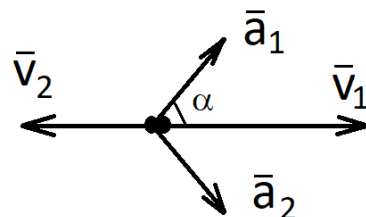


**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2020-21 учебный год. 10 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1.

Два тела стартуют из одной точки в противоположные стороны в момент времени $t_0 = 0$. Их начальные скорости равны $v_1 = 5$ м/с и $v_2 = 1$ м/с. Ускорения тел перпендикулярны друг другу, постоянны и одинаковы по модулю $a_1 = a_2 = 2$ м/с². Направления всех векторов показаны на рисунке. Известно, что угол $\alpha = 15^\circ$.



1. Через какой промежуток времени скорость тела 2 изменит направление на 90° ?
2. Чему она будет равна в этот момент времени?
3. Определите, скорость первого тела относительно второго в момент времени $t = 2$ с.
4. В какой момент времени скорости тел будут перпендикулярны друг другу?
5. При каких углах α скорости тел никогда не станут перпендикулярными?

Автор: Гусев Андрей Владиславович.

Возможное решение и критерии оценивания.

1	Нарисуем треугольник $a_2 t$, $v_2(0)$, $v_2(t)$ – он прямоугольный ($a_2 t$ – гипотенуза). Получаем, что $v_2(t) = v_2(0) \cos(90 - \alpha)$ или $t = v_2(0) / a_2 \sin(\alpha) = 1,9$ с	1 балл
2	См. пункт 1. $v_2(t) = v_2(0) \operatorname{tg}(90 - \alpha) = 3,7$ м/с	1 балла
3	Начальная относительная скорость: $\mathbf{v}(0) = \mathbf{v}_1(0) - \mathbf{v}_2(0)$, ее модуль $v(0) = 4$ м/с Относительное ускорение: $\mathbf{a} = \mathbf{a}_1 - \mathbf{a}_2$, его модуль $a = 2^{0,5} a_1 = 2,8$ м/с ² направление составляет угол $45^\circ + \alpha = 60^\circ$ с направлением относительной скорости. Для момента времени $t = 2$ с получаем: $v^2(t=2) = (v(0) + a \cos(60^\circ) t)^2 + (a \sin(60^\circ) t)^2$ находим $v(t=2) = 8,4$ м/с	3 балла 1 балл 1 балл
4	В искомый момент времени скорости тел перпендикулярны, т.е. их скалярное произведение равно 0: $(\mathbf{v}_1(0) + \mathbf{a}_1 t) (\mathbf{v}_2(0) + \mathbf{a}_2 t) = 0$. Раскрываем скобки: $\mathbf{v}_1(0) \mathbf{v}_2(0) + \mathbf{v}_2(0) \mathbf{a}_1 t + \mathbf{v}_1(0) \mathbf{a}_2 t + \mathbf{a}_1 \mathbf{a}_2 t^2 = 0$. Учтем, что $\mathbf{v}_1(0) \mathbf{v}_2(0) = -v_1(0) v_2(0)$, $\mathbf{v}_2(0) \mathbf{a}_1 = v_2(0) a_1 \cos(180 - \alpha)$, $\mathbf{v}_1(0) \mathbf{a}_2 = v_1(0) a_2 \cos(90 - \alpha)$, $\mathbf{a}_1 \mathbf{a}_2 = 0$. Получим $t = (v_1(0) v_2(0)) / (-v_2(0) a_1 \cos(\alpha) + v_1(0) a_2 \sin(\alpha)) = 7,6$ с	3 балла 1 балл (допускается запись через проекции) 1 балл за все условия (либо нахождение проекций) 1 балл
5	В предыдущем пункте есть решение, если $t > 0$,	1 балл
5		2 балла

т.е. $(-v_2(0) a_1 \cos(\alpha) + v_1(0) a_2 \sin(\alpha)) > 0$
или $\operatorname{tg}(\alpha) > v_2(0) / v_1(0) = 1/5$
 $\alpha > 11^\circ$

1 балл

Задача №2.

Три одинаковых гладких трубы массы m и радиуса R , лежащих на гладкой горизонтальной плоскости, удерживают так, что они касаются друг друга, как показано на рисунке. В какой-то момент времени трубы отпускают.



Найти ускорения труб сразу после их отпускания.

Автор: Бедов Кирилл Станиславович

Возможное решение.

Сделаем рисунок в плоскости, перпендикулярной осям труб. Из симметрии силы взаимодействия между трубами N_1 и N_2 равны по величине, также как и силы реакции горизонтальной плоскости N_0 ; ускорения нижних труб a_1 и a_2 также равны и направлены в противоположные стороны.

Угол $\alpha = 30^\circ$.

Запишем уравнения динамики в проекции на оси.

Для верхней трубы на ось y :

$$ma = mg - 2N \cos \alpha, N = N_1 = N_2$$

Для нижних труб на оси x_1, x_2 :

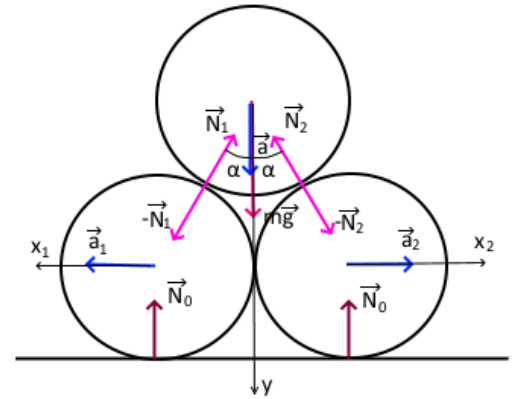
$$ma_1 = N \sin \alpha.$$

Запишем связь между ускорениями из равенства проекций их на прямую, соединяющую центры:

$$a \cos \alpha = a_1 \sin \alpha.$$

Решив получившуюся систему, находим

$$a = \frac{g}{1 + 2 \operatorname{ctg}^2 \alpha}, a_1 = \frac{g \operatorname{ctg} \alpha}{1 + 2 \operatorname{ctg}^2 \alpha}; a = \frac{g}{7}; a_1 = \frac{g\sqrt{3}}{7}$$



Критерии оценивания.

1	Рисунок с силами	1 балл
2	Нахождение α	1 балл
3	Использование симметрии (равенство сил реакции и ускорений нижних шаров)	2 балла
4	Уравнения динамики в проекциях	2 балла
5	Связь ускорений	1 балл
6	Решение системы уравнений	2 балла
7	Ответ	1 балл

Задача №3.

Длинное бревно плавает в воде, погрузившись в нее наполовину. Его вытаскивают из воды в два этапа. Сначала (первый этап) к концу бревна прикладывают вертикальную силу и медленно переводят его в вертикальное положение, в котором половина бревна еще находится в воде. Затем (второй этап) медленно вытаскивают бревно из воды. Масса бревна m , его длина L . В процессе всех манипуляций бревно дна водоема не касалось. Определите работы (A_1 и A_2) внешней силы на каждом из этапов вытаскивания бревна из воды.

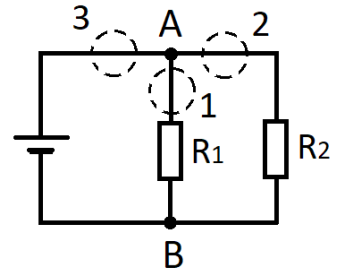
Автор: Рогальский Юрий Константинович.

Возможное решение и критерии оценивания.

1	На первом этапе положение центра масс бревна (а значит и его потенциальная энергия) не изменяется,	1 балл
2	поэтому работа внешней силы идет на увеличение потенциальной энергии воды, вытесненной бревном.	1 балл
3	Вычисление работы $A_1 = mgL/4$, где m – масса вытесненной воды, равная массе бревна, $L/4$ – глубина, с которой поднялся центр масс вытесненной воды в этом процессе.	3 балл
4	На втором этапе центр масс бревна поднимается на $L/2$,	1 балл
5	а вода возвращается в начальное положение,	1 балл
6	следовательно: $A_1 + A_2 = mgL/2$.	2 балл
7	Значит, $A_2 = mgL/2 - A_1 = mgL/4$.	1 балл

Задача №4.

Один школьник слышал, что есть правило, по которому ток, вытекающий в точку А, равен сумме токов, вытекающих из нее. Для проверки этого правила, он собрал схему, показанную на рисунке, и стал подключать амперметр в положения 1, 2, 3, показанные пунктирными линиями. Каково же было его удивление, когда он получил значения $I_1 = 2\text{А}$, $I_2 = 3\text{А}$, $I_3 = 4\text{А}$. После долгих размышлений школьник понял, что дело в амперметре, и, более того, ему удалось установить значения сопротивлений, находящихся в цепи. Найдите R_1 , R_2 и сопротивление амперметра R_A , если напряжение источника тока 12 В.



Автор: Воронцов Александр Геннадьевич

Возможное решение и критерии оценивания.

1	Для положения амперметра № 1 напряжение между точками А и В равно напряжению источника, поэтому $R_1 + R_A = U / I_1 = 6 \text{ Ом}$.	2 балла
2	Для положения амперметра № 2 напряжение между точками А и В равно напряжению источника, поэтому $R_2 + R_A = U / I_2 = 4 \text{ Ом}$.	2 балла
3	Для положения амперметра № 3 амперметр подключен последовательно к параллельным резисторам, поэтому $R_1 R_2 / (R_1 + R_2) + R_A = U / I_3 = 3 \text{ Ом}$.	2 балла
4	Решаем систему: $R_1 - R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_1 R_2 / (R_1 + R_2) + (6 - R_1) = 3 \text{ Ом}$. Откуда: $R_1(R_1 - 2) / (2R_1 - 2) + (6 - R_1) = 3$ $R_1(R_1 - 2) / (2R_1 - 2) = R_1 - 3$ $R_1 * R_1 - 2 R_1 = 2R_1 * R_1 - 6 R_1 - 2 R_1 + 6$ $R_1^2 - 6 R_1 + 6 = 0$ Получаем два решения: $R_1 = 3 + 3^{0,5} = 4,73 \text{ Ом}$ $R_1 = 3 - 3^{0,5} = 1,27 \text{ Ом}$ (это решение не подходит, т.к. R_2 получается отрицательным)	2 балла 1 балл 1 балл
5	$R_2 = R_1 - 2 = 1 + 3^{0,5} = 2,73 \text{ Ом}$	1 балл
6	$R_A = 4 - R_2 = 3 - 3^{0,5} = 1,27 \text{ Ом}$	1 балл

Задача №5.

Задание: Математическим маятником называется маленький грузик, подвешенный на длинной нити. При небольших амплитудах колебаний для периода колебаний справедлива формула:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (1)$$

Исследуйте зависимость периода колебаний математического маятника от длины нити. Для этого:

1. Измерьте период колебаний для разных длин нитей. Максимальная и минимальная длина маятника должна различаться более чем в 2 раза.
2. Постройте график зависимости квадрата периода колебаний от длины нити.
3. Из графика определите параметры зависимости (угловой коэффициент, смещение).
4. Из углового коэффициента определите значение ускорения свободного падения.

Оборудование: грузик, нить, секундомер, стержень линейка

Автор: Гусев Андрей Владиславович

Критерии оценивания.

1	Проведены измерения для разных длин нитей* (7 или более различных длин – 3 балла; 5 или 6 различных длин нитей – 2 балла; 3 или 4 различных длин нитей - 1 балл; менее 3 длин – 0 баллов) * Если минимальное и максимальное значение длины различаются менее чем в 2 раза – за весь пункт ставится 0 баллов.	3 балла
2	Повторение измерений для одной длины нити (Для каждой длины нити использовано время 20 колебаний* или более – 3 балла; Для каждой длины нити использовано время 10 – 19 колебаний – 2 балла; Для каждой длины нити использовано время 5 – 9 колебаний – 1 балл; Для каждой длины нити использовано время менее 5 колебаний – 0 баллов) * Возможно 20 измерений по 1 колебанию, 1 измерение времени 20 колебаний, или другие комбинации числа измерений и их длительности.	3 балла
3	График зависимости квадрата периода от длины нити обозначение осей, шкалы – 1 балл; все экспериментальные точки – 1 балл; линейная зависимость (прямая по линейке) – 1 балл.	3 балла
4	Найдены параметры зависимости приведена методика вычислений – 1 балл; угловой коэффициент – 1 балла; смещение – 1 балл.	3 балла
5	Из углового коэффициента найдено ускорение свободного падения приведена расчетная формула – 1 балл; значение g, найденное из эксперимента – 2 балла	3 балла

Рекомендации для организаторов

Комплект оборудования для учащегося:

Грузик – 1 шт.

Нить – 1 шт.

Секундомер – 1 шт.

Стержень – 1 шт.

Линейка – 1 шт.

Особенности подготовки оборудования:

Грузик. Идеальным вариантом является гайка размерами от М6 до М12, либо любой другой небольшой по размерам грузик с массой 10-20 г. В частности, подойдет гирька из набора разновесов. Грузик должен позволять привязать к нему нить.

Нить – обычная швейная нить, лучше х/б. Длина нити 1,0 – 1,2 метра.

Секундомер. Если нет возможности выдать детям секундомеры, то можно разрешить им использовать секундомер, встроенный в телефон.

Стержень – твердый стержень длиной 10 – 40 см, диаметром 5-20 мм. В качестве стержня можно использовать карандаш или шариковую ручку.

Линейка – любая линейка, но лучше длиной 25 - 40 см.