I этап (очный) Всесибирской олимпиады по физике
Задачи 8 класс. (12 ноября 2017 г.)
Возможные решения (максимум 10 баллов за задачу)

1. На тренировке в ДЮСШ тренер стартует одновременно со школьником, находясь на 100 м позади него. При этом, независимо от того, в какую сторону на самом деле бежит тренер, он догоняет или встречает школьника на круговой дорожке через одно и то же время. Чему равна длина беговой дорожки, если скорость тренера всегда постоянна и втрое больше, чем у школьника?

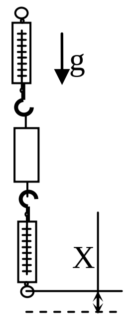
Решение: обозначим искомую длину дорожки L, начальное расстояние между школьником и тренером X=100 м, скорость школьника (неизвестную) V. Тогда скорость тренера равна 3V. Если тренер бежит сразу за школьником, то он приближается к нему со скоростью 2V (+1 балл), а если бежит в другую сторону, то они сближаются со скоростью 4V (+1 балл).

Тогда время движения до встречи (выравнивания положений тренера и школьника) в первом случае составит X/2V (+2 балла), время движения до встречи во втором случае составит (L-X)/4V (+2 балла). По условию, эти промежутки времени равны, т.е.

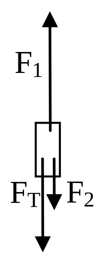
$$(L-X)/4V = X/2V$$

(+2 балла за составление уравнения, если скорости и времена были вычислены отдельно). Сокращая на V и решая уравнение, получаем L=3X=300 м (+ 2 балла).

2. У школьника есть два динамометра, каждый из которых имеет шкалу длиной 1 дм и рассчитан на 20 Н. Школьник подвесил груз между динамометрами, расположил их вертикально и стал растягивать в разные стороны. В некоторый момент показания верхнего динамометра равнялись F_1=7 Н, а нижнего - F_2=2 Н. Что будут показывать динамометры, если нижний динамометр медленно опустить еще на X=2 см?



Решение: В рассматриваемой ситуации на груз действует несколько сил. Одна, со стороны верхнего динамометра, F_1, направлена вверх. Еще две, сила тяжести, F_T, и сила со стороны нижнего динамометра, F_2, направлены вниз. К силе F_T, действующей на груз, могут быть отнесены (добавлены) и силы тяжести подвесов, пружин и т.п. Главное, что они не изменяются при последующих движениях динамометров. Поскольку груз неподвижен, то



$$F_1 = F_T + F_2 \quad (+2 \text{ балла}).$$

Это условие выполняется всегда, когда груз находится в равновесии (+1 балл).

В частности, отсюда следует, что разность F_1-F_2=5 Н должна оставаться постоянной (+1 балл) и при смещении нижнего динамометра на X=2 см вниз. Обозначим смещение груза при таком движении как X_1. Этому же будет равно увеличение деформации пружины верхнего динамометра. Дополнительное растяжение пружины нижнего динамометра в этих обозначениях будет равно $X-X_1$ (+1 балл).

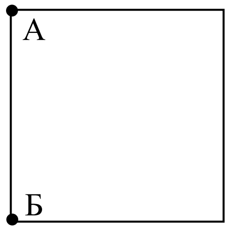
Значит, дополнительное увеличение показания (*пропорциональное дополнительному* растяжению) верхнего динамометра составит $10\cdot X_1/20$ Н (+1 балл), а для нижнего оно будет равно $10\cdot(X-X_1)/20$ Н (+1 балл).

Эти изменения должны быть равны, поскольку разность F_1-F_2 постоянна. Т.е. $X-X_1 = X_1$ и $X_1=X/2=1$ см (+1 балл).

Таким образом, верхний динамометр будет в конечном итоге показывать 9 Н (+1 балл), а нижний 4 Н (+1 балл).

Если формально правильный ответ был получен без обоснования того, что дополнительные деформации пружин динамометров должны быть одинаковыми, то ставится 3 балла.

3. Города А и Б расположены в соседних вершинах квадрата с длиной стороны L=120 км (см. рис.) Между городами есть две разные дороги. Одна идет по прямой из А в Б, а вторая проходит по трем другим сторонам того же квадрата. Каждый день по короткой дороге ездят автобусы из А в Б и из Б в А. Они выезжают одновременно и едут навстречу друг другу. Однажды в месте обычной встречи автобусов упало большое дерево, и водители, доехав до препятствия, решил развернуться и ехать длинной дорогой. На каком расстоянии от А упало дерево, если автобусы в тот день встретились в правом нижнем углу квадрата (как на рисунке)? Считать, что скорости автобусов остаются постоянными по величине.



Решение: Обозначим искомое расстояние между А и местом падения дерева как X. Это будет расстояние, который автобус из А проехал за то же самое время, которое автобус из Б проехал расстояние L-X (+1 балл, размером дерева по сравнению с L можно пренебречь).

Значит, отношение скоростей автобусов (А/Б) составляет X/(L-X) (+ 1 балл). Потом автобус из А проезжает до правого нижнего угла квадрата, т.е. до момента встречи, расстояние X+2L (+ 1 балл), а автобус из Б проедет 2L-X (+1 балл).

Отношение этих расстояний опять равно отношению скоростей (+1 балл), т.е. имеем уравнение

$$\frac{X}{L-X}=\frac{X+2L}{2L-X} \text{ (+ 3 балла).}$$

Решая его получаем $X=\frac{2}{3}L$, т.е. X=80 км (+ 2 балла).

4. У мальчика было два набора кубиков, по N_1=48 и N_2=80 штук. Кубики во втором наборе имеют те же размеры, что и в первом, но вдвое большую массу. Мальчик собрал из всех этих кубиков два больших сплошных куба и рассчитал их средние плотности. Значения этих плотностей относились как 7 к 9. Сколько кубиков из второго набора было в составном кубе с меньшей средней плотностью?

Решение: Легко убедиться в том, что два больших однородных куба из имеющихся кубиков можно составить только, если они будут состоять из 4х4х4=64 кубиков каждый, т. е. быть одинаковыми по размеру (+1 балл).

Так как размеры всех кубиков, а значит и больших кубов, одинаковы, то отношение плотностей кубов равно отношению их масс. В частности, это означает, что в более плотном кубе больше тяжелых кубиков (+1 балл).

Если в состав менее плотного куба входит N штук кубиков из второго (тяжелого) набора, то N>15, и при этом в более тяжелый и плотный составной куб входит N-16 штук кубиков из первого набора (+1 балл).

Масса более легкого составного куба будет равна (48-(N-16))·m+N·2m, где m – масса кубика из первого набора (+1 балл).

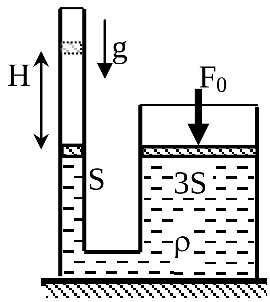
Масса второго куба в таком случае равна (80-N)·2m+(N-16)·m (+1 балл). Соответствующее уравнение имеет вид

$$\frac{(48-(N-16))\cdot m+N\cdot 2m}{(80-N)\cdot 2m+(N-16)\cdot m}=\frac{7}{9}$$

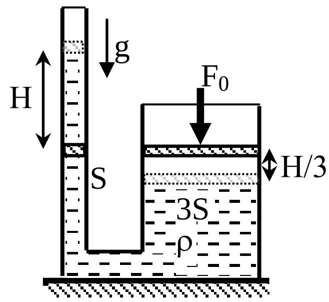
(+ 2 дополнительных балла за составление уравнения)

Решая, получим, что N=27 (+ 3 балла).

5. Имеется два сообщающихся вертикальных сосуда, которые имеют площади сечения S и 3S (см. рис.). В сосуды плотно вставлены поршни, под которыми находится несжимаемая жидкость с плотностью ρ без пузырей. Когда поршни находятся на одном уровне, то, чтобы чуть-чуть сдвинуть большой поршень вниз, надо приложить к нему внешнюю силу, чуть-чуть бóльшую, чем F_0. До какой величины надо медленно увеличивать эту силу, чтобы левый поршень поднялся вверх на H? Считать, что силы трения между движущимися поршнями и стенками сосудов постоянны.



Решение: На поясняющем рисунке показаны новые положения обоих поршней, после того, как левый поршень переместился на H. Из ситуации очевидно, что опускающийся поршень должен вытолкнуть часть жидкости в левый сосуд. Объем этой, перешедшей из сосуда в сосуд жидкости равен H·S (+1 балл). Заметим, что поршни всегда неподвижны или двигаются одновременно из-за несжимаемости жидкости. Поэтому, когда левый поршень окажется на высоте H, то правый поршень опустится на H/3 (+ 2 балла).



Согласно условию, при одинаковых уровнях жидкости силы трения, действующие на поршни, таковы, что для смещения поршней требуется приложить внешнюю силу, как минимум, равную F_0. Сами по себе значения сил трения, действующих на тот или иной поршень, не важны, так же как и не важно, имеют ли поршни массу или нет. Главное, что эти параметры будут оставаться такими же при любых положениях поршней.

Из условия медленного перемещения левого поршня вверх следует, что давление *под* поршнем всегда одно и то же (+1 балл).

Значит, давление в жидкости под правым поршнем при движении постоянно возрастает и увеличивается в конечном итоге на $\rho g\cdot(H + H/3)=(4/3)\cdot\rho gH$ (+2 балла).

Поэтому для того, чтобы подвинуть правый поршень к его конечному положению, к поршню придется приложить силу, которая будет больше первоначального значения F_0 на $(4/3)\cdot\rho gH\cdot 3S=4\cdot\rho gHS$ (+2 балла).

Таким образом, для требуемого перемещения левого поршня вверх на H величину внешней силы, приложенной к правому поршню, надо увеличивать до $F_0+4\cdot\rho gHS$ (+2 балла).

Если при решении фактически используется случай, когда сила трения приложена только к одному из поршней, без указаний на общий характер решения, за правильное решение ставится 9 баллов.

Задача не считается решенной, если приводится только ответ!

Желаем успеха!