

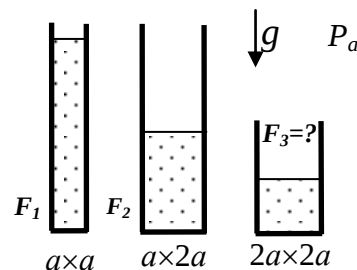
Первый (очный) этап
Всесибирской Открытой Олимпиады Школьников по физике
8 ноября 2020 г.
Задачи 8 класса
Возможные решения (максимум 10 баллов за задачу)

1. Исследовательский катер идет к маленькому острову со скоростью $V_1=6$ км/ч. На его борту есть беспилотный летательный аппарат, который запрограммирован так, чтобы лететь вперед по курсу катера со скоростью $V_2=36$ км/ч и через $T=10$ минут полета поворачивать обратно. На каком максимальном расстоянии от острова может находиться катер в тот момент, когда беспилотник достигнет острова?

Решение: Обозначим X искомое максимальное расстояние между катером и местом прибытия. Оно будет иметь место, когда через 10 минут полета беспилотник как раз достигнет требуемого места прибытия (+2 балла за формулировку критерия). Т.е. беспилотник должен быть выпущен на расстоянии $V_2 \cdot T=6$ км (+2 балла). За время полета катер успеет проплыть $V_1 \cdot T=1$ км (+2 балла). Следовательно, искомое максимальное расстояние $X=(V_2 - V_1) \cdot T$ (+1 балл).

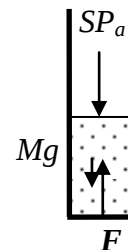
Т.е. $X=5$ км (+3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ). Заметим, что корректные соображения, приводящие к ответу, могут быть изложены и более сжато и без явного выписывания соотношений, приведенных в данном варианте решения.

2. У школьника был прибор для измерения давления в жидкости и 3 прямоугольных сосуда с сечениями $a \times a$, $a \times 2a$ и $2a \times 2a$. Школьник налил во все сосуды одинаковое количество воды, измерил давление у дна каждого из сосудов и рассчитал силы, которые действовали на дно сосуда со стороны воды. В самом узком сосуде такая сила составила F_1 , а в среднем - F_2 ($F_2 \neq F_1$). Выразите через эти значения величину силы давления воды на дно самого широкого сосуда.



Решение: Обозначим искомую силу как F_3 .

Из условия равновесия жидкости в любом из сосудов следует, что сумма силы тяжести, действующей на жидкость (Mg), и силы давления атмосферы, действующей на поверхность жидкости ($P_a \cdot S$, см. поясняющий рисунок справа), равна силе F , действующей на жидкость со стороны дна сосуда. В свою очередь, последняя и равна силе давления жидкости на дно сосуда (не путать с давлением в жидкости вблизи дна!).



(+3 балла за все правильно указанные и корректно использованные силы, определяющие равновесие в системе).

Поскольку количество жидкости во всех сосудах одно и то же, то и вес жидкости будет одним и тем же. Следовательно, разница сил давления жидкости на дно в разных сосудах возникает из-за увеличения вклада силы атмосферного давления из-за увеличения площади поверхности жидкости.

В виде уравнений условия равновесия жидкости в первых двух сосудах имеют вид

$$P_a \cdot a^2 + Mg = F_1 \quad (+1 \text{ балл}).$$

$$P_a \cdot 2a^2 + Mg = F_2 \quad (+1 \text{ балл}), \text{ здесь учтено, что открытая площадь поверхности жидкости в среднем сосуде равна } 2a^2).$$

Таким образом, через значения F_2 и F_1 можно выразить все остальные силы:

$$P_a \cdot a^2 = F_2 - F_1$$

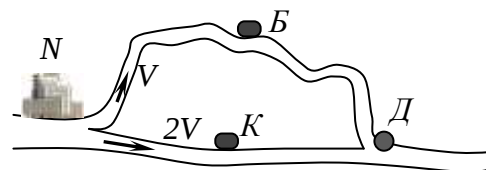
$$Mg = 2F_1 - F_2$$

$$\text{В случае самого широкого сосуда } F_3 = P_a \cdot 4a^2 + Mg \quad (+2 \text{ балла}), \text{ т.е.}$$

$$F_3 = 4(F_2 - F_1) + (2F_1 - F_2) = 3F_2 - 2F_1$$

(+3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

3. Река протекает через город N и сразу после него разделяется на рукава, как показано на рисунке. Один рукав короче другого и там скорость течения воды в 2 раза больше (см. рисунок). Ниже по течению на реке находятся деревни B , D и K . Почту в эти деревни развозят по реке на моторной лодке, у которой скорость относительно воды в 5 раз больше, чем скорость воды в длинном рукаве. Оказалось, что всё время, затрачиваемое на развозку почты во все эти 3 деревни, не зависит от того, в какой последовательности плывет лодка - БДК или КДБ. Чему равна длина длинного рукава, если длина короткого рукава равна $L=7$ км? Считать, что город N и деревня D находятся в местах соединения рукавов, длительностью стоянок и шириной реки пренебречь.



Решение: Введем обозначения: X - искомая длина длинного рукава реки, V - скорость течения воды в длинном рукаве, т.е. в другом рукаве скорость течения относительно берега равна $2V$, а скорость лодки относительно воды равна $5V$.

Поскольку временем остановки лодки в деревнях можно пренебречь, то при движении по направлению БДК будет затрачено времени (без учета времени стоянок)

$$T_{БДК} = X/(V+5V) + L/(5V-2V) = X/(6V) + L/(3V) \quad (+2 \text{ балла}).$$

При движении в другую сторону:

$$T_{КДБ} = X/(5V-V) + L/(5V+2V) = X/(4V) + L/(7V) \quad (+2 \text{ балла}).$$

Поскольку эти времена равны по условию задачи, получаем уравнение

$$X/(4V) - X/(6V) = L/(3V) - L/(7V) \quad (+2 \text{ балла за это или аналогичное уравнение, которое после преобразований позволяет получить ответ}).$$

Отсюда получаем

$$X = 48L/21, \quad (+1 \text{ балл за ответ в аналитическом виде}).$$

т.е. $X = 16$ км (+3 балла за явно сформулированный и корректно полученный ответ).

4. В некотором 3D-принтере при изготовлении деталей расплавляется пластмассовая проволока (одна или больше), которая подается в область нагрева с постоянной скоростью. Для повышения прочности детали понадобилось смешать две разные пластмассы - А и Б - так, чтобы доля А составляла 30% от массы детали. Проволока из пластмассы А имеет площадь сечения $S_A = 2 \text{ мм}^2$ и плотность $\rho_A = 2 \text{ г/см}^3$. У пластмассы Б эти характеристики равны $S_B = 3 \text{ мм}^2$ и $\rho_B = 1.4 \text{ г/см}^3$. Каково должно быть соотношение скоростей подачи проволок А и Б в область нагрева для обеспечения нужного массового соотношения?

Решение: Введем обозначения: V_A и V_B - скорости подачи проволок из пластмассы А и Б, соответственно. Т.е. искомой величиной является отношение V_A/V_B .

Пусть время изготовления детали равно T (для решения можно взять и другой, меньший промежуток времени).

Тогда масса поданной в область плавления проволоки А составит $M_A = V_A \cdot T \cdot S_A \cdot \rho_A$ (+2 балла), а для Б эта масса будет равна $M_B = V_B \cdot T \cdot S_B \cdot \rho_B$ (+2 балла). По условию, требуемое соотношение масс должно быть равно $M_A/M_B = 3/7$ (доля Б - 70%), т.е.

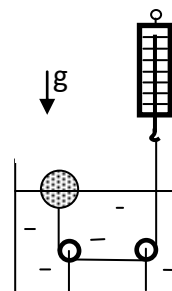
$$(V_A \cdot T \cdot S_A \cdot \rho_A) / (V_B \cdot T \cdot S_B \cdot \rho_B) = 3/7 \quad (+2 \text{ балла за это или эквивалентное уравнение}).$$

Выражая отсюда искомое соотношение, получаем

$$V_A/V_B = (3 \cdot S_B \cdot \rho_B) / (7 \cdot S_A \cdot \rho_A) = 9/20 = 0.45$$

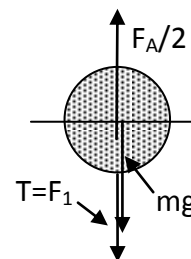
(+1 балл за аналитическое выражение и +3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

5. Школьник изучал плавание легкого однородного шара, и у него была установка, показанная на рисунке справа. К шару была прикреплена тонкая нить, которая через систему блоков крепилась к динамометру. Школьник, смещая динамометр, увеличивал степень погружения шара. Показания динамометра в момент погружения шара наполовину составляли $F_1 = 1.5$ Н, а после полного погружения - $F_2 = 4.0$ Н. Чему равна плотность шара, если плотность жидкости в опытах школьника была равна $\rho_{ж} = 1$ г/см³? Считать, что нить невесомая, трением можно пренебречь, а ускорение свободного падения составляет 10 Н/кг.



Решение: Введем обозначения величин, которые пригодятся для подробной записи уравнений: V - объем шара, F_A - выталкивающая сила, действующая на полностью погруженный шар, $\rho_{ш}$ - искомая средняя плотность шара.

На рисунке справа показаны силы, приложенные к шару в момент его погружения наполовину. Поскольку натяжение невесомой нити одинаково вдоль ее длины, то натяжение нити T равно силе, с которой нить действует на динамометр, т.е. $T = F_1$ (+1 балл).



Из условия равновесия шара в этот момент следует, что

$$mg + F_1 = F_A/2 \quad (+1 \text{ балл за это или аналогичное уравнение}).$$

Для момента полного погружения аналогичное условие равновесия выражается уравнением

$$mg + F_2 = F_A \quad (+1 \text{ балл за это или аналогичное уравнение}).$$

Таким образом, можно получить, что $mg = F_2 - 2F_1$ (+1 балл), а $F_A = 2F_2 - 2F_1$ (+1 балл).

Поскольку $mg = \rho_{ш} \cdot gV$ (+1 балл), а $F_A = \rho_{ж} \cdot gV$ (+1 балл),

$$\rho_{ш} = \rho_{ж} \cdot (F_2 - 2F_1) / (2F_2 - 2F_1) = \rho_{ж} / 5 = 0.2 \text{ г/см}^3 = 200 \text{ кг/м}^3$$

(+1 балл за аналитическое выражение и +2 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

Задача не считается решенной, если приводится только ответ!

Желаем успеха!