Решения задач по физике
открытой межвузовской олимпиады школьников СФО «Будущее Сибири»
II (заключительный) этап, 2018–2019 учебный год

Каждая правильно решенная задача оценивается в 10 баллов.

Физика 8 класс

1. Старик добирался на моторной лодке на свою дачу, которая находилась на острове ниже по течению. Время t он шёл на моторе, который затем заглох. Через время τ после этого его снесло течением к даче. Весь обратный путь домой старик шёл на моторе. До места, где у него заглох мотор по пути на дачу, он шёл время T. Сколько времени ему ещё потребуется, чтобы добраться до дома?

Решение.

Пусть u — скорость течения реки, v — скорость движения лодки с включенным мотором относительно воды. До места, где заглох мотор, старик двигался со скоростью $v + u$ в течение времени t, преодолев расстояние

$$S_1 = (v+u)t. \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

От места, где заглох мотор, до дачи старик двигался время τ со скоростью течения реки u, пройдя путь

$$S_2 = u\tau. \qquad (2) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Весь обратный путь старик шёл на моторе, двигаясь со скоростью $v - u$. Путь S_2 до места, где у него заглох мотор, он шёл время T.

$$S_2 = (v-u)T. \qquad (3) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

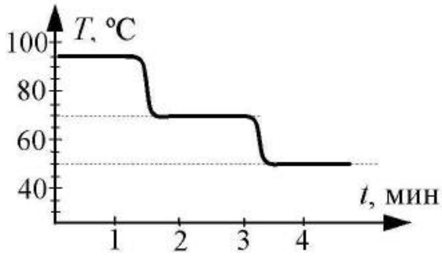
Путь S_1 от места, где заглох мотор, до дома, старик преодолел за время

$$t_x = \frac{S_1}{v-u}. \qquad (4) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Решая систему уравнений (1) – (4), найдём

ответ: $t_x = \dfrac{2T+\tau}{\tau}\cdot t$. **(2 б.)**

2. В термос с горячей водой по очереди бросили два одинаковых кубика льда. График зависимости температуры в термосе от времени представлен на рисунке. Определите температуру льда. Удельная теплоёмкость льда $c_л = 2100$ Дж/(кг·град), удельная теплоёмкость воды $c_в = 4200$ Дж/(кг·град), удельная теплота плавления льда $\lambda = 336000$ Дж/кг. Термос теплоизолирован, теплоёмкостью его стенок, а также теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.



Решение.

В процессе таяния льда температура горячей воды уменьшается. Горизонтальные участки на графике соответствуют тепловому равновесию, а переходные области между ними — моментам времени, когда в термосе одновременно находятся вода и лёд. Обозначим температуры на трёх горизонтальных участках графика T_1, T_2 и T_3, слева направо.

Теплота, выделившаяся при остывании горячей воды, идёт на нагревание льда, его плавление и нагревание образовавшейся в результате плавления воды. Поскольку сосуд теплоизолирован, и теплообмен с окружающей средой пренебрежимо мал, уравнение теплового баланса для процесса установления равновесия при бросании первого кубика льда имеет вид:

$$c_л m_л (T_0 - T) + \lambda m_л + c_в m_л (T_2 - T_0) + c_в m_в (T_2 - T_1) = 0, \qquad (1)$$ **(4 б.)**

где $m_л$ — масса кубика льда, $m_в$ — масса воды в термосе, T_0 — температура плавления льда, T — начальная температура льда.

Аналогично запишем уравнение теплового баланса для процесса установления равновесия при бросании в термос второго кубика льда:

$$c_л m_л (T_0 - T) + \lambda m_л + c_в m_л (T_3 - T_0) + c_в \left(m_в + m_л\right)(T_3 - T_2) = 0, \quad (2)$$ **(4 б.)**

Здесь учтено, что после бросания первого кубика льда, масса воды в термосе стала равна $m_в + m_л$. Из уравнения (1) выразим искомую температуру льда:

$$T = T_0 + \frac{\lambda}{c_л} + \frac{c_в}{c_л}(T_2 - T_0) + \frac{c_в}{c_л}\frac{m_в}{m_л}(T_2 - T_1). \qquad (3)$$

Обратив внимание, что первые два слагаемых в уравнениях (1) и (2) одинаковые, вычитая (1) из (2), найдём отношение масс

$$\frac{m_в}{m_л} = \frac{2\left(T_2 - T_3\right)}{T_3 + T_1 - 2T_2}.$$

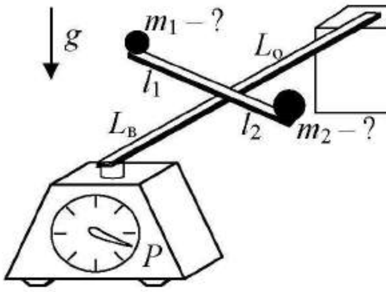
Подставив найденное отношение масс в выражение (3), получим

$$T = T_0 + \frac{\lambda}{c_л} + \frac{c_в}{c_л}(T_2 - T_0) + \frac{c_в}{c_л} \cdot \frac{2\left(T_2 - T_3\right)}{T_3 + T_1 - 2T_2} \cdot (T_2 - T_1),$$

Из графика определим $T_1 = 95$ °C, $T_2 = 70$ °C и $T_3 = 50$ °C. Подставив численные значения в полученное выражение, найдём

ответ: $T = -100$ °C. **(2 б.)**

3. Линейка лежит одним концом на опоре, другим — на весах. Вторую линейку, на концах которой лежат два груза, положили крест-накрест на первую, так что вся система находится в равновесии. При этом расстояния от перекрестия до грузов оказались равными l_1 и l_2, а от перекрестия до опоры и весов L_O и L_B соответственно. Весы показывают вес P. Чему равны массы каждого из грузов? Линейки узкие и невесомые, ускорение свободного падения равно g.



Решение.

На линейку, на которой лежат два груза, действует вес грузов m_1g и m_2g и сила реакции со стороны другой линейки. А на линейку, опирающуюся на весы, действует вес линейки с грузами $m_1g + m_2g$, а также силы реакции со стороны опоры и весов. Сила реакции со стороны весов равна показаниям весов P.

Для линейки с грузами условие равновесия относительно точки пересечения линеек запишется в виде:

$$m_1gl_1 = m_2gl_2. \qquad (1) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

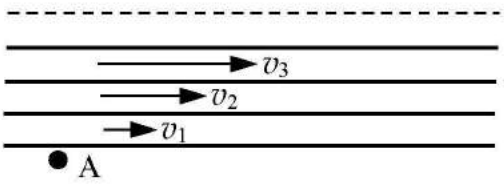
Для линейки, опирающейся на весы, условие равновесия относительно опоры запишется в виде:

$$P(L_B + L_O) = (m_1 + m_2)gL_O. \qquad (2) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Решая систему уравнений (1) и (2) относительно неизвестных m_1 и m_2, найдём

ответ: $$m_1 = \frac{P\left(1+\frac{L_B}{L_O}\right)}{g\left(1+\frac{l_1}{l_2}\right)}, \quad m_2 = \frac{P\left(1+\frac{L_B}{L_O}\right)}{g\left(1+\frac{l_2}{l_1}\right)}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

4. В аэропорту для перехода пассажиров между терминалами работает многополосный траволатор (постоянно движущийся ленточный тротуар). Скорость 1-й ленты v_1 = 1 м/с, 2-й ленты — v_2 = 2 м/с и т. д. Скорость самой скоростной 10-й ленты — v_{10} = 10 м/с. Пассажир заходит на траволатор (через его 1-ю ленту) и через $T = 30$ с сходит с него (с его 1-й ленты). На каком максимальном расстоянии от первоначальной точки А он может при этом оказаться, если ему разрешено двигаться только перпендикулярно движению лент (в том числе и переходя с ленты на ленту) со скоростью, не превышающей по абсолютной величине u = 1,5 м/с. Ширина каждой ленты траволатора равна L = 3 м.



Решение.

Чтобы оказаться максимально далеко от точки А, пассажиру следует за время T максимально продвинуться в сторону высокоскоростных лент и вернуться обратно, сойдя с траволатора.

Поскольку пассажиру необходимо через время $T = 30$ с сойти с 1-й ленты траволатора, он должен половину времени двигаться в направлении 10-й ленты, а вторую половину — идти обратно. **(2 б.)**

Двигаясь перпендикулярно движению лент, пассажир проводит на каждой ленте время

$$\tau = L/u = 3/1{,}5 = 2 \text{ с.}$$

За половину общего времени, т.е. за $T/2$ = 15 с, пассажир сумеет пересечь лишь $[T/2\tau]$ = 7 лент, затратив на это 7τ = 14 с. Оказавшись на 8-й ленте, пассажир может провести на ней оставшееся время $T/2 - 7\tau$ = 1с. **(2 б.)**

Следовательно, за время $T/2$ = 15 с пассажир переместится в направлении движения лент на расстояние

$$S = L/u\cdot(v_1 + v_2 + \ldots + v_7) + L/2u\cdot v_8 = 2\cdot(1 + 2 + \ldots + 7) + 1\cdot 8 = 64 \text{ м.}$$ **(2 б.)**

Вторую половину времени пассажиру следует также провести на 8-й ленте время $T/2 - 7\tau$ = 1с, и дальше двигаться в сторону первой ленты. При этом в направлении движения лент пассажир также преодолеет расстояние S. **(2 б.)**

Максимальное расстояние от первоначальной точки А на котором может оказаться пассажир равно $2S$.

Ответ: $2S = 2L/u\cdot(v_1 + v_2 + \ldots + v_7) + L/u\cdot v_8 = 128$ м. **(2 б.)**