

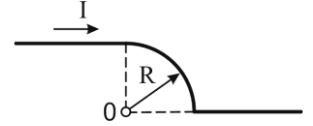
Модуль 1

Тема 1. Магнитостатика

1.1. Расстояние d между двумя длинными параллельными проводами равно 10 см. По проводам в одном направлении текут одинаковые токи $I = 40$ А каждый. Найти индукцию B магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 5$ см от одного и $r_2 = 8$ см от другого провода.

1.2. По проводнику, форма которого изображена на рисунке, течет ток 10 А.

Найти магнитную индукцию в точке О, если $R=1$ см.



1.3. Квадратный контур со стороной $a=50$ см и бесконечный прямой провод с током $I=5$ А расположены в одной плоскости. Расстояние от провода до ближайшей стороны контура $b=10$ см. Определить силу, действующую на контур, если сила тока в нем $I_k=1$ А.

1.4. Рамка гальванометра длиной $a=4$ см и шириной $b = 1,5$ см, содержащая $N=200$ витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти механический момент M , действующий на рамку, когда по витку течет ток $I=1$ мА.

1.5. В однородном магнитном поле с индукцией $B=100$ мкТл движется электрон по винтовой линии. Определить скорость v электрона, если шаг h винтовой линии равен 20 см, а радиус $R=5$ см.

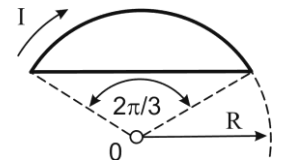
1.6. По сечению проводника равномерно распределен ток плотностью $j=2$ МА/м². Найти циркуляцию вектора напряженности магнитного поля вдоль окружности радиусом $R=5$ мм, проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость составляет угол $\alpha=30^\circ$ с вектором плотности тока.

1.7. Висмутовый шарик радиусом 1 см помещен в однородное магнитное поле индукцией 0,5 Тл. Определить магнитный момент, приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость висмута равна $-1,5 \cdot 10^{-4}$.

1.8. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи $I_1 = 50$ А и $I_2 = 100$ А в противоположных направлениях. Расстояние d между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на $r_1 = 25$ см от первого и на $r_2 = 40$ см от второго провода.

1.9. По проводнику, форма которого изображена на рисунке, течет ток 10 А.

Найти магнитную индукцию в точке О, если $R=1$ см.



1.10. Три параллельных прямых провода расположены таким образом, что, расстояние между любой парой проводов равно 10 см. Вычислить силу, действующую на единицу длины каждого провода, если по ним в одном направлении текут одинаковые токи 10 А.

1.11. Виток диаметром $d=20$ см может вращаться около вертикальной оси, совпадающей с одним из диаметров витка. Виток установили в плоскости магнитного меридиана и пустили по нему ток $I=5$ А. Механический момент M , который нужно приложить к витку, чтобы удержать его в начальном положении, равен 3,14 мкН·м. Найти горизонтальную составляющую B_H магнитной индукции поля Земли.

1.12. Перпендикулярно магнитному полю с индукцией 0,1 Тл возбуждено электрическое поле напряженностью 100 кВ/м. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость v частицы.

1.13. Вычислить циркуляцию вектора магнитной индукции вдоль контура, охватывающего токи $I_1=10$ А, $I_2=15$ А, текущие в одном направлении, и ток $I_3=20$ А, текущий в противоположном направлении.

1.14. Напряженность магнитного поля в меди равна 1 МА/м. Определить намагниченность меди и магнитную индукцию в ней, если удельная восприимчивость меди равна $-1,1 \cdot 10^{-9}$ м³/кг, а плотность $-8,9$ г/см³.

Тема 2. Электромагнетизм

- 2.1. Горизонтальный стержень длиной 1 м вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Ось вращения параллельна магнитному полю, индукция которого 50 мкТл. При какой частоте вращения стержня разность потенциалов на концах этого стержня равна 1 мВ?
- 2.2. Проволочное кольцо радиусом 4 см, имеющее сопротивление 0,01 Ом, находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл. Плоскость кольца составляет угол 30° с линиями индукции поля. Какое количество электричества протечет по кольцу, если магнитное поле исчезнет?
- 2.3. Найти индуктивность соленоида длины l , обмоткой которого является медная проволока массы m . Сопротивление обмотки R . Диаметр соленоида значительно меньше его длины.
- 2.4. Две катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность первой катушки $L_1 = 0,12$ Гн, а второй – $L_2 = 3$ Гн. Сопротивление в цепи второй катушки $R_2 = 60$ Ом. Определите силу тока во второй катушке, если за время $\Delta t = 0,01$ силу тока в первой катушке равномерно уменьшить от $I_1 = 1$ А до нуля.
- 2.4. Катушку индуктивности $L = 300$ мГн и сопротивления $R = 140$ мОм, подключили к источнику постоянного напряжения. Через сколько времени ток через катушку достигнет $\eta = 50\%$ установившегося значения.
- 2.6. Обмотка электромагнита, находясь под постоянным напряжением, имеет сопротивление 10 Ом и индуктивность 0,3 Гн. Определите время, за которое в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике.
- 2.7. Индуктивность соленоида при длине 1 м и площади поперечного сечения 20 см^2 равна 0,4 мГн. Определить силу тока в соленоиде, при которой объемная плотность энергии магнитного поля равна $0,1 \text{ Дж/м}^3$.
- 2.8. В однородном магнитном поле, индукция которого 0,8 Тл, равномерно вращается рамка с угловой скоростью 15 рад/с. Площадь рамки равна 150 см^2 . Ось вращения находится в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Найти максимальную э.д.с. индукции во вращающейся рамке.
- 2.9. Проволочное кольцо радиусом 10 см, имеющее сопротивление 1 Ом, лежит на столе. Какое количество электричества протечет по кольцу, если его перевернуть с одной стороны на другую? Вертикальная составляющая магнитного поля Земли равна 50 мкТл.
- 2.10. Сколько метров тонкого провода надо взять для изготовления соленоида длины $l = 100$ см с индуктивностью $L = 1$ мГн, если диаметр сечения соленоида значительно меньше его длины?
- 2.11. Две катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность первой катушки $L_1 = 1$ Гн, а второй – $L_2 = 4$ Гн. Определите максимальную э.д.с., возбуждаемую во второй катушке, если сила тока в первой катушке меняется по закону $I_1 = I_0 \cos(2\pi \nu t)$, где $I_0 = 1$ А, а $\nu = 50$ Гц.
- 2.12. Активное сопротивление катушки индуктивности составляет 0,2 Ом. Если катушку отсоединить от источника тока и замкнуть накоротко, то ток уменьшается в 10 раз в течение 3 с. Определить индуктивность катушки.
- 2.13. Сила тока в обмотке соленоида, содержащего 1500 витков, равна 5 А. Магнитный поток через сечение соленоида составляет 50 мкВб. Определите энергию магнитного поля в соленоиде.
- 2.14. Обмотка тонкого тороида с немагнитным сердечником содержит 10 витков на каждый сантиметр длины. Чему равна объемная плотность энергии магнитного поля в тороиде при силе тока 5 А.

Тема 3. Колебания и волны

- 3.1. Найти приведенную длину физического маятника, представляющего собой стержень длиной 60 см, точка подвеса которого находится на расстоянии, равном одной трети длины от конца стержня.
- 3.2. Гиря массой 500 г подвешено на пружине жесткостью 20 Н/м и совершает затухающие колебания в некоторой среде. Логарифмический декремент колебаний равен 0,004. За какое время амплитуда колебаний уменьшится вдвое?
- 3.3. Частота свободных затухающих колебаний в колебательном контуре $\nu = 1$ кГц. Найти собственную частоту колебаний ν_0 , если добротность контура $Q = 2$.
- 3.4. Цепь, состоящая из последовательно соединенных конденсатора и катушки с активным сопротивлением, подсоединена к генератору синусоидального напряжения, частоту которого можно менять, не изменяя его амплитуды. При частотах ω_1 и ω_2 амплитуды тока оказались одинаковыми. Определить резонансную частоту.
- 3.5. Плоская продольная волна с амплитудой $A = 0,1$ мм и длиной волны $\lambda = 10$ см распространяется в упругой среде с плотностью $\rho = 4$ г/см³ и модулем Юнга $E = 100$ ГПа. Найти максимальную скорость смещения частиц среды.
- 3.6. В трубе длиной $l = 1,2$ м находится воздух при температуре $T = 300$ К. Определить частоту основного тона (минимальную частоту возможных колебаний) в случае, если труба закрыта с одного из концов.
- 3.7. Плоская электромагнитная волна с частотой $\nu = 10$ МГц распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью $\sigma = 10$ мСм/м и диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 9$. Найти отношение амплитуд плотностей токов проводимости и смещения.
- 3.8. Найти период физического маятника, представляющего собой тонкое кольцо радиусом 25 см, по диаметру которого закреплен невесомый стержень. Ось вращения проходит на расстоянии, равном половине радиуса от центра кольца.
- 3.9. Гиря массой 1 кг подвешено на пружине жесткостью 20 Н/м и совершает затухающие колебания в некоторой среде с коэффициентом сопротивления 4 кг/с. Определить период затухающих колебаний.
- 3.10. Определить минимальное активное сопротивление при разрядке конденсатора емкости $C = 1,2$ нФ, при котором разряд будет аperiодическим, если индуктивность проводов $L = 3$ мкГн.
- 3.11. Какой должна быть добротность контура, чтобы частота, при которой наступает резонанс тока, отличалась от частоты, при которой наступает резонанс напряжения на конденсаторе, не более чем на 1%?
- 3.12. В воздухе при температуре $T = 300$ К распространяется звуковая волна с частотой $\nu = 1$ кГц. Амплитуда смещения частиц среды составляет $A = 0,25$ мм. Найти максимальное ускорение частиц среды.
- 3.13. Как и во сколько раз изменится частота основного тона натянутой струны, если ее длину уменьшить на 25 %, а силу натяжения увеличить на 44 %?
- 3.14. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, частота которой $\nu = 100$ МГц и амплитуда электрической составляющей $E_m = 50$ мВ/м. Найти среднее за период значение плотности потока энергии.

Модуль 2

Тема 4. Волновая оптика

- 4.1. Расстояние от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана равны соответственно $a = 25$ см и $b = 100$ см. Бипризма стеклянная ($n = 1,5$) с преломляющим углом $\theta = 6 \cdot 10^{-3}$ рад. Найти длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране $\Delta x = 0,55$ мм.
- 4.2. На мыльную пленку ($n = 1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине пленки *отраженный* свет с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?
- 4.3. На установке для наблюдения колец Ньютона был измерен в отраженном свете радиус третьего темного кольца ($k = 3$). Когда пространство между плоскопараллельной пластиной и линзой заполнили жидкостью, то тот же радиус стало иметь кольцо с номером, на единицу большим. Определить показатель преломления n жидкости.
- 4.4. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм и диафрагма с круглым отверстием радиусом $r = 1$ мм расположены на расстоянии $a = 1$ м друг от друга. На каком расстоянии должна быть расположена точка наблюдения, чтобы отверстие открывало три зоны Френеля.
- 4.5. На щель падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). За щелью помещена собирающая линза, в фокальной плоскости которой находится экран, удаленный от щели на $L = 1$ м. Ширина изображения щели на экране $b = 1$ см. Найти ширину щели.
- 4.6. Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм падает нормально на дифракционную решетку с периодом $d = 2,5$ мкм, содержащую $N = 10000$ штрихов. Найти угловую ширину максимума второго порядка.
- 4.7. Предельный угол полного внутреннего отражения на границе жидкости с воздухом $\alpha_{\text{пр}} = 43^\circ$. Под каким углом должен падать луч света из воздуха на поверхность этой жидкости, чтобы отраженный свет был полностью поляризован?
- 4.8. Если экран в опыте Юнга сместить на расстояние $\Delta l = 1$ м, то ширина интерференционных полос на экране увеличится на $\Delta b = 0,5$ мм. Определить расстояние d между двумя щелями, если длина волны λ , испускаемой источником монохроматического света равна $0,6$ мкм.
- 4.9. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинами положили тонкую проволочку, параллельную линии соприкосновения пластин и находящуюся на расстоянии $a = 75$ мм от нее. При освещении пластин монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм на верхней пластине наблюдаются интерференционные полосы. Определить диаметр проволочки, если на расстоянии $b = 30$ мм насчитывается $m = 16$ светлых полос.
- 4.10. Расстояние между вторым и первым темным кольцами Ньютона в отраженном свете $\Delta r_{2,1} = 1$ мм. Определить расстояние $\Delta r_{10,9}$ между десятым и девятым кольцами.
- 4.11. Плоская световая волна с длиной волны $\lambda = 0,7$ мкм падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом $r = 1,4$ мм. На каком максимальном расстоянии от диафрагмы может быть расположен экран, чтобы в центре дифракционной картины наблюдалось темное пятно?
- 4.12. На щель шириной $a = 0,1$ мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). За щелью помещена собирающая линза, в фокальной плоскости которой находится экран. Определить угловую ширину второго максимума (в минутах).
- 4.13. С помощью дифракционной решетки с периодом $d = 20$ мкм требуется разрешить дублет натрия ($\lambda_1 = 589,0$ нм и $\lambda_2 = 589,6$ нм) в спектре второго порядка. При какой наименьшей длине решетки это возможно?
- 4.14. Частично поляризованный свет с степенью поляризации $P = 0,8$ падает на поляризатор. Во сколько раз изменяется интенсивность прошедшего через поляризатор света при вращении поляризатора?

Тема 5. Квантовые свойства света и волновые свойства микрочастиц

- 5.1. Считая, что тепловые потери обусловлены только излучением, определить, какую мощность необходимо подводить к свинцовому шарiku диаметром $d = 2$ см, чтобы при температуре окружающей среды $T_0 = -13^\circ\text{C}$ поддерживать его температуру равной $T = 17^\circ\text{C}$. Поглощательная способность свинца $a = 0,6$.
- 5.2. При увеличении термодинамической температуры в два раза длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на $\Delta\lambda = 400$ нм. Найти начальную температуру тела.
- 5.3. Определить, до какого потенциала зарядится уединенный медный шарик ($A = 4,47$ эВ) при облучении его ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 140$ нм.
- 5.4. Фотон ($\lambda = 1$ пм) рассеялся на свободном электроны под углом $\theta = 60^\circ$. Какую долю (в %) своей энергии фотон передал электрону?
- 5.5. При каком значении кинетической энергии (в эВ) дебройлевская длина электрона равна его комптоновской длине волны λ_c ?
- 5.6. На узкую щель шириной $a = 1$ мкм направлен параллельный пучок электронов, имеющих скорость $v = 3,65$ Мм/с. Учитывая волновые свойства электронов, определить ширину центрального дифракционного максимума, полученного на экране, отстоящем от щели на расстояние $L = 10$ см.
- 5.7. Используя соотношение неопределенностей оценить низший энергетический уровень электрона в атоме водорода. Принять линейные размеры атома $l \approx 0,1$ нм.
- 5.8. Определить силу тока, протекающего по вольфрамовой проволоке диаметром $d = 0,8$ мм, температура которой в вакууме поддерживается равной $T = 2800^\circ\text{C}$. Поверхность проволоки принять серой с поглощательной способностью $a = 0,343$. Удельное сопротивление проволоки $\rho = 0,92$ мкОм·м.
- 5.9. Вследствие изменения температуры черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с $\lambda_1 = 2,4$ мкм на $\lambda_2 = 0,8$ мкм. Во сколько раз изменилась максимальная спектральная плотность энергетической светимости?
- 5.10. Для прекращения фотоэффекта с платиновой пластинки ($A_1 = 5,29$ эВ), нужно приложить задерживающую разность потенциалов $U_1 = 3,7$ В. Если платиновую пластинку заменить другой пластинкой, то задерживающую разность потенциалов придется увеличить до $U_2 = 6$ В. Определить работу A_2 выхода электронов с поверхности этой пластинки.
- 5.11. При рассеянии излучения на свободных электронах энергия электрона отдачи составляет 20 % от энергии падающего излучения. Длина волны рассеянного излучения составляет 1,5 пм. Определить длину волны падающего излучения.
- 5.12. Кинетическая энергия электрона равна удвоенному значению его энергии покоя. Вычислите длину волны де Бройля этого электрона.
- 5.13. На грань некоторого кристалла под углом $\alpha = 60^\circ$ к его поверхности падает параллельный пучок электронов, движущихся с одинаковой скоростью. Расстояние между атомными плоскостями кристалла $a = 0,2$ нм. Определить скорость электронов, если в этих условиях наблюдается максимум первого порядка.
- 5.14. Во сколько раз дебройлевская длина волны частицы меньше неопределенности ее координаты, которая соответствует неопределенности импульса в 1 %?

Тема 6. Квантовая механика, атомная и ядерной физика

6.1. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней $\Delta E_{n+1,n}$ к энергии E_n частицы в случае $n = 5$.

6.2. В одномерном «потенциальном ящике» шириной ℓ находится электрон. Вычислить вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале $\frac{1}{4}\ell$, равноудаленном от стенок «ящика».

6.3 При какой ширине d прямоугольного потенциального барьера коэффициент прозрачности D для электронов равен 0,02? Разность энергий $U - E = 5$ эВ.

6.4. Определить линейную скорость движения электрона на первом боровском уровне в ионе гелия He^+ .

6.5. Используя векторную модель атома, определить наименьший угол α , который может образовать вектор L момента импульса орбитального движения электрона в атоме с направлением внешнего магнитного поля. Электрон в атоме находится в f -состоянии.

6.6. Уран ^{234}U является продуктом распада наиболее распространенного изотопа урана ^{238}U . Определить период полураспада $T_{1/2}$ урана ^{234}U , если его массовая доля ω в естественном уране ^{238}U равна $6 \cdot 10^{-5}$. Период полураспада урана равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.

6.7. Ядерная реакция имеет вид $^6\text{Li} + ? \rightarrow ^9\text{Be} + ^4\text{He}$. Определить недостающий элемент и рассчитать энергию ядерной реакции.

6.8. Электрон находится в потенциальном ящике. Определить ширину l потенциальной ямы, если разность $\Delta E_{5,4}$ между пятым и четвертым энергетическими уровнями электрона составляет 2 эВ.

6.9. Волновая функция некоторой частицы имеет вид $\psi(r) = \sqrt{\frac{a^3}{\pi}} e^{-ar}$, где r – расстояние частицы от силового центра, $a = 10^8 \text{ м}^{-1}$. Определить среднее значение расстояния $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.

6.10. Вычислить коэффициент прохождения τ электрона с энергией $E = 81$ эВ через потенциальный барьер высотой $U = 80,75$ эВ.

6.11. Электрон в водородоподобном ионе находится на орбите радиуса $r = 119$ пм и имеет момент импульса $L = 3,17 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Найти порядковый номер элемента.

6.12. Найти квантовое число n , соответствующее возбужденному состоянию иона He^+ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5 и 30,4 нм.

6.13. Определите, какая часть (в %) радиоактивного изотопа $^{225}_{89}\text{Ac}$ распадается в течение 6 суток. Период полураспада 10 суток.

6.14. Ядерная реакция имеет вид $^{12}\text{C} + ^2\text{H} \rightarrow ? + ^{11}\text{B}$. Определить недостающий элемент и рассчитать энергию ядерной реакции.