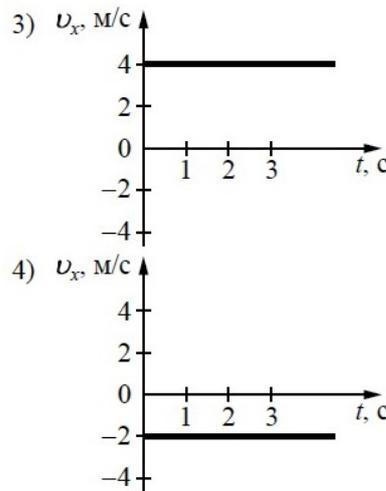
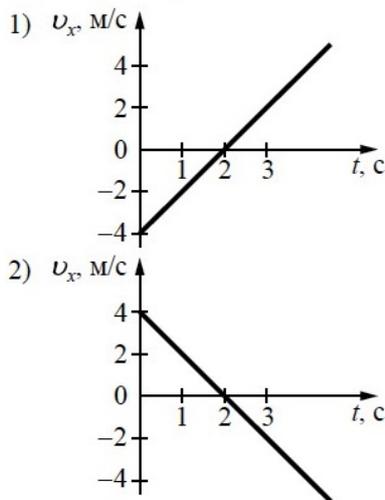


Решение демоварианта ЕГЭ 2016 по физике

Часть 1, без особых заморочек

Задание 1. Координата тела меняется с течением времени согласно закону $x = 4 - 2t$, где все величины выражены в СИ. Какой из графиков отражает зависимость проекции скорости движения тела от времени?



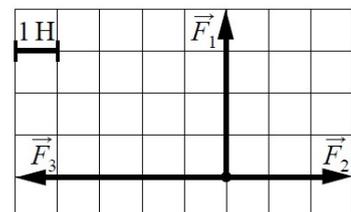
Наши размышления. На всех графиках показана зависимость скорости (она отложена по вертикальной оси) от времени (время откладывают по горизонтальной оси). На графиках 3) и 4) скорость с течением времени не изменяется, тело движется равномерно. Причём, на графике 3) оно движется с постоянной скоростью 4 м/с, а на графике 4) со скоростью (-2) м/с. На графике 1) скорость возрастает, то есть тело разгоняется. На графике 2) замедляется.

Ну, ладно, это мы просто рассматривали графики. А теперь за дело! Каждый школьник должен знать вот что. Если тело движется вдоль оси X таким образом, что координата его изменяется в зависимости от времени согласно функции $x = f(t)$, то проекция скорости на ось X - это производная $v_x = x' = f'(t)$.

Поэтому мы просто находим производную $v_x = x' = (4 - 2t)' = -2$. Теперь совершенно ясно, что нужный ответ приведён на графике 4.

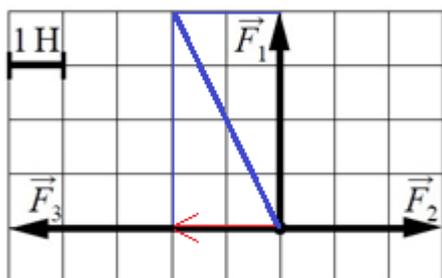
Ответ 4

Задание 2. На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Модуль равнодействующей силы равен



- 1) $2\sqrt{5}$ Н
- 2) 6 Н
- 3) $2\sqrt{3}$ Н
- 4) 2 Н

Наши размышления. Надо выполнить сложение трёх векторов. Векторы \vec{F}_2 и \vec{F}_3 противоположны друг другу. Их сумма будет направлена в ту сторону, в которую вектор



больше, то есть в сторону \vec{F}_3 , а по модулю 5 клеток минус 3 клетки равно 2 клетки. Обозначу их сумму красненьким вектором. А сумма красненького и третьего заданного вектора \vec{F}_1 равна синей диагонали прямоугольника, которую мы найдём по теореме Пифагора.

$$\sqrt{4^2 + 2^2} = \sqrt{16 + 4} = \sqrt{20} = \sqrt{4 \cdot 5} = \sqrt{4} \cdot \sqrt{5} = 2\sqrt{5}$$

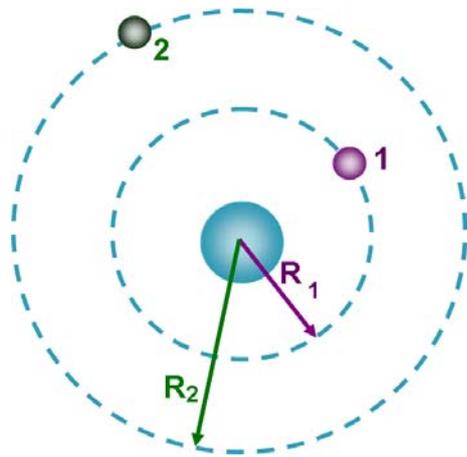
Таким образом, верный вариант ответа 1.

Ответ 1

Задание 3. Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 4 раза больше, чем для второй.

Каково отношение $\frac{R_1}{R_2}$ радиусов орбит первой и второй планет?

Наши размышления. Каждая из планет притягивается к звезде по Закону всемирного тяготения $F = \gamma \frac{Mm}{R^2}$, где M – масса звезды, а m – масса этой планеты. Нам-то требуется



найти отношение радиусов, поэтому выразим R из этой формулы $R = \sqrt{\frac{\gamma Mm}{F}}$. По условию задачи массы m обеих планет одинаковые. А сила притяжения первой планеты F_1 к звезде в 4 раза больше, чем второй. Это можно записать так $F_1 = 4F_2$. Составляем искомое отношение

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{\frac{\gamma Mm}{4F_2}}}{\sqrt{\frac{\gamma Mm}{F_2}}} = \sqrt{\frac{\frac{\gamma Mm}{4F_2}}{\frac{\gamma Mm}{F_2}}} = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Вот такой ответик, его для удобства записывания в бланк ЕГЭ надо из обыкновенной дроби перевести в десятичную.

Ответ 0,5

Задание 4. Шарик массой 200 г падает с высоты 20 м с начальной скоростью, равной нулю. Какова его кинетическая энергия в момент перед ударом о землю, если потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 4 Дж?

Наши размышления. Кинетическая энергия, как знает любой, выражается формулой

$E_k = \frac{mv^2}{2}$. Масса шарика в задаче дана, а надо бы знать скорость, которую он развил прямо

перед тем, как шмякнуться об землю. Шарик падал с ускорением свободного падения g . А что такое ускорение, любое вообще ускорение, в том числе и ускорение свободного падения? Это отношение изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение

произошло. В виде формулы данное определение можно записать так $g = \frac{v_{\text{кон}} - v_{\text{нач}}}{t} = \frac{v_{\text{кон}}}{t}$

(начальная скорость равна нулю, это задано по условию). Отсюда конечная скорость $v_{\text{кон}} = gt$.



Но и время падения нам неизвестно. Его мы найдём из

формулы $S = \frac{gt^2}{2}$. Сделаем такое преобразование и

подставим числовые данные $t = \sqrt{\frac{2S}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} = \sqrt{4} = 2$ (с).

Ускорение свободного падения в ЕГЭ разрешается брать ровно 10, для простоты расчётов, а не 9,81.

Всё, время полёта шарика нашли, теперь найдём его конечную скорость

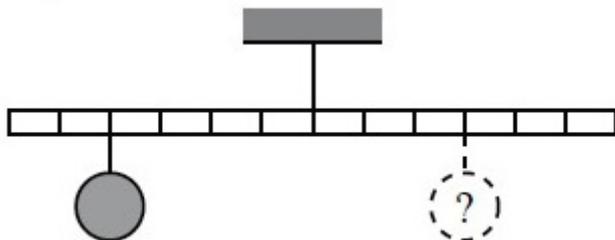
$v_{\text{кон}} = gt = 10 \cdot 2 = 20$ (м/с). Теперь найдём кинетическую энергию, при этом не забудем перевести массу шарика в СИ $200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$.

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 20^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 400}{2} = 40 \text{ (Дж)}.$$

Такую энергию наш шарик бы развил, если бы его падение было свободным, без сопротивления воздуха. Но по заданию сопротивление было не свободным, на преодоление воздушной среды шарик потратил 4 Дж, таким образом его энергия составила $40 - 4 = 36$ Дж

Ответ 36

Задание 5. Тело массой 0,3 кг подвешено к невесомому рычагу так, как показано на рисунке. Груз какой массы надо подвесить к третьей метке в правой части рычага для достижения равновесия?



Наши размышления. Известный груз стремится повернуть рычаг против часовой стрелки. Он создает вращающий момент, равный произведению силы на плечо. $M = Fl$. Сила – это сила тяжести, равная $mg = 0,3g$. Плечо равно 4 клетки. Незвестный груз должен создавать такой же по величине момент, но направленный по часовой стрелке, только тогда рычаг будет в равновесии. Плечо у него 3 клетки, а масса x . Составим уравнение моментов и решим его

$$0,3g \cdot 4 = xg \cdot 3$$

$$1,2 = 3x$$

$$x = \frac{1,2}{3} = 0,4$$

Ответ 0,4

Задание 6. На поверхности воды плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брусок, если его заменить сплошным бруском той же плотности и высоты, но большей массы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

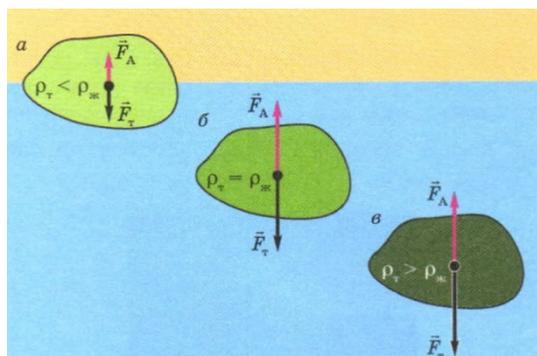
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

Наши размышления. Тело плавает или тонет (или частично тонет) в зависимости от



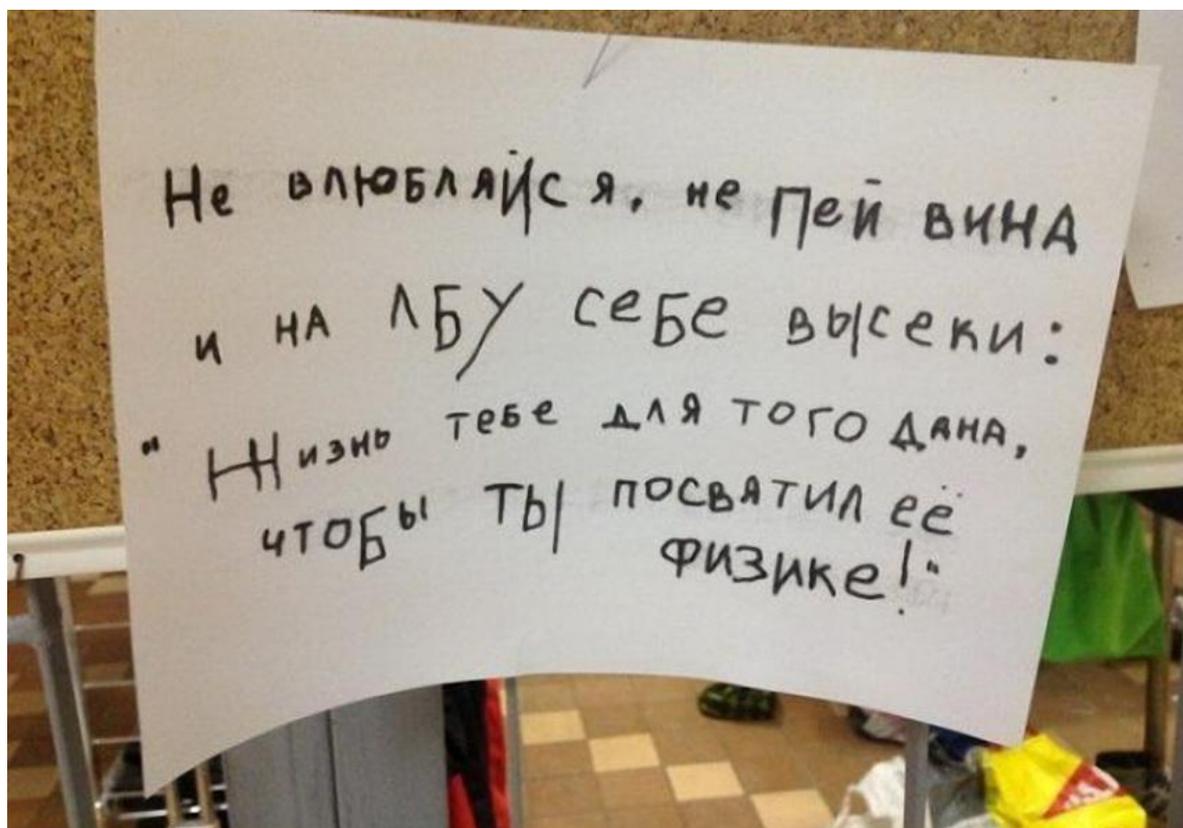
соотношения плотности данного тела и плотности жидкости, в нашем случае воды. Увеличилась бы плотность бруска – он бы затонул поглубже; стала бы она равна плотности воды – брусок бы затонул полностью, но плавал бы под водой; стала бы плотность больше плотности воды – брусок бы ушёл на дно.

В нашей задаче плотность не изменилась, следовательно, глубина погружения бруска не изменится, вариант 3.

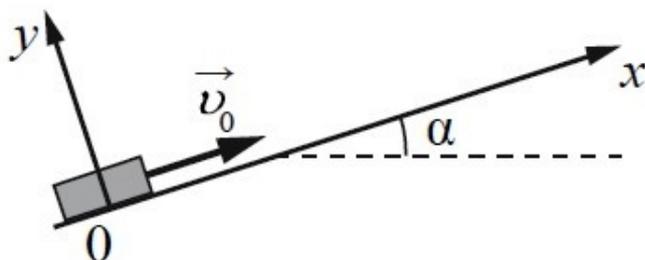
Сила Архимеда (выталкивающая сила) направлена вверх, а по модулю равна весу воды, налитой в объём плавающего тела. Сила Архимеда уравнивает вес тела. Вес тела mg направлен вниз, а сила Архимеда вверх, силы равны, поэтому тело плавает, а не идёт ко дну. По условию задачи берём брусок большей массы, то есть и вес его будет больше. Но, как уже было сказано, брусок глубже не погрузится. Из этого следует, что и сила Архимеда добавилась на такую же величину, и равновесие сохраняется. То есть сила Архимеда увеличится, вариант 1. Таблицу заполним так

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда
3	1

Ответ 31



Задание 7. После удара шайба массой m начала скользить со скоростью \vec{v}_0 вверх по плоскости, установленной под углом α к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения шайбы о плоскость равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) модуль ускорения при движении шайбы вверх

Б) модуль силы трения

ФОРМУЛЫ

1) $g (\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

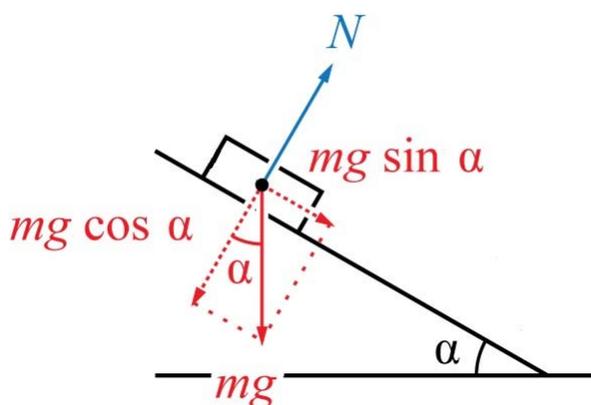
2) $\mu mg \cos\alpha$

3) $\mu mg \sin\alpha$

4) $g (\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$

А	Б

Наши размышления. Первое. На всякое тело, в том числе и на нашу шайбу, обязательно действует сила тяжести. Направлена она всегда строго вниз, а равна по величине mg , где m –



масса этого тела, а g – ускорение свободного падения. Если тело, как наша шайба, находится на наклонной плоскости, то силу тяжести mg можно представить как векторную сумму двух составляющих: одна направлена параллельно наклонной плоскости, а другая перпендикулярно ей. Красенький угол α равен черненькому углу α , поскольку это - углы с перпендикулярными сторонами (есть такая теорема в геометрии).

Рассматривая красный прямоугольничек, можно параллельную и перпендикулярную составляющие силы тяжести выразить через синус и косинус угла α .

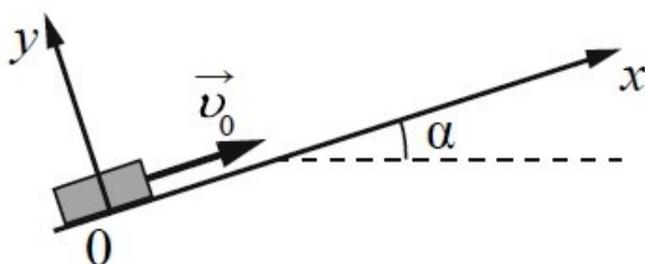
Параллельная наклонной плоскости составляющая равна $mg \cdot \sin\alpha$

Перпендикулярная наклонной плоскости составляющая равна $mg \cdot \cos\alpha$

Второе. С какой силой книга давит на стол, с такой же силой стол давит на книгу (в противоположном направлении). Это третий закон Ньютона. Наша шайба давит на наклонную плоскость с силой $mg \cdot \cos \alpha$, это перпендикулярная составляющая силы тяжести. Значит и плоскость давит на шайбу с силой N , такой же по величине, но противоположной по направлению. Сила N называется «силой нормальной реакции опоры». Нормальная она потому, что направлена по нормали. А нормаль – это перпендикуляр к наклонной плоскости. Итак, сила N равна по величине $mg \cdot \cos \alpha$.

Третье. Когда тело скользит по какой-то поверхности, на него обязательно действует сила трения. $F_{тр} = \mu N$. Направлена она всегда против направления движения тела. Учитывая вышесказанное $F_{тр} = \mu mg \cdot \cos \alpha$

Четвёртое. Шайба после удара по ней клюшкой согласно первому закону Ньютона летела бы с постоянной скоростью неограниченно долго, если бы никакие силы ей не



препятствовали. Но в нашем случае ей препятствуют сразу две силы. 1) сила сопротивления от подъёма – параллельная составляющая силы тяжести, равная $mg \cdot \sin \alpha$. Шайба ведь поднимается вверх по наклонной плоскости. 2) Сила трения $F_{тр} = \mu mg \cdot \cos \alpha$, которая всегда

направлена против движения. Таким образом на шайбу действуют две силы, их сумма равна

$$\mu mg \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha = mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

Пятое. По второму закону Ньютона при действии на тело силы, оно получает ускорение, равное $a = \frac{F}{m}$. В нашем случае ускорение будет равно

$$a = \frac{mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{m} = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha). \text{ Это, конечно, будет замедление, ускорение с}$$

отрицательным знаком, шайба очень скоро остановится. Но нас об этом не спрашивают. Нам надо найти МОДУЛЬ ускорения. Мы его нашли, он соответствует варианту ответа 4. А модуль силы трения соответствует варианту 2. Поэтому в итоговую табличку мы должны записать

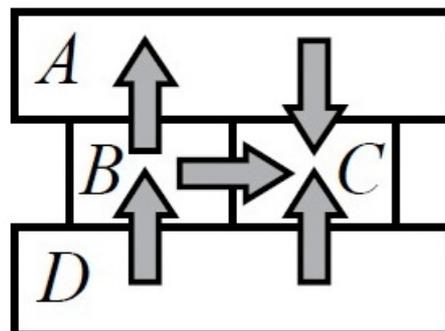
А	Б
4	2

Ответ 42



Задание 8. Четыре металлических бруска, имеющих разные температуры, положили вплотную друг к другу, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к бруску. Выберите верное утверждение о температуре(-ах) брусков.

- 1) Брусок С имеет самую низкую температуру.
- 2) Температура бруска С выше, чем бруска В.
- 3) Брусок D имеет самую низкую температуру.
- 4) Температура бруска А выше, чем бруска В.



Наши размышления. Тут не надо знать никакой физики, нужно знать единственный очевидный факт – тепло передаётся от бруска с более высокой температурой к бруску, у которого температура ниже.

$D > B$ $D > C$

$B > C$

$A > C$

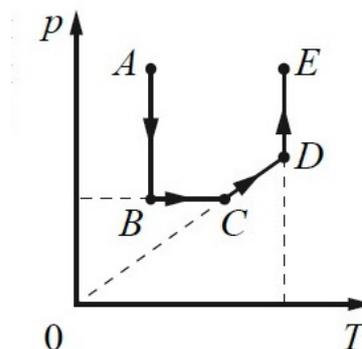
Все больше С, все стрелки входят в С, и ни одна не выходит. Значит, С имеет самую низкую температуру. Справедливо утверждение 1).

Остальные утверждения, как легко проверить, не соответствуют картинке.

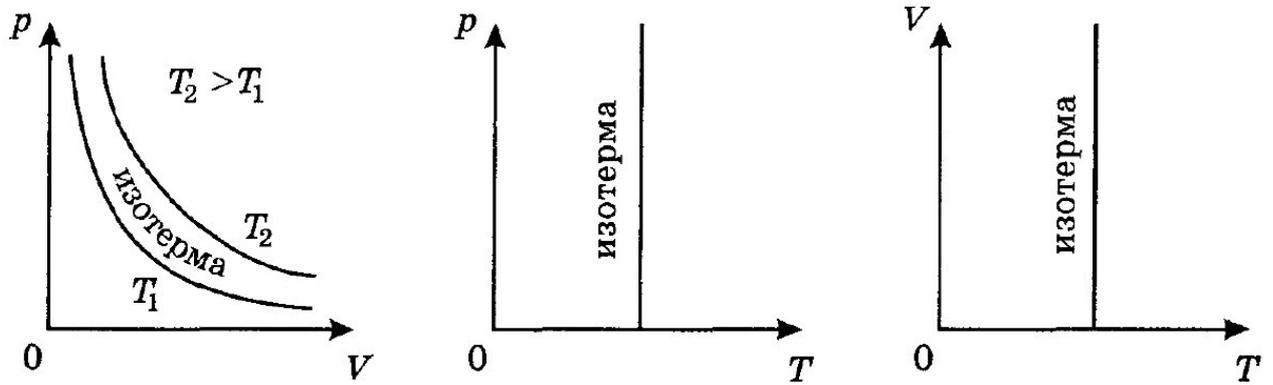
Ответ 1

Задание 9. На рисунке приведён график зависимости давления неизменной массы газа от температуры. Изменения происходят в направлении, указанном стрелкой. Какой процесс происходит с газом на участке АВ?

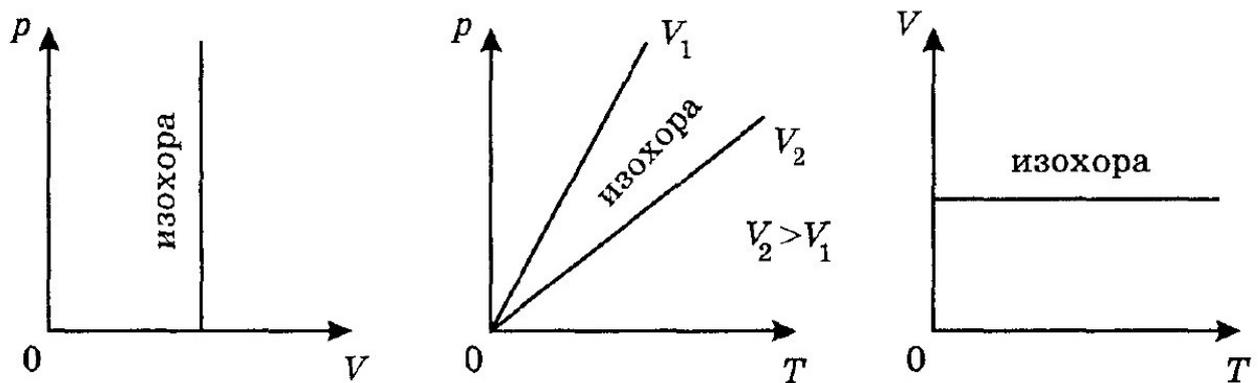
- 1) изотермическое расширение
- 2) изотермическое сжатие
- 3) изохорное нагревание
- 4) изобарное нагревание



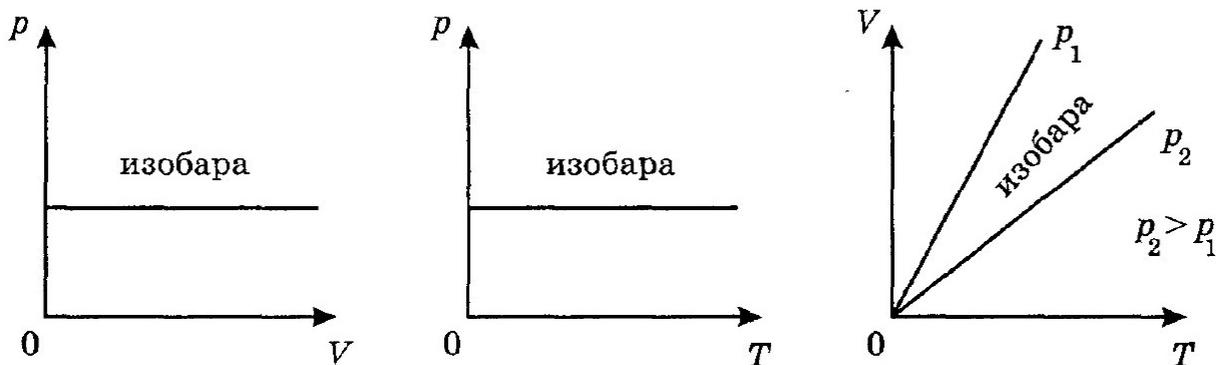
Наши размышления. Сначала осмыслим предложенные варианты ответа. Изотермический – от «изо» - постоянный, «терма» - температура. Это процессы, происходящие с газом при неизменной температуре. Увеличивается объём газа – снижается давление; уменьшается объём – повышается давление. А температура всегда постоянная. Ниже приведены графики-изотермы в разных осях.



Изохорные процессы – это процессы при неизменном объёме газа («хорос» - место, объём). Здесь с повышением температуры растёт давление, с понижением температуры давление падает, а объём поддерживается постоянным.



Наконец, изобарные процессы – это процессы при неизменном давлении («бар» - давление, не зря прибор называется барометром). При повышении температуры растёт объём газа.



Теперь рассмотрим нашу исходную картинку. АВ – понижалось давление при постоянной температуре – это было изотермическое расширение. С «изотермическим» понятно, температура была постоянной. А почему расширение, а не сжатие? Потому что при сжатии (уменьшении объёма) давление возрастает, а при расширении (увеличении объёма) давление падает. У нас падает, поэтому и расширение. Участок ВС – это изобарное нагревание. Участок CD – это изохорное нагревание. Участок DE – это изотермическое сжатие. Нас спрашивали про участок АВ, поэтому

Ответ 1

Задание 10. Тепловая машина с КПД 40% за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 60 Дж. Какое количество теплоты машина получает за цикл от нагревателя?

Наши размышления. Вот тепловая машина под названием «паровая турбина». С помощью



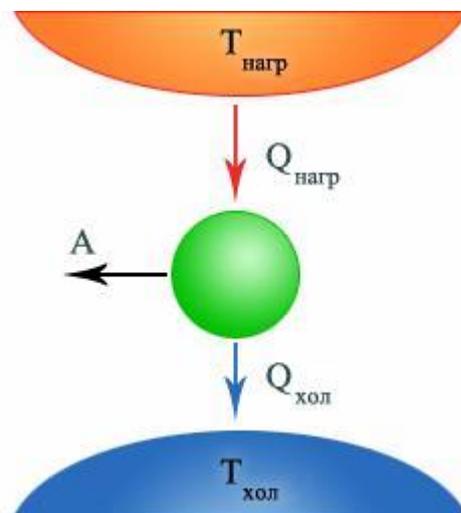
таких машин получают электричество на тепловых или атомных электростанциях. Сгорает уголь, нагревает воду, вода превращается в пар, пар под давлением ударяет по лопаткам турбины и приводит её во вращение. Таким образом, теплота превращается в механическую работу. Если рассматривать сущность работы тепловой машины, то различают три её части: *нагреватель*, *рабочее тело* и *холодильник*. В каждом цикле работы двигателя рабочее тело получает некоторое количество теплоты от

нагревателя, расширяется и совершает механическую работу. А затем не потраченное тепло отдаёт холодильнику, чтобы возвратиться в исходное состояние. По схеме видно, что совершённая работа равна разнице полученного и отданного количества теплоты.

$$A = Q_{пол} - |Q_{отд}|$$

Коэффициент полезного действия η показывает, какая часть теплоты, полученной от нагревателя пошла на совершение полезной работы

$$\eta = \frac{A}{Q_{пол}} = \frac{Q_{пол} - |Q_{отд}|}{Q_{пол}} = 1 - \frac{|Q_{отд}|}{Q_{пол}}$$



В нашей задаче дано:

$Q_{отд} = 60$ Дж; $\eta = 40\% = 0,4$ Надо её решить, как уравнение относительно неизвестной величины $Q_{пол}$

Преобразуем определительную формулу и сделаем вычисления.

$$\eta = \frac{A}{Q_{пол}} = \frac{Q_{пол} - |Q_{отд}|}{Q_{пол}} = 1 - \frac{|Q_{отд}|}{Q_{пол}}$$

$$\frac{|Q_{отд}|}{Q_{пол}} = 1 - \eta$$

$$Q_{пол} = \frac{|Q_{отд}|}{1 - \eta} = \frac{60}{1 - 0,4} = \frac{60}{0,6} = 100$$

Наша машина получила от нагревателя 100 Дж теплоты.

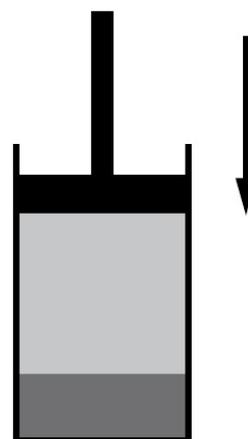
Ответ 100

Задание 11. В цилиндре под поршнем находятся жидкость и её насыщенный пар (см. рисунок). Как будут изменяться давление пара и масса жидкости при небольшом медленном перемещении поршня вниз при постоянной температуре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.



Давление пара	Масса жидкости

Наши размышления. Переход из жидкого состояния в газообразное называется



испарением. Переход из газообразного в жидкое называется конденсацией. В закрытой банке уровень воды изменяться не будет, хотя процесс испарения происходит. Почему? Потому что сколько молекул воды вылетело из жидкости (испарилось), столько же и вернулось обратно в жидкость (конденсировалось). Пар, находящийся в таком динамическом равновесии, называется «насыщенным» паром.

Что произойдет, если насыщенный пар нагреть или охладить? При нагревании он превратится в ненасыщенный – и процесс испарения пойдёт сильнее, чем процесс конденсации. При охлаждении – процесс конденсации пойдёт быстрее, чем испарения, часть пара превратится в воду, этим объясняется роса прохладным летним утром.

При неизменной температуре давление насыщенного пара так же неизменно. Если с помощью поршня принудительно сжать пар (повысить его давление) – ничего не выйдет. Часть пара перейдёт в жидкость, а давление оставшегося пара останется тем же самым. Вот и ответ на вопрос: давление не изменится, вариант 3); масса жидкости увеличится, вариант 1), потому что часть пара перейдёт в жидкость.

Давление пара	Масса жидкости
3	1

Ответ 31

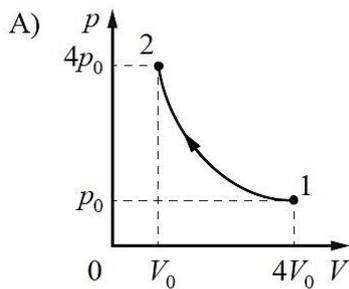
...по-моему, вода испаряется
слишком медленно...



Задание 12. Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль идеального газа, и значениями физических величин, характеризующих эти процессы (ΔU – изменение внутренней энергии; A – работа газа).

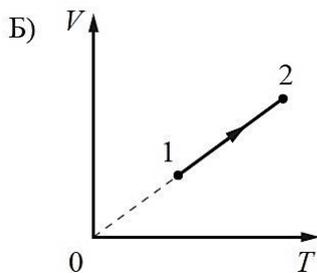
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ
ВЕЛИЧИН

- 1) $\Delta U = 0; A > 0$
- 2) $\Delta U > 0; A > 0$
- 3) $\Delta U > 0; A = 0$
- 4) $\Delta U = 0; A < 0$



А	Б

Наши размышления. Во-первых, вернувшись к заданию 9, мы ещё раз поглядим на приведенные там графики и сообразим, что на картинке А показан изотермический процесс (при неизменной температуре), а на картинке Б изобарный процесс (при неизменном давлении). На картинке А при переходе из состояния 1 в состояние 2 объем газа уменьшили в 4 раза, а его давление при этом возросло в 4 раза (это мы видим на графике, где V – объём, p – давление). Такое может быть, если газ в цилиндре сжали поршнем при постоянной температуре. На картинке Б при нагреве объём газа пропорционально увеличился. Что такое внутренняя энергия и работа. Внутренняя энергия – это суммарная кинетическая энергия движения всех молекул газа. С нагревом молекулы движутся быстрее. Поэтому изменение внутренней энергии ΔU пропорционально изменению температуры ΔT .

На картинке А, как мы выяснили, температура не повышалась, поэтому и внутренняя энергия не изменялась, $\Delta U = 0$. Этому соответствует вариант ответа 4. Там же написано, что работа $A < 0$. Это значит, что не газ совершил работу, а внешние силы совершили над ним работу по его сжатию.

На картинке Б температура увеличилась. Она пошла на увеличение внутренней энергии, $\Delta U > 0$. Но и объём газа увеличился, он расширился, совершив какую-то работу (например, толкнул поршень). То есть работа газа тоже положительна, $A > 0$.

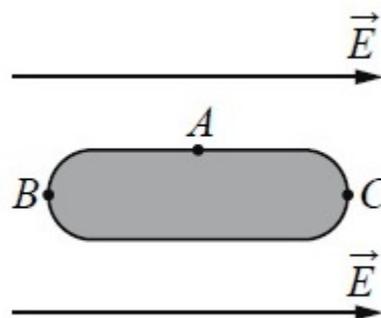
Подходит вариант ответа 2.

А	Б
4	2

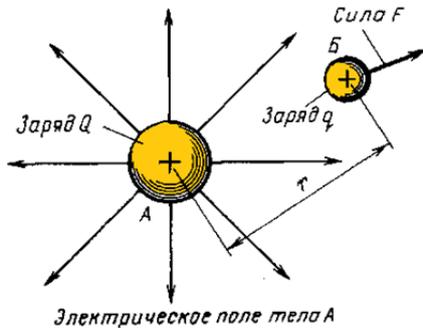
Ответ 42

Задание 13. Металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью E . Под действием этого поля концентрация свободных электронов на поверхности тела станет

- 1) самой большой в точке А
- 2) самой большой в точке С
- 3) самой большой в точке В
- 4) одинаковой в точках А, В и С



Наши размышления. Одноименные электрические заряды отталкиваются, разноименные притягиваются. Если вблизи большого положительного заряда поместить маленький (пробный) положительный зарядик, всего в 1 Кулон, то этот пробный зарядик оттолкнётся от большого и полетит прочь от него, как на картинке. Оно и понятно, со стороны большого заряда на маленький действует отталкивающая сила \vec{F} .



Представим, что большой заряд не виден, закрыт какой-нибудь ширмой. Но маленький всё равно будет испытывать воздействие силы. Говорят: существует особый вид материи – электрическое поле – и на пробный заряд внесённый в это поле, действует со стороны поля сила \vec{F} . Поле, конечно, по любому создано каким-то большим зарядом, или группой зарядов, но нам часто бывает интересно не то, откуда взялось поле, а то, как оно действует на заряды. Поле может быть

сильным или слабым. Сильное поле с большей силой \vec{F} действует на пробный заряд, слабое с меньшей. Чтобы охарактеризовать «силу» электрического поля применяют понятие «напряжённости». Напряжённость равна силе, которая со стороны поля действует на единичный заряд (равный 1 Кулону).

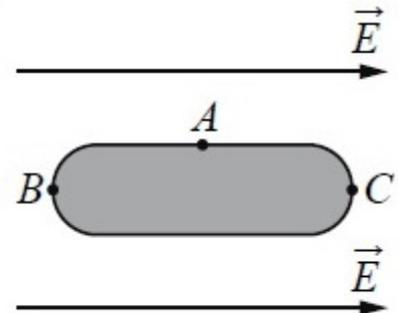
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Напряжённость – векторная величина. В какую сторону направлен вектор напряжённости?

Он совпадает с вектором силы \vec{F} , с которой электрическое поле действует на ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ заряд.

Теперь, к нашему заданию. В теле есть свободные ЭЛЕКТРОНЫ. Это отрицательные заряды. При внесении данного тела в электрическое поле они станут двигаться в сторону, противоположную вектору напряжённости.

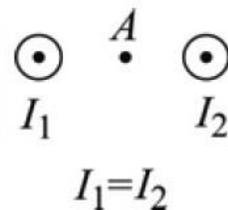
Поэтому в точке В их станет максимальное количество, а в точке С – минимальное.



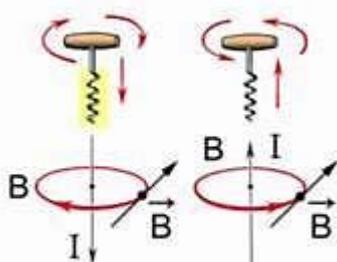
Ответ 3

Задание 14. На рисунке показаны сечения двух параллельных прямых проводников и направления токов в них. Как направлен вектор магнитной индукции в точке А, находящейся точно посередине между проводниками?

- 1) вниз ↓
- 2) по направлению токов
- 3) равен 0
- 4) вверх ↑



Наши размышления. Мы, разумеется, знаем, что вокруг любого провода, по которому течёт ток, обязательно возникает магнитное поле. Оно круговое,



Правило буравчика

направлено по окружности. Но и при этом у него бывает два разных направления: либо ПО часовой стрелке, либо ПРОТИВ. Ответ, как именно направлено магнитное поле (или вектор магнитной индукции, это то же самое) даёт правило буравчика. Буравчик (штопор) ввинчиваем или вывинчиваем. Если движение его острья совпадёт с направлением тока в проводнике, то вращательное движение его рукоятки совпадёт с

направлением вектора магнитной индукции. Очень часто проводник рисуют в виде сечения



Ток идет от нас за плоскость рисунка

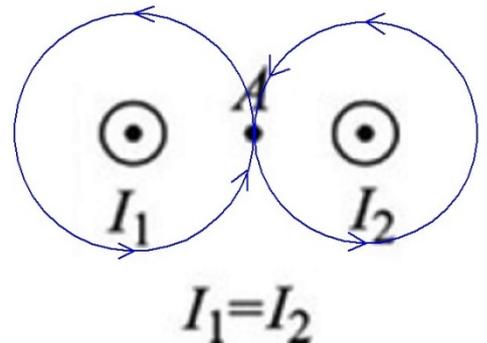


Ток идет на нас из-за плоскости рисунка

вертикальной плоскостью. Вот показаны два проводника, которые как бы распилили поперёк, в сечении получился кружок. Ток может идти или «от нас, за плоскость рисунка», в этом случае мы рисуем такой крестик, изображающий хвостовое оперение улетающей стрелы. Воображаем штопор – магнитные линии идут ПО часовой стрелки. Ток может идти «на нас» - это изображается остриём

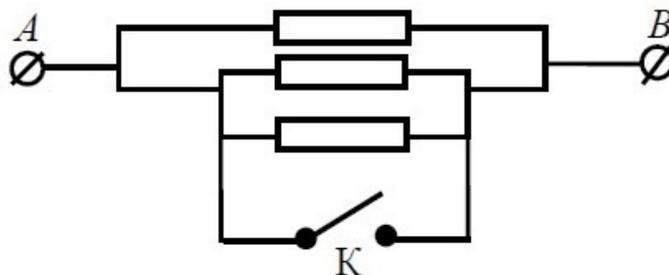
летающей на нас стрелы, показывается в виде точки. Магнитные линии пойдут ПРОТИВ часовой стрелки.

Теперь к задаче. У нас два провода, в обоих ток идёт на нас. Магнитные поля направлены против часовой стрелки. В точке А поле первого тока направлено вверх, а поле второго тока вниз. Токи по условию равны, поэтому векторная сумма двух равных противоположных полей равна 0.

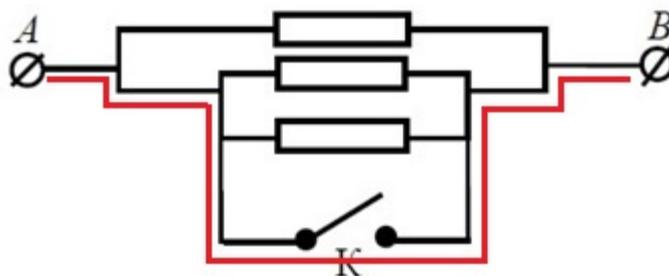


Ответ 3

Задание 15. Каким будет сопротивление участка цепи АВ (см. рисунок), если ключ К замкнуть? Каждый из резисторов имеет сопротивление 5 Ом.

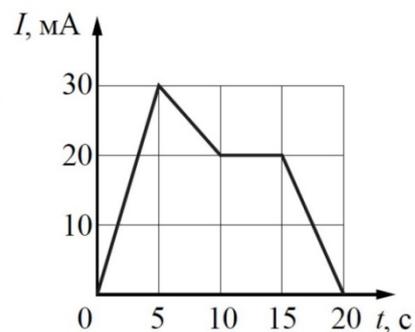


Наши размышления. Ток всегда идёт по пути наименьшего сопротивления. Если замкнуть ключ К, то возникнет путь для тока вообще минуя все сопротивления.



Ответ 0

Задание 16. На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 5 до 10 с. Ответ дать в мкВ.



Наши размышления. Свойство сомоиндукции можно сравнить со свойством инерции. Тяжёлый поезд невозможно мгновенно разогнать до большой скорости, инерция препятствует быстрому разгону. Но, когда он уже мчится, его не очень просто остановить. Так же и сила тока в катушке – она не может увеличиться мгновенно, а увеличившись – немедленно упасть. Препятствует ЭДС

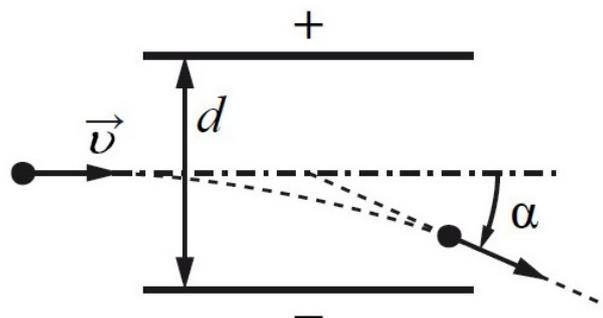
самоиндукции $E = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$. Смотрим на график. От 5 до 10 с сила тока уменьшилась с 30 до

20 мА. $\Delta I = 10 \text{ мА} = 0,01 \text{ А}$, $\Delta t = 5$, $L = 1 \text{ мГн} = 0,001 \text{ Гн}$.

$$E = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0,001 \frac{0,01}{5} = -0,000002 = 2(\text{мкВ})$$

Ответ 2

Задание 17. Заряженная частица массой m , движущаяся со скоростью v влетает в поле плоского конденсатора (см. рисунок). Расстояние между пластинами конденсатора равно d , а напряжённость электрического поля между пластинами равна E . Пролетев конденсатор, частица отклоняется от первоначального направления на угол α . Как изменятся модуль скорости вылетевшей частицы и угол α , если уменьшить напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль скорости вылетевшей частицы	Угол отклонения α

Наши размышления. Задачака аналогична задачкам из механики, про полёт камня, брошенного горизонтально. Движение камня складывается из двух движений: горизонтального (параллельного поверхности земли) и вертикального (падения под

действием силы тяжести). Горизонтальный полет камня – это равномерное прямолинейное движение со скоростью, равной начальной скорости броска. А вертикальное падение – это равноускоренное движение с ускорением свободного падения. В целом при сложении получается ускоренное движение, то есть модуль скорости возрастает. А что будет если взять камень полегче? Сила тяжести mg станет поменьше, ускорение поменьше, модуль скорости станет поменьше и улетит камень дальше, то есть его отклонение от горизонтали будет не столь сильно.

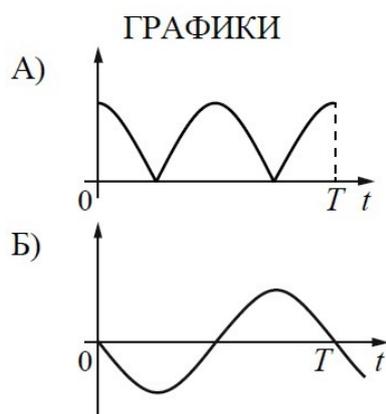
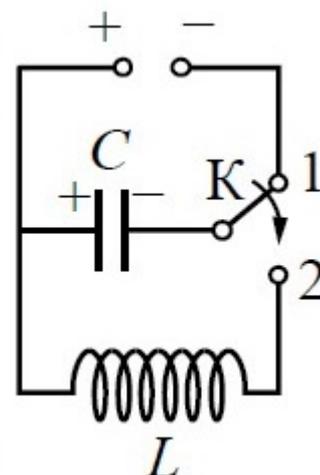
Так же и с нашей частицей. Она летит горизонтально с начальной скоростью и в сторону отрицательной пластины конденсатора (вниз по рисунку) под действием силы электростатического взаимодействия поля и частицы. Если напряженность поля уменьшить – уменьшится и поперечная отклоняющая сила, отчего уменьшится ускорение и модуль скорости, уменьшится и угол отклонения.

Модуль скорости вылетевшей частицы	Угол отклонения α
2	2

Ответ 22

Задание 18. Конденсатор колебательного контура подключён к напряжению (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2.

Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого. T – период колебаний. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



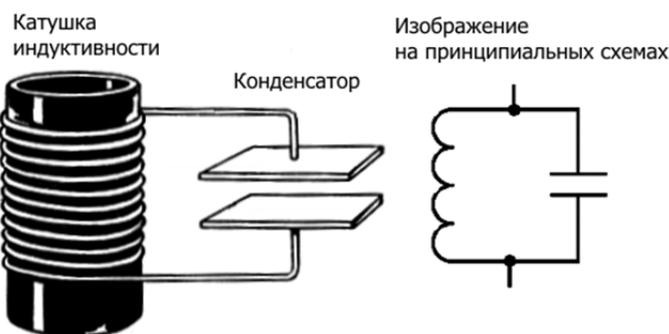
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия магнитного поля катушки
- 4) модуль напряжения на конденсаторе

А	Б

Наши размышления. В позапрошлой, 16-ой задачке мы говорили о самоиндукции – свойстве катушки, которое препятствует как резкому увеличению, так и резкому уменьшению силы тока в ней. Данное свойство позволило изобрести такое устройство, как

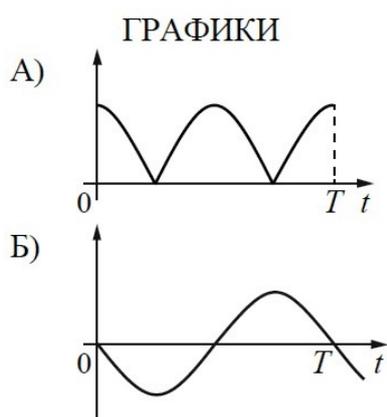
колебательный контур. Контур состоит из конденсатора и катушки. Если бы не было катушки, пластины конденсатора соединили бы между собой просто коротким куском



провода – то избыток заряда быстренько бы перетёк с одной пластины на другую, заряд пластин бы сравнялся, и всё, процесс бы закончился, конденсатор разрядился. Но, благодаря тормозящему свойству самоиндукции, процесс происходит иначе. В момент замыкания ключа (создания контура) ток начинает было возрастать, но индуктивность катушки

его не пускает. Считаем, что ток течет от плюса к минусу, поэтому в начальный момент заряд левой плюсовой пластины конденсатора максимальный, а правой – никакой. Все же ток продавливает индуктивное сопротивление катушки и возрастает до максимума. К этому времени ползаряда уже перетекло с левой пластины на правую, заряд пластин сравнялся. Это как маятник, отклоненный влево, начал движение и достиг нижней точки. Но в нижней точке маятник не остановится, он набрал скорость и по инерции вылетит наверх вправо. Так и в нашем контуре. Заряд пластин сравнялся, и вроде бы ничего не заставляет больше двигаться заряженные частицы. Но нет – индуктивность катушки препятствует и резкому увеличению, и резкому уменьшению тока. За счёт индуктивности ток продолжает идти и перезаряжает конденсатор – теперь на правой пластине максимальный плюс, а на левой ноль. Ток прекращается. Считаем, что маятник на мгновение замер в правом верхнем положении. А потом всё пошло в обратную сторону. Вот тебе и колебания, совершенно такие же, как механические колебания маятника. Время одного полного колебания, туда и обратно, называют периодом T . Половина колебания, только туда – соответственно полпериода.

Поглядим-ка на наши графики. Которая из физических величин может так изменяться?



1) сила тока в катушке? Она в начале процесса равна 0, через четверть периода (когда маятник внизу) она максимальна, через полпериода (когда маятник справа) она снова равна нулю, затем изменяет направление и через $3/4$ периода снова максимальна, а через полный период снова равна нулю. Что же, этим рассуждениям вполне соответствует график Б. Он, правда, начинается с отрицательного направления тока. Но это всё условно. Мы считали, что ток течёт от плюса к минусу, на самом деле нормальное движение для электронов от минуса к плюсу, поэтому наш первоначальный ток можно считать отрицательным.

2) заряд левой обкладки конденсатора? Он начала максимален, через $1/4$ периода равен нулю, через $1/2$ периода максимален с противоположным знаком, через $3/4$ снова нуль, через полный период опять максимальный плюс. График А отчасти похож на изменение заряда, но в нём нет того, что пластины меняют знак. Вся линия в положительной части. Вот если бы это было по модулю... А у нас же есть 4) модуль напряжения на конденсаторе. Точно! Напряжение – это разность потенциалов, разность зарядов на пластинах. Когда на одной пластине максимум, на другой ноль – напряжение максимально,

когда заряд пластин одинаков – напряжение равно нулю. Да, график А соответствует физической величине 4. И, наконец проверим 3) энергия магнитного поля катушки.

Энергия магнитного поля определяется $W = \frac{LI^2}{2}$. То есть она будет изменяться так же, как

сила тока, но поскольку квадрат любого числа есть величина положительная, но не должно быть отрицательной части графика. Не подходит. Итак

А	Б
4	1

Ответ 41

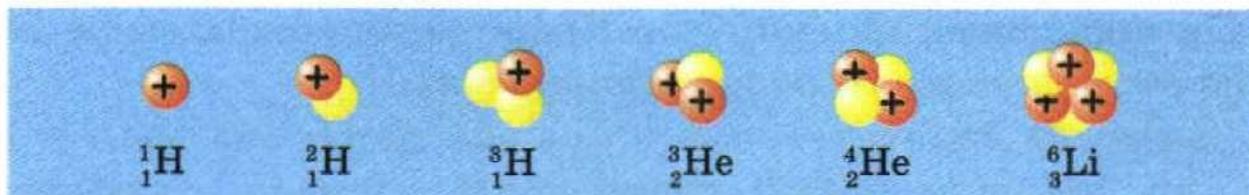
Задание 19. Сравните состав ядер изотопов фосфора ${}_{15}^{33}\text{P}$ и хлора ${}_{17}^{33}\text{Cl}$

У этих изотопов одинакова (-о)

- 1) разность чисел нейтронов и протонов
- 2) число нейтронов
- 3) сумма чисел протонов и нейтронов
- 4) число протонов

Наши размышления. Атом, согласно Резерфорду, состоит из ядра, вокруг которого вращаются **электроны**, как планеты вокруг Солнца. Число электронов Z равно порядковому номеру данного элемента в периодической системе Менделеева. Электрон имеет заряд минус. Но атом в целом электронейтрален. Потому, что в ядре содержится ровно столько же, Z положительно заряженных частиц **протонов**.

Однако бывают так называемые изотопы. Вроде тот же самый элемент, а масса другая. Как это может получиться? В ядре, кроме протонов, есть ещё частицы **нейтроны**. Они не имеют заряда и на заряд атома не влияют. Зато они имеют массу, и на массу атома в целом, конечно влияют.



Вот на картинке показан слева водород, в котором вообще нет нейтронов, только один протон; правее - опять же водород, но в его ядре 1 протон и один нейтрон (желтенький); еще правее - водород с двумя нейтронами. Затем показаны два изотопа гелия и литий.

Число $A = Z + N$ называют массовым числом, оно равно общему числу нуклонов (протонов + нейтронов) в данном ядре. Условно изображая изотоп сверху пишут число нуклонов A , снизу число протонов Z .

В нашей задаче и у фосфора и у хлора по 33 нуклона. А вот протонов у фосфора 15, а у хлора 17. Помня, что нуклоны = протоны + нейтроны, можно сказать, что нейтронов у фосфора $33 - 15 = 18$; у хлора $33 - 17 = 16$.

Поглядим варианты ответа – очевидно, что верный ответ 3, у них одинакова сумма чисел протонов и нейтронов (вместе они называются нуклонами), их по 33 штуки.

Ответ 3



Задание 20. В результате какой из серий радиоактивных распадов полоний ${}_{84}^{214}\text{Po}$ превращается в висмут ${}_{83}^{210}\text{Bi}$

- 1) двух α -распадов и одного β -распада
- 2) одного α -распада и двух β -распадов
- 3) одного α -распада и одного β -распада
- 4) четырёх α -распадов и одного β -распада

Наши размышления. При разборе предыдущей задачки мы внятно рассказали, что означают цифирки перед символом химического элемента. Теерь стоит выяснить, что такое альфа- и бета – распад.

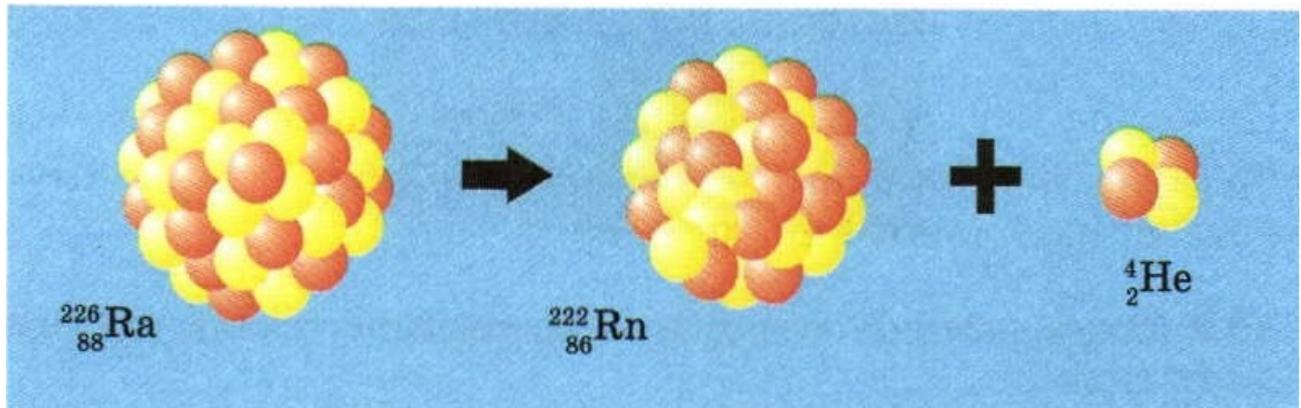
Элементарные частицы (электрон, протон, нейтрон) тоже можно изображать таким же образом, учитывая, что электрон и протон имеют заряд, но не имеют массы, а нейтрон имеет массу, но не имеет заряда.

Электрон ${}_{-1}^0e$

Протон ${}_{1}^0p$

Нейтрон ${}_{0}^1n$

В начале 20 - го века обнаружили вещество радий, которое испускало радиоактивное излучение. Излучение радия состоит из трёх потоков: альфа-частиц, бета-частиц и гамма частиц. Альфа-частицы - это ядра гелий ${}_{2}^4He$, бета-частицы - это электроны, гамма - частицы - это электромагнитное излучение.



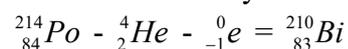
Вот на рисунке проиллюстрировано это превращение: был элемент радий Ra с массовым числом 226 и зарядом 88; из него вылетела альфа-частица (то есть атом гелия с массовым числом 4 и зарядом 2); В результате получился совсем другой химический элемент с массовым числом $226 - 4 = 222$ и зарядом $88 - 2 = 86$. Этот элемент называется радон. Можно сделать наоборот, не реакцию распада, а реакцию синтеза, когда новое вещество получается в результате присоединения альфа-частицы.

Но при всех этих реакциях масса и заряд продуктов реакции должны суммарно оставаться постоянными.

Вообще, замечу, это удивительное открытие! Много веков алхимики пытались изготовить золото, сплавляя, например медь с оловом, смешивая с другими веществами, и, в конце концов, сошлись на том, что сделать золото невозможно. Медь - это один элемент таблицы Менделеева, а золото совсем другой! А путём ядерных реакций возможно превращение одного элемента в другой! Правда, таким образом полученное золото будет настолько дорогим, что проще купить естественное природное.

Теперь к нашему заданию. У нас было массовое число 214 и заряд 84. Стало массовое число 210 и заряд 83. Массовое число убавилось на $214 - 210 = 4$; заряд убавился на $84 - 83 = 1$.

Такое может получиться если



Поскольку у электрона заряд МИНУС единица, то в уравнении изменение заряда получается видите какое $84 - 2 - (-1) = 84 - 2 + 1 = 83$.

То есть был один альфа распад и один бета-распад, верный вариант ответа 3.

Ответ 3

Задание 21. Образец радиоактивного радия находится в закрытом сосуде. Ядра радия ${}_{88}^{224}\text{Ra}$ испытывают α -распад с периодом полураспада 3,6 суток. Определите количество гелия (в моль) в сосуде через 3,6 суток, если в начальный момент времени образец содержал 1,8 моль радия-224.

Наши размышления. Периодом полураспада называется время, за которое распадается ровно половина исходного вещества. Задача не простая, а очень простая. Вещества было 1,8 молей, период полураспада 3,6 суток, значит через 3,6 суток вещества останется ровно половина $1,8/2=0,9$

Ответ 0,9

Задание 22. На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно увеличивают, не меняя его частоты. Как меняются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и их максимальная кинетическая энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

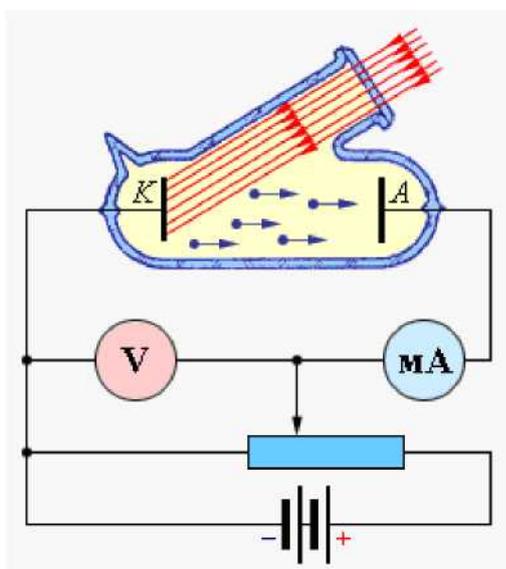
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Число фотоэлектронов, вылетающих в единицу времени	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

Наши размышления. Эта задача на знание явления фотоэффекта. В чём заключается



фотоэффект? В том, что лучи света «выбивают» из металлической пластинки электроны. Даже в школьном кабинете можно сделать опыт: зарядить пластинку отрицательно, присоединить её к электрометру, а потом осветить кварцевой лампой. Заряд исчезнет, это означает, что избыточные электроны пластинку покинули. Для более серьёзного изучения фотоэффекта применяется такая установка. В стеклянном корпусе две пластинки, подключенные к источнику тока. На пластинку К (катод) направлен пучок света. Под действием его электроны вылетают из пластинки, да ещё и получают достаточную скорость, долететь до анода.

Фотоэффект изучал физик Столетов, он открыл 3 закона, из которых нам пока понадобятся только два первых.

1-ый закон фотоэффекта: число выбитых электронов пропорционально интенсивности потока света;

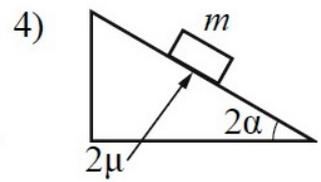
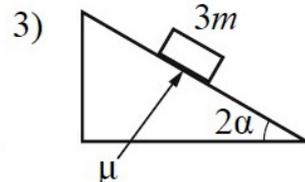
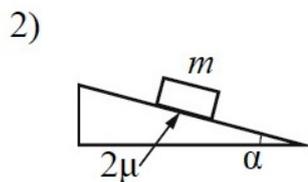
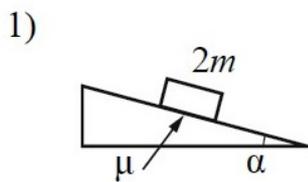
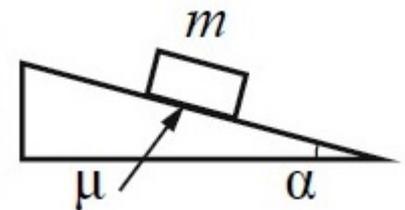
2-ой закон: кинетическая энергия выбитых электронов не зависит от того, яркий свет или тусклый, а зависит только от частоты (или длины волны, что, в принципе, то же самое) света.

Поэтому в таблицу надо внести следующее

Число фотоэлектронов, вылетающих в единицу времени	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов
1	3

Ответ 13

Задание 23. Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от массы груза на установке, представленной справа (на всех рисунках m – масса тела, α – угол наклона плоскости к горизонту, μ – коэффициент трения между бруском и плоскостью). Какую из установок, изображённых ниже, следует использовать совместно с заданной, чтобы провести такое исследование?



Наши размышления. По сути, требуется найти зависимость $a = f(m)$, можно даже и график такой построить. От чего вообще зависит ускорение тела, скатывающегося по шероховатой наклонной плоскости? От массы – раз. От угла наклона плоскости – два! От коэффициента трения – три! Поэтому, чтобы найти зависимость только **от массы**, надо провести два опыта таких, чтобы масса изменилась, но ни угол наклона, ни коэффициент трения не изменились. Этому условию соответствует первая картинка.

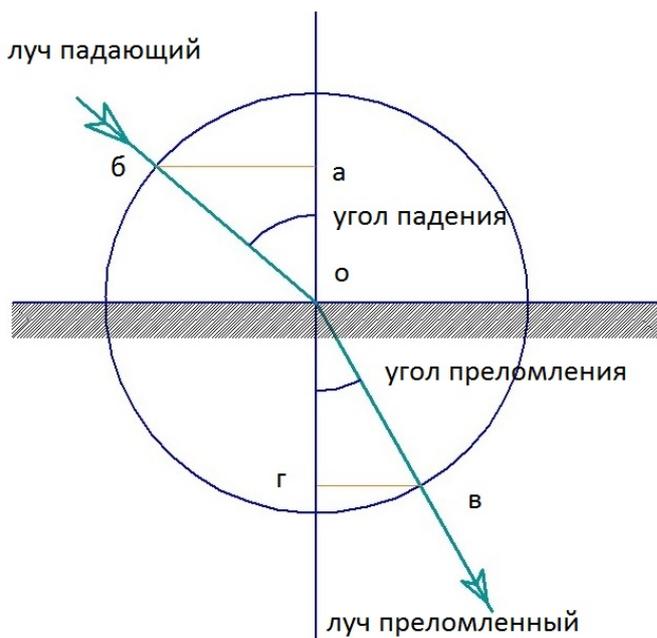
Ответ 1

Задание 24. Стеклолинзу (показатель преломления стекла $n_{\text{стекла}} = 1,54$), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ($n_{\text{воздуха}} = 1$) в воду ($n_{\text{воды}} = 1,33$). Выберите два верных утверждения о характере изменений, произошедших с оптической системой «линза + окружающая среда».

- 1) Линза из собирающей превратилась в рассеивающую.
- 2) Линза была и осталась рассеивающей.
- 3) Фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась.
- 4) Фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась.
- 5) Линза была и осталась собирающей.



Наши размышления. Вспомним, как вообще работает линза Принцип её работы основан на явлении преломлении света при переходе из менее оптически плотной среды в более плотную. На рисунке показана (заштрихованная) граница раздела сред.



Луч **бо** – это падающий луч,
луч **ов** – преломлённый.

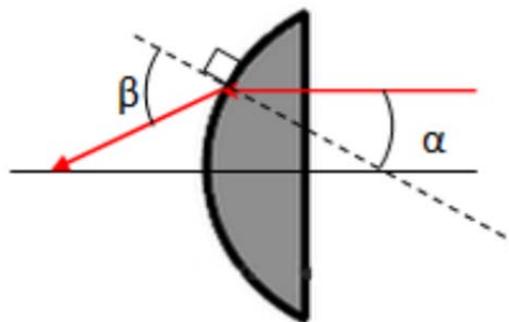
Угол α – угол падения,
Угол β – угол преломления. Синус угла падения / синус угла преломления – это показатель преломления. Синус – это отношение противолежащего катета треугольника к гипотенузе. Чтобы упростить определение, мы провели окружность радиусом = 1, тогда отношение отрезков ab/vg это и есть показатель преломления.

По сути, показатель преломления показывает, во сколько раз отрезок ab больше отрезка vg .

Если у стекла $n = 1,54$ это значит, что для границы вакуум – стекло отрезок ab в 1,54 раза больше отрезка vg .

Если у воздуха $n=1$, то для границы вакуум-воздух отрезки ab и vg равны, луч вообще не преломляется, проходит без искривления. А показатель преломления для границы вода-стекло будет равен $1,54/1,33 = 1,16$. Понятно, что в этом случае преломление будет не столь сильное, угол β будет побольше.

Теперь к линзе. Если её погрузить в воду, угол преломления β станет побольше, преломленный луч пойдёт более полого и пересечёт оптическую ось подальше от линзы. Линза всё равно останется собирающей, но её фокусное расстояние увеличится. А оптическая сила, которая обратна фокусному расстоянию, соответственно уменьшится. Поэтому, верны варианты ответа 4 и 5.

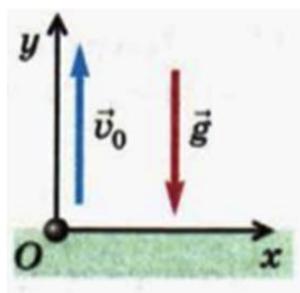


Ответ 45

**Часть 2. В этой части надо решить расчётные задачки,
впрочем, совсем простые**

Задание 25. Мяч брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Чему равно перемещение мяча за 3 с, считая от момента броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Наше решение. Мяч полетит вверх параллельно оси Y. Полетит с ускорением. А сказать точнее – с отрицательным ускорением, вызванным силой тяжести. Закон изменения его текущей координаты y таков



$$y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

Дано: $y_0 = 0$ (потому что мяч брошен с самой поверхности земли);

$v_0 = 20$ м/с;

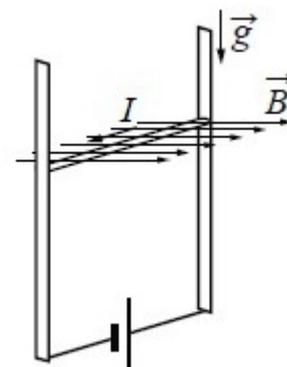
$t = 3$ с;

$g = 10$ м/с² (так-то мы учим, что 9,81, но в ЕГЭ рекомендуют брать ровно 10)

Получится
$$y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 0 + 20 \cdot 3 - \frac{10 \cdot 3^2}{2} = 60 - 45 = 15$$

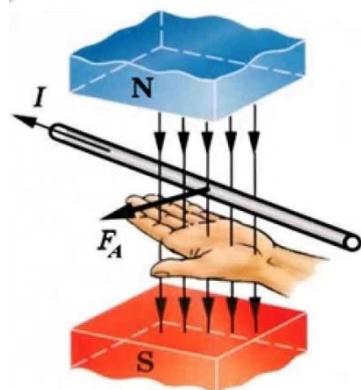
Ответ 15

Задание 26. В однородном магнитном поле по вертикальным направляющим без трения скользит прямой горизонтальный проводник массой 0,2 кг, по которому течёт ток 2 А. Вектор магнитной индукции направлен горизонтально перпендикулярно проводнику (см. рисунок), $B = 2$ Тл. Чему равна длина проводника, если известно, что ускорение проводника направлено вниз и равно 2 м/с²?



Наше решение. На проводник с током, помещенный в магнитное

Сила Ампера



поле, действует выталкивающая сила

Ампера, направление которой мы узнаем по правилу левой руки, а величину по формуле

$F = BIl$, где B – индукция магнитного поля, I – сила тока в проводнике, l – длина проводника. Там ещё обычно пишут синус, но когда сила Ампера перпендикулярна вектору индукции (как в нашем случае) синус прямого угла равен 1 и его можно не писать.

Если подставить левую руку к нашему рисунку, мы легко поймём, что сила Ампера будет действовать вниз.

Так же вниз будет действовать и сила тяжести, равная mg .

Таким образом, проводник будет двигаться вниз под действием двух сил $BIl + mg$.

Движение под действием силы – это, согласно второму закону Ньютона, ускоренное движение. Причем ускорение $a = \frac{F}{m}$. В нашем случае вместо F надо подставить сумму

$$a = \frac{F}{m} = \frac{BIl + mg}{m} = \frac{BIl}{m} + g$$

В этом уравнение дано всё, а найти надо длину проводника

$$a = \frac{BIl}{m} + g$$

$$a - g = \frac{BIl}{m}$$

$$m(a - g) = BIl$$

$$l = \frac{m(a - g)}{BI} = \frac{0,2(2 - 10)}{2 \cdot 2} = \frac{1,6}{4} = 0,4$$

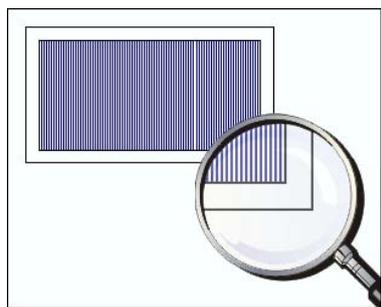
Ответ 0,4

Задание 27. На дифракционную решётку, имеющую 100 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает луч света, длина волны которого 650 нм. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

Наши размышления. Свет имеет двойные свойства – свойства волны и свойства частицы. В данной задаче речь идёт о волновых свойствах света.

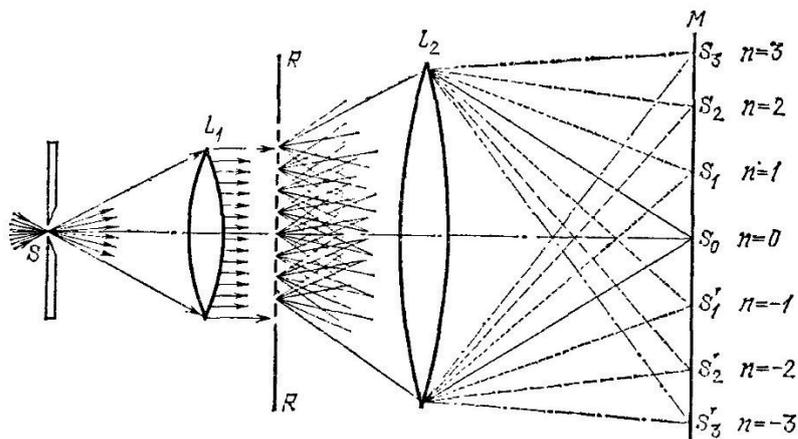
Для волн характерны два таких явления – интерференция и дифракция. **Интерференция** - это когда две волны пересекаются друг с другом, и там, где гребень одной волны совпадает с гребнем другой – они складываются и усиливаются – гребень становится ещё выше. А там где гребень одной совпадает с впадиной другой – волны складываются и уничтожают друг дружку.

Дифракция – это огибание волной препятствия, изменения направления волны при прохождении через препятствие. Для изучения свойств света (в частности – для измерения



длины волны) применяют так называемую дифракционную решетку. Решетка представляет собой пластинку, на которой чередуются прозрачные и непрозрачные (непроницаемые для света) полосы, причем довольно мелкие. Ширина прозрачной + ширина непрозрачной полосы в сумме называется периодом решетки d . Если задано, как у нас, число штрихов на единицу длины N , то $d = 1/N = 1/100\,000 = 10^{-5}$.

Когда свет, падающий на решётку параллельными лучами, проходит через столь узкие щели, он сначала подвергается дифракции (то есть лучи отклоняются от прямолинейного распространения), а затем, когда попадает на экран, возникает интерференция – гребни волн накладываются друг на друга, образуя ярко светящиеся полосы – максимумы. Вот на картинке (не цветной) показаны один максимум нулевого порядка $n = 0$; два симметричных максимума первого порядка, два – второго порядка, два – третьего порядка.



Известна так называемая формула дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = n\lambda ,$$

где n – число максимумов; φ – угол, под которым виден максимум n -го порядка.

Самый далекий от центра максимум виден под углом 90^0 . Синус такого угла равен 1. Тогда

$$d \sin \varphi = n\lambda$$

$$d = n\lambda$$

$$n = \frac{d}{\lambda} = \frac{10^{-5}}{650 \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{650} 10^4 = 0,0015 \cdot 10^4 = 15$$

Ответ 15

Решения остальных четырёх задач (29,29,30,31) приведены в тексте демоварианта.