МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ

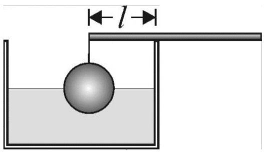
олимпиады школьников «ЛОМОНОСОВ» по физике

2015/2016 учебный год

Отборочный этап, 7-9 классы

Тест. Брусок в форме прямоугольного параллелепипеда имеет размеры 40×50×60 см. Найдите плотность ρ материала, из которого изготовлен брусок, если его масса $m =$ кг. Ответ приведите в г/см^3, округлив до одного знака после запятой.
Ответ: Варьируемый параметр m. Диапазон изменения от 100 до 200 кг с шагом 10 кг. Расчетная формула $\rho = \dfrac{m}{120}$. Контрольный пример: при m = 110 кг ответ ρ = 0,9 г/см^3.

1. Желая определить массу m шарика объёмом V = 0,5 см^3, ученик подвесил его на лёгкой нити к концу тонкого однородного стержня массой M = 4,5 г и длиной L = 5 см. После этого он положил стержень на край тонкостенной кюветы с водой так, чтобы в воду погрузилась ровно половина шарика. Оказалось, что стержень находится в равновесии, если длина отрезка стержня от точки крепления нити до края кюветы равна $l =$ см. Определите массу шарика, считая плотность воды равной ρ = 1 г/см^3. Ответ приведите в граммах, округлив до двух знаков после запятой.

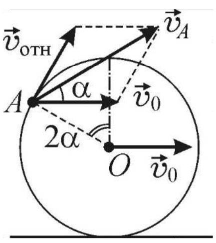


Решение. На шарик действует сила тяжести mg, архимедова сила $F_A = \frac{1}{2}\rho V g$ и сила натяжения нити T. Поскольку шарик находится в равновесии, то $T = mg - \frac{1}{2}\rho V g$. Сила тяжести Mg, действующая на стержень, приложена к середине стержня. Используя правило моментов, запишем условие равновесия стержня: $Mg\left(\frac{L}{2} - l\right) = Tl$. Из записанных равенств находим, что $m = \frac{1}{2}\rho V + M\left(\frac{L}{2l} - 1\right)$.

Ответ: $m = \frac{1}{2}\rho V + M\left(\frac{L}{2l} - 1\right)$. Варьируемый параметр l. Диапазон изменения от 1,5 до 2,4 см с шагом 0,1 см. Расчетная формула $m = \frac{11{,}25}{l} - 4{,}25$. Контрольный пример: при $l = 2$ см ответ m = 1,38 г.

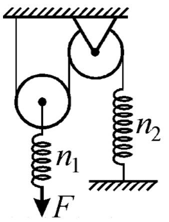
2. Автомобиль трогается с места и, двигаясь равноускоренно по прямому горизонтальному шоссе, мокрому от дождя, проходит первые $S =$ м пути за время τ = 10 с. Найдите скорость v капелек воды, которые отрываются в момент времени $t = \tau$ от поверхности шин автомобиля и летят в направлении его движения под углом α = 30° к горизонту. Считайте, что колеса автомобиля катятся по дороге без проскальзывания. Ответ округлите до одного знака после запятой.

Решение. Модуль перемещения автомобиля за первые τ секунд равен $S = a\tau^2/2$. Скорость движения автомобиля (поступательного движения оси колеса): $v_0 = a\tau$. В неподвижной системе отсчета скорость точек на поверхности колеса при качении без проскальзывания может быть найдена по закону сложения скоростей (см. рисунок). Линейная скорость $v_{отн}$ точек на поверхности колеса относительно движущейся системы отсчёта, связанной автомобилем (например, с осью его колеса) равна по модулю v_0. Скорости частиц, которые отрываются от поверхности колеса в точке A, равны $v_A = 2v_0\cos\alpha$, где α – угол, который вектор этой скорости составляет с горизонтом. В результате совместного решения уравнений получаем, что $v = v_A = 2\cdot\frac{2S}{\tau}\cdot\cos\alpha$.



Ответ: $v = \frac{4S}{\tau}\cos\alpha$. Варьируемый параметр S. Диапазон изменения от 50 до 150 м с шагом 10 м. Расчётная формула: $v = 0{,}346 \cdot S$ Контрольный пример: при S = 100 м ответ: v = 34,6 м/с.

3. Две пружинки, отрезанные от одной большой пружины, насчитывают соответственно $n_1 = 15$ и $n_2 = 20$ витков. Один конец первой пружинки соединен с осью подвижного блока, а другой ее конец свободен. Вторая пружинка прикреплена одним концом к неподвижной опоре, а другим – к нити, перекинутой через неподвижный и подвижный блоки и привязанной к потолку (см. рисунок). Когда к свободному концу первой пружины приложили некоторую силу, направленную вертикально вниз, он переместился на $\Delta l_0 =$ см. Какова сумма Δl возникших при этом растяжений обеих пружинок? Ответ приведите в сантиметрах, округлив до одного знака после запятой.



Решение. Силы упругости, возникающие в первой и второй пружинах, отличаются в 2 раза: $F_{\text{упр}1} = 2F_{\text{упр}2}$. Силы, растягивающие каждый виток этих пружин, тоже отличаются вдвое, значит, каждый виток первой пружины растягивается в 2 раза больше, чем каждый виток второй пружины. Поэтому $\frac{\Delta l_1}{n_1} = 2\frac{\Delta l_2}{n_2}$. Кроме того, $\Delta l_1 = \Delta l_0 - \frac{\Delta l_2}{2}$. Из записанных уравнений находим $\Delta l_1 = \frac{4n_1}{4n_1 + n_2}\Delta l_0$, $\Delta l_2 = \frac{2n_2}{4n_1 + n_2}\Delta l_0$ и $\Delta l = \frac{4n_1 + 2n_2}{4n_1 + n_2}\Delta l_0$.

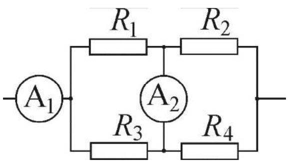
Ответ: $\Delta l = \frac{4n_1 + 2n_2}{4n_1 + n_2}\Delta l_0$. Варьируемый параметр Δl_0. Диапазон изменения от 6 до 22 см с шагом 2 см. Расчетная формула $\Delta l = 1{,}25 \cdot \Delta l_0$. Контрольный пример: при Δl_0 = 16 см ответ Δl = 20,0 см.

4. Выполняя лабораторную работу по физике, ученик восьмого класса изучал процессы установления теплового равновесия. Для этого он смешивал в калориметре разные количества воды, взятой при некоторой положительной температуре, и льда, находящегося при некоторой отрицательной температуре. Выяснилось, что если масса льда в $k =$ раз превышает массу воды, то спустя некоторое время в калориметре оказывается только лёд при нулевой температуре. Если же масса воды в 9 раз превышает массу льда, то после установления теплового равновесия содержимое калориметра представляет собой воду при нулевой температуре. При каком отношении n начальных масс льда и воды количество льда после установления теплового равновесия будет равно исходному его количеству? Ответ округлите до одного знака после запятой.

Решение. Пусть в калориметре смешивают воду массой m при температуре t и лёд массой M при температуре $-\tau$. После установления теплового равновесия в калориметре окажется только лёд при нулевой температуре, если выполнено соотношение $c_\text{в} mt + \lambda m = c_\text{л} M\tau$, где $c_\text{в}$ и $c_\text{л}$ – удельные теплоёмкости воды и льда соответственно, λ – удельная теплота плавления льда. Поскольку начальное количество льда, при котором это произойдет, составляет $M = k \cdot m$, из условия задачи следует уравнение $c_\text{в} t + \lambda = kc_\text{л}\tau$. В калориметре окажется вода при нулевой температуре, если выполнено равенство $c_\text{в} mt = \lambda M + c_\text{л} M\tau$. Учитывая, что это произойдет при $m = 9M$, получаем второе уравнение: $\lambda + c_\text{л}\tau = 9c_\text{в} t$. Решая записанную систему уравнений, находим $\frac{c_\text{в} t}{c_\text{л}\tau} = \frac{k+1}{10}$. Количество льда при тепловом равновесии будет равно исходному его количеству, если $c_\text{в} mt = c_\text{л} M\tau$, откуда $\frac{M}{m} = \frac{c_\text{в} t}{c_\text{л}\tau}$, то есть $\frac{M}{m} = \frac{k+1}{10}$.

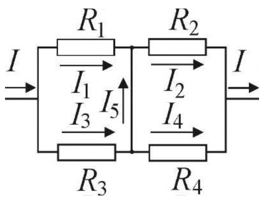
Ответ. $n = \dfrac{k+1}{10}$. Варьируемый параметр k. Диапазон изменения от 30 до 40 с шагом 1. Расчетная формула $n = \dfrac{k+1}{10}$. Контрольный пример: при $k = 35$ ответ $n = 3{,}6$.

5 В схеме, показанной на рисунке, использованы два идеальных амперметра A_1 и A_2. Отношение



силы тока, текущего через амперметр A_1, к силе тока, текущего через амперметр A_2, равно $n =$. Определите сопротивление резистора R_1, если сопротивления остальных резисторов равны: $R_2 = 2$ кОм, $R_3 = 3$ кОм, $R_4 = 4$ кОм. Ответ приведите в килоомах, округлив до двух знаков после запятой.

Решение. Пусть ток через амперметр A_2 течёт в сторону, показанную на рисунке. С учётом обо-



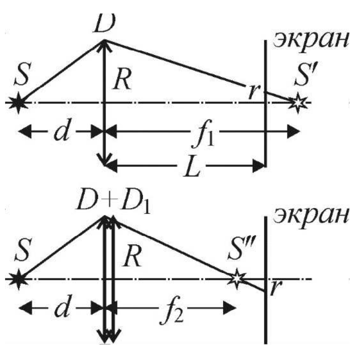
значений на рисунке имеем: $I = I_1 + I_3 = I_2 + I_4$, $I_1 + I_5 = I_2$, $I_3 = I_4 + I_5$. Поскольку амперметр A_2 по условию является идеальным, то $I_1 R_1 = I_3 R_3$, $I_2 R_2 = I_4 R_4$. Из записанных равенств находим, что $I_1 = I\dfrac{R_3}{R_1 + R_3}$, $I_2 = I\dfrac{R_4}{R_2 + R_4}$ и $I_5 = I_2 - I_1 = I \cdot \dfrac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}$. По условию $\dfrac{I}{I_5} = n$, откуда следует, что $R_1 = R_3 \cdot \dfrac{R_2 \cdot (n+1) + R_4}{R_4 \cdot (n-1) - R_2}$.

Замечание. Если выбрать направление тока I_5 в противоположную сторону, то получим, что $R_1 < 0$, а потому этот случай не имеет физического смысла.

Ответ: $R_1 = R_3 \cdot \dfrac{R_2 \cdot (n+1) + R_4}{R_4 \cdot (n-1) - R_2}$. Варьируемый параметр n. Диапазон изменения от 2 до 3 с шагом 0,1. Расчетная формула $R_1 = \dfrac{3n+9}{2n-3}$ Контрольный пример: при $n = 2{,}5$ ответ $R_1 = 8{,}25$ кОм.

6. Изображение диапозитива на экране, полученное с помощью проекционного аппарата, оказалось не очень резким. В частности, изображение точки на экране имело вид круга. Не изменяя положения объектива, вплотную к нему прижали собирающую линзу с фокусным расстоянием $F_1 =$ см. При этом размер изображения точки не изменился. Найдите оптическую силу D_x линзы, которую надо было прижать к объективу, чтобы изображение стало резким. Ответ приведите в диоптриях, округлив до одного знака после запятой.

Решение. Из условия задачи следует, что экран находится ближе к проектору, чем чёткое изобра-



жение диапозитива, иначе после установки добавочной линзы размер изображения точки увеличился бы. Ход лучей для первого и второго случаев, указанных в условии, изображен на рисунке, где введены следующие обозначения: D – оптическая сила объектива; $D_1 = 1/F_1$ – оптическая сила добавочной линзы; d – расстояние от диапозитива до объектива; f_1 и f_2 – расстояния от объектива до изображения; L – расстояние от объектива до экрана; R – радиус линзы и r – радиус пятна на экране. Из верхней и нижней частей рисунка видно, что $\dfrac{r}{R} = \dfrac{f_1 - L}{f_1} = \dfrac{L - f_2}{f_2}$. Отсюда $\dfrac{1}{f_1} + \dfrac{1}{f_2} = \dfrac{2}{L}$. Формула тонкой линзы, примененная для обоих случаев, дает $\dfrac{1}{d} + \dfrac{1}{f_1} = D$, $\dfrac{1}{d} + \dfrac{1}{f_2} = D + D_1$. Сложив эти равенства, получаем:

$\frac{2}{d}+\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}=2D+D_1$, или, с учетом ранее полученного соотношения, $2\left(\frac{1}{d}+\frac{1}{L}\right)=2D+D_1$. Изображение диапозитива на экране будет резким, если выполняется равенство $\frac{1}{d}+\frac{1}{L}=D+D_x$. Сопоставив последние два выражения, получаем, что $D_x=\frac{D_1}{2}=\frac{1}{2F_1}$.

Ответ: $D_x=\frac{1}{2F_1}$. Варьируемый параметр F_1. Диапазон изменения от 10 до 20 см с шагом 1 см. Расчётная формула: $D_x=\frac{50}{F_1}$. Контрольный пример: при F_1 = 10 см ответ D_x = 5 дптр.

Критерии оценки работ для учащихся 7-х – 9-х классов

Задача	**Оценка (в баллах)**
Тест	5
1	15
2	15
3	15
4	15
5	15
6	20
Итого:	100

2015/2016 учебный год

КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЁРОВ[2]

олимпиады школьников

«ЛОМОНОСОВ»

по физике

7-9 классы

ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ:

Нет победителей.

ПРИЗЁР:

*От **40** баллов до **100** баллов включительно.*

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ (диплом I степени):

Нет победителей.

ПРИЗЁР (диплом II степени):

*От **98** баллов до **100** баллов включительно.*

ПРИЗЁР (диплом III степени):

*От **87** баллов до **89** баллов включительно.*

[2] *Утверждены на заседании жюри олимпиады школьников «Ломоносов» по физике*