

**A1.** Соберитесь! Очень сложная задача!!! Успехов в ее решении!

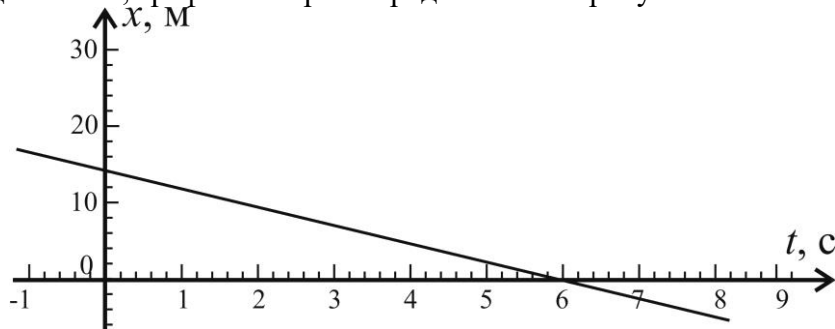
**Ответ:** 5

**A2.** Ускорением тела  $a$  называют отношение изменения скорости  $\Delta v$  к промежутку времени  $t$ , в течение которого происходило изменение скорости:

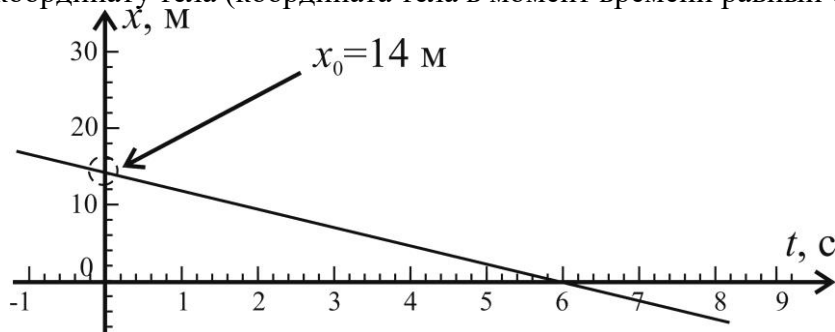
$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v - v_0}{t}$$

Я не буду Вам объяснять, как найти ускорение из графика зависимости скорости от времени. Я покажу Вам как находить скорость из графика зависимости координаты от времени.

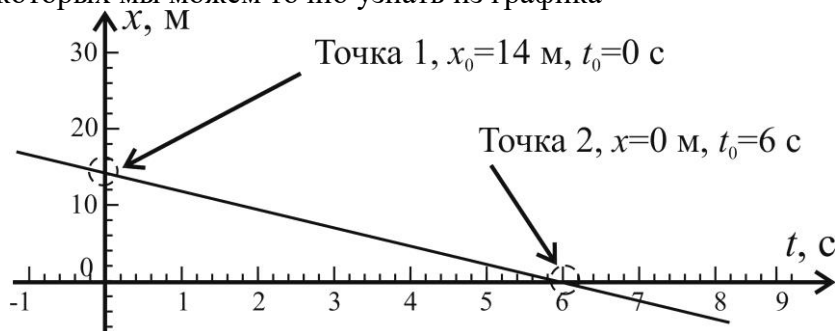
Пусть у нас имеется движение, график которого представлен на рисунке



Находим начальную координату тела (координата тела в момент времени равный 0)



Теперь найдем скорость тела. Выбираем две удобные точки. Что значит удобные? Это такие точки, абсциссу и ординату которых мы можем точно узнать из графика



Обращаю Ваше внимание на то, то необязательно одна из точек будет в момент времени равный нулю. Теперь найдем скорость тела

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \frac{0 - (14)}{6 - 0} = -\frac{14}{6} = -\frac{7}{3} = -2,3 \text{ м/с.}$$

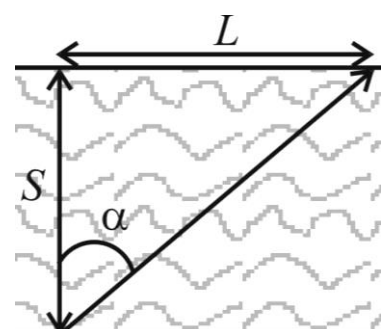
Скорость получается отрицательной. Но это и очевидно, так как координата тела уменьшается.

А теперь по аналогии с данным примером и используя определение ускорения найдите по графику ускорение тела.

Обратите внимание, что на промежутке времени 0-3 с ускорение тела не изменяется. Поэтому надо искать ускорение на всём промежутке 0-3 с, а не в момент времени  $t_1 = 1,5$  с.

**Ответ:** 3

**A3.** Очень важно понять, что когда лодка переплывает реку **перпендикулярно** течению (не путать с «перпендикулярно берегу»), скорость течения реки **НИКАК НЕ БУДЕТ ВЛИЯТЬ НА ВРЕМЯ ПЕРЕПРАВЫ**. Время переправы будет зависеть только от ширины реки  $S$



и скорости движения лодки по воде перпендикулярно течению

$$t_{\text{переправы}} = \frac{S}{v_{\text{лодки}}}$$

При этом от скорости течения реки зависит только расстояние  $L$ , на которое лодка будет снесена течением вдоль берега. При этом важно понять, что время переправы и время, в течении которого лодка будет сноситься рекой, будут одинаковы:

$$t_{\text{переправы}} = t_{\text{сноса}} \Rightarrow \frac{S}{v_{\text{лодки}}} = \frac{L}{v_{\text{реки}}} \Rightarrow L = S \frac{v_{\text{реки}}}{v_{\text{лодки}}}$$

Теперь подставляем наши числа и получаем ответ.

**Ответ:** 1.

**A4.** Поговорим немного о силах.

**Сила** – это количественная мера взаимодействия тел. Сила является причиной изменения скорости тела целиком или его частей (деформации). В механике силы могут иметь различную физическую природу: гравитационную (сила тяжести), электромагнитную (силы трения и упругости) и т. д. Сила является **векторной величиной**. Прямая, вдоль которой направлена сила, называется линией действия силы. Сила характеризуется тремя параметрами: точкой приложения, модулем и направлением.

В Международной системе единиц (СИ) сила измеряется в **Ньютонах (Н)**.

Для измерения сил используют откалиброванные пружины. Такие откалиброванные пружины называются **динамометрами**. Сила измеряется по растяжению динамометра.

Сила, оказывающая на тело такое же действие, как и все силы, действующие на него, вместе взятые, называется **равнодействующей** (результатирующей) **силой**. **ТО ЕСТЬ РАВНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ МОЖНО ЗАМЕНИТЬ ВСЕ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ТЕЛО.**

Равнодействующая равна векторной сумме всех сил, действующих на тело:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$$

В самых простых случаях, когда на тело действует только две силы, равнодействующая находится как:

1. сумма двух сил, если они направлены в одну сторону вдоль одной прямой

$$F = F_1 + F_2$$

2. модуль разности двух сил, если они направлены в разные стороны вдоль одной прямой (см. рисунок)

$$F = |F_1 - F_2|$$

3. по теореме Пифагора, если они направлены **под прямым углом** друг к другу (см. рисунок)

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

Во всех остальных случаях, когда силы направлены под некоторым углом друг к другу, результирующая сила находится по теореме косинусов (см. рисунок)

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos \alpha}$$

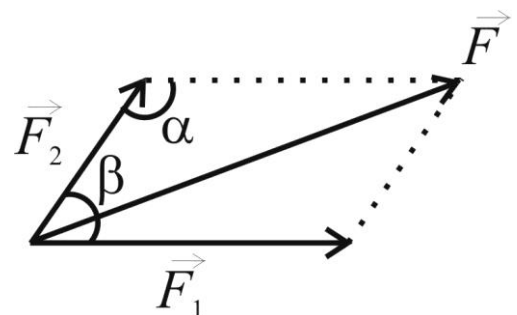
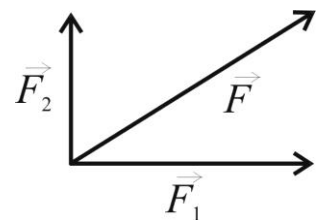
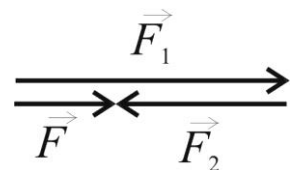
**ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ, КАКОЙ УГОЛ ДОЛЖЕН БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАН В ТЕОРЕМЕ КОСИНУСОВ.** В большинстве задач задан угол между векторами – угол  $\beta$  (векторы при этом начинаются в одной точке). Однако в теореме косинусов надо будет использовать угол  $\alpha$ , который равен  $180^\circ - \beta$ .

В любом случае при сложении двух сил результирующая сила всегда будет лежать в диапазоне от  $|F_1 - F_2|$  до  $F_1 + F_2$ .

Теперь вспомним первый закон Ньютона: Если на тело не действуют никакие силы или действие сил скомпенсировано (то есть равнодействующая сил равна нулю), то тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. То есть, чтобы тело двигалось равномерно и прямолинейно, действующие на него силы должны быть скомпенсированы.

**Сила  $F_3$  может компенсировать действие двух сил  $F_1$  и  $F_2$ , если величина этой силы  $F_3$  находится в пределах от  $|F_1 - F_2|$  до  $F_1 + F_2$ .**

Теперь рассмотрим, какой может быть результирующая сил 30 и 50 Н. Если силы действуют в одном направлении (см. выше случай 1), то их результирующая будет равна сумме сил и составит 80 Н. Если



же силы будет действовать в противоположных направлениях (см. выше случай 2), то их результирующая будет равна разности сил и составит 20 Н. Следовательно, чтобы тело двигалось равномерно (третья сила должна быть в состоянии компенсировать результирующую первых двух сил) третья сила должна иметь значение в диапазоне от 20 до 80 Н. У нас есть только одна такая сила. Она равна 25 Н.

**Ответ:** 3.

**A5.** Для решения этой задачи не нужны глубокие знания физики. Решим ее при помощи простых логических рассуждений.

Очевидно, что если машина едет по горизонтальной дороге с постоянной скоростью, то шофер держит педаль газа все время в одном и том же положении. То есть мощность, вырабатываемая двигателем, будет постоянна. Как только автомобиль начинает ехать с горки шофер должен немного ослабить давление на педаль газа, так как при движении с горки движению автомобиля начинает помогать сила тяжести. Следовательно, мощность вырабатываемая двигателем, станет меньше, чем на горизонтальном участке. Как только горка закончится водитель будет давить на педаль газа так же, как и до горки.

Ну а теперь выберем соответствующий график. Очевидно, что это график 4.

**Ответ:** 4.

**A6.** Давление жидкости на дно или боковые стенки сосуда, в котором она находится, зависит от высоты столба жидкости в этом сосуде. Сила давления на дно цилиндрического сосуда высотой  $h$  и площадью основания  $S$  равна весу столба жидкости  $mg$ , где  $m = \rho V = \rho hS$  – масса жидкости в сосуде,  $\rho$  – плотность жидкости. Следовательно

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho hSg}{S} = \rho gh \text{ или } p = \rho gh$$

Обратите внимание, что оказываемое давление **НИКОИМ ОБРАЗОМ НЕ ЗАВИСИТ ОТ ФОРМЫ СОСУДА, А ЗАВИСИТ ТОЛЬКО ОТ РОДА ЖИДКОСТИ (ПЛОТНОСТИ) И ВЫСОТЫ СТОЛБА ЖИДКОСТИ.**

Из графика видно, что при глубине погружения 60 см давление, создаваемое жидкостью, равно 6,6 кПа. Значит, плотность жидкости будет равна

$$p = \rho gh \Rightarrow \rho = \frac{p}{gh} = \frac{6600 \text{ Па}}{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,6 \text{ м}} = 1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1100 \frac{1000 \text{ гр}}{10^6 \text{ см}^3} = 1,1 \frac{\text{гр}}{\text{см}^3}$$

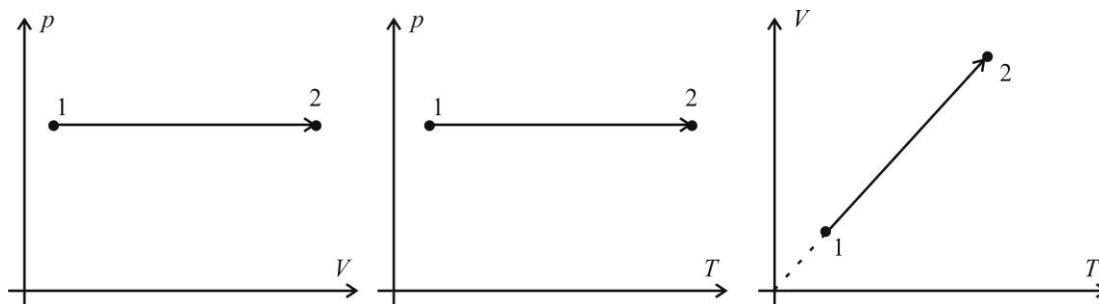
**Ответ:** 2.

**A7. Изобарным процессом** называют процесс, протекающий при неизменном давлении  $p$ . Уравнение изобарного процесса для некоторого неизменного количества вещества  $\nu$  имеет вид:

$$\frac{V}{T} = \text{const} \text{ или } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2},$$

где  $V_1$  и  $T_1$  – начальные объем и температура газа,  $V_2$  и  $T_2$  – конечные объем и температура газа.

Графики изобарного процесса в координатах  $p-V$ ;  $p-T$ ;  $V-T$  имеют следующий вид:



Теперь подберем график.

**Ответ:** 4.

**A8.** Очевидно, что если каждую секунду конденсируется масса воды равная  $m_0$ , то за время  $t$  сконденсируется масса воды

$$m = m_0 \cdot t.$$

Найдем массу воды, конденсировавшейся каждую секунду

$$m_0 = m_{\text{молекулы воды}} \cdot N = \frac{M}{N_A} \cdot N,$$

где  $M$  – молярная масса воды,  $N_A$  – число Авогадро. Получим

$$m = m_0 \cdot t = \frac{M}{N_A} \cdot N \cdot t = \frac{18 \frac{\text{г}}{\text{МОЛЬ}}}{6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}}} \cdot \left( 8 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{с}} \right) \cdot 120 \text{ с} = 287 \text{ грамм} \approx 0,29 \text{ кг}.$$

**Ответ:** 3.

**A9.** Основное уравнение молекулярно–кинетической теории связывает между собой давление, температуру и концентрацию газа

$$p = nkT,$$

где  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана. Из графика видно, что при  $t = 17,5$  °С концентрация будет равна  $n = 5 \cdot 10^{23}$  1/м<sup>3</sup>. Теперь подставляем все в основное уравнение МКТ. **Только не забываем температуру перевести в Кельвины!!!** Получим

$$p = nkT = 5 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{м}^3} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 290,65 \text{ К} = 2\,005 \text{ Па} \approx 2 \text{ кПа}$$

**Ответ:** 2.

**A10.** Очевидно, что у первого шарика заряд станет равным  $-8q_0$ , а у второго  $-4q_0$ . Одноименные заряды отталкиваются. Следовательно, и шарики будут отталкиваться. При этом сила их взаимодействия рассчитывается по закону Кулона

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

Из Третьего закона Ньютона следует, что силы, действующие на шарики, одинаковы, то они отклонятся на одинаковые углы. Ответ очевиден.

**Ответ:** 5.

**A11.** Вспомним немного теории. Электрический заряд – это физическая величина, характеризующая свойство частиц или тел вступать в электромагнитные силовые взаимодействия. Электрический заряд обычно обозначается буквами  $q$  или  $Q$ . В системе СИ электрический заряд измеряется в Кулонах (Кл). Свободный заряд в 1 Кл – это гигантская величина заряда, практически не встречающаяся в природе. Как правило, Вам придется иметь дело с микрокулонами (1 мкКл =  $10^{-6}$  Кл), нанокулонами (1 нКл =  $10^{-9}$  Кл) и пикокулонами (1 пКл =  $10^{-12}$  Кл). Одно из основных свойств электрического заряда заключается в том, что существует минимально возможный (по модулю) электрический заряд, называемый элементарным зарядом. Его значение

$$e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}.$$

Электрический заряд любого тела всегда **кратен элементарному заряду**

$$q = Ne,$$

где  $N$  – **ЦЕЛОЕ число!!!** Обратите внимание, невозможно существование заряда, равного  $0,5e$ ;  $1,7e$ ;  $22,7e$  и.т.д. Только целое число  $e$ !!!

Следовательно, число электронов, перешедших на палочку, будет равно

$$q = Ne \Rightarrow N = \frac{q}{e} = \frac{-88 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 55 \cdot 10^{10} = 5,5 \cdot 10^{11}.$$

**Ответ:** 2.

**A12.** При прохождении электрического тока по проводнику ток испытывает **сопротивление** со стороны проводника. Причина сопротивления – взаимодействие зарядов с атомами вещества проводника и между собой. Единица измерения сопротивления 1 Ом. Сопротивление проводника  $R$  определяется по формуле

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где  $l$  – длина проводника,  $S$  – площадь его поперечного сечения,  $\rho$  – **удельное сопротивление материала проводника (НЕ ПУТАТЬ С ПЛОТНОСТЬЮ ВЕЩЕСТВА!!!)**, которое характеризует способность **материала проводника** противодействовать прохождению тока. То есть это такая же табличная характеристика вещества, как и многие другие: удельная теплоемкость, плотность, температура плавления и т.д. Единица измерения 1 Ом·м.

Распишем площадь сечения проводника через его диаметр. Получим

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\frac{\pi d^2}{4}} = \rho \frac{4l}{\pi d^2}.$$

А теперь найдем отношение сопротивлений первого и второго проводников

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_{\text{Алюминия}} \frac{4l_1}{\pi d_1^2}}{\rho_{\text{Алюминия}} \frac{4l_2}{\pi d_2^2}} = \frac{l_1}{d_1^2} = \frac{l_1}{d_1^2} \cdot \frac{l_2}{l_2} = \frac{l_1}{d_1^2} \cdot \frac{d_2^2}{l_2} \quad \text{или} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{d_1^2} \cdot \frac{d_2^2}{l_2}$$

По графику мы видим, что при длине каждого из проводников 100 м сопротивление первого  $R_1 = 0,4$  Ом, второго  $R_2 = 1,6$  Ом. Подставим эти значения в последнее уравнение

$$\frac{0,4 \text{ Ом}}{1,6 \text{ Ом}} = \frac{100 \text{ м}}{d_1^2} \cdot \frac{d_2^2}{100 \text{ м}} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{d_2^2}{d_1^2} \Rightarrow d_2^2 = \frac{d_1^2}{4} \Rightarrow d_2 = \frac{d_1}{2} = 1,5 \text{ мм}.$$

**Ответ: 2.**

**A13.** И опять немного теории. *Вектор магнитной индукции* – векторная физическая величина, являющаяся характеристикой магнитного поля, численно равная силе, действующей на элемент тока в 1 А и длиной 1 м, если направление силовой линии перпендикулярно проводнику.

Обозначается  $B$ , единица измерения – 1 Тесла. 1 Тл – очень большая величина, поэтому в реальных магнитных полях магнитную индукцию измеряют в мТл.

Вектор магнитной индукции направлен по касательной к силовым линиям, то есть совпадает с направлением северного полюса магнитной стрелки, помещенной в данное магнитное поле.

Направление  $\vec{B}$  определяется правилом правой руки. Направление  $\vec{B}$  не совпадает с направлением силы, действующей на проводник, поэтому силовые линии магнитного поля, строго говоря, силовыми не являются.

*Однородным магнитным полем* называется поле, в каждой точке которого  $\vec{B}$  одинаков. Почти однородное поле в соленоиде и между полюсами дугообразного магнита.

**СИЛОВАЯ ЛИНИЯ НАПРАВЛЕНА ОТ ЮЖНОГО ПОЛЮСА МАГНИТНОЙ СТРЕЛКИ К СЕВЕРНОМУ, ТО ЕСТЬ ОТ СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА МАГНИТА К ЮЖНОМУ.**

В случае постоянных магнитов:



Ответ обоснуйте самостоятельно.

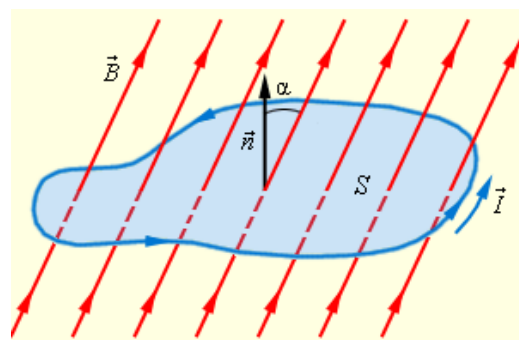
**Ответ: 2.**

**A14.** И опять теория.

Магнитным потоком  $\Phi$  через площадь  $S$  контура называют величину

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

где  $B$  – модуль вектора магнитной индукции,  $\alpha$  – угол между вектором  $\vec{B}$  и нормалью (перпендикуляром)  $\vec{n}$  к плоскости контура (см. рисунок).



Единица магнитного потока в системе СИ называется **вебером (Вб)**. Магнитный поток, равный 1 Вб, создается магнитным полем с индукцией 1 Тл, пронизывающим по направлению нормали плоский контур площадью 1 м<sup>2</sup>:

$$1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot 1 \text{ м}^2.$$

Фарадей экспериментально установил, что при изменении магнитного потока в проводящем контуре возникает ЭДС индукции  $\epsilon_{\text{инд}}$ , равная скорости изменения магнитного потока через поверхность,

ограниченную контуром, взятой со знаком минус (на знак минус в большинстве задач мы не будем обращать внимание):

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

В нашем случае площадь контура постоянна. Следовательно, ЭДС индукции, которая создаст электрический ток, будет возникать из-за изменения магнитного поля

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t}.$$

Из закона Ома для участка цепи мы сможем найти силу тока. Получим

$$I = \frac{U}{R} = \frac{\varepsilon_{\text{инд}}}{R} = \frac{-\frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t}}{R} = -\frac{\Delta B \cdot S}{R \cdot \Delta t} = \frac{(B - B_0) \cdot \pi r^2}{R \cdot (t - t_0)}.$$

Чему равны  $B$ ,  $B_0$ ,  $t$  и  $t_0$ ? Нас интересует момент времени 9 с. Следовательно, нас интересует последний участок. Вот именно параметры последнего участка мы и будем использовать при расчетах. Получим

$$I = -\frac{(0 - 0,4) \cdot 3,14 \cdot (0,03)^2}{0,4 \cdot (10 - 8)} = 0,001413 \text{ А} = 1,413 \cdot 10^{-3} \text{ А} \approx 1,4 \text{ мА}$$

**Ответ:** 2.

**A15. Математическим маятником** называют тело небольших размеров, подвешенное на тонкой нерастяжимой нити, масса которой пренебрежимо мала по сравнению с массой тела. В положении равновесия, когда маятник висит по отвесу, сила тяжести уравновешивается силой натяжения нити. При отклонении маятника из положения равновесия на некоторый угол появляется касательная (направленная по касательной к дуге окружности по которой будет двигаться тело) составляющая силы тяжести, которая заставит маятник совершать колебательные движения.

Период колебаний математического маятника находится по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

где  $l$  – длина нити, на которой подвешен маятник. Такая формула справедлива для случая, когда точка подвеса покоится или движется **РАВНОМЕРНО**. В первом случае период колебаний будет равен

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Во втором

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l/4}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{4g}} = \frac{1}{2} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{1}{2} T_1$$

То есть период колебаний уменьшится в два раза.

**Ответ:** 4.

**A16.** Тема «Глаз. Дефекты зрения» не входит в программу вступительных испытаний. РИКЗ не имеет права давать эту задачу ни на РТ ни на ЦТ. Поэтому разбирать мы ее не будем. Если же Вы сгораете от нетерпения и желаете знать эту тему – милости просим в google.

**Ответ:**

**A17.** Немного теории. **Фотоэлектрический эффект** (или точнее – внешний фотоэффект) заключается в вырывании электронов из вещества под действием падающего на него света (фотонов). Для того чтобы вырвать электрон из металла фотон должен обладать некоторой минимальной энергией, равной так называемой **работе выхода** электрона из металла. Эта энергия разная для разных веществ и указывается в соответствующих таблицах. Работа выхода находится по формуле

$$A = h\nu_{\text{мин}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$$

где  $c$  – скорость света,  $\lambda_{\text{кр}}$  – длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта (то есть максимальная длина волны, при которой происходит вырывание электрона),  $\nu_{\text{мин}}$  – минимальная частота

фотона (обратите внимание, что частота минимальна, а длина волны – максимальна),  $h$  – постоянная Планка.

У большинства металлов работа выхода  $A$  составляет несколько электрон-вольт ( $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ). В квантовой физике часто используется электрон-вольт в качестве энергетической единицы измерения. Многочисленными экспериментаторами были установлены следующие **основные закономерности фотоэффекта**:

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с увеличением частоты света  $\nu$  и не зависит от его интенсивности.

Для каждого вещества существует так называемая **красная граница фотоэффекта**, то есть наименьшая частота  $\nu_{\min}$ , при которой еще возможен внешний фотоэффект.

Число фотоэлектронов, вырываемых светом из катода за 1 с, прямо пропорционально интенсивности света (количеству фотонов, падающих на вещество, в единицу времени).

Фотоэффект практически безинерционен, фототок возникает мгновенно после начала освещения катода при условии, что частота света  $\nu > \nu_{\min}$ .

Решение задач на фотоэффект сводится к решению уравнения Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A + \left( \frac{mv^2}{2} \right)_{\max}$$

**То есть энергия падающего фотона расходуется на работу выхода электрона из металла и на сообщение вырванному электрону кинетической энергии.** Законы фотоэффекта свидетельствуют, что свет при испускании и поглощении ведет себя подобно потоку частиц, получивших название фотонов или световых квантов.

Если установка для фотоэффекта находится во внешнем электрическом поле, то энергия вырванного электрона может быть поглощена полем и электрон может быть остановлен. То есть

$$\left( \frac{mv^2}{2} \right)_{\max} = eU_3,$$

где  $U_3$  – запирающее напряжение или напряжение, которое полностью остановит вылетевший с поверхности вещества электрон. Выразим отсюда величину запирающего напряжения

$$\left( \frac{mv^2}{2} \right)_{\max} = eU_3 \Rightarrow U_3 = \frac{1}{e} \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2e} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot \left( 4,2 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 50,16375 \cdot 10^{-2} \text{ В} \approx 0,5 \text{ В}.$$

**Ответ: 2.**

**A18.** Так как при решении этой задачи у нас будет много  $N$ -ок, то договоримся о следующих обозначениях:

1.  $N$  – количество ядер изотопа ксенона.
2.  $N_n$  – количество нейтронов в одном ядре изотопа ксенона.
3.  $N_{\text{нейтронов}}$  – суммарное количество нейтронов во всех ядрах изотопа ксенона.

Только сначала опять немного теории.

Для характеристики атомных ядер вводится ряд обозначений. Число протонов, входящих в состав атомного ядра, обозначают символом  $Z$  и называют **зарядовым числом** или атомным номером (это порядковый номер в периодической таблице Менделеева). Заряд ядра равен  $Ze$ , где  $e$  – элементарный заряд. Число нейтронов обозначают символом  $N$ .

Общее число нуклонов (то есть протонов и нейтронов) называют **массовым числом**  $A$ :

$$A = Z + N.$$

Ядра химических элементов обозначают символом  ${}_Z^A X$ , где  $X$  – химический символ элемента.

Например,  ${}_1^1 H$  – водород,  ${}_{-1}^0 e$  – электрон,  ${}_{+1}^0 e$  – позитрон (электрон, имеющий положительный заряд),  ${}_2^4 He$  – гелий ( $\square$ -частица),  ${}_8^{16} O$  – кислород,  ${}_6^{12} C$  – углерод,  ${}_{92}^{238} U$  – уран.

Как определять число протонов и нейтронов. Например, у урана  ${}_{92}^{238} U$  число протонов равно

$$N_p = Z = 92,$$

число нейтронов

$$N_n = A - Z = 238 - 92 = 146.$$

В нашем случае в каждом атоме изотопа ксенона будет

$$N_n = A - Z = 131 - 54 = 77 \text{ нейтронов.}$$

А теперь вспомним основное уравнение МКТ

$$p = \frac{N}{V} kT,$$

откуда

$$N = \frac{pV}{kT}.$$

Следовательно, общее количество нейтронов будет равно

$$N_{\text{нейтронов}} = N \cdot N_n = \frac{pV}{kT} \cdot 77 = \frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 273,15} \cdot 77 = 0,204 \cdot 10^{25} \approx 2,0 \cdot 10^{24}.$$

**Ответ: 1.**

**В1.** Напомним, что средняя скорость пути – это совершенно не обязательно среднее арифметическое значение скоростей на различных участках движения! Формулу

$$\langle v \rangle = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

можно применять, только если **одинаковы времена движения на двух участках или если тело движется с постоянным ускорением без разворотов.**

В остальных случаях средняя скорость пути находится, как отношение полного пути к полному времени движения

$$\langle v \rangle = \frac{S_{\text{полн}}}{t_{\text{полн}}}.$$

В нашем случае тело проходит последовательно два этапа движения, равных по пути. Тогда

$$S_{\text{полн}} = S, S_1 = S_2 = \frac{S}{2}.$$

Времена движения на этапах находим по формулам

$$t_1 = \frac{S_1}{v_1} = \frac{S}{2v_1}, t_2 = \frac{S_2}{v_2} = \frac{S}{2v_2}.$$

Тогда

$$t_{\text{полн}} = t_1 + t_2 = \frac{S}{2v_1} + \frac{S}{2v_2} = \frac{S(v_1 + v_2)}{2v_1v_2}.$$

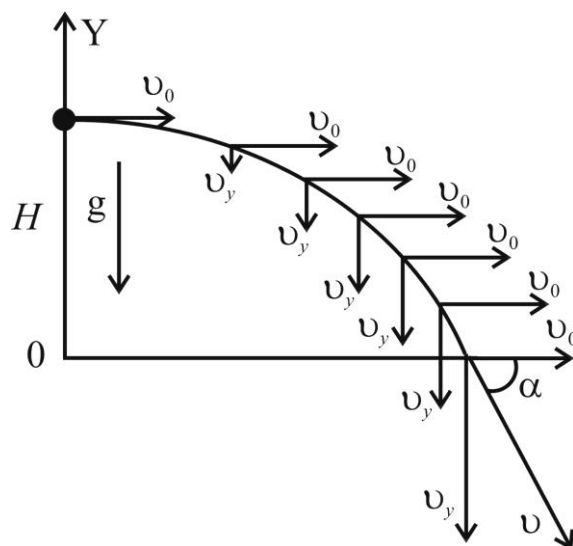
Теперь определяем среднюю скорость

$$\langle v \rangle = \frac{S_{\text{полн}}}{t_{\text{полн}}} = \frac{2Sv_1v_2}{S(v_1 + v_2)} = \frac{2v_1v_2}{(v_1 + v_2)} = \frac{2 \cdot 12 \cdot 20}{32} = 15 \text{ м/с.}$$

**Ответ: 15.**

**В2.** Вспомним основной фокус задач на горизонтальный бросок. Эти задачи нужно решать, заменяя сложное движение тела (падение по параболе) комбинацией двух простых движений: равномерного горизонтального и равноускоренного вертикального с ускорением свободного падения. Важно помнить, что в любой момент времени скорость падающего тела направлена по касательной к траектории и должна быть разложена на две составляющих: горизонтальную и вертикальную. Горизонтальная составляющая скорости **ВСЕГДА ОСТАЕТСЯ ПОСТОЯННОЙ ПО ВЕЛИЧИНЕ**, а вертикальная возрастает по законам равноускоренного движения.

Обратимся к задаче. Разложим перемещение падающего тела на две составляющих. Вертикальную составляющую перемещения  $h$  найдем по законам свободного падения:





$$S_y = \frac{gt^2}{2} = 3,2 \text{ м.}$$

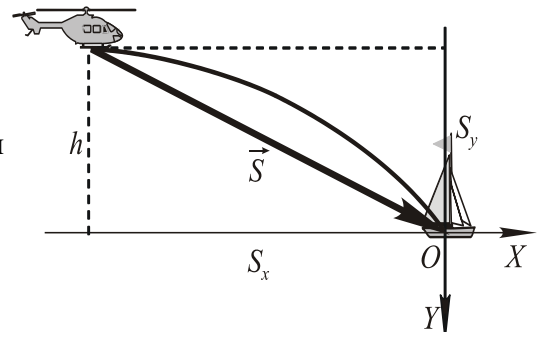
Горизонтальную составляющую находим, считая горизонтальное движение равномерным:

$$S_x = v_0 t = 13,6 \text{ м.}$$

Тогда по теореме Пифагора модуль перемещения тела есть

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = 14 \text{ м.}$$

**Ответ:** 14.



**В3.** При работе гидравлического подъемника жидкость перекачивается из малого цилиндра в большой. Поскольку жидкость считается несжимаемой, то объем жидкости, выкачанной из малого цилиндра, равен объему жидкости, закачанному в большой цилиндр

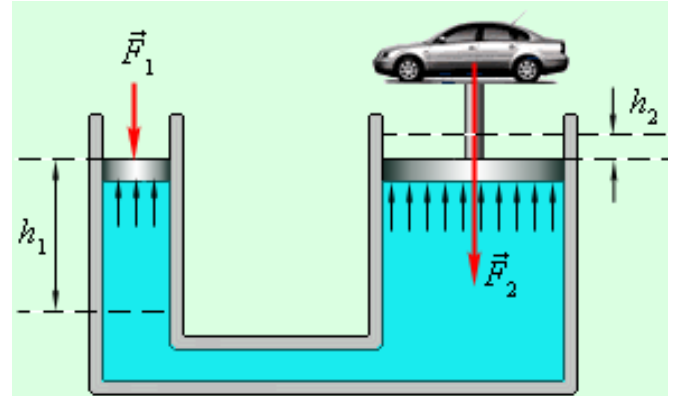
$$V_1 = S_1 N h_1 = V_2 = S_2 h_2.$$

Важно учесть, что малый поршень совершает несколько ходов, поэтому в левой части уравнения его перемещение  $h_1$  умножено на число ходов  $N$ .

По условию  $\frac{S_2}{S_1} = 200$ . Тогда

$$h_2 = \frac{S_1 N h_1}{S_2} = \frac{700 \cdot 0,1}{200} = 0,35 \text{ м.}$$

**Ответ:** 35.



**В4.** Начертим вектор равнодействующий силы, действующей на тело. Из рисунка видно, что проекции силы на вертикальную ось равна 3 клеточки и на горизонтальную ось 3 клеточки. Тогда, по теореме Пифагора, модуль силы равен

$$F = \sqrt{3^2 + 3^2} = 3\sqrt{2}$$

клеточки. По условию, первая сила равна 12 Н. Ее проекция на вертикальную ось равна 1 клеточку и на горизонтальную ось по вертикали 1 клеточку. Тогда по теореме Пифагора ее модуль равен

$F_1 = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$  клеточки. Тогда одна клеточка и по вертикали, и по

горизонтали соответствует  $\frac{12}{\sqrt{2}}$  Н. Равнодействующая сила,

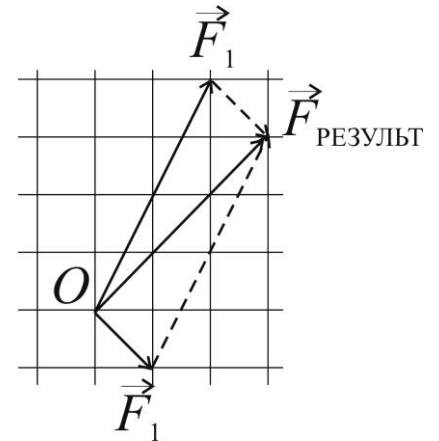
действующая на тело, будет равна

$$F = 3\sqrt{2} \cdot \frac{12}{\sqrt{2}} = 36 \text{ Н.}$$

По второму закону Ньютона  $F = ma$ , откуда ускорение тела равно

$$a = \frac{F}{m} = \frac{36}{2} = 18 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:** 18.



**В5.** Идеальный газ – это модель реального газа, у которого:

- отсутствуют силы взаимодействия молекул;
- соударения молекул между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие;
- размеры молекул пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием между молекулами, то есть молекулы принимаются за материальные точки.

Существующие в действительности газы при не слишком низких температурах и небольшом давлении по своим свойствам близки к идеальному газу.

Основное уравнение для идеального газа:

$$P = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} \quad (1),$$

где  $P$  – давление газа,  $v = \overline{v^2}$  – средняя квадратичная скорость молекул (скорость молекул газа).

$\overline{v^2}$  – средний квадрат скорости молекул,  $m_0$  – масса одной молекулы,  $n$  – концентрация молекул. Концентрацией называется отношение количества частиц  $N$  к объему  $V$ , который эти частицы занимают:

$$n = \frac{N}{V}.$$

Запишем уравнение (1) в виде

$$P = \frac{2}{3} \frac{m_0}{2} \overline{v^2} n.$$

Тогда  $P = \frac{2}{3} E_k n$  (2) – это другая форма основного уравнения, где  $E_k = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$  – средняя кинетическая энергия хаотического (теплого) движения молекулы газа.

С учетом того, что  $n = \frac{N}{V}$ , получаем

$$P = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{V} \overline{v^2}.$$

Так как  $m_0 \cdot N = m$ , где  $m$  – масса газа, то

$$P = \frac{1}{3} \frac{m}{V} \overline{v^2}.$$

Мы знаем, что  $\frac{m}{V} = \rho$ , где  $\rho$  – плотность газа. Значит,  $P = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2}$  (3) – это также основное уравнение МКТ для идеального газа.

Средняя кинетическая энергия молекулы также рассчитывается по формуле:  $E_k = \frac{3}{2} kT$ , где  $T$  – температура, измеренная в Кельвинах,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$  – постоянная Больцмана.

Подставим  $\frac{3}{2} \cdot k \cdot T$  в формулу (2) вместо  $E_k$ , и получаем  $P = nkT$  (4) – еще одно основное уравнение МКТ для идеального газа.

В данной задаче удобно использовать формулу (3)  $P = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2} = \frac{1}{3} \frac{m}{V} \overline{v^2}$ , откуда

$$m = \frac{3pV}{\overline{v^2}} = \frac{3 \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot 6}{600^2} = 10 \text{ кг.}$$

**Ответ:** 10.

**В6.** Разберемся, какие тепловые процессы происходят в сосуде. Вода в сосуде будет нагреваться от температуры  $t_1$  до конечной температуры  $t_3 = 59$  °С. Пар будет конденсироваться, превращаясь в воду при температуре  $t_2 = 100$  °С, которая затем будет остывать до температуры  $t_3 = 59$  °С. Составим уравнении теплового баланса:

$$Q_{\text{отд}} = Q_{\text{полг}}, \\ Lm_2 + cm_2(t_2 - t_3) = cm_1(t_3 - t_1).$$

В задачах на теплообмен не стоит находить неизвестную величину в общем виде. Лучше подставить известные величины сразу в формулу.

$$2,6 \cdot 10^6 \cdot 0,1 + 4200 \cdot 2 \cdot (100 - 59) = 4200 \cdot 2 \cdot (59 - t_1)$$

**Ответ:** 30.

**В7.** Найдем КПД тепловой машины двумя способами. Во-первых, КПД всегда можно рассчитать по формуле

$$\eta = \frac{A}{Q_1}.$$

Во-вторых, для машины, работающей по циклу Карно, КПД можно рассчитать через температуры нагревателя и холодильника

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Сравнивая формулы, находим

$$\frac{A}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

$$T_2 = T_1 - \frac{T_1 A}{Q_1} = 800 - \frac{800 \cdot 1200}{2000} = 320 \text{ К}$$

**Ответ:** 320.

**В8.** Шарики являются электрически изолированной системой, поэтому для них выполняется закон сохранения электрического заряда. Это значит, что полный заряд системы до соприкосновения шариков равен их суммарному заряду после соприкосновения. Поскольку шарики одинаковые, то после соприкосновения заряд между ними разделится поровну. Тогда

$$q_1 + q_2 = 2q, \quad q = \frac{q_1 + q_2}{2},$$

где  $q$  – заряд шариков после соприкосновения. Теперь запишем закон Кулона для шариков после соприкосновения:

$$F = \frac{kq^2}{r^2} = \frac{k(q_1 + q_2)^2}{4r^2},$$

откуда

$$r^2 = \frac{k(q_1 + q_2)^2}{4F}$$

или

$$r = \frac{|q_1 + q_2|}{2} \cdot \sqrt{\frac{k}{F}} = \frac{|20 \cdot 10^{-9} - 60 \cdot 10^{-9}|}{2} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{14,4 \cdot 10^{-6}}} = 0,5 = 50 \text{ см.}$$

**Ответ:** 50

**В9.** Важно догадаться, что при подключении конденсатора к батарее его заряд не останется постоянным. Энергию электрического поля конденсатора можно рассчитать по формуле

$$W = \frac{q^2}{2C}.$$

Емкость конденсатора не зависит ни от его заряда, ни от напряжения, ни от условия работы, а определяется только его формой и размерами, а также свойствами помещенного в него диэлектрика, поэтому в условиях данной задачи она не меняется. Поскольку энергия конденсатора после подключения к источнику тока увеличилась в 4 раза, то его заряд увеличился в 2 раза и стал равным  $q_2 = 1,5 \text{ мкКл}$ . Тогда напряжение между пластинами конденсатора равно

$$U = \frac{q_2}{C} = 100 \text{ В.}$$

**Ответ:** 100.

**В10.** В начальный момент времени проводник под действием силы тяжести начинает смещаться вниз. Поскольку он помещен в магнитное поле, в нем возникает явление электромагнитной индукции, которое характеризуется величиной ЭДС  $\varepsilon = Bvl$ , где  $v$  – скорость проводника. Пусть с момента начала движения проводника прошло очень малое время  $\Delta t$ , тогда скорость проводника есть

$$v = \frac{h}{\Delta t},$$

где  $h$  – пройденный им путь. ЭДС приводит к возникновению тока в цепи, сила которого меняется с течением времени, так как изменяется скорость проводника и ЭДС в нем. Из-за изменения силы тока в цепи в присоединенной к ней катушке возникает явление самоиндукции, ЭДС которой по закону Фарадея есть

$$\varepsilon_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Поскольку сопротивление проводника равно нулю, то по закону Ома суммарная ЭДС в контуре равна нулю, то есть

$$\varepsilon + \varepsilon_{si} = 0 \Rightarrow Bvl - L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0 \Rightarrow B \frac{h}{\Delta t} l - L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0 \Rightarrow Bhl = L\Delta I.$$

В начальный момент времени сила тока в цепи равна нулю, поэтому

$$Bhl = L(I - 0) = LI.$$

Получаем очень важный вывод: сила тока в проводника пропорциональна его перемещению вниз. По мере движения проводника сила тока будет возрастать. Из-за этого увеличивается и энергия магнитного поля катушки. А откуда берется эта энергия? Правильно! За счет уменьшения потенциальной энергии проводника в поле силы тяжести. Когда проводник опустится на максимальное расстояние  $\Delta h$ , вся его потенциальная энергия перейдет в энергию магнитного поля катушки, то есть

$$mg\Delta h = \frac{LI^2}{2}.$$

Вспомним про взаимосвязь силы тока и перемещения проводника

$$B\Delta hl = LI.$$

Объединяя два уравнения в систему и решая ее, получаем:

$$\Delta h = \frac{2Lmg}{B^2 l^2} = 42 \text{ см.}$$

Не будем ставить точку в этой задаче. Попробуем разобраться, почему проводник останавливается. Казалось бы, что под действием силы тяжести он должен разогнаться до окончания ЦТ. На самом деле, как мы выяснили, при движении проводника в нем возникает индукционный ток. На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера, которая будет направлена против силы тяжести (вверх) и начнет уменьшать ускорение проводника. Чем дальше будет падать проводник, тем больший ток будет течь по нему (вспомните, что сила тока пропорциональна не скорости проводника, а его смещению вниз!), тем больше будет сила Ампера. По мере разгона проводника сила Ампера сначала сравняется с силой тяжести, и на какое-то мгновение разгон проводника прекратится, а его движение будет равномерным. А дальше сила Ампера превысит силу тяжести, и проводник начнет тормозить.

**Ответ:** 42.

**В11.** Важно догадаться, что за время  $\Delta t$  сигнал локатора прошел расстояние до цели дважды. Он дошел до нее и вернулся обратно. Тогда пройденный им путь равен  $2S = v\Delta t$ , откуда

$$s = \frac{v\Delta t}{2} = 357 \text{ м.}$$

**Ответ:** 357.

**В12.** По условию угол падения (не забывайте, что все углы в оптике отсчитываются от перпендикуляра к границе раздела двух сред, восстановленным в точке падения луча) вдвое больше угла преломления, то есть  $\alpha = 2\beta$ . С другой стороны, угол между отраженным и преломленным лучами равен  $90^\circ$ . Тогда, развернутый угол  $COB$  равен:

$$\gamma + 90^\circ + \beta = 180^\circ.$$

Но угол падения равен углу отражения  $\alpha = \gamma$ . Тогда

$$\alpha + 90^\circ + \frac{\alpha}{2} = 180^\circ, \text{ откуда } \alpha = 60^\circ.$$

**Ответ:** 60.

