

Вариант 1

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
1	1	2	3	2	1	2	2	1	4	4	5	2	1	4	2	3	2
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12						
80	21	300	20	286	20	27	88	60	40	45	40						

Вариант 2

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
2	1	1	3	2	1	4	2	5	2	2	5	3	1	2	3	3	2
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12						
20	25	150	40	220	30	44	22	30	20	48	50						

**В некоторых задачах я буду предлагать Вам краткие выдержки из теории.
Не игнорируйте их, если хотите вникнуть в решение задачи.**

**Очень большое количество задач в этом тесте можно решить просто хорошо зная теорию.
То есть вам не надо обладать глубокими познаниями в физике. Достаточно записать дано,
вспомнить формулу по теме задачи и просто подставить данные. Все, задача решена!
Если у вас есть более красивые решения отдельных задач – поделитесь! ☺**

2017/2018, 1 этап, первый вариант

A1. Гугл или учебник по физике в помощь. **Ответ: 1.**

A2. Рекомендую скачать у меня с сайта www.repet.by раздел «Кинематика» (он находится в свободном доступе) и внимательно изучить параграфы 1.01 (перевод единиц), 1.12 и 1.13. Самая большая сложность в этой задаче это перевод скорости движения точки и ее начальной координаты в систему СИ. А после того, как мы найдем координату точки в момент времени 1 секунда, нам надо будет эту координату перевести в километры. Есть конечно и еще один вариант решения данной задачи. Мы можем перевести время из секунд в часы. И тогда нам не понадобится больше никаких переводов. **Ответ: 1.**

A3. Если вы скачали раздел «Кинематика», то в теме 1.06 вы найдете разбор нескольких аналогичных задач. Например, вот такую задачу.

ПРИМЕР. *Считая движение пули в стволе ружья равноускоренным, определить во сколько раз ее скорость при вылете из ружья больше, чем в середине ствола?*

Пусть длина ствола S . Скорость пули при прохождении половины ствола $v_1 = \sqrt{2aS_1} = \sqrt{2a \frac{S}{2}} = \sqrt{aS}$.

Пройдя весь ствол пуля будет иметь скорость $v_2 = \sqrt{2aS_2} = \sqrt{2aS}$. Теперь раздели конечную скорость

на скорость в середине ствола $\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{2aS}}{\sqrt{aS}} = \sqrt{2}$.

Вы, наверное, возразите, что в задаче A3 речь идет о торможении пули, а в моем примере о движении с увеличением скорости. На самом деле мы имеем право представить, что в задаче A3 пуля не тормозится, а увеличивает свою скорость от 0 до 154 м/с. Ответ от этого не изменится.

Этот прием называется «ошибкой кинематика». Фокус заключается в следующем. Представьте, что на кинолентке снята остановка автомобиля перед светофором. А кинематик перепутал и поставил пленку вращаться в обратную сторону. Что увидит зритель? Конечно, как автомобиль срывается с места и, разгоняясь, удаляется от светофора. При этом ускорение автомобиля будет таким же, как и при торможении, за то же время он пройдет такой же путь. То есть при решении задач на замедленное движение до остановки его можно заменять ускоренным движением из состояния покоя. Но математически формулы станут значительно проще, ведь начальная скорость теперь равна нулю!

ПРИМЕР. *Тело брошено вертикально вверх с поверхности земли. Во сколько раз скорость тела меньше первоначальной скорости на высоте, составляющей 8/9 максимальной высоты подъема?*

Переделаем условие: во сколько раз скорость в момент падения больше скорости на 1/9 высоты с которой падает тело? Из формулы $H_{\max} = v^2 / 2g$ следует, что уменьшение высоты в 9 раз означает уменьшение скорости в 3 раза. **Ответ: 2.**

A4. Прежде чем читать разбор этой задачи настоятельно рекомендую внимательно изучить тему 1.14 из

раздела «Кинематика». По определению, угловая скорость равна $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$. С другой стороны $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

Следовательно, $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi}{T} \Delta t$. Период мы найдем из формулы, связывающей центростремительное ускорение, радиус окружности и период $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 R}{a} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{a}}$. **Ответ: 3.**

A5. Задачи на наклонную плоскость являются достаточно сложными. При движении тела по наклонной плоскости оси координат обычно выбираются таким образом, чтобы ось OX была параллельна наклонной плоскости, а ось OY перпендикулярна ей. При этом все силы, кроме силы тяжести, будут параллельны одной оси и перпендикулярны другой. Таким образом, только сила тяжести может доставить некоторые неудобства. Именно поэтому при построении рисунка угол наклонной плоскости удобнее всего делать **НЕБОЛЬШИМ**, чтобы потом не возникало проблем при проецировании силы тяжести на оси координат. Обращаю Ваше внимание на то, что угол между силой тяжести и осью OY будет равен углу наклона плоскости к горизонту (углы с взаимно перпендикулярными сторонами; это легко доказывается при помощи признаков подобия треугольников, но не будем тратить на это время).

Таким образом, второй закон Ньютона в проекциях на оси примет вид:

$$\text{OX: } mgsin\alpha - F_{\text{тр}} = ma$$

(или равно 0, если тело движется равномерно; кстати в нашем случае сила трения равна нулю, так как наклонная плоскость гладкая)

$$\text{OY: } N - mgcos\alpha = 0 \quad (0, \text{ так как движения вдоль оси OY нет})$$

Проанализируем проекцию второго закона Ньютона на ось OX. Сила тяжести, а точнее ее составляющая $mgsin\alpha$, помогает движению тела (поэтому и имеет положительный знак), сила трения мешает (знак отрицательный). Если проекция силы тяжести больше силы трения, то движение будет ускоренным, если они равны друг другу – равномерным, а если меньше, то замедленным.

Разберемся теперь подробнее с силой тяжести и ее проекциями на оси. Сила тяжести направлена под углом α к оси OY. Опустим перпендикуляр из конца силы тяжести на оси OX и OY. Получим два одинаковых прямоугольных треугольника. Найдем проекцию силы тяжести на ось OX.

Из треугольника, составленного из силы тяжести, осью OX и перпендикуляром, находим

$$(mg)_x = mg \sin \alpha.$$

Из треугольника, составленного из силы тяжести, осью OY и перпендикуляром, находим

$$(mg)_y = mg \cos \alpha.$$

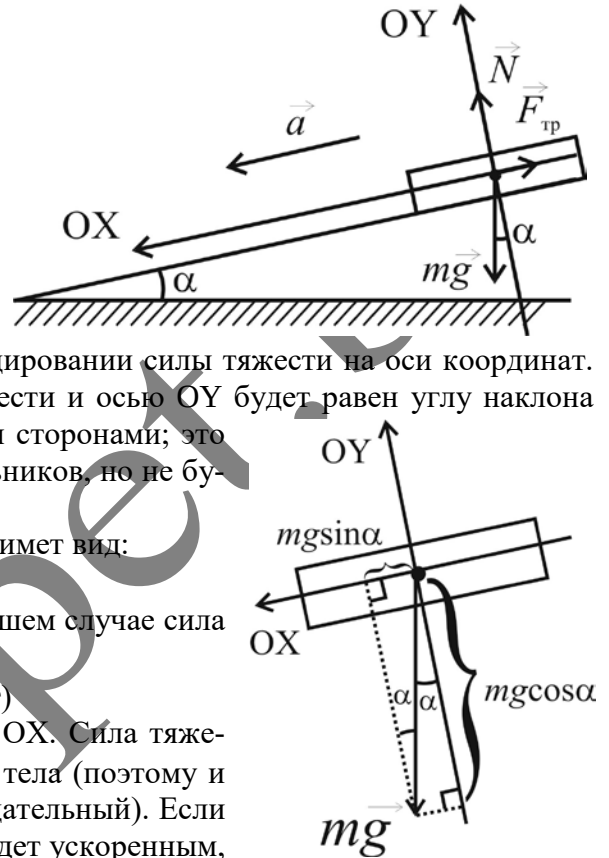
Обратите внимание, что если на одну ось в проекции участвует $\cos\alpha$, то на другую обязательно будет $\sin\alpha$. При этом определить где $\sin$ и где $\cos\alpha$ очень просто: если угол прилежит к проекции – будет $\cos\alpha$, если нет – $\sin\alpha$. Далее задача решается вполне просто. **Ответ: 2.**

A6. Условие равновесия пробкового шара имеет вид $F_{\text{арх}} - F_{\text{упр}} - mg = 0$. Так как сила упругости равна $F_{\text{упр}} = kx$, сила Архимеда $F_{\text{арх}} = \rho_1 g V_{\text{погруженное}} = \rho_1 g \frac{V}{2}$ и масса шарика равна $m = \rho_2 V$, то

$$F_{\text{арх}} - F_{\text{упр}} - mg = 0 \Rightarrow kx = \rho_1 g \frac{V}{2} - \rho_2 Vg \Rightarrow k = \frac{\rho_1 g \frac{V}{2} - \rho_2 Vg}{x} = \frac{gV \left(\frac{\rho_1}{2} - \rho_2 \right)}{x}. \text{ Ответ: 1.}$$

A7. Читаем теорию и самостоятельно решаем задачу.

Газ может участвовать в различных тепловых процессах, при которых могут изменяться все параметры, описывающие его состояние (p , V и T). В общем случае, если масса газа m и его состав (молярная масса)



М не меняются $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ – объединенный газовый закон.

Интерес представляют процессы, в которых один из параметров (p , V или T) остается неизменным. Такие процессы называются **изопроцессами**.

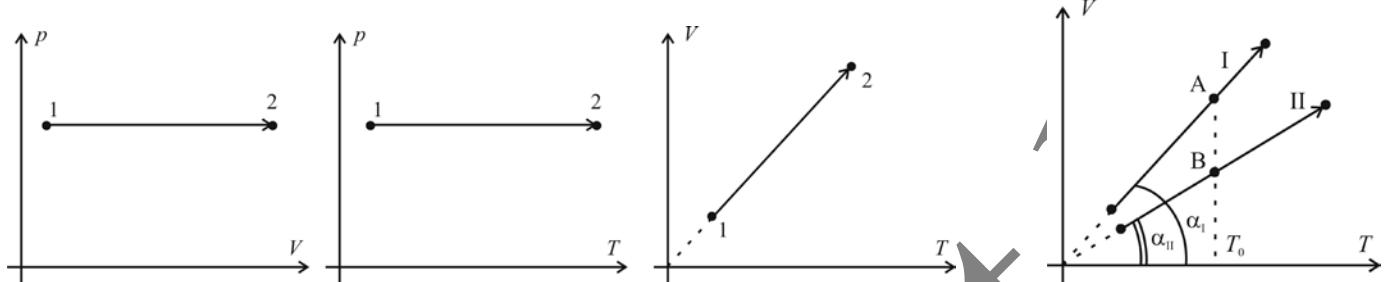
Изобарный процесс ($p = \text{const}$)

Изобарным процессом называют процесс, протекающий при неизменном давлении p . Уравнение изобарного процесса для некоторого неизменного количества вещества ν имеет вид:

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

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:



Обратите внимание на то, что продолжение графика в V – T координатах (то есть в координатах, где нет давления) «смотрит» точно в начало координат. Однако он никогда не сможет начаться из начала координат, так как при очень низких температурах газ превращается в жидкость.

Рассмотрим два изобарных процесса. В каком из них давление больше? Выберем произвольную температуру T_0 и соответствующие ей на графике точки А и В (см. самый правый график). Очевидно, что объем в точке А больше объема в точке В, а температуры одинаковы. Из уравнения $pV/T = \text{const}$ следует, что давление в точке В будет больше, чем в точке А (если этот вывод для Вас не ясен уточните у меня). Чем **больше** угол наклона графика к оси, тем **меньше** будет давление.

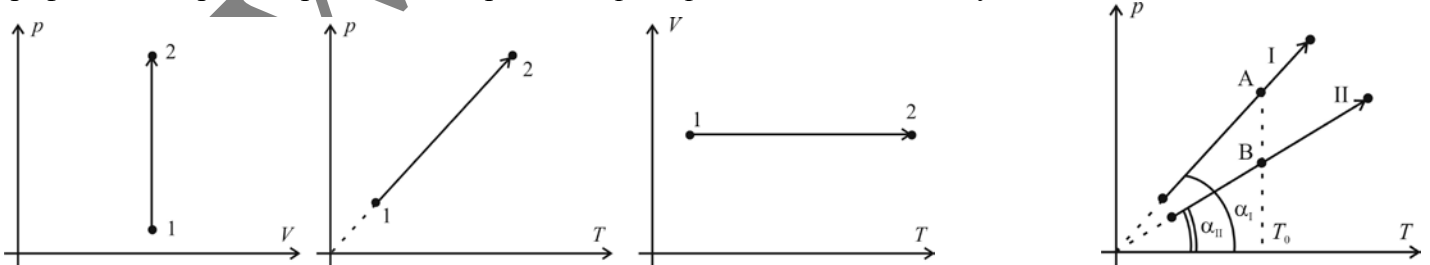
ПРИМЕНЕНИЕ. Закон Гей–Люссака применяют, если неизменным остается давление газа. Ищите в задачах слова «газ в сосуде, закрытом **ПОДВИЖНЫМ** поршнем» или «газ в открытом сосуде». Иногда про сосуд ничего не сказано, но по условию понятно, что он сообщается с атмосферой. Тогда считается, что атмосферное давление всегда остается неизменным (если в условии не сказано иного). **Не забывайте про перевод температуры из градусов Цельсия в кельвины!!!**

Изохорный процесс ($V = \text{const}$)

Изохорный процесс – это процесс нагревания или охлаждения газа при постоянном объеме V и при условии, что количество вещества ν в сосуде остается неизменным.

Как следует из уравнения состояния идеального газа, при этих условиях давление газа p изменяется прямо пропорционально его абсолютной температуре: $p \sim T$ или $p/T = \text{const}$ или $p_1/T_1 = p_2/T_2$, где p_1 и T_1 – начальные давление и температура газа, p_2 и T_2 – конечные давление и температура газа.

Графики изохорного процесса в координатах p – V ; p – T ; V – T имеют следующий вид:



Обратите внимание на то, что продолжение графика в p – T координатах (то есть в координатах, где нет объема) «смотрит» точно в начало координат. Однако он никогда не сможет начаться из начала координат, так как при очень низких температурах превращается в жидкость.

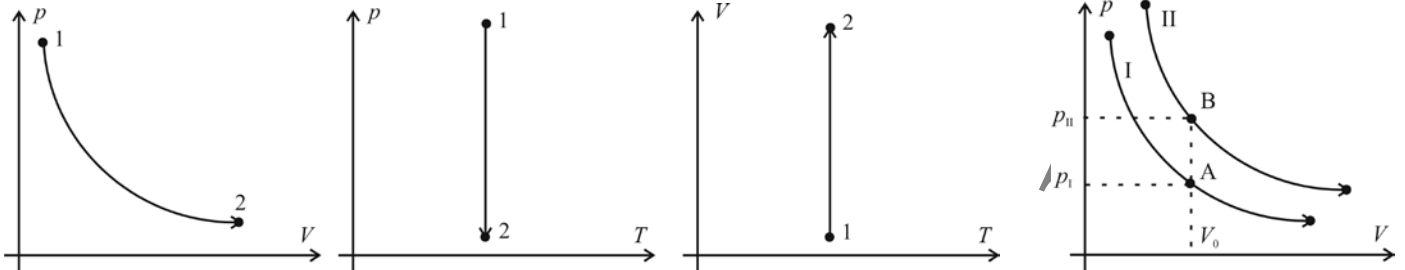
Рассмотрим два изохорных процесса. В каком из них объем больше? Выберем произвольную температуру T_0 и соответствующие ей на графике точки А и В (см. самый правый график). Очевидно, что давление в точке А больше давления в точке В, а температуры одинаковы. Из уравнения $pV/T = \text{const}$ следует, что объем в точке В будет больше, чем в точке А (если этот вывод для Вас не ясен уточните у меня). Чем **больше** угол наклона графика к оси, тем **меньше** будет объем газа.

ПРИМЕНЕНИЕ. Закон Шарля применяют в задачах, когда объем газа остается неизменным. Обычно это или сказано явно, или в задаче присутствуют слова «газ в **ЗАКРЫТОМ** сосуде без поршня». **Не забывайте про перевод температуры из градусов Цельсия в кельвины!!!**

Изотермический процесс ($T = \text{const}$)

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

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



Обратите внимание на график в координатах $p-V$. При переходе из состояния 1 в состояние 2 давление газа падает, а объем растет. Эту закономерность процесса мы используем при построении графиков в координатах $p-T$ и $V-T$.

Рассмотрим два изотермических процесса. В каком из них температура больше? Выберем произвольный объем V_0 и соответствующие ему на графике точки A и B (см. самый правый график). Очевидно, что давление в точке A меньше давления в точке B, а объемы одинаковы. Из уравнения $pV/T = \text{const}$ следует, что температура в точке B будет больше, чем в точке A (если этот вывод для Вас не ясен уточните у меня). Чем **дальше** график находится от начала координат, тем **больше** будет температура газа.

Задачу решите самостоятельно.

ПРИМЕНЕНИЕ. Закон Бойля–Мариотта. Тут сложнее всего. 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.

КАК ЗАПОМНИТЬ НАЗВАНИЯ ПРОЦЕССОВ? Изотермический. Термический – температура. Изобарный. Есть единица измерения давления – бар. Изохорный. Вычисляем его методом исключения.

Ответ: 2.

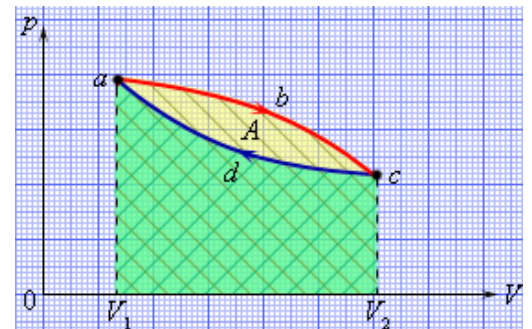
A8. Читаем теорию к задаче A7 и самостоятельно решаем. **Ответ: 2.**

A9. Тепловым двигателем называется устройство, способное превращать полученное количество теплоты в механическую работу. Механическая работа в тепловых двигателях производится в процессе расширения некоторого вещества, которое называется **рабочим телом**. В качестве рабочего тела обычно используются газообразные вещества (пары бензина, воздух, водяной пар).

Как следует из первого закона термодинамики, полученное газом **количество теплоты** Q полностью превращается в **работу** A при изотермическом процессе, при котором внутренняя энергия остается неизменной ($\Delta U = 0$): $A = Q$.

Но такой **однократный акт** преобразования теплоты в работу не представляет интереса для техники. Реально существующие тепловые двигатели (паровые машины, двигатели внутреннего сгорания и т. д.) работают **циклически**. Процесс теплопередачи и преобразования полученного количества теплоты в работу периодически повторяется. Для этого рабочее тело должно совершать

круговой процесс или термодинамический цикл, при котором периодически восстанавливается **исходное** состояние системы. Круговые процессы изображаются на диаграмме (p, V) с помощью замкнутых кривых. При расширении газ совершает положительную работу A_1 , равную площади под кривой abc .



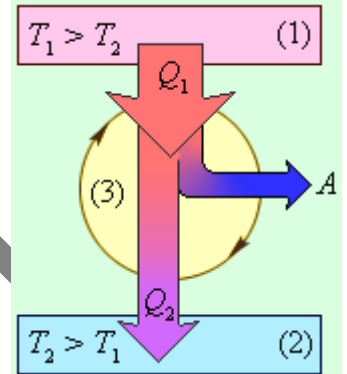
При сжатии газ совершает **отрицательную** работу A_2 , равную по модулю площади под кривой cda . Полная работа за цикл $A = A_1 + A_2$ или $A = A_1 - |A_2|$ на диаграмме (p, V) равна площади цикла. Работа A положительна, если цикл обходится по часовой стрелке (как раз такое направление указано на рисунке), и A отрицательна, если цикл обходится в противоположном направлении.

Общее свойство всех круговых процессов состоит в том, что их невозможно провести, приводя рабочее тело (на рисунке обозначено (3)) в тепловой контакт только с одним тепловым резервуаром. Их нужно, по крайней мере, два. Тепловой резервуар с более высокой температурой называют **нагревателем** (на рисунке обозначено (1)), а с более низкой – **холодильником** (на рисунке обозначено (2)). Совершая круговой процесс, рабочее тело получает от нагревателя некоторое количество теплоты Q_1 и отдает холодильнику количество теплоты Q_2 , которое двигатель **не смог преобразовать в работу** A . Таким образом, работа газа за цикл будет равна: $A = Q_1 - Q_2$. Отношение работы A к количеству теплоты Q_1 , полученному рабочим телом за цикл от нагревателя, называется **коэффициентом полезного действия** η тепловой машины:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}. \text{ или } \eta = \frac{A}{A + Q_2}.$$

Возможно несколько разных вариантов формул для КПД. Важно понимать, что в числителе должна стоять **полезная работа**, которую можно выразить как разность между теплотой, полученной рабочим телом от нагревателя, и теплотой, отданной нагревателем холодильнику $A = Q_1 - Q_2$. А в знаменателе обязательно будет стоять количество теплоты, полученное рабочим телом от нагревателя. В любом случае мы должны помнить, что КПД это всегда отношение **полезной работы к полной работе**.

Коэффициент полезного действия указывает, какая часть тепловой энергии, полученной рабочим телом от «горячего» теплового резервуара, превратилась в полезную работу. Остальная часть $(1 - \eta)$ была «бесполезно» передана холодильнику. Поэтому если в условии задачи сказано, что холодильнику было передано 60% теплоты, это значит, что КПД будет 40%. Решите задачу самостоятельно. И внимательно смотрите за подиндексами. В теории и в задаче они не совпадают! **Ответ: 1.**



A10. Открываем учебник по физике и читаем теорию. **Ответ: 4.**

A11. Опыт показывает, что заряженный конденсатор содержит запас энергии. **Энергия заряженного конденсатора равна работе внешних сил, которую необходимо затратить, чтобы зарядить конденсатор.** 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 $q = CU$: $W_C = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}.$

Энергию конденсатора вычислите самостоятельно. **Ответ: 4.**

A12. В проводниках при определенных условиях может возникнуть непрерывное упорядоченное движение свободных носителей электрического заряда. Такое движение называется **электрическим током**. За направление электрического тока принято направление движения положительных свободных зарядов, хотя в большинстве случаев движутся электроны – отрицательно заряженные частицы.

Количественной мерой электрического тока служит **сила тока I – скалярная физическая величина, равная отношению заряда q , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал**

времени t , к этому интервалу времени: $I = \frac{q}{t}.$ Если сила тока и его направление не изменяются со

временем, то такой ток называется **постоянным**. Сила тока измеряется амперметром, который включается в цепь **последовательно**. В Международной системе единиц СИ сила тока измеряется в **амперах (А)**. $1 \text{ А} = 1 \text{ Кл/с}$. Задачу решите самостоятельно. И не забудьте перед выбором ответа перевести секунды в минуты. **Ответ: 5.**

A13. 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 – 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.

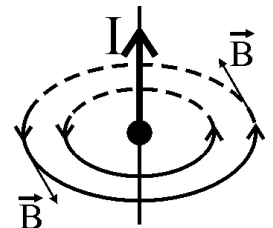
Однородным магнитным полем называется поле, в каждой точке которого $\vec{B}$ одинаков. Почти однородное поле в соленоиде и между полюсами дугообразного магнита.

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

В случае постоянных магнитов:

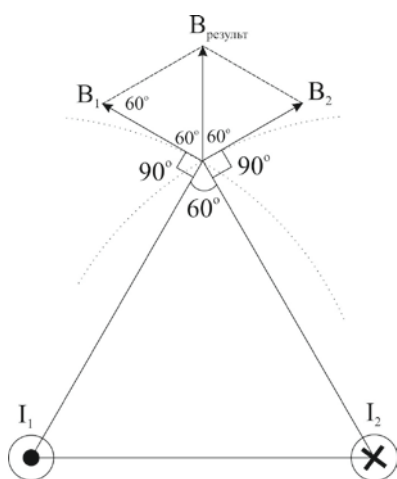


В случае магнитного поля электрического тока для определения направления силовых линий используют ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ: если взять проводник в правую руку так, чтобы большой палец был направлен по току, то четыре пальца, обхватывающие проводник, показывают направление силовых линий вокруг проводника. В случае прямого тока (см. рисунок) линии магнитной индукции – окружности, плоскости которых перпендикулярны току. Вектора магнитной индукции направлены по касательной к окружности.



Согласно принципу суперпозиции магнитных полей, индукция магнитного поля, порождаемого несколькими электрическими токами, будет равна векторной сумме индукций магнитных полей, порождаемых каждым током в отдельности. В принципе с индукцией магнитного поля мы поступаем так же, как с механическими силами, когда ищем результирующую силу.

Возвращаемся к нашей задаче. Проводим окружности, центрами которых являются токи 1 и 2. Радиусы окружностей должны быть равны стороне треугольника. Так как ток I_1 направлен к нам, то согласно правилу буравчика индукция его магнитного поля B_1 будет направлена против часовой стрелки. Ток I_2 направлен от нас и индукция его магнитного поля B_2 будет направлена по часовой стрелке. Когда два вектора направлены под некоторым углом друг к другу их сумма находится по теореме косинусов

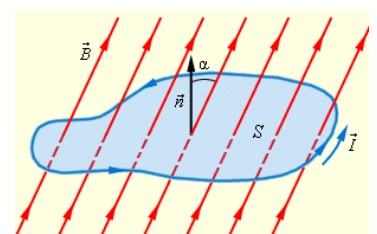


$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 - 2B_1B_2 \cos(60^\circ)} = \sqrt{B_0^2 + B_0^2 - 2B_0B_0 \left(\frac{1}{2}\right)} = B_0.$$

Обратите внимание, какой угол должен быть использован в теореме косинусов!!! **Ответ: 2.**

A14. Магнитным потоком Φ через площадь S контура называют величину: $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$, где B – модуль вектора магнитной индукции, α – 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^2 : $1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot 1 \text{ м}^2$.

Фарадей экспериментально установил, что при изменении магнитного потока в проводящем контуре возникает ЭДС индукции $\varepsilon_{\text{инд}}$, равная скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром, взятой со знаком минус (на знак минус в большинстве задач мы не будем обращать внимание): $\varepsilon_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

Самоиндукция является важным частным случаем электромагнитной индукции, когда изменяющийся магнитный поток, вызывающий ЭДС индукции, создается током в самом контуре. Если ток в рассматриваемом контуре по каким-то причинам изменяется, то изменяется и магнитное поле этого тока. Следовательно, и собственный магнитный поток, пронизывающий контур будет меняться. В контуре возникает ЭДС **самоиндукции**, которая согласно правилу Ленца препятствует изменению тока в контуре. **Собственный магнитный поток** Φ , пронизывающий контур или катушку с током, пропорционален силе тока I : $\Phi = LI$. Коэффициент пропорциональности L в этой формуле называется **коэффициентом самоиндукции** или **индуктивностью** катушки. Единица индуктивности в СИ называется **генри** (Гн). Индуктивность контура или катушки равна 1 Гн, если при силе постоянного тока 1 А собственный поток равен 1 Вб: $1 \text{ Гн} = 1 \text{ Вб} / 1 \text{ А}$.

ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке с постоянным значением индуктивности, согласно формуле Фарадея равна: $\varepsilon_{\text{инд}} = \varepsilon_L = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$. **ЭДС самоиндукции прямо пропорциональна индуктивности катушки и скорости изменения силы тока в ней.** Задачу решите самостоятельно. **Ответ: 1.**

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 уравнивается силой натяжения нити. При отклонении маятника из положения равновесия и последующем предоставлении маятника самому себе возникают механические колебания. Период колебаний математического маятника находится по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \text{ Следовательно, частота колебаний будет равна } \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}}.$$

можно выразить длину нити маятника $\nu = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}} \Rightarrow \nu^2 = \left(\frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}} \right)^2 = \frac{1}{4\pi^2 \frac{l}{g}} = \frac{g}{4\pi^2 l} \Rightarrow l = \frac{g}{4\pi^2 \nu^2}$

Значит длины нитей первого и второго маятников равны $l_1 = \frac{g}{4\pi^2 \nu_1^2}$ и $l_2 = \frac{g}{4\pi^2 \nu_2^2}$ и частота колебаний маятника, у которого длина нити равна сумме длин двух маятников, будет равна

$$\nu = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{\frac{g}{4\pi^2 \nu_1^2} + \frac{g}{4\pi^2 \nu_2^2}}{g}}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{g}{4\pi^2} \left(\frac{1}{\nu_1^2} + \frac{1}{\nu_2^2} \right)}} = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{\nu_1^2} + \frac{1}{\nu_2^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\nu_1^2} + \frac{1}{\nu_2^2}}}$$

Ответ: 4.

A16. Дифракцией света называется явление отклонения света от прямолинейного направления распространения при прохождении вблизи препятствий (огибание светом препятствий). Как показывает опыт, свет при определенных условиях может заходить в область геометрической тени (то есть быть там, где его быть не должно). Если на пути параллельного светового пучка расположено круглое препятствие (круглый диск, шарик или круглое отверстие в непрозрачном экране), то на экране, расположенном на достаточно большом расстоянии от препятствия, появляется **дифракционная картина** – система чередующихся светлых и темных колец. Если препятствие имеет линейный характер (щель, нить, край экрана), то на экране возникает система параллельных дифракционных полос.

Задачи на дифракцию будут связаны в основном с дифракционными решетками. **Дифракционные решетки** представляют собой периодические структуры, выгравированные специальной делительной машиной на поверхности стеклянной или металлической пластинки (см. рисунок). У хороших решеток параллельные друг другу штрихи имеют длину порядка 10 см, а на каждый миллиметр приходится до 2000 штрихов. В качестве дифракционной решетки может быть использован кусочек компакт-диска или даже осколок граммофонной пластинки.

В каждой точке P на экране в фокальной плоскости линзы соберутся лучи, которые до линзы были параллельны между собой и распространялись под определенным углом θ к направлению падающей волны. Колебание в точке P является результатом интерференции вторичных волн, приходящих в эту точку от разных щелей. Для того, чтобы в точке P наблюдался интерференционный максимум, разность хода Δ между вторичными волнами, испущенными соседними щелями, должна быть равна целому числу длин волн: $\Delta = d \sin \theta_m = m\lambda$.

Здесь d – период решетки (ширина щели плюс ширина промежутка между щелями см. рисунок, или 1 метр деленный на количество штрихов; иногда эту величину называют еще и постоянной решетки), m – целое число, которое называется **порядком дифракционного максимума** ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$). В тех точках экрана, для которых это условие выполнено, располагаются так называемые **главные максимумы** дифракционной картины.

Если в задаче требуется найти максимально возможный порядок (m) наблюдаемого максимума, то вместо угла θ ставим угол 90° . При этом получившийся порядок максимума (например, $m=8,75$) округляем в **МЕНЬШУЮ** сторону (до 8).

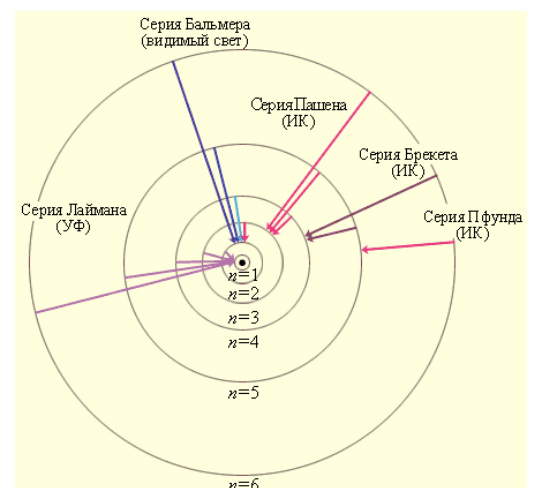
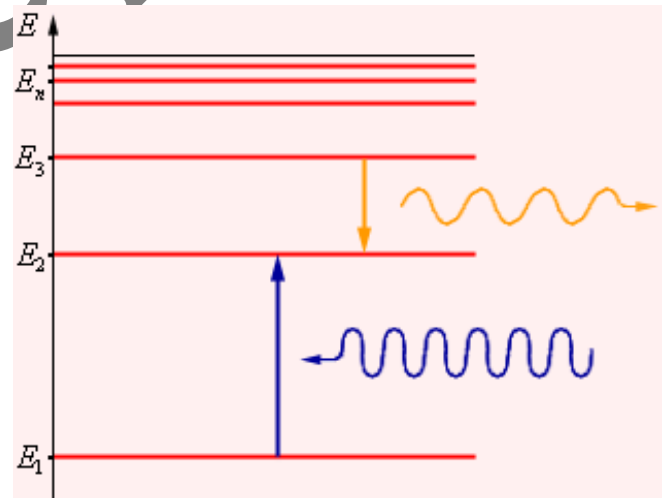
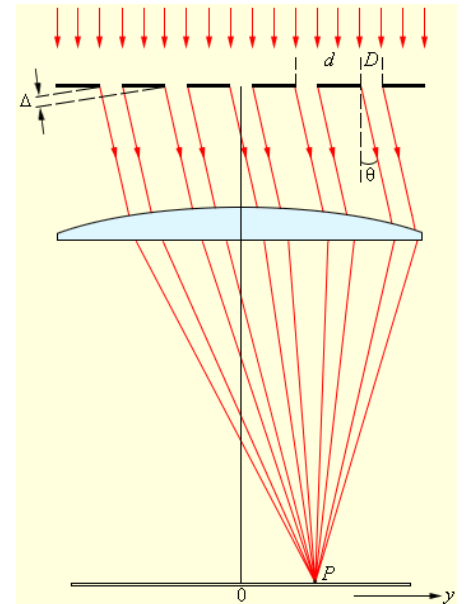
Если в задаче требуется найти **ПОЛНОЕ КОЛИЧЕСТВО МАКСИМУМОВ**, то сначала находим максимальный порядок (например, он равен 6). Затем вспоминаем, что максимумы будут и с другой стороны. Следовательно, умножаем количество максимумов на 2 (получаем 12). Это **НЕПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ!** Надо к 12 прибавить еще 1, так как будет еще и центральный максимум. Значит, полное число максимумов будет 13. Задачу решите самостоятельно. **Ответ: 2.**

A17. Проанализировав всю совокупность опытных фактов, Бор сформулировал постулаты, которым должна удовлетворять теория о строении атомов.

ПЕРВЫЙ ПОСТУЛАТ БОРА (постулат стационарных состояний): атомная система может находиться только в особых стационарных или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия E_n . В стационарных состояниях атом не излучает.

Согласно первому постулату Бора, атом характеризуется системой **энергетических уровней**, каждый из которых соответствует определенному стационарному состоянию (см. рисунок). Механическая энергия электрона, движущегося по замкнутой траектории вокруг положительно заряженного ядра, отрицательна. Поэтому всем стационарным состояниям соответствуют значения энергии $E_n < 0$. При $E_n \geq 0$ электрон удаляется от ядра (происходит ионизация). Величина $|E_1|$ называется **энергией ионизации**. Состояние с энергией E_1 называется **основным состоянием** атома.

ВТОРОЙ ПОСТУЛАТ БОРА (правило частот): 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 энер-



гий стационарных состояний: $h\nu_{nm} = E_n - E_m$, где h – постоянная Планка. Отсюда можно выразить частоту излучения: $\nu_{nm} = \frac{E_n - E_m}{h}$. Таким образом, учитывая что частота света связана с длиной волны и скоростью света соотношением $\nu = \frac{c}{\lambda}$, для нашей задачи искомая энергия будет равна

$$h\nu = |\Delta E| \Rightarrow |\Delta E| = h \frac{c}{\lambda}$$

Ответ мы получим в Джоулях. Не забываем перевести в эВ!!! 1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. **Ответ: 3.**

A18. Угол падения равен углу отражения. Сумма внутренних углов треугольника равна 180° . Это все, что вам нужно знать для решения этой задачи. **Ответ: 2.**

B1. И опять я предлагаю вам скачать у меня с сайта www.repet.by раздел «Кинематика» и внимательно изучить параграф 1.11. Там есть вся необходимая теория. Решение очень короткое

$$S = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}} \Rightarrow (S)^2 = v_0^2 \frac{2H}{g} \Rightarrow S = v_0^2 \frac{2}{g} \text{ (мы сократили } S \text{ и } H, \text{ так как по условию задачи они равны)}$$

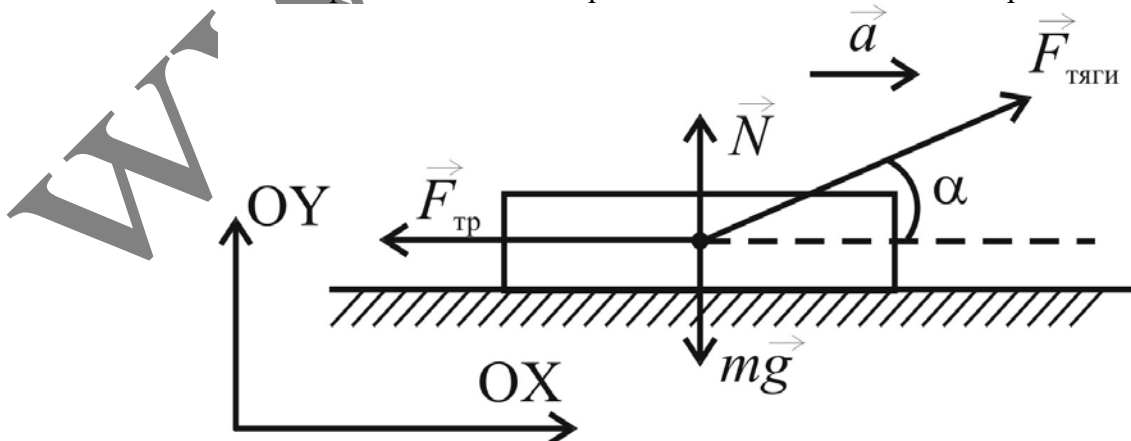
Ответ: 80.

B2. Настоятельно рекомендую скачать у меня с сайта главу «Кинематика» и очень внимательно изучить параграф 1.13. Из уравнения движения, которое нам дано по условию задачи, мы можем найти ускорение, с которым движется тело. Оно будет равно 4 м/с^2 (именно для этого нам и нужен параграф 1.13). По второму закону Ньютона мы можем найти результирующую силу, действующую на тело $F = ma = 16 \text{ (Н)}$. По условию задачи на тело действуют две силы. При этом ускорение направлено в положительном направлении оси OX (у ускорения и результирующей силы одинаковые знаки). Значит, если первая сила отрицательна (направлена против оси OX), то вторая обязательно должна быть положительной (направлена по оси OX). При этом равнодействующая сила будет равна разности **модулей сил**, действующих на тело. Таким образом получаем $F = |F_{2x}| - |F_{1x}| \Rightarrow |F_{2x}| = F + |F_{1x}|$. **Ответ: 21.**

B3. Энергетические характеристики движения вводятся на основе понятия **механической работы** или **работы силы**. **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 :** $A = FScos\alpha$

Работа является **скалярной** величиной. Она может быть как положительна ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$), так и отрицательна ($90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$). При $\alpha = 90^\circ$ работа, совершаемая силой, равна нулю. В системе СИ работа измеряется в **джоулях (Дж)**. Джоуль равен работе, совершаемой силой в 1 Н на перемещении 1 м в направлении действия силы.

Пусть тело движется по горизонтальной поверхности под действием некоторой силы $F_{\text{тяги}}$.



На тело действуют 4 силы. Найдем работу каждой из сил.

Работа силы тяги $F_{\text{тяги}}$ положительна (сила помогает движению, хоть и направлена под углом α к горизонту) и равна: $A = F_{\text{тяги}}Scos\alpha$. Работа силы трения отрицательна (сила мешает движению тела). Угол между силой трения и направлением движения тела равен 180° (смотрят в разные стороны), поэтому

работа силы будет равна: $A_{\text{трения}} = F_{\text{тр}} \cos(180^\circ) = -F_{\text{тр}} S$.

Работы силы тяжести и силы реакции опоры равны нулю (силы не помогают и не мешают движению)

$$A_{\text{тяжести}} = mg \cos(90^\circ) = 0, \quad A_{\text{реакции опоры}} = N \cos(90^\circ) = 0.$$

В любой задаче знак работы силы можно определить путем простых логических рассуждений. Сила помогает движению – работа такой силы положительна, мешает – работа отрицательна, никак не влияет на движение – работа равна 0.

При вертикальном подъеме тела работу совершает сила натяжения каната T .

Если движение равномерное, то $T = mg$ и работа этой силы будет равна: $A = mgh \cos 0^\circ = mgh$, где $h = vt$ – высота подъема. Если подъем тела будет происходить с ускорением a , то (вспоминайте тему

вес тела) $T = m(g+a)$ и работа силы будет равна: $A = m(g+a)h \cos 0^\circ = m(g+a)h$, где $h = \frac{at^2}{2}$

Дальше сами. **Ответ:** 300.

В4. Рекомендую внимательно изучить тему 1.06 из раздела «Кинематика».

В начальный момент времени автомобиль находится в точке с координатой 0. Через 1 секунду он находится в точке с координатой 6 метров, то есть он прошел путь 6 метров. Еще через 1 секунду координата автомобиля равна 10 метров, то есть за две секунды он прошел 10 метров. Применим к его движению

формулу $S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$ (перед слагаемым $\frac{at^2}{2}$ стоит минус так как движение замедленное). Для первого случая она будет иметь вид

$$S_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} \Rightarrow 6 = v_0 \cdot 1 - \frac{a \cdot 1^2}{2}$$

Для второго

$$S_2 = v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2} \Rightarrow 10 = v_0 \cdot 2 - \frac{a \cdot 2^2}{2}$$

Мы получили систему из двух уравнений с двумя неизвестными (начальной скоростью и ускорением). Дальше сами. И не забудьте перевести ускорение в м/с^2 .

Ответ: 20.

В5. Средняя квадратичная скорость (далее я буду писать просто скорость) молекул, из которых состоит

газ, и температура газа связаны соотношением $v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$, где M – молярная масса молекул газа. Запишем эту формулу для первого и второго состояния газа

$$\begin{aligned} v_{\text{кв2}} &= \sqrt{\frac{3RT_2}{M}} \\ v_{\text{кв1}} &= \sqrt{\frac{3RT_1}{M}} \end{aligned} \Rightarrow \frac{v_{\text{кв2}}}{v_{\text{кв1}}} = \frac{\sqrt{\frac{3RT_2}{M}}}{\sqrt{\frac{3RT_1}{M}}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{T_1 + \Delta T_1}{T_1}} \Rightarrow \frac{v_{\text{кв2}}}{v_{\text{кв1}}} = \sqrt{\frac{T_1 + \Delta T_1}{T_1}}$$

Подставим данные и возведем обе части уравнения во вторую степень

$$\frac{v_{\text{кв2}}}{v_{\text{кв1}}} = \sqrt{\frac{T_1 + \Delta T_1}{T_1}} \Rightarrow \left(\frac{500}{400}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{T_1 + 234}{T_1}}\right)^2 \Rightarrow \frac{25}{16} = \frac{T_1 + 234}{T_1} \Rightarrow 25T_1 = 16T_1 + 16 \cdot 234 \Rightarrow T_1 = 416 \text{ K}$$

Значит $T_2 = T_1 + \Delta T_1 = 416 + 234 = 650 \text{ K}$. А теперь рассмотрим второй и третий случай

$$\frac{v_{\text{кв3}}}{v_{\text{кв2}}} = \sqrt{\frac{T_3}{T_2}} \Rightarrow \frac{v_{\text{кв3}}}{v_{\text{кв2}}} = \sqrt{\frac{T_2 + \Delta T_2}{T_2}} \Rightarrow \left(\frac{600}{500}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{650 + \Delta T_2}{650}}\right)^2$$

Расчеты сделайте самостоятельно.

Ответ: 286.

В6. Если в результате теплообмена телу передается некоторое количество теплоты, то внутренняя энергия тела и, естественно, его температура изменяются. Количество теплоты Q , необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 K называют удельной теплоемкостью вещества c : $Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t$.

При этом в этой формуле абсолютно не важно в каких единицах подставлена температура, так как нам важно не ее абсолютное значение, а **ИЗМЕНЕНИЕ! Поэтому НЕ ВАЖНО в каких единицах мы будем подставлять температуру!!!** Единица измерения удельной теплоемкости вещества

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}; \quad [c] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг} \cdot 1^\circ \text{C}}.$$

Физический смысл УДЕЛЬНОЙ теплоёмкости вещества: она показывает, какое количество теплоты надо сообщить телу массой 1 кг, чтобы нагреть его на один градус.

Например, теплоемкость воды 4200 Дж/кг·°C, следовательно для того чтобы нагреть 1 кг воды на 1 градус надо затратить 4200 Дж энергии. Чем больше теплоемкость тела, тем медленней оно нагревается, и, естественно, тем медленней тело остывает. Если $t_2 > t_1$, то $Q > 0$ – тело нагревается (получает тепло). Если $t_2 < t_1$, то $Q < 0$ – тело охлаждается (отдает тепло).

А теперь посмотрим на график и выберем удобную точку. Пусть к телу подвели 20 Джоулей. При этом температура тела повысилась от 1 до 2 градусов Цельсия или на 1 °C. Дальше просто

$$Q = cm\Delta T \Rightarrow m = \frac{Q}{c\Delta T} = \frac{20}{1000 \cdot 1} = 0,02 (\text{кг}) = 20 (\text{грамм})$$

Ответ: 20.

В7. Первый закон термодинамики является обобщением закона сохранения и превращения энергии для термодинамической системы. Он формулируется следующим образом:

Изменение ΔU внутренней энергии неизолированной термодинамической системы равно разности между количеством теплоты Q , переданной системе, и работой A , совершенной системой над внешними телами.

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

Соотношение, выражающее первый закон термодинамики, часто записывают в другой форме. На мой взгляд, следующая запись более понятна

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

Сформулируем первый закон термодинамики по этой записи.

Количество теплоты, полученное системой, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение работы системой над внешними телами (или просто на совершение системой работы).

Первый закон термодинамики является обобщением опытных фактов. Согласно этому закону, энергия не может быть создана или уничтожена. Она передается от одной системы к другой и превращается из одной формы в другую. Важным следствием первого закона термодинамики является утверждение о невозможности создания машины, способной совершать полезную работу без потребления энергии извне и без каких-либо изменений внутри самой машины. Такая гипотетическая машина получила название вечного двигателя (perpetuum mobile) первого рода. Многочисленные попытки создать такую машину неизменно заканчивались провалом. Любая машина может совершать положительную работу A над внешними телами только за счет получения некоторого количества теплоты Q от окружающих тел или уменьшения своей внутренней энергии ΔU .

Применим первый закон термодинамики к изопроцессам в газах.

В **изохорном процессе** ($V = \text{const}$) газ работы не совершает (объем не меняется), $A = 0$. Следовательно,

$$Q = \Delta U = U(T_2) - U(T_1).$$

Здесь $U(T_1)$ и $U(T_2)$ – внутренние энергии газа в начальном и конечном состояниях при температурах T_1 и T_2 . Внутренняя энергия идеального газа зависит только от температуры. При изохорном нагревании тепло поглощается газом ($Q > 0$), и его внутренняя энергия увеличивается. При охлаждении тепло отдается внешним телам ($Q < 0$). Таким образом для **одноатомного** газа и изохорного процесса получаем

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad \text{или} \quad Q = \Delta U = \frac{3}{2} V \Delta p$$

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

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

Первый закон термодинамики для изобарного процесса будет иметь вид

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

Если газ **одноатомный**, то

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T \quad \text{или} \quad Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} p\Delta V + p\Delta V = \frac{5}{2} p\Delta V$$

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 $\Delta U < 0$.

В **изотермическом процессе** температура газа не изменяется. Следовательно, не изменяется и внутренняя энергия газа, то есть $\Delta U = 0$. Первый закон термодинамики для изотермического процесса выражается соотношением $Q = A$. Количество теплоты Q , полученной газом в процессе изотермического расширения, превращается в работу над внешними телами. При изотермическом сжатии работа внешних сил, произведенная над газом, превращается в тепло, которое передается окружающим телам.

Возвращаемся к нашей задаче. Общее количество теплоты полученное газом равно

$$Q = Q_{12} + Q_{23}$$

Процесс 1-2 – изобарный. Следовательно,

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = p_0 \Delta V + \frac{3}{2} p_0 \Delta V = \frac{5}{2} p_0 \Delta V = \frac{5}{2} p_0 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} p_0 (3V_0 - V_0) = 5p_0 V_0$$

А вот с процессом 2-3 будет сложнее. Количество теплоты, полученное газом на участке 2-3, равно

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$$

С работой газа все просто. Возьмем среднее давление газа и умножим на изменение объема

$$A_{23} = p_{23} \Delta V = \frac{p_3 + p_2}{2} (V_3 - V_2) = \frac{3p_0 + p_0}{2} (5V_0 - 3V_0) = 4p_0 V_0$$

С изменением внутренней энергии немного тяжелей. По определению

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

Из уравнения состояния идеального газа выразим температуру

$$pV = \nu RT \Rightarrow T = \frac{pV}{\nu R}$$

Зная температуру газа в точках 2 и 3 мы сможем найти изменение температуры (смотрим на график)

$$\Delta T_{23} = T_3 - T_2 = \frac{p_3 V_3}{\nu R} - \frac{p_2 V_2}{\nu R} = \frac{3p_0 5V_0}{\nu R} - \frac{p_0 3V_0}{\nu R} = \frac{12p_0 V_0}{\nu R}$$

Таким образом изменение внутренней энергии будет равно

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \frac{12p_0 V_0}{\nu R} = 18p_0 V_0$$

Количество теплоты, полученное газом на участке 2-3, равно

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = 4p_0 V_0 + 18p_0 V_0 = 22p_0 V_0$$

Всего газ получил количество теплоты равное

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = 5p_0 V_0 + 22p_0 V_0 = 27p_0 V_0$$

Ответ: 27.

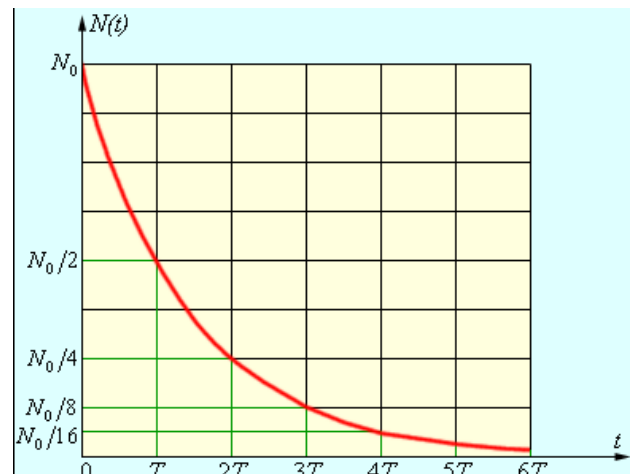
В8. В любом образце радиоактивного вещества содержится огромное число радиоактивных атомов. Так как радиоактивный распад имеет случайный характер и не зависит от внешних условий, то закон убывания количества $N(t)$ **НЕРАСПАВШИХСЯ** к данному моменту времени t ядер может служить важной статистической характеристикой процесса радиоактивного распада.

Закон радиоактивного распада имеет вид:

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}},$$

где N – число **НЕРАСПАВШИХСЯ** ядер через промежуток времени t , N_0 – начальное число ядер. Величина T называется **периодом полураспада**.

Через время равное периоду полураспада распадается половина исходного количества радиоактивного вещества. Например, было 50 грамм радиоактивного вещества. Через период полураспада останется 25 грамм. Еще через период полураспада останется 12,5 грамм и так далее. То



есть происходит постоянное деление пополам оставшегося количества нераспавшегося вещества.

Рисунок графически иллюстрирует закон радиоактивного распада.

Период полураспада – основная величина, характеризующая скорость радиоактивного распада. Чем меньше период полураспада, тем интенсивнее протекает распад. Так, для урана $T \approx 4,5$ млрд лет, а для радия $T \approx 1600$ лет. Поэтому активность радия значительно выше, чем урана. Существуют радиоактивные элементы с периодом полураспада в доли секунды.

Так как электрический заряд любого тела всегда кратен элементарному заряду, то количество распавшихся ядер будет равно $\Delta N = \frac{q}{e}$. По закону радиоактивного распада количество нераспавшихся ядер

равно $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$. Количество распавшихся ядер равно разности между начальным количеством ядер и количеством нераспавшихся ядер $\Delta N = N_0 - N$. Подставим сюда соотношения, которые мы получили выше

$$\Delta N = N_0 - N \Rightarrow \frac{q}{e} = N_0 - N_0 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow \frac{q}{e} = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right)$$

Начальное количество ядер мы можем найти зная массу вещества, молярную массу вещества и постоянную Авагадро $N_0 = \frac{m}{M} N_A$. Подставим это значение в формулу и аккуратно выразим $2^{\frac{t}{T}}$:

$$\frac{q}{e N_0} = \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) \Rightarrow \frac{q}{e \frac{m}{M} N_A} = 1 - 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow 2^{-\frac{t}{T}} = 1 - \frac{q}{e \frac{m}{M} N_A} \Rightarrow \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{e \frac{m}{M} N_A - q}{e \frac{m}{M} N_A} \Rightarrow 2^{\frac{t}{T}} = \frac{e \frac{m}{M} N_A}{e \frac{m}{M} N_A - q}$$

Числитель и знаменатель дроби справа разделим на $e \frac{m}{M} N_A$. Получим

$$2^{\frac{t}{T}} = \frac{\left(e \frac{m}{M} N_A \right) / e \frac{m}{M} N_A}{\left(e \frac{m}{M} N_A - q \right) / e \frac{m}{M} N_A} = \frac{1}{\frac{e \frac{m}{M} N_A}{e \frac{m}{M} N_A} - \frac{q}{e \frac{m}{M} N_A}} = \frac{1}{1 - \frac{q}{e \frac{m}{M} N_A}} = \frac{1}{1 - \frac{qM}{emN_A}}$$

Подставьте и вычислите значение дроби $\frac{1}{1 - \frac{qM}{emN_A}}$ самостоятельно. Оно должно получиться приблизи-

тельно 16. Следовательно, $2^{\frac{t}{T}} = 16 \Rightarrow 2^{\frac{t}{T}} = 2^4 \Rightarrow \frac{t}{T} = 4 \Rightarrow t = 4T$.

Ответ: 88.

В9. Когда снизу под маленьким шариком ничего нет, сила натяжения будет равна силе тяжести. Как только под шариком помещают заряд, сила натяжения нити будет равна сумме сил тяжести и силы Кулона. С учетом того, что сила тяжести увеличилась в два раза, получим

$$T_0 = mg$$

$$T = mg + k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow T = 2T_0 \Rightarrow mg + k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 2mg \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = mg \Rightarrow r^2 = k \frac{|q_1||q_2|}{mg} \Rightarrow r = \sqrt{k \frac{|q_1||q_2|}{mg}}$$

И опять напоминаю, что ответ надо дать в тех единицах, в которых просят по условию задачи.

Ответ: 60.

В10. При перемещении электрических зарядов по цепи постоянного тока сторонние силы, действующие внутри источников тока, совершают работу.

Физическая величина, равная отношению работы $A_{ст}$ сторонних сил при перемещении заряда q от отрицательного полюса источника тока к положительному к величине этого заряда, называется электродвижущей силой источника (ЭДС):

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}.$$

Таким образом, ЭДС определяется работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда. Электродвижущая сила, как и разность потенциалов, измеряется в **вольтах (В)**.



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. Из закона Ома для полной цепи мы найдем ЭДС источника. Так же мы должны вспомнить связь между сопротивлением проводника R , его длиной l и площадью поперечного сечения S ($R = \rho \frac{l}{S}$).

Окончательно получаем

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow \varepsilon = I(R + r) = I\left(\rho \frac{l}{S} + r\right)$$

Ответ: 40.

В11. Очень простая задача уровня 7 класса. Долетев до НЛО импульс отражается от него и возвращается к радару. Так как скорость движения импульса постоянна и равна скорости света, то время движения импульса от радара до НЛО равно времени движения импульса от НЛО к радару. Поэтому путь, который прошел импульс до встречи с НЛО, будет равен

$$s = v_{\text{импульса}} \cdot t = c \cdot \frac{t_1}{2}$$

Ответ: 45.

В12. Максимально возможное изменение температуры будет в том случае, если источник будет выделять во внешней цепи максимальную мощность. Поэтому чтобы решить эту задачу надо знать формулу, по которой можно найти максимальную мощность, которая может быть выделена в цепи. Эта мощность равна $P_{\text{max}} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$. Часть этой мощности идет на нагрев проводника $A_{\text{полезное}} = cm\Delta T$. Так как на нагревание проводника тратится 60% выделяемой энергии, то вспомним что такое КПД

$$\eta = \frac{A_{\text{полезное}}}{A_{\text{полное}}} = \frac{cm\Delta T}{P_{\text{max}} t} \Rightarrow \Delta T = \frac{\eta P_{\text{max}} t}{cm} = \frac{\eta \varepsilon^2 t}{4r cm}$$

Ответ: 40.