

**A1.** В курсе физике часто встречаются такие величины, для описания которых достаточно знать только численные значения. Например: масса, время, длина. Величины, которые характеризуются только числовым значением, называются **скалярными** или **скалярами**.

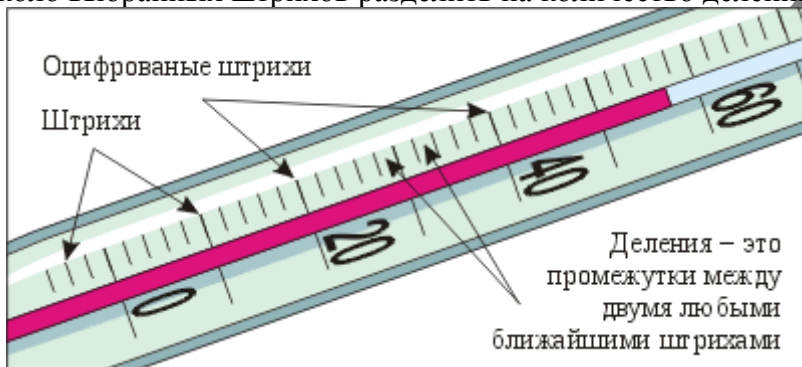
Кроме скалярных величин, используются величины, которые имеют и числовое значение и направление. Например: скорость, ускорение, сила. Величины, которые характеризуются числовым значением и направлением, называются **векторными** или **векторами**.

Теперь самостоятельно определите, у какой из величин есть направление, а для какой (она будет одна по условию задания) – нет.

**Ответ: 3.**

**A2.** Чтобы подсчитать цену делений шкалы измерительного прибора, нужно:

- выбрать на шкале два ближайших оцифрованных штриха;
- сосчитать количество делений между ними;
- разность значений около выбранных штрихов разделить на количество делений.



На этом рисунке изображён термометр, у которого цена деления равна:  $\frac{20^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}}{10 \text{ деления}} = 2 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{деление}}$ .

В задаче из теста цена деления равна

$$\frac{20 \text{ мл} - 0 \text{ мл}}{2 \text{ деления}} = 10 \frac{\text{мл}}{\text{деление}}$$

Погрешность равна половине цены деления, то есть  $5 \frac{\text{мл}}{\text{деление}}$ , значит, правильный ответ 2.

**Ответ: 2.**

**A3.** Один из самых сложных и важных разделов физики – «Кинематика». Этот раздел размещен в свободном доступе у меня на сайте [www.repet.by](http://www.repet.by). Обязательно скачайте и внимательно разберите эту тему.

Перед тем как решать задачу вспомним теорию.

Перемещаясь с течением времени из одной точки в другую, тело (материальная точка) описывает в данной системе отсчета некоторую линию, которую называют **траекторией движения тела**.

**Перемещением**  $\vec{S}$  тела называют направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его конечным положением (см. рисунок). **Перемещение есть векторная величина**. Перемещением может

в процессе движение увеличиваться, уменьшаться и становится равным нулю. Например, Вы сегодня утром были дома. Потом пошли в школу. При этом перемещение Вашего тела увеличивалось. Потом Вы вернулись домой. В процессе возвращения домой перемещение Вашего тела уменьшалось. Когда Вы пришли домой перемещение стало равно нулю.

**Пройденный путь**  $L$  равен длине траектории, пройденной телом за некоторое время  $t$ . **Путь – скалярная величина**.

**Путь не может уменьшаться! ПУТЬ ВСЕГДА ТОЛЬКО РАСТЕТ.** Например, пробег автомобиля не уменьшится или не станет равным нулю, если автомобиль вернется на завод-изготовитель.

При движении тела по криволинейной траектории модуль вектора перемещения всегда меньше пройденного пути.

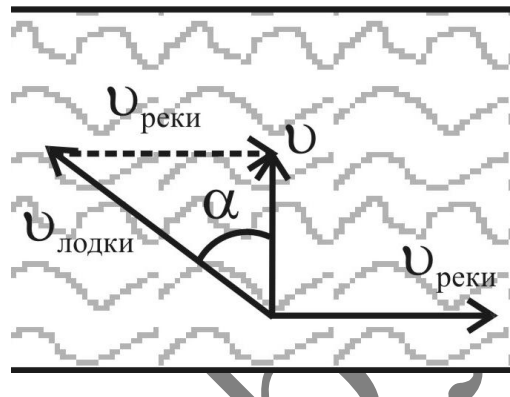
В задаче нас просят найти пройденный камнем путь. Камень поднялся на высоту 4 метра. Очевидно, что падая вниз, он пройдет точно такой же путь. Следовательно, весь путь камня будет равен 8 метров.



При этом перемещение камня будет равно нулю, так как камень вернулся в исходную точку пути.

**Ответ: 5.**

**A4.** По условию задачи сказано, что лодка плывет **ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО берегу** (то есть лодочник хочет попасть в точку, которая расположена напротив на противоположной стороне реки). Следовательно, скорость лодки  $v$  относительно **БЕРЕГА** надо будет находить при помощи теоремы Пифагора из прямоугольного треугольника, образованного скоростью лодки относительно воды  $v_{\text{лодки}}$  (собственной скоростью лодки или скоростью лодки в стоячей воде, например, в озере), скоростью течения  $v_{\text{реки}}$  и скоростью лодки относительно берега  $v$  (смотрите рисунок). Скорость лодки относительно берега будет равна



$$v^2 = \sqrt{v_{\text{лодки}}^2 - v_{\text{реки}}^2}$$

Следовательно, время переправы будет равно

$$t = \frac{l}{v} = \frac{l}{\sqrt{v_{\text{лодки}}^2 - v_{\text{реки}}^2}} = \frac{90}{\sqrt{2,5^2 - 1,5^2}} = 45 \text{ с.}$$

**Ответ: 1.**

**A5.** Вспоминаем закон всемирного тяготения. **Все тела притягиваются друг к другу с силами, прямо пропорциональными их массам и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними**

$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ . Такая запись закона всемирного тяготения справедлива для материальных точек,

однородных шаров и сфер, для которых расстояние  $r$  измеряется между центрами. В случае шара и материальной точки  $r$  – расстояние между центром шара и материальной точкой.

Коэффициент пропорциональности  $G$  одинаков для всех тел в природе. Его называют **гравитационной постоянной**. В системы СИ он равен  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ .

По условию силы притяжения шаров в обоих случаях равны:

$$F_A = F_C.$$

Откуда получим

$$G \frac{m_A \cdot m_A}{S_1^2} = G \frac{m_C \cdot m_C}{S_2^2} \Rightarrow \frac{(m_A)^2}{S_1^2} = \frac{(m_C)^2}{S_2^2}$$

Извлечем корень из правой и левой части равенства, а так же вспомним, что масса тела равна произведению плотности тела на его объём, то есть  $m = \rho V$ . Получим

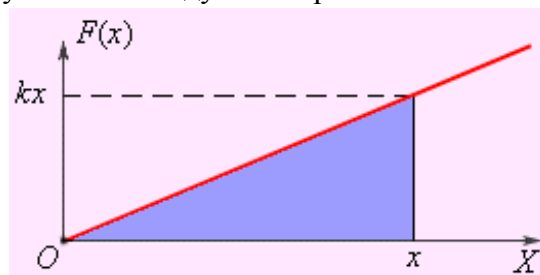
$$\rho_A \frac{V}{S_1} = \rho_C \frac{V}{S_2} \Rightarrow S_1 = S_2 \frac{\rho_A}{\rho_C} = 18 \text{ (м)}.$$

Мы учли, что по условию размеры шаров (объёмы) одинаковы.

**Ответ: 1.**

**A6.** Работой, совершаемой постоянной силой  $F$  называется физическая величина, равная произведению модулей силы и перемещения, умноженному на косинус угла  $\alpha$  между векторами силы  $F$  и перемещения  $S$ , то есть  $A = FS \cos \alpha$ .

Если сила меняется (увеличивается или уменьшается) в ходе движения, то работа силы находится немного по-другому. Примером силы, модуль которой зависит от координаты (перемещения) тела, может служить сила упругости пружины, подчиняющаяся закону Гука. Для того чтобы растянуть пружину, к ней нужно приложить внешнюю силу  $F$ , модуль которой пропорционален удлинению пружины. Зависимость модуля внешней силы от координаты  $x$  (растяжения пружины) изображается на графике прямой линией.



**Площадь под графиком зависимости силы от перемещения равна совершенной силой работе.** На данном чертеже работа равна площади треугольника.

В задаче из теста нам необходимо просто сравнить площади под графиком. Очевидно, что наибольшая площадь будет на участке АВ.

**Ответ: 2.**

**A7.** В этой задаче мы имеем дело с сообщающимися сосудами. Только они не в том виде, в котором мы привыкли их видеть.

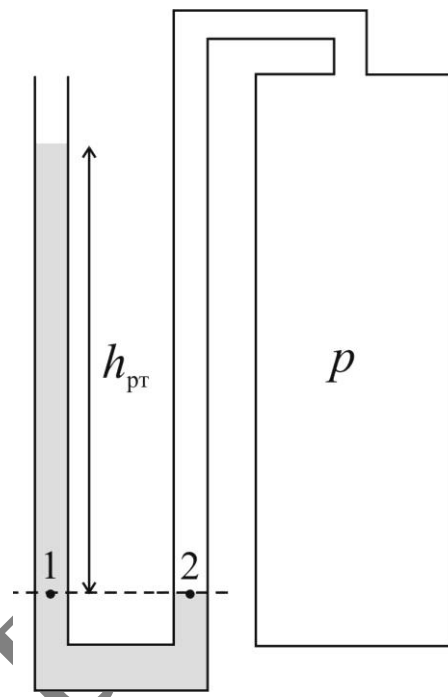
Условие равновесия жидкости в сообщающихся сосудах заключается в равенстве давлений, измеренном на одном горизонтальном уровне в сосудах. Сделаем пояснительный рисунок.

В точке 2 давление создаёт газ из баллона. Согласно закону Паскаля, давление, производимое на покоящийся газ (или жидкость), передается в любую точку газа (или жидкости) одинаково по всем направлениям. Следовательно, если мы найдем давление в точке 2, то мы найдем давление, под которым находится газ.

На уровне, показанном пунктирной линией, давления в точках 1 и 2 будут одинаковы. В точке 1 давление будет состоять из давления, оказываемого столбиком ртути и давления атмосферы. Оно будет равно

$$p_2 = p_1 = p_A + \rho g h_{\text{рт}} = 100 \cdot 10^3 + 13600 \cdot 10 \cdot 0,5 = 168000 = 168 \text{ кПа}$$

**Ответ: 4.**



**A8.** Так как процесс изобарный, то уравнение состояния идеального газа запишется в следующем виде

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

По условию температура увеличилась на 3 К. Следовательно

$$T_2 = T_1 + 3.$$

Если бы по условию задачи температура увеличилась на 3 °С, то все равно бы  $T_2 = T_1 + 3$ , так как изменение температуры по шкале Цельсия равно изменению температуры по шкале Кельвина.

По условию задачи объем газа увеличился на 1%, то есть к данному объему добавилась еще одна сотая этого объема

$$V_2 = V_1 + \frac{1}{100} V_1 = 1,01 V_1$$

Подставим  $V_2$  и  $T_2$  в уравнение состояния. Получим

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{1,01 V_2}{T_1 + 3} \Rightarrow \frac{1}{T_1} = \frac{1,01}{T_1 + 3} \Rightarrow T_1 + 3 = 1,01 T_1 \Rightarrow T_1 = 300 \text{ К или } 27 \text{ °С.}$$

**Ответ: 2.**

**A9. Психрометр** (др.-греч. ψυχρός – холодный) – прибор для измерения влажности воздуха и его температуры.

Простейший психрометр состоит из двух независимых термометров, один из которых используется как сухой термометр, а другой – как влажный. Влажный термометр обернут хлопчатобумажной тканью, которая обмазнута в сосуде с водой. Благодаря протекающему воздушному потоку и, как следствие, испарению, поверхность увлажнённого термометра охлаждается. Одновременно измеряется температура окружающего воздуха с помощью второго термометра (температура сухого термометра). Полученная таким образом разность температур является мерой относительной влажности – количества влаги, находящейся в воздухе относительно максимально возможного при данной температуре.

По таблице находим строку с температурой  $t_0$  сухого термометра. В нашем случае это вторая строка. Разность показаний сухого и влажного термометров 3 °С. Находим соответствующий столбец. Искомая влажность 71%.

**Ответ: 5.**

**A10.** Электрические заряды взаимодействуют друг с другом. Потенциальная энергия взаимодействия двух точечных электрических зарядов рассчитывается по формуле

$$W = k \frac{q_1 q_2}{r}$$

Потенциальная энергия системы из трёх зарядов будет равна

$$W = k \frac{q_1 q_2}{a} + k \frac{q_2 q_3}{a} + k \frac{q_1 q_3}{a} = \frac{k}{a} (q_1 q_2 + q_2 q_3 + q_1 q_3)$$

**ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ НА ОТСУТСТВИЕ МОДУЛЕЙ У ЗАРЯДОВ В ФОРМУЛЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ!!!** Поэтому для разноименных зарядов энергия взаимодействия имеет отрицательное значение.

Подставим числа и вычислим

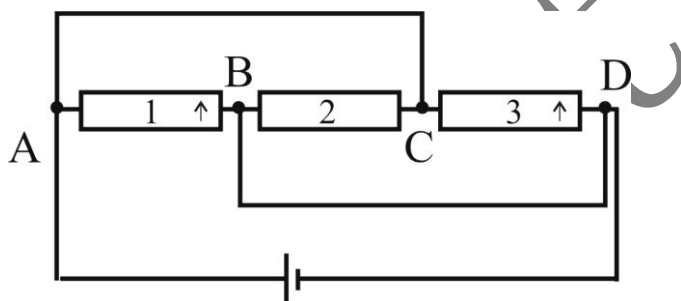
$$W = \frac{9 \cdot 10^9}{0,3} (2 \cdot (-1) + (-1) \cdot 3 + 2 \cdot 3) \cdot 10^{-18} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ Дж}$$

**Ответ: 2.**

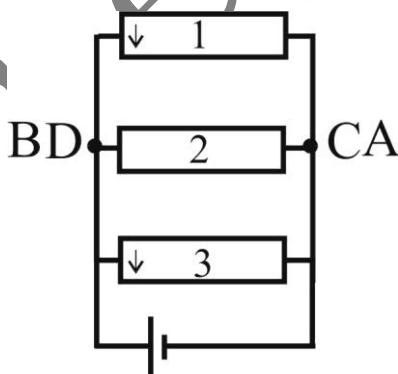
**A11.** Северный полюс стрелки притянется к южному полюсу магнита. Очевидно, что делать он это будет по кратчайшему пути, то есть повернется по часовой стрелке на 90 градусов.

**Ответ: 4.**

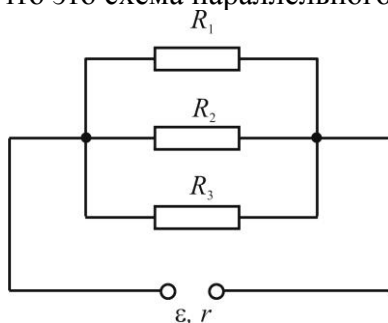
**A12.** Перерисуем схему.



и получим



На самом деле у нас самое простое параллельное соединение проводников. Если для Вас это неочевидно - надо просто запомнить, что это схема параллельного соединения трёх проводников.



Так как сопротивления у всех резисторов одинаковы, то внешнее сопротивление цепи будет равно

$$R_0 = \frac{R_1}{3}$$

Согласно закона Ома для полной цепи, сила тока будет равна

$$I = \frac{\varepsilon}{R_0 + r} = \frac{\varepsilon}{\frac{R_1}{3} + r} = 3 \text{ А.}$$

**Ответ: 3.**

**A13.** Собственный магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий контур или катушку с током, пропорционален силе тока  $I$

$$\Phi = LI.$$

При этом, энергия  $W$  магнитного поля катушки с индуктивностью  $L$ , создаваемого током  $I$ , равна

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

Выразим индуктивность контура  $L$  тока и подставим в формулу для потока. Получим

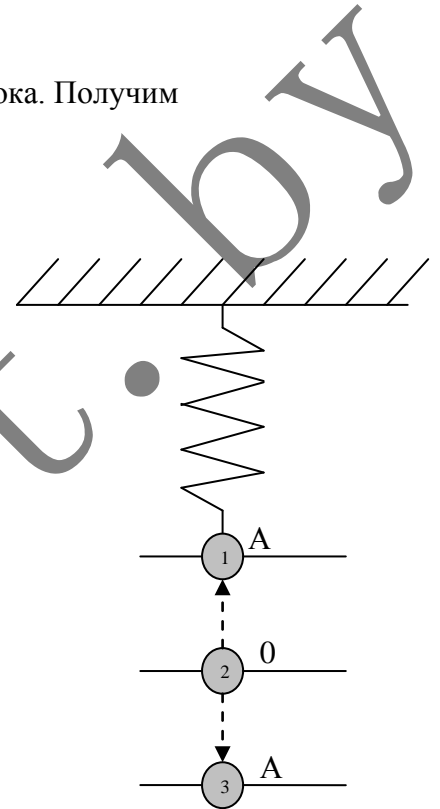
$$\Phi = LI = \frac{2W}{I^2} I = \frac{2W}{I} = 0,4 \text{ Вб.}$$

**Ответ: 3.**

**A14.** Напомним, что амплитуда колебаний это максимальное расстояние, на которое отклоняется тело от положения равновесия при колебательном движении. В нашей задаче расстояние от верхнего крайнего положения до нижнего крайнего есть ни что иное, как двойная амплитуда колебаний (обратите внимание на рисунок).

Следовательно, амплитуда колебаний равна 20 см. Теперь разберемся с периодом. Период колебаний это время, за которое совершается одно полное колебание. То есть, если тело находится в положении 1, то оно должно дойти до положения 3 и вернуться обратно в 1. По условию задачи, нам дано время, за которое тело проходит расстояние от 1 до 3. Следовательно, нам дано время равное половине периода. Значит, период равен 4 секунды. Но нас спрашивают про частоту. Частота колебаний – величина обратная периоду  $\nu = \frac{1}{T}$ . Следовательно, частота равна 0,25 Гц.

**Ответ: 1.**



**A15.** Для первого случая получаем

$$T_1 = \frac{\lambda_1}{c} = \frac{150 \text{ м}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 50 \cdot 10^{-8} \text{ м,}$$

где  $c$  – скорость света в вакууме. Для второго случая все проще

$$T_2 = \frac{1}{\nu_2} = \frac{1}{4 \cdot 10^6 \text{ Гц}} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 25 \cdot 10^{-8} \text{ м.}$$

Теперь вспомним формулу Томсона, которая связывает период электромагнитных волн излучаемых колебательным  $LC$ -контуром с индуктивностью  $L$  и емкостью конденсатора  $C$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \text{ откуда } C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}$$

Так как период колебаний уменьшился в два раза, то ёмкость контура уменьшится в 4 раза.

**Ответ: 1.**

**A16.** Скорость волны  $v$  определяется свойствами среды, в которой происходят колебания, и не зависит от свойств источника колебаний, а частота определяется частотой колебаний  $\nu$  источника волн и не зависит от свойств среды. Поэтому волны одной и той же частоты имеют различную длину в разных средах.

При переходе электромагнитной волны из вакуума в другую среду, скорость волны уменьшается в количество раз, равное показателю преломления среды  $n$ . **ПРИ ЭТОМ ЧАСТОТА ВОЛНЫ НЕ МЕНЯЕТСЯ!!!**

При переходе волны из воды в воздух, то есть из среды с большим показателем преломления в среду с меньшим показателем преломления, скорость волны увеличится.

Осталось разобраться с длиной волны

$$\lambda = \frac{v}{\nu}.$$

Частота волны не меняется, а скорость увеличивается. Следовательно, и длина волны увеличивается.

**Ответ: 4.**

**A17.** Согласно второму постулату Бора «при переходе атома из одного стационарного состояния с энергией  $E_n$  в другое стационарное состояние с энергией  $E_m$  излучается или поглощается квант, энергия которого равна разности энергий стационарных состояний  $h\nu_{nm} = E_n - E_m$ ». При этом надо помнить, что при поглощении кванта, энергия атома увеличивается (на рисунке увеличение энергии атома изображается направленной вверх стрелкой).

Так как частота кванта равна  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ , то  $\frac{hc}{\lambda} = E_n - E_m$

Из этого соотношения следует, что длина волны будет максимальной в случае минимальной разности энергий. Из рисунка очевидно, что минимальной разности энергий соответствует 4-й переход.

**Ответ: 4.**

**A18.** Так как на рисунке представлены графики зависимости количества **НЕРАСПАВШИХСЯ** ядер от времени, то из них видно, что **МЕДЛЕННЕЙ** всего распадается 5-й элемент, а быстрее всего – первый. Значит, у пятого элемента будет **НАИМЕНЬШЕЕ** количество **РАСПАВШИХСЯ** ядер.

**Ответ: 5**

**B1.** Свяжем систему отсчета с автобусом. В ней он покоится, а легковушка движется с начальной скоростью

$$v'_0 = v_0 - v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

В этой системе отсчета легковушка должна остановиться, чтобы не удариться об автобус. Находим путь легковушки до остановки. Он состоит из двух слагаемых:  $v'_0 \Delta t$ , учитывающего время реакции водителя

и  $\frac{(v'_0)^2}{2a}$ , учитывающего путь при торможении до остановки. Важно отметить, что ускорение машины в

обеих системах отсчета одинаково! Это так, поскольку системы отсчета движутся друг относительно друга равномерно и прямолинейно. Тогда в этой системе отсчета путь машина до остановки есть

$$S = v'_0 \Delta t + \frac{(v'_0)^2}{2a} = 19 \text{ м}.$$

А поскольку в этой системе отсчета автобус покоится, то эта величина и есть искомая дистанция.

**Ответ: 19.**

**B2.** Имеем:

$$F = ma,$$

где  $F$  – сила тяги двигателя автомобиля. Ускорение найдем из кинематики:

$$S = \frac{a \Delta t^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2S}{\Delta t^2}.$$

А далее вспомним небольшой кусочек теории.

### **Средняя и мгновенная мощность.**

По определению мощность есть скорость совершения работы

$$P = \frac{A}{\Delta t}.$$

Если в задаче говорится о мощности за какое-то время, то речь идет о средней мощности

$$\langle P \rangle = \frac{A}{\Delta t} = \frac{F \Delta r \cos \alpha}{\Delta t} = F \cos \alpha \frac{\Delta r}{\Delta t} = F \langle v \rangle \cos \alpha.$$

Понять, что речь идет о средней мощности, просто. В условии задачи будет требоваться найти мощность на участке пути или мощность за какое-то время. Например, мощность самолета за время

разгона, мощность силы тяжести за пятую секунду падения тела, мощность гоночного автомобиля на первых 100 м пути, мощность станка за сутки работы.

Если речь идет о мощности в данный момент времени, то это мгновенная мощность. Она равна

$$P = Fv \cos \alpha,$$

где  $v$  – скорость тела в данный момент времени, а  $\alpha$  – угол между силой и скоростью.

В задаче на мгновенную мощность будет идти речь о мощности в какой-то момент времени или в какой-то точке траектории, например, мощность самолета в момент отрыва от земли, мощность силы тяжести в конце пятой секунды падения тела, мощность гоночного автомобиля при пересечении финишной черты.

Если тело движется с постоянной скоростью, то мгновенная и средняя мощности равны!

У нас спрашивают мощность в конце седьмой секунды. Это мгновенная мощность. Она равна

$$P = Fv \cos 0 = Fv.$$

Не сделайте часто встречающуюся ошибку! Не напишите, что  $v = \frac{S}{\Delta t}$ ! Так Вы найдете среднюю скорость машины, ведь она движется с ускорением.

На самом деле при равноускоренном движении  $S = \frac{v + v_0}{2} \Delta t$ , откуда, с учетом того, что  $v_0 = 0$ , получаем:

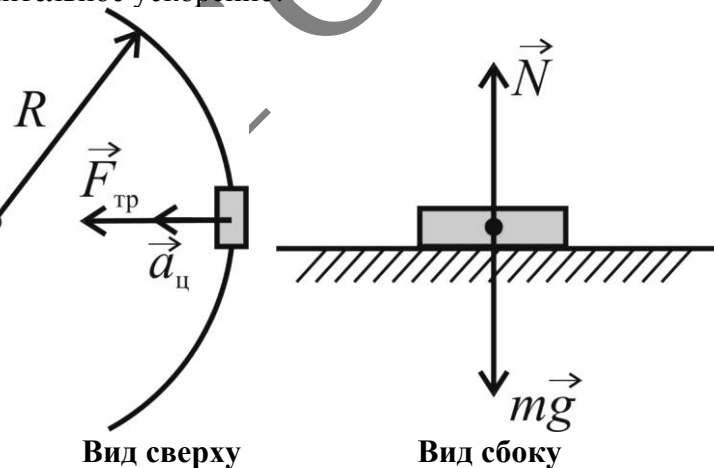
$$v = \frac{2S}{\Delta t}.$$

И окончательно

$$P = Fv = mav = m \frac{2S}{\Delta t^2} \frac{2S}{\Delta t} = \frac{4mS^2}{\Delta t^3} = 80 \text{ кВт}.$$

Ответ: 80.

**В3.** Изобразим силы, действующие на автомобиль. Вспомним, что **при повороте по горизонтальной дороге сила трения всегда направлена к центру поворота**, именно эта сила и заставляет машину поворачивать. Не забудьте, что, **несмотря на то, что по условию «автомобиль движется равномерно», он движется с ускорением**, потому что при повороте он вращается по окружности, значит, имеет центростремительное ускорение!



Спроецируем силы на горизонтальную и вертикальную оси. Имеем:

$$\begin{cases} F_{\text{тр}} = ma, \\ N - mg = 0. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mu N = ma, \\ N = mg. \end{cases} \Rightarrow \mu g = a = \frac{v^2}{S},$$

откуда

$$v = \sqrt{\mu g S} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

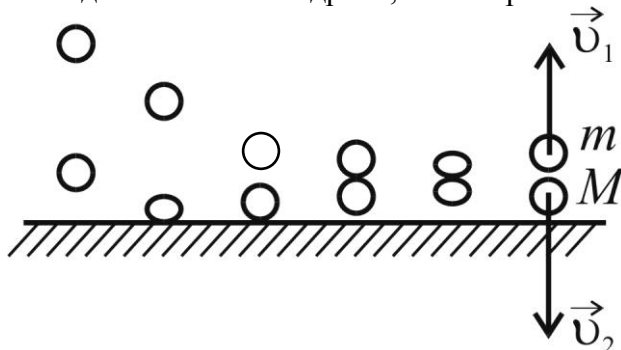
Ответ: 10.

**В4.** В этой задаче Вы должны догадаться до многих вещей. Во-первых, поскольку шарики падают с одинаковой высоты и имеют малые радиусы, то при подлете к тяжелой плите у них будет одинаковая скорость  $v = \sqrt{2gH}$ . Во-вторых, нижний шар ударится о плиту раньше, чем верхний шарик ударится о

него. В результате, поскольку плита очень тяжелая, то нижний шарик отскочит от нее с такой же по модулю скоростью  $v = \sqrt{2gH}$ , но направленной вверх.

В-третьих, сразу после отскока от плиты нижний шарик встретит верхний шарик, летящий ему навстречу с такой же скоростью  $v = \sqrt{2gH}$ . Далее между шариками произойдет абсолютно упругий центральный удар.

На рисунке Вы видите шесть последовательных «кадров», на которых изображены шарик.



Поскольку время удара очень мало (по условию), то сила тяжести не успеет изменить импульс системы, и к ней можно применять законы сохранения импульса и энергии. Запишем их:

$$\begin{cases} -mv + Mv = mv_1 - Mv_2, \\ \frac{mv^2}{2} + \frac{Mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mv_2^2}{2}. \end{cases}$$

Здесь  $v_1$  и  $v_2$  – скорости верхнего и нижнего шаров после удара. Мы наугад предположили, что после удара верхний шарик полетит вверх, а нижний – вниз. Ничего страшного, если мы ошиблись, мы просто получим скорость соответствующего шарика со знаком минус.

При решении систем уравнений на абсолютно упругий удар следуйте двум советам: ни в коем случае нельзя приводить подобные слагаемые в начальной системе, ни в коем случае нельзя выражать из одного уравнения одну неизвестную и подставлять в другое уравнение. Надо в каждом уравнении перенести слагаемые, касающиеся одного тела, влево, а другого тела – вправо.

Имеем:

$$\begin{cases} m(v + v_1) = M(v + v_2), \\ m(v^2 - v_1^2) = M(v_2^2 - v^2). \end{cases}$$

Далее нужно разделить нижнее уравнение на верхнее (если Вы все сделали верно, что должны увидеть разность квадратов):

$$\begin{cases} m(v + v_1) = M(v + v_2), \\ v - v_1 = v_2 - v. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0,3(v + v_1) = 0,5(v + v_2), \\ 2v = v_2 + v_1. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2v = 3v_1 - 5v_2, \\ 2v = v_2 + v_1. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1 = \frac{3}{2}v, \\ v_2 = \frac{1}{2}v. \end{cases}$$

Мы угадали с направлением скоростей. Теперь Вы должны понять, что  $v_1$  – это начальная скорость легкого шарика при движении вверх. Поскольку удар был очень коротким, то шарик все еще находится у поверхности земли, поэтому максимальная высота, на которую поднимется легкий шар, будет равна

$$h = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{9v^2}{4 \cdot 2g} = \frac{9 \cdot 2gH}{4 \cdot 2g} = \frac{9}{4}H = 9 \text{ м.}$$

Ответ: 9.

**В5.** Когда в сосуде находится смесь газов, то каждый из них занимает весь объем сосуда. А давление смеси по закону Дальтона есть сумма парциальных давлений газов, входящих в смесь (парциальное давление – это давление одного из газов смеси в данном сосуде, в отсутствие других газов).

Запишем для каждого газа уравнение Клапейрона-Менделеева. Получим:



$$\begin{cases} p_1 V = \frac{m_1}{M_1} RT, \\ p_2 V = \frac{m_2}{M_2} RT. \end{cases}$$

Сложим уравнения, получим  $(p_1 + p_2)V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right)RT$ .

Но по закону Дальтона давление смеси есть  $p = p_1 + p_2$ , то есть  $pV = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right)RT$ .

Отсюда находим объем сосуда:  $V = \frac{\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right)RT}{p}$ .

Тогда плотность смеси есть  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_1 + m_2}{V} = \frac{(m_1 + m_2)p}{\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right)RT} \approx 500 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ .

Надеюсь, Вы не забыли перевести градусы Цельсия в градусы Кельвина!  
 Ответ: 500.

**В6.** Поскольку пакет упакован герметично, то масса воздуха в нем постоянна, тогда для воздуха выполняется универсальный газовый закон:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}.$$

В нашем случае  $V_1 = 3V_2$ . Тогда  $\frac{3p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ . Первоначальное давление воздуха равно атмосферному

$p_1 = p_0$ , а конечное есть сумма давления атмосферы и гидростатического давления воды  $p_2 = p_0 + \rho gh$ .  
 Здесь важно не потерять, что на глубине кроме давления воды надо учитывать и атмосферное давление!

Тогда  $\frac{3p_0}{T_1} = \frac{p_0 + \rho gh}{T_2}$ , откуда

$$h = \frac{p_0(3T_2 - T_1)}{\rho g T_1} \approx 18 \text{ м.}$$

Ответ: 18.

**В7.** Разберемся с тепловыми процессами, происходящими в сосуде. Вода будет нагреваться от температуры  $t = 0^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ . При этом она поглощает количество теплоты  $Q_1 = cm(t_2 - t)$ . Что происходит с паром, вообще говоря, неизвестно. **СОСТАВИТЕЛИ ТЕСТОВ ЗАБЫЛИ УКАЗАТЬ, ЧТО ДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ НОРМАЛЬНОЕ (100 КПА), А ПРИ НОРМАЛЬНОМ ДАВЛЕНИИ ПАР КОНДЕНСИРУЕТСЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ  $100^\circ\text{C}$ . ПРИ ДРУГОМ ДАВЛЕНИИ И ТЕМПЕРАТУРА КОНДЕНСАЦИИ ДРУГАЯ.**

Итак, будем считать, что пар сразу начинает конденсироваться. **Важно не забыть, что при фазовых переходах, связанных с изменением агрегатного состояния вещества (плавление, кристаллизация, парообразование и конденсация) температура остается неизменной!** Тогда пар конденсируется при постоянной температуре  $100^\circ\text{C}$ , из него получается равное количество воды, которая остывает до температуры  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ . При конденсации пара выделяется количество теплоты  $Q_2 = Lm_1$ , а при остывании воды, получившейся из пара, выделяется количество теплоты  $Q_3 = cm_1(t_1 - t_2)$ . Поскольку сосуд теплоизолированный, то потери теплоты отсутствуют, и для системы выполняется уравнение теплового баланса, то есть количество отданной теплоты равно количеству поглощенной теплоты:

$$Q_{\text{отд}} = Q_{\text{полг}} \Rightarrow Q_2 + Q_3 = Q_1 \Rightarrow Lm_1 + cm_1(t_1 - t_2) = cm(t_2 - t).$$

Отсюда выражаем изначальную температуру холодной воды:

$$t = \frac{cmt_2 - Lm_1 - cm_1(t_1 - t_2)}{cm} \approx 20^\circ \text{C}.$$

Ответ: 20.

**В8.** Изобразим рисунок. На шарик в масле действуют сила тяжести, сила Архимеда (важно про нее не забыть!) и кулоновская сила со стороны поля. Поскольку шарик находится во взвешенном состоянии, то эти силы взаимно скомпенсированы, то есть:

$$mg = F_A + F_K.$$

Важно вспомнить, что в диэлектрике напряженность внешнего электростатического поля уменьшается в  $\epsilon$  раз. Тогда

$$mg = \rho_1 g V + \frac{qE}{\epsilon} \Rightarrow \rho_2 g V = \rho_1 g V + \frac{qE}{\epsilon}.$$

Объем шарика равен  $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{\pi d^3}{6}$ . Тогда  $\rho_2 g \frac{\pi d^3}{6} = \rho_1 g \frac{\pi d^3}{6} + \frac{qE}{\epsilon}$ .

Отсюда выражаем напряженность внешнего поля:

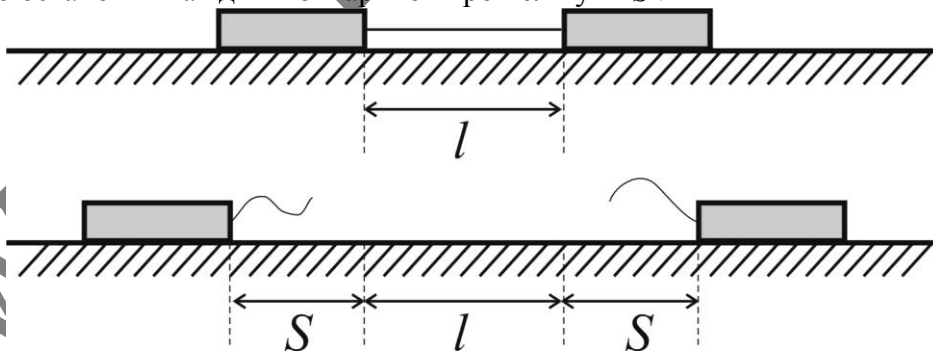
$$E = \frac{\pi\epsilon(\rho_2 - \rho_1)gd^3}{6q} \approx 110 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}.$$

Ответ: 110.

**В9.** Первое, что приходит в голову, это то, что после пережигания нити шарики приходят в движение. На самом ли деле это так? Проверим. В начальный момент на каждый из шариков действует кулоновская сила  $F = \frac{kq^2}{l^2} = 0,1$  Н. Со стороны поверхности на каждый шарик действует сила трения

$F_{\text{тр}} = \mu mg = 0,03$  Н. Поскольку кулоновская сила больше силы трения, то шарики на самом деле придут в движение. Масса шариков равны, поэтому они в любой момент времени будут иметь одинаковые по модулю скорости, будут всегда двигаться с одинаковыми по модулю ускорениями.

По мере удаления шариков друг от друга действующая на них кулоновская сила будет убывать, а сила трения будет оставаться постоянной. Поэтому ускорение шариков будет становиться меньше. В некоторый момент они достигнут максимальной скорости и начнут замедляться, потому что сила трения превысит кулоновскую. Наконец, шарики одновременно остановятся. Запишем закон сохранения и превращения энергии для начального состояния системы и для момента остановки шариков. Пусть до остановки каждый из шариков прошел путь  $S$ .



Тогда в момент остановки расстояние между ними равно  $R = l + 2S$ . Тогда по закону сохранения энергии с учетом силы трения

$$\frac{kq^2}{l} = \frac{kq^2}{l + 2S} + 2\mu mgS.$$

Слагаемое  $2\mu mgS$  учитывает работу по преодолению силы трения, совершенную каждым из шариков. Наверное, это уравнение проще решать, подставив численные данные:

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-12}}{0,3} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-12}}{0,3 + 2S} + 0,06S \Rightarrow 0,03 = \frac{0,009}{0,3 + 2S} + 0,06S,$$

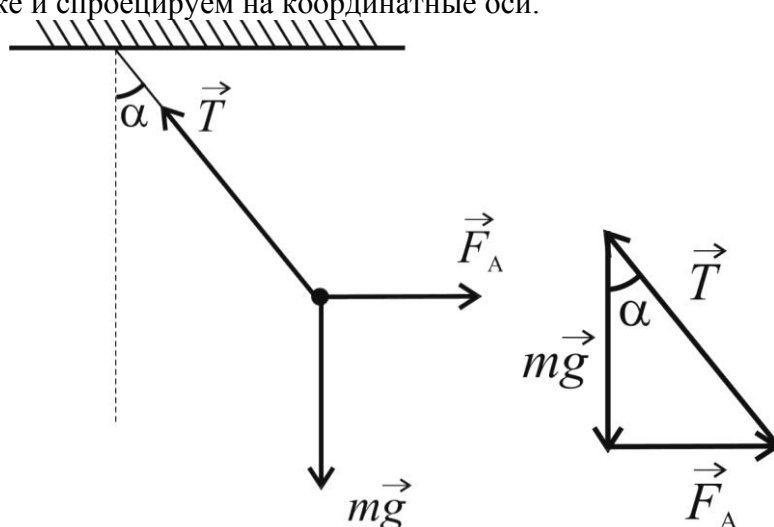
$$0,009 + 0,06S = 0,009 + 0,018S + 0,12S^2 \Rightarrow 0,06S = 0,018S + 0,12S^2,$$

$$0,042S = 0,12S^2 \Rightarrow S = 0 \text{ или } S = 0,35 \text{ м}.$$

Первый ответ, конечно, не представляет для нас интереса. Тогда каждый заряд при движении пройдет путь  $S = 35$  см.

Ответ: 35.

**В10.** На проводник с током будут действовать сила тяжести, сила Ампера и две силы натяжения нити. Изобразим их на рисунке и спроецируем на координатные оси.



Направление силы Ампера определим по правилу левой руки. Получим:

$$\begin{cases} T \cos \alpha = mg, \\ T \sin \alpha = F_A. \end{cases}$$

Разделив одно уравнение на другое, получим

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_A}{mg}.$$

**ОЧЕНЬ ЧАСТО В ЭТОМ МЕСТЕ ДОПУСКАЮТ ОШИБКУ!** Силу Ампера ошибочно расписывают по формуле  $F_A = BIl \sin \alpha$ . Но в такой формуле  $\alpha$  – это не тот угол, который дан в условии задачи, а угол между направлениями тока и магнитной индукции. В нашем случае в формуле для силы Ампера угол равен  $90^\circ$  (проводник горизонтален, а поле вертикально). Поэтому  $F_A = BIl$ . Тогда

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BIl}{mg},$$

откуда

$$I = \frac{mgtg\alpha}{Bl} = 5 \text{ А}.$$

Ответ: 5.

**В11.** В этой задаче надо обязательно вспомнить, что, если во внешней цепи выделяется максимальная мощность, то сопротивление внешней цепи равно внутреннему сопротивлению источника тока  $R = r$ . Тогда выделяющаяся во внешней цепи максимальная мощность есть

$$P_{\max} = I^2 R = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} R = \frac{\varepsilon^2}{(r+r)^2} r = \frac{\varepsilon^2}{4r}.$$

По условию вся выделяющаяся теплота идет на нагревание проводника. Тогда

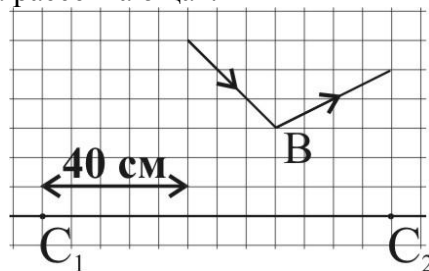
$$P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{cm\Delta T}{\Delta t},$$

откуда

$$\Delta T = \frac{\varepsilon^2 \Delta t}{4rcm} \approx 10 \text{ К}.$$

Ответ: 10.

**В12.** По рисунку понятно, что линза рассеивающая.



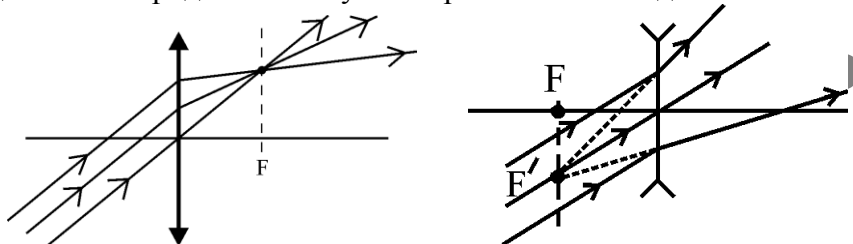
Точка В, в которой направление луча резко изменилось (луч преломился) есть точка линзы. А сама линза перпендикулярна главной оптической оси. Теперь мы можем изобразить рисунок уже с линзой.

В случае необходимости при построении используют луч, который идет параллельно побочной оптической оси и после преломления идет через побочный фокус линзы.

Побочной оптической осью называется любая ось, проходящая через оптический центр линзы, за исключением главной оптической оси. Побочным фокусом называется точка пересечения фокальной плоскости с побочной оптической осью.

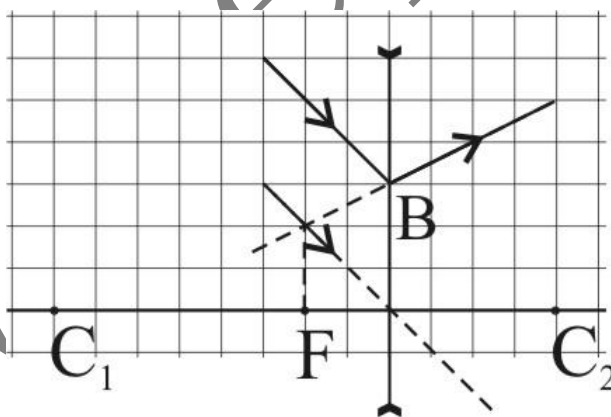
Если пучок параллельных лучей падает на линзу под углом к главной оптической оси, то он фокусируется в точке, находящейся в фокальной плоскости линзы (в побочном фокусе).

В случае рассеивающей линзы продолжение лучей пересекаются в заднем побочном фокусе.



Вспомним правила построения в линзах. Для построения хода произвольного луча через рассеивающую линзу надо провести параллельную ему побочную оптическую ось до пересечения с мнимой фокальной плоскостью. Преломленный луч следует продолжением провести через полученную точку.

Теперь построим аналогичный рисунок для нашей задачи и геометрически найдем фокусное расстояние (масштаб указан в условии задачи). Не забудьте, что линза рассеивающая, и ее фокусное расстояние отрицательное!



**ПРИМЕЧАНИЕ** После проверки 3-го этапа репетиционного тестирования выяснилось, что Республиканский Институт Контроля Знаний засчитывал ответ +20 как правильный. В этом есть логика, так как расстояние (а именно его Вам и предлагалось найти по условию задачи) не может быть отрицательным (оптическая сила линзы может быть отрицательной!!!). Однако в учебнике по физике для 11-го класса указано, что фокусное расстояние рассеивающих линз отрицательно. Мы не можем взять на себя ответственность, указав какой вариант ответа считать правильным.

Ответ: – 20.