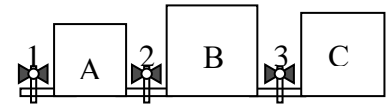


**Решения и критерии оценивания решений задач
Заключительного тура олимпиады «Росатом», 2021-2022 учебный год,
физика, 7 класс**

1. В цилиндрический сосуд налита вода плотности $\rho_в = 1 \text{ г/см}^3$, а поверх нее слой масла с плотностью $\rho_м = 0,8 \text{ г/см}^3$. Когда в сосуд опустили кусок водяного льда, уровень воды поднялся на $\Delta h = 5 \text{ см}$, а уровень масла поднялся на $2\Delta h$, и лед был полностью погружен в жидкость. На сколько изменятся уровни воды и масла, когда лед растает? Плотность льда $\rho_л = 0,9 \text{ г/см}^3$. Вода и масло не перемешиваются.

2. Три сосуда А, В и С соединены двумя трубками с кранами 2 и 3.

Сосуд А сообщается с атмосферой через трубку с краном 1.



Первоначально все краны закрыты, из сосудов откачан воздух. Если открыть кран 1, в сосуде А окажется масса воздуха m . Если теперь закрыть кран 1 и открыть кран 2 в сосуде В окажется масса воздуха $7m/9$. Если теперь открыть кран 3 (не меня положения других кранов), в сосуде С окажется масса воздуха $m/4$. Какая масса воздуха будет в сосуде С, если открыть все три крана? Воздух равномерно заполняет весь доступный ему объем.

3. Самолет вылетел из города А в город В в момент времени $t_1 = 12$ часов, а приземлился в городе В в момент времени $t_2 = 14$ часов местного времени. В момент времени $t_3 = 22$ часа по времени города В он вылетел обратно и прилетел в город А в момент времени $t_4 = 6$ часов утра местного времени. Найти, сколько времени длился перелет при условии, что и туда и обратно самолет летел одинаковое время.

4. Чебурашка и Крокодил Гена, работая в секретной лаборатории, синтезировали новый материал с плотностью $\rho = 200 \text{ кг/м}^3$. В воде тело из этого материала увеличивается в объеме в 2 раза, впитывая в себя объем воды, в 1,9 раза больший первоначального объема тела. Тонут ли тела из этого материала в воде? Плотность воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$. Ответ обосновать.

5. По реке, скорость течения которой равна u , навстречу друг другу плывут два корабля. В некоторый момент времени, когда расстояние между кораблями равнялось S , от корабля, который плыл по течению, отплывает быстроходный катер. Когда катер доплывает до второго корабля, он разворачивается, плывет к первому кораблю, разворачивается и далее курсирует между кораблями. Какой путь проходит катер до момента встречи кораблей? Скорость кораблей в стоячей воде v , скорость катера в стоячей воде w . Корабли и катер считать точечными. Катер разворачивается мгновенно.

Решения

1. Так как плотность масла меньше плотности воды, масло плавает поверх воды. При опускании в сосуд куска льда уровень воды поднялся на Δh , следовательно, объем вытесненной льдом воды - $S\Delta h$. Подъем уровня масла связан с тем, что масло налито поверх воды и поднимается с подъемом уровня воды, а также с вытеснением льдом масла. Если бы лед не был погружен в масло, подъем уровня масла был бы равен подъему уровня воды. Поэтому в нашем случае часть льда находится в масле, часть в воде. Более того, из того факта, что подъем уровня масла вдвое больше подъема уровня воды, очевидно, что половина объема льда находится в воде, половина – в масле.

Пусть объем льда в сосуде V , причем как отмечено выше, половина его находится в воде, половина в масле. Тогда при таянии этого льда образуется объем воды

$$V_г = \frac{\rho_л}{\rho_г} V = 0,9V$$

Эта вода заполнит вытесненный льдом объем ($0,5V$), а оставшиеся $0,4V$ приведут к подъему уровня воды. Так как вытеснение льдом воды объемом $0,5V$ привело к подъему уровня воды на Δh , то добавление объема $0,4V$ приведет к подъему уровня воды на

$$\Delta h_1 = \frac{0,4}{0,5} \Delta h = 4 \text{ см}$$

После того как лед растает масло ничем не будет вытесняться и его уровень должен упасть на $\Delta h = 5$ см. Но уровень воды поднимется на $\Delta h_1 = 4$ см. Это значит, что уровень масла опустится на $\Delta h_2 = 1$ см. Таким образом, уровень воды поднимется на

$$\Delta h_1 = 4 \text{ см,}$$

уровень масла опустится на

$$\Delta h_2 = 1 \text{ см}$$

Критерии оценивания решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. правильное использование определения плотности – 0,5 балла
2. правильная идея решения – нахождение объема воды, получающейся при таянии льда, и сравнение его с объемами вытесненной воды и масла – 0,5 балла
3. правильный вывод о равенстве вытесненных объемов масла и воды – 0,5 балла
4. правильные ответы – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. Пусть объем сосуда А равен V_A . Найдем объемы остальных сосудов. Пусть объем сосуда В равен V_B . Поскольку при открытии только крана 1 в сосуде А была масса воздуха m , то при закрытии крана 1 и открытии крана 2, эта масса воздуха будет находиться в сосудах А и В. А поскольку воздух равномерно заполняет весь доступный ему объем, то в сосуде В будет находиться масса воздуха

$$m_1 = \frac{V_B m}{V_A + V_B}$$

По условию это составляет $7/9$ от m , поэтому

$$\frac{V_B}{V_A + V_B} = \frac{7}{9}$$

Отсюда находим

$$V_B = \frac{7}{2}V_A.$$

Если теперь открыть кран 3, масса воздуха m равномерно распределится по всем трем сосудам.

Поэтому в сосуде С окажется масса воздуха

$$m_2 = \frac{m}{4} = \frac{V_C m}{V_A + V_B + V_C}$$

Отсюда

$$V_C = \frac{3}{2}V_A$$

Поэтому если открыть все три крана, в сосуде С будет находиться такая масса воздуха, которая больше массы m во столько же раз, во сколько объем этого сосуда больше объема сосуда А.

Следовательно, при открытии всех трех кранов в сосуде С будет находиться масса воздуха

$$m_C = \frac{3}{2}m$$

Критерии оценивания решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

- 1. Правильная идея решения – равномерное заполнение газом всего доступного объема - 0,5 балла**
 - 2. Правильное нахождение отношения объемов сосудов А и В – 0,5 балла**
 - 3. Правильное нахождение отношения объемов сосудов С и А – 0,5 балла**
 - 4. Правильный ответ – 0,5 балла**
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

3. Пусть время полета самолета из А в В (и из В в А) равно x , время в городе В на Δt меньше, чем в городе А. Тогда очевидно

$$t_1 + x = t_2 + \Delta t$$

$$t_3 + x = t_4 - \Delta t$$

Складывая эти уравнения, получим

$$x = \frac{1}{2}(t_2 - t_1) + \frac{1}{2}(t_4 - t_3) = 5 \text{ часов}$$

(при подстановке значений, необходимо учесть, что $t_4 = 6$ часов утра составляет 30 часов по той шкале, в которой определено время t_3 , и потому $t_4 - t_3 = 8$ часов).

Вычитая уравнения, можно найти разницу во времени между городами

$$\Delta t = \frac{1}{2}(t_4 - t_3) - \frac{1}{2}(t_2 - t_1) = 3 \text{ часа}$$

Критерии оценивания решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

- 1. Правильная идея решения – использование сдвига по времени между городами А и В - 0,5 балла**
- 2. Правильное уравнение (с учетом сдвига времени) для движения самолета «туда» – 0,5 балла**

3. Правильное уравнение (с учетом сдвига времени) для движения самолета «обратно» – 0,5 балла

4. Правильный ответ – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Найдем плотность тела из исследуемого материала в воде и сравним ее с плотностью воды. Если эта плотность окажется больше плотности воды, тело будет тонуть, если меньше, плавать. Пусть у нас есть тело из исследуемого материала объемом V . Тогда его масса - $m = V\rho$. В воде это тело впитает в себя массу воды $1,9V\rho_0$ и будет иметь массу

$$m_1 = m + 1,9V\rho_0 = V(\rho + 1,9\rho_0)$$

А поскольку в воде объем тела будет равен $V_1 = 2V$, то его плотность в воде будет равна

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1} = \frac{\rho + 1,9\rho_0}{2} = 1050 \text{ кг/м}^3 \quad (**)$$

Поскольку плотность (**), больше плотности воды, тело будет тонуть.

Критерии оценивания решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

1. Правильная идея решения – нахождение плотности материала и сравнение ее с плотностью воды – 0,5 балла

2. Правильное нахождение массы воды, которую впитает тело – 0,5 балла

3. Правильное выражение для плотности тела – 0,5 балла

4. Правильное число для плотности и правильный вывод относительно плавания тела – 0,5 балла

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

5. Рассмотрим движение тел с точки зрения наблюдателя, плывущего на плоту по реке (в системе отсчета, связанной с водой). С точки зрения этого наблюдателя корабли плывут с одинаковой скоростью v , катер в обоих направлениях плывет с одинаковой скоростью w . Поэтому время, в течение которого катер курсирует между кораблями равно времени t встречи кораблей, т.е.

$$t = \frac{S}{2v}$$

Найдем теперь, сколько времени катер от первого корабля ко второму (по течению) t_1 и от второго к первому (против течения) t_2 . С одной стороны

$$t_1 + t_2 = t \quad (1)$$

С другой стороны, поскольку с точки зрения наблюдателя, движущегося с течением, встреча кораблей (и катера) произойдет ровно посередине между их начальными положениями, то в одном направлении катер пройдет на $S/2$ большее расстояние, чем в другом. Поэтому

$$wt_1 - wt_2 = \frac{S}{2}$$

Из этих уравнений находим

$$t_1 = \frac{t}{2} + \frac{S}{4w}, \quad t_2 = \frac{t}{2} - \frac{S}{4w} \quad (2)$$

Чтобы найти путь, пройденный катером относительно берега, вернемся в систему отсчета, связанную с землей. Путь, пройденный катером, равен сумме путей, пройденных по течению и против течения. А поскольку по течению он плывет со скоростью $w+u$, а против – со скоростью $w-u$, имеем для пройденного катером пути L

$$L = (w+u)t_1 + (w-u)t_2$$

Используя теперь формулы (1) и (2), получим

$$L = (w+u)\left(\frac{t}{2} + \frac{S}{4w}\right) + (w-u)\left(\frac{t}{2} - \frac{S}{4w}\right) = wt + \frac{Su}{2w} = \frac{S(w^2 + uv)}{2vw}$$

Критерии оценивания решения задачи (максимальная оценка за решение – 2 балла)

- 1. Правильная идея решения – нахождение времени движения катера, а затем и пройденного им пути – 0,5 балла**
 - 2. Правильное время движения катера «по течению» – 0,5 балла**
 - 3. Правильное время движения катера «против течения» – 0,5 балла**
 - 4. Правильный ответ – 0,5 балла**
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 10 баллов. Допустимыми являются все целые или «полуцелые» оценки от 0 до 10.