

7 класс

1. По автодороге, параллельной железнодорожным путям, вдоль поезда длиной 210 м движется мотоциклист. Скорость мотоциклиста относительно дороги в 1,1 раза больше скорости поезда. Определите, какой путь пройдет поезд за время, в течение которого мотоциклист проедет вдоль всего состава. Размерами мотоциклиста можно пренебречь. Рассмотрите два случая: 1) мотоциклист обгоняет поезд; 2) мотоциклист движется навстречу поезду.

Решение.

1 случай. Мотоциклист обгоняет поезд.

- 1) Скорость движения мотоциклиста относительно поезда: $v_{\text{отн}} = v - u$, где v – скорость мотоциклиста относительно дороги, u – скорость поезда относительно дороги.

- 2) Время, в течение которого мотоциклист проедет вдоль всего состава:

$$t = \frac{L}{v_{\text{отн}}} = \frac{L}{v-u}, \text{ где } L - \text{длина состава.}$$

- 3) Поезд пройдет за это же время путь равный:

$$S = u \cdot t = u \cdot \frac{L}{v-u} = \frac{L}{\frac{v}{u}-1} = \frac{210\text{м}}{1,1-1} = 2100\text{м}$$

2 случай. Мотоциклист движется навстречу поезду:

- 1) Скорость движения мотоциклиста относительно поезда: $v_{\text{отн}} = v + u$, где v – скорость мотоциклиста относительно дороги, u – скорость поезда относительно дороги.

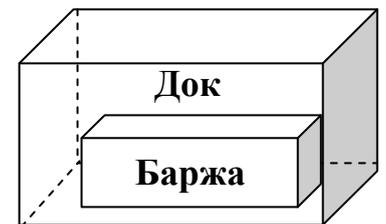
- 2) Время, в течение которого мотоциклист проедет вдоль всего состава:

$$t = \frac{L}{v_{\text{отн}}} = \frac{L}{v+u}, \text{ где } L - \text{длина состава.}$$

- 3) Поезд пройдет за это же время путь равный:

$$S = u \cdot t = u \cdot \frac{L}{v+u} = \frac{L}{\frac{v}{u}+1} = \frac{210\text{м}}{1,1+1} = 100\text{м}$$

2. В сухом доке (без воды) на ремонте находится баржа, форма которой близка к прямоугольному параллелепипеду. Баржа имеет следующие габариты: длина $a = 10$ м, ширина $b = 3$ м, высота $h = 3$ м. Масса баржи составляет 3 т. Док тоже представляет собой прямоугольный параллелепипед без верхней грани.



Размер дока: длина $A = 11$ м, ширина $B = 4$ м, высота $H = 6$ м. Какую минимальную массу воды необходимо налить в док, чтобы баржа оказалась на плаву, то есть оторвалась от дна дока? Плотность воды равна 1000 кг/м^3 . Вода может свободно подтекать под дно баржи.

Решение.

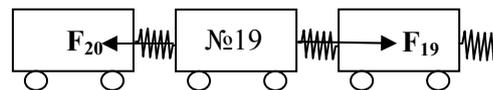
- 1) Баржа начнет всплывать, когда сила Архимеда $F_{\text{арх}}$, действующая на баржу, становится равной силе тяжести $F_{\text{тяж}}$.

Интеллектуальный марафон на Кубок Главы города Челябинска. Очный тур.
Олимпиада по физике. 5 апреля 2010 года. МОУ Лицей №31 города Челябинска.

- 2) Сила тяжести $F_{\text{тяж}} = mg$. Сила Архимеда $F_{\text{арх}} = \rho_{\text{в}} g V_{\text{пчт}}$. Баржа отрывается от дна дока при $mg = \rho_{\text{в}} g V_{\text{пчт}}$, где $V_{\text{пчт}}$ – объем погруженной в воду части тела (баржи).
 - 3) Чтобы баржа оторвалась от дна дока, под водой должна оказаться ее часть объемом $V_{\text{пчт}} = \frac{m}{\rho_{\text{в}}} = 3\text{м}^3$. Для этого по высоте вода должна быть налита до уровня $h_0 = \frac{V_{\text{пчт}}}{ab} = 0,1\text{м}$.
 - 4) Площадь поверхности воды между стенками баржи и дока $S = A \cdot B - a \cdot b = 14\text{м}^2$. Тогда необходимый объем воды $V_0 = h_0 \cdot S = 1,4\text{м}^3$. Минимальная масса воды, которую необходимо налить в док $m_0 = \rho_{\text{в}} \cdot V_0 = 1,4\text{т}$.
3. Паровоз тянет состав из 20 вагонов равной массы. Сила натяжения сцепки между паровозом и первым вагоном равна 100 кН. Чему равна сила натяжения сцепки между 10 и 11 вагонами? Чему равна сила натяжения сцепки между 19 и 20 вагонами? Сцепку можно представить себе как очень жесткую пружину. Насколько длина движущегося состава больше, чем длина неподвижного (сцепки нерастянуты), если при движении состава сцепка между 19 и 20 вагонами растянута на 1 см.

Решение.

- 1) Пусть сила, которая необходима для того, чтобы тянуть последний вагон $F_{20} = F_0$. Так как все вагоны одинаковые, то, чтобы состав двигался как единое целое, к каждому вагону необходимо приложить такую же силу. Но поскольку на каждый из остальных 19 вагонов действуют две противоположно направленные силы, то $F_0 = F_{19} - F_{20} = F_{18} - F_{19} = \dots = F_1 - F_2$ где F_1 – сила натяжения первой сцепки (между паровозом и первым вагоном), F_2 – сила натяжения второй сцепки (между первым и вторым вагонами), и т.д. Таким образом, $F_{19} = 2F_0; F_{18} = 3F_0; \dots; F_{11} = 10F_0; \dots; F_1 = 20F_0$. Сила натяжения сцепки между 10 и 11 вагонами $F_{11} = 10F_0 = \frac{1}{2}F_1 = 50\text{кН}$. Сила натяжения сцепки между 19 и 20 вагонами $F_{20} = F_0 = \frac{1}{20}F_1 = 5\text{кН}$.
- 2) Представим в виде таблицы зависимость силы натяжения сцепки от ее номера. Также приведем в таблице величину растяжения каждой сцепки x (в см), которая прямо пропорциональна силе натяжения.



Сумма сил, действующих на вагон №19:
 $F_{19} - F_{20} = F_0$

№	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
F, кН	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
x, см	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F, кН	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
x, см	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Интеллектуальный марафон на Кубок Главы города Челябинска. Очный тур.
Олимпиада по физике. 5 апреля 2010 года. МОУ Лицей №31 города Челябинска.

Разность длин движущегося и неподвижного состава равна сумме растяжений всех сцепок: $L - L_0 = (1 + 2 + 3 + \dots + 18 + 19 + 20)\text{см} = 10 \cdot 21\text{см} = 2,1\text{м}$.

4. Дан кусок медной проволоки, плотность материала которой 8900 кг/м^3 .
Определите, используя предложенное вам оборудование:

- 1) Какую длину имеет проволока?
- 2) Каков диаметр проволоки?
- 3) Чему равна масса 1 м этой проволоки?

Обязательно опишите проведенные вами измерения.

Оборудование: кусок проволоки, карандаш, линейка.

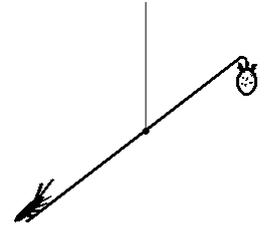
Примечание: площадь круга равна $S = \pi r^2$, где r - радиус круга, $\pi = 3,14$.

Решение.

- 1) Длина проволоки больше длины линейки, поэтому определим длину проволоки по сумме длин ее частей, измеренных с помощью линейки. Длина выданного куска проволоки составляет 37-38 см.
- 2) Для определения диаметра проволоки воспользуемся методом рядов. Для этого на карандаш вплотную друг к другу нужно намотать несколько витков проволоки (лучше навить на карандаш всю проволоку). Измерим с помощью линейки длину намотки. Разделив длину намотки на число витков, получим диаметр проволоки. Диаметр проволоки составляет 0,65-0,70 мм.
- 3) Рассчитаем площадь поперечного сечения проволоки по формуле $S = \pi r^2$, где r - радиус проволоки. Если умножить плотность материала проволоки на площадь поперечного сечения, получится масса одного метра проволоки. Масса одного метра проволоки равна 3-3,5 г.

8 класс

1. Жук массой 10 г ползет от одного конца соломинки к другому, на котором висит вкусная ягода массой 5 г. Скорость жука при движении вверх 1 см/с, а при движении вниз – 0,5 см/с. Определите, через какое время после начала движения жук сможет приступить к обеду, если длина соломинки 12 см. Соломинка подвешена на паутинке за середину и не изгибается при движении жука, но может поворачиваться вокруг осей, проходящих через точку крепления к паутинке. При перевороте соломинки жук удерживается на ней в точке, которой достиг, и тут же продолжает движение к заветной цели.



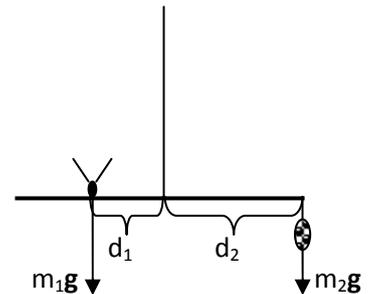
Решение.

- 1) Так как жук и ягода первоначально находятся на равных расстояниях от точки крепления паутинки, но жук тяжелее, то жук перевешивает ягоду, и соломинка будет располагаться вертикально, причем ягода – вверху, а жук – внизу. Поэтому сначала жук должен ползти вверх. В некоторый момент времени жук приблизится к точке крепления паутинки настолько, что ягода перевесит, и оставшуюся часть пути жук будет спускаться к ягоде вниз.

- 2) Определим, какое расстояние жук прополз, двигаясь вверх, а какое – двигаясь вниз. Для этого найдем, где должен находиться жук, чтобы соломинка находилась в равновесии в горизонтальном положении. По правилу моментов: $m_1gd_1 = m_2gd_2$, то есть

$$d_1 = \frac{m_2}{m_1}d_2 = \frac{5}{10}6\text{см} = 3\text{см}.$$

Таким образом, жук прополз вверх $S_1 = 12\text{см} - (d_1 + d_2) = 3\text{см}$, а затем вниз $S_2 = d_1 + d_2 = 9\text{см}$.



- 3) Время движения жука до ягоды $t = \frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2} = \frac{3\text{см}}{1\text{см/с}} + \frac{9\text{см}}{0,5\text{см/с}} = 21\text{с}$.

2. Представьте, что у Вас имеется три сосуда. Первый сосуд имеет объем 5 л, и в него налита вода объемом 4 л при температуре 80°C. Второй сосуд имеет объем 3 л, и в него налита вода объемом 1 л при температуре 50°C. Третий сосуд пустой, а его объем равен 2 л. На сосудах нет никаких меток, позволяющих определить объем налитой в них жидкости, однако, если заполнить сосуд до краев, то объем жидкости в нем будет в точности равен объему сосуда. Вы можете переливать воду из одного сосуда в другой. Считайте, что тепло в окружающую среду не уходит, и теплоемкость сосудов равна нулю. Вам необходимо сделать так, чтобы в первом сосуде оказалось 4 литра воды при температуре 75 °С. Опишите, как это можно сделать, и докажите, что в этом случае в первом сосуде получится требуемый объем воды при заданной температуре. Количество переливаний роли не играет.

Решение.

- 1) Для начала выведем формулу для расчета температуры смеси t_c при смешивании двух объемов воды V_1 и V_2 при температурах t_1 и t_2 . Запишем уравнение теплового баланса:

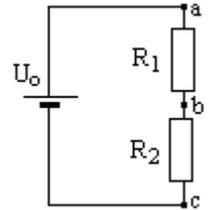
$$c\rho V_1(t_c - t_1) = c\rho V_2(t_2 - t_c), \text{ где } c \text{ и } \rho - \text{ удельная теплоемкость и плотность воды.}$$

$$\text{Температура смеси } t_c = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2}{V_1 + V_2}.$$

- 2) Теперь, используя эту формулу, рассмотрим различные варианты переливания воды из одного сосуда в другой и рассчитаем для каждого варианта конечную температуру и объем воды. Вот один из возможных способов:

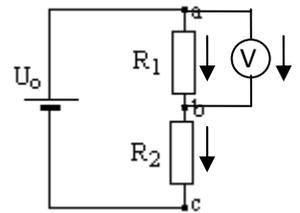
Переливаем 2 литра воды из первого сосуда во второй, получаем во втором сосуде три литра воды с температурой 70°C , в первом остается 2 литра воды с температурой 80°C . Из второго сосуда переливаем в третий 2 литра воды при 70°C . Теперь переливаем всю воду из третьего сосуда в первый и получаем там 4 литра воды при температуре 75°C .

3. Восьмиклассник Вова совершенствовал свои экспериментальные навыки. Он взял источник тока и измерил вольтметром напряжение на нем. Оказалось, что напряжение, создаваемое источником, $U_0 = 12 \text{ В}$. Затем Вова собрал «делитель напряжения»: цепь из того же источника и двух последовательно соединенных резисторов (см. рис.). Вова измерил напряжение между точками b и c. Оказалось, что $U_{bc} = 6 \text{ В}$. Вова догадался, что напряжение на втором сопротивлении будет таким же: $U_{ab} = U_0 - U_{bc} = 6 \text{ В}$, но, на всякий случай, решил проверить. Каково же было удивление юного экспериментатора, когда вольтметр показал напряжение $U_{ab} = 0$. Вова предположил, что один из резисторов, взятый им для опытов, оказался перегоревшим (не проводит электрический ток). Докажите, что он прав, учитывая, что вольтметр дает правильные показания. Определите, какой из резисторов **исправен** и чему равно отношение его сопротивления к сопротивлению вольтметра. Источник тока идеальный, то есть напряжение на нем не зависит от нагрузки.



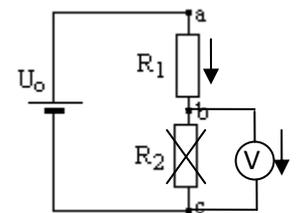
Решение.

- 1) Рассмотрим второе измерение. Так как $U_{ab} = 0$, то сила тока, текущего через вольтметр, $I_V = \frac{U_{ab}}{R_V} = 0$, сила тока, текущего через первый резистор, $I_1 = \frac{U_{ab}}{R_1} = 0$ и сила тока, текущего



через второй резистор $I_2 = I_V + I_1 = 0$. Тока в цепи нет, а это значит, что в цепи есть разрыв. Это можно объяснить тем, что второй резистор перегорел и не проводит электрический ток.

- 2) Значит, при первом измерении ток шел через первый резистор и вольтметр – первый резистор исправен! При этом первый резистор оказался соединен с вольтметром последовательно и $U_1 = U_0 - U_V = 6 \text{ В} = U_V$! Это значит, что $\frac{R_1}{R_V} = 1$ (сопротивление первого резистора равно сопротивлению вольтметра).



4. Вам выдан набор монет двух достоинств – «1 копейка» и «10 копеек». Используя предложенное оборудование, определите:

Интеллектуальный марафон на Кубок Главы города Челябинска. Очный тур.
Олимпиада по физике. 5 апреля 2010 года. МОУ Лицей №31 города Челябинска.

- 1) Монеты какого достоинства имеют большую массу?
- 2) Чему равно отношение массы 10-копеечной к массе 1-копеечной монеты?
- 3) Чему равна масса всех выданных монет?
- 4) Чему равна масса линейки?

Обязательно опишите проведенные вами измерения.

Оборудование: линейка, карандаш, груз массой 50 г, 5 монет достоинством «10 копеек», 5 монет достоинством «1 копейка».

Решение.

- 1) Для определения того, какая из монет имеет большую массу, необходимо из карандаша и линейки изготовить равноплечие весы. Для этого линейку необходимо уравновесить на ребре карандаша. На равном расстоянии по разные стороны от опоры положим по одной монете каждого достоинства. Какая из монет перевесит, та и имеет большую массу. В нашем случае большую массу имеет монета достоинством «10 копеек».
- 2) Для определения отношения масс монет необходимо снова уравновесить линейку на карандаше. На некотором расстоянии от опоры ставим столбик из пяти 1-копеечных монет, на таком же расстоянии, но с другой стороны ставим поочередно столбики из одной, двух, трех, четырех 10-копеечных монет. Замечаем, что столбик из четырех 10-копеечных монет немного перевешивает столбик из пяти 1-копеечных монет. Теперь ставим на линейку столбик из четырех 1-копеечных монет, а на таком же расстоянии, но с другой стороны ставим столбик из трех 10-копеечных монет. Замечаем, что столбик 1-копеечных монет перевешивает. На основании проделанных опытов делаем вывод, что отношение массы «1 копейки» к массе «10 копеек» лежит в пределах от 0,75 до 0,8. Конечно, можно было выполнить эту часть задания, используя правило моментов (через уравнивание монет на неравноплечих весах). Ответ получится тот же.
- 3) Для определения массы всех монет воспользуемся грузом 50 г. Уравновесим столбик из всех монет с помощью груза на линейке, предварительно уравновешенной на карандаше. Масса монет во столько раз меньше массы груза, во сколько раз расстояние от монет до опоры будет больше расстояния от опоры до груза. Получается, что масса всех выданных вам монет равна 17-18 г.
- 4) Для определения массы линейки необходимо уравновесить ее с помощью груза массой 50 г на карандаше. Точка приложения силы тяжести, действующей на линейку, находится в ее центре тяжести (точка, под которой находится опора при уравнивании линейки без груза на карандаше). Масса линейки во столько раз меньше массы груза, во сколько раз расстояние от центра тяжести линейки до опоры больше расстояния от опоры до груза. По результатам измерений масса линейки равна 12-16 г.