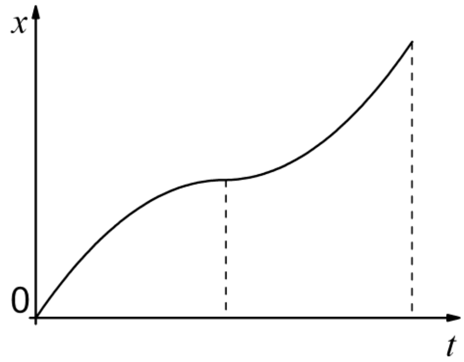
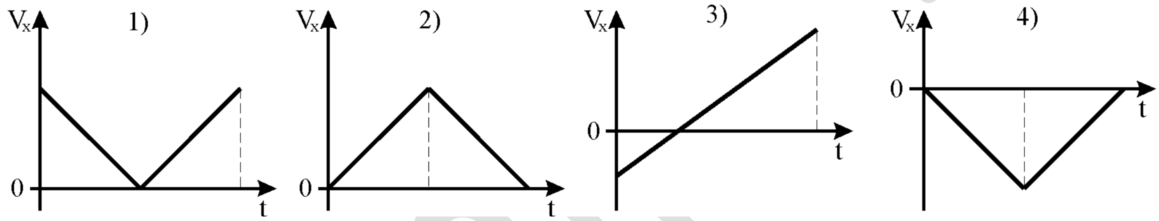
Репетиторский центр «100 баллов».
Физика.
Тренировочный тест №1. 2013-2014 год.
РЕШЕНИЕ

Часть А

<table>
<tr><td>A1.</td><td>График зависимости координаты тела от времени на двух участках прямолинейного движения с постоянным по модулю значением ускорения представлен на рисунке. Какой из приведенных ниже графиков зависимости проекции скорости от времени соответствует движению этого тела?




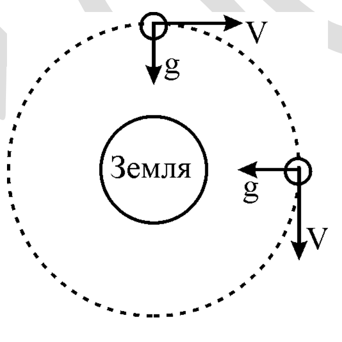
1) 1 2) 2 3) 3 4) 4 5) среди графиков нет правильного

Решая такие задачи, всегда начинайте с анализа графика условия.
Итак, координата тела только увеличивается, значит, проекция скорости будет только положительна. Поэтому графики 3) и 4) нас не устраивают, так как на них есть участки, где проекция скорости отрицательна, что означает движение в противоположном направлении оси Ox.
На первом участке на графике условия мы видим параболу с ветвями, опущенными вниз, а на втором участке – с ветвями, поднятыми вверх. Это означает, что на первом участке ускорение тела отрицательно, а на втором участке ускорение тела положительно. Тело движется с положительной проекцией скорости, то есть в положительном направлении оси Ox. Тогда отрицательное ускорение соответствует торможению, а положительное – разгону.

Факультативно: то, что ускорение отрицательно, не означает, что тело тормозит. Условие торможения – скорость и ускорение имеют различные направления (разные знаки). Например, скорость положительна, а ускорение отрицательно или скорость отрицательна, а ускорение положительно. Да-да! Тело может тормозить, даже двигаясь с положительным ускорением.

А условие разгона – скорость и ускорение имеют один знак. Например, если скорость и ускорение отрицательны, то тело разгоняется. Да-да, разгоняется при отрицательном ускорении!

Ответ: 1.</td></tr>
<tr><td>A2.</td><td>Кинематический закон движения материальной точки вдоль оси Ox имеет вид: $x=5+12t-2t^2$ (м). Зависимости скорости и ускорения этой точки от времени следующие:
1) $\upsilon = 12-4t$; $a = -4t$ 2) $\upsilon = 12-2t$; $a = -2$
3) $\upsilon = 12-4t$; $a = -4$ 4) $\upsilon = 12-2t$; $a = -2t$
5) $\upsilon = 12t-2t^2$; $a = -2t$</td></tr>
</table>

	Уравнение прямолинейного равноускоренного движения имеет вид $x = x_o + \upsilon_{ox} t + \frac{a_x t^2}{2}$. Сопоставляя это уравнение с условием задачи, получаем, что начальная координата тела равна x_o = 5, проекция начальной скорости тела равна υ_{ox} = 12 м/с, проекция ускорения тела равна a_x = -4 м/с^2. Не сделайте типичную ошибку! Коэффициент при t^2 равен не ускорению, а его половине!!! Зависимость проекции скорости от времени описывается формулой: $\upsilon = \upsilon_{ox} + a_x \cdot t$, а зависимость проекции ускорения от времени описывается формулой: $a_x = a$. Ответ: 3.
А3.	*Точка на ободе вращающегося маховика имеет линейную скорость, равную по модулю 3 м/с, а точка, находящаяся ближе к оси вращения на 10 см, имеет линейную скорость, модуль которой равен 2 м/с. Угловая скорость вращения маховика равна:* *1) 10 рад/с 2) 30 рад/с 3) 20 рад/с 4) 15 рад/с 5) 25 рад/с* **Если тела (точки) находятся на одном вращающемся диске, шаре, стержне, то у этих тел (точек) одинаковые периоды вращения, угловая скорость, частота.** Поэтому решение задачи удобно начать с приравнивания периодов вращения двух точек: $T_1 = T_2 \Rightarrow \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{\upsilon_1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_2}{\upsilon_2} \Rightarrow \frac{R_1}{\upsilon_1} = \frac{R_2}{\upsilon_2}$. Пусть R_1 - радиус колеса, то есть точки, лежащей на ободе вращающегося колеса, а: $R_2 = R_1 - 0{,}1$ - радиус вращения точки, лежащей на 10 см (т.е. 0,1 м) ближе к оси колеса. Тогда $\frac{R_1}{\upsilon_1} = \frac{R_2}{\upsilon_2}$, поэтому $\frac{R_1}{3} = \frac{R_2}{2}$, или $\frac{R_1}{3} = \frac{R_1 - 0{,}1}{2}$. Получаем, что радиус колеса равен R_1 = 0,3 м. Формула $\upsilon = \omega \cdot R$ связывает угловую (ω) и линейную (υ) скорость тела. Ответ: 1.
А4.	*Минимальный период обращения спутника по круговой орбите вокруг нейтронной звезды плотностью 10^{17} кг/м^3 составляет:* *1) 4,8 мс 2) 2,4 мс 3) 0,6 мс 4) 1,2 мс 5) 1,6 мс* Сначала рассмотрим движение искусственного спутника Земли по круговой орбите. На спутник действует только сила тяжести, поэтому скорость спутника должна быть достаточной для того, чтобы спутник мог огибать планету, не уменьшая расстояние до её центра.  Пусть спутник движется по окружности вокруг Земли. В этом случае $g = \frac{\upsilon^2}{R}$, где g - центростремительное ускорение спутника, R - расстояние до центра Земли, υ - скорость спутника. $\upsilon = \sqrt{gR}$. Вспомним, что величина g также зависит от расстояния до центра Земли: $g = \frac{GM}{R^2}$, поэтому $\upsilon = \sqrt{\frac{GM}{R}}$. Теперь учтём, что $M = \rho V$, где ρ - плотность Земли, $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ - объём Земли, r - радиус Земли. Пусть спутник движется на малой высоте над поверхностью. Тогда $R \approx r$. Тогда $\upsilon = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{G\rho V}{R}} = \sqrt{\frac{G\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{R}} = \sqrt{\frac{4}{3} G\pi\rho R^2}$.

Период вращения спутника $T = \dfrac{2\pi R}{\upsilon} = \dfrac{2\pi R}{\sqrt{\frac{4}{3}G\pi\rho R^2}} = \sqrt{\dfrac{3\pi}{G\rho}}$.

Получили $T = \sqrt{\dfrac{3\pi}{G\rho}}$, т.е. существует простая зависимость между плотностью планеты и периодом вращения спутника. Естественно, что эта формула справедлива для любой планеты и её спутника.

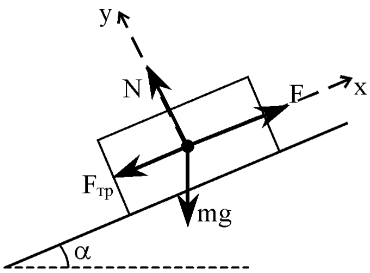
Ответ: 4.

A5. *Тело массой 20 кг поднимают по наклонной плоскости на высоту 6 м, причем вдоль плоскости оно прошло 10 м. Найдите работу силы трения, если сила тяги параллельна плоскости, а коэффициент трения равен 0,2.*

1) 320 Дж 2) 360 Дж 3) -320 Дж 4) -360 Дж 5) -120 Дж

При нахождении работы какой-либо силы самое главное в начале решения задачи определить, о работе какой силы идёт речь! В данной задаче речь идёт о работе силы трения.

Как известно, русская народная поговорка гласит «Работа – не волк, а произведение силы на перемещение и на косинус угла между ними». Значит, именно силу трения мы подставим в формулу работы $A = FS\cos\alpha$, и угол между этой силой и перемещением S мы подставим в формулу.



На чертеже вы видите все силы, которые действуют на тело, но нас интересует только сила трения. Так как тело перемещается вверх вдоль наклонной плоскости, то угол между векторами силы трения и перемещения равен 180^o.

Тогда искомая работа равна $A = F_{ТР}S\cos 180^o = -F_{ТР}S$.

Мы учли, что cos 180^o = -1. Сразу же становится понятно, что ответ в этой задаче отрицательный по знаку.

Перемещение тела, равное 10 м, мы знаем. Осталось найти величину силы трения. Конечно же все помнят, что величина силы трения **НЕ РАВНА** μmg.

Силу трения мы находим по формуле $F_{ТР} = \mu N$.

Проекция равнодействующей силы на ось Оу равно нулю, т.к. вдоль оси *Оу* тело не движется $0 = N - mg\cos\alpha$. Тогда $N = mg\cos\alpha$, а значит, $F_{ТР} = \mu mg\cos\alpha$.

Ещё раз обращаем внимание: не перепутайте угол наклонной плоскости и угол между векторами силы и перемещения – это разные углы.

Осталось только найти, что cos α = 0,8 и найти ответ задачи.

Замечание. Если аналогичная задача встретится вам в ЦТ, то внимательно читайте вопрос задачи. Если будет нужно найти работу силы трения, то ответ к задаче будет со знаком «минус», а если нужно найти абсолютную величину работы силы трения, то ответ к задаче будет со знаком «плюс»,

Ответ: 3.

A6. *Мальчик массой 60 кг собирается перейти замерзший пруд. Лед выдерживает давление не более $3\cdot 10^4$ Па. Ботинок мальчика можно считать прямоугольным со сторонами 6 см и 16 см. Выдержит ли лед стоящего и идущего по льду мальчика? Сможет ли мальчик переползти через пруд, если площадь поверхности соприкосновения лежащего мальчика со льдом равна 2000 см^2?*

1) выдержит и стоящего, и идущего, и ползущего
2) выдержит стоящего и ползущего, но не выдержит идущего
3) не выдержит ни стоящего, ни идущего, но выдержит ползущего
4) выдержит идущего, но не выдержит стоящего и ползущего
5) не выдержит ни стоящего, ни идущего, ни ползущего

Величина давления равна отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности $p = \dfrac{F}{S}$. В данной задаче сила давления равна силе тяжести мальчика, а площадь поверхности легко рассчитать.

Ответ: 3.

А7.

На деталь, площадь поверхности которой 20 см^2, нанесен слой серебра толщиной 1 мкм. Сколько атомов серебра содержится в этом слое? Плотность серебра равна 10500 кг/м^3, относительная атомная масса серебра равна 108..

1) $0,6\cdot 10^{20}$ 2) $0,9\cdot 10^{20}$ 3) $1,2\cdot 10^{20}$ 4) $1,5\cdot 10^{20}$ 5) $2,7\cdot 10^{20}$

1 моль – это количество вещества, в котором содержится столько частиц, сколько их содержится в 12 граммах углерода, а в 12 граммах углерода $6,02\cdot 10^{23}$ частиц, т.е. под одним молем понимают $6,02\cdot 10^{23}$ частиц вещества.
2 моля – это $12,04\cdot 10^{23}$ частиц, 0,5 моля – это $3,01\cdot 10^{23}$ частиц и т.д.
Относительная атомная масса указывается в таблице Менделеева, и равна молярной массе вещества в граммах.
Будем обозначать:
m - масса вещества; M – молярная масса; N – количество частиц;
$N_A = 6,02\cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$ – число Авогадро, т.е. количество частиц в одном моле.
m_o - масса одной частицы;
ν - количество вещества (количество молей);
ρ - плотность вещества.

Тогда очевидны формулы: $m_0 = \dfrac{m}{N} = \dfrac{M}{N_A}$; $\nu = \dfrac{N}{N_A} = \dfrac{m}{M}$.

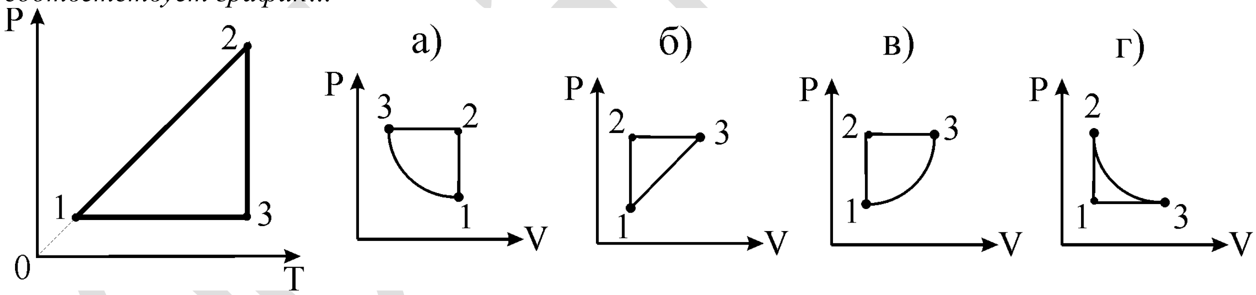
Удобно также использовать пропорцию $\dfrac{N}{N_A} = \dfrac{m}{M}$ отдельно.

Естественно, что мы помним о формуле $m = \rho V$, где V – объём тела, которое состоит из вещества плотностью ρ.

Ответ: 3

А8.

На рисунке изображён график процесса, происходящего с идеальным газом постоянной массы. Продолжение участка 1-2 проходит через начало координат. Этому процессу в координатах P-V соответствует график…



1) а 2) б 3) в 4) г 5) среди графиков нет правильного

При решении задач на перестроение графика из одних координат в другие сначала удобно составить таблицу изменений каждого из параметров.
Нам дан график в координатах PT. Необходимо построить соответствующие графики в координатах PV.

Самое главное: надо учесть, что при неизменной массе данного газа $\dfrac{P\cdot V}{T} = \text{const}$, то есть, если один из параметров дроби $\dfrac{P\cdot V}{T}$ изменяется, то остальные параметры должны измениться так, чтобы дробь не изменилась.
На участке 1-2 давление и температура газа возрастает. Так как продолжение графика проходит через начало координат, то давление и температура прямо пропорциональны, то есть во сколько раз возрастает давление, во столько раз возрастает и температура. Поэтому объём газа не изменяется.
На участке 2-3 температура постоянна, давление уменьшается, значит, объём растёт.
На участке 3-1 давление постоянно, температура уменьшается, значит, объём уменьшается.

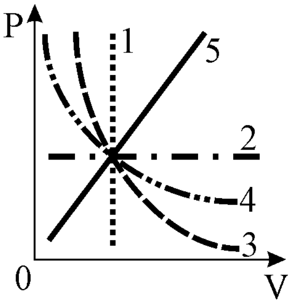
Всё это удобно представить в виде таблицы:

	P	T	V
1-2	↑	↑	=
2-3	↓	=	↑
3-1	=	↓	↓

Только теперь рассмотрим чертежи с вариантами ответов и сопоставим с данными таблицы.

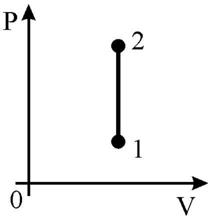
Ответ: 4

A9.

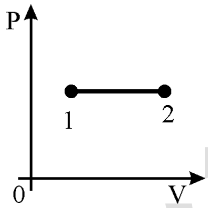


На рисунке представлены графики изотермического, изохорического, изобарического и адиабатного процессов идеального газа. При этом изотерма изображена линией:
1) 1.   2) 2.   3) 3.   4) 4.   5) 5.

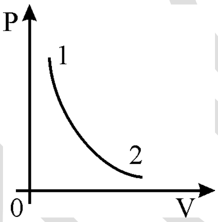
Рассмотрим графики процессов, происходящих с газом постоянной массы в координатах *PV*.



Объём постоянный, давление растёт – процесс изохорный (линия 1).

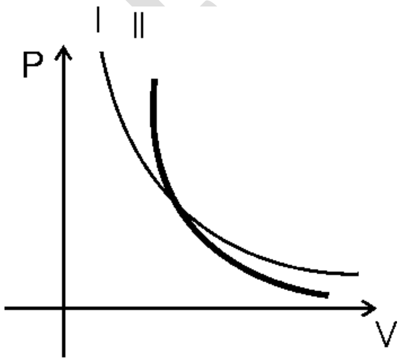


Давление постоянно, объём растёт – процесс изобарный (линия 2).



Для изотермических процессов давление и объём обратно пропорциональны и с увеличением объёма падает давление. Графики выглядят так:

Но какая это линия – 3 или 4?



Адиабатный процесс протекает в теплоизолированной системе (например, в термостате или, проще говоря, термосе, где система не отдаёт и не получает тепло извне).
График адиабатического процесса «круче» изотермического:
I - изотермический,
II - адиабатический.
Это объясняется тем, что в адиабатическом процессе при сжатии температура возрастает, а при расширении уменьшается, а при изотермическом процессе температура не изменяется.
На графиках в условии задачи линия 3 круче, чем линия 4, а значит, что 3 – адиабата, 4 – изотерма.

Ответ: 4

A10. *Выразите единицу измерения гравитационной постоянной через основные единицы системы СИ:*

1) $\dfrac{м^2}{кг^2 \cdot с^3}$ *2)* $\dfrac{м^3}{кг^2 \cdot с}$ *3)* $\dfrac{м^2}{кг^2 \cdot с^2}$ *4)* $\dfrac{м}{кг \cdot с^2}$ *5)* $\dfrac{м^3}{кг \cdot с^2}$.

Вспомним какую-нибудь формулу, в которой есть гравитационная постоянная. Первое, что вспоминается – это Закон всемирного тяготения.

$F = \dfrac{Gm_1m_2}{R^2}$, где F – сила притяжения, m_1 и m_2 – массы тел, R – расстояние между телами? G - гравитационная постоянная.

Выразим гравитационную постоянную из формулы $G = \dfrac{FR^2}{m_1m_2}$.

Значит, гравитационная постоянная измеряется в $\dfrac{Н \cdot м^2}{кг^2}$.

Но никаких Ньютонов мы в ответе не видим. Вспоминаем, что основные единицы СИ – секунда, метр, килограмм, Ампер, Кельвин, моль. Ладно, вспоминаем формулу, в которой есть сила, например, Второй закон Ньютона $F = ma$. Значит, $Н = \dfrac{кг \cdot м}{с^2}$.

Тогда $\dfrac{\dfrac{кг \cdot м}{с^2} \cdot м^2}{кг^2} = \dfrac{кг \cdot м^3}{кг^2 \cdot с^2} = \dfrac{м^3}{кг \cdot с^2}$.

Ответ: 5

A11. *Два одинаковых маленьких металлических шарика находятся на расстоянии 1 м друг от друга. Заряд одного шарика в 4 раза больше одноимённого заряда другого. Шарики привели в соприкосновение и развели на некоторое расстояние. Найдите это расстояние, если сила взаимодействия шариков осталась прежней.*

1) 50 см 2) 80 см 3) 125 см 4) 175 см 5) 200 см

Справедлив **закон сохранения заряда**: *В замкнутой системе тел сумма зарядов тел, составляющих систему, не изменяется:* $q_1 + q_2 + q_3 + ... = \text{const}$.

При решении задач, где система состоит из двух зарядов, удобнее записывать закон сохранения заряда в виде:

$$q_1 + q_2 = q_1' + q_2',$$

где q_1 и q_2 – заряды тел в начальной ситуации, q_1' и q_2' - заряды тел в конечной ситуации.

Фраза «два **одинаковых** тела с зарядами q_1 и q_2 привели в соприкосновение, а затем развели» означает, что в конечной ситуации заряды тел равны, откуда следует что:

$$q_1 + q_2 = 2q',$$

где q' – заряд каждого из тел в конечной ситуации.

Применим закон сохранения заряда для данной задачи: $q + 4q = 2q'$, откуда $q' = 2{,}5q$.

Закон Кулона.

Два точечных заряда взаимодействуют друг с другом с силами, прямо пропорциональными величине зарядов и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними.

$F = \dfrac{kq_1q_2}{\varepsilon R^2}$, где F – сила взаимодействия зарядов, величина которых q_1 и q_2, R – расстояние между зарядами,. $k = 9 \cdot 10^9 \dfrac{Нм^2}{Кл^2}$ - коэффициент пропорциональности.; ε – диэлектрическая проницаемость – показывает, во сколько раз сила взаимодействия в вакууме или воздухе (ε = 1) больше, чем в данном диэлектрике. Например, диэлектрическая проницаемость воды 81. Это означает, что сила взаимодействия данных электрических зарядов в воде в 81 раз меньше, чем в вакууме, при том же расстоянии между зарядами. По умолчанию, если в условии задачи не сказано иное, взаимодействие зарядов происходит в вакууме или воздухе.

<table>
<tr>
<td></td>
<td>

Одноимённые заряды (одного знака) отталкиваются, разноимённые заряды притягиваются.

Для данной задачи в первой ситуации $F_1 = \dfrac{k \cdot 4q \cdot q}{R_1^2} = \dfrac{k \cdot 4q^2}{R_1^2}$, во второй ситуации

$F_2 = \dfrac{k \cdot 2{,}5q \cdot 2{,}5q}{R_2^2} = \dfrac{k \cdot 6{,}25q^2}{R_2^2}$.

По условию задачи силы F_1 и F_2 равны. Тогда $\dfrac{k \cdot 4q^2}{R_1^2} = \dfrac{k \cdot 6{,}25q^2}{R_2^2}$.

Ответ: 3

</td>
</tr>
<tr>
<td>А12.</td>
<td>

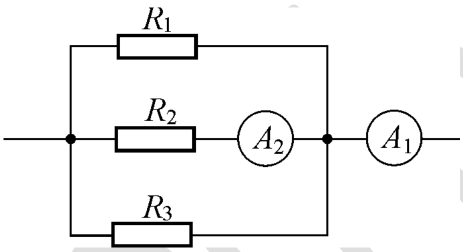
Конденсатор образован двумя квадратными пластинами, отстоящими друг от друга в вакууме на расстояние 0,88 мм. Чему равна сторона квадрата, если заряд конденсатора равен 0,4 нКл при напряжении 400 В на обкладках конденсатора?
1) 1 см 2) 2 см 3) 3 см 4) 4 см 5) 5 см

Для ёмкости плоского конденсатора обкладки справедлива формула:. $C = \dfrac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$, где C – электроёмкость конденсатора, которая характеризует его способность накапливать заряд на своих обкладках, S – площадь одной обкладки (пластины), d – расстояние между ними, $\varepsilon_o = 8{,}8 \cdot 10^{-12}$ Ф/м электрическая постоянная, ε- диэлектрическая проницаемость диэлектрика показывает, во сколько раз сила взаимодействия в вакууме или воздухе ($\varepsilon = 1$) больше, чем в данном диэлектрике.
С другой стороны, заряд, ёмкость и напряжение конденсатора связаны формулой $q = C \cdot U$.

Тогда $\dfrac{q}{U} = \dfrac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$. В данной задаче $S = a^2$, где a – сторона квадрата.

Ответ: 1

</td>
</tr>
<tr>
<td>А13.</td>
<td>



По приведенной электрической схеме определите значение сопротивления R_2, если R_1 = 6 Ом; R_3 = 4 Ом; а показания идеальных амперметров A_1 и A_2, соответственно, I_1 =8 А, I_2 =3 А.

1) 1 Ом 2) 2 Ом 3) 3 Ом
4) 4 Ом 5) 5 Ом

Сила тока I_1 = 8 А, проходящего через первый амперметр, равна сумме токов, проходящих через резисторы R_1, R_2 и R_3..
Значит, сумма токов, идущих через первый и третий резисторы, равна 5 А.
Так как резисторы R_1 и R_3 соединены параллельно, то токи в них обратно пропорциональны сопротивлениям, а значит, сила тока, идущего через R_1 равна 2 А, а сила тока, идущего через R_3 равна 3 А.

Если это рассуждение для вас неочевидно, то можно рассуждать иначе. Все резисторы соединены параллельно, а значит, напряжение на них одинаковое. В частности, $U_1 = U_3$, тогда $I_1 R_1 = I_3 R_3$.
Для данной задачи получаем:

$$6I_1 = 4I_3,$$
$$I_1 + I_3 = 5.$$

Решаем систему уравнений и получаем, что сила тока, идущего через R_1 равна 2 А, а сила тока, идущего через R_3 равна 3 А.
Тогда напряжение на каждом из резисторов равно 12 В.
Получаем, что R_2 =4 Ом.

Ответ: 4

</td>
</tr>
</table>

А14. *При изменении силы тока в катушке с 12 до 8 А энергия магнитного поля уменьшилась на 4 Дж. Индуктивность катушки равна:*

1) 0,1 Гн 2) 1 Гн 3) 16 Гн 4) 0,16 Гн 5) 0,4 Гн

Энергию магнитного поля катушки находят по формуле: $W = \dfrac{LI^2}{2}$, где L – индуктивность катушки, I – сила тока в катушке.

Ответ: 1

А15. *Математический маятник длиной L = 0,1 м совершает гармонические колебания с амплитудой А = 0,007м. Определите модуль наибольшей скорости движения грузика маятника.*

1) 0,14 см/с 2) 0,7 см/с 3) 1,4 см/с 4) 3,5 см/с 5) 7 см/с

Наибольшая скорость при гармонических колебаниях равна $\upsilon_{\max} = \omega A$.

В случае математического маятника циклическая частота колебаний равна $\omega = \sqrt{\dfrac{g}{L}}$.

Получаем $\upsilon_{\max} = A\sqrt{\dfrac{g}{L}} = 7\,\text{см/с}$.

Ответ: 5

А16. *Линза с фокусным расстоянием 8 см формирует увеличенное в 5 раз действительное изображение предмета. Каким должно быть фокусное расстояние другой линзы, чтобы, поместив ее на место первой, мы получили увеличенное в 5 раз мнимое изображение того же предмета?*

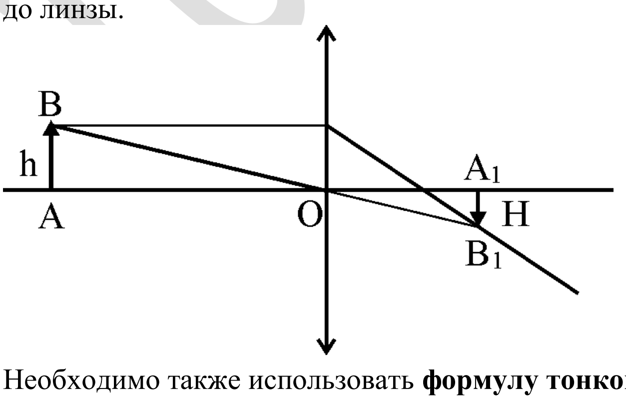
1) 12 см, линза рассеивающая;
2) 10 см, линза собирающая;
3) 12 см, линза собирающая;
4) 8 см, линза собирающая;
5) -10 см, линза рассеивающая.

Изображение, полученное с помощью линзы, изменяет линейные размеры предмета.
Увеличение линзы равно отношению линейного размера изображения H к линейному размеру предмета h. Увеличение обозначается $Г$.

$$Г = \frac{H}{h}$$

Из подобия треугольников AOB и A_1OB_1 следует, что $\dfrac{H}{h} = \dfrac{f}{d}$.

Тогда $Г = \dfrac{f}{d}$, где d - расстояние от источника (предмета) до линзы, f - расстояние от изображения до линзы.



Т.е. увеличение линзы, которое равно отношению линейных размеров изображения к линейным размерам источника, можно рассчитать, как отношение расстояния от изображения до линзы к расстоянию от источника до линзы.
Если $Г > 1$, то изображение увеличенное, если $Г < 1$, то изображение уменьшенное, если $Г = 1$, то изображение равное.

Необходимо также использовать **формулу тонкой линзы**:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$, где F - фокусное расстояние линзы.

Надо учитывать, что у собирающей линзы фокусное расстояние считается положительным ($F > 0$), а линза называется положительной.

У рассеивающей линзы фокусное расстояние считается отрицательным ($F < 0$), а линза называется отрицательной.
Фокусные расстояния всех линз положительны, но надо учитывать, что у собирающей линзы фокусное расстояние в формуле берется со знаком «+», а у рассеивающей линзы фокусное расстояние берется со знаком «-».
Если изображение получается действительное, то расстояние от изображения до линзы считается положительным ($f > 0$). Если изображение мнимое, т.е. образованное расходящимся пучком лучей, то расстояние от изображения до линзы считается отрицательным и находится слева от линзы ($f < 0$).
Вернёмся к задаче. Удобно сначала записать её условие:
F_2 - ?, $F_1 = 8$ см, $f_1 = 5d_1$, $f_2 = -5d_2$, $d_1 = d_2$.
Запишем систему уравнений: $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1}$ и $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}$.
Подставим в уравнения известные из условия задачи данные и решим её.

Ответ: 3

A17. *При освещении металлической пластинки монохроматическим светом задерживающая разность потенциалов равна 1,6 В. Если увеличить частоту света в 2 раза, задерживающая разность потенциалов равна 5,1 В. Определить работу выхода электрона.*
1) 1,2 эВ 2) 1,9 эВ 3) 2,4 эВ 4) 2,8 эВ 5) 3,2 эВ

Внешний фотоэффект - это явление, состоящее в том, что под действием фотонов с поверхности металла выбиваются электроны.
Энергия фотона сообщается электрону, находящемуся у поверхности металла. Эта энергия должна быть достаточной, чтобы покинуть поверхность металла, т.е. быть больше работы выхода электрона. Работа выхода электрона указывается в таблицах для данных металлов.

$A_{\text{ВЫХ}}$ – работа выхода электрона рассчитывается по формулам: $A_{\text{ВЫХ}} = h\nu_{\text{КР}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{КР}}}$, где $\nu_{\text{КР}}$ ($\lambda_{\text{КР}}$) – красная граница фотоэффекта, т.е. минимальная частота (максимальная длина) волны, при которой начинается фотоэффект.
Итак, часть энергии фотона расходуется на работу выхода электрона, а оставшаяся энергия превращается в кинетическую энергию электрона, вылетевшего с поверхности металла.

Решение расчётных задач сводится к решению уравнения Эйнштейна (или системы уравнений), представляющего закон сохранения энергии в случае фотоэффекта.

$E_0 = A_{\text{ВЫХ}} + E_{\text{КИН.MAX}}$, где $E_о$ – энергия фотона, $E_{\text{КИН.MAX}} = \frac{m\upsilon^2_{\text{MAX}}}{2}$ - максимальная кинетическая энергия электрона.

Если установка для фотоэффекта находится во внешнем электрическом поле, то:

$$E_{\text{КИН.MAX}} = \frac{m\upsilon^2_{MAX}}{2} = eU_З.$$

$U_З$ – задерживающее напряжение электрического поля, в котором находится установка для фотоэффекта, т.е. напряжение достаточное для того, чтобы остановить электрон, вылетевшей с поверхности металла со скоростью υ_{MAX}.

Составим систему уравнений по условию данной задачи:

$$\begin{cases} h\nu = A + eU_1 \\ 2h\nu = A + eU_2 \end{cases}.$$

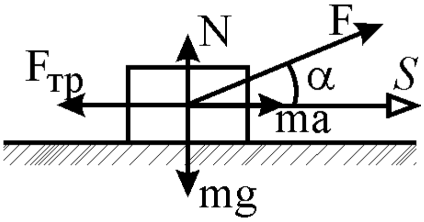
Домножим первое уравнение на 2 и вычтем уравнения.

$$0 = A + e(2U_1 - U_2)$$
$$A = e(U_2 - 2U_1)$$
$$A = e(5{,}1\text{В} - 3{,}2\text{В}) = 1{,}9\text{В}.$$

	Обратите внимание на фокус: умножаем «электроны» на напряжение в вольтах и получаем работу, измеренную в эВ. Ответ: 2
A18.	*Найдите недостающий продукт ядерной реакции* ${}_1^2H+\gamma\rightarrow{}_1^1p+?$ *1) электрон 2) позитрон 3) протон 4) нейтрон 5) альфа - частица* Ядро атома состоит из протонов и нейтронов, которые притягиваются друг к другу ядерными силами. Общее название протонов и нейтронов – *нуклоны*. Символическое обозначение ядра атома ${}_Z^AX$. Нижний символ Z – количество протонов в ядре, зарядовое число, порядковый номер в таблице Менделеева. Верхний символ А – число нуклонов в ядре, массовое число, сумма протонов и нейтронов. (Обратите внимание, что молярная масса вещества в граммах равна массовому числу.) Необходимо запомнить обозначения следующих частиц: нейтрон ${}_0^1n$, протон ${}_1^1p$, электрон ${}_{-1}^0e$, позитрон ${}_{+1}^0e$, α-частица ${}_2^4He$ *Позитрон* – частица, отличающаяся от электрона только знаком заряда. Электрон и позитрон называются β **- частицами** (по умолчанию считают, что β- частица является электроном). Полезно также знать обозначение изотопов водорода: протий - ${}_1^1H$, дейтерий - ${}_1^2H$, тритий - ${}_1^3H$. *Изотопы* – это ядра одного химического элемента, т.е. с одинаковым количеством протонов, но разным количеством нейтронов. γ - так обозначается квант электромагнитной энергии. γ - квант не имеет ни заряда, ни массового числа. Поэтому при расчете реакций его записывают ${}_0^0\gamma$. Ядерными реакциями называют процесс изменения атомных ядер, вызванный их взаимодействиями с элементарными частицами или друг с другом. **В ходе ядерных реакций выполняются закон сохранения числа нуклонов и закон сохранения заряда.** Вернёмся к задаче. ${}_1^2H+{}_0^0\gamma\rightarrow{}_1^1P+?$ Получаем частицу ${}_0^1X$, т.е. нейтрон. Ответ: 4

Часть В

B1.	*Лыжник спускается с горы длиной 180 м.* Лыжник спускается с горы длиной 180 м. *Если ускорение лыжника равно 0,5 м/с^2, а начальная скорость 4 м/с, то спуск будет продолжаться … с.* В формулу пути при равноускоренном движении $S=\upsilon_0t+\dfrac{at^2}{2}$ подставляем значения из условия задачи, и решаем квадратное уравнение. Ответ: 20.
B2.	*Тело массой 2 кг равномерно движется по горизонтальной плоскости под действием веревки, направленной* вверх *под углом 45° к горизонту. Коэффициент трения между телом и плоскостью 0,2. Сила натяжения веревки на пути 2,4 м совершит работу, равную … Дж.*



Для нахождения работы силы натяжения верёвки воспользуемся формулой $A = FS\cos\alpha$, так как ***механическая работа*** – скалярная физическая величина, равная произведению силы, совершающей работу, на перемещение тела и на косинус угла между векторами силы и перемещения.

Для нахождения величины силы тяги запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси.

Вдоль оси О*y* тело не движется, поэтому проекция равнодействующей силы вдоль этой оси равна нулю.

О*x*: $ma = F\cos\alpha - F_{ТР}$,

О*y*: $0 = F\sin\alpha + N\text{-}mg$.

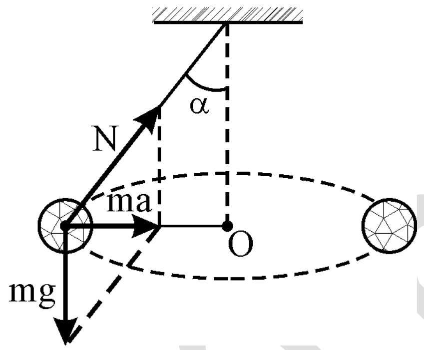
Учтём, что $F_{тр} = \mu N$ и решим систему уравнений. **Для этого выразим из второго уравнения *N*, и подставим в первое уравнение.**

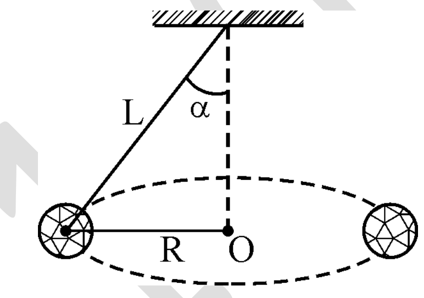
Обратите внимание, что сила трения **НЕ РАВНА** μmg.

Ответ: 8

B3.

Шарик, подвешенный на легкой нити к потолку, вращается по окружности, лежащей в горизонтальной плоскости. Расстояние между точкой подвеса и центром окружности 2,5 м. Угловая скорость вращения шарика равна … рад/с.





На чертежах указаны силы, действующие на шарик.

Очевидно, что $tg\alpha = \dfrac{ma}{mg} = \dfrac{a}{g} = \dfrac{\omega^2 R}{g}$.

Мы учли, что при равномерном вращении тела по окружности скорость тела изменяется по направлению, а значит, тело движется с ускорением, т.к. ускорение характеризует быстроту изменения скорости по величине или по направлению.

При равномерном вращении меняется только направление скорости. Ускорение в этом случае направлено к центру окружности и называется центростремительным.

Итак, **при равномерном движении по окружности ускорение НЕ равно нулю.**

Это ускорение характеризует быстроту изменения направления скорости и равно:

$a = \dfrac{\upsilon^2}{R}$ или $a = \omega^2 R$.

Пусть L – длина нити, R – радиус вращения, h – расстояние от точки подвеса до центра вращения О, причём $tg\alpha = \dfrac{R}{h}$. Тогда:

$$\frac{\omega^2 R}{g} = \frac{R}{h}.$$

Ответ: 2

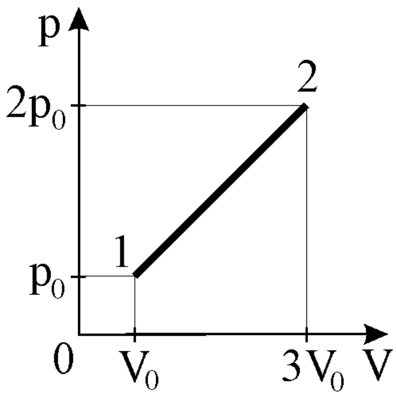
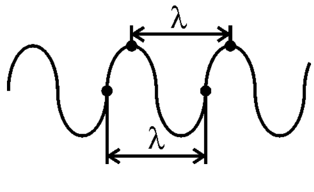
B4.

Тело бросили с поверхности Земли со скоростью 20 м/с. Кинетическая энергия тела равна потенциальной на высоте … м.

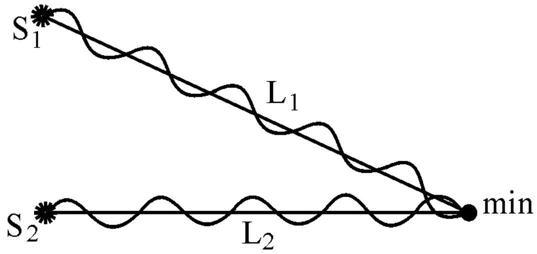
Обратите внимание, что для решения задачи неважно, как брошено тело – вертикально вверх или под углом к горизонту. При использовании закона сохранения механической энергии важно разделить два состояния тела и приравнять механическую энергию в состояниях 1 и 2.

По закону сохранения механической энергии сумма кинетической и потенциальной энергии тела не изменяется, если механическая энергия не превращается в другую форму (например, в тепловую).

	$E_1 = E_2$, тогда $E_{К1} + E_{П1} = E_{К2} + E_{П2}$, т.е.: $$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2.$$ Состоянием 1 будем считать момент броска. В этот момент потенциальная энергия тела равна 0, т.к. $h_1 = 0$, а кинетическая $\frac{mv_1^2}{2}$. В состоянии 2 кинетическая энергия равна $\frac{mv_2^2}{2}$, а потенциальная энергия равна mgh_2, при этом $\frac{mv_2^2}{2} = mgh_2$ по условию задачи. По закону сохранения энергии $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2$. Тогда $\frac{mv_1^2}{2} = 2mgh_2$. Ответ: 10
B5.	*В баллоне находится газ при температуре 63°C. Если 80 % его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на 56°C, то во сколько раз уменьшится давление газа?* Согласно уравнению Менделеева – Клапейрона $PV = \frac{m}{M}RT$, где $R = 8.31\frac{Дж}{моль \cdot К}$ - универсальная газовая постоянная Перепишем это уравнение в виде $\frac{PVM}{mT} = R$, т.е. любой идеальный газ и в любом количестве имеет такие параметры (давление, объём, температуру), что выполняется данное равенство. Будем обозначать с индексом 1 параметры газа в начальной ситуации, а индексом 2 параметры газа в конечной ситуации. Т.к. величина дроби $\frac{PVM}{mT}$ не изменяется, то $\frac{P_1V_1M_1}{m_1T_1} = \frac{P_2V_2M_2}{m_2T_2}$. Если при переходе газа из состояния 1 в состояние 2 не происходит химических реакций, то молярная масса газа не изменяется, а значит, $M_1 = M_2$. Если объём сосуда не изменяется, то $V_1 = V_2$ - обратите внимание, что при выходе газа из баллона изменяется масса газа (количество молекул газа), а не объём газа, так как газ занимает весь предоставленный ему объём. Для данной задачи получаем: $\frac{P_1}{m_1T_1} = \frac{P_2}{m_2T_2}$. По условию задачи $m_2 = 0{,}2m_1$, $T_1 = 336K$, $T_2 = 280K$ (конечно же, все знают, что понижение температуры на 56°C означает понижение температуры на 56 К). Ответ: 6
B6.	*Температура плавления железа 1800 К, его удельная теплоемкость 460 Дж/кг·К, а удельная теплота плавления $3 \cdot 10^5$ Дж/кг. Железный метеорит влетает в атмосферу Земли со скоростью $1{,}5 \cdot 10^3$ м/с, имея температуру 300 К. Восемьдесят процентов кинетической энергии метеорита при движении в атмосфере переходит в его внутреннюю энергию. При этом расплавится часть массы метеорита, равная ... %.* Если часть механической энергии (k % энергии) тела $\frac{m\upsilon^2}{2}$ расходуется на нагревание и плавление

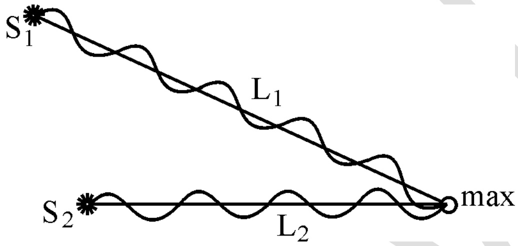
	тела, то $\frac{k}{100}\cdot\frac{m\upsilon^2}{2}=mc(t_{\text{пл}}-t)+\lambda m'$, где $t_{\text{пл}}$ - температура плавления металла пули, m' - масса расплавившейся части. Мы должны найти величину $\frac{m'}{m}\cdot 100\%$. Ответ: 70
B7.	 *Чтобы перевести 1 моль идеального одноатомного газа из состояния 1 с температурой газа T_1= 300 К в состояние 2, необходимо затратить количество теплоты, равное …кДж.* Согласно Первому закону термодинамики: **количество теплоты, переданное системе, идёт на увеличение внутренней энергии системы и совершение системой работы.** $Q=\Delta U+A,$ где A - работа системы, ΔU – изменение внутренней энергии системы. Изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа равно $\Delta U=\frac{3}{2}\nu R\Delta T$. Работу над газом мы найдём, как площадь фигуры под графиком в координатах *PV*. (Обратите внимание, что находить работу газа по формулам $\mathrm{A}=\mathrm{P}\Delta\mathrm{V}=\nu R\Delta T$ можно, если давление газа постоянно, а в данной задаче это не так.) Чтобы найти конечную температуру газа воспользуемся формулой $PV=\nu RT$. В состоянии 1: $\nu RT_1=P_oV_o$, в состоянии 2: $\nu RT_2=2P_o\cdot 3V_o=6P_oV_o$. Тогда $T_2=6T_1=1800K$ Площадь трапеции под графиком равна работе $A=3P_oV_o=3\nu RT_1$ Итого, получаем $Q=\Delta U+A=\frac{3}{2}\nu R\cdot 5T_1+3\nu RT_1=10{,}5\nu RT_1$. Ответ: 26
B8.	*Два когерентных источника звука колеблются в одинаковых фазах. В точке, отстоящей от первого источника на 2,1 м, а от второго на 2,27 м, звук не слышен. Скорость звука 340 м/с. Минимальная частота колебаний при которой это возможно равна … кГц.* **Длиной волны** λ называется расстояние между двумя ближайшими точками, колеблющимися в одинаковой фазе, т.е. расстояние, на которое распространяется фронт волны за время *T*, равное периоду колебаний в источнике волны.  $\lambda=\upsilon T$, т.к. $T=\frac{1}{\nu}$, то $\lambda=\frac{\upsilon}{\nu}$, где υ – скорость волны, λ - длина волны, ν – частота. Волны и возбуждающие их источники называются **когерентными**, если разность фаз волн не зависит от времени, то есть частота этих волн одинакова. Интерференция волн – это явление наложения когерентных волн, при котором происходит их взаимное усиление в одних точках пространства и ослабления в других. Результат интерференции зависит от разности фаз накладывающихся волн. Амплитуда колебаний равна нулю (звук не слышан) в тех точках пространства, в которых волны приходят со сдвигом по фазе на π (на половину периода колебаний). То есть ослабление будет наблюдаться при условии, что разность хода волн ΔL расстояний L_1 и L_2 от источников волн до этой точки равна нечетному числу полуволн.

Условие минимума: $\Delta L = L_2 - L_1 = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}, \quad k \in Z$ - порядок (номер) минимума.



Если в некоторую точку пространства волны приходят с одинаковой фазой колебаний, то в этой точке наблюдается значительное усиление звука (максимум), при этом разность хода ΔL должна быть равна целому числу волн или четному числу полуволн.

Условие максимума: $\Delta L = k\lambda$ *или* $\Delta L = 2k\dfrac{\lambda}{2}, \quad k \in Z$ - порядок (номер) максимума.



Звуковые колебания будут гасить друг друга, если разность хода равна нечётному числу полуволн. Минимальная частота соответствует минимальной разности фаз, а значит, минимальной разности хода в одну полуволну. Поэтому разность хода равна половине длине волны $\dfrac{\lambda}{2} = 0{,}17 м$, т.е волны находятся в противофазе. Тогда длина волны равна 0,34 м.
Зная длину волны и скорость звука, легко находим частоту.

Ответ: 1

B9. *ЭДС источника тока 6 В, внутреннее сопротивление 2 Ом. Два одинаковых сопротивления подключают к источнику один раз последовательно, второй раз — параллельно. В обоих случаях во внешней цепи выделяется одинаковая мощность, равная … Вт.*

Полезная мощность, т.е. мощность, выделяемая на внешнем участке цепи, сопротивление которого равно *R*: $P_п = IU = \dfrac{U^2}{R} = I(\varepsilon - I \cdot r) = \dfrac{\varepsilon}{R+r}\left(\varepsilon - \dfrac{\varepsilon \cdot r}{R+r}\right) = \dfrac{\varepsilon^2 R}{(R+r)^2}$.

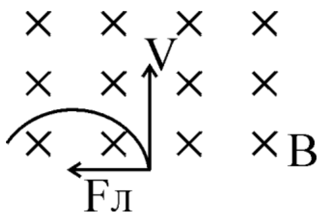
Приравняем полезные мощности тока в первой и второй ситуациях: $\dfrac{\varepsilon^2 R_1}{(R_1+r)^2} = \dfrac{\varepsilon^2 R_2}{(R_2+r)^2}$, выразив внутреннее сопротивление источника r через сопротивление внешней цепи R_1 или R_2. Затем подставляем в формулу: $P_п = \dfrac{\varepsilon^2 R_1}{(R_1+r)^2}$. А можно вспомнить второй фокус темы «Энергобаланс источника тока» и сказать, что если к одному и тому же источнику подключают поочередно разные сопротивления, но на них выделяются равные мощности, то $R_1 R_2 = r^2$. Далее находим внутреннее сопротивление – и удачи!

Ответ: 4

B10. *Пылинка с зарядом в 10 мкКл и массой 1 мг влетает в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл и движется по окружности. За время, равное 3,14 с, пылинка сделает … оборотов.*

Сила Лоренца действует на движущуюся со скоростью υ частицу с зарядом q в магнитном поле с индукцией B и равна $F_Л = q\upsilon B \sin\alpha$, где α - угол между векторами $\vec{\upsilon}$ и $\vec{B}$.

Направление силы определяется правилом левой руки для положительной частицы. Четыре пальца левой руки должны быть вытянуты в направлении вектора скорости положительной частицы, линии индукции магнитного поля должны входить в ладонь. Тогда отогнутый на 90^0 большой палец направлен в сторону действия силы Лоренца. Если знак заряда отрицателен, то направление силы меняется на 180^o.



Пусть частица влетает в поле перпендикулярно линиям индукции.

Т.к. сила и скорость перпендикулярны, то величина скорости не меняется, а меняется только её направление. Следовательно, заряд движется по дуге окружности.

$$a = \frac{V^2}{R} = \frac{F_Л}{m} \Rightarrow \frac{V^2}{R} = \frac{B \cdot q \cdot V}{m} \Rightarrow R = \frac{m \cdot V}{q \cdot B}$$

Период обращения частицы: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{V} = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$,

т.е. **период обращения частицы не зависит от скорости движения частицы и радиуса её вращения.**
Для нахождения количества оборотов разделим время вращения на количество оборотов.

Ответ: 5

B11. *Конденсатор ёмкостью 10 мкФ зарядили до напряжения 4 В и подключили к идеальной катушке индуктивностью 0,2 Гн. В момент, когда энергия контура поровну распределится между электрическим и магнитным полями, сила тока в колебательном контуре составит … мА.*

В процессе электромагнитных колебаний в контуре энергия сохраняется. Максимальная энергия электрического поля в конденсаторе равна максимальной энергии магнитного поля в катушке и равна сумме энергий электрического и магнитного полей в любой момент времени: $\frac{1}{2}CU^2_{\max} = \frac{1}{2}LI^2_{\max} = \frac{1}{2}CU^2 + \frac{1}{2}LI^2$.

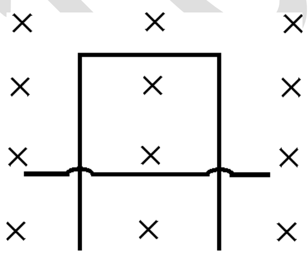
Для данной задачи эта формула выглядит так $\frac{1}{2}CU^2_{\max} = \frac{1}{2}CU^2 + \frac{1}{2}LI^2$

При этом по условию $\frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}LI^2$

Тогда $\frac{1}{2}CU^2_{\max} = 2 \cdot \frac{1}{2}LI^2$. Отсюда находим ответ к задаче.

Ответ: 20

B12.



Сторона прямоугольного каркаса, имеющая длину 10 см, скользит со скоростью модуль которой равен 1 м/с по двум другим сторонам, оставаясь с ними в электрическом контакте. Плоскость прямоугольника перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля модуль которой равен 0,01 Тл. Сопротивление единицы длины провода 1 Ом/м. В начальный момент площадь прямоугольника равна нулю. Индуктивностью каркаса пренебречь. Сила тока в прямоугольнике через 0,9 с после начала движения равна ... мкА.

Пусть по двум вертикальным параллельным проводникам скользит без трения, не теряя контакта, проводящий стержень. Система находится в однородном магнитном поле. В этом случае на концах проводника возникает ЭДС индукции, равная $\varepsilon_i = \upsilon BL \sin\alpha$, где L – длина проводника, υ – скорость проводника, α - угол между векторами скорости υ и индукцией магнитного поля B. В этой задаче равен $\alpha = 90^o$.

	Чтобы найти сопротивление контура, определим его периметр через 0,9 с после начала движения. Очевидно, что периметр прямоугольника будет равен 2 метра. С учётом того, что сопротивление единицы длины провода равно 1 Ом/м, получаем, что сопротивление контура равно 2 Ом. По закону Ома сила тока в контуре равна $I = \frac{\varepsilon_i}{R}$. Ответ: 500