

A1. Чтобы ответить на вопрос, надо вспомнить определение каждой из физических величин.

Скорость движения – **векторная** физическая величина, модуль которой равен отношению пути S , пройденному телом за некоторый промежуток времени t , к этому промежутку времени.

Работой, совершаемой постоянной силой F , называется **скалярная** физическая величина, равная произведению модулей силы и перемещения, умноженному на косинус угла α между векторами силы F и перемещения S .

Давлением называется **скалярная** физическая величина, равна отношению модуля силы F действующей перпендикулярно поверхности, к площади S этой поверхности.

Ответ: 5.

A2. Проведем анализ движения автомобиля.

С момента начала отсчета времени в течение одной минуты автомобиль проехал 1 км в положительном направлении оси ОХ.

Потом он изменил направление своего движения и проехал от отметки 3 км до отметки –1 км за 3 минуты. При этом важно понять, что нас не интересует тот факт, что в момент времени 2 минуты поменялось значение (но не направление) скорости автомобиля. Таким образом, за этот промежуток времени автомобиль проехал 4 км.

С момента времени 4 минуты по момент времени 7 минут автомобиль никуда не двигался.

С момента времени 7 минут по момент времени 8 минут автомобиль проехал еще 1 км в положительном направлении оси ОХ.

В задаче нас просят найти путь пройденный автомобилем. Складываем длины пройденных автомобилем участков. Получим

$$L = 1 + 4 + 1 = 6 \text{ (км)}$$

Ответ: 3.

A3. Эта задача имеет очень простое решение с точки зрения физики и весьма трудное с точки зрения математики.

Найдем время движения, когда лодка плывет **по течению реки**. Скорость лодки **относительно воды** $v_{\text{лодки}}$ (эта скорость, с которой лодка движется в стоячей воде, то есть скорость, которая зависит только от мощности мотора либо от силы гребца), скорость реки **относительно берега** $v_{\text{реки}}$, следовательно, скорость лодки **относительно берега**

$$v = v_{\text{лодки}} + v_{\text{реки}}$$

Следовательно, время движения по течению будет равно

$$t_1 = \frac{S}{v_{\text{лодки}} + v_{\text{реки}}} \quad (1).$$

Этот результат легко получить простыми логическими рассуждениями. Если же лодка движется **против течения**, то логично будет предположить, что скорость лодки относительно берега будет равна

$$v = v_{\text{лодки}} - v_{\text{реки}}$$

Следовательно, время движения против течения будет равно

$$t_2 = \frac{S}{v_{\text{лодки}} - v_{\text{реки}}} \quad (2).$$

Как легко запомнить, когда складывать, а когда вычитать скорости? Поможет принцип **ВЗАИМОПОМОЩИ**, который заключается в следующем: **если два движения помогают друг другу (человек поднимается по движущемуся вверх эскалатору, или два поезда, которые едут навстречу друг другу, помогая друг другу сближаться, или катер, который плывет вниз по течению реки), то ставим знак «плюс». И наоборот, если движения мешают друг другу, то ставим знак «минус».** Например, когда одна машина догоняет (или обгоняет) другую. Очевидно, что обгоняемый не очень хочет, чтобы его догнали, и всячески этому препятствует. Поэтому для определения относительной скорости надо просто вычесть скорости машин друг из друга.

В стоячей воде время движения будет равно

$$t = \frac{S}{v_{\text{лодки}}} \quad (3).$$

С точки зрения физики задача уже решена. А вот теперь наступает самое трудное – решить систему из трех уравнений с четырьмя неизвестными. Для этого выразим путь, который прошла лодка, из первого и второго уравнений. Получим

$$S = (v_{\text{лодки}} + v_{\text{реки}})t_1 \text{ и } S = (v_{\text{лодки}} - v_{\text{реки}})t_2$$

Теперь приравняем эти пути и подставим знание времен t_1 и t_2 (хоть так делать и непринято). Получим

$$(v_{\text{лодки}} + v_{\text{реки}})t_1 = (v_{\text{лодки}} - v_{\text{реки}})t_2 \Rightarrow (v_{\text{лодки}} + v_{\text{реки}})20 = (v_{\text{лодки}} - v_{\text{реки}})30 \Rightarrow$$

$$2v_{\text{лодки}} + 2v_{\text{реки}} = 3v_{\text{лодки}} - 3v_{\text{реки}} \Rightarrow v_{\text{лодки}} = 5v_{\text{реки}} \Rightarrow v_{\text{реки}} = \frac{v_{\text{лодки}}}{5}$$

Теперь подставим полученную скорость реки в первое уравнение (а можем и во второе уравнение; принципиальной разницы нет). Получим

$$t_1 = \frac{S}{v_{\text{лодки}} + v_{\text{реки}}} = \frac{S}{v_{\text{лодки}} + \frac{v_{\text{лодки}}}{5}} = \frac{5S}{6v_{\text{лодки}}} = \frac{5}{6} \cdot \frac{S}{v_{\text{лодки}}} \Rightarrow \frac{S}{v_{\text{лодки}}} = t_1 \cdot \frac{6}{5}$$

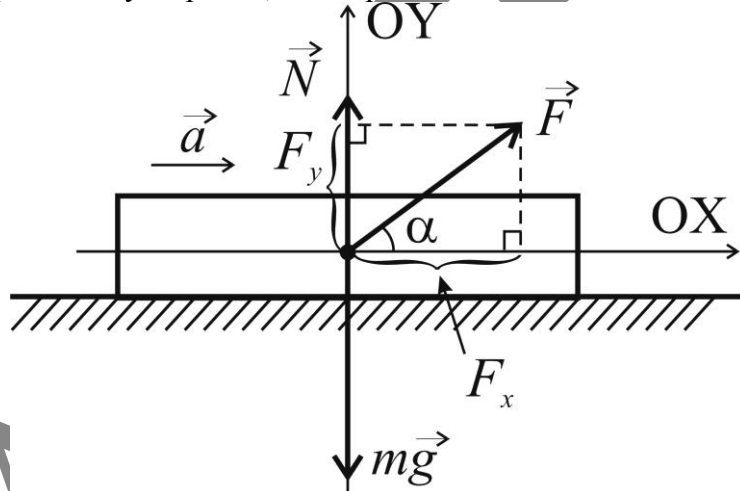
Вот мы и получили ответ, ведь нам и надо было найти отношение пройденного пути к скорости лодки (формула (3)). Окончательно получаем

$$t = \frac{S}{v_{\text{лодки}}} = t_1 \cdot \frac{6}{5} = 20 \cdot \frac{6}{5} = 24 \text{ (минуты)}.$$

Ответ: 3.

А4. На тело действует 3 силы – сила тяги F , сила тяжести mg (эта сила будет действовать на тело в 99,9 % задач по курсу «Динамика») и сила реакции опоры N . Сила трения (сила сопротивления) отсутствует, так как по условию задачи поверхность, по которой движется тело, **гладкая**.

Решение большинства задач по физике начинается с рисунка. И эта задача не исключение. Не забываем показать на рисунке направление ускорения, с которым движется тело.



Обращаю Ваше внимание на то, что сила F , с которой тянут тело, действует в двух направлениях. В горизонтальном направлении (F_x) сила тянет тело вперед, то есть придает телу ускорение. В вертикальном направлении (F_y) – приподнимает тело (или другими словами уменьшает силу давления тела на поверхность, то есть уменьшает N).

Выбираем систему отсчета. Ось OX направим по ускорению – горизонтально. Вторая ось, естественно, будет вертикальна.

Второй закон Ньютона в векторной форме будет иметь вид

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}.$$

В скалярной форме в проекции на ось OX

$$F_x = ma \text{ или } F \cos \alpha = ma.$$

В скалярной форме в проекции на ось OY

$$F_y + N - mg = 0 \text{ или } F \sin \alpha + N - mg = 0$$

Вдоль оси OY сумма сил равна 0, так как вдоль оси OY нет движения. В принципе второе уравнение в этой задаче нам не понадобится, так как для решения достаточно только первого уравнения (из него мы легко найдем ускорение, с которым движется тело). Второй закон Ньютона в проекции на вертикальную

ось обычно нужен для нахождения силы трения, так как $F_{\text{тр}} = \mu N$. Кстати, в этой задаче очень важно помнить, что $F_{\text{тр}} = \mu N$, а не $F_{\text{тр}} = \mu mg$, ведь сила тяги F уменьшает силу реакции опоры.

Запомните одно очень важное правило. **При записи второго закона Ньютона в одной части уравнения всегда должны стоять силы, в другой – та (если тело движется ускоренно) или 0 (если движение равномерное или если тело не движется вдоль выбранной оси).**

Так же важно понимать, что все силы, действующие на тело, можно разделить на три типа:

- I. Силы, помогающие движению (сила тяги в нашей задаче).
- II. Силы, мешающие движению (в нашей задаче нет; обычно сила трения).
- III. Силы, напрямую не влияющие на движение. В нашем случае это сила тяжести и сила реакции опоры. Их проекций есть только вдоль **вертикальной** оси и эти силы никак не могут повлиять на **горизонтальное** движение тела.

Из проекции второго закона Ньютона на горизонтальную ось найдем ускорение тела (при расчете не забываем посмотреть в справочную таблицу в начале теста, чтобы узнать значение $\sqrt{2}$)

$$F \cos \alpha = ma \Rightarrow F = \frac{ma}{\cos \alpha} = \frac{5 \cdot 2}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{10 \cdot 2}{\sqrt{2}} = 10\sqrt{2} = 14,2 \text{ (Н)}.$$

Ответ: 2.

A5. Одним из проявлений силы всемирного тяготения является **сила тяжести**. Так принято называть силу притяжения тел к Земле или другой планете. Если M – масса планеты, R – ее радиус, m – масса тела, которое находится на поверхности планеты, то сила тяжести будет равна

$$F = G \frac{Mm}{R_3^2} \text{ и } F = mg \Rightarrow G \frac{M}{R_3^2} m = mg_0 \Rightarrow g_0 = G \frac{M}{R_3^2}$$

где g_0 – ускорение свободного падения у **ПОВЕРХНОСТИ** планеты.

Из формулы видно, что ускорение свободного падения зависит только от массы планеты и ее размеров, и никак не зависит от массы тела, находящегося на поверхности планеты.

Эта формула будет применяться в тех задачах, где нам будет дана масса планеты (или будет идти речь о соотношении между массами планет) и радиус планеты (или опять же будет идти речь о соотношении между радиусами планет).

В нашей же задаче идет речь о плотностях планет. Доработаем эту формулу. Массу тела мы можем найти по формуле

$$m = \rho V,$$

где ρ – плотность тела. Так как мы имеем дело с планетами (а они шарообразные тела), то их объем

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3.$$

При помощи этих двух формул можно получить нужное нам соотношение для ускорения свободного падения на поверхности планеты, выраженное через плотность вещества планеты

$$g_0 = G \frac{M}{R_n^2} = G \frac{\rho V}{R_n^2} = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R_n^3}{R_n^2} = \frac{4}{3} G \rho \pi R_n,$$

где R_n – радиус планеты.

Ускорение свободного падения на поверхности первой планеты будет равно $g_1 = \frac{4}{3} G \rho_1 \pi R_1$.

Ускорение свободного падения на поверхности второй планеты будет равно $g_2 = \frac{4}{3} G \rho_2 \pi R_2$

Разделим первое уравнение на второе. Получим

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{\frac{4}{3} G \rho_1 \pi R_1}{\frac{4}{3} G \rho_2 \pi R_2} = \frac{\rho_1 R_1}{\rho_2 R_2} \Rightarrow \frac{g_1}{g_2} = \frac{\rho_1 R_1}{\rho_2 R_2} \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{g_1 R_2}{g_2 R_1}$$

По условию задачи $\frac{R_2}{R_1} = 4 \Rightarrow R_2 = 4R_1$ и $\frac{g_2}{g_1} = 2 \Rightarrow g_2 = 2g_1$. Подставим эти соотношения

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{g_1 R_2}{g_2 R_1} = \frac{g_1 4R_1}{2g_1 R_1} = 2 \Rightarrow \rho_1 = 2\rho_2$$

Ответ: 3.

А6. Импульсом (количеством движения) тела называют физическую векторную величину, являющуюся количественной характеристикой поступательного движения тел. Импульс обозначается p . Импульс тела равен произведению массы тела на его скорость:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

Направление импульса $\vec{p}$ совпадает с направлением вектора скорости тела (направлен по касательной к траектории при криволинейном движении). Единица измерения импульса – кг·м/с. При взаимодействии тел импульс одного тела может частично или полностью передаваться другому телу.

В замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой (если на систему тел не действуют внешние силы со стороны других тел или их равнодействующая равна нулю, то такая система называется **замкнутой**).

Этот фундаментальный закон природы называется **законом сохранения импульса. ПРИ ЭТОМ САМИ ИМПУЛЬСЫ МОГУТ МЕНЯТЬСЯ, НО ИХ ВЕКТОРНАЯ СУММА ОСТАЕТСЯ ПОСТОЯННОЙ.**

Для случая взаимодействия двух тел закон сохранения импульса часто записывают в виде:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2,$$

где $m_1\vec{v}_1$ и $m_1\vec{u}_1$ – импульс первого тела до и после взаимодействия, $m_2\vec{v}_2$ и $m_2\vec{u}_2$ – импульс второго тела до и после взаимодействия. Это равенство означает, что в результате взаимодействия двух тел их **СУММАРНЫЙ ИМПУЛЬС** не изменился.

Так же примером нахождения скорости взаимодействующих тел даже тогда, когда значения действующих сил неизвестны, может служить реактивное движение.

При стрельбе из орудия возникает **отдача** – снаряд движется вперед, а орудие – откатывается назад. Снаряд и орудие – два взаимодействующих тела. Скорость, которую приобретает орудие при отдаче, зависит только от скорости снаряда и отношения масс (см. рисунок). Начальный суммарный импульс системы снаряд–орудие будет равен нулю (до выстрела и орудие и снаряд покоятся). Если скорости орудия и снаряда обозначить через V и v , а их массы через M и m , то на основании закона сохранения импульса можно записать в проекциях на ось OX :

$$0 = mv - MV.$$

В нашем случае мы имеем систему охотник–дробь. Скорость охотника после выстрела будет равна

$$0 = mv - MV \Rightarrow MV = mv \Rightarrow V = \frac{mv}{M} = \frac{0,03 \cdot 300}{60} = 0,15 \text{ м/с.}$$

Ответ: 1.

А7. Если Вам нужна помощь при решении данной задачи, то Вам всерьез стоит задуматься о целесообразности сдачи ЦТ по физике. И это не шутка.

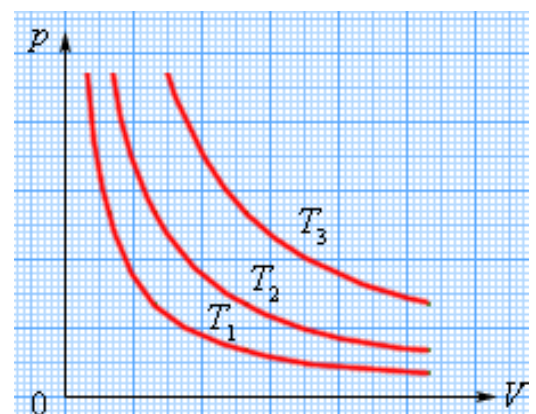
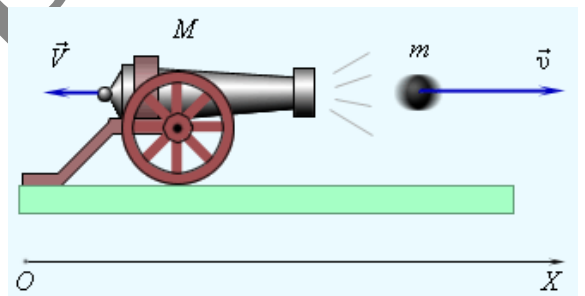
Ответ: 1.

А8. Изотермическим процессом называют процесс, протекающий при постоянной температуре T . Из уравнения состояния идеального газа $pV = \nu RT$ следует, что при постоянной температуре T и неизменном количестве вещества ν в сосуде произведение давления p газа на его объем V должно оставаться постоянным:

$$pV = \text{const} \text{ или } p_1V_1 = p_2V_2,$$

где p_1 и V_1 – начальные давление и объем газа, p_2 и V_2 – конечные давление и объем газа.

На плоскости (p, V) изотермические процессы изображаются при



различных значениях температуры T семейством гипербол $p \sim 1/V$, которые называются **изотермами**. Так как коэффициент пропорциональности в этом соотношении увеличивается с ростом температуры, изотермы, соответствующие более высоким значениям температуры, располагаются на графике выше изотерм, соответствующих меньшим значениям температуры (см. график, $T_3 > T_2 > T_1$).

В каких задачах применять? Хорошо, если в задаче написано, что температура газа неизменна. Чуть хуже, если в условии присутствует слово «медленно». Например, газ медленно сжимают или медленно расширяют. Еще хуже, если сказано, что газ закрыт теплопроводящим поршнем. Наконец, совсем плохо, если про температуру не сказано ничего, но из условия можно предположить, что она не изменяется. Обычно в этом случае ученики применяют закон Бойля–Мариотта от безысходности.

В нашей задаче четко сказано, что процесс изотермический. По условию задачи, газ сжимался. Это значит, что

$$\Delta V = V_1 - V_2 \Rightarrow V_2 = V_1 - \Delta V$$

Следовательно,

$$p_1 V_1 = p_2 (V_1 - \Delta V) \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_1 - p_2 \Delta V \Rightarrow p_2 V_1 - p_1 V_1 = p_2 \Delta V \Rightarrow V_1 (p_2 - p_1) = p_2 \Delta V \Rightarrow$$

$$V_1 = \Delta V \frac{p_2}{(p_2 - p_1)} = 0,6 \frac{120 \cdot 10^3}{120 \cdot 10^3 - 80 \cdot 10^3} = 1,8 \text{ (литра)}$$

Обращаю Ваше внимание на то, что при расчетах изменение объема газа мы не переводили из литров в метры кубические. Тут это необязательно, так как ответ нам надо дать в литрах. Так же тут было необязательно переводить кПа в Па. **Однако важно помнить, что в задачах на МКТ всегда обязательно надо переводить температуру из градусов Цельсия в Кельвины!!!**

Ответ: 2.

А9. Первый закон термодинамики гласит: **Количество теплоты, полученное системой, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение работы системой над внешними телами (или просто на совершение системой работы).**

$$Q = \Delta U + A.$$

В **изобарном процессе** ($p = \text{const}$) работа, совершаемая газом, выражается соотношением

$$A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V \text{ или } A = \nu R\Delta T$$

Первый закон термодинамики для изобарного процесса будет иметь вид

$$Q = U(T_2) - U(T_1) + p(V_2 - V_1) = \Delta U + p\Delta V,$$

где $U(T_1)$ и $U(T_2)$ – внутренние энергии газа в начальном и конечном состояниях при температурах T_1 и T_2 . Так как газ **одноатомный**, то

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R\Delta T + \nu R\Delta T = \frac{5}{2} \nu R\Delta T \quad (1)$$

или

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} p\Delta V + p\Delta V = \frac{5}{2} p\Delta V \quad (2)$$

Какую из формул выбрать при решении задача будет ясно после ознакомления с условием задачи.

При изобарном расширении $Q > 0$ – тепло поглощается газом. Газ совершает положительную работу и его внутренняя энергия возрастает. При изобарном сжатии $Q < 0$ – тепло отдается внешним телам. В этом случае $A < 0$. Температура газа при изобарном сжатии уменьшается ($T_2 < T_1$); внутренняя энергия убывает, то есть $\Delta U < 0$.

Так как по условию задачи нам дано изменение температуры, то удобней выбрать первую формулу для полученной газом теплоты

$$Q = \frac{5}{2} \nu R\Delta T = \frac{5}{2} \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{5}{2} \frac{200}{20} 8,31 \cdot 40 = 8310 \text{ (Дж)} = 8,31 \text{ кДж}.$$

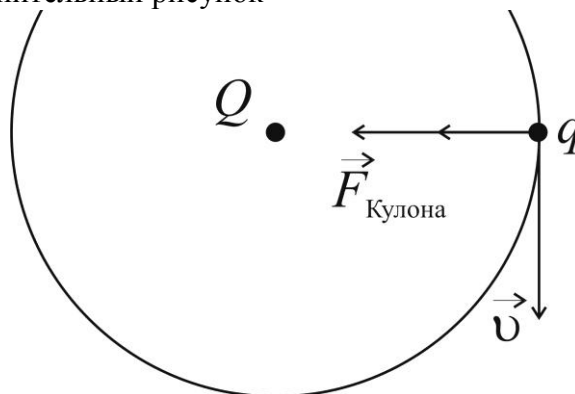
Обращаю Ваше внимание на то, что массу газа мы подставили в граммах, так как молярную массу мы не переводили и подставили с размерностью г/моль.

Ответ: 5.

А10. Если Вы знаете ответ на вопрос задачи, то обязательно скажите большое спасибо своему школьному учителю физики.

Ответ: 5.

A11. Сделаем небольшой пояснительный рисунок



На движущийся отрицательный заряд q действует сила притяжения (сила Кулона) к положительному заряду Q , которая равна

$$F_{\text{Кулона}} = k \frac{qQ}{R^2},$$

где q – **модуль** заряда движущегося шарика. Второй закон Ньютона для движущегося по окружности шарика имеет вид

$$F_{\text{Кулона}} = ma_{\text{ц}}.$$

где $a_{\text{ц}}$ – центростремительное (нормальное) ускорение тела. Так как $a_{\text{ц}} = \omega^2 R$, то

$$F_{\text{Кулона}} = ma_{\text{ц}} \Rightarrow k \frac{qQ}{R^2} = m\omega^2 R \Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{R^2 \omega^2 R}{kQ}$$

Я специально не стал объединять R^2 и R . Сейчас поймете почему. Подставляем значения

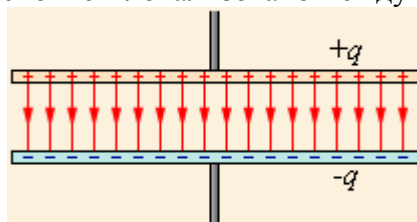
$$\frac{q}{m} = \frac{(R\omega)^2 R}{kQ} = \frac{(0,2 \cdot 50)^2 \cdot 0,2}{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-9}} = \frac{100 \cdot 0,2}{9} = 2,22 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

Важное примечание. В самом начале теста в справочных данных Вы не найдете значение электрической постоянной k . Ее значение хитро спрятано. Важно помнить, что

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.$$

Ответ: 3.

A12. Простейший конденсатор – система из двух плоских проводящих пластин, расположенных параллельно друг другу на малом (по сравнению с размерами пластин) расстоянии и разделенных слоем диэлектрика (иногда это может быть просто воздух). Такой конденсатор называется плоским. Электрическое поле плоского конденсатора в основном локализовано между пластинами.



Емкостью такого конденсатора будет равна

$$C = \frac{q}{U},$$

где q – заряд конденсатора, U – напряжение между обкладками. Под зарядом конденсатора понимают только заряд его положительной обкладки.

Энергия W_C конденсатора емкости C , заряженного зарядом q , может быть найдена по формуле

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

Формулу, выражающую энергию заряженного конденсатора, можно переписать в другой эквивалентной форме, если воспользоваться соотношением $q = CU$:

$$W_C = \frac{q^2}{2C} = \frac{(CU)^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

Так как напряженность однородного поля в плоском конденсаторе равна $E = \frac{U}{d} \Rightarrow U = Ed$, то

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(Ed)^2}{2} = \frac{0,8 \cdot 10^{-9} \cdot (10^5 \cdot 10^{-3})^2}{2} = 0,4 \cdot 10^{-9} \cdot (10^2)^2 = 0,4 \cdot 10^{-9} \cdot 10^4 = 0,4 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

или 4 мкДж.

Ответ: 4.

A13. Вспомним закон Ома для полной (замкнутой) цепи: сила тока в замкнутой цепи равна электродвижущей силе источника, деленной на общее (внутреннее + внешнее) сопротивление цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}.$$

Сопротивление r – внутреннее (собственное) сопротивление источника тока (зависит от внутреннего строения источника). Сопротивление R – сопротивление нагрузки (внешнее сопротивление цепи). Если переписать формулу в несколько ином виде, то

$$\varepsilon = IR + Ir = U_R + U_r,$$

где U_R – падение напряжения во внешней цепи (напряжение на источнике), U_r – падение напряжения в источнике. Нам необходимо найти напряжение на зажимах источника или сколько Вольт источник отдает во внешнюю цепь. То есть

$$U_R = \varepsilon - U_r = \varepsilon - Ir = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r} r = \varepsilon \left(1 - \frac{r}{R_1 + R_2 + r} \right) = \varepsilon \left(\frac{R_1 + R_2 + r - r}{R_1 + R_2 + r} \right) = \varepsilon \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + r} \right)$$

Подставляем числа

$$U_R = \varepsilon \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + r} \right) = 4 \left(\frac{1 + 3}{1 + 3 + 1} \right) = \frac{16}{5} = 3,2 \text{ В.}$$

Ответ должен быть обязательно меньше чем ЭДС источника, так как дать во внешнюю цепь напряжение большее, чем ЭДС, источник не может.

Ответ: 4.

A14. Сейчас Вам придется прочитать немного теории и самостоятельно решить задачу.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОКА

В пространстве, окружающем движущиеся электрические заряды возникает магнитное поле.

О наличии магнитного поля можно судить по его действию на движущиеся электрические заряды, электрические токи, магниты. Из трех проявлений тока магнитное поле возникает всегда и зависит только от силы тока и его направления.

Магнитным называется взаимодействие между движущимися электрическими зарядами.

Силовыми линиями магнитного поля называют линии, по касательным к которым располагаются магнитные стрелки.

Магнитной стрелкой называют длинный и тонкий магнит, его полюса точечны. Подвешенная на нити магнитная стрелка всегда поворачивается в одну сторону. При этом один ее конец направлен в сторону севера, второй – на юг. Отсюда – название полюсов: северный (N) и южный (S).

ВЕКТОР МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

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 вектор $\vec{B}$ одинаков. Почти однородное поле в соленоиде и между полюсами дугообразного магнита.

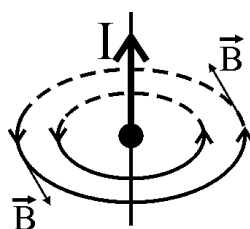
СИЛОВАЯ ЛИНИЯ НАПРАВЛЕНА ОТ ЮЖНОГО ПОЛЮСА МАГНИТНОЙ СТРЕЛКИ К СЕВЕРНОМУ, ТО ЕСТЬ ОТ СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА МАГНИТА К ЮЖНОМУ.

В случае постоянных магнитов:



В случае магнитного поля электрического тока для определения направления силовых линий используют **ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ**: если взять проводник в правую руку так, чтобы большой палец был направлен по току, то четыре пальца, обхватывающие проводник, показывают направление силовых линий вокруг проводника.

В случае прямого тока линии магнитной индукции – окружности, плоскости которых перпендикулярны току.



Вектора магнитной индукции направлены по касательной к окружности. А теперь самостоятельно дайте ответ на вопрос задачи.

Ответ: 4.

A15. Груз некоторой массы m , прикрепленный к пружине жесткости k , второй конец которой закреплен неподвижно, составляют систему, способную совершать в отсутствие трения свободные гармонические колебания. Груз на пружине называют **пружинным маятником**.

Период T гармонических колебаний груза на пружине равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Теперь вспомним что такое период колебаний. Минимальный интервал времени, через который происходит повторение движения тела, называется периодом колебаний T . Если же количество колебаний N , а их время t , то период находится как

$$T = \frac{t}{N}.$$

Таким образом, получаем

$$\frac{t}{N} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Возведем обе части уравнения во вторую степень и выразим жесткость пружины. Получим

$$\left(\frac{t}{N}\right)^2 = \left(2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{t}{N}\right)^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k} \Rightarrow k = \frac{4\pi^2 m}{\left(\frac{t}{N}\right)^2}$$

Время все колебаний равно 1 минута или 60 секунд. Получаем

$$k = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,22}{(60/30)^2} = \frac{4 \cdot 2,17}{4} = 2,17 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)$$

Ответ: 4.

A16. Все вещества можно условно разделить на два типа – оптически прозрачные (в которых может распространяться свет) и оптически не прозрачные (в которых свет распространяться не может). Нам, естественно, будут интересны только первые.

Каждая оптически прозрачная среда характеризуется одним важным параметром – **показателем преломления среды n** . Эта величина показывает во сколько раз скорость света в данной среде, будет **МЕНЬШЕ**, чем в вакууме. То есть, если показатель преломления среды равен 2, то это значит, что скорость света в данной среде будет равна

$$v = \frac{c}{n} = \frac{300\,000\text{ км/с}}{2} = 150\,000\text{ км/с}.$$

Чем выше показатель преломления среды, тем более оптически плотная среда. И наоборот. Среду с меньшим показателем преломления называют оптически менее плотной.

На границе раздела двух прозрачных сред свет частично отражается и частично **проходит** через границу и распространяться во второй среде.

ЗАКОН ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА: падающий и преломленный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β есть величина, постоянная для двух данных сред:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

где n_1 – абсолютный показатель преломления первой среды, n_2 – абсолютный показатель преломления второй среды. Показатель преломления среды относительно вакуума называют **абсолютным показателем преломления**.

В нашей задаче $\alpha = 2\beta$. К сожалению без знаний тригонометрических формул тут не обойтись.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{3} \Rightarrow \frac{\sin 2\beta}{\sin \beta} = \sqrt{3} \Rightarrow \frac{2 \sin \beta \cos \beta}{\sin \beta} = \sqrt{3} \Rightarrow \cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \beta = 30^\circ$$

Теперь вернемся к закону преломления

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \sqrt{3} \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{3} \sin \beta = \sqrt{3} \sin 30^\circ = \sqrt{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

Ответ: 3.

Я не совсем понимаю, зачем на втором этапе РТ Вам предлагают решить задачи А17 и А18. Для их решения необходимо знать темы, которые Вы еще не прошли в школе. Поэтому я постараюсь достаточно подробно изложить теорию, которая необходима для решения этих задач.

А17. Фотон — элементарная частица, переносчик электромагнитного взаимодействия, квант электромагнитного поля. Фотоны обозначаются буквой γ , поэтому их часто называют гамма-квантами (особенно фотоны высоких энергий). Эти термины практически синонимичны.

Фотон не имеет массы покоя и электрического заряда. Фотон участвует в электромагнитном и гравитационном взаимодействии. **Масса ПОКОЯ фотона равна нулю.** Энергия фотона равна

$$E = h\nu$$

где ν – частота фотона, c – скорость света, h – постоянная Планка (значения постоянных смотрим в начале теста). Фотон движется в вакууме со скоростью света. Так как частота электромагнитной волны ν и длина волны λ связаны соотношением $\nu = \frac{c}{\lambda}$, то

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,42 \cdot 10^{-6}} = 47,35 \cdot 10^{-20} \text{ (Дж)} = 4,735 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}.$$

Мы получили ответ в Джоулях, который надо перевести в эВ. Опять смотрим в таблицу.

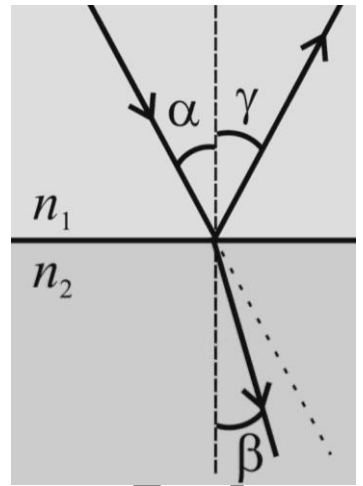
$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

Составим пропорцию

$$\begin{array}{l} 1 \text{ эВ} \text{ — } 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.} \\ x \text{ эВ} \text{ — } 4,735 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.} \end{array}$$

Получаем, что $4,735 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \approx 3 \text{ эВ}$.

Ответ: 2.



A18. В настоящее время твердо установлено, что **атомные ядра различных элементов состоят из двух частиц – протонов и нейтронов**. Первая из этих частиц представляет собой атом водорода, из которого удален единственный электрон. По современным измерениям, положительный заряд протона в точности равен **элементарному заряду** $e = 1,60217733 \cdot 10^{-19}$ Кл, то есть равен по модулю отрицательному заряду электрона. Такое совпадение зарядов двух непохожих друг на друга частиц вызывает удивление и остается одной из фундаментальных загадок современной физики. **Масса протона**, по современным измерениям, равна $m_p = 1,67262 \cdot 10^{-27}$ кг. В ядерной физике массу частицы часто выражают в атомных единицах массы (а. е. м.), равной 1/12 массы атома углерода с массовым числом 12:

$$1 \text{ а. е. м.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Следовательно, $m_p = 1,007276 \cdot \text{а. е. м.}$

Вторая элементарная частица – **нейтрон**. По современным измерениям, **масса нейтрона**

$$m_n = 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,008665 \text{ а. е. м.}$$

Масса нейтрона приблизительно на две электронные массы превосходит массу протона.

ПРОТОНЫ И НЕЙТРОНЫ ПРИНЯТО НАЗЫВАТЬ НУКЛОНАМИ.

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

Как определять число протонов и нейтронов? На примере урана ${}_{92}^{238}U$ – число протонов $N_p = Z = 92$, число нейтронов $N_n = A - Z = 238 - 92 = 146$.

Ядра одного и того же химического элемента могут отличаться числом нейтронов. Такие ядра называются **изотопами**. У большинства химических элементов имеется несколько изотопов. Например, у водорода три изотопа: ${}_1^1H$ – обычный водород, ${}_1^2H$ – дейтерий и ${}_1^3H$ – тритий. У углерода – 6 изотопов, у кислорода – 3.

Важнейшую роль в ядерной физике играет понятие **энергии связи ядра**.

ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ ЯДРА РАВНА МИНИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ, КОТОРУЮ НЕОБХОДИМО ЗАТРАТИТЬ ДЛЯ ПОЛНОГО РАСШЕПЛЕНИЯ ЯДРА НА ОТДЕЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ.

Из закона сохранения энергии следует, что энергия связи равна той энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц.

Энергию связи любого ядра можно определить с помощью точного измерения его массы. В настоящее время физики научились измерять массы частиц – электронов, протонов, нейтронов, ядер и др. – с очень высокой точностью. Эти измерения показывают, что **масса любого ядра $M_{\text{я}}$ всегда меньше суммы масс входящих в его состав протонов и нейтронов:**

$$M_{\text{я}} < Zm_p + (A - Z)m_n.$$

Разность масс

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{\text{я}}.$$

называется **дефектом массы**. По дефекту массы можно с помощью **формулы Эйнштейна** $E = mc^2$ определить энергию, выделившуюся при образовании данного ядра, то есть энергию связи ядра $E_{\text{св}}$:

$$E_{\text{св}} = \Delta Mc^2 = (Zm_p + (A - Z)m_n - M_{\text{я}})c^2.$$

Эта энергия выделяется при образовании ядра в виде излучения γ -квантов.

При решении задач данного типа сохраняйте как можно больше (6–7) знаков после запятой. Ни в коем случае не округляйте до целых!!! Теперь вернемся к нашей задаче.

Нам дан фосфор ${}_{15}^{31}P$. В этом ядре будет 15 протонов и $(31 - 15) = 16$ нейтронов. Энергия связи такого ядра будет равна

$$\begin{aligned} E_{\text{св}} &= (15m_p + 16m_n - M_{\text{я}})c^2 = (15 \cdot 1,6726 \cdot 10^{-27} + 16 \cdot 1,6750 \cdot 10^{-27} - 51,4351 \cdot 10^{-27}) \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = \\ &= 0,4539 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^8 = 4,0851 \cdot 10^{-11} \text{ Дж.} \end{aligned}$$

Ответ: 2.

B1. У этой задачи есть два решения – простое и для продвинутых учеников. Рассмотрим сначала простое решение. Зависимость координаты тела от времени для любого движения имеет вид

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

Подставим A и B в уравнение, данное в условии задачи. Получим

$$x = 15t + 0,4t^2.$$

Немного подгоним это уравнение под стандартный вид

$$x = 0 + 15t + \frac{0,8t^2}{2}$$

и сравним это уравнение с уравнением в общем виде. Очевидно, что $x_0 = 0$ м, $v_0 = 15$ м/с, $a = 0,8$ м/с².

Зависимость скорости тела от времени легко находится из формулы ускорения. Так как $a = \frac{v - v_0}{t}$, то

$$v = v_0 + at.$$

Подставим сюда значения начальной скорости и ускорения. Получим

$$v = 15 + 0,8t.$$

Ну а теперь просто подставим значение времени t

$$v = 15 + 0,8t = 15 + 0,8 \cdot 5 = 19 \text{ м/с}.$$

Теперь рассмотрим решение для продвинутых. У нас есть уравнение движения $x = 15t + 0,4t^2$. Так как скорость равна производной от функции координаты по времени, то

$$v = (x)' = (15t + 0,4t^2)' = 15 + 0,8t.$$

А теперь просто подставляем время.

Ответ: 19.

B2. Для решения этой задачи важно вспомнить одну очень важную выдержку из теории.

ПЛОЩАДЬ ПОД ГРАФИКОМ СКОРОСТИ ЧИСЛЕННО ПОЗВОЛЯЕТ НАЙТИ ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ, пройденные телом (это относится к любому движению). Если мы хотим найти **ПУТЬ**, то мы должны **СЛОЖИТЬ** площади ограниченные графиком скорости над и под осью времени. Если мы хотим найти **ПЕРЕМЕЩЕНИЕ**, то площади **НАД ОСЬЮ** времени мы берем со знаком «ПЛЮС», **ПОД** – со знаком «МИНУС» и суммируем.

Рассмотрим просто пример. Пусть скорость движения тела менялась так, как показано на графике. Найдем путь и перемещение тела за 8 секунд движения.

$$S_1 = v_1 \Delta t_1 = 3 \cdot 2 = 6 \text{ м},$$

$$S_2 = v_2 \Delta t_2 = 1 \cdot 1 = 1 \text{ м},$$

$$S_3 = v_3 \Delta t_3 = -2 \cdot 3 = -6 \text{ м (тело двигалось в направлении, обратном направлению оси OX)}.$$

$$S_4 = v_4 \Delta t_4 = 0 \cdot 1 = 0 \text{ м (тело покоилось)},$$

$$S_5 = v_5 \Delta t_5 = 1 \cdot 1 = 1 \text{ м}.$$

Таким образом, пройденный телом **путь** равен

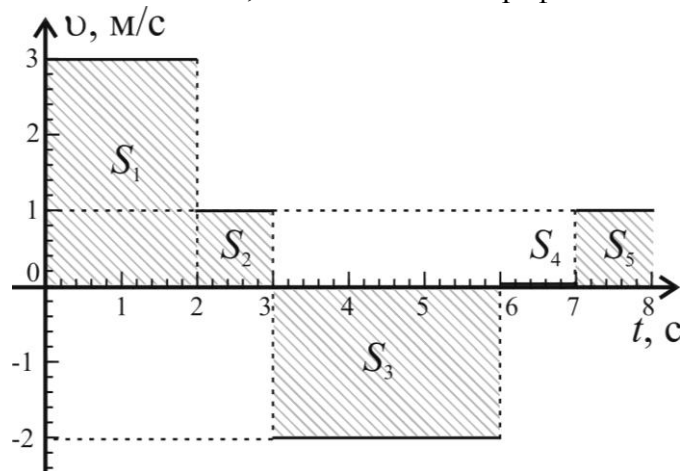
$$L = |S_1| + |S_2| + |S_3| + |S_4| + |S_5| = 6 + 1 + 6 + 1 = 14 \text{ м}.$$

Перемещение тела составит

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 = 6 + 1 - 6 + 1 = 2 \text{ м}.$$

А теперь самостоятельно решите данную задачу.

Ответ: 21.



B3. Перед тем как начать решение данной задачи важно понять некоторые моменты.

1. Объем шара состоит из двух объемов – объема меди и объема воздушной полости.

2. Будем учитывать силу тяжести, которая действует только на медь.

Очевидно, что на шар действуют две силы – сила тяжести и сила Архимеда (шар погружен в жидкость). Так как тело находится в покое и полностью погружено в жидкость, то согласно второму закону Ньютона эти силы компенсируют друг друга

$$mg = \rho_{\text{воды}} gV \Rightarrow m = \rho_{\text{воды}} V$$

При расчете силы Архимеда важно помнить, то сила Архимеда зависит от объема **погруженной** части тела. В нашем случае тело погружено полностью и мы просто подставляем объем тела. Объем шарика равен (смотрите первый пункт)

$$V = V_n + V_{\text{меди}} = V_n + \frac{m}{\rho_{\text{меди}}}.$$

Подставим теперь значение объема в первое уравнение

$$m = \rho_{\text{воды}} \left(V_n + \frac{m}{\rho_{\text{меди}}} \right).$$

Ну а теперь раскроем скобки и выразим массу меди (не забываем перевести см^3 в м^3)

$$m = \rho_{\text{воды}} V_n + \frac{\rho_{\text{воды}}}{\rho_{\text{меди}}} m \Rightarrow m - \frac{\rho_{\text{воды}}}{\rho_{\text{меди}}} m = \rho_{\text{воды}} V_n \Rightarrow m \left(1 - \frac{\rho_{\text{воды}}}{\rho_{\text{меди}}} \right) = \rho_{\text{воды}} V_n \Rightarrow$$

$$m = \frac{\rho_{\text{воды}} V_n}{\left(1 - \frac{\rho_{\text{воды}}}{\rho_{\text{меди}}} \right)} \Rightarrow m = \frac{\rho_{\text{воды}} \rho_{\text{меди}}}{\rho_{\text{меди}} - \rho_{\text{воды}}} V_n = \frac{10^3 \cdot 8,9 \cdot 10^3}{8,9 \cdot 10^3 - 10^3} 8,9 \cdot 10^{-6} = 10,02 \cdot 10^{-3} (\text{кг}) = 10 (\text{гр}).$$

Ответ: 10.

В4. Сначала решим задачу классическим способом. На груз действуют две силы: сила тяжести и сила натяжения нити, направленная вдоль нити. Выбрав одну из осей горизонтально (вдоль ускорения), а вторую – вертикально вверх, запишем уравнение движения в проекции на эти оси

$$\text{OX: } T \sin \alpha = ma$$

$$\text{OY: } T \cos \alpha - mg = 0$$

Исключив из этих уравнений силу T (выразим T из каждого уравнения и приравняем полученные формулы), получим

$$\text{tg } \alpha = \frac{a}{g},$$

откуда получаем, что $a = 10$ (так как $\text{tg } 45^\circ = 1$).

Есть еще один способ решения. На мой взгляд, более простой и удобный. К сожалению, его можно применять только к малому количеству задач по динамике. Нарисуем треугольник сил действующих на тело. Угол α будет равен углу между вертикалью и нитью. Из треугольника сил найдем $\text{tg } \alpha$

$$\text{tg } \alpha = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g}.$$

Получаем ответ, аналогичный предыдущему решению. Какое решение запоминать решать вам.

Ответ: 10.

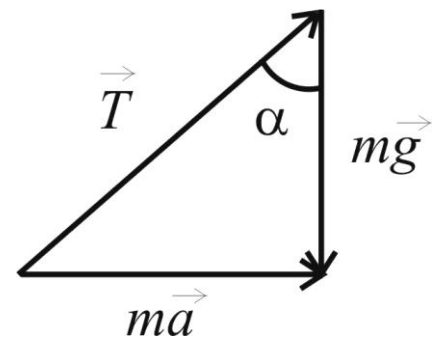
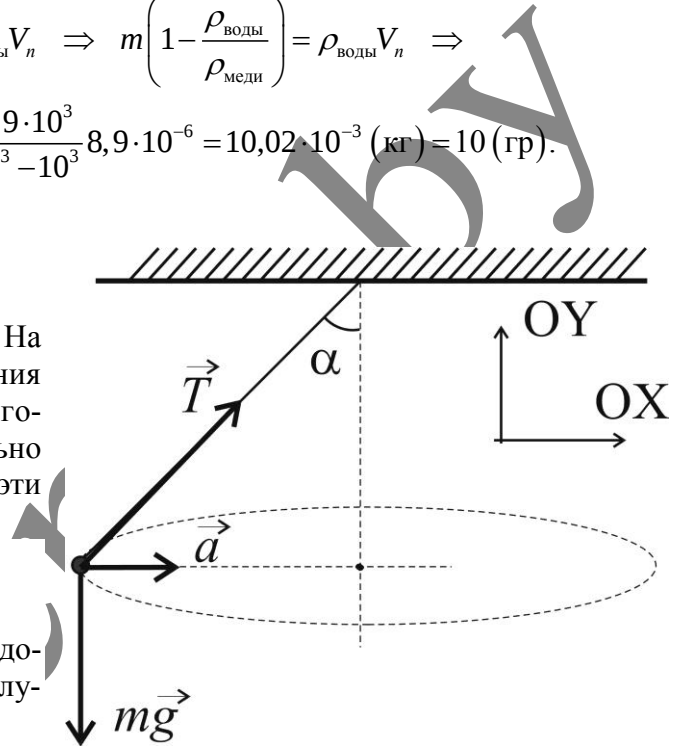
В5. С каждым из газов происходит изотермический процесс. Запишем уравнение состояния для первого и второго газа в начальном состоянии

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{M} RT \text{ и } p_2 V_2 = \frac{m_2}{M} RT.$$

После того, как кран откроют, газы станут одним целым (газы ведь по условию задачи одинаковые). Такой газ займет весь предоставленный ему объем ($V_1 + V_2$) и будет иметь массу равную сумме масс газов. Уравнение состояния такого газа будет иметь вид

$$p(V_1 + V_2) = \frac{m_1 + m_2}{M} RT.$$

Теперь выразим m_1 и m_2 из уравнений описывающих начальные состояния газов



$$m_1 = \frac{V_1 p_1 M}{RT} \text{ и } m_2 = \frac{V_2 p_2 M}{RT}$$

и подставим в уравнение, описывающее конечное состояние. Получим

$$p(V_1 + V_2) = \frac{\frac{V_1 p_1 M}{RT} + \frac{V_2 p_2 M}{RT}}{M} RT$$

Температура, молярная масса и универсальная газовая постоянная успешно сокращаются

$$p(V_1 + V_2) = V_1 p_1 + V_2 p_2 \Rightarrow p = \frac{V_1 p_1 + V_2 p_2}{(V_1 + V_2)}$$

Обращаю Ваше внимание на то, что и объем и давление мы можем подставить во внесистемных единицах (объем в литрах, а давление в кПа). Единицы измерения объема просто сократятся и ответ мы получим в кПа (это не даст нам возможность облажаться при записи ответа в бланк)

$$p = \frac{V_1 p_1 + V_2 p_2}{(V_1 + V_2)} = \frac{4 \cdot 90 + 6 \cdot 200}{10} = 156 \text{ кПа.}$$

Ответ: 156.

В6. Силу трения иногда еще называют диссипативной силой, то есть силой, которая рассеивает энергию. Это означает, что работа силы трения всегда направлена на то, чтобы забрать энергию у тела и превратить эту энергию в тепло. В нашем случае тепло пойдет на таяние снега. Получаем

$$A_{\text{трения}} = Q_{\text{таяния}} \Rightarrow F_{\text{тр}} S = \lambda m_{\text{снега}} \Rightarrow \mu M_{\text{саней}} g S = \lambda m_{\text{снега}} \Rightarrow m_{\text{снега}} = \frac{\mu M_{\text{саней}} g S}{\lambda}.$$

Подставляем числа и не забываем перевести полученный ответ из килограмм в граммы

$$m_{\text{снега}} = \frac{\mu M_{\text{саней}} g S}{\lambda} = \frac{0,035 \cdot 264 \cdot 10 \cdot 400}{330000} = 0,112 \text{ (кг)} = 112 \text{ (гр)}.$$

Ответ: 112.

В7. Так как в условии задачи есть строки о том, что «газ находится в сосуде, закрытом **ПОДВИЖНЫМ поршнем**», то мы делаем однозначный вывод что процесс, происходящий с газом, будет изобарным. Из курса термодинамики нам известно, что при изобарном процессе теплота, переданная газу расходуется на совершение газом работы и на изменение его внутренней энергии. Так как газ одноатомный, то

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

При помощи уравнения состояния идеального газа $p \Delta V = \nu R \Delta T$ записываем выражение для переданного тепла в немного другом виде

$$Q = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} p \Delta V.$$

Изменение объема будет равно

$$\Delta V = S \Delta h$$

где Δh – высота, на которую поднимается поршень. Подставляем изменение объема в формулу для теплоты. Получаем

$$Q = \frac{5}{2} p \Delta V = \frac{5}{2} p S \Delta h$$

откуда выражаем Δh :

$$Q = \frac{5}{2} p S \Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{2}{5} \frac{Q}{p S}$$

Важно понимать, что так как поршень невесомый, то давление газа будет равно атмосферному давлению. Окончательно получаем

$$\Delta h = \frac{2}{5} \frac{Q}{p_A S} = \frac{2}{5} \frac{500}{100 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-4}} = 0,2 \text{ (м)} = 20 \text{ (см)}.$$

Ответ: 20.

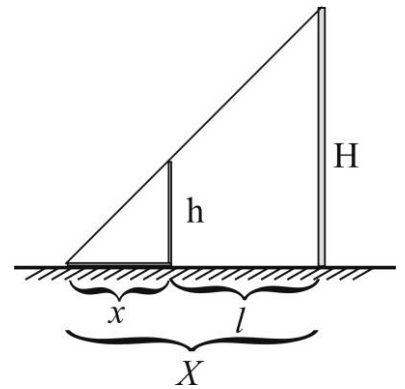
В8. Задачи такого типа можно и даже нужно решать без оглядки на физику. Делаем рисунок. По условию задачи нам надо найти расстояние l . Очевидно, что получившиеся треугольники будут подобными (по трем углам). Следовательно,

$$\frac{x}{h} = \frac{X}{H} \Rightarrow X = H \cdot \frac{x}{h},$$

так как длина тени равна высоте шеста. Окончательно получаем

$$l = X - x = 5 - 2 = 3 \text{ (м)}.$$

Ответ: 3.



В9. В этой задаче мы имеем дело с переменным током. Заменяем амплитудное значение тока на действующее значение тока.

Действующим (эффективным) значением переменного тока называется сила такого постоянного тока, который, проходя по цепи, выделил бы в единицу времени такое же количество теплоты, что и данный переменный ток. Другими словами действующее значение переменного тока есть **СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ** переменного тока. Для переменного тока действующее значение силы тока равно

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}.$$

Таким образом, мы заменяем переменный ток на постоянный.

Вспомним закон Джоуля–Ленца. **Работа A электрического тока I , протекающего по неподвижному проводнику с сопротивлением R , преобразуется в тепло Q , выделяющееся на проводнике**

$$Q = A = I^2 R \Delta t \text{ или } Q = I U \Delta t \text{ (вспоминаем закон Ома для участка цепи).}$$

Это тепло будет потрачено на нагрев воды

$$Q = cm \Delta T$$

Получаем равенство

$$\frac{I_0}{\sqrt{2}} U \Delta t = cm \Delta T$$

Откуда находим действующее значение напряжения

$$U = \frac{\sqrt{2} cm \Delta T}{I_0 \Delta t} = \frac{1,41 \cdot 4200 \cdot 0,22 \cdot (50 - 20)}{2 \cdot 5 \cdot 60} = 65 \text{ (В)}.$$

Ответ: 65.

В10. К сожалению, составители тестов немного небрежно отнеслись к составлению условия этой задачи и не указали, что разные токи и мощности возникают при подключении **разных** внешних сопротивлений (нагрузок). Так что условие задачи, на мой взгляд, немного некорректно.

Вспомним немного теории (часть теории мы уже вспоминали при решении задачи А13). **Закон Ома для полной (замкнутой) цепи:** сила тока в замкнутой цепи равна электродвижущей силе источника, деленной на общее (внутреннее + внешнее) сопротивление цепи.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}.$$

Сопротивление r – внутреннее (собственное) сопротивление источника тока (зависит от внутреннего строения источника). Сопротивление R – сопротивление нагрузки (внешнее сопротивление цепи). Если переписать формулу в несколько ином виде, то

$$\varepsilon = IR + Ir = U_R + U_r,$$

где U_R – падение напряжения во внешней цепи (напряжение на источнике), U_r – падение напряжения в источнике.

ЭДС И ВНУТРЕННЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКА НЕ МЕНЯЮТСЯ, ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ РАЗНЫХ НАГРУЗОК!!! ЭТО НАДО УЧИТЫВАТЬ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ!!!

Если сопротивление нагрузки равно нулю (источник замыкается сам на себя) или много меньше сопротивления источника ($r \gg R$), то тогда в цепи потечет **ток короткого замыкания**

$$I_{кз} = \frac{\varepsilon}{r}.$$

По определению мощность электрического тока равна отношению работы тока A , совершенной током, к интервалу времени Δt , за которое эта работа была совершена:

$$P = \frac{A}{\Delta t} = \frac{IU\Delta t}{\Delta t} \Rightarrow P = IU$$

Используя закон Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R}$$

можно получить другой вид формулы для мощности. Так как $U = IR$, то

$$P = IU = I \cdot IR = I^2 R$$

При нагрузке сопротивлением R_1 мощность тока будет равна

$$P_1 = I_1^2 R_1$$

При нагрузке сопротивлением R_2 мощность тока будет равна

$$P_2 = I_2^2 R_2$$

Можно конечно решать в общем виде и получить «бонус» в виде больших дробей. Однако в этой задаче мы лучше будем сразу считать все, что можно. Найдем R_1 и R_2 . Получим

$$R_1 = \frac{P_1}{I_1^2} = \frac{30}{25} = 1,2 \text{ (Ом)} \text{ и } R_2 = \frac{P_2}{I_2^2} = \frac{40}{100} = 0,4 \text{ (Ом)}$$

Сейчас запишем закон Ома для полной цепи для каждого из внешних сопротивлений

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} \text{ и } I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}.$$

Очевидно, что у нас получилась система из двух уравнений с двумя неизвестными. Решается она элементарно. Выражаем ε из каждого уравнения и приравниваем. Получим

$$\varepsilon = I_1(R_1 + r) \text{ и } \varepsilon = I_2(R_2 + r) \Rightarrow I_1(R_1 + r) = I_2(R_2 + r)$$

Опять не будем себя мучить с выражением внутреннего сопротивления источника r в общем виде. Подставим числа. Получим

$$5(1,2 + r) = 10(0,4 + r) \Rightarrow 6 + 5r = 4 + 10r \Rightarrow 5r = 2 \Rightarrow r = 0,4 \text{ (Ом)}.$$

Теперь легко найдем ЭДС источника

$$\varepsilon = I_1(R_1 + r) = 5(1,2 + 0,4) = 8 \text{ (В)}.$$

Ток короткого замыкания равен

$$I_{кз} = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{8}{0,4} = 20 \text{ (А)}.$$

Ответ: 20.

В11. При движении заряженной частицы в магнитном поле сила Лоренца работы не совершает (сила Лоренца направлена перпендикулярно направлению движения). Поэтому модуль вектора скорости при движении частицы не изменяется, то есть не меняется **численное** значение скорости. Однако при этом **направление** скорости будет меняться.

Если заряженная частица движется в однородном магнитном поле под действием силы Лоренца, а ее скорость лежит в плоскости, перпендикулярной вектору индукции магнитного поля, то частица будет двигаться по окружности. Второй закон Ньютона для этого случая примет вид

$$ma_{ц} = qvB.$$

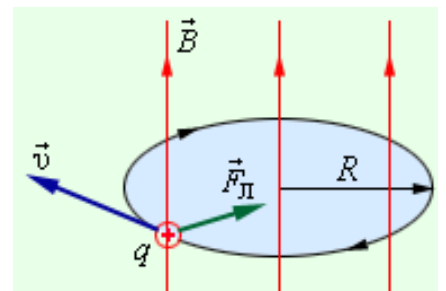
При этом раскрыв $a_{ц}$ получаем

$$m \frac{v^2}{R} = qvB.$$

Откуда радиус окружности, по которой движется протон, будет равен

$$R = \frac{mv}{qB}.$$

Теперь осталось найти скорость, которую приобрел протон в результате разгона в электростатическом поле. Электростатическое поле совершает работу по разгону протона. Следовательно,



$$A_{\text{поля}} = \Delta E_{\text{кинетич}} \Rightarrow F_{\text{эл}} d = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow qEd = \frac{mv^2}{2},$$

где d – расстояние, пройденное протоном. Так как $Ed = U$, то

$$qU = \frac{mv^2}{2},$$

откуда найдем приобретенную протоном скорость

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

Подставляем значение скорости в формулу для радиуса окружности

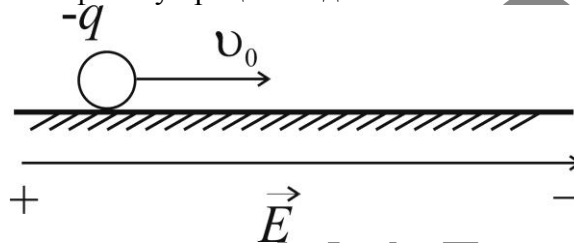
$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{m\sqrt{\frac{2qU}{m}}}{qB} = \frac{m\sqrt{2qU}}{qB\sqrt{m}} = \frac{\sqrt{2mU}}{B\sqrt{q}} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}.$$

Подставляем числа

$$R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}} = \frac{1}{0,3}\sqrt{\frac{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 450}{1,6 \cdot 10^{-19}}} = \frac{1}{0,3}\sqrt{\frac{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 450}{1,6 \cdot 10^{-19}}} = 102 \cdot 10^{-4} \text{ (м)} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 10 \text{ (мм)}.$$

Ответ: 10.

В12. Для того, чтобы лучше понять физику процесса сделаем небольшой пояснительный рисунок.



Я специально на рисунке показал, что электростатическое поле направлено от положительных зарядов к отрицательным. Теперь очевидно, что сила со стороны электростатического поля будет тормозить заряд. Таким образом, на наш заряд будет действовать две силы – сила трения и кулоновская сила со стороны поля. И обе эти силы будут тормозить тело. Запишем второй закон Ньютона и найдем ускорение, с которым движется шарик

$$F_{\text{мп}} + F_{\text{эл}} = ma \Rightarrow \mu mg + qE = ma \Rightarrow a = \frac{\mu mg + qE}{m}$$

Сразу вычислим значение ускорения

$$a = \frac{0,3 \cdot 0,1 \cdot 10 + 50 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^5}{0,1} = \frac{0,3 + 15 \cdot 10^{-3}}{0,1} = \frac{0,3 + 0,015}{0,1} = 3,15 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Ускорение тела, пройденный телом путь, начальная и конечная скорости тела связаны соотношением

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2S}$$

Откуда найдем конечную скорость тела

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2aS}$$

При подстановке данных важно понимать, что движение тела будет **замедленное**. Следовательно, ускорение тела надо подставлять со знаком «минус». Окончательно получим

$$v = \sqrt{17^2 - 2 \cdot 3,15 \cdot 10} = 15 \text{ (м/с)}.$$

Ответ: 15.