

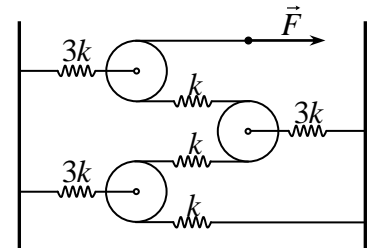
Решения

Задач заключительного тура Отраслевой физико-математической олимпиады школьников «Росатом» 2016-2017 учебного года Физика, 8 класс. Комплект 2

1. В 1724 г. Г. Фаренгейт предложил шкалу температур, в которой нулю градусов соответствует температура замерзания смеси льда и соли, взятых в равных количествах. В градусах Цельсия эта температура $-17,8^{\circ}\text{C}$. 100 градусов шкалы Фаренгейта соответствуют температуре $37,8^{\circ}\text{C}$. При какой температуре в шкале Фаренгейта кипит вода при атмосферном давлении (100°C)?

2. Феррари, Мерседес и Жигули движутся с постоянными скоростями по прямой дороге. Когда Мерседес и Жигули находились в одной точке, Феррари был на расстоянии S позади. Когда Феррари догнал Жигули, Мерседес был впереди них на расстоянии $5S/6$. На каком расстоянии позади Феррари и Мерседеса окажутся Жигули в тот момент, когда Феррари догонит Мерседес?

3. Три одинаковые пружины с коэффициентами жесткости k связаны кусками невесомой нерастяжимой нити. Полученная нить переброшена через три невесомых блока, привязанных к вертикальным стенам с помощью одинаковых пружин с коэффициентами жесткости $3k$ (см. рисунок). На конец нити действуют силой F . Насколько переместится при этом конец нити?



4. Имеется три стакана, содержащие массы m , $2m$ и $3m$ воды. В первом стакане вода холодная, во втором – горячая в третьем имеет некоторую промежуточную температуру. Из первого стакана берут ложку воды и переливают во второй, при этом температура воды во втором стакане уменьшается на величину Δt . Затем ложку воды из второго стакана переливают в третий, температура воды в третьем стакане возрастает на $\Delta t/2$. Затем ложку воды из третьего стакана переливают в первый. Насколько изменится при этом температура воды в третьем стакане? Потери тепла пренебречь.

5. Слононок и Мартышка измеряют длину Удава, который проползал мимо них. В тот момент, когда около них был хвост Удава, Мартышка побежала к его голове и, добежав, положила на землю в ту точку, где находилась голова Удава, банан. Затем она побежала обратно и положила второй банан рядом с кончиком хвоста Удава (который продолжал ползти). Потом пришел Попугай и измерил расстояния от Слононка (который все время стоял на месте) до бананов в «попугаях». Эти расстояния оказались равны - 48 попугаев и 16 попугаев. Найти отношение скорости Мартышки к скорости Удава и длину Удава в попугаях.

Решения

1. Связь градусов Цельсия и Фаренгейта найдем из очевидного равенства

$$1^{\circ}\text{F} = \frac{37,8 + 17,8}{100} = 0,556^{\circ}\text{C}$$

Интервал температур между нулем шкалы Фаренгейта и температурой кипения воды в градусах Цельсия есть

$$t = 100^{\circ}\text{C} + 17,8^{\circ}\text{C} = 117,8^{\circ}\text{C}$$

Поэтому температуру кипения воды в градусах Фаренгейта можно найти так

$$t = \frac{117,8^{\circ}\text{C}}{0,556^{\circ}\text{C}} \cdot 1^{\circ}\text{F} = 212^{\circ}\text{F}$$

2. Пусть скорости машин равны $v_{\text{ф}}$, $v_{\text{м}}$ и $v_{\text{жс}}$. Феррари догонит Жигули через время

$$t = \frac{S}{v_{\text{ф}} - v_{\text{жс}}}$$

Причем Жигули и Мерседес пройдут за это время расстояния

$$l_{жс} = \frac{v_{жс}S}{v_{\phi} - v_{жс}}, \quad l_{м} = \frac{v_{м}S}{v_{\phi} - v_{жс}}$$

Поэтому расстояние от Мерседеса до Феррари и Жигулей в этот момент есть

$$\frac{5S}{6} = l_{м} - l_{жс} = \frac{(v_{м} - v_{жс})S}{v_{\phi} - v_{жс}}$$

Отсюда

$$\frac{v_{м} - v_{жс}}{v_{\phi} - v_{жс}} = \frac{5}{6} \quad (*)$$

Теперь рассмотрим второй этап движения. Феррари догонит Мерседес через время

$$t_1 = \frac{5S/6}{v_{\phi} - v_{м}}$$

за которое Феррари и Жигули пройдут расстояния

$$l_{жс} = \frac{v_{жс}5S/6}{v_{\phi} - v_{м}}, \quad l_{\phi} = \frac{v_{\phi}5S/6}{v_{\phi} - v_{м}}$$

И потому расстояние от Феррари и Мерседеса до Жигулей в этот момент будет равно

$$S_1 = l_{\phi} - l_{жс} = \frac{(v_{\phi} - v_{жс})5S/6}{v_{\phi} - v_{м}}$$

Добавляя и вычитая в знаменателе скорость $v_{жс}$, деля на разность скоростей $v_{\phi} - v_{жс}$ и пользуясь формулой (*), получим

$$S_1 = \frac{(v_{\phi} - v_{жс})5S/6}{(v_{\phi} - v_{жс}) - (v_{м} - v_{жс})} = \frac{5S/6}{1 - \frac{v_{м} - v_{жс}}{v_{\phi} - v_{жс}}} = \frac{5S/6}{1 - \frac{5}{6}} = 5S$$

3. Сила натяжения нити, охватывающей блоки, одинакова во всех точках. Поэтому пружины с коэффициентами жесткости k будут растянуты на величину

$$\Delta x = \frac{F}{k}$$

На блоки со стороны этой нити действует сила $2F$. Поэтому пружины с жесткостью $3k$ будут растянуты на величину

$$\Delta x_1 = \frac{2F}{3k},$$

и за счет перемещения каждого из них освободится кусок нити, переброшенной через блоки, длиной $2\Delta x_1$ (с одной и другой стороны от каждого блока). Поэтому перемещение конца нити будет равно

$$\Delta l = 3\Delta x + 6\Delta x_1 = \frac{3F}{k} + 6\frac{2F}{3k} = \frac{7F}{k}$$

4. После всех переливаний в каждом стакане будет такое же количество воды, как и до переливаний, но другие температуры. Поэтому легко посчитать, сколько тепла получил и приобрел второй и третий стакан. Учитывая, что тепло не терялось, отсюда можно найти сколько получил или отдал тепла первый стакан, а затем и изменение его температуры.

Второй стакан потерял количество теплоты $Q_2 = c2m\Delta t$ (c - удельная теплоемкость воды). Третий стакан получил $Q_3 = c3m\Delta t/2$. Поэтому первый стакан получил $Q_1 = Q_2 - Q_3 = cm\Delta t/2$. Отсюда заключаем, что температура воды в первом стакане увеличилась на следующую величину Δt_1

$$cm\Delta t_1 = Q_1 = cm\Delta t/2 \quad \Rightarrow \quad \Delta t_1 = \Delta t/2$$

5. Очевидно, мартышка пробежала до головы удава расстояние $lv_{м}/(v_{м} - v_{у})$, которое по условию равно 48 попугаям (здесь l - длина Удава, $v_{м}$ - скорость Мартышки, $v_{у}$ - скорость Удава). Поэтому

$$\frac{lv_M}{v_M - v_y} = 48 \text{ П} \quad (*)$$

Когда Мартышка побежала обратно, она пробежала расстояние (от точки разворота) $lv_M / (v_M + v_y)$, которое по условию равно 32 П (48 П – 16 П). Поэтому

$$\frac{lv_M}{v_M + v_y} = 32 \text{ П} \quad (**)$$

Решая систему уравнений (*)-(**), найдем

$$\frac{v_M}{v_y} = 5, \quad l = 38,4 \text{ П}$$