Заключительный этап Всесибирской олимпиады, 2015-2016

Физика, 8 класс

Возможные решения с баллами. Максимальный балл за задачу – 10.

1) Лодочник плавает между двумя деревнями, находящимися на разных берегах реки. Скорость течения воды относительно берега на этой реке везде равна V, кроме самой середины, где течение очень бурное. Лодочник старается пересечь середину побыстрее, но его всегда при этом сносит на расстояние L вниз по течению. Каковы минимальные затраты времени T_0 лодочника на всю поездку «туда и обратно», если на поездку вниз по течению он тратит на T часов меньше, чем на обратную дорогу? Скорость лодки относительно воды равна 3V, расстояние между деревнями много больше ширины реки.

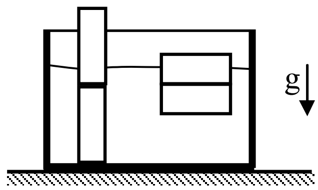
Решение. Согласно условию, временем на пересечение самой реки по сравнению с временем всей поездки можно пренебречь. Если обозначить расстояние между деревнями вдоль реки S, то время движения вниз по течению будет равно (S-L)/(V+3V) (+2 балла). Здесь учтено, что при пересечении середины лодку быстро снесет на расстояние L по направлению к пункту назначения и что скорость лодки относительно берега равна V+3V=4V. При обратном движении лодочнику придется проплыть лишнее расстояние L вверх по течению (+1 балл). Поэтому время движения составит (S+L)/(3V-V) (+2 балла).

По условию задачи $T=\frac{S+L}{2V}-\frac{S-L}{4V}=\frac{S}{4V}+\frac{3L}{4V}$ (за уравнение, выражающее такую связь, +1 балл). Искомой величиной является полное время поездки $T_0=\frac{S+L}{2V}+\frac{S-L}{4V}=\frac{3S}{4V}+\frac{L}{4V}$ (за уравнение, выражающее такую связь, +1 балл).

Так как $\frac{S}{4V}=T-\frac{3L}{4V}$, то T_0= 3T-2L/V (+3 балла).

Если приводится решение, в котором, фактически, положено L=0, то ставится всего 3 балла.

2) Школьник исследует два внешне одинаковых прямоугольных бруска. Когда он положил их друг на друга и опустил в сосуд с водой, то они плавали так, что из воды выступала половина верхнего бруска (см. рис.). Потом он поставил бруски друг на друга вертикально в тот же сосуд. При этом верхний брусок торчал из воды на 80 % своей высоты, а нижний брусок давил на дно сосуда с силой, равной 75% собственного веса более легкого бруска.



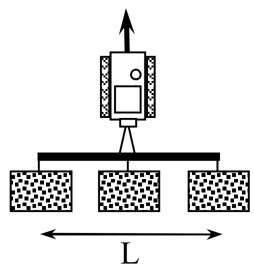
Найти средние плотности материалов, из которых сделаны бруски, если плотность воды равна ρ=1000 кг/м^3.

Решение. Обозначим объем одного бруска V, их плотности - ρ_1 и $\rho_2>\rho_1$ (для определенности). В том случае, когда бруски плавают, верно соотношение $\rho g(V+V/2)=(\rho_2+\rho_1)gV$ (+3 балла).

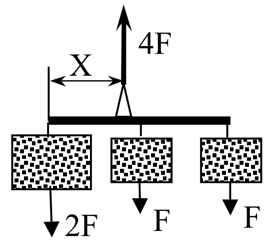
Когда одни стоят один на одном, касаясь дна, т.е. когда кроме сил тяжести и давления воды на бруски действует и сила реакции опоры ($3\cdot\rho_1 gV/4$) со стороны сосуда, то верно уравнение $\rho g(V+V/5)+3\cdot\rho_1 gV/4=(\rho_2+\rho_1)gV$ (+3 балла).

Решая уравнения получаем, что $\rho_1=\rho\cdot 4/10=400$ кг/м^3 (+2 балла), $\rho_2=1.1\rho=1100$кг/м^3 (+2 балла).

3) Трактор тянет по полю сцепку из 3 одинаковых борон, находящихся на равных расстояниях друг от друга (см. рис., вид сверху). Расстояние между точками крепления крайних борон равно L=8 м. Левая борона сломалась, и в мастерской ее заменили другой, более тяжелой бороной. В поле выяснилось, что сила трения, действующая на новую борону, вдвое больше, чем сила трения, действующая на старую борону. Поэтому, чтобы всю сцепку поменьше перекашивало во время движения, тракторист решил сместить место крепления трактора к сцепке в сторону. В какую сторону и насколько метров ему надо сместить место крепления?

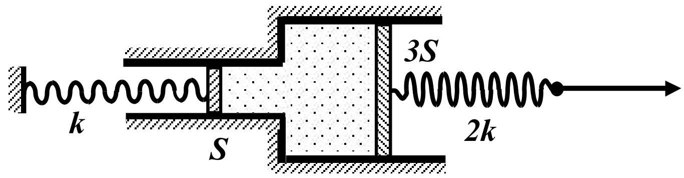


Решение. Сцепку с боронами будет меньше перекашивать, если сумма моментов сил трения относительно места крепления к трактору, будет как можно меньше, в идеале – нулевой (+2 балла).
Конкретный расчет нового положения места крепления может быть разным. Один из вариантов – такой, как показано ниже.
На рисунке показаны силы, действующие на сцепку с боронами: 3 силы трения (F – сила трения, действующая на старую борону) и сила, действующая со стороны трактора. Так как на новую борону действует вдвое большая сила трения, то сила, действующая со стороны трактора на сцепку, увеличится до 4F.

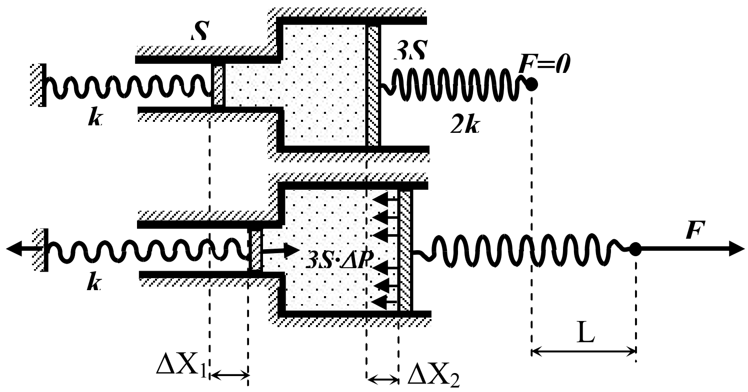


Обозначим за X расстояние от нового места крепления до края, где прикреплена новая борона. Приняв за точку отсчета этот край, запишем условие равновесия для сцепки $4F\cdot X=F\cdot L/2+F\cdot L$ (+5 баллов за правильно составленное уравнение, выражающее условие на моменты сил). Таким образом, $X=3\cdot L/8< L/2$, то есть место крепления надо сместить к новой бороне (+1) на расстояние $(L/2-3\cdot L/8)= L/8=1$ м (+2 балла).

4) В начальном положении система закрепленных труб сечения S и 3S, а также вставленных в них поршней и пружин, которые прикреплены к поршням (см. рисунок), покоится. Между поршнями находится несжимаемая жидкость. Левый конец пружины с жесткостью *k* неподвижно закреплен. К правому, свободному концу пружины жесткости 2*k* прикладывают внешнюю силу и медленно сдвигают этот конец пружины на расстояние L. Насколько при этом растянется другая пружина? Считать, что жидкость под поршни не подтекает, трения нет, а внешнее давление достаточно большое. Влиянием силы тяжести пренебречь.

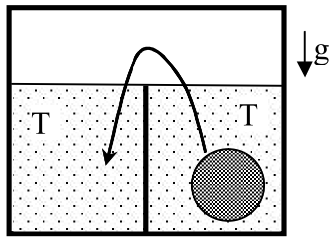


Решение. Изобразим новые положения поршней и концов пружин. Обозначим: искомое изменение длины левой пружины ΔX_1 (этому же равно смещение левого поршня) смещение правого поршня ΔX_2 (этому же равно смещение левого конца правой пружины), силу, приложенную к свободному концу правой пружины F.



По закону Гука $F=2k(L-\Delta X_2)$ (+1 балл). Правый поршень находится в равновесии, поэтому сила, действующая на поршень со стороны пружины, равна равнодействующей сил давления жидкости (изнутри) и внешней среды на поршень (схематично показана короткими стрелками на рисунке). Т.е. $F=3S\cdot\Delta P=2k(L-\Delta X_2)$, где ΔP – перепад давлений по разные стороны поршня (+2 балла). Таким образом, на левый поршень со стороны внешней среды и жидкости действует сила $F_1=S\cdot\Delta P$ (+1 балл). Левая пружина при этому должна растянуться на такую величину, чтобы поршень был в равновесии, т.е. $F_l=S\cdot\Delta P=k\Delta X_1$ (+ 1 балл). Смещения поршней связаны между собой вследствие неизменности объема жидкости: $S\cdot\Delta X_1 =3S\Delta X_2$ (+ 2 балла). Решая систему уравнений, получаем, что $\Delta X_1=6L/11$ (+ 3 балла).

5) В прямоугольный сосуд ровно посередине вставили вертикальную перегородку, которая доходит до дна сосуда, но ниже его по высоте (см. рисунок). Слева от перегородки, до ее верхнего края, в сосуд налита жидкость с температурой T_1=20 ^oC. Справа от перегородки находятся небольшое тело и жидкость, налитая также до верха перегородки. Эти тело и жидкость имеют температуру T_2=40 ^oC. Тело вынимают из правой и быстро опускают в левую часть сосуда. Через некоторое время в левой части установилась температура T_3=25 ^oC, а в правой - T_4=36 ^oC. Найти отношение удельных теплоемкостей тела и жидкости, если плотность тела вдвое больше плотности жидкости. Теплообменом с окружающей средой и стенками сосуда, а также теплопроводностью перегородки и зависимостью плотностей от температуры пренебречь.



Решение. Введем обозначения: объем и удельная теплоемкость тела - V_T и C_T; весь объем, плотность и удельная теплоемкость жидкости - V, ρ и C, соответственно. Искомой величиной является отношение C_T/C. Заметим, что в выбранных обозначениях объем жидкости, находившейся в левой части (слева от перегородки), равен $(V+V_T)/2$, а в правой – меньше на V_T, т.е. $(V-V_T)/2$ (можно выбрать и более удобные обозначения).

После переноса тела из-за вытеснения жидкости она начнет переливаться в правую часть, а объем всей перетекшей жидкости равен V_T (+1 балл).

Рассмотрим процесс теплообмена в правой части, в который переливается жидкость. При достаточно быстром переносе тела теплообменом между телом и жидкостью до того, как вся лишняя жидкость перетекла в другую часть, можно пренебречь, т.е. температура втекающей жидкости равна T_1. Значит, уравнение теплового баланса для жидкости в правой части имеет вид:

$$\rho \cdot V_T \cdot C \cdot T_1 + \rho \cdot \frac{V - V_T}{2} \cdot C \cdot T_2 = \rho \cdot \frac{V + V_T}{2} \cdot C \cdot T_4 \qquad \text{(+2 балла)}$$

Отсюда находим отношение объемов тела и всей жидкости: $\frac{V_T}{V} = \frac{T_2 - T_4}{T_2 + T_4 - 2T_1} = \frac{1}{9}$ (+1 балл)

Уравнение теплового баланса для жидкости, оставшейся в левой части, и перенесенного туда тела имеет вид:

$$2\rho \cdot V_T \cdot C_T \cdot T_2 + \rho \cdot \frac{V - V_T}{2} \cdot C \cdot T_1 = (2\rho \cdot V_T \cdot C_T + \rho \cdot \frac{V - V_T}{2} \cdot C) \cdot T_3 \qquad \text{(+ 3 балла)}$$

Здесь учтено, что плотность тела вдвое выше плотности жидкости.

Таким образом, искомое отношение удельных теплоемкостей удовлетворяет уравнению

$$\frac{C_T}{C} = \frac{(V - V_T) \cdot (T_3 - T_1)}{4V_T \cdot (T_2 - T_3)} = \frac{2 \cdot (T_3 - T_1)}{(T_2 - T_3)} = \frac{2}{3} \qquad \text{(+3 балла)}$$

Критерии определения победителей и призеров
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
(2015-2016 уч. год)

Согласно Положению победители и призеры олимпиады были определены по результатам Заключительного этапа Олимпиады. Общее количество победителей и призеров составило 198 человек из 813 участников данного этапа, что составляет 24,35 %. Количество победителей составило 62 человек, что составляет 7,75 %.

Основываясь на **общем рейтинге** участников и учитывая **наличие заметных разрывов** в баллах, набранных группами участников в верхней части рейтинга, жюри Олимпиады разработало следующие критерии определения победителей и призеров:
(Максимальное возможное количество баллов – 50 баллов в 11-8 классах и 40 баллов в 7 классе.)

11 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 84% от максимального количества баллов, т.е. от 42 до 50 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 70 % от максимального количества баллов, т.е. от 35 до 41 баллов
3 степени – не менее 60 % от максимального количества баллов, т.е. от 29 до 34 баллов

10 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 74% от максимального количества баллов, т.е. от 37 до 50 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 68% от максимального количества баллов, т.е. от 34 до 36баллов
3 степени – не менее 64 % от максимального количества баллов, т.е. от 32 до 33 баллов

9 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 86% от максимального количества баллов, т.е. от 43 до 50 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 70 % от максимального количества баллов, т.е. от 35 до 42 баллов
3 степени – не менее 66 % от максимального количества баллов, т.е. от 33 до 34 баллов

8 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 84% от максимального количества баллов, т.е. от 42 до 50 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 72 % от максимального количества баллов, т.е. от 36 до 41 баллов
3 степени – не менее 66 % от максимального количества баллов, т.е. от 33 до 35 баллов

7 класс:

победители:
участники, набравшие не менее 65% от максимального количества баллов, т.е. от 25 до 40 баллов;
призеры:
2 степени – не менее 52,5 % от максимального количества баллов, т.е. от 21 до 24 баллов
3 степени – не менее 40 % от максимального количества баллов, т.е. от 15 до 20 баллов

Сопредседатель жюри по физике Н.И.Яворский