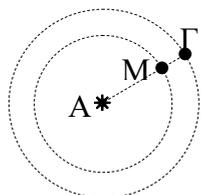
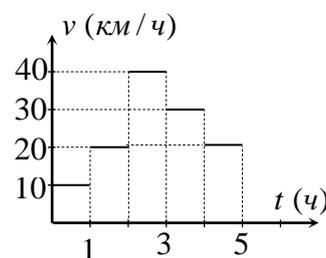


**Решения и критерии оценивания решений задач  
Заключительного тура олимпиады «Росатом» по физике,  
2023-2024 учебный год, 7 класс**

1. Пузырек из-под шампуня, в котором осталось немного жидкости, сильно взболтали до получения в нем однородной пены. Найти ее плотность, если известно, что масса воздуха в пузырьке составляет одну треть от массы всего содержимого пузырька (воздуха и шампуня), плотность воздуха  $\rho_a = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>, плотность шампуня  $\rho_{ш} = 1100$  кг/м<sup>3</sup>. Чему равна объёмная доля шампуня в пене?

2. 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.

3. Автомобиль едет из одного города в другой со скоростью, зависимость которой от времени приведена на рисунке. Определить среднюю скорость автомобиля на первой трети пути и за первую треть полного времени движения.



4. Вокруг звезды Аврора по круговым орбитам, лежащим в одной плоскости, вращаются в одну сторону две планеты – Медуза и Горгона. Год планеты Медуза составляет 0,9 года планеты Горгона. В некоторый момент времени планеты оказались на одном и том же радиусе, проведенном к ним от Авроры (см. рисунок). Через какое минимальное количество горгонианских и медузианских лет наступит противостояние Медузы и Горгоны, т.е. такое их положение, когда Аврора окажется между планетами?

5. У динамометра по ошибке поменяли пружину: поставили пружину другой жесткости. В результате динамометр стал давать неправильные показания: при подвешивании к его пружине груза массой  $m_1 = 200$  г, динамометр показывает силу  $F_1 = 2,5$  Н, для груза массой  $m_2 = 300$  г, показания динамометра составляют  $F_2 = 3,5$  Н. Какими будут показания динамометра, если к нему вообще не подвешивать никакого груза?

## Решения и критерии оценивания

1. Пусть масса воздуха в пене  $m$ , тогда масса шампуня в ней  $2m$ . Объем пены находим через плотности воздуха и пены

$$V_{\text{в}} = \frac{m}{\rho_{\text{в}}}, V_{\text{ш}} = \frac{2m}{\rho_{\text{ш}}}$$

В результате получаем для плотности пены

$$\rho = \frac{3m}{V_{\text{в}} + V_{\text{ш}}} = \frac{3m}{\frac{m}{\rho_{\text{в}}} + \frac{2m}{\rho_{\text{ш}}}} = \frac{3\rho_{\text{ш}}\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{ш}} + 2\rho_{\text{в}}} = 3,9 \text{ кг/м}^3$$

Объемная доля шампуня в пене равна отношению объема шампуня к объему пены

$$v_{\text{ш}} = \frac{V_{\text{ш}}}{V_{\text{ш}} + V_{\text{в}}} = \frac{2\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{ш}} + 2\rho_{\text{в}}} = 0,0023$$

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

1. Правильно найдены объемы воздуха и шампуня в пене - 1 балл
  2. Правильная исходная формула для плотности пены - 1 балл
  3. Правильный буквенный ответ для плотности пены через плотности воздуха и шампуня – 1 балл
  4. Правильное число для плотности пены – 1 балл
  5. Правильная объемная доля шампуня в пене (формула через плотности) и число – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. 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**

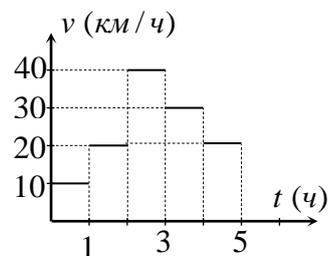
**5. Правильный ответ (число) – 1 балл**

**Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

**3.** Полное время движения автомобиля составляет 5 часов, причем за каждый из этих пяти часов он имеет разные скорости. Полный путь, пройденный автомобилем, определяем по графику

$$S = 1(\text{ч}) \cdot 10(\text{км/ч}) + 1(\text{ч}) \cdot 20(\text{км/ч}) + 1(\text{ч}) \cdot 40(\text{км/ч}) + 1(\text{ч}) \cdot 30(\text{км/ч}) + 1(\text{ч}) \cdot 20(\text{км/ч}) = 120\text{км}$$

Первая треть этого пути составляет 40 км. На ее прохождение автомобиль затратит 2 часа (за которые он пройдет 30 км) и одну четверть третьего часа, за которую он пройдет оставшиеся до одной трети 10 км. Поэтому средняя скорость автомобиля на первой трети пути составит



$$v_{\text{ср, первая треть пути}} = \frac{40(\text{км})}{2,25(\text{час})} = 17,8(\text{км/час})$$

Первая треть полного времени движения составляет  $5(\text{час})/3=1,67$  часа. За это время автомобиль пройдет расстояние, которое можно определить по графику

$$S_1 = 1(\text{час})10(\text{км/час}) + 0,67(\text{час})20(\text{км/час}) = 23,4(\text{км})$$

Поэтому средняя скорость автомобиля за первую треть полного времени движения равна

$$v_{\text{ср, первая треть времени}} = \frac{23,4(\text{км})}{1,67(\text{час})} = 14,0(\text{км/час})$$

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

**1. Правильно найден полный путь и полное время движения – 1 балл**

**2. Правильно найдено время, затраченное на первую треть пути – 1 балл**

**3. Правильно найдена средняя скорость на первой трети пути – 1 балл**

**4. Правильно найдено расстояние, пройденное автомобилем за первую треть полного времени движения – 1 балл**

**5. Правильно найдена средняя скорость за первую треть полного времени движения – 1 балл**

**Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

**4.** Год планеты – это время, за которое она совершает полный оборот вокруг своей звезды. Поэтому, если год планеты Горгона составляет  $T_G = T$ , то год планеты Медуза составляет  $T_M = 0,9T$ . Пусть между двумя рассматриваемыми событиями прошло время  $t$ , соответствующее  $k$  годам планеты Горгона:

$$t = kT_G$$

Это значит, что между рассматриваемыми событиями Горгона совершила  $k$  оборотов вокруг звезды Аврора. Но поскольку год планеты Медуза меньше года планеты Горгона, Медуза обгонит Горгону, и должна совершить за это время лишние пол-оборота вокруг звезды. Или, другими словами

$$t = (k + 0,5)0,9T_T$$

Из этих двух формул находим  $k = 4,5$ . Следовательно, первое противостояние планет произойдет через 4,5 планеты Горгона и через 5 лет планеты Медуза:

$$t = 4,5T_T = 5T_M$$

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

- 1. Правильное понимание того, что такое год планеты – 1 балл**
  - 2. Правильная идея решения – до первого противостояния Медуза совершит на пол-оборота больше, чем Горгона - 1 балл**
  - 3. Правильное уравнение для количества оборотов Медузы (или Горгоны) вокруг звезды до первого противостояния - 1 балл**
  - 4. Правильное количество медузианских лет до первого противостояния – 1 балл**
  - 5. Правильное количество горгонианских лет до первого противостояния – 1 балл**
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

5. Вопрос подразумевает, что не только коэффициент жесткости пружин, но и их недеформированная длина – разные (если бы длины нерастянутых пружин совпадали бы, то нерастянутой новой пружине – нулевой подвешенной к ней массе – отвечала бы нерастянутая длина старой пружины, т.е. нулевое показание динамометра). И найти нужно показания динамометра, отвечающие недеформированной длине новой пружины.

Пока пружину динамометра не поменяли, он показывал правильную силу  $F$  при подвешивании груза массой  $m$

$$F = mg = k(l - l_0)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения,  $k$  - коэффициент жесткости правильной пружины,  $l$  - длина этой пружины, соответствующая подвешенному грузу массой  $m$ ,  $l_0$  - недеформированная длина старой пружины. Отсюда можно найти соответствие между длиной старой пружины и правильными показаниями динамометра

$$l = l_0 + \frac{F}{k} \quad (1)$$

Когда груз  $m_1$  подвесили к новой пружине, она растянулась следующим образом

$$m_1g = k_1(l_1 - l'_0)$$

где  $k_1$  - коэффициент жесткости новой пружины,  $l_1$  - растянутая длина новой пружины,  $l'_0$  - недеформированная длина новой пружины. А поскольку в этом положении шкала динамометра, рассчитанная на старую пружину, показывает силу  $F_1$ , то из формулы, связывающей длину пружины и показания динамометра (1), имеем

$$m_1g = k_1 \left( l_0 + \frac{F_1}{k} - l'_0 \right) = k_1 \left( \frac{F_1}{k} - \Delta l \right) \quad (2)$$

где  $\Delta l = l'_0 - l_0$  - разность недеформированных длин новой и старой пружин. Аналогичная формула для груза  $m_2$  дает

$$m_2 g = k_1 \left( \frac{F_2}{k} - \Delta l \right) \quad (3)$$

А поскольку нулевой подвешенной массе отвечает разность длин пружин  $\Delta l$ , то ей отвечает показание динамометра

$$F = k \Delta l$$

Эту величину можно найти из системы уравнений (2)-(3), которую удобно переписать в виде

$$\frac{m_1 g k}{k_1} = F_1 - k \Delta l$$

$$\frac{m_2 g k}{k_1} = F_2 - k \Delta l$$

Деля эти уравнения друг на друга, получим

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{F_1 - k \Delta l}{F_2 - k \Delta l}$$

Отсюда находим показания динамометра с новой пружиной, отвечающие нулевой подвешенной к ней массе/

$$F = k \Delta l = \frac{m_2 F_1 - m_1 F_2}{m_2 - m_1} = 0,5 \text{ Н}$$

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

- 1. Правильная идея решения – установить соответствие между деформированной длиной старой пружины и показаниями динамометра, а затем использовать его для новой пружины – 1 балл**
- 2. Правильное использование закона Гука - 1 балл**
- 3. Правильная система уравнений для связи масс, подвешенных к новой пружине с показаниями динамометра - 1 балл**
- 4. Решение этой системы уравнений – 1 балл**
- 5. Правильный ответ – 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.**