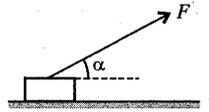
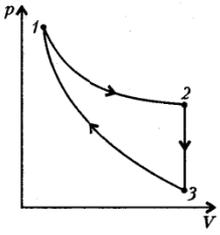


Тур 1
Вариант 1

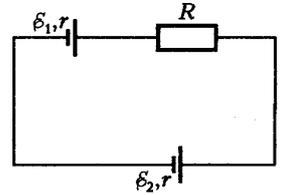
- Точка движется по оси x по закону $x = 8 + 12t - 3t^2$ (м). Определите величину скорости точки при $t = 1$ с.
- Тело массой $m = 1$ кг движется по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 10$ Н, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рис.). Коэффициент трения между телом и поверхностью $\mu = 0,4$. Определите силу трения $F_{\text{тр}}$, действующую на тело.



- Скорость брошенного мяча v_1 непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости v_2 сразу после удара. Найдите кинетическую энергию мяча перед ударом, если при ударе выделилось количество теплоты $Q = 15$ Дж.

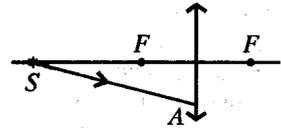


- На рисунке показан цикл тепловой машины, состоящий из изотермического расширения $1-2$, изохорического процесса $2-3$ и адиабатного сжатия $3-1$. Запишите уравнение первого начала термодинамики для процесса $1-2$.



- Напишите формулу для вычисления количества теплоты, выделяющегося во внешней электрической цепи, показанной на рисунке, за время Δt . Параметры элементов цепи считать известными.

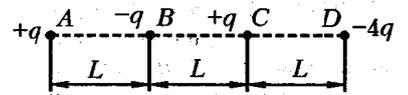
- Две частицы, имеющие отношение зарядов $q_2/q_1 = 4$ и отношение масс $m_1/m_2 = 2$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно его линиям индукции и движутся по окружностям.



Определите отношение радиусов траекторий частиц, если отношение их скоростей $v_1/v_2 = 2$.

- Источник света S находится на главной оптической оси линзы (см. рис.). Постройте дальнейший ход луча SA и определите положение изображения S' источника, даваемого линзой.

- В точках A, B, C, D расположены неподвижные точечные заряды $+q, -q, +q, -4q$, как показано на рисунке. Определите



работу, которую необходимо совершить для перемещения заряда $-q$ из точки B в бесконечность, где потенциал электрического поля принимается равным нулю.

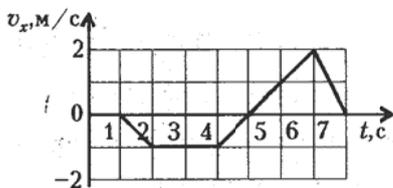
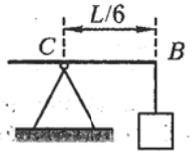
- Удаленный от других тел серебряный шарик освещается электромагнитным излучением. Определите длину волны этого излучения, если известно, что максимальный потенциал, до которого зарядился шарик, равен $\phi = 6,07$ В. Для серебра работа выхода $A = 4,28$ эВ.

- На горизонтальной плоскости лежат два бруска массами $3m$ и $2m$, соединенные ненапряженной пружиной (см. рис.). Какую наименьшую постоянную силу, направленную горизонтально, нужно приложить к бруску массой $2m$, чтобы сдвинулся и другой брусок? Коэффициент трения брусков о плоскость μ .



Вариант 2

- Однородный стержень массой m и длиной l опирается в точке C на опору, как показано на рисунке. Определите массу M груза, который нужно прикрепить с помощью невесомой нити к концу B стержня,

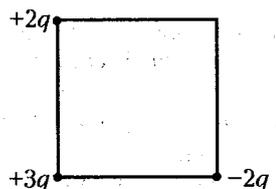


- Тело массой $m = 1$ кг движется вдоль оси Ox со скоростью, проекция которой v_x как функция времени t представлена на графике. Определите модуль равнодействующей всех сил, действующих на тело, в момент времени $t = 6$ с.

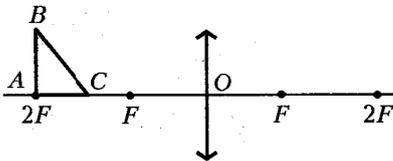
- Тело брошено с поверхности земли вверх с начальной скоростью v_0 . Принимая потенциальную энергию тела на поверхности земли равной нулю, найдите, на какой высоте h кинетическая энергия тела будет равна

половине потенциальной энергии. Сопротивлением воздуха пренебречь.

- В трех вершинах квадрата со стороной a расположены точечные заряды $+2q, +3q, -2q$ (см. рис.). Определите потенциал электрического поля ϕ в четвертой вершине квадрата.



- Как изменится период колебаний в колебательном контуре, состоящем из плоского воздушного конденсатора и катушки индуктивности (см. рис.), если между обкладками конденсатора поместить металлическую пластину, занимающую часть объема конденсатора? Ответ поясните.

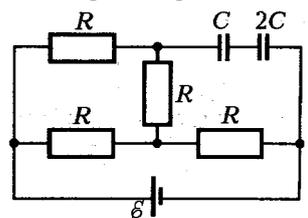


- Постройте изображение предмета ABC в собирающей линзе (см. рис.)

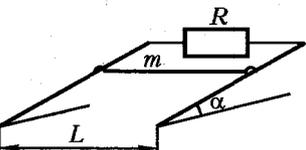
- Во сколько раз энергия фотона рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda_1 = 0,1$ нм больше энергии фотона видимого света с длиной волны $\lambda_2 = 0,4$ мкм?

- Найдите работу A , которую нужно совершить над одним молем идеального газа для его изобарного сжатия, при котором концентрация молекул в конечном состоянии в $\alpha = 2$ раза больше, чем в начальном. Первоначальная температура газа $T_1 = 300$ К.

- Конденсаторы емкостями C и $2C$ и резисторы, сопротивления которых равны R , включены в электрическую цепь, как показано на рисунке. Найдите установившийся заряд на конденсаторе емкостью C , если ЭДС источника тока равна \mathcal{E} и его внутренним сопротивлением можно пренебречь.



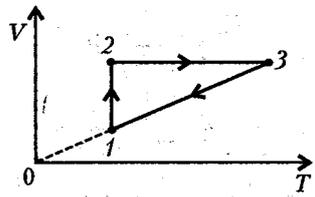
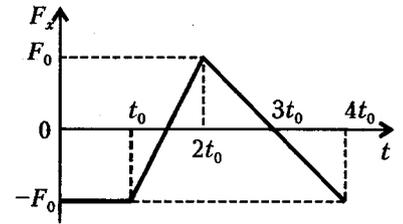
- По двум гладким медным шинам, установленным под углом α к горизонту, скользит под



действием силы тяжести медная перемычка массой m . Скорость перемычки постоянна и равна v . Шины замкнуты на сопротивление R . Расстояние между шинами L . Система находится в однородном магнитном поле, линии индукции поля перпендикулярны плоскости, в которой перемещается перемычка. Сопротивления шин, перемычки и скользящих контактов, а также самоиндукция контура пренебрежимо малы. Найдите индукцию B магнитного поля.

Тур 2
Вариант 3

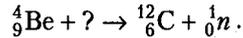
1. На неподвижное тело массой m , находящееся на горизонтальной абсолютно гладкой плоскости, в момент времени $t = 0$ начинает действовать сила, направленная вдоль горизонтальной оси x . На рисунке представлен график зависимости проекции F_x этой силы от времени t . Определите модуль импульса тела в момент времени $t = 4t_0$.
2. Что такое плазма? Назовите известные вам способы получения плазмы.
3. В результате кругового процесса газ совершил работу $A = 1$ Дж и передал охладителю количество теплоты $Q_2 = 4,2$ Дж. Определите термический КПД цикла.



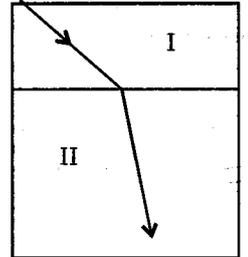
4. Изменения состояния идеального газа при некотором круговом процессе $1-2-3-1$ показаны на графике зависимости объема газа от абсолютной температуры (см. рис.). Изобразите этот цикл на графике зависимости давления газа от объема. Укажите, на каких участках графика газ получает тепло извне.

5. По кольцу радиусом R равномерно распределен заряд q . Определите потенциал φ в точке A , находящейся на оси перпендикулярной плоскости кольца, и отстоящей от центра кольца на $h = 0,5R$.

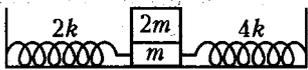
6. Допишите ядерную реакцию:



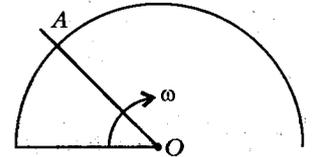
7. На рисунке показан ход светового луча при переходе из среды I в среду II. В какой среде скорость света больше? Ответ обоснуйте.



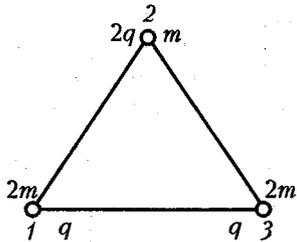
8. Определите максимальную амплитуду гармонических колебаний системы состоящей из двух брусков и двух невесомых пружин при которой бруски будут совершать колебания по горизонтальной плоскости без проскальзывания относительно друг друга. Жесткости пружин $2k$ и $4k$. Масса нижнего бруска m , верхнего $2m$, коэффициент трения между брусками μ . В положении равновесия пружины не деформированы. Трение между нижним бруском и плоскостью отсутствует.



9. Стержень OA сопротивлением $R = 1$ Ом и длиной $L = 0,5$ м, вращаясь вокруг точки O , скользит по полукольцу, образуя проводящий контур (см. рис.). Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5$ Тл. Плоскость контура перпендикулярна вектору B . Угловая скорость вращения стержня $\omega = 2\pi$ с $^{-1}$. Найдите количество теплоты Q , которое выделится в стержне при его повороте на угол $\Delta\varphi = \pi/2$. Сопротивлением остальных проводников контура пренебречь.

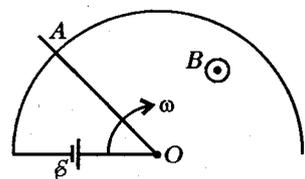
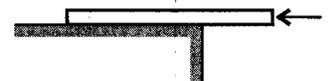


10. На горизонтальной поверхности расположены три маленьких одноименно заряженных шарика, заряды которых $2q$, q , а массы $2m$, m , $2m$ соответственно (см. рис.). Шарики соединены невесомыми, нерастяжимыми и непроводящими нитями длиной L каждая так, что нити образуют равносторонний треугольник. Нить между шариками 1 и 3 пережигают. Пренебрегая гравитационным взаимодействием между шариками и силами трения, найдите максимальную скорость шарика 2.



Вариант 4

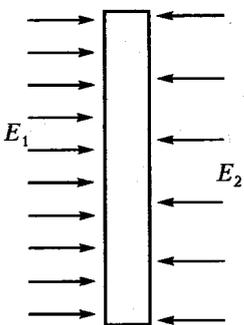
1. Какие носители тока являются неосновными в акцепторном полупроводнике?
2. Пятая часть однородной линейки, имеющей массу m и длину L , выступает за край стола (см. рис.). Найдите минимальную работу A , которую необходимо совершить, чтобы переместить всю линейку на стол, сдвигая ее силой, направленной вдоль длинной стороны. Коэффициент трения между линейкой и столом μ .
3. Тело брошено с поверхности земли вверх с начальной скоростью v_0 . Принимая потенциальную энергию тела на поверхности земли равной нулю, найдите, на какой высоте h кинетическая энергия тела будет равна потенциальной. Сопротивлением воздуха пренебречь.



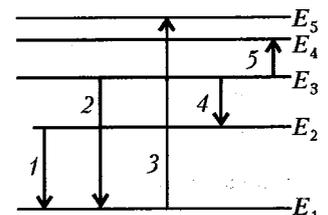
4. Определите внутреннюю энергию U неона, находящегося в баллоне объемом $V = 3 \cdot 10^{-2}$ м 3 под давлением $p = 2 \cdot 10^5$ Па.
5. Стержень OA сопротивлением R и длиной L скользит по полукольцу (см. рис.). Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией B , линии которой перпендикулярны плоскости контура. В контур включен источник тока с ЭДС \mathcal{E} . Угловая скорость вращения стержня ω . Найдите количество теплоты Q , которое выделится в стержне при его повороте на угол $\Delta\varphi = \pi/4$.

Сопротивлением остальных проводников и источника тока пренебречь.

6. Предмет расположен на расстоянии $d = 0,15$ м от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = 0,3$ м. На каком расстоянии f от линзы получается изображение данного предмета?

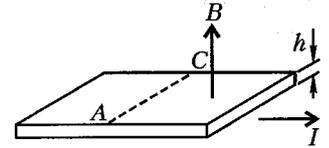


7. На рисунке представлена схема энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход с поглощением фотона наименьшей частоты?
8. Электрическое поле образовано внешним однородным электрическим полем и электрическим полем заряженной металлической пластины, которое вблизи пластины тоже можно считать однородным. Напряженность результирующего электрического поля слева от пластины $E_1 = 5 \cdot 10^4$ В/м, а справа $E_2 = 3 \cdot 10^4$ В/м. Определите за ряд q пластины, если сила, действующая на пластину со стороны внешнего электрического поля, равна $F = 0,7$ Н.



9. Стандартный компакт-диск представляет собой залитую прозрачным пластиком тонкую металлическую пластинку диаметром $D = 12$ см, на пластинку штамповкой нанесено множество микроскопических углублений, в каждом из которых закодирован один бит информации. Найдите наибольшую длину волны лазера, используемого для считывания информации в дисководе для компакт-дисков, если известно, что полезная емкость одного диска составляет $W = 640$ Мбайт. При записи используется вся поверхность одной стороны диска.

10. По металлической ленте, толщина которой h , течет ток I (см. рис.); Лента помещена в однородное магнитное поле, индукция которого равна B и направлена перпендикулярно поверхности ленты. Определите разность потенциалов между точками A и C ленты, если концентрация свободных электронов в металле n .



Ответы

Вариант 1

1. $v = 6$ м/с.

2. $F_{\text{тр}} = \mu(mg - F \sin \alpha) = 2$ Н.

3. $W_1 = W_2 + Q$, $W_1 = \frac{W_1}{4} + Q$, $\frac{3}{4}W_1 = Q$, $W_1 = \frac{4}{3}Q = 20$ Дж.

4. $Q = A$.

5. $Q = \left(\frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{R + 2r} \right)^2 R \Delta t$.

6. Из уравнения движения частицы $\frac{mv^2}{r} = qvB$ находим

$r = \frac{mv}{qB}$. Таким образом, $\frac{r_2}{r_1} = \frac{m_2 v_2 q_1}{q_2 m_1 v_1} = \frac{1}{16}$.

7. См. рис.39.

8. Используя принцип суперпозиции, найдем потенциал в точке B :

$\varphi_B = k \frac{q}{L} + k \frac{q}{L} - k \frac{4q}{2L} = 0$.

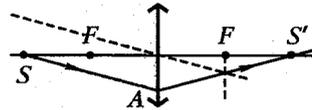


Рис. 39

Тогда искомая работа будет равна

$A = -q(\varphi_{\infty} - \varphi_B) = 0$.

9. $\lambda = \frac{hc}{e\varphi + A} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} (4,28 + 6,07)} \text{ м} = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

10. Если брусок массой $3m$ остается неподвижным при смещении на x бруска массой $2m$, то сила F совершает работу по растяжению пружины и против сил трения (при условии, что в конечный момент скорость бруска массой $2m$ обращается в ноль):

$Fx = \frac{kx^2}{2} + 2\mu mgx$,

или

$F = \frac{kx}{2} + 2\mu mg$.

Условие начала скольжения бруска массой $3m$ имеет вид

$kx = 3\mu mg$.

Таким образом,

$F_{\text{min}} = \frac{3\mu mg}{2} + 2\mu mg = 3,5\mu mg$.

Вариант 2

1. $M = 2m$.

2. $F = 1$ Н.

3. Полная механическая энергия тела во время полета сохраняется, поэтому

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$.

Для искомой высоты

$\frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2}mgh$.

Отсюда находим $h = \frac{v_0^2}{3g}$.

4. $\varphi = \frac{3q}{4\pi\epsilon_0 a \sqrt{2}}$.

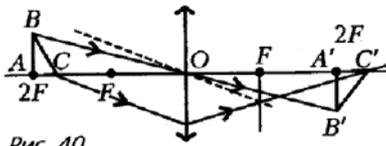


Рис. 40

5. Период колебаний $T = 2\pi\sqrt{LC}$ увеличится, так как при наличии металлической пластины увеличится емкость конденсатора.

6. См. рис.40.

$$7. \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{h\nu_1}{h\nu_2} = \frac{hc\lambda_2}{hc\lambda_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{0,1 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 4 \cdot 10^3.$$

8. При $p = \text{const}$ работа по сжатию газа равна $A = -\nu R \Delta T = \nu R (T_1 - T_2)$.

Так как $p = nkT$, то $n_1 T_1 = T_2 n_2$. Отсюда

$$T_2 = T_1 \frac{n_1}{n_2}.$$

По условию, $\frac{n_2}{n_1} = \alpha$, следовательно, $T_2 = \frac{T_1}{\alpha}$. Окончательно найдем

$$A = \nu R \left(T_1 - \frac{T_1}{\alpha} \right) = \nu R T_1 \frac{\alpha - 1}{\alpha} = 1246 \text{ Дж}.$$

9. Рассмотрим электрическую цепь, изображенную на рисунке 41:

$$R_{\text{общ}} = \frac{2}{3}R + R = \frac{5}{3}R, \quad I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{общ}}} = \frac{3\mathcal{E}}{5R}, \quad I_2 = \frac{1}{3}I_1 = \frac{\mathcal{E}}{5R},$$

$$\varphi_A - \varphi_O = I_2 R + I_1 R = \frac{4}{5}\mathcal{E}, \quad C_{\text{общ}} = \frac{2}{3}C.$$

Следовательно,

$$q = C_{\text{общ}} (\varphi_A - \varphi_O) = \frac{8}{15}\mathcal{E}C.$$

10. При постоянной скорости перемещения перемычки мощность силы тяжести, действующей на перемычку, равна электрической мощности, выделяющейся на сопротивлении:

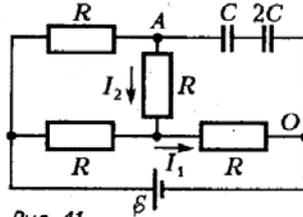


Рис. 41

$$Fv = I^2 R, \text{ или } mg \sin \alpha \cdot v = I^2 R,$$

где

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R}, \quad \mathcal{E}_i = vBL.$$

Окончательно найдем

$$B = \sqrt{\frac{mgR \sin \alpha}{vL^2}}.$$

Вариант 3

1. $p = F_0 t_0$.

2. Плазма - это частично или полностью ионизованный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов

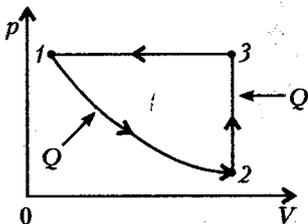


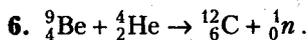
Рис. 42

практически одинаковы. Плазма образуется, например, при электрическом разряде в газах, в процессах горения или взрыва.

3. $\eta = \frac{A}{A + Q_2} = 0,19 = 19\%$.

4. См. рис.42; газ получает тепло в процессах 1-2 и 2-3.

5. $\varphi = k \frac{q}{r}, \quad r = \frac{R}{2} \sqrt{5}, \quad \varphi = \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 R \sqrt{5}} = \frac{q\sqrt{5}}{10\pi\epsilon_0 R}$.



7. Скорость света больше в первой среде.

8. Квадрат циклической частоты данной колебательной системы равен

$$\omega^2 = \frac{2k}{m}.$$

Если бруски колеблются не проскальзывая относительно друг друга, то верхний брусок движется под действием силы трения покоя $F_{\text{тр max}} = \mu \cdot 2mg$. Эта сила создает максимальное ускорение верхнего бруска $a_{\text{max}} = \frac{F_{\text{тр max}}}{2m} = \mu g$, которое равно $a_{\text{max}} = A\omega^2$, т.е. получаем

$$\mu g = A\omega^2.$$

Отсюда находим амплитуду колебаний:

$$A = \frac{\mu g}{\omega^2} = \frac{\mu mg}{2k}.$$

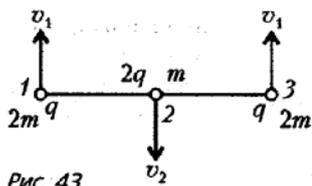
$$9. \varphi = \omega \Delta t, \Delta S = \frac{1}{2} L \cdot L\varphi = \frac{1}{2} L^2 \omega \Delta t,$$

$$\Delta \Phi = B \Delta S = \frac{1}{2} BL^2 \omega \Delta t, \varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{1}{2} BL^2 \omega,$$

$$Q = \frac{\varepsilon_i^2}{R} \Delta t = \left(\frac{BL^2 \omega}{2} \right)^2 \frac{\Delta \Phi}{R \omega} = \frac{B^2 L^4 \omega}{4R} \Delta \Phi = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}.$$

10. Из соображений симметрии и с учетом законов сохранения импульса и энергии имеем (рис.43)

$$2 \cdot 2mv_1 = mv_2, \quad 2 \frac{2mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \Delta W_{\text{эл}}, \quad \Delta W_{\text{эл}} = W_{\text{нач}} - W_{\text{кон}},$$



$$W_{\text{нач}} = W_{12} + W_{13} + W_{23} = \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L} + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L} = 5 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L},$$

$$W_{\text{кон}} = W'_{12} + W'_{13} + W'_{23} = \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 2L} + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L} = \frac{9}{2} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L}.$$

Отсюда находим

$$v_2 = \frac{q}{\sqrt{5mL\pi\epsilon_0}}.$$

Вариант 4

1. Электроны.

$$2. A = \frac{1}{5} \mu mgL.$$

3. Полная механическая энергия тела во время полета сохраняется, поэтому

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

Для искомой высоты

$$\frac{mv^2}{2} = mgh.$$

Отсюда находим

$$h = \frac{v_0^2}{4g}.$$

$$4. U = \nu C_V T = \nu \cdot \frac{3}{2} RT = \frac{3}{2} pV = 9 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

5. ЭДС индукции, возникающая при вращении стержня, равна

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{1}{2} BL^2 \omega.$$

Ток в контуре равен

$$I = \frac{\varepsilon - \varepsilon_i}{R}.$$

По закону Джоуля – Ленца в стержне выделится количество

теплоты

$$Q = I^2 R \Delta t = \frac{(\varepsilon - \varepsilon_i)^2 \Delta \varphi}{R \omega} = \frac{(\varepsilon - \varepsilon_i)^2 \pi}{R 4\omega} = \left(\varepsilon - \frac{1}{2} B L^2 \omega \right)^2 \frac{\pi}{R 4\omega}$$

6. Для рассеивающей линзы

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f},$$

откуда

$$f = \frac{Fd}{F+d} = 0,1 \text{ м.}$$

7. Цифрой 5.

8. Пусть E_0 и E_n - модули векторов напряженностей внешнего электрического поля и поля заряженной пластины. В соответствии с принципом суперпозиции,

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_0 + \vec{E}_n, \quad \vec{E}_2 = \vec{E}_0 - \vec{E}_n.$$

Из рисунка 44 следует, что

$$E_1 = E_0 + E_n, \quad -E_2 = E_0 - E_n,$$

откуда

$$E_0 = \frac{E_1 - E_2}{2}.$$

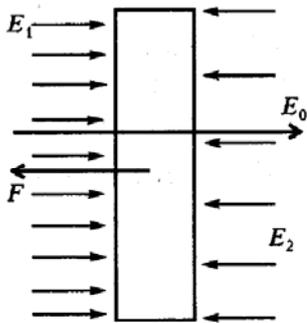


Рис. 44

Сила, действующая со стороны внешнего поля на пластину, равна

$$F = qE_0 = q \frac{E_1 - E_2}{2}.$$

Отсюда модуль заряда пластины равен

$$q = \frac{2F}{E_1 - E_2} = 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

9. На площади диска $S = \frac{\pi D^2}{4}$ записано $N = W \cdot 2^{23}$ бит информации, а значит, на рабочей поверхности диска имеется N углублений. Таким образом, на одно углубление приходится площадь $\Delta S = \frac{S}{N}$. Будем считать, что углубление имеет форму окружности диаметром d . При максимальной плотности записи этот диаметр должен быть порядка длины волны лазера, т.е.

$$\Delta S = \frac{\pi d^2}{4} \approx \frac{\pi \lambda^2}{4}.$$

Таким образом,

$$\frac{\pi D^2}{4N} = \frac{\pi D^2}{4W \cdot 2^{23}} \approx \frac{\pi \lambda^2}{4},$$

откуда

$$\lambda \approx \frac{D}{\sqrt{W \cdot 2^{23}}} \approx 1,64 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

10. Из-за разделения зарядов под действием силы Лоренца (рис.45), возникает электрическое поле, напряженность которого равна

$$E = vB.$$

Скорость электронов в ленте

$$v = \frac{j}{en} = \frac{I}{dhen},$$

откуда

$$E = \frac{BI}{dhn}.$$

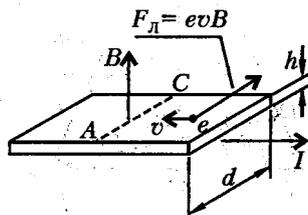


Рис. 45

Искомая разность потенциалов равна

$$\Phi_A - \Phi_C = Ed = \frac{BI}{neh}.$$