

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2018–2019 уч. г.

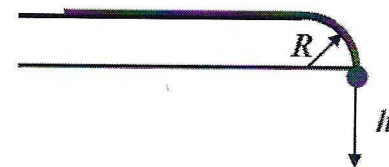
Код – Ф – 11 - 21

Муниципальный этап. 11 класс

Максимальный балл - 50

Задача 1 (10 баллов)

Однородный канат массой M лежит на краю горизонтальной гладкой поверхности, оканчивающейся закруглением радиусом R так, как показано на рисунке. Канат удерживают, а потом аккуратно прикрепляют к его нижнему концу груз массой m и отпускают. Найдите скорость груза в тот момент времени, когда он опустится на расстояние $h = R$ ниже исходного положения. Общая длина каната в 6 раз больше радиуса закругления. Считать, что канат в ходе такого смещения не отрывается от поверхности.

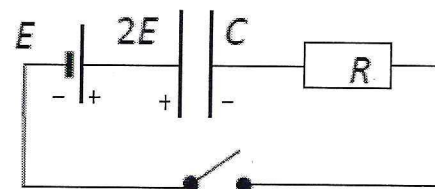


Задача 2 (10 баллов)

В запаянной с одного конца горизонтально лежащей трубке находится воздух с относительной влажностью $\varphi_0 = 60\%$, отделённый от атмосферы столбиком ртути длиной $l = 74$ мм. Атмосферное давление соответствует $L_0 = 740$ мм ртутного столба. Какой станет относительная влажность φ , если трубку поставить вертикально открытым концом вниз? Температура постоянна, ртуть из трубки при переворачивании не выливается.

Задача 3 (10 баллов)

Электрическая цепь состоит из соединённых последовательно идеального источника напряжения с ЭДС $E = 12$ В, резистора, разомкнутого ключа и заряженного до напряжения $2E$ конденсатора (полярность указана на схеме). Ключ замыкают. Определите напряжение U на конденсаторе в тот момент, когда количество теплоты, выделившееся в резисторе, окажется в 3 раза меньше энергии, оставшейся в конденсаторе.



Задача 4 (10 баллов)

Электрокипятильник, включённый в сеть с напряжением $U = 220$ В, нагревает воду в кастрюле от комнатной температуры до кипения за время $\tau_1 = 1$ мин. Найдите, за какое время τ_2 четыре кипятильника с вдвое большим сопротивлением, соединённые последовательно, нагреют вдвое большую массу воды от той же комнатной температуры до кипения при подключении к сети с напряжением $2U = 440$ В. Потерями теплоты можно пренебречь.

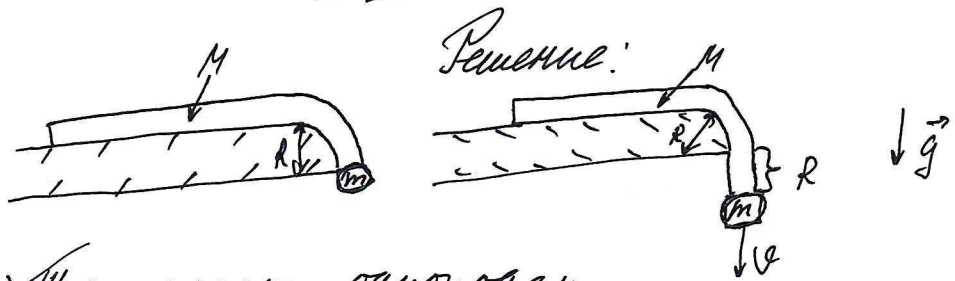
Задача 5 (10 баллов)

Один моль аргона участвует в процессе, в ходе которого теплоёмкость остаётся постоянной и равной $C = 10$ Дж/К. При этом аргон увеличил свой объём, совершив работу $A = 40$ Дж. Найдите изменение температуры аргона и подведённое к нему количество теплоты.

N 1

Дано:

$$M, R, m, k=R, \\ L=6R$$

 $v = ?$ 

1) М.к. какат однороден и нерастяжим, масса опущенной части каката будет равна отношению длины R опущенной части ко всей длине каката $6R$, следовательно на массу каката M

$$m_1 = \frac{R}{6R} \cdot M = \frac{1}{6} M$$

2) Центр масс опущенной части каката переместится вниз на расстояние $\frac{R}{2}$, а груз опустился на расстояние R .

3) ЗСЭ для системы тел какат+груз:

$$\frac{1}{6} M g \cdot \frac{R}{2} + m g R = (M+m) \frac{v^2}{2}$$

Ответ:

$$v = \sqrt{\frac{g R \left(\frac{1}{6} M + 2m \right)}{M+m}}$$

N 2

Дано:

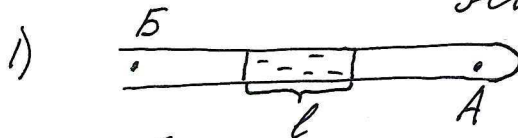
$$\varphi_0 = 60\%$$

$$l = 74 \text{ мм}$$

$$L_0 = 740 \text{ мм}$$

 $\varphi = ?$

Решение:



М.к. трубка горизонтальна, давление p_1 в точке А будет равно атмосферному давлению p_0 в точке Б

$$p_1 = p_0$$

$$\varphi_0 = \frac{p_n}{p_1} = \frac{p_n}{p_0} = 60\%$$

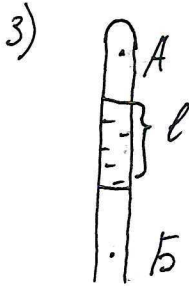
$$p_n = 0,6 p_0$$

2) Известно, что атм. давление соответствует

740 мм. рт. ст. Значит, p_0 будет равно:

$$p_0 = \rho_{рт.} \cdot g \cdot h_0$$

$$p_n = 0,6 p_0 = 0,6 \rho_{рт.} \cdot g \cdot h_0$$



Заметим, что давление p_2 в точке А будет равно разности атм. давления и гидростат. давления ртути.

$$p_2 = p_0 - \rho_{рт.} \cdot g \cdot l$$

$$p_2 = \cancel{0,6 \rho_{рт.} \cdot g \cdot h_0} - \rho_{рт.} \cdot g \cdot l = \rho_{рт.} g (h_0 - l)$$

$$4) \quad \varphi = \frac{p_n}{p_2} = \frac{0,6 \rho_{рт.} \cdot g \cdot h_0}{\rho_{рт.} g (h_0 - l)} = \frac{0,6 h_0}{h_0 - l} = \frac{0,6 \cdot 740}{740 - 74} \approx 0,67$$

влажность будет составлять около 67%

Ответ: $\frac{0,6 h_0}{h_0 - l} \approx 67\%$

~ 4

105.

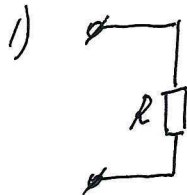
Дано:

$$U_1 = 220 \text{ В}$$

$$I_1 = 1 \text{ мА}$$

$$U_2 = 440 \text{ В}$$

$$I_2 = ?$$

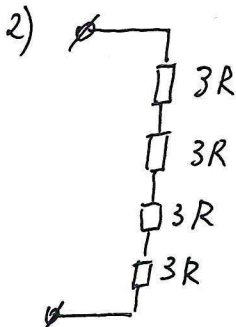


Решение:

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{Q_1}{I_1}$$

$$R_1 = R ; Q_1 = C \cdot m \cdot \Delta T$$

$$\frac{U_1^2}{R} = \frac{C m \Delta T}{I_1} \quad (1)$$



$$P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{Q_2}{I_2}$$

$$R_2 = 12R ; Q_2 = 2 \cdot C \cdot m \cdot \Delta T ; U_2 = 2U_1$$

$$\frac{4U_1^2}{12R} = \frac{2 C m \cdot \Delta T}{I_2} \quad (2)$$

3) разделим 1-ое ур-ние на 2-ое ур-ние:

$$\frac{U_1^2 \cdot 12R}{4 \cdot U_1^2 \cdot R} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T \cdot \tau_2}{2 \cdot c \cdot m \cdot \Delta T \cdot \tau_1}$$

$$\frac{\tau_2}{2 \tau_1} = 3$$

$$\tau_2 = 6 \tau_1 = 6 \text{ (мин)}$$

$$\text{Ответ: } \tau_2 = 6 \tau_1 = 6 \text{ мин.}$$

№ 5

105

Дано:

$$V = 1 \text{ моль}$$

$$C = 10 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$A = 40 \text{ Дж}$$

$$\Delta T = ?; Q = ?$$

Решение:

1) По 1-ому началу термодинамики:

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \cdot \Delta T$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C \cdot \Delta T$$

$$C \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A$$

$$\Delta T (C - \frac{3}{2} \nu R) = A$$

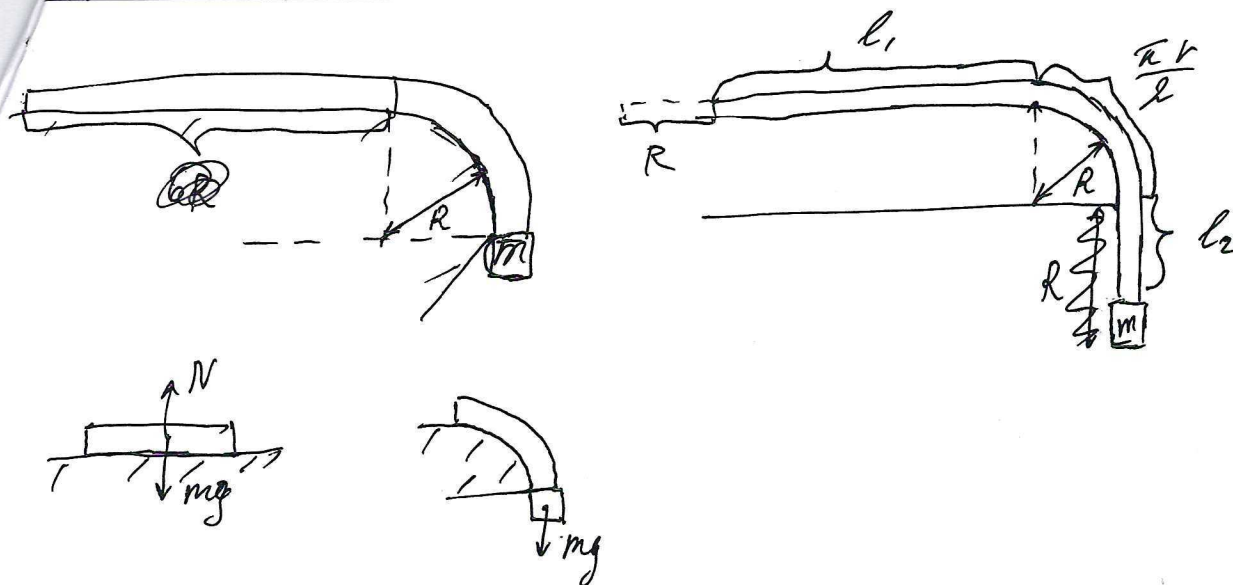
$$\Delta T = \frac{A}{C - \frac{3}{2} \nu R} = \frac{40}{10 - \frac{3}{2} \cdot 8,31} \approx -16,23 \text{ (К)}$$

$$2) Q = C \cdot \Delta T = 10 \cdot (-16,23) = -162,3 \text{ (Дж)}$$

П.к. $\Delta T < 0$, значит газ охлаждался.
Следовательно, он отдал теплоту равную
162,3 Дж.

$$\text{Ответ: } \Delta T = \frac{A}{C - \frac{3}{2} \nu R} = -16,23 \text{ (К)}$$

$$Q = C \cdot \Delta T = -162,3 \text{ (Дж)}$$



Рассмотрим положение каната после того, как его отпустили? Пусть длина каната l :

$$l = l_1 + \frac{\pi r}{2} + l_2$$

~~или~~

5) По 1-ому началу m -ки:

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C \cdot \Delta T$$

$$\frac{Q}{\Delta T} = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T + A$$

$$C \Delta T = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T + A$$

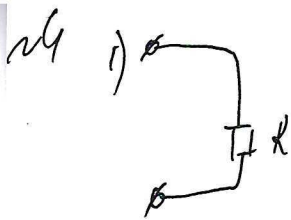
$$\Delta T \left(C - \frac{3}{2} \Delta R \right) = A$$

$$\Delta T = \frac{40}{10 - \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31} \approx -16,23 \text{ (K)}$$

из баланса в ходе процесса, следовательно, он отдавал теплоту

$$Q = C \cdot \Delta T = 10 \cdot (-16,23) = -162,3 \text{ (Дж)}$$

из баланса, следовательно, он отдавал теплоту равную 162,3 Дж.

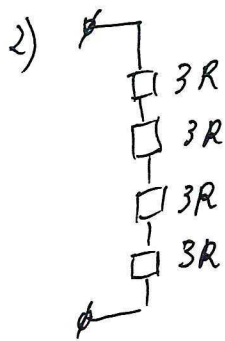


$$P_1 = U \cdot I_1 = \frac{Q_1}{t_1}$$

$$Q_1 = \Delta T \cdot c \cdot m \quad I_1 = \frac{U}{R}$$

$$P = \frac{U^2}{R_1} = \frac{Q_1}{t_1} \quad R_1 = R$$

$$Q_1 = \Delta T \cdot c \cdot m$$



$$P_2 = U \cdot I_2 = \frac{(2U)^2}{R_2} = \frac{Q_2}{t_2}$$

$$R_2 = 12R \quad Q_2 = 2 \cdot \Delta T \cdot c \cdot m$$

3) ~~PP~~ $\frac{U^2}{R} = \frac{\Delta T \cdot c \cdot m}{t_1} \quad (1)$

$$\frac{4U^2}{12R} = \frac{2 \Delta T \cdot m \cdot c}{t_2} \quad (2)$$

разделим 1-ое на 2-е :

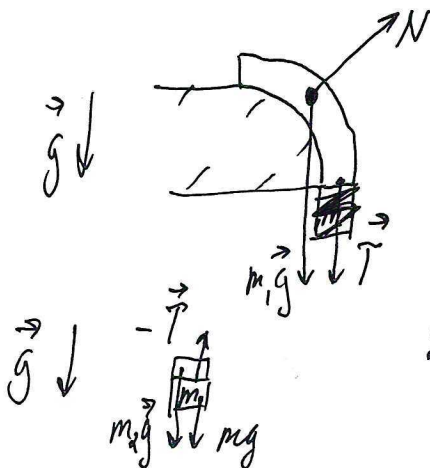
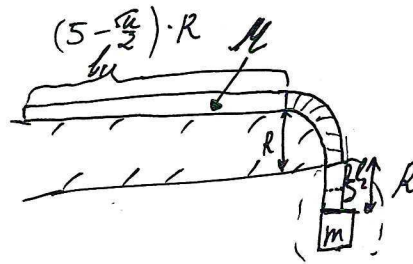
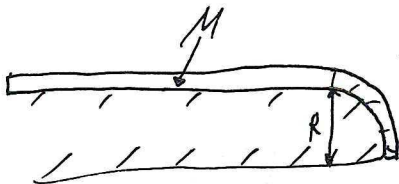
$$\frac{U^2 \cdot 3R}{4U^2 \cdot R} = \frac{\Delta T \cdot c \cdot m \cdot t_2}{2 \Delta T \cdot m \cdot c \cdot t_1}$$

$$\frac{t_2}{2t_1} = 3$$

$$t_2 = 6t_1 = 6 \text{ (мин)}$$

Ответ: 6 мин.

21



1) Рассмотрим кусок каната лежащего на закреплённой части. На канат действуют силы: $m_1 g$, N и T , пружина N

2) На груз будут действовать силы $-T$ и $m_2 g$

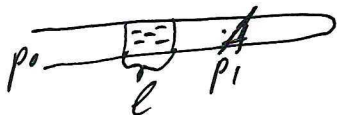


$$p_0 = \rho g h_0$$

$$p_1 = p_0 - \rho g l = \rho g (h_0 - l)$$

$$\varphi_0 = \frac{p_{\text{max}}}{p_{\text{max}}}$$

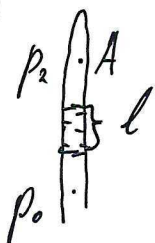
1)



$$p_1 = p_0 \quad \varphi_0 = \frac{p_{\text{max}}}{p_1} = \frac{p_n}{p_0} = 60\% ; p_0 = \rho g h_0$$

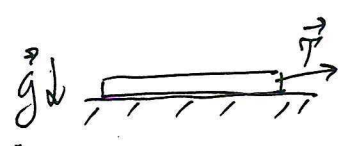
$$p_n = 0.6 p_0 = 0.6 \rho g h_0$$

2)

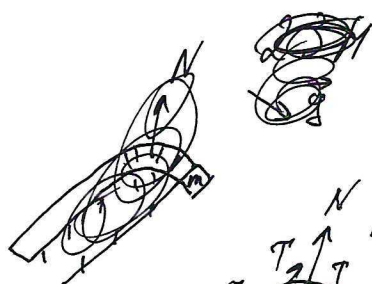


$$p_2 = p_0 - \rho g l = \rho g (h_0 - l)$$

$$\varphi_1 = \frac{p_n}{p_2} = \frac{0.6 \rho g h_0}{\rho g (h_0 - l)} = \frac{0.6 h_0}{h_0 - l} \approx 67\%$$

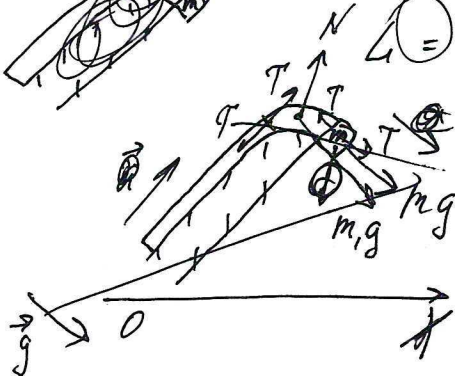


3) На оставшуюся ~~часть~~ часть каната по горизонтали будет действовать сила T .



$$L = L_1 + L_2$$

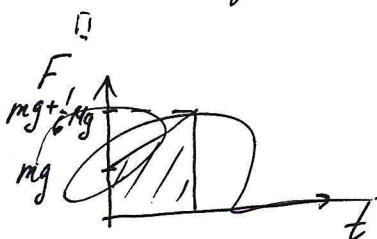
$$L = L_1$$



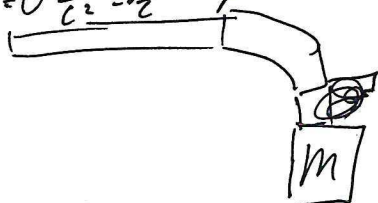
2) Заметим, что N будет направлена под углом 45° к горизонту. Спроецируем силы на ось Ox , перпендикулярную N и применим 2ЗН.

~~(M+m)a~~

2ЗН для системы узел + свисающая часть каната:



$$\sqrt{\frac{m}{c^2}} \cdot m = \sqrt{\frac{m^2}{c^2}} = \frac{m}{c} - \text{проекции}$$



Поскольку канат нерастяжим, а система замкнута, то выполняется 3СЭ для каната и узла.



$$\frac{1}{6} M g \cdot \frac{R}{2} + m g R = (M + m) \frac{v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{g R (\frac{1}{6} M + 2m)}{M + m}}$$