

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
2018 – 2019 учебный год

9 класс

9.1. Часы отстают.

Время отправления электрички по расписанию 10.00. Когда Петя вбежал на платформу, на его часах было ровно 10.00, но мимо уже начал проезжать предпоследний вагон, который двигался мимо Пети в течении 10 с. Последний вагон прошел мимо за восемь секунд. Электричка отправилась вовремя и двигалась равноускоренно. На какое время отстают часы у Пети?

Возможное решение

Обозначим: L – длина вагона; V – скорость поезда в 10.00 по вашим часам;

a – ускорение поезда; $t_1 = 10$ с, $t_2 = 8$ с, t_0 – отставание часов.

При равноускоренном движении

$$V = at_0 \quad (1)$$

$$L = Vt_1 + \frac{at_1^2}{2} \quad (2)$$

$$2L = V(t_1 + t_2) + \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2} \quad (3)$$

Подставим скорость поезда во второе и третье уравнения, длину вагона из второго уравнения в третье, сократим обе части полученного равенства на ускорение поезда:

$$2t_0t_1 + t_1^2 = t_0(t_1 + t_2) + \frac{(t_1 + t_2)^2}{2}$$

Отсюда

$$t_0 = \frac{t_1t_2}{t_1 - t_2} - \frac{t_1 + t_2}{2} = 31 \text{ с}$$

Примерная разбалловка

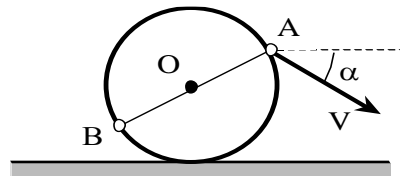
Записано уравнение (1).....4

Записаны законы движения (2) и (3).....4

Найдено отставание часов2

9.2. Скорости на диаметре.

Колесо катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью. В некоторый момент времени точка А, находящаяся на ободу колеса, имеет скорость $V = 9$ м/с относительно земли, а вектор её скорости составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Найдите скорость точки В, лежащей на противоположном конце диаметра.



Возможное решение

Скорость любой точки колеса складывается из скорости оси колеса \vec{V}_0 и скорости вращения относительно оси $\vec{V}_{\text{отн}}$:

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{V}_{\text{отн}} \quad (1)$$

Так как колесо катится без проскальзывания, то скорость точки, касающейся поверхности земли, равна нулю. Для этой точки относительная скорость направлена противоположно скорости оси, а значит, модули этих скоростей равны друг другу.

Применяя правило сложения скоростей (1) для точки А, построим параллелограмм, который в силу отмеченного равенства модулей скоростей является ромбом. Диагонали ромба взаимно перпендикулярны и делят углы при вершинах пополам. Тогда

$$V = 2V_{\text{отн}} \cos \alpha, \text{ отсюда } V_{\text{отн}} = 3\sqrt{3} = 5,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Скорость точки В определяется сложением скоростей оси колеса и скорости $\vec{V}_{\text{Вотн}}$ вращения точки В относительно оси:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_0 + \vec{V}_{\text{Вотн}}$$

Это будет тот же ромб с острым углом 60° , только искомая скорость \vec{V}_B будет короткой диагональю, а значит модуль её будет равен $5,2 \text{ м/с}$.

Примерная разбалловка

Записано правило сложения скоростей (1).....2

Показано, что $V_0 = V_{\text{отн}}$ 3

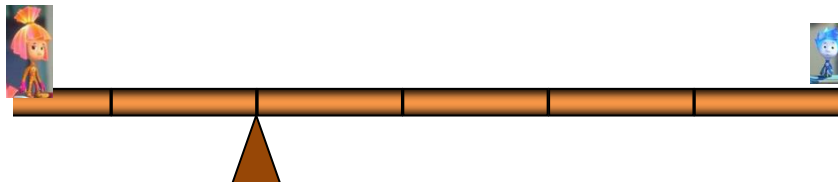
Найдена скорость $V_{\text{отн}}$ 2

Найдена скорость точки В.....3

9.3. Фиксики на рычаге.

Ремонтируя механизм старинных часов, Симка и Нолик оказались на рычаге длиной 6 см. Нолик опрометчиво устремился навстречу сестре со скоростью 3 см/с . Симка знала, что вес Нолика в 3 раза меньше её собственного веса и ей удалось рассчитать, с какой скоростью она должна двинуться навстречу Нолику для поддержания равновесия.

С какой скоростью побежала Симка? На каком расстоянии от оси рычага фиксировались? Какова была масса рычага весов, если масса Нолика равна 5 г ?



Возможное решение

Обозначим:

$m_0 = 5 \text{ г}$ – масса Нолика

m – масса рычага, $d = L/6 = 1 \text{ см}$ – $1/6$ часть рычага

x – расстояние от оси до Симки, y – расстояние от оси до Нолика

v – скорость Симки, $v_0 = -$ скорость Нолика

Запишем условие равновесия Симки и Нолика на рычаге:

$$3m_0gx = mgd + m_0gy \quad (1)$$

Когда Нолик пробежит расстояние Δy , Симка сместится на Δx :

$$3m_0g(x - \Delta x) = mgd + m_0g(y - \Delta y) \quad (2)$$

Выразим из (1) mgd , подставим в (2) и получим $3\Delta x = \Delta y$. Отсюда скорость Симки

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{3} \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{1}{3} v_0 = 1 \text{ см/с}.$$

Массу рычага найдем из условия равновесия в начальном состоянии:

$$3m_0g2d = mgd + m_0g4d \quad (3)$$

Отсюда $m = 2m_0 = 10 \text{ г}$.

Симка и Нолик встретятся левее оси рычага на расстоянии Z от оси:

$$(3m_0 + m_0)gZ = mgd$$

Отсюда $Z = d/2 = 0,5$ см.

Примерная разбалловка

Записано условие равновесия на рычаге (1) или (3)	3
Найдена скорость Симки	3
Найдена масса рычага.....	2
Найдено место встречи фиксиков.....	2

9.4. Теплообмен.

В лаборатории в красном сосуде находилось некоторое количество теплой жидкости, а в синем сосуде – такая же жидкость при меньшей температуре. После того как в сосуд с теплой жидкостью добавили $m = 100$ г холодной, температура в нём понизилась на 4°C . Затем в этот сосуд добавили опять 100 г холодной жидкости из синего сосуда, температура теперь понизилась всего на 2°C . Сколько холодной жидкости m_x надо ещё добавить в красный сосуд, чтобы температура в нём теперь понизилась на 1°C ?

Теплоемкостью сосудов, потерями жидкости и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Возможное решение

Обозначим:

c – удельная теплоёмкость жидкости

M – начальная масса жидкости в красном сосуде

t_k – начальная температура жидкости в красном сосуде

t_c – начальная температура жидкости в синем сосуде

Запишем уравнения теплового баланса:

$$cM(t_k - t_1) = cm(t_1 - t_c)$$

$$c(M + m)(t_1 - t_2) = cm(t_2 - t_c)$$

$$c(M + 2m)(t_2 - t_3) = cm_x(t_3 - t_c)$$

Поскольку $(t_k - t_1) = 4^\circ\text{C}$, $(t_1 - t_2) = 2^\circ\text{C}$, и $(t_2 - t_3) = 1^\circ\text{C}$, получим

$$4M = m(t_k - t_c - 4) \quad (1)$$

$$2(M + m) = m(t_k - t_c - 6) \quad (2)$$

$$M + 2m = m_x(t_k - t_c - 7) \quad (3)$$

Вычитая из первого равенства второе найдем

$M = 2m = 200$ г, тогда $t_k - t_c = 12^\circ\text{C}$.

Из третьего равенства найдем $m_x = \frac{4}{5}m = 80$ г.

Примерная разбалловка

Записаны уравнения теплового баланса.....	4
Найдена разность температур красного и синего сосудов	2
Найдена начальная масса жидкости в красном сосуде.....	2
Найдена масса жидкости m_x	2

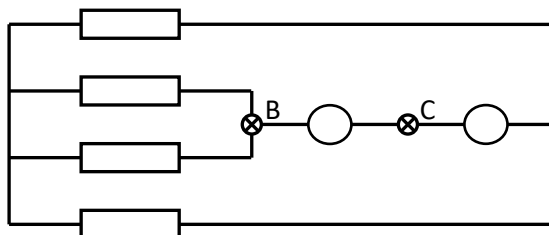
9.5. Неопытный лаборант.

В распоряжении неопытного лаборанта Глюка было четыре резистора сопротивлением 1, 2, 3 и 4 Ом, идеальные амперметр и вольтметр. Глюк собрал цепь, схему которой показал на рисунке. Подключил цепь к клеммам *B* и *C* источника постоянного напряжения. Далее Глюк выполнил измерения и записал показания приборов в журнал: “5 делений” и “10 делений”, забыв указать размерность.

Определите сопротивление каждого резистора в схеме, какой из приборов схемы является амперметром, а какой вольтметром, и чему были равны напряжение и сила тока, которые показали приборы.

Возможное решение

Вольтметр на рисунке между клеммами источника, правее - амперметр.



Если напряжение равно 5 В, тогда сила тока будет 10 А а общее сопротивление по закону Ома 0,5 Ом.

Если напряжение равно 10 В, тогда сила тока будет 5 А а общее сопротивление по закону Ома 2 Ом.

Средние резисторы соединены параллельно, тот который внизу, соединен параллельно с верхним. Применяя формулы для параллельного и последовательного соединения сопротивлений, находим (простым перебором вариантов) общее сопротивление схемы:

Например:

$$R_{\text{общ}} = \frac{4 * 1}{4 + 1} + \frac{2 * 3}{2 + 3} = \frac{4}{5} + \frac{6}{5} = 2 \text{ Ом}$$

Следовательно сопротивления в схеме сверху вниз 4, 2, 3, 1 Ом, или 2, 4, 1, 3 Ом. Возможны другие подобные варианты. Напряжение 10 В, сила тока 5 А.

Примерная разбалловка

Определено расположение приборов.....	1
Определен тип соединения резисторов	2
Найдено сопротивление резисторов.....	4
Указана сила тока и напряжение.....	2
Приведено несколько вариантов.....	1