

Задания очного отборочного тура
Отраслевой физико-математической олимпиады школьников «Росатом»
Физика, 8 класс, комплект 1
2017 г.

1. В цилиндрический сосуд с площадью дна S наливают две несмешивающихся жидкости – одну массой m плотностью ρ и вторую – массой $m/2$ и плотностью 2ρ . Найти высоту столба жидкости в сосуде и ее давление около дна.

Решение. Так как жидкости не смешиваются, более плотная жидкость окажется снизу, менее плотная – сверху. Толщину слоев жидкости можно найти из следующих очевидных соотношений:

$$h_\rho = \frac{m}{\rho S}, \quad h_{2\rho} = \frac{(m/2)}{2\rho S} = \frac{m}{4\rho S}$$

Отсюда находим высоту столба жидкости в сосуде

$$h = h_\rho + h_{2\rho} = \frac{5m}{4\rho S}$$

и ее давление около дна

$$p = \rho g h_\rho + 2\rho g h_{2\rho} = \frac{3m}{2S}$$

Критерии оценки задачи

1. Используются формула для гидростатического давления – 0,5 балла
 2. Используются правильные формулы для столба каждой жидкости (через плотность и объем) – 0,5 балла
 3. Правильно найдена высота столба жидкости в сосуде (как сумма высот) – 0,5 балла
 4. Правильно найдено давление жидкости около дна сосуда (как сумма давлений) – 0,5 балла
- Максимальная оценка за задачу – 2 балла

2. К концам горизонтально расположенного рычага прикреплены грузы, при этом объем правого груза в $n=1,5$ раза больше, чем левого. Чему равно отношение плотностей левого и правого грузов $\rho_{лев} / \rho_{прав}$, если отношение длин правого и левого плеч рычага $l_{прав} / l_{лев} = k = 2$? Массой рычага пренебречь.

Решение. Условие равновесия рычага дает

$$m_{лев} l_{лев} = m_{прав} l_{прав} \quad \Rightarrow \quad \frac{m_{лев}}{m_{прав}} = \frac{l_{прав}}{l_{лев}} = k$$

Выражая теперь массы грузов через их плотности и объемы, получим

$$\frac{\rho_{лев} V_{лев}}{\rho_{прав} V_{прав}} = k \quad \Rightarrow \quad \frac{\rho_{лев}}{\rho_{прав}} = k \frac{V_{прав}}{V_{лев}} = kn = 3$$

Критерии оценки задачи

1. Правильное условие равновесия рычага – 0,5 балла
2. Правильная связь массы грузов с их плотностью и объемом – 0,5 балла

3. Правильная окончательная формула и вычисления - 1 балл

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

3. В калориметре находится вода с температурой $T = 20^\circ \text{C}$. В калориметр опустили нагреватель, и через время $\Delta t = 10$ мин из калориметра выкипела $1/6$ часть воды. Через какое время выкипит еще такая же масса воды? Удельная теплоемкость воды $c = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·град), удельная теплота парообразования воды $L = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг. Теплоемкостью калориметра пренебречь, считать, что вся энергия, сообщаемая калориметру, тратится только на нагрев воды и ее испарение.

Решение. Интенсивное испарение воды происходит при температуре кипения. Поэтому можно считать, что при сообщении воде тепла она сначала нагревается до температуры кипения, а затем начинает испаряться. Поэтому для времени выкипания шестой части воды условие теплового баланса дает

$$P\Delta t = cm(T_0 - T) + \frac{1}{6}mL \quad (1)$$

где P - мощность нагревателя, $T_0 = 100^\circ \text{C}$ – температура кипения воды. Аналогично для выкипания еще одной шестой части воды (при том, что вода уже имеет температуру кипения) получаем из условия теплового баланса

$$P\Delta t_1 = \frac{1}{6}mL \quad (2)$$

Деля формулу (1) на формулу (2), получим

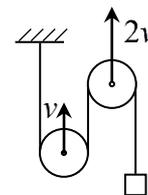
$$\Delta t_1 = \frac{L\Delta t}{6c(T_0 - T) + L} = 6,7 \text{ мин}$$

Критерии оценки задачи

1. Написано уравнение теплового баланса для нагревания воды – 0,5 балла
2. Написано уравнение теплового баланса для выкипания воды – 0,5 балла
3. Получена верная конечная формула – 0,5 балла
4. Получен правильный числовой ответ – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

4. В системе, изображенной на рисунке, левый блок движется вверх со скоростью v , правый - вверх со скоростью $2v$. В каком направлении и с какой скоростью движется груз?



Решение. Очевидно, что груз перемещается потому, что перемещаются блоки. Поэтому для нахождения скорости груза свяжем перемещения блоков с перемещением груза. За некоторый интервал времени Δt левый блок переместится вверх на величину $v\Delta t$, правый – вверх на величину $2v\Delta t$. Тогда длина веревки слева от левого блока уменьшится на $v\Delta t$, между блоками увеличится на $2v\Delta t - v\Delta t = v\Delta t$. Поэтому длина куска веревки справа от правого блока не изменится, но точка право-

го блока, от которой этот кусок начинается, поднимется на величину $2v\Delta t$. Это и будет перемещение груза за время Δt - $\Delta x_{gp} = 2v\Delta t$. Отсюда заключаем, что скорость груза направлена вверх и равна

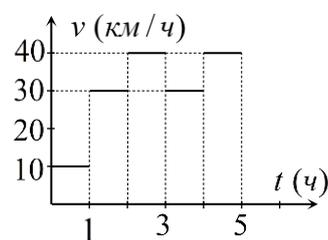
$$v_{gp} = \frac{\Delta x_{gp}}{\Delta t} = 2v$$

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея нахождения скорости груза – нахождение его перемещения за какой-то вспомогательный интервал времени – 0,5 балла
2. Попытка связать перемещение груза с перемещениями блоков – 0,5 балла
3. Правильное определение направления скорости груза – 0,5 балла
4. Правильная формула для скорости груза – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

5. Автомобиль едет из одного города в другой со скоростью, зависимость которой от времени приведена на рисунке. Определить среднюю скорость автомобиля на одной пятой части пути.



Решение. Путь, пройденный автомобилем, находим, применяя формулу «расстояние-время-скорость» к каждому из пяти часов движения авто-

мобиля (или как площадь под графиком скорости) - $S = 150$ км. Одна пятая этого расстояния – 30 километров. Из графика заключаем, что за первый час автомобиль проходит 10 километров, а за второй (двигаясь с постоянной скоростью) – 30 км. Следовательно, 30 километров автомобиль пройдет за 1 первый час и $2/3$ второго часа. Поэтому средняя скорость автомобиля на одной пятой части пути равна

$$v_{cp} = \frac{30}{5/3} = 18 \text{ км/час.}$$

Критерии оценки задачи

1. Использована правильная логика нахождения средней скорости – 0,5 балла
2. Использована правильная логика нахождения путей (по графику) – 0,5 балла
3. Сделаны правильные вычисления – 0,5 балла
4. Получен правильный числовой ответ – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

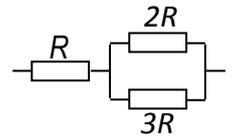
Задания очного отборочного тура
Отраслевой физико-математической олимпиады школьников «Росатом»
Физика, 8 класс, комплект 2
2017 г.

Задания

1. Тело проходит некоторое расстояние за время $t = 10$ с. За какое время тело пройдет в пять раз большее расстояние, если будет двигаться с вдвое меньшей скоростью?

2. $m_1 = 10$ г воды, имеющей температуру $t_1 = 20^\circ\text{C}$, смешивают с $m_2 = 25$ г воды, имеющей температуру $t_2 = 35^\circ\text{C}$. Найти температуру смеси. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

3. В цепи, схема которой представлена на рисунке, найти мощность, выделяемую на сопротивлении R . К цепи приложено напряжение U , величины всех сопротивлений даны на рисунке.



4. В аквариум, в форме прямоугольного параллелепипеда со сторонами $a \times 2a \times 3a$ ($a = 0,5$ м), налили воду, объем которой составляет $8/9$ объема аквариума. Затем в аквариум опустили камни массой $m = 30$ кг. Выльется ли вода из аквариума? Плотность камней $\rho = 2,6$ г/см³, а плотность воды $\rho_0 = 1$ г/см³.

5. На часах 16:00. Через какое время после этого часовая и минутная стрелки часов встретятся во второй раз?

Решения

1. Пусть расстояние, которое проходит тело за $t = 10$ с, равно S . Тогда скорость тела равна

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

Поэтому время, которое тело затратит на прохождения в пять раз большего расстояния при движении с вдвое меньшей скоростью, равно

$$t_1 = \frac{5S}{v/2} = \frac{10S}{v} = 10t = 100 \text{ с}$$

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея решения – из первого условия найти скорость, затем использовать во втором случае – 0,5 балла
2. Правильно найдена скорость – 0,5 балла
3. Правильно применена формула расстояние-время-скорость для второго случая – 0,5 балла
4. Правильные вычисления и правильный ответ – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

2. Пусть температура смеси будет равна t_x . Тогда уравнение теплового баланса для смешивания двух порций воды разной температуры дает

$$cm_1(t_x - t_1) + cm_2(t_x - t_2) = 0$$

где c - удельная теплоемкость воды. Отсюда находим

$$t_x = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} = 30,7^\circ\text{C}$$

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея решения – использовать уравнение теплового баланса – 0,5 балла
2. Используются правильные формулы для отданного или полученного количества теплоты – 0,5 балла
5. Получена правильная окончательная формула – 0,5 балла
4. Правильные вычисления – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

3. Сопротивление параллельно соединенных резисторов равно

$$r = \frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R} = \frac{6R}{5}$$

Поэтому напряжение на резисторе R будет составлять 5/11 от напряжения, приложенного к цепи, на параллельно соединенных резисторах - 6/11 от напряжения цепи. Поэтому мощность, выделяемая на резисторе R , будет равна

$$P = \frac{U_R^2}{R} = \frac{25U^2}{121R}$$

где U_R - напряжение на резисторе R .

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея решения – использовать законы Ома и Джоуля-Ленца – 0,5 балла
2. Правильно найдено сопротивление цепи – 0,5 балла
5. Правильно применен закон Джоуля-Ленца – 0,5 балла
4. Получена правильная окончательная формула – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

4. Поскольку камни тонут в воде, они вытеснят такое количество воды, которое равно их объему. Объем камней найдем из очевидного соотношения

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Вода выльется из аквариума, если объем вытесненной воды больше объема пустой части аквариума. Поэтому условие выливания или невыливания воды из аквариума дает сравнение объема камней и пустой части аквариума

$$\frac{m}{\rho} \sqrt{\frac{1}{9} a \cdot 2a \cdot 3a} = \frac{2}{3} a^3$$

Если неравенство «разворачивается» здесь направо (левая часть больше правой части), вода выльется из аквариума, и не выльется в противном случае. Производя вычисления, получим

$$\frac{m}{\rho} = 0,0115 \text{ (м}^3\text{)} < \frac{2}{3} a^3 = 0,0833 \text{ (м}^3\text{)}$$

Т.е. вода не выльется из аквариума.

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея решения – сравнить объем камней и пустой части аквариума – 0,5 балла
2. Правильно найден объем камней – 0,5 балла
5. Правильно найден объем пустой части аквариума – 0,5 балла
4. Правильные вычисления и правильный вывод (вода не выливается) – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

5. Поскольку минутная стрелка делает полный оборот за 60 минут, а часовая – за 12 часов, угловые скорости минутной и часовой стрелок часов равны

$$\omega_{\text{ч}} = \frac{2\pi}{12 \cdot 60} \text{ (м}^{-1}\text{)} \quad \omega_{\text{м}} = \frac{2\pi}{60} \text{ (м}^{-1}\text{)}$$

Очевидно, к моменту второй «встречи» часовой и минутной стрелок минутная стрелка повернется на угол, больший угла поворота часовой на величину первоначального угла между стрелками плюс угол полного оборота

$$120^\circ + 360^\circ = \frac{8\pi}{3}$$

Поэтому уравнение для времени второй встречи стрелок имеет вид

$$(\omega_{\text{м}} - \omega_{\text{ч}})t = \frac{8\pi}{3}$$

Отсюда с использованием угловых скоростей стрелок, находим

$$t = 87,3 \text{ м}$$

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея решения – использовать законы движения стрелок с известными их угловыми скоростями (причем может быть даже без введения понятия угловой скорости, а через пропорциональные соотношения для полного оборота) – 0,5 балла
2. Правильно понято, что к моменту второй встречи стрелок, часовая повернется на угол, на 480° меньший, чем угол поворота минутной – 0,5 балла
3. Правильно уравнение для времени – 0,5 балла
4. Получена правильная окончательная формула и проведены вычисления – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла