

Решения и критерии оценивания
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2024-2025 учебный год,
Олимпиада памяти И.В.Савельева, физика, 8 класс

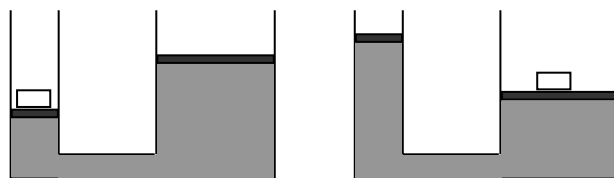
1. На пачках бумаги для офисной техники написана так называемая поверхностная плотность бумаги $\sigma = 80 \text{ г/м}^2$, представляющая собой массу 1 квадратного метра бумаги заданной толщины. Найти толщину этой бумаги, если обычная (в этом контексте объёмная) плотность офисной бумаги составляет $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$.

2. В концентрированную кислоту добавили воду и получили раствор кислоты в воде с плотностью $\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$. Найти массовую концентрацию кислоты в растворе, если плотность концентрированной кислоты вдвое больше плотности воды. Плотность воды $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$. Считать, что объём раствора равен сумме объёмов воды и кислоты.

3. По железнодорожным путям едет длинный товарный поезд. В некоторый момент времени его начала обгонять электричка, движущаяся в том же направлении по параллельным путям со скоростью $v = 70 \text{ км/ч}$. Машинист электрички заметил, что он ехал рядом с товарным поездом в течение времени $\Delta t_1 = 60 \text{ с}$. Электричка доехала до пункта назначения, развернулась и поехала назад, снова встретившись с тем же товарным поездом, но уже двигаясь ему навстречу. Машинист электрички заметил, что теперь он ехал рядом с товарным поездом в течение времени $\Delta t_2 = \Delta t_1 / 6$. Найти скорость и длину товарного поезда. Скорости поездов не менялись.

4. Если электрический чайник с водой комнатной температуры включить в электрическую сеть, вода в нём закипит через время t_1 . Если из чайника вылить кипяток, налить такое же количество воды комнатной температуры, дождаться установления теплового равновесия, а потом включить в электрическую сеть, вода в нём закипит через время $3t_1/4$. Какая температура установилась в чайнике после наливания в него воды комнатной температуры, если комнатная температура $T_0 = 20^\circ \text{C}$. Считать, что теплотери отсутствуют.

5. Два сообщающихся сосуда имеют форму цилиндров с площадью сечений S и $4S$. В сосуды налита жидкость, поверхности которой закрыты невесомыми поршнями. Если некоторый груз



положить на поршень в левом сосуде, то этот поршень опустится на величину Δh (см. левый рисунок). На какую величину по сравнению с первоначальным положением опустится правый поршень, если груз снять с левого поршня и переложить на правый (см. правый рисунок)?

Решения и критерии оценивания решений задач

1. На пачках бумаги приводится так называемая поверхностная плотность бумаги – отношение массы листа к его площади

$$\sigma = \frac{m}{S}$$

Эта величина, имеющая размерность кг/м² представляет собой массу единицы площади (квадратного метра) бумаги. Связь объёмной ρ и поверхностной плотности σ можно установить, найдя, например, массу листа через объёмную и поверхностную плотность. Имеем

$$m = \rho V = \rho d S \quad \text{и также} \quad m = \sigma S$$

где d - толщина листа бумаги, S - его площадь. Отсюда

$$\rho d = \sigma$$

Поскольку объёмная плотность офисной бумаги составляет $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, из последней формулы находим толщину листа бумаги

$$d = \frac{\sigma}{\rho} = 10^{-4} (\text{м}) = 0,1 \text{ мм}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное понимание того, что такое поверхностная плотность - 1 балл

2. Правильное понимание того, что такое объёмная плотность – 2 балл

3. Правильная идея решения – выражение массы листа через поверхностную и объёмную плотность – 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. Массовой концентрацией раствора кислоты в воде называется отношение массы чистой кислоты в растворе к массе всего раствора

$$C = \frac{m}{m + M}$$

где m - масса кислоты, M - масса воды (и, соответственно, $m + M$ - масса всего раствора). С другой стороны, плотность раствора определяется как отношение его массы к его объёму

$$\rho = \frac{m + M}{\frac{m}{2\rho_s} + \frac{M}{\rho_s}} = \frac{(m + M)2\rho_s}{m + 2M}$$

Отсюда находим массу воды в растворе

$$M = \frac{m(2\rho_s - \rho)}{2(\rho - \rho_s)}$$

Используя теперь определение концентрации раствора, получим

$$C = \frac{m}{m + M} = \frac{m}{m + \frac{m(2\rho_s - \rho)}{2(\rho - \rho_s)}} = \frac{2(\rho - \rho_s)}{\rho} = 0,33 = 33\%$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное понимание того, что такое концентрация раствора - 1 балл

2. Правильное понимание того, что такое средняя плотность – 2 балл

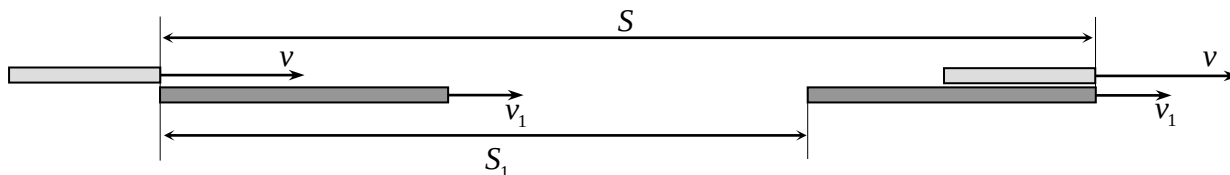
3. Правильное соотношение для средней плотности – 1 балл

4. Правильно найдена масса воды (через массу кислоты) или наоборот – 1 балл

5. Правильный ответ – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Пусть длина товарного поезда l , а его скорость - v_1 . Очевидно, интервал времени Δt - это интервал времени между событиями, изображенными на правом и левом рисунках, на которых электричка показана светло-серым прямоугольником, товарный поезд – темно-серым.



Из этого рисунка очевидно, что разность расстояний, пройденных поездами за время Δt - это длина товарного поезда

$$l = S - S_1 = v\Delta t - v_1\Delta t = (v - v_1)\Delta t_1 \quad (*)$$

Когда электричка будет двигаться навстречу товарному поезду, то для времени, в течение которого машинист электрички будет находится рядом с товарным поездом имеем похожую формулу, но со знаком «плюс»:

$$l = (v + v_1) \frac{\Delta t_1}{6}$$

Приравнивая две этих формулы, получим уравнение

$$v - v_1 = \frac{1}{6}(v + v_1)$$

Отсюда находим скорость товарного поезда

$$v_1 = \frac{5}{7}v = 50 \text{ км/ч,}$$

а из формулы (*) его длину

$$l = (v - v_1)\Delta t_1 = \frac{2}{7}v\Delta t_1 = 333 \text{ м}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное использование формул «расстояние-время-скорость» - 1 балл

2. Правильное соотношение для времени обгона товарного поезда при параллельном движении – 1 балл

3. Правильное соотношение для времени обгона товарного поезда при встречном движении – 1 балл

4. Правильный ответ для скорости товарного поезда (и формула, и число) – 1 балл

5. Правильный ответ для длины товарного поезда (и формула, и число) – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Пусть теплоемкости воды и чайника равны C_1 и C_2 соответственно, мощность нагревателя - P .

Тогда для нагревания воды и чайника в первом случае имеем

$$Pt_1 = (C_1 + C_2)(T_k - T_0)$$

где $T_k = 100^\circ\text{C}$ – температура кипения воды. Поскольку теплотери отсутствуют, то вся внутренняя энергия, которая осталась в системе после выливания воды в ней и дальше останется. А

в ней остался чайник, нагретый до $T_k = 100^\circ \text{C}$. Значит, можно считать, что во втором случае мы грели только воду. Поэтому уравнение теплового баланса для второго нагревания дает

$$P \frac{3}{4} t_1 = C_1 (T_k - T_0)$$

Деля эти формулы друг на друга, получим

$$\frac{4}{3} = \frac{C_1 + C_2}{C_1} = 1 + \frac{C_2}{C_1} \Rightarrow C_1 = 3C_2$$

Теперь можно записать уравнение теплового баланса для наливания в чайник с температурой кипения воды воды с комнатной температурой. Имеем

$$C_1 (T_x - T_0) = C_2 (T_k - T_x)$$

где T_x - искомая температура. Подставляя в это уравнение соотношение теплоемкостей чайника и воды, получим

$$T_x = \frac{1}{4} (3T_0 + T_k) = 40^\circ \text{C}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

- 1. Правильное уравнение теплового баланса для первого нагревания воды с чайником - 1 балл**
 - 2. Правильное уравнение теплового баланса для второго нагревания – 1 балл**
 - 3. Правильно найдено отношение теплоемкостей воды и чайника (если в случае второго нагревания школьник писал уравнение теплового баланса по-другому, но отношение теплоемкостей нашел правильно, и за второй, и за третий пункт ему следует поставить полный балл) – 1 балл**
 - 4. Правильное уравнение теплового баланса для наливания в горячий чайник воды комнатной температуры – 1 балл**
 - 5. Правильная температура воды и чайника – 1 балл**
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

5. Когда мы положим груз на поршень в левом колене сосуда, он опустится вниз, а поршень в правом колене – вверх. Условие равновесия груза на левом поршне имеет вид

$$\frac{mg}{S} = \rho g (\Delta h + \Delta x)$$

где m - масса груза, ρ - плотность жидкости, Δh - величина опускания левого поршня по сравнению с его положением при отсутствии груза, Δx - величина подъёма поршня в правом колене. Поскольку уменьшение объёма жидкости в левом колене равно увеличению объёма жидкости в правом, Δh и Δx связаны очевидным соотношением

$$\Delta h S = \Delta x 4S$$

Подставляя величину Δx из этой формулы в условие равновесия груза, найдем

$$\Delta h = \frac{4m}{5\rho S} \quad (*)$$

Когда мы кладем тот же груз на поршень в правом колене, условие его равновесия имеем похожий вид

$$\frac{mg}{4S} = \rho g(\Delta h_1 + \Delta x_1)$$

где Δh_1 - величина опускания правого поршня по сравнению с его положением при отсутствии груза,

Δx_1 - величина подъёма поршня в левом колене. Связь этих величин даст

$$\Delta h_1 4S = \Delta x_1 S$$

Аналогично находим, на сколько опустился правый поршень (по сравнению с начальным уровнем), если на него положить тот же груз (убрав его с левого поршня)

$$\Delta h_1 = \frac{m}{20\rho S} \quad (**)$$

Сравнивая формулы (*) и (**), находим

$$\Delta h_1 = \frac{\Delta h}{16}$$

Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

- 1. Правильное условие равновесия груза на левом поршне - 1 балл**
- 2. Правильная связь опускания левого и подъёма правого поршня при размещении груза на левом поршне – 1 балл**
- 3. Правильное условие равновесия груза на правом поршне – 1 балл**
- 4. Правильная связь опускания правого и подъёма левого поршня при размещении груза на правом поршне – 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.