

**Первый этап Всесибирской Открытой Олимпиады Школьников
по физике**

13 ноября 2022 г.

**Возможные решения и критерии оценки, 8 класс
(максимум 10 баллов за задачу)**

1. Школьник поставил на одну чашу равноплечих весов сосуд, доверху наполненный жидкостью, и уравновесил весы, поставив на другую чашу гирю. Затем он аккуратно положил в сосуд небольшой камень, который утонул. Вылившуюся при этом жидкость школьник собрал в легкий стаканчик и поставил стаканчик на чашу с гирей. Весы снова оказались в равновесии. Какова плотность камня, если плотность жидкости равна 0.9 кг/литр? Массой стаканчика пренебречь.

Решение: Введем обозначения: M и V – масса и объем камня, соответственно, ρ_K – плотность камня, ρ_J – плотность жидкости.

По условию задачи, камень утонул, т.е. вытеснил объем жидкости, равный объему камня V , и эта жидкость вся вытекла в стаканчик (+2 балла).

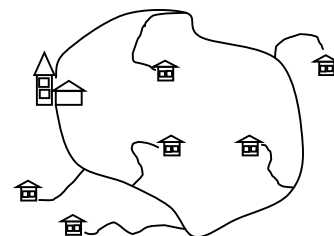
Поэтому масса сосуда с жидкостью и камнем увеличилась на $M - \rho_J V = (\rho_K - \rho_J) \cdot V$ (+3 балла).

Поскольку весы остались в равновесии, то это увеличение массы на одной чаше равно увеличению массы на другой, т.е. массе стаканчика с вылившейся жидкостью:

$$(\rho_K - \rho_J) \cdot V = \rho_J \cdot V \quad (+2 \text{ балла})$$

Отсюда получаем, что $\rho_K = 2\rho_J = 1.8 \text{ кг/литр} = 1800 \text{ кг/м}^3$ (+3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

2. В некотором царстве было 100 деревень, и царские указы передавались во все деревни специальным отрядом из 100 гонцов. Отряд выезжал из столицы с новым указом и ехал по кольцевой дороге по всему царству. Когда отряд проезжал мимо съезда на дорогу в какую-нибудь деревню, туда сворачивал один гонец, который доезжал до деревни, где быстро передавал указ. Затем гонец возвращался на кольцевую дорогу и продолжал движение вслед за отрядом. Длина пути от кольцевой дороги до разных деревень была разной – самый короткий равнялся 6 лье, а самый длинный – 23 лье. Сколько времени пройдет между появлением в столице первого и последнего гонцов после выполнения задания, если они всегда двигаются со скоростью 4 лье/час?



Решение: Каждый гонец проезжал расстояние, равное длине всей кольцевой дороги и удвоенной длине пути от кольцевой дороги до соответствующей деревни (+3 балла).

Из условия следует, что длины путей гонцов, заезжавших в самую ближнюю и самую удаленную от кольцевой деревни, различаются на $2 \cdot 17 = 34$ лье (+4 балла). Эту разницу гонцы преодолевают за $34/4 = 8.5$ час, что и будет являться искомой разницей во временах прибытия гонцов в столицу после выполнения задания (+3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

3. Человек плавает на плоту из одинаковых бревен, погруженных на 80% своего объема. Одно бревно отсоединилось от плота и, чтобы его не потерять, человек положил это бревно сверху на плот. После этого остальные бревна погрузились уже на 88% своего объема. Сколько всего было бревен?

Решение: Введем обозначения: N – искомое количество бревен, M – масса человека, m – масса одного бревна, V_B – полный объем одного бревна, ρ_B – плотность бревна, $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, $\alpha_1 = 0.8$ и $\alpha_2 = 0.88$ – доли объема бревен, погруженных в жидкость до и после отсоединения одного бревна.

Условие равновесия плота с человеком в начальной ситуации имеет вид:

$$Mg + Nmg = \alpha_1 \cdot \rho_{ж} N V_B \quad (+2 \text{ балла})$$

После отсоединения одного бревна и помещения его сверху на плот условие равновесия имеет вид

$$Mg + Nmg = \alpha_2 \cdot \rho_{ж} (N-1) V_B \quad (+2 \text{ балла})$$

Отсюда следует, что

$$\alpha_1 \cdot \rho_{ж} N V_B = \alpha_2 \cdot \rho_{ж} (N-1) V_B \quad (+1 \text{ балл})$$

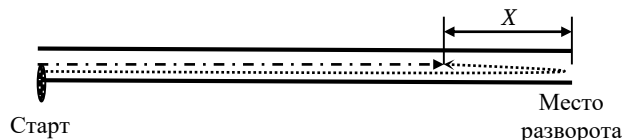
Условие равенства выталкивающих сил может быть обосновано и иным по форме образом. При корректном объяснении за получение соответствующего уравнения ставится всего 5 баллов.

Преобразуя, получаем уравнение

$$N = \alpha_2 / (\alpha_2 - \alpha_1) \quad (+2 \text{ балла})$$

Подставляя численные значения, получаем $N = 11$ (+3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

4. По условиям соревнования моторных лодок надо проплыть вниз по течению реки $L = 24$ км, а затем развернуться и приплыть на место старта. В одном из стартов участвовали две одинаковые лодки. Однако одна из них задержалась на старте из-за поломки и начала движение только тогда, когда другая лодка уже разворачивалась. Встретились лодки на расстоянии $X = 6$ км от места разворота. Сколько километров оставалось проплыть отстающей лодке до финиша в тот момент, когда первая финишировала? Скорость течения реки считать везде одинаковой.



Решение: Введем обозначения V – скорость лодки относительно воды, U – скорость течения реки относительно берега, Y – искомое расстояние второй лодки до финиша.

Запишем условие того, что лодки встретились на расстоянии X от места разворота лодок, считая, что старт второй лодки произошел одновременно с началом движения первой лодки против течения (т.е. лодки двигались на этих отрезках пути одно и то же время):

$$\frac{X}{V - U} = \frac{L - X}{V + U} \quad (+2 \text{ балла})$$

Отсюда следует, что $2VX = L(V - U)$, т.е. при $X = L/4$ получаем $U = V/2$ (+2 балла).

Запишем условие того, что первая лодка проплыла расстояние $L - X$ против течения за то же время, как вторая проплыла X по течению и $L - Y$ против течения реки:

$$\frac{L - X}{V - U} = \frac{X}{V + U} + \frac{L - Y}{V - U} \quad (+2 \text{ балла})$$

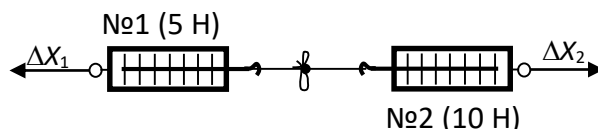
Преобразуя это уравнение для времён движения лодок, можно получить, что

$$Y = L \frac{V-U}{V+U} = \frac{L}{3} \quad (+2 \text{ балла за аналитическое выражение для ответа})$$

Подставляя численное значение L , получаем $Y = 8 \text{ км}$ (+2 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ). Явное выписывание аналитической формы ответа при корректном решении не является обязательным.

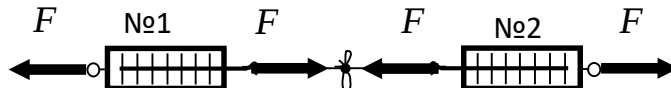
Существует и более короткое решение без явного вычисления скорости течения реки, основанное на том, что искомое расстояние не изменится после разворота второй лодки. А к этому моменту первая лодка проплывет еще расстояние $X \cdot X / (L - X)$, поскольку скорости лодок постоянны.

5. У школьника есть два динамометра, №1 и №2, с длинами шкалы по $L = 20 \text{ см}$. Динамометры рассчитаны на максимальную нагрузку $P_1 = 5 \text{ Н}$ и $P_2 = 10 \text{ Н}$, соответственно.



Подвижные части динамометров соединены нерастяжимой ниткой, как показано на рисунке. В исходной ситуации динамометры расположены так, что динамометр №1 показывает нагрузку величиной $F_1 = 1 \text{ Н}$. Затем школьник сначала сместил динамометр №1 влево на $\Delta X_1 = 8 \text{ см}$, а потом сместил динамометр №2 вправо на $\Delta X_2 = 4 \text{ см}$. Каким после всех этих смещений стало показание динамометра №1? Считать, что пружины подчиняются закону Гука.

Решение: Поскольку один из концов каждой из пружин жестко скреплен с соответствующим динамометром, то величина смещения динамометра однозначно связана с деформациями пружин. Эта связь определяется тем, что нить не меняет свою длину, и что силы, действующие на каждую из связанных пружин, одинаковы (+2 балла).



Изменение длины пружины динамометра прямо пропорционально величине сил, приложенных к пружине с разных сторон (+1 балл).

Из условия задачи следует, что в исходной ситуации пружина левого динамометра растянута на величину $L \cdot F_1 / P_1 = 4 \text{ см}$ (+1 балл).

При этом пружина второго динамометра растянута на величину $L \cdot F_1 / P_2 = 2 \text{ см}$ (+1 балл).

Такое же соотношение деформаций пружин, 2:1, сохраняется (+1 балл) до тех пор, пока сила натяжения нити не превышает предельную величину 5Н, определяемую свойствами динамометра №1.

Смещения динамометров, описанные в условии, эквивалентны смещению только левого динамометра влево на $\Delta X_1 + \Delta X_2 = 12 \text{ см}$, поэтому в конечном итоге сумма растяжений обеих пружин составляет величину $12 + 4 + 2 = 18 \text{ см}$ (+1 балл). При этом деформация пружины динамометра №1 составляет 12 см (+1 балл), а у динамометра №2 – 6 см.

Из закона Гука следует, что окончательное показание динамометра №1 втрое больше, чем вначале, т.е. 3 Н (+2 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

Задача не считается решенной, если приводится только ответ!

Желаем успеха!