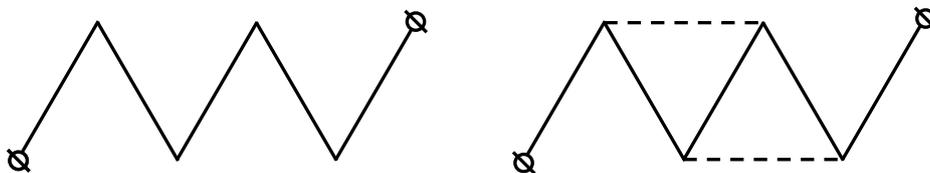


**Решения и критерии оценивания решений задач
Заключительного тура олимпиады «Росатом» по физике,
2023-2024 учебный год, 8 класс**

1. Три грузовика возят грунт из города А в город В. Из города А грузовики выезжают с интервалом времени $\Delta t = 1$ час. Первый грузовик, доехав до города В, мгновенно разворачивается и едет назад в город А, встречая на своем пути два других грузовика. Через сколько времени после встречи с третьим грузовиком он прибудет в город А? Из А в В груженные грузовики едут со скоростью $v = 40$ км/час, обратно – порожние – со скоростью kv , где $k = 1,6$. Расстояние между городами А и В $S = 100$ км.

2. Две пружины с недеформированной длиной l и $3l$ и с коэффициентами жесткости k и $3k$ прикреплены к вертикальным стенкам и телу,  расположенному на горизонтальном полу (см. рисунок). Расстояние между стенками $5l$. На сколько сжаты или растянуты пружины? Найти силы, с которыми пружины действуют на тело. Размерами тела пренебречь.

3. Электрическая цепь составлена из пяти одинаковых проводников (левый рисунок) и имеет сопротивление R . В цепь вводят еще два точно таких же проводника так, как это показано пунктиром на правом рисунке. Каким будет теперь сопротивление цепи?



4. Некоторое количество воды налили в кастрюлю из большого ведра и поставили кастрюлю на плиту. Известно, что через время $t_1 = 30$ мин после этого вода в кастрюле закипела. Тогда кастрюлю сняли с плиты и долили в нее из того же ведра дополнительное количество воды. При этом температуры воды в кастрюле понизилась на $\Delta T = 12^\circ\text{C}$. После этого кастрюлю снова поставили на плиту, и вода в ней закипела через время $t_2 = 5$ мин. Какова температура воды в ведре? Считать, что плита обеспечивает постоянный поток тепла, теплообменом воды с внешней средой и теплоемкостью кастрюли пренебречь.

5. Лиса пытается поймать суслика, который перебегает из норки А в норку В, находящиеся на расстоянии d друг от друга. Скорость лисы в три раза меньше скорости суслика. При этом суслик дразнит лису. Он по вибрации почвы чувствует, где находится лиса, и стартует только в том случае, когда лиса не может поймать его. По возможности точно нарисуйте область, находясь в которой лиса сможет поймать суслика, и определите ее геометрические параметры. Построение этой области должно быть обосновано.

Решения и критерии оценивания

1. Первый грузовик доедет до города В за время

$$t = \frac{S}{v}$$

Поскольку это время составляет 2,5 часа, то к этому времени третий грузовик уже выйдет из города А и проедет расстояние

$$S_1 = v(t - 2\Delta t) = S - 2v\Delta t$$

Поэтому между ним и первым грузовиком (который в этот момент находится в городе В) будет расстояние $S - S_1 = 2v\Delta t$. Поэтому первый и третий грузовик встретятся через время

$$t_1 = \frac{2v\Delta t}{v + 1,6v} = \frac{2\Delta t}{1+k}$$

после выхода первого грузовика в город А. А поскольку до города А он едет в течение времени

$$t_2 = \frac{S}{kv},$$

то он придет в город А через время

$$t_3 = t_2 - t_1 = \frac{S}{kv} - \frac{2\Delta t}{1+k} = 0,79 \text{ часа}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильно использована формула «расстояние-время-скорость» - 1 балл

2. Проверено, что к моменту разворота первого грузовика в городе В третий грузовик уже выйдет из города А и правильно найдено расстояние между ними – 1 балл

3. Правильно найдено время встречи первого и третьего грузовика (после выхода первого из города В) – 1 балл

4. Правильный ответ (формула) – 1 балл

5. Правильный ответ (число) – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. Очевидно, что обе пружины будут растянуты, и поскольку тело находится в равновесии, силы упругости, действующие на него со стороны пружин равны. Поэтому

$$k\Delta l_1 = 3k\Delta l_2$$

где Δl_1 и Δl_2 - удлинения первой (с коэффициентом жесткости k) и второй пружин. А поскольку расстояние между стенками на величину l больше суммарной недеформированной длины пружин, то

$$\Delta l_1 + \Delta l_2 = l$$

Из этой системы уравнений находим, на сколько растянуты пружины

$$\Delta l_1 = \frac{3l}{4}, \quad \Delta l_2 = \frac{l}{4}$$

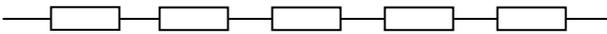
и силу упругости пружин

$$F_{\text{уп},1} = F_{\text{уп},2} = \frac{3kl}{4}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

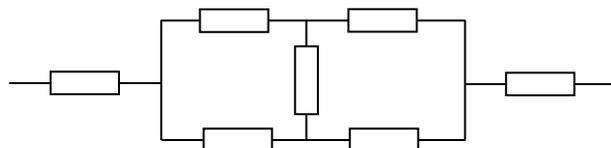
1. Правильное использование закона Гука – 1 балл
2. Правильное утверждение, что пружины растянуты и силы их упругости равны – 1 балл
3. Правильная система уравнений для удлинений пружин – 1 балл
4. Правильно найдены удлинения пружин – 1 балл
5. Правильно найдены силы упругости пружин – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

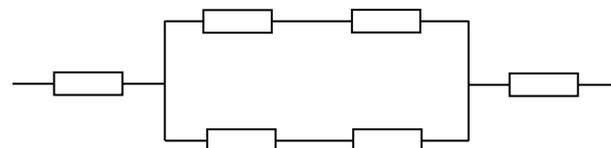
3. Первая цепь представляет собой пять  последовательно соединенных проводников с одинаковыми сопротивлениями (см. рисунок справа), и, следовательно, ее сопротивление равно

$$R = 5r$$

где r - сопротивление каждого проводника. После введения двух дополнительных проводников, цепь становится такой, как это показано на рисунке справа,



причем все сопротивления в этой цепи одинаковы. А поскольку благодаря симметрии цепи ток через центральное сопротивление не течет (оба направления тока абсолютно равноправны), его можно удалить из цепи. Поэтому цепь сводится к цепи, показанной на рисунке справа. Находя ее сопротивление по правилам нахождения общего сопротивления цепи, для последовательного и параллельного соединения проводников, получим ее новое сопротивление



$$R_1 = 3r.$$

Отсюда находим связь между сопротивлениями цепи в первом и втором случаях

$$R_1 = \frac{3}{5} R.$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное сопротивление левой цепи – 1 балл
2. Правильная эквивалентная схема правой цепи - 1 балл
3. Доказано, что центральный резистор можно выбросить - 1 балл
4. Правильно сопротивление правой цепи – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Пусть первоначально в кастрюлю залили массу m воды. Тогда уравнение теплового баланса для доведения ее до кипения дает

$$cm(T_k - T_g) = Pt_1$$

где c - удельная теплоемкость воды, $T_k = 100^\circ\text{C}$ - температура кипения воды, T_g - искомая температура воды в ведре.

Поскольку потерями тепла можно пренебречь, а воду в кастрюле и в первый, и во второй раз доводят до кипения, можно считать, что при втором нагревании воды в кастрюле плита нагревает только дополнительную воду от температуры воды в ведре до кипения, а вода, которая была в

кастрюле так и остается с температурой кипения $t = 100^{\circ}\text{C}$. Поэтому уравнение теплового баланса для второго нагревания воды дает

$$c\Delta m(T_k - T_e) = Pt_2.$$

Деля эти формулы друг на друга, получаем

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{t_2}{t_1}$$

С другой стороны, уравнение теплового баланса для остывания воды в ведре при доливании в него дополнительной воды дает

$$c\Delta m(T_k - \Delta T - T_e) = cm\Delta T \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta T}{T_k - \Delta T - T_e}$$

Отсюда получаем уравнение для температуры воды в ведре

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{\Delta T}{T_k - \Delta T - T_e},$$

решая которое, находим

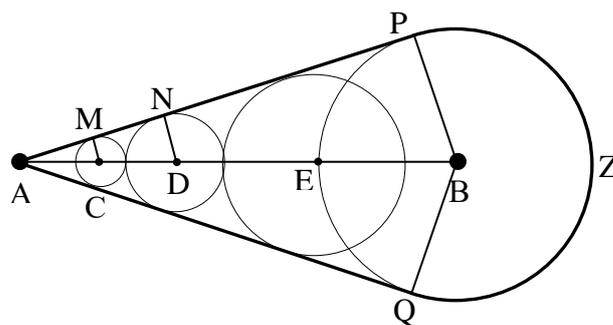
$$T_e = T_k - \Delta T \left(1 + \frac{t_1}{t_2} \right) = 16^{\circ}\text{C}$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов)

1. Правильное использование формулы $cm\Delta T$ для количества полученной теплоты – 1 балл
2. Правильное уравнение теплового баланса для нагревания «второй» воды – 1 балл
3. Правильное уравнение теплового баланса для смешивания первой и второй воды – 1 балл
4. Правильное уравнение для температуры воды в ведре – 1 балл
5. Правильный ответ (формула и число) – 1 балл

5. Будем строить область, из которой лиса сможет догнать суслика, обратным образом. Пусть суслик бежит со своей скоростью из норки А в норку В, а из каждой точки его траектории со своими скоростями и во все стороны бегут лисы. И если лисы бегут в течение того времени, которое суслик бежал до рассматриваемой точки из норки А, то их расположение определит границы области, из которой лиса сможет поймать суслика в рассматриваемой точке. Пересечение этих областей и определит всю область, из которой лиса сможет поймать суслика в какой-нибудь из точек его траектории.

Очевидно, все области, из которых лиса сможет поймать суслика в какой-либо точке, представляют собой окружности, радиус которых в 3 раза меньше, чем расстояние от этой точки до точки А. Действительно, пусть суслик двигался до некоторой точки С (см. рисунок) в течение времени t . Тогда та область, откуда лиса сможет



поймать суслика в этой точке, представляет собой окружность с радиусом, в 3 раза меньшим расстояния АС. А если до точки D, суслик бежал вдвое дольше, чем до С, то та область, откуда лиса

может поймать суслика в точке D – окружность с в вдвое большим радиусом, чем окружность с центром в точке C. Построение нескольких таких окружностей выполнено на рисунке.

Докажем, что касательные ко всем этим окружностям образуют один и тот же угол с отрезком АВ. Действительно, если провести радиусы каждой окружности в точку касания (СМ, DN, ВР на рисунке), то прямоугольные треугольники АСМ, АДN, АВР будут подобны, так как у всех у них катет в 3 раза меньше гипотенузы (или у них одинаковый синус). Таким образом, область, из которой лиса сможет поймать суслика, ограничена частью АРВQ угла РАQ и сектором окружности РВQZ. Причем углы РАВ и ВАQ таковы, что в прямоугольных треугольниках ВАР и ВАQ катеты ВР и ВQ втрое меньше гипотенузы АВ, т.е. равны $d/3$. Поэтому $\sin \angle PAB = \sin \angle QAP = 1/3$. Так же $d/3$ равен радиус сектора РВQZ. Угол раствора сектора – меньший из углов $\angle PBQ$ таков, что

$$\cos\left(\frac{\angle PBQ}{2}\right) = \frac{1}{3}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильная идея построения области, откуда лиса может поймать суслика – пересечение областей, откуда лиса может догнать его в различных точках - 1 балл
 2. Правильный вывод, что все такие области – окружности с радиусом, равным трети расстояния от центра этой окружности до А – 1 балл
 3. Доказательство, что касательные ко всем окружностям образуют один и тот же угол с отрезком АВ – 1 балл
 4. Построение качественно правильной области – 1 балл
 5. Параметры области – угол и сектор окружности радиуса $d/3$ – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.