Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике. 2018-19 учебный год. 8 класс. Максимальный балл – 40.

Задача №1

Петя бросал камни в старицу (старое русло реки со стоячей водой) стоя у самой кромки воды. Поверхностные волны от камня, брошенного в воду на расстояние $L = 10$ м перпендикулярно к берегу, приходили на берег через $t_1 = 10$ с. Затем он перешел на берег реки и стал наблюдать за течением воды и заметил, что мусор за $t_2 = 4$ с проплывает по течению расстояние $S = 2$ м. Когда простое созерцание ему наскучило, он снова стал бросать камни в воду перпендикулярно берегу на то же расстояние $L = 10$ м.

1) Найдите скорость распространения поверхностных волн в стоячей воде.

2) Найдите скорость течения реки.

3) Через какой промежуток времени после падения камня в реку волна придет в точку, находящуюся на расстоянии 10 м вниз по течению реки от места падения камня?

4) Через какой промежуток времени после падения камня в реку волна придет в точку, находящуюся на расстоянии 10 м вверх по течению реки от места падения камня?

5) Через какой промежуток времени после падения камня в реку волна придет в точку бросания, находящуюся на берегу у самой воды?

Автор: Баланов Василий Юрьевич

Возможное решение

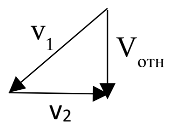
1) Найдем скорость волн в стоячей воде. $v_1 = \frac{L}{t_1} = \frac{10}{10} = 1$ м/с.

2) $v_2 = \frac{S}{t_2} = \frac{2}{4} = 0{,}5$ м/с, где v_2 – это скорость движения мусора и эта скорость равна скорости течения реки.

3) Из-за течения реки волны распространяются в указанном направлении со скоростью $v_1 + v_2$ относительно берега и время прохождения расстояния вниз по течению $t_3 = \frac{L}{v_1 + v_2} \approx 6{,}7$ с

4) Против течения реки волны распространяются в указанном направлении со скоростью $v_1 - v_2$ относительно берега и время прохождения расстояния вверх по течению $t_4 = \frac{L}{v_1 - v_2} = 20$ с

5) При движении волн к берегу необходимо учитывать, что в этом случае относительная скорость должна быть направлена перпендикулярно к берегу. Получится прямоугольный треугольник скоростей. По теореме Пифагора получим $v_{отн} = \sqrt{v_1^2 - v_2^2}$. **Т**огда время прохождения волны к берегу $t_5 = \frac{L}{\sqrt{v_1^2 - v_2^2}} \approx 11{,}55$ с



Критерии оценивания

1.	Найдена скорость волн в стоячей воде $v_1 = \frac{L}{t_1} = 1$ м/с	1 балл
2.	Найдена скорость течения $v_2 = \frac{S}{t_2} = 0{,}5$ м/с	1 балл
3.	Выражена относительная скорость волн «по течению» $v_1 + v_2$	1 балл
4.	Найдено время движения волн «по течению» $t_3 = \frac{L}{v_1 + v_2} \approx 6{,}7$ с	1 балл
5.	Выражена относительная скорость волн «против течения» $v_1 - v_2$	1 балл
6.	Найдено время движения волн «против течения» $t_4 = \frac{L}{v_1 - v_2} = 20$ с	1 балл
7.	Правильно составлен треугольник скоростей для 5 вопроса	2 балла
8.	Выражена относительная скорость $v_{отн} = \sqrt{v_1^2 - v_2^2}$	1 балл

9.	Найдено время движения волны к точке бросания $t_5 = \frac{L}{\sqrt{\upsilon_1^2 - \upsilon_2^2}} \approx\ 11{,}55$ с	1 балл

Задача №2

В старину использовался следующий способ нагрева воды: в бочку с холодной водой опускали камни, предварительно нагрев их в печи. Объём нагреваемой воды составляет $V = 100$ л. Начальная температура воды была $t_0 = 10\ ^0$С. После того, как в бочку опустили первый камень, нагретый в печи, температура воды поднялась до $t_1 = 34\ ^0$С. Затем, не вынимая первого камня, в бочку опускают точно такой же камень, взятый из той же печи. После этого температура воды в бочке поднялась до $t_2 = 55\ ^0$С.

1. Определите по этим данным, до какой температуры $t_к$ были нагреты камни в печи.
2. Определите массу камня, если известно, что удельная теплоёмкость материала камня в 3 раза больше чем удельная теплоёмкость воды.
3. Какое количество камней нужно положить в бочку, взятую при начальных условиях, чтобы нагреть воду в ней до максимальной температуры, но при этом не дать ей закипеть?
4. Определите величину этой максимальной температуры.

Считайте, что вода из бочки не выливалась, теплоёмкость самой бочки можно не учитывать, а плотность воды считать равной 1000 кг/м^3. Тепловыми потерями можно пренебречь.

Автор: Порошин Олег Владимирович

Возможное решение

Для ответа на первый вопрос запишем уравнение теплового баланса для первого камня: $c_в m_в(t_1 - t_0) + c_к m_к(t_1 - t_к) = 0$ из которого получаем: $c_в m_в(t_1 - t_0) = c_к m_к(t_к - t_1)$ (1)

Записываем уравнение теплового баланса для второго камня, учитывая и нагрев первого камня, который остался в бочке: $c_в m_в(t_2 - t_1) + c_к m_к(t_2 - t_1) + c_к m_к(t_2 - t_к) = 0$ из него получаем следующее выражение: $c_в m_в(t_2 - t_1) = c_к m_к(t_1 + t_к - 2t_2)$ (2)

Теперь разделим (1) на (2) и сократив массы и удельные теплоёмкости получим: $\frac{(t_1 - t_0)}{(t_2 - t_1)} = \frac{(t_к - t_1)}{(t_1 + t_к - 2t_2)}$ отсюда выражаем температуру камня: $t_к = \frac{(t_1 - t_0)(t_1 - 2t_2) + t_1(t_2 - t_1)}{t_2 + t_0 - 2t_1} = 370\ ^0\text{C}$

Для ответа на второй вопрос из уравнения теплового баланса для первого камня выразим массу камня: $m_к = \frac{c_в m_в(t_1 - t_0)}{c_к(t_к - t_1)} = \frac{\rho V(t_1 - t_0)}{3(t_к - t_1)} \cong 2{,}38$ кг

Чтобы ответить на третий вопрос запишем уравнение теплового баланса для случая, при котором вода нагрелась до 100 ^{0}С, а в неё положили N камней:

$c_в m_в(100 - t_0) + N c_к m_к(100 - t_к) = 0$ Отсюда получаем выражение для количества камней:

$N = \frac{c_в m_в(100 - t_0)}{c_к m_к(t_к - 100)} = 4{,}67$ Но, так как количество камней не может быть дробным, а нагревать воду выше 100 ^{0}С нельзя, то ответ будет: 4 камня.

Чтобы ответить на четвёртый вопрос запишем уравнение теплового баланса для случая, когда в воду положили четыре камня: $c_в m_в(t - t_0) + 4c_к m_к(t - t_к) = 0$. Где t – искомая температура.

Отсюда получаем выражение с учётом соотношения удельных теплоёмкостей:

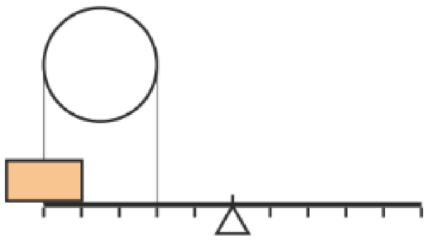
$t = \frac{\rho V t_0 + 12 m_к t_к}{\rho V + 12 m_к} \cong 90\ ^0\text{C}$

Критерии оценивания

1.	УТБ для одного камня $c_в m_в(t_1 - t_0) + c_к m_к(t_1 - t_к) = 0$	1 балл
2.	УТБ для двух камней $c_в m_в(t_2 - t_1) = c_к m_к(t_1 + t_к - 2t_2)$	1 балл

3.	Определена температура камня $t_к = \frac{(t_1-t_0)(t_1-2t_2)+t_1(t_2-t_1)}{t_2+t_0-2t_1} = 370\ ^0C$ (формула + значение)	1+1 балла
4.	Определена масса камня $m_к = \frac{c_в m_в(t_1-t_0)}{c_к(t_к-t_1)} = \frac{\rho V(t_1-t_0)}{3(t_к-t_1)} \cong 2{,}38$ кг(формула + значение)	1+1 балла
5.	УТБ для определения количества камней $c_в m_в(100-t_0)+Nc_к m_к(100-t_к)=0$	1 балл
6.	Определено количество камней 4 штуки (если указано дробно количество, то не оценивать)	1 балл
7.	УТБ для определения конечной температуры $c_в m_в(t-t_0)+4c_к m_к(t-t_к)=0$	1 балл
8.	Определена конечна температура 90 ºС	1 балл

Задача №3

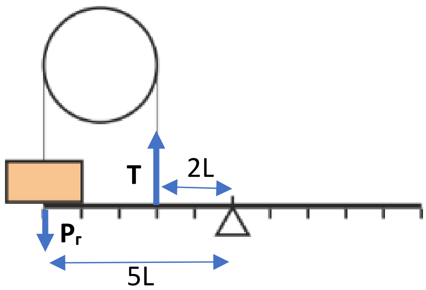


Юные изобретатели создали качель, позволяющую качаться в одиночку (см. рис). Качель представляет собой балку на опоре, расположенной по центру. На одном из концов балки находится груз массой $m_г = 35$ кг, который с помощью неподвижного блока связан нитью с другой частью балки. Когда балка горизонтальна, все находится в равновесии. Одно деление на балке составляет $L = 10$ см.

1. Определите силу натяжения нити, когда балка горизонтальна.
2. На каком минимальном расстоянии от **правого** края балки на нее может сесть мальчик массой $M = 60$ кг, чтобы качель осталась в равновесии?
3. На каком минимальном расстоянии от **левого** края балки на нее может сесть мальчик массой $M = 60$ кг, чтобы качель осталась в равновесии?

Автор: Дульцев Михаил Дмитриевич

Возможное решение



1. Напишем условие равновесия балки относительно центральной точки опоры (равенство моментов сил):

$5L \cdot P_г = 2L \cdot T$

Вес груза:

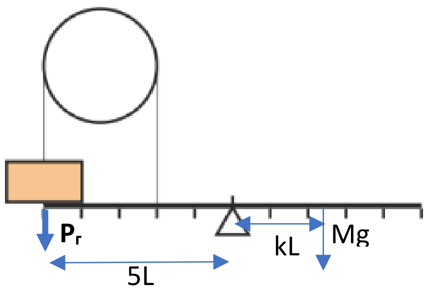
$P_г = m_г g - T$

$5m_г g - 5T = 2T$

$7T = 5\, m_г g$

$T = \frac{5}{7}\, m_г g$

T = 250 H



2. Во втором вопросе добавляется еще одна сила, приложенная к правой части балки, – вес мальчика. Так как мы ищем минимальное расстояние от края, то значит груз должен давить на качель с максимально возможной силой, чтобы компенсировать момент веса мальчика, и значит сила натяжения нити будет равна 0.

Запишем условие равновесия балки для этого случая:

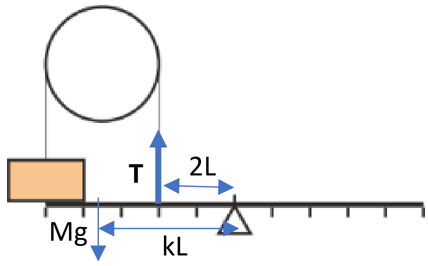
$5L \cdot P_г = kL \cdot Mg$

$5m_г g = kMg$

$k = \frac{5m_г}{M} = 2,92$

$l = 5L - k \cdot L = 20{,}8$ см

3. В третьем вопросе все наоборот. Мальчик давит на левую часть балки и груз полностью от нее отрывается, тем самым весь вес груза компенсируется силой натяжения нити.



$2L \cdot T = kL \cdot Mg$

$k = \dfrac{2m_г}{M} = 1{,}17$

$l = 5L - kL = 38{,}3$ см

Критерии оценивания

1.	Верно расставлены силы для 1 части	1 балл
2.	Записано условие равновесия балки $5L \cdot P_г = 2L \cdot T$	1 балл
3.	Выражен вес груза $P_г = m_г g - T$	1 балл
4.	Получен ответ на первый вопрос (формула + число) $T = \frac{5}{7} m_г g = 250Н$	0,5+0,5 балла
5.	Верно указаны силы для второго случая	0,5 балла
6.	Обосновано равенство силы натяжения нулю	1,5 балла
7.	Получен ответ на второй вопрос (формула + число) $l = L\left(5 - \frac{5m_г}{M}\right) =$ 20,8 см	0,5+0,5 балла
8.	Верно указаны силы для третьего случая	0,5 балла
9.	Обосновано отсутствие взаимодействия груза с балкой	1,5 балла
10.	Получен ответ на третий вопрос (формула + число) $l = L(5 - \frac{2m_г}{M}) =$ 38.3 см	0,5+0,5 балла

Задача №4

С помощью имеющегося оборудования определите:

1) Положение центра тяжести (центра масс) пустого шприца при **утопленном** до конца поршне. В качестве ответа укажите напротив какого деления шприца находится его центр тяжести (центр масс).
2) Положение центра тяжести (центра масс) пустого шприца при **выдвинутом** до конца поршне. В качестве ответа укажите напротив какого деления шприца находится его центр тяжести (центр масс).
3) Массу выданного вам шприца.

Шприц разбирать нельзя. В качестве оборудования можно использовать только то, что указано в перечне. Объем шприца равен 1 мл. Плотность воды равна 1000 кг/м^3.

В работе подробно опишите то вы делали и почему именно так, зарисуйте схему установки, запишите сделанные вами измерения, выведите необходимые формулы.

Оборудование: шприц без иглы, стаканчик с водой, нитка, салфетки для поддержания чистоты рабочего места.

Автор: Карманов Максим Леонидович

Возможно решение.

Для определения положения центра тяжести (центра масс шприца) в первом и втором вопросе подвесим его горизонтально на петле из ниточки и подберем такое положение ниточки при котором шприц находится в равновесии. Так как на шприц действуют только сила тяжести и сила натяжения нити, то равновесие будет достигаться, когда петля из ниточки расположена точно под центром тяжести.

ВНИМАНИЕ!!! Шприцы разных производителей сильно отличаются по параметрам, поэтому жюри необходимо выполнить эксперимент с теми шприцами, которые были выданы участникам.

Для ответа на третий вопрос выполним следующие опыты:

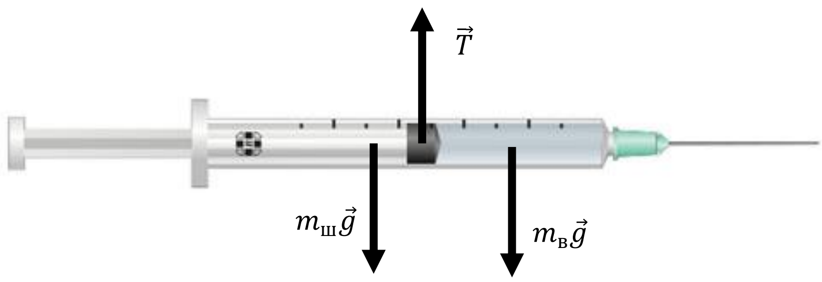
1) Выдвинем поршень в пустом шприце до некоторой отметки, например, $V_в = 0{,}4$ мл.

2) Определим положение центра тяжести шприца. Оно соответствует делению $V_1 = 0{,}65$ мл.

3) Теперь наберем в шприц воду объемом таким же как и в первом пункте $V_в = 0{,}4$ мл. Воду наберем так, чтобы внутри шприца не было пузырьков воздуха. В этом случае поршень шприца будет располагаться также как в предыдущем опыте, только теперь внутри шприца будет не воздух, а определенный объем воды.

4) Определим новое положение центра тяжести шприца. Оно соответствует делению $V_2 = 0{,}54$ мл.

Рассмотрим силы, действующие на поршень.



Так как он находится в равновесии, то моменты сил тяжести относительно точки подвеса на нити должны компенсировать руг друга. Так как шприц имеет цилиндрическую форму, то шкала объемов на нем линейная, то есть размеры вех делений одинаковые. Тогда с ее помощью можно измерять расстояния, только они получатся не в метрах или сантиметрах, а в условных единицах «мл».

Тогда плечо силы тяжести шприца равно $V_1 - V_2$, а плечо силы тяжести воды равно $V_2 - \frac{V_в}{2}$ (так как центр тяжести воды находится посередине ее объема).

Получим $m_ш g(V_1 - V_2) = m_в g(V_2 - \frac{V_в}{2})$, откуда $m_ш = m_в \frac{V_2 - \frac{V_в}{2}}{V_1 - V_2} = \rho_в V_в \frac{V_2 - \frac{V_в}{2}}{V_1 - V_2} = 1{,}24$г

Для повышения точности повторим опыт для разных $V_в$, а полученные результаты усредним.

Критерии оценивания

1.	Предложен правильный метод для ответа на 1-2 вопросы	1 балл
2.	Ответ на первый вопрос с отклонением от ответа жюри не более, чем на 0,04 мл (не более, чем на 0,08 мл)	1 балл (0,5 балла)
3.	Ответ на второй вопрос с отклонением от ответа жюри не более, чем на 0,04 мл (не более, чем на 0,08 мл)	1 балл (0,5 балла)
4.	Предложен разумный и реализуемый метод определения массы шприца	1 балл
5.	Метод хорошо описан, имеется схема установки	1 балл
6.	Выведена расчетная формула	1 балл
7.	Идея использования шкалы шприца в качестве линейки	1 балл
8.	Выполнена серия хотя бы из 3 измерений с последующим усреднением	1 балл
9.	Полученная масса шприца отличается от ответа жюри не более чем на 20% (не более чем на 50%)	2 балла (1 балл)

Требования к организаторам

Каждому участнику необходимо выдать:

1) Шприц инсулиновый объемом 1 мл без иглы. Все шприцы должны быть одинаковые!!!
2) Стаканчик с водой объемом 10-20 мл. Много воды не выдавать!!!
3) Кусок нити длиной 10-15 см.
4) 2 бумажные салфетки (для поддержания чистоты на рабочем месте).