают. Клин упирается торцом в вертикальную стенку. Найдите модуль силы, с которой клин действует на стенку. Угол при основании клина $\alpha = 30^\circ$. Ответ приведите в [Н] с округлением до десятых.



$$N \approx 12,67 \text{ Н}$$

4. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1 – 2 – 3 – 1. На рисунке представлена зависимость $y = \frac{P}{P_0}$ от $x = \frac{V}{V_0}$, здесь P и V – давление и объём газа, P_0 и V_0 – некоторые давление и объём газа. Координаты состояний 1, 3 процесса: $x_1 = \frac{5}{2}$, $x_3 = 6$. Зависимость $y(x)$ в процессе 2 – 3 – дуга окружности с центром в начале координат и радиусом $R = 6,5$. Найдите отношение максимальной температуры газа в цикле к минимальной. Ответ приведите с округлением до десятых.

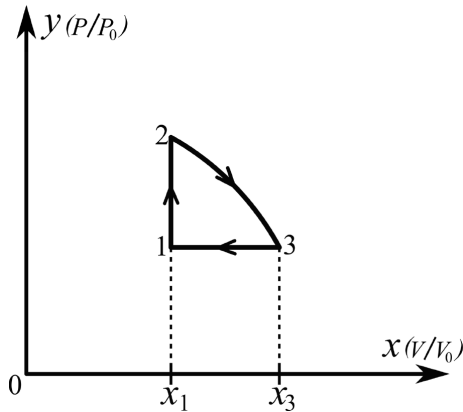


$$\frac{T_{max}}{T_{min}} \approx 3,33$$

5. Герметичный цилиндрический сосуд разделён на две части лёгким подвижным поршнем, который может скользить внутри сосуда без трения. В каждой части сосуда находится $\nu = 2$ моль аргона при температуре $T_0 = 300 \text{ К}$. Одну часть сосуда квазистатически нагревают, а в другой температуру поддерживают постоянной, равной начальной. При этом давление в сосуде возрастает в $\alpha = 3$ раза. Найдите приращение внутренней энергии содержимого сосуда. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Теплопроводностью и теплоёмкостью поршня пренебрегите. Объём поршня мал, по сравнению с объёмом сосуда. Ответ приведите в [кДж] с округлением до десятых.

$$\Delta U \approx 29,92 \text{ кДж}$$

6. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1 – 2 – 3 – 1. На рисунке представлена зависимость $y = \frac{P}{P_0}$ от $x = \frac{V}{V_0}$, здесь P и V – давление и объём газа, P_0 и V_0 – некоторые давление и объём газа. Координаты состояний 1, 3 процесса: $x_1 = \frac{5}{2}$, $x_3 = 6$. Зависимость $y(x)$ в процессе 2 – 3 – дуга окружности с центром в начале координат и радиусом $R = 6,5$. Найдите КПД цикла. Ответ приведите в % с округлением до целого числа.

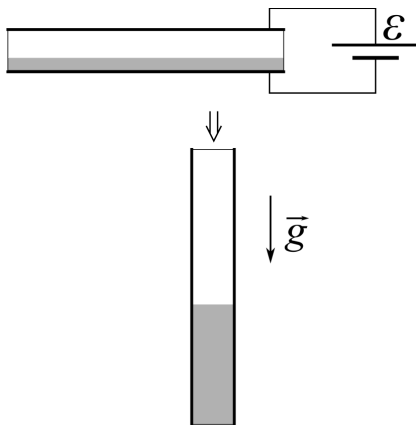


$$\frac{20}{169 \arcsin \frac{119}{169} - 60} = \frac{2 \sqrt{R^2 - x_3^2}}{x_3 \sqrt{R^2 - x_1^2} \sqrt{R^2 - x_2^2}} \left(\frac{2R}{x_3 \sqrt{R^2 - x_1^2} \sqrt{R^2 - x_2^2}} \arcsin \frac{x_3 \sqrt{R^2 - x_2^2}}{2} \right) = k \approx 26\%, \text{ где } k = \frac{169 \arcsin \frac{119}{169} - 20}{169 \arcsin \frac{119}{169} - 60} = u$$

7. Экспериментатор разместил три одинаковых металлических шарика радиуса $r = 5$ мм на изолирующих подставках так, что они оказались в вершинах правильного треугольника со стороной $\ell = 30$ см. Каждый шарик несёт на себе заряд $q = 0,1$ мкКл. Шарики поочередно однократно заземляют и отключают от заземления. При заземлении каждого шарика и последующем отключении от заземления два остальных шарика не заземлены. Найдите модуль разности потенциала шарика, который был заземлён первым, и потенциала шарика, который был заземлён вторым, после поочередного заземления всех шариков. Ответ приведите в [В] с округлением до целого числа. $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ м/Ф. Поляризационными эффектами от изолирующих подставок и разрядкой шариков за счёт ионизации воздуха пренебрегите.

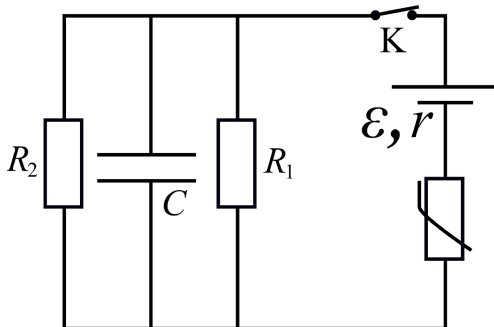
$$| \phi_1 - \phi_2 | = k q \left(\frac{1}{\ell} - \frac{1}{\ell + 2r} \right) \approx 8 \text{ В} \approx 8 \text{ В}$$

8. Герметичный плоский конденсатор с горизонтально расположенными квадратными обкладками частично заполнен жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2$ и подключён к источнику ЭДС (см. рис.) Толщина слоя диэлектрика составляет $\alpha = 0,2$ расстояния между обкладками. Конденсатор отключают от источника и поворачивают так, что обкладки располагаются вертикально. Найдите отношение разности потенциалов обкладок конденсатора до поворота к разности потенциалов обкладок после поворота. Ответ приведите с округлением до десятых. Краевыми эффектами пренебрегите.



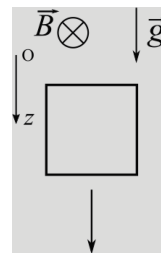
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{(\varepsilon - 1)\alpha + 1}{(\varepsilon - 1)\varepsilon + \alpha} = \frac{1}{2}$$

9. В электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке, подключён нелинейный элемент, вольтамперная характеристика которого $U = \alpha I^2$, где $\alpha = 1 \text{ В/А}^2$, ЭДС источника и его внутреннее сопротивление равны соответственно $\mathcal{E} = 24 \text{ В}$ и $r = 0,5 \text{ Ом}$, $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $C = 100 \text{ мкФ}$. Ключ длительное время замкнут. Найдите количество теплоты, выделившейся на резисторе R_1 после размыкания ключа. Ответ приведите в [мДж] с округлением до сотых.



$$Q_1 = \frac{C R_2 (R_1 R_2 (\sqrt{\beta^2 + \frac{\alpha}{R_2}} + \beta))^2}{2(1411 - 135\sqrt{1561})} \cdot 10^{-4} \text{ мДж} \approx 0,8 \text{ мДж}, \text{ где } \beta = -\frac{2\alpha(R_1 + R_2)}{R_1 R_2 + r(R_1 + R_2)} = -0,625 \text{ В}$$

10. Квадратная проволочная рамка с длиной стороны $a = 50$ см движется поступательно в вертикальной плоскости с установившейся скоростью в области магнитного поля под действием силы тяжести (см. рис.). Масса рамки $m = 10$ г, сопротивление рамки $R = 0,03$ Ом. Линии индукции магнитного поля направлены горизонтально и перпендикулярны плоскости рамки. Индукция магнитного поля зависит от вертикальной координаты z по закону $B = B_0 + \beta z$, где B_0 и β — постоянные, ось z направлена вертикально вниз. Значение B_0 не задано, $\beta = 0,3$ Тл/м. Найдите мощность тепловыделения в рамке. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ приведите в [мВт] с округлением до целого числа. Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.



$$P = R \left(\frac{mg}{\beta a} \right)^2 = \frac{3}{160} \text{ мВт} \approx 53 \text{ мВт}$$