Задания очного отборочного тура
Отраслевой физико-математической олимпиады школьников «Росатом»
Физика, 7 класс
2017 г.

1. В сосуд, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда с основанием с размерами $2a\times 3a$, налита вода. На поверхности воды лежит поршень, притертый к стенкам сосуда. В поршне сделано квадратное отверстие с размерами $a\times a$, в которое вставлена трубка. Поршень двигают вниз со скоростью $v=1$ м/с. С какой скоростью поднимается уровень воды в трубке?

Решение. Пусть в некоторый момент времени поршень занимает положение, показанное на рисунке. Пусть, далее, прошел интервал времени Δt. Тогда поршень опустится на величину $v\Delta t$, а вода, находившаяся под поршнем, должна будет перейти в трубку. Поэтому уровень воды в трубке повысится на такую величину Δx, что объем воды, вытесненной поршнем, будет равен объему воды, перешедшей в трубку

$$v\Delta t\left(S-S_1\right)=\Delta x S_1$$

где $S=6a^2$ - площадь сечения сосуда, $S_1=a^2$ - площадь сечения трубки. Отсюда находим скорость поднятия уровня воды в трубке

$$v_1=\frac{\Delta x}{\Delta t}=5v=5 \text{ см/с}$$

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея нахождения скорости – нахождение перемещения уровня воды за какой-то вспомогательный интервал времени – 0,5 балла
2. Попытка сравнить объем вытесненной поршнем воды и воды в трубке, но с неправильным результатом – 0,5 балла
3. Правильное нахождение объемов вытесненной поршнем воды и воды в трубке – 0,5 балла
4. Правильные вычисления – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

2. Когда из сосуда объемом $V=0{,}5$ л вылили воду, в сосуде осталось $v=0{,}6$ мл воды в виде капелек на стенках. Затем сосуд герметично закрыли и нагрели так, что вся вода испарилась. Найти плотность получившегося газа, если первоначальная плотность воздуха в сосуде равна $\rho=1{,}17$ кг/м^3, а плотность воды $\rho_0=1$ г/см^3.

Решение. Масса влажного воздуха в сосуде равна

$$m=\rho V+\rho_0 v$$

Отсюда находим плотность воздуха в сосуде

$$\rho_1=\frac{m}{V}=\rho+\frac{\rho_0 v}{V}=2{,}37 \text{ г/см}^3$$

Критерии оценки задачи

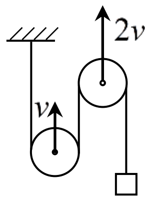
1. Правильная идея нахождения плотности – нахождение массы влажного воздуха – 0,5 балла

2. Правильная формула для массы водяного пара – 0,5 балла

3. Правильные формулы для массы влажного воздуха – 0,5 балла

4. Правильные вычисления – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла



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

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

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

4. Из тонкой проволоки сделана сетка с прямоугольными ячейками с размерами a и $2a$. На сетку падает широкий пучок маленьких шариков. Какая часть пучка пролетит через сетку, если радиус каждого шарика $a/4$? Считать, что пролетают сетку только те шарики, которые ее не касаются.

Решение. Поскольку шарики не являются точечными, пролететь сетку смогут только те из них, центры которых находятся на расстоянии, большем, чем радиус шарика от проволоки. Поэтому каждую ячейку сетки площадью $S_1 = 2a \cdot a = 2a^2$ пролетят только те шарики, центры которых попали в прямоугольник с размерами $a - a/4 = \dfrac{3a}{4}$ и $2a - a/4 = \dfrac{7a}{4}$, т.е. площадью $S_2 = \dfrac{3a}{4} \cdot \dfrac{7a}{4} = \dfrac{21a^2}{16}$. А поскольку шарики распределены по ячейке равномерно (их центры могут попасть на любую точку ячейки), то доля пролетевших шариков равна отношению площади той части ячейки, попадая в которую шарики пролетят сетку, к площади ячейки

$$\frac{N_{пролет}}{N_{полн}} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{21a^2}{16} : 2a^2 = \frac{21}{32}$$

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея нахождения доли пролетевших шариков – отношение площадей сечения, попадая в которые шарики или не пролетят, или пролетят – 0,5 балла

2. Правильное нахождение площади «пролетания» – 0,5 балла

3. Правильное нахождение площади «непролетания» – 0,5 балла

4. Правильные вычисления – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла

5. По кольцевому треку едут два велосипедиста. Длина трека равна $l = 360$ м. велосипедисты движутся с постоянными скоростями $v_1 = 18$ м/с и $v_2 = 12$ м/с. В некоторый момент времени велосипедисты оказались в одной точке трека. Через какое минимальное время велосипедисты снова окажутся в этой же точке трека?

Решение. Чтобы велосипедисты встретились в той же точке они оба должны за одно и то же время проехать расстояния, кратные длине трека:

$$v_1 t = nl$$
$$v_2 t = kl$$

где n и k - целые числа. Деля эти уравнения друг на друга, получим

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n}{k}$$

Подставляя сюда значения скоростей, найдем

$$\frac{n}{k} = \frac{3}{2}$$

Это уравнение имеет множество решений в целых числах. Но минимальному времени встречи велосипедистов отвечают минимальные целые решения: $n = 3,\ k = 2$. Теперь можно найти и время встречи

$$t = \frac{nl}{v_1} = \frac{3l}{v_1} = 60 \text{ с}$$

Критерии оценки задачи

1. Правильные формулы для времени, содержащие целые числа оборотов – 0,5 балла

2. Попытка решения этих уравнений в целых числах – 0,5 балла

3. Правильное нахождение числа оборотов первого и второго велосипедиста – 0,5 балла

4. Правильное вычисление времени – 0,5 балла

Максимальная оценка за задачу – 2 балла