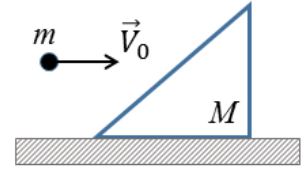


# Олимпиада «Ломоносов 2024 – 2025» по физике

## Заключительный этап

### решения к задачам для 10-х классов

**1.1. Задача.** Маленький шарик массой  $m = 36$  г, летящий горизонтально со скоростью  $V_0 = 5$  м/с, ударяется о поверхность клина массой  $M = 100$  г, покоящегося на гладкой горизонтальной поверхности (см. рисунок). После абсолютно упругого соударения шарик движется вертикально вверх. На какое расстояние  $S$  от своего начального положения сместится клин к тому моменту, когда шарик достигнет наивысшей точки траектории? Ускорение свободного падения принять равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**1.1. Решение.** Запишем закон сохранения полной механической энергии, а также закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + \frac{Mu^2}{2},$$
$$mV_0 = Mu.$$

Отсюда скорости клина и шарика после соударения равны соответственно  $u = \frac{m}{M}V_0$ ,

$V = \sqrt{\left(1 - \frac{m}{M}\right)}V_0$ . После соударения шарик движется с ускорением  $g$ , направленным вертикально

вниз и достигнет наивысшей точки траектории за время  $\tau = \frac{V}{g} = \sqrt{\left(1 - \frac{m}{M}\right)}\frac{V_0}{g}$ .

Клин после соударения движется равномерно и за время  $\tau$  сместится на расстояние

$$S = u \cdot \tau = \frac{m}{M} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{m}{M}\right)} \cdot \frac{V_0^2}{g}.$$

**Ответ:**  $S = \frac{m}{M} \sqrt{\left(1 - \frac{m}{M}\right)} \cdot \frac{V_0^2}{g} = 0,72$  м.

**1.2. Задача.** В процессе расширения азота его объём увеличился на  $n = 2\%$ , а давление уменьшилось на  $k = 1\%$ . Какая часть  $\eta$  количества теплоты, полученной азотом, была превращена в работу? Молекулярная масса азота равна  $\mu(N_2) = 28 \cdot 10^{-3}$  кг/моль. Удельная теплоёмкость азота при постоянном объёме  $c_v = 745$  Дж/(кг·град). Универсальную газовую постоянную примите равной  $R = 8,3$  Дж/(моль·К). Ответ выразите в процентах, округлив до целых единиц.

**Указание:** при вычислении работы, совершаемой газом при расширении, незначительным изменением давления следует пренебречь.

**1.2. Решение.** Из равенства  $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T} = \frac{(1 - k/100\%)P_0 \cdot (1 + n/100\%)V_0}{T}$ , где  $P_0$  и  $V_0$ ,  $P$  и  $V$  –

начальные и конечные давление и объём, получаем:  $T - T_0 = [(1 - k/100\%)(1 + n/100\%) - 1] \cdot T_0$ .

Следовательно, внутренняя энергия азота увеличилась на

$$\Delta U = c_v m (T - T_0) = c_v m T_0 \cdot [(1 - k/100\%)(1 + n/100\%) - 1].$$

Далее, если пренебречь незначительным изменением давления, как рекомендовано в условии задачи, то работу, совершённую газом при расширении, можно считать равной

$$A = P_0(V - V_0) = P_0 V_0 n / 100\% = \frac{n}{100\%} \cdot \frac{m}{\mu} RT_0.$$

Здесь учтено, что в соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева  $P_0 V_0 = \frac{m}{\mu} RT_0$ .

Количество теплоты, полученное азотом, равно  $Q = \Delta U + A$ . Используя полученные выше результаты для  $\Delta U$  и  $A$ , приходим к искомому ответу:

$$\frac{A}{Q} = \eta = \frac{\frac{n}{100\%} \cdot \frac{R}{\mu}}{\left[(1 - k / 100\%)(1 + n / 100\%) - 1\right] c_v + \frac{n}{100\%} \frac{R}{\mu}} \cdot 100\% \text{ или}$$

$$\eta = \frac{nR}{c_v \mu \cdot \left[(1 - k / 100\%)(1 + n / 100\%) - 1\right] + nR / 100\%}.$$

$$\text{Ответ: } \eta = \frac{nR}{c_v \mu \cdot \left[(1 - k / 100\%)(1 + n / 100\%) - 1\right] + nR / 100\%} \approx 45\%.$$

**1.3. Задача.** В электрической цепи, представленной на рисунке 1, сопротивления всех резисторов одинаковы  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ . Мощность, выделяемая на резисторе  $R_4$ , составляет  $P = 30$  Вт. После того как включение резистора  $R_4$  в цепь изменили на последовательное с резистором  $R_3$  (см. рис. 2), общая сила тока в цепи уменьшилась на  $\Delta I = 2$  А. Определите ЭДС источника  $\mathcal{E}$ , считая его внутреннее сопротивление пренебрежимо малым.

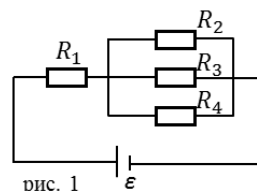


рис. 1

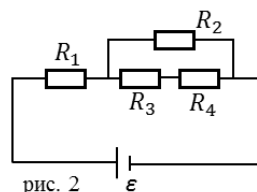


рис. 2

**1.3. Решение.** Учитывая, что первоначально резисторы  $R_2$ ,  $R_3$  и  $R_4$  соединены параллельно и вместе они последовательно соединены с резистором  $R_1$ , общее сопротивление этой цепи равно  $R_{общ}^{(1)} = \frac{4}{3}R$ , а общая сила тока в ней равна  $I_1 = \frac{3\mathcal{E}}{4R}$ . Тогда мощность, выделяемая на резисторе  $R_4$ , с учётом равенства сопротивлений резисторов  $R_2 = R_3 = R_4$  можно записать так:

$$P = \left(\frac{I_1}{3}\right)^2 \cdot R_4 = \frac{\mathcal{E}^2}{16R}.$$

После того как электрическую цепь изменили, её общее сопротивление стало  $R_{общ}^{(2)} = \frac{5}{3}R$ , а общая сила тока уменьшилась до нового значения  $I_2 = \frac{3\mathcal{E}}{5R} = I_1 - \Delta I$ .

Решая систему уравнений:

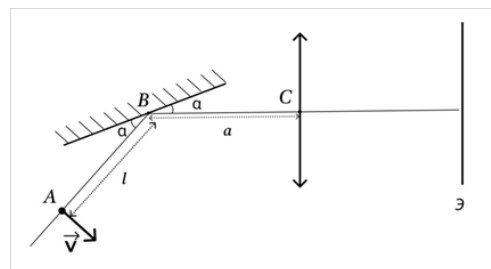
$$\frac{3\mathcal{E}}{4R} - \Delta I = \frac{3\mathcal{E}}{5R}, \quad (1)$$

$$P = \frac{\mathcal{E}^2}{16R}, \quad (2)$$

получаем ответ задачи:  $\mathcal{E} = \frac{12P}{5\Delta I}$ .

**Ответ:**  $\mathcal{E} = \frac{12P}{5\Delta I} = 36 \text{ В}.$

**1.4. Задача.** Оптическая система, представленная на рисунке, состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 30$  см, плоского зеркала и экрана Э. Плоскость зеркала составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с главной оптической осью линзы. Расстояние  $BC = a = 10$  см. Точку  $A$  пролетает муха, движущаяся со скоростью  $v = 2$  см/с перпендикулярно отрезку  $AB = l = 25$  см. Угол между  $AB$  и плоскостью зеркала также составляет угол  $\alpha = 30^\circ$ . Экран, установлен в положении, для которого резкость изображения мухи, полученного с помощью зеркала и линзы, наибольшая. Найти модуль скорости движения этого изображения. Ответ выразите в см/с и округлите до целых.



**1.4. Решение.** Изображение мухи, находящейся в точке  $A$ , в зеркале попадает на главную оптическую ось линзы и расположено на расстоянии  $a + l$  от неё. Чтобы резкость изображения мухи на экране была наибольшая, экран необходимо расположить за линзой на расстоянии  $b$ , определяемом по формуле линзы:

$$\frac{1}{a+l} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow b = \frac{(a+l)F}{a+l-F}.$$

Скорость изображения мухи в зеркале равна скорости мухи и перпендикулярна главной оптической оси линзы. Скорость изображения  $u$  мухи в линзе можно найти, определив предварительно линейное увеличение  $\Gamma$ , даваемое линзой для протяжённых объектов, находящихся на данном расстоянии от линзы. В рассматриваемом случае получим:

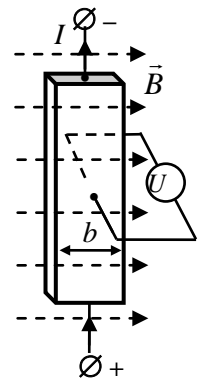
$$\Gamma = \frac{b}{a+l} = \frac{F}{a+l-F}.$$

За малый интервал времени  $\Delta t$  муха пролетает расстояние  $h = v \cdot \Delta t$ , а её изображение смещается на  $H = u \cdot \Delta t$ . По определению  $\Gamma = \frac{H}{h}$ . Исходя из этого, получаем, что скорость изображения мухи равна:

$$u = \Gamma \cdot v = \frac{F \cdot v}{a + l - F}.$$

**Ответ:**  $u = \frac{F \cdot v}{a + l - F} = 12 \text{ см/с}.$

**1.5. Задача.** Через тонкую пластинку кремния  $n$ -типа пропускают постоянный ток силой  $I = 8 \text{ мА}$ . Пластика помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1 \text{ Тл}$ , перпендикулярное длинным боковым граням пластинки и направлению тока (см. рисунок). Милливольтметр, подключенный между двумя другими противоположными большими гранями пластинки, фиксирует возникающую при этом разность потенциалов  $U = 4 \text{ мВ}$ . Ширина пластинки равна  $b = 5 \text{ мм}$ . Определить по этим данным концентрацию электронов проводимости  $n$  в пластинке. Модуль заряда электрона примите равным  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ . Возникающее поперечное электрическое поле внутри пластинки считайте приблизительно однородным. Ответ выразите в  $10^{14} \text{ см}^{-3}$  и округлите до десятых долей.



**1.5.Решение.** На каждый электрон проводимости в пластинке перпендикулярно его скорости направленного движения (дрейфовой скорости), а значит и току, действует составляющая силы Лоренца, равная по модулю  $F_L = e v B$ . Стационарному состоянию потока зарядов соответствует ситуация, когда эта сила будет уравновешена силой со стороны поля электрического, возникающего из-за смещения электронной плотности между большими гранями пластинки, модуль которой равен  $F_e = e E$ . Напряжённость электрического поля связана с разностью потенциалов между противоположными гранями пластинки (в некотором приближении, предложенном по условию задачи – аналог поля внутри конденсатора) соотношением:  $E = \frac{U}{d}$ , где  $d$  – толщина пластинки. Плотность тока определяется концентрацией носителей тока  $n$  и их дрейфовой скоростью  $v$ :  $j = e \cdot n \cdot v$ . Плотность тока, в свою очередь, равна отношению силы тока к площади поперечного сечения проводника  $S$ :  $j = \frac{I}{S}$  или  $j = \frac{I}{d \cdot b}$ , где  $d$  и  $b$  – толщина и ширина пластинки соответственно. Решая систему представленных уравнений, приходим к ответу задачи:  $n = \frac{I \cdot B}{e \cdot U \cdot b}.$

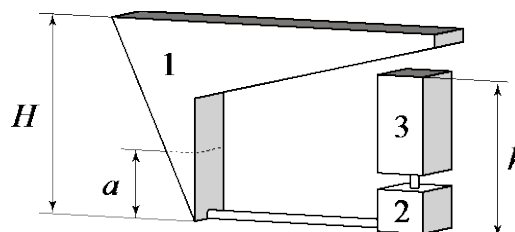
**Ответ:**  $n = \frac{I \cdot B}{e \cdot U \cdot b} \cong 2,5 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3} = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}.$

# Олимпиада «Ломоносов 2024 – 2025» по физике

## Заключительный этап

### решения к задачам для 7-9-х классов

**1.1. Задача.** Школьник напечатал фигуру сложной формы на 3D принтере из прозрачного пластика (см. рис.). Она состоит из трех полых сосудов с тонкими стенками, соединенных полыми трубками. По данным трубкам жидкость может свободно циркулировать из сосуда в сосуд. Сосуды 1 и 3 сверху открыты. Фигуру школьник заполнил двумя несмешивающимися жидкостями следующим образом. Сосуды 3 и 2 полностью, соединительные трубки, а также часть сосуда 1 (от нижнего края фигуры до уровня  $a$ ) заполнены глицерином. Оставшаяся часть сосуда 1 (от уровня  $a$  до уровня  $H$ ) заполнена водой с плотностью  $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$  до верху. При этом система оказалась устойчивой: ни вода, ни глицерин не вытекали сверху из сосудов. Найдите высоту уровня  $a$ , если плотность глицерина  $\rho_2 = 1260 \text{ кг/м}^3$ , высоты сосудов:  $h = 114 \text{ мм}$ ,  $H = 140 \text{ мм}$ . Ответ выразите в миллиметрах.



#### 1.1.Решение.

Давление жидкости вблизи дна сосуда 2:

$$P_2 = \rho_2 g h.$$

Давление жидкости вблизи дна сосуда 1 складывается из давления столба глицерина и столба воды:

$$P_1 = \rho_2 g a + \rho_1 g (H - a),$$

где  $\rho_1$  – плотность воды. Сосуды являются сообщающимися, следовательно на уровне дна давления должны быть равны.

$$P_1 = P_2,$$

$$\rho_2 g h = \rho_2 g a + \rho_1 g (H - a).$$

Решая это уравнение, получаем выражение для высоты уровня  $a$ :

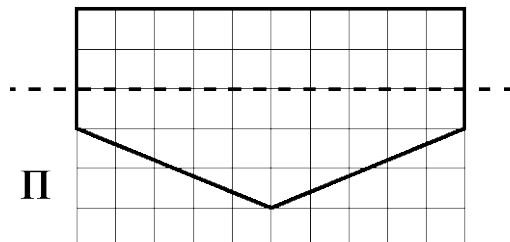
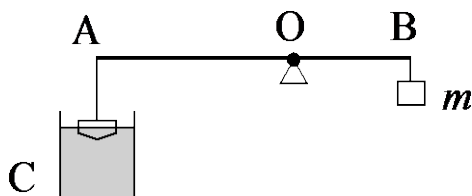
$$a = \frac{\rho_2 h - \rho_1 H}{\rho_2 - \rho_1},$$

Подставляя известные числовые значения, получаем:

$$a = \frac{1260 \cdot 114 \cdot 10^{-3} - 1000 \cdot 140 \cdot 10^{-3}}{1260 - 1000} = 14 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 14 \text{ мм}.$$

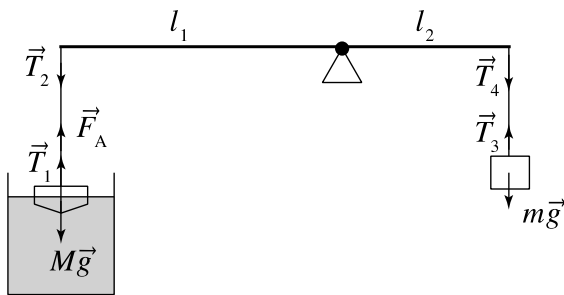
**Ответ:**  $a = 14 \text{ мм}$ .

**1.2. Задача.** На концах невесомого жесткого стержня АВ подвешены на невесомых нитях поплавок и груз массой  $m = 700$  г. Поплавок П находится в сосуде С с водой плотностью  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup> и имеет профиль, изображенный на рисунке, где сторона одной клетки  $a = 1$  см, пунктиром отмечен уровень воды. Профиль не изменяется в направлении, перпендикулярном плоскости рисунка, в этом направлении длина поплавка равна  $10a$ . Стержень может вращаться вокруг неподвижной горизонтальной оси О и находится в равновесии. Найдите плотность поплавка, если плечи стержня  $AO = l_1 = 50$  см,  $OB = l_2 = 10$



см. Ответ выразите в кг/м<sup>3</sup>.

**1.2. Решение.**



Согласно рисунку общий объем поплавка равен:

$$V = 10 \cdot 10 \cdot 3 a^3 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10 a^3 = 400 a^3 = 400 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Объем погруженной в воду части поплавка согласно аналогичным расчетам с использованием рисунка составляет:

$$V_n = 200 a^3 = 200 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Масса поплавка  $M = \rho_m V$ , где  $\rho_m$  – его плотность. На поплавок действует направленная вертикально вверх сила Архимеда, равная:  $F_A = \rho_e V_n g$ , где  $\rho_e$  – плотность воды,  $g$  – ускорение свободного падения. Модули сил натяжения нитей попарно равны:  $T_1 = T_2$  и  $T_3 = T_4$ .

Запишем второй закон Ньютона для поплавка в проекции на вертикальную ось:

$$0 = T_1 + F_A - Mg,$$

Отсюда получаем, что  $T_1 = \rho_m V g - \rho_6 g V_n$ . Запишем второй закон Ньютона для груза в проекции на вертикальную ось:

$$0 = T_3 - mg.$$

Отсюда  $T_3 = mg$ . Момент силы, вращающей рычаг против часовой стрелки равен:

$$M_1 = T_2 l_1 = l_1 g (\rho_m V - \rho_6 V_n).$$

Момент силы, вращающей рычаг по часовой стрелке равен:

$$M_2 = T_4 l_2 = l_2 mg.$$

Условие равновесия:

$$M_1 = M_2.$$

Решая последнее уравнение с учетом выражений, записанных ранее получим, что искомая плотность поплавка будет равна:

$$\rho_m = \frac{l_2 m + l_1 \rho_6 V_n}{l_1 V}.$$

Подставляя известные числовые значения, получим:

$$\rho_m = \frac{0,1 \cdot 0,7 + 0,5 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 10^{-6}}{0,5 \cdot 400 \cdot 10^{-6}} = 850 \text{ кг/м}^3.$$

**Ответ:**  $\rho_m = 850 \text{ кг/м}^3$ .

**1.3. Задача.** Баба Зина в холодный зимний день решила попить чай с малиновым вареньем. Она налила в свой старый электрический чайник воду массой  $m = 2 \text{ кг}$  при комнатной температуре  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  и начала нагревать его содержимое. Однако, нагрев воду до  $t_1 = 60^\circ\text{C}$  за время  $\tau_1 = 2,5 \text{ мин}$ , ее старый чайник неожиданно сломался. Оставив воду остывать в старом чайнике, баба Зина за  $\tau_2 = 10 \text{ мин}$  сбегала в ближайший магазин и купила новый электрический чайник с вдвое большей мощностью. Быстро перелив воду из старого чайника в новый чайник, она довела воду до кипения за  $\tau_3 = 2 \text{ мин}$  и приготовила себе чай с малиновым вареньем. Пока баба Зина бегала в магазин вода в старом чайнике отдавала тепло в окружающую среду со средней скоростью  $q = 400 \text{ Дж/с}$ . Найти КПД  $\eta_2$  нового чайника, если КПД старого чайника равен  $\eta_1 = 80\%$ . Температура кипения воды равна  $t_{100} = 100^\circ\text{C}$ . Удельная теплоемкость воды равна  $c = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ . При расчетах теплоемкостями чайников пренебречь.

### 1.3. Решение.

КПД чайника  $\eta$  можно определить как отношение количества теплоты, необходимого для нагревания воды, к затраченной работе  $A$ , где  $A = N\tau$  ( $N$ - мощность чайника,  $\tau$  – время его работы).

Запишем уравнение теплового баланса для нагревания воды в старом чайнике:

$$N\tau_1\eta_1 = cm(t_1 - t_0). \quad (1)$$

Запишем уравнение теплового баланса для нагревания воды в новом чайнике:

$$2N\tau_3\eta_2 = cm(t_{100} - t_1^*), \quad (2)$$

где  $t_1^*$  - температура воды в старом чайнике, до которой остыла вода, пока баба Зина бегала в магазин.

Во время отсутствия бабы Зины вода в старом чайнике отдавала количество теплоты в окружающую среду (при этом она охлаждалась до температуры  $t_1^*$ ):

$$q\tau_2 = cm(t_1 - t_1^*). \quad (3)$$

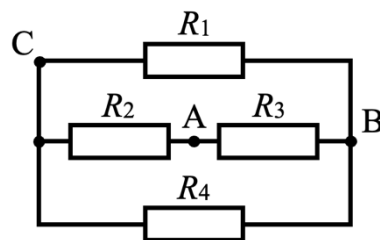
Из формул (1-3) получим:

$$\eta_2 = \frac{\tau_1\eta_1}{2\tau_3(t_1 - t_0)} \cdot \left[ t_{100} - t_1 + \frac{q\tau_2}{cm} \right] =$$

$$\frac{2,5 \cdot 60 \cdot 0,8}{2 \cdot 2 \cdot 60 \cdot (60 - 20)} \cdot \left[ 100 - 60 + \frac{400 \cdot 600}{4200 \cdot 2} \right] \approx 0,86 \text{ (86\%)}.$$

**Ответ:**  $\eta_2 \approx 0,86$  (86%).

**1.4. Задача.** В электрической схеме, показанной на рисунке, сопротивления резисторов равны  $R_1 = R$ ,  $R_2 = 1,25R$  и  $R_3 = R_4 = 3R$ . К клеммам А и В подключили источник постоянного напряжения  $U = 32$  В. Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, подключенный между клеммами А и С?

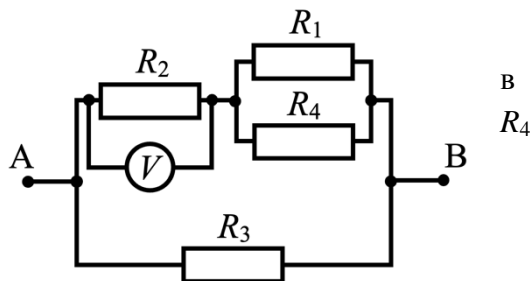


**1.4. Решение.** Эквивалентная схема для цепи, данной условию задачи, показана на рисунке. Резисторы  $R_1$  и соединены параллельно, их общее сопротивление равно:

$$R_{14} = \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4} = \frac{R \cdot 3R}{R + 3R} = 0,75R.$$

Суммарное напряжение на участке с резисторами  $R_2, R_1$  и  $R_4$  равно

$$U_2 + U_{14} = U = 32 \text{ В.}$$





Сила тока  $I_2$ , протекающего через резистор  $R_2$  равна суммарной силе тока, протекающего через резисторы  $R_1$  и  $R_4$ . Тогда в соответствии с законом Ома получаем:

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_{14}}{R_{14}} \Rightarrow \frac{U_2}{1,25R} = \frac{U_{14}}{0,75R} \Rightarrow \frac{U_2}{U_{14}} = \frac{5}{3}.$$

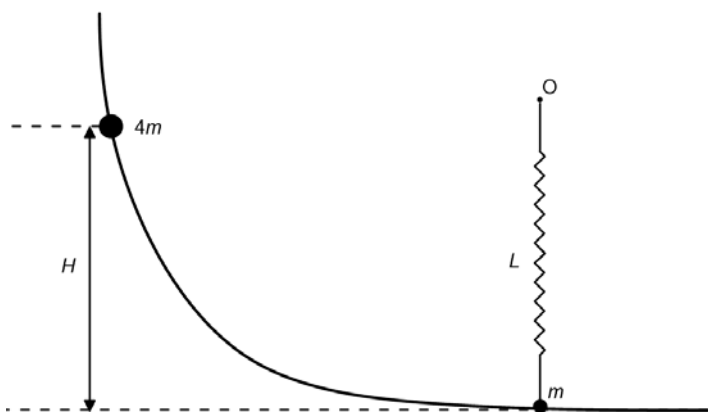
Так как идеальный вольтметр подключен параллельно к резистору  $R_2$ , решая полученную систему уравнений окончательно получаем:

$$U_V = U_2 = \frac{5}{8}U = 20 \text{ В}.$$

**Ответ:**

$$U_V = \frac{5}{8}U = 20 \text{ В}.$$

**Задача 1.5.** Бусинка массой  $4m$ , надетая на гладкий изогнутый стержень, начинает движение из состояния покоя. Стержень расположен в вертикальной плоскости так, как показано на рисунке. На горизонтальную часть стержня надета другая бусинка массой  $m = 0,01$  кг, прикрепленная к невесомой, недеформированной пружине. Пружина расположена вертикально и может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку подвеса  $O$ . Жесткость пружины  $k = 10$  Н/м, ее длина  $L = 0,1$  м. Найти наименьшую высоту  $H$  точки начала движения бусинки  $4m$ , при которой сила давления на стержень со стороны бусинок достигнет нулевого значения. Считать, что бусинки претерпевают абсолютно неупругое соударение, горизонтальную часть стержня – достаточно длинной, а деформацию пружины – упругой. Силой трения пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



### 1.5. Решение.

Согласно закону сохранения полной механической энергии

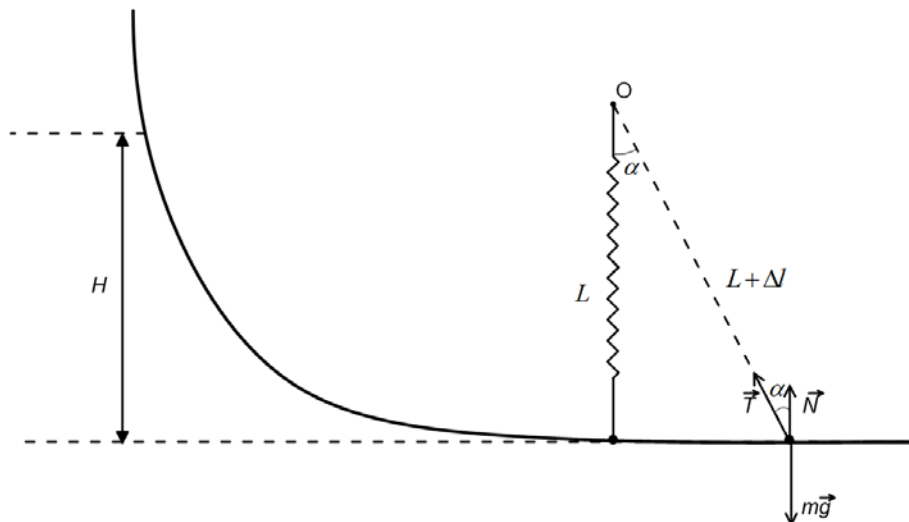
$$4mgH = \frac{4mV_1^2}{2}; \Rightarrow V_1 = \sqrt{2gH};$$

где  $V_1$  – скорость бусинки  $4m$  непосредственно перед ударом о бусинку  $m$ .

При абсолютно неупругом соударении бусинок выполняется закон сохранения импульса:

$$4mV_1 = (m + 4m)V_2; \Rightarrow V_2 = \frac{4}{5}V_1 = \frac{4}{5}\sqrt{2gH}$$

Здесь  $V_2$  – скорость бусинок сразу после соударения.



В процессе движения по горизонтальному участку стержня на бусинки действует сила тяжести  $5mg$ , сила упругости пружины  $T$  и сила реакции опоры  $N$ , которая согласно третьему закону Ньютона равна по модулю силе давления  $P$  бусинок на стержень. Таким образом, равенство нулю силы  $P$  достигается при  $N=0$ . В этом случае, согласно второму закону Ньютона, имеем равенство:

$$T \cos \alpha = 5mg \quad (1)$$

где

$$T = k\Delta l \quad (2)$$

$$\cos \alpha = \frac{L}{L + \Delta l} \quad (3)$$

Условие минимальности высоты  $H$ , приводит к требованию равенства нулю скорости  $V_3$  в момент достижения силы  $P$  нулевого значения. Тогда из закона сохранения энергии получаем соотношение:

$$\begin{aligned} \frac{5mV_2^2}{2} &= \frac{k\Delta l^2}{2} + \frac{5mV_3^2}{2}; \Rightarrow \\ \Delta l &= \sqrt{\frac{5m}{k}(V_2^2 - V_3^2)} = \sqrt{\frac{5m}{k}}V_2 = 4\sqrt{\frac{2gHm}{5k}}; \end{aligned} \quad (4)$$

Решая систему уравнений (1)-(4), получаем окончательно:

$$H = \frac{125}{32} \frac{k}{mg} \left( \frac{mgL}{kL - 5mg} \right)^2 = \frac{125}{32} \frac{10}{0,01 \cdot 10} \left( \frac{0,01 \cdot 10 \cdot 0,1}{10 \cdot 0,1 - 5 \cdot 0,01 \cdot 10} \right)^2 \approx 16 \text{ см.}$$

**Ответ:**  $H \approx 16 \text{ см.}$

## Критерии оценки

**Задачи (каждая задача оценивается максимально в 20 баллов)**

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **1 – 10 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **11 – 15 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **16-19 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **20 баллов**.