Первый этап Всесибирской Открытой Олимпиады Школьников
по физике 12 ноября 2023 г.
Решения и критерии оценки
8 класс

1) Деревни А и Б находятся на берегах длинной реки. На моторной лодке можно добраться до Б за T_1=4 часа и за T_2=2 часа приплыть обратно.Каково расстояние между А и Б вдоль реки, если известно, что скорость течения реки равна U=3 км/ч?

Возможное решение

Обозначимскорость лодки относительно воды V, искомое расстояние между деревнями вдоль реки L.

По условию задачи $T_1>T_2$, т.е. Б выше по течению(+1 балл), и верны следующие соотношения

$L = T_1(V - U)$ (+1 балл)

Для обратного движения верно

$L = T_2(V + U)$ (+1 балл)

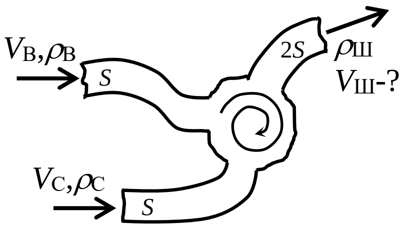
т.е. $V = \frac{T_1 + T_2}{T_1 - T_2} U = 3U$ (+3 балла)

теперь можно использовать любое из первых двух уравнений для вычисления L

$L = T_1(V - U) = 2 T_1 U = 24$ км

(+4 балла за явно сформулированный и корректно полученный правильный ответ).

2) На заводе изготавливают шпаклевку, для чего в смесительный бак под давлением подают по одной трубе воду, а под другой – специальную суспензию. У каждой из этих труб площадь сечения S=50 см^2.Плотность и скорость воды в трубе равны$\rho_В$=1000 кг/м^3 и $V_В$=1 м/с, соответственно. Плотность и скорость движения суспензии равны$\rho_С$=1400 кг/м^3 и $V_С$=0.6 м/с. Из смесительного бака готовая шпаклевка выходит по трубе сечения 2S. Чему равна скорость $V_Ш$ движения шпаклевки в трубе, если ее плотность равна $\rho_Ш$=1150 кг/м^3? Считать, что пустот и пузырей в трубах не образуется.



Возможное решение

Поскольку объем всех труб и смесительного бака считаются постоянными, а пустот внутри этого объема не возникает, то это означает, что масса всех веществ внутри с течением времени не меняется – сколько веществ по массе за какое-то время вошло, столько за это время и вышло. (+2 балла)

Рассмотрим, сколько веществ по массе вошло в бак за время T. Для воды это будет масса $M_В=\rho_В S V_В T$, так как произведение SV_BT будет равно объему воды, прошедшего через трубу за время T. (+1 балл)

Для суспензии $M_С=\rho_С S V_С T$. (+1 балл)

За это же время из бака выйдет $M_Ш=\rho_Ш 2S V_Ш T$. (+1 балл)

Из условия $M_В+ M_С= M_Ш$ следует, что

$\rho_B V_B+\rho_С V_С=2\rho_Ш V_Ш$. (+2 балла)

$V_Ш = \frac{\rho_B V_B + \rho_C V_C}{2\rho_Ш} = 0.8$ м/с (+3 балла за явно сформулированный и корректно полученный правильный ответ).

3) Белка развлекается, роняя с вершины сосны шишку и бегая за ней вниз. Если белка бежит со скоростью 1 м/с, то она добирается до шишки через 10 секунд, после того, как шишка упала на землю. А если скорость белки составляет 2 м/с, то такая задержка составляет 4 секунды. Чему равна средняя скорость движения шишки при падении, если считать, что онао ветки не стукается, приземляется около ствола и от места падения не откатывается?

Возможное решение

Обозначим время падения шишки на землю T_0, высоту дерева H, искомую среднюю скорость $V_{ср}$.

Время падения всегда одинаково (+1 балл).

Тогда для в случае движения белки с меньшей скоростью выполняется условие

$H = V_1(T_0 + T_1)$ (+1 балл)

а для второго случая будет справедливо уравнение

$H = V_2(T_0 + T_2)$ (+1 балл)

Из этих двух уравнений можно найти, что $T_0 = \dfrac{V_1T_1 - V_2T_2}{V_2 - V_1} = 2сек$ (+1 балл) и

$H = \dfrac{V_1V_2(T_1 - T_2)}{V_2 - V_1} = 12м$ (+1 балл)

Используя определение средней скорости $V_{ср}=H/T_0$, получаем выражение для искомой скорости через данные условия

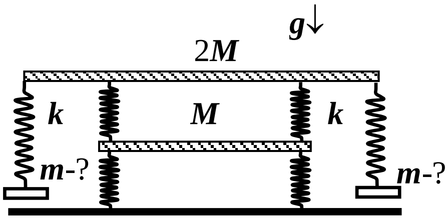
$$V_{ср} = \frac{H}{T_0} = \frac{V_1V_2(T_1 - T_2)}{V_1T_1 - V_2T_2}$$ (+2 балла)

Численное значение $V_{ср}$= 6 м/с (+3 балла)

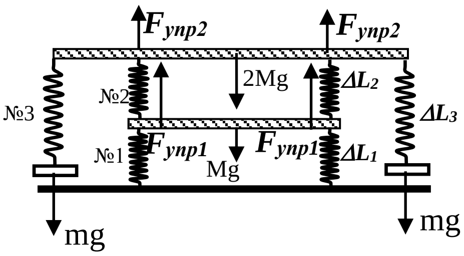
(+3 балла за явно сформулированный и корректно полученный правильный ответ).

При корректном решении получение аналитических выражений или численных значений для T_0 и H необязательно. Например, можно сразу искать отношение средних скоростей, как отношение времен движения.

4) Школьник соорудил на столе конструкцию (см. рисунок) из 6 одинаковых пружин, каждая из которых имеет жесткость $\boldsymbol{k}$ и собственную длину$\boldsymbol{L}$, а также двух тонких жестких стержней с массами$\boldsymbol{M}$ (снизу) и 2$\boldsymbol{M}$ (сверху). Какие*массы*$\boldsymbol{m}$ имеют два одинаковых груза, прикрепленных к свободным концам крайних пружин, если в равновесии эти грузы находятся на очень малом расстоянии от поверхности стола?Собственной высотой грузов и стержней, а также массой пружин пренебречь. Пружины подчиняются закону Гука, а смещения тел возможны только в вертикальной плоскости.



Возможное решение



Введем номера пружин попарно от 1 до 3 и соответствующиеобозначения: деформации пружин ΔL_1, ΔL_2иΔL_3, как показано на рисунке для правой группы пружин. Величины сил упругости, действующих на соответствующие пружины - $F_{упр1}$, $F_{упр2}$ и$F_{упр3}$ (на поясняющем рисунке показаны только некоторые из сил, действующих со стороны пружинна прикрепленное тело, для пружин №1 стрелки смещены в сторону от точки приложения).

Здесь учтено. что пружины, стержни и грузы размещены симметрично, то есть стержни будут оставаться параллельными поверхности стола, а деформации симметрично расположенных пружин будут одинаковы (+1 балл)

Для выполнения условия задачи о пренебрежимо малом расстоянии между грузом и поверхностью стола следует, что

$L=\Delta L_1+\Delta L_2+\Delta L_3$ (+1 балл)

Найдем сначала деформации пружин №1. Сила упругости двух таких пружин обеспечивает равновесие в поле тяжести системытел, составленной из двух стержней общей массой 3M и двух грузов общей массой 2m:

$2k\Delta L_1=3Mg+2mg$ (+2 балла)

Аналогично, для пружин №2, которые «удерживают» верхний стержень и два груза:

$2k\Delta L_2=2Mg+2mg$ (+2 балла)

Растяжение каждой из пружин №3 определяется силой упругости, равной весу неподвижного груза mg:

$k\Delta L_3=mg$ (+1 балл)

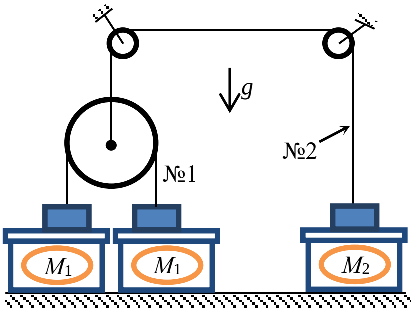
Таким образом, из первого уравнения (умноженного на 2k) следует, что

$2kL=3Mg+2mg+2Mg+2mg+2mg=5Mg+6mg$ (+1 балл)

Отсюда сразу получается ответ

$m=\dfrac{2kL-5Mg}{6g}$ (+2 балла за явно сформулированный и корректно полученный правильный ответ).

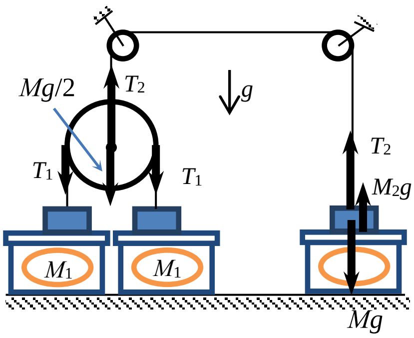
5) Имеется трое весов, на которые положили три одинаковых тела (см. рисунок). Тела, которые лежат на левых и центральных весах, связаны нитью №1, переброшенной через большой блок. Эти весы при этом показывают значение M_1. Нить №2 связывает ось этого блока и третье тело, которое лежит на правых весах, как показано на рисунке. Правые весы показывают M_2. Каковы станут показания *всех* весов, если нить №1порвется и установится новое равновесие? Известно, что большой блок весит в два раза *меньше*, чем одно тело. Влиянием трения в блоках пренебречь, нити невесомы.



Возможное решение

Обозначим собственную массу тела M, натяжение нити №1 в начальной ситуации как T_1, а нити №2 – T_2.

Показания весов определяются *силой*, которая приложена к весам со стороны тела. Однако обычные весы изготавливаются так, чтобы показывать единицы *массы*, т.е. их показания равны массе m неподвижного тела, которое без всяких дополнительных сил в поле тяжести Земли взаимодействует с весами с силой mg.



Таким образом, собственная масса каждого из тел связана с показаниями соответствующих весов следующим образом (направления сил, действующих на правое тело и большой блок, показаны на рисунке):

$Mg=M_1g+T_1$ (весы слева и посередине, +1 балл)

$Mg=M_2g+T_2$ (весы справа, +1 балл)

Равновесие большого блока определяется уравнением:

$Mg/2= T_2 - 2T_1$(+2 балла)

Здесь учтено, что натяжение неподвижной невесомой нити в отсутствие трения везде одинаково.

Из этих трех уравнений можно выразитьнатяжения нитей и массу тел через заданные величины M_1и M_2 , а также ускорение свободного падения g:

$$T_1=\frac{(M_1-2M_2)g}{3}\ ;\ \ T_2=\frac{(4M_1-5M_2)g}{3}$$

$M=\frac{2}{3}(2M_1-M_2)$ (+2 балла за нахождение собственной массы тел)

Если разрезать нить №1, то показания левых и средних весов будут равны полученному выше значению M, т.е. $\frac{2}{3}(2M_1-M_2)$ (+2 балла <u>за явно</u> сформулированный и корректно полученный правильный ответ для этих весов), а правых весов: $\frac{M}{2}=\frac{(2M_1-M_2)}{3}$

(+1 балл за явно сформулированный и корректно полученный правильный ответ). Еще один возможный вариант имеет место, если нить №1 исходно не натянута, т.е. $M_1=M_2/2$. В этом случае показания весов не изменятся (+1 балл).

Явное вычисление натяжений нити не является необходимым для полного решения задачи.