Министерство образования и науки Российской Федерации

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

ФИЗИКА

Часть 2

Методические указания и задания к контрольной работе № 3

Под редакцией Л.А. Тепляковой

Томск 2011

Физика. Часть 2: методические указания и задания к контрольной работе № 3 / Сост. Ю.А. Грибов, В.Б. Каширин, В.П. Пашко, Н.Р. Сизоненко, Н.О. Солоницина, Л.А. Теплякова; под ред. Л.А. Тепляковой. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 35 с.

Рецензент профессор А.А. Клопотов
Редактор Е.Ю. Глотова

Методические указания и задачи к контрольной работе № 3 по дисциплине ЕН. Ф.3 «Физика» для студентов всех направлений заочной формы обучения.

Печатаются по решению методического семинара кафедры физики № 2 от 15.09.10 г.

<u>с 01.09.11</u>
до 01.09.16

Подписано в печать
Формат 60×84. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 1,84. Тираж 1000 экз. Заказ №

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА»
(Часть 2)

ВВЕДЕНИЕ

Электромагнетизм

Магнитное поле. Магнитная индукция. Закон Ампера. Магнитное поле тока. Закон Био – Савара – Лапласа и его применение к расчету магнитного поля. Магнитное поле прямолинейного проводника с током. Магнитное поле кругового тока. Магнитный момент витка с током. Вихревой характер магнитного поля. Закон полного тока (циркуляция вектора магнитной индукции) для магнитного поля в вакууме и его применение к расчету магнитного поля тороида и длинного соленоида. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Принцип действия циклических ускорителей заряженных частиц. Эффект Холла. Контур с током в магнитном поле. Магнитный поток. Теорема Остроградского – Гаусса. Работа перемещения проводника и контура с током в магнитном поле.

Явление электромагнитной индукции (опыты Фарадея). Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции и его вывод из закона сохранения энергии. Явление самоиндукции. Индуктивность. Токи при замыкании и размыкании цепи. Явление взаимной индукции. Взаимная индуктивность. Энергия системы проводников с током. Объемная плотность энергии магнитного поля.

Магнитное поле в веществе. Магнитные моменты атомов. Типы магнетиков. Намагниченность. Микро- и макротоки. Элементарная теория диа- и парамагнетизма. Магнитная восприимчивость вещества и её зависимость от температуры. Закон полного тока для магнитного поля в веществе. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость среды. Ферромагнетики. Опыты Столетова. Кривая намагничивания. Магнитный гистерезис. Точки Кюри. Домены. Спиновая природа ферромагнетизма.

Основы теории Максвелла для электромагнитного поля. Ток смещения. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в интегральной форме.

Электромагнитные колебания и волны

Гармонические электромагнитные колебания и их характеристики. Дифференциальное уравнение электромагнитных колебаний. Электрический колебательный контур. Энергия электромагнитных колебаний. Дифференциальное уравнение электромагнитных колебаний и его решение. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс. Электромагнитные волны. Дифференциальное уравнение электромагнитной волны. Основные свойства электромагнитных волн. Монохроматические волны. Энергия электромагнитных волн. Поток энергии. Вектор Умова – Пойтинга. Излучение диполя.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

Вариант	Номера задач					
1	311	321	331	341	351	361
2	312	322	332	342	352	362
3	313	323	333	343	353	363
4	314	324	334	344	354	364
5	315	325	335	345	325	365
6	316	326	336	346	356	366
7	317	327	337	347	357	367
8	318	328	338	348	358	368
9	319	329	339	349	359	369
0	320	330	340	350	360	370

1. ПОЛЕ ПРЯМОГО И КРУГОВОГО ТОКА

Основные формулы

1. Закон Био – Савара – Лапласа:

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi}\frac{\left[Id\vec{l}\cdot\vec{r}\right]}{r^3},$$

где μ_0 – магнитная постоянная ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м); μ – магнитная проницаемость среды; $d\vec{B}$ – магнитная индукция поля, создаваемого элементом длины проводника $d\vec{l}$ с током I; $\vec{r}$ – радиус-вектор, проведенный от начала элемента проводника $d\vec{l}$ к точке, в которой определяется магнитная индукция.

2. Модуль вектора $\left|d\vec{B}\right|$ выражается формулой

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\alpha}{r^2},$$

где α – угол между векторами $d\vec{l}$ и $\vec{r}$.

3. Связь вектора магнитной индукции $\vec{B}$ и напряженности магнитного поля $\vec{H}$

$$\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}.$$

4. Магнитная индукция поля, создаваемого бесконечно длинным прямолинейным проводником с током, на расстоянии R от него (рис. 1.1):

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi R}.$$

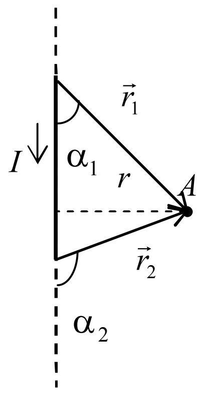


Рис. 1.1

5. Магнитная индукция поля, создаваемая отрезком проводника с током I

в точке A на расстоянии r от него, может быть определена по формуле

$$B_A = \frac{\mu\mu_0 I(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)}{4\pi r}.$$

6. Магнитная индукция в центре кругового витка с током

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R},$$

где R – радиус витка.

7. Магнитная индукция на оси кругового витка с током на расстоянии a от его плоскости:

$$B = \frac{\mu\mu_0 IR^2}{2\left(R^2 + a^2\right)^{3/2}}.$$

8. Магнитная индукция поля, создаваемого длинным соленоидом в средней его части,

$$B = \mu\mu_0 nI = \frac{\mu\mu_0 NI}{\ell},$$

где n – число витков, приходящихся на единицу длины соленоида; I – сила тока в соленоиде; N – число витков соленоида; ℓ – длина соленоида.

9. Магнитная индукция поля на оси соленоида конечной длины:

$$B = \frac{\mu\mu_0}{2} In\left(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1\right),$$

где α_1, α_2 – углы между осью соленоида и радиусом-вектором, проведенным из рассматриваемой точки к концам соленоида.

Пример. Катушка длиной $\ell = 30$ см имеет $N = 1000$ витков. Найти напряженность H магнитного поля внутри катушки, если по катушке проходит ток $I = 2$ А. Диаметр катушки считать малым по сравнению с её длиной.

Дано:	Решение:
$\ell = 30$ см $N = 1000$ витков $I = 2$ А	
$H - ?$	

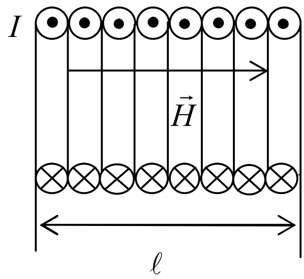


Рис. 1.2. Направление магнитного поля в соленоиде (в разрезе)

По условию задачи диаметр катушки намного меньше ее длины, тогда катушку можно считать бесконечно длинным соленоидом, для которого

$$H = n \cdot I = \frac{N \cdot I}{\ell},$$

так как
$$n = \frac{N}{\ell},$$

где n – число витков, приходящихся на единицу длины соленоида; I – сила тока в соленоиде; ℓ – длина соленоида.

Подставим числовые значения и получим величину напряженности внутри катушки:

$$H = \frac{N \cdot I}{\ell} = \frac{1000 \cdot 2}{0{,}3} = 6666{,}6 \left(\frac{A}{\text{м}}\right) = 6{,}67 \left(\frac{\text{к}A}{\text{м}}\right).$$

Ответ: $H = 6{,}67\ \frac{\text{к}A}{\text{м}}$.

ЗАДАЧИ

311. Найти напряженность H магнитного поля в точке, отстоящей на расстоянии $R = 2$ м от бесконечного длинного проводника, по которому течет ток $I = 5$ А. [$H = 398$ А/м]

312. Определите магнитную индукцию в центре кругового проволочного витка радиусом $R = 10$ см, по которому течет ток $I = 1$ А. [$B = 6{,}28$ мкТл]

313. Определите магнитную индукцию на оси тонкого проволочного кольца радиусом $R = 5$ см, по которому течет ток $I = 10$ А, в точке A, расположенной на расстоянии $a = 10$ см от центра кольца. [$B = 11{,}2$ мкТл]

314. Определите магнитную индукцию на оси тонкого проволочного кольца радиусом $R = 10$ см, в точке A, расположенной на расстоянии $a = 20$ см от центра кольца, если в центре кольца магнитная индукция $B = 50$ мкТл.
[$B_A = 4{,}47$ мкТл]

315. Напряженность магнитного поля в центре кругового витка $H_0 = 64$ А/м. Радиус витка $R = 11$ см. Найти напряженность H магнитного поля на оси витка на расстоянии $d = 10$ см от его плоскости. [$H = 25{,}7$ А/м]

316. Найти напряженность H магнитного поля, создаваемого отрезком AB прямолинейного проводника с током, в точке C, расположенной на перпендикуляре к середине этого отрезка на расстоянии 5 см от него, если по проводнику течет ток $I = 20$ А. Отрезок AB проводника виден из точки C под углом 60º. [$H = 31{,}8\ \dfrac{А}{м}$]

317. Обмотка катушки сделана из проволоки диаметром $d = 0{,}8$ мм. Витки плотно прилегают друг к другу. Считая катушку достаточно длинной, найти напряженность H

магнитного поля внутри катушки при силе токе $I = 1$ А. [$H = 1{,}25\ \dfrac{\text{кА}}{\text{м}}$]

318. Кольцо из тонкого провода содержит 80 витков. Радиус кольца 20 см. Определить напряженность H магнитного поля в центре кольца, если по проводу течет ток 0,6 А. [$H = 120\ \dfrac{A}{\text{м}}$]

319. Найти магнитную индукцию в центре тонкого кольца, по которому течет ток $I = 10$ А. Радиус кольца равен 5 см. [$B = 1{,}3 \cdot 10^{-5}$ Тл]

320. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток $I = 50$ А. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на расстояние $a = 5$ см от проводника. [$B = 2 \cdot 10^{-4}$ Тл]

2. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Основные формулы

1. Вектор магнитной индукции $\vec{B}$ поля, созданного несколькими проводниками с током, равен:

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^{n} \vec{B}_i,$$

где n – число проводников с током; $\vec{B}_i$ – вектор магнитной индукции поля i-го проводника.

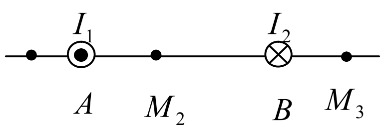
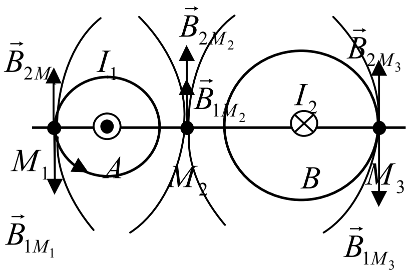


Рис. 2.1

Пример. На рис. 2.1 изображены сечения двух прямолинейных бесконечно длинных проводников с токами. Расстояние между проводниками AB = 10 см, токи I_1 = 20 А, I_2 = 30 А. Найти магнитные индукции поля, созданного этими токами в точках M_1, M_2, M_3. Расстояния M_1A = 2 см, AM_2 = 4 см и BM_3 = 3 см. Проводники находятся в вакууме.

Дано:	Си:	Решение:
$AB = 10$ см $I_1 = 20$ А $I_2 = 30$ А $M_1A = 2$ см $AM_2 = 4$ см $BM_3 = 3$ см	$AB = 0{,}1$ м $M_1A = 0{,}2$ м $AM_2 = 0{,}4$ м $BM_3 = 0{,}3$ м	
B_{M1} – ? B_{M2} – ? B_{M3} – ?		Рис. 2.2

В каждой из точек M_1, M_2 и M_3 существуют два магнитных поля. Они созданы токами I_1 и I_2. Согласно принципу суперпозиции вектор $\vec{B}$ суммарного поля в каждой из точек M_1 и M_3 равен $\vec{B}_i = \vec{B}_{1M_i} + \vec{B}_{2M_i}$, где $\vec{B}_{1M_i}$ и $\vec{B}_{2M_i}$ – векторы магнитной индукции полей, созданных рассматриваемыми токами в i-й точке (i = 1, 2 и 3). Построим линии магнитной индукции этих полей в точках M_1, M_2, и M_3 (см. рис. 2.2).

Как видно из этого рисунка, в точке M_1 векторы $\vec{B}_{1M_1}$ и $\vec{B}_{2M_1}$ направлены в противоположные стороны. Следовательно, величина магнитной индукции в точке M_1 будет равна разности модулей векторов $\vec{B}_{1M_1}$ и $\vec{B}_{2M_1}$. Модули этих векторов найдем по формуле для поля бесконечно длинного прямолинейного проводника с током (см. п. 1):

$$B_{1M_1} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi M_1 A}, \;\; B_{2M_1} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi AB}.$$

Тогда получим

$$B_{M_1} = \frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{I_1}{M_1 A} - \frac{I_2}{AB}\right).$$

Проверим единицы измерения:

$$\left[B_{M_1}\right] = \left[\mu_0\right]\left(\frac{\left[I_1\right]}{\left[M_1\right]} - \frac{\left[I_2\right]}{\left[AB\right]}\right) = \frac{\text{Гн}}{\text{м}}\left(\frac{\text{А}}{\text{м}} - \frac{\text{А}}{\text{м}}\right) = \frac{\text{Гн}\cdot\text{А}}{\text{м}^2} = \text{Тл}.$$

Произведем вычисления:

$$B_{M_1} = \frac{4\pi\cdot 10^{-7}}{2\pi}\left(\frac{20}{0{,}02} - \frac{30}{0{,}01}\right) = 2\cdot 10^{-7}\cdot 700 = 1{,}4\cdot 10^{-4}\,(\text{Тл}).$$

В точке M_2 векторы $\vec{B}_{1M_2}$ и $\vec{B}_{2M_2}$ направлены в одну сторону и, следовательно, величина вектора $\vec{B}_{M_2}$ равна:

$$B_{M_2} = B_{1M_2} + B_{2M_2}.$$

Учтем, что

$$B_{1M_2} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi\cdot AM_2}; \;\; B_{2M_2} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi\cdot\left(AB - AM_2\right)}.$$

Тогда

$$B_{M_2} = \frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{I_1}{AM_2} + \frac{I_2}{AB - AM_2}\right).$$

Произведем вычисления:

$$B_{M_2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi}\left(\frac{20}{0,04} + \frac{30}{0,06}\right) = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{3} = 2 \cdot 10^{-4}\,(\text{Тл}).$$

В точке M_3 векторы $\vec{B}_{1M_3}$ и $\vec{B}_{2M_3}$ направлены противоположно друг другу, следовательно

$$B_{M_3} = \left|B_{1M_3} - B_{2M_3}\right|;$$

$$B_{1M_3} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi\left(AB + BM_3\right)};$$

$$B_{2M_3} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi BM_3}.$$

Величина вектора $\vec{B}_{M_3}$ равна:

$$B_{M_3} = \frac{\mu_0}{2\pi}\left|\frac{I_1}{AB + BM_3} - \frac{I_2}{BM_3}\right|.$$

Произведем вычисления

$$B_{M_3} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi}\left(\frac{20}{0,13} - \frac{30}{0,03}\right) = 2 \cdot 10^{-7}\left|153,8 - 1000\right| \approx 1,7 \cdot 10^{-7}\,(\text{Тл}).$$

Ответ: $B_{M_1} = 1,4 \cdot 10^{-4}\,(\text{Тл})$; $B_{M_2} = 2 \cdot 10^{-4}\,(\text{Тл})$; $B_{M_3} = 1,7 \cdot 10^{-7}\,(\text{Тл})$.

ЗАДАЧИ

321. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно и находятся во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 2.3). Найти магнитные индукции B_1 и B_2 полей, созданных точками $I_1 = 4$ А,

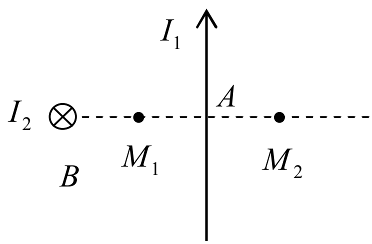


Рис. 2.3

$I_2 = 5$ А. Расстояние $AM_1 = AM_2 = 2$ см, $AB = 5$ см. Проводники находятся в вакууме. [$B_{M_1} = 5{,}2 \cdot 10^{-7}$ Тл, $B_{M_2} = 4{,}2 \cdot 10^{-7}$ Тл]

322. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг другу и находятся в одной плоскости (рис. 2.4). Найти величину магнитной индукции в точках M_1 и M_2, если токи $I_1 = 2$ А, $I_2 = 3$ А. Расстояния $AM_1 = AM_2 = 1$ см и $BM_1 = CM_2 = 2$ см. Проводники находятся в вакууме.
[$B_{M_1} = 1 \cdot 10^{-5}$ Тл, $B_{M_2} = 7 \cdot 10^{-7}$ Тл]

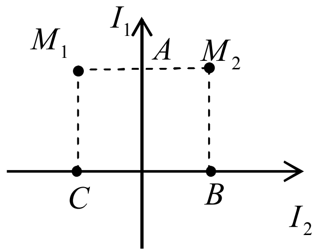


Рис. 2.4

323. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг другу и находятся во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 2.5). Найти магнитные индукции B_1 и B_2 полей, созданных токами $I_1 = 2$ А, $I_2 = 3$ А. Расстояния $AM_1 = AM_2 = 1$ см и $AB = 5$ см. Проводники находятся в вакууме.
[$B_{M_1} = 7{,}4 \cdot 10^{-5}$ Тл, $B_{M_2} = 1{,}9 \cdot 10^{-4}$ Тл]

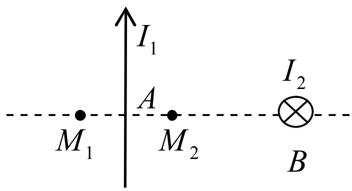


Рис. 2.5

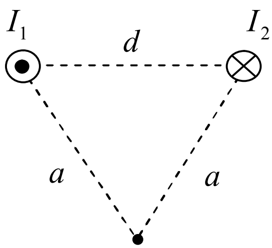


Рис. 2.6

324. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены параллельно на расстоянии d = 10 см друг от друга

(рис. 2.6). По проводникам текут токи $I_1 = I_2 = 5$ А в противоположных направлениях. Найти модуль и направление вектора магнитной индукции в точке, находящейся на расстоянии $a = 10$ см от каждого проводника. Проводники находятся в вакууме. [$B = 2\cdot10^{-6}$ Тл]

325. Прямолинейный бесконечно длинный проводник с током $I_1 = 2$ А и круговой проводник с током $I_2 = 4$ А расположены так, как показано на рис. 2.7. Расстояния $AB = BC = 5$ см. Найти модуль и направление вектора магнитной индукции в точке *C*. Проводники находятся в вакууме. [$B_C = 4{,}2\cdot10^{-7}$ Тл]

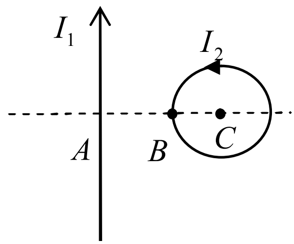


Рис. 2.7

326. Прямолинейный бесконечно длинный проводник с током $I_1 = 4$ А и круговой проводник с током $I_2 = 3$ А расположены так, как показано на рис. 2.8. Расстояния $AB = BC = 4$ см. Найти модуль и направление вектора магнитной индукции в точке *C*. Проводники находятся в вакууме.
[$B_C = 5{,}8\cdot10^{-7}$ Тл]

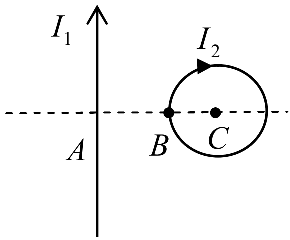


Рис. 2.8

327. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг другу и находятся в одной плоскости (рис. 2.9). Найти величину магнитной

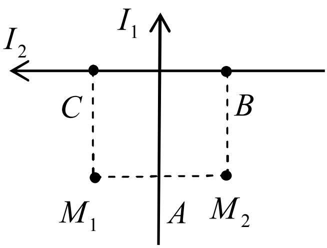


Рис. 2.9

индукции в точках M_1 и M_2, если токи $I_1 = 4$ А, $I_2 = 5$ А. Расстояния $AM_1 = AM_2 = 2$ см и $BM_1 = CM_2 = 3$ см. Проводники находятся в вакууме.
[$B_{M_1} = 7{,}3 \cdot 10^{-7}$ Тл, $B_{M_2} = 4{,}6 \cdot 10^{-7}$ Тл]

328. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены параллельно на расстоянии $AB = 10$ см друг от друга (рис. 2.10). По проводникам текут токи $I_1 = I_2 = 2$ А в одном направлении. Найти модуль и направление вектора магнитной индукции в точке, находящейся на расстоянии 10 см от каждого проводника ($AM = BM = 10$ см). Проводники находятся в вакууме.
[$B_{M_1} = 7{,}3 \cdot 10^{-7}$ Тл, $B_{M_2} = 4{,}6 \cdot 10^{-7}$ Тл]

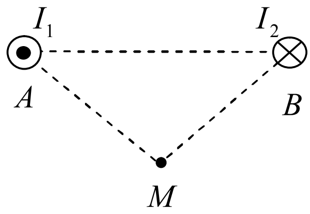


Рис. 2.10

329. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг другу и находятся в одной плоскости (рис. 2.11). Найти величину магнитной индукции в точках M_1 и M_2, если токи $I_1 = 4$ А, $I_2 = 2$ А. Расстояния $AM_1 = BM_2 = 1$ см и $DM_1 = CM_2 = 2$ см. Проводники находятся в вакууме.
[$B_{M_1} = 7{,}3 \cdot 10^{-7}$ Тл, $B_{M_2} = 4{,}6 \cdot 10^{-7}$ Тл]

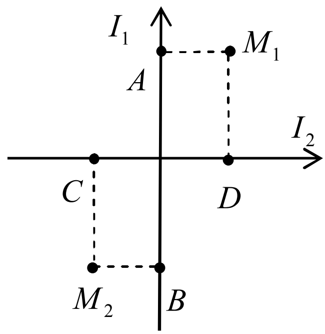


Рис. 2.11

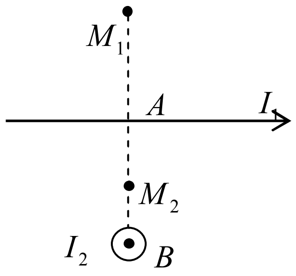


Рис. 2.12

330. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг другу и находятся во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 2.12). Найти магнитные индукции B_1 и B_2 полей, созданных токами $I_1 = 2$ А, $I_2 = 3$ А в точках M_1 и M_2. Расстояния $AM_1 = AM_2 = 3$ см и $AB = 6$ см. Проводники находятся в вакууме.

[$B_{M_1} = 2 \cdot 10^{-7}$ Тл, $B_{M_2} = 2{,}4 \cdot 10^{-7}$ Тл]

3. СИЛА АМПЕРА

Основные формулы

1. Закон Ампера

$$d\vec{F} = I\left[d\vec{\ell} \cdot \vec{B}\right],$$

где $d\vec{F}$ – сила, действующая на элемент $d\vec{\ell}$ проводника с током I, помещенного в магнитное поле с индукцией $\vec{B}$.

2. Модуль силы Ампера

$$dF = I \cdot B \cdot d\ell \cdot \sin\alpha,$$

где α – угол между векторами $d\vec{\ell}$ и $\vec{B}$.

Если находится прямолинейный проводник длиной ℓ в однородном магнитном поле, то на него действует сила F, равная

$$F = I \cdot \ell \cdot B \cdot \sin\alpha,$$

где α – угол между вектором B и направлением тока.

3. Сила взаимодействия двух прямолинейных бесконечно длинных параллельных проводников с токами I_1 и I_2, рассчитанная на единицу длины проводников

$$F = \frac{\mu_0 \mu \cdot I_1 I_2}{4\pi d},$$

где d – расстояние между проводниками.

Пример. По горизонтальному проводу течет ток I_1 = 10 А. Под ним на расстоянии d = 1,5 см находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому проходит ток I_2 = 1,5 А. Какова должна быть площадь поперечного сечения алюминиевого провода, чтобы он удерживался незакрепленным? Плотность алюминия $\rho = 2{,}7$ г/см^3.

Дано:	Решение:
$I_1 = 10$ А $I_2 = 1{,}5$ А $d = 1{,}5\cdot10^{2}$ м $\rho = 2{,}7\cdot10^{3}$ кг/м^3 $m = 1$	Так как алюминиевый провод не закреплен и находится в равновесии, сумма всех сил, действующих на провод, равна нулю. На провод действует сила тяжести, направленная вниз $F_g = mg$, где m – масса тела; g – ускорение силы тяжести. Ее уравновешивает сила Ампера, направленная вверх. Сила притяжения двух проводников, как указано выше, равна:
S – ?	

$$F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi d}.$$

Масса алюминиевого провода может быть выражена как $m = \rho g V$, где ρ – плотность алюминия; V – объём провода. Проводник представляет собой цилиндр, и его объём равен $V = lS$. Таким образом, сила тяжести может быть записана как

$F_g = \rho l S g$. Приравнивая силы F_g и F получаем следующее выражение для площади поперечного сечения провода:

$$S = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d \rho g}.$$

Произведем вычисления:

$$S = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 10 \cdot 1{,}5}{2\pi \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot 2{,}7 \cdot 10^{3} \cdot 9{,}8} = 7{,}4 \cdot 10^{-9}\ (\text{м}^2).$$

Ответ: $S = 7{,}4 \cdot 10^{-9}\ (\text{м}^2)$.

ЗАДАЧИ

331. В магнитном поле с индукцией B = 0,2 Тл находится проводник длиной l = 15 см, по которому течет ток I = 5 А. На проводник действует сила F = 0,13 Н. Определите угол между направлениями тока и вектором магнитной индукции. [60°]

332. Прямой провод, по которому течет ток I = 1 кА расположен в магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. С какой силой F действует поле на единицу длины провода (l = 1 м), если магнитная индукция B = 1 Тл? [$F_A = 10^3$ Н]

333. Два бесконечных прямолинейных параллельных проводника с одинаковыми токами, текущими в одном направлении, находятся на расстоянии d. Чтобы их раздвинуть до расстояния $2d$, на каждый сантиметр длины проводника затрачивается работа A = 138 нДж. Определите силу тока в проводниках. [10 А]

334. Два параллельных бесконечно длинных проводника находятся на расстоянии d_1 = 10 см друг от друга. По проводникам в одном направлении текут токи I_1 = 20 А, I_2 = 30 А. Какую работу на единицу длины проводника A_l нужно совершить, чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния d_2 = 20 см? [$83 \cdot 10^{-6}$Дж/м]

335. По проводу длиной $l = 70$ см, помещенному перпендикулярно направлению магнитного поля с индукцией $B = 0{,}1$ Тл, течет ток $I = 70$ А. Найти силу F, действующую на провод. [4,9 Н]

336. Два параллельных проводника находятся на некотором расстоянии друг от друга. По проводникам в одном направлении текут одинаковые токи. Найти токи в каждом проводнике, если при разведении их на вдвое большее расстояние совершается работа (на единицу длины проводника) $A_l = 55$ мкДж/м. [20 А]

337. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми $d = 20$ см, текут токи $I_1 = 40$ А, и $I_2 = 80$ А, в одном направлении. Определите магнитную индукцию B в точке A, удаленной от первого проводника на $r_1 = 12$ см и от второго – на $r_2 = 16$ см. [120 мкТл]

338. По двум параллельным проводникам длиной $l = 2{,}5$ м каждый текут одинаковые токи $I = 10^3$ А. Расстояние между проводами $d = 20$ см. Вычислить силу взаимодействия токов. [2,6 Н]

339. По двум параллельным проводникам длиной $l = 1$ м каждый текут одинаковые токи. Расстояние между проводами $d = 1$ см. Сила взаимодействия токов $F = 1$ кН. Какова сила тока в проводах? [7,1 А]

340. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми $d = 15$ см, текут токи $I_1 = 70$ А, и $I_2 = 50$ А в противоположных направлениях. Определите магнитную индукцию B в точке, удаленной от первого проводника на $r_1 = 20$ см и от второго – на $r_2 = 30$ см. [142,8 мкТл]

4. СИЛА ЛОРЕНЦА

Основные формулы

На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, со стороны этого поля действует сила Лоренца:

$$\vec{F}_{Л} = q\left[\vec{v}\vec{B}\right], \qquad (4.1)$$

где q – величина электрического заряда частицы; $\vec{v}$ – скорость его движения; $\vec{B}$ – вектор магнитной индукции.

Величина силы Лоренца, соответственно (4.1), определяется по формуле

$$F_{Л} = qv \cdot B \sin\alpha,$$

где α – угол между вектором скорости $\vec{v}$ и вектором магнитной индукции $\vec{B}$.

Пример. Протон, обладая скоростью $v = 10^6$ м/с, влетает в однородное магнитное поле под углом $a = 60°$ к направлению поля и начинает двигаться по спирали. Напряженность магнитного поля $H = 1{,}5$ кА/м. Определить шаг спирали и радиус витка спирали.

Дано:	Решение:
$q = e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг $v = 10^{-6}$ м/с $\alpha = 60°$ $H = 1{,}5 \cdot 10^3 \ \dfrac{A}{м}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м	На протон, движущийся со скоростью $\vec{v}$ в магнитном поле, действует сила Лоренца $$\vec{F}_{Л} = q\left[\vec{v}\vec{B}\right]. \qquad (4.1)$$ Величина силы Лоренца равна $$F_{Л} = qv \cdot B \sin\alpha,$$
h – ? R – ?	где α – угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$. Спроецируем вектор $\vec{v}$ на оси x и y (рис. 4.1, *а*). Тогда: $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$.

Согласно правилу векторного произведения $\vec{F}_{Л}$ направлен перпендикулярно векторам $\vec{v}_x$ и $\vec{B}$. Следовательно, в направлении оси протон движется равномерно и прямолинейно (по I закону Ньютона). Поскольку сила Лоренца перпендикулярна $\vec{v}_y$ (рис. 4.1, *б*), то она не меняет величину $\vec{v}$, а изменяет её направление и является центростремительной силой. В результате этого протон вращается в плоскости, перпендикулярной $\vec{B}$ (или оси x).

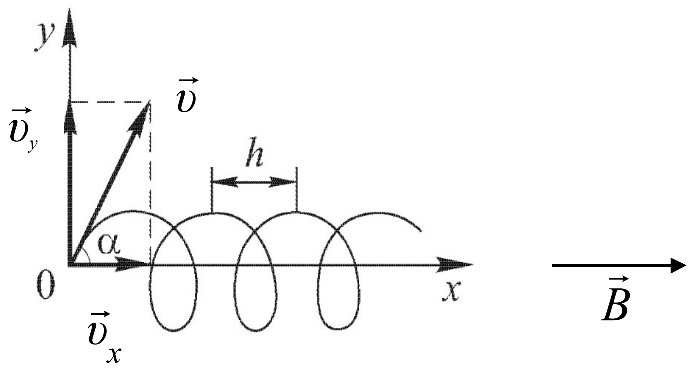


Рис. 4.1, *а*

Таким образом, протон одновременно участвует в двух движениях: вращение и прямолинейное равномерное движение по оси *x,* и, как следствие, траектория движения протона представляет собой спираль с постоянным шагом.

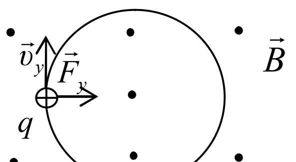


Рис. 4.1, *б*

Согласно второму закону Ньютона

$$a_{\text{ц}} = \frac{F_{\text{Л}}}{m}, \tag{4.2}$$

где $a_{\text{ц}}$ – центростремительное ускорение протона.

$$a_{\text{ц}} = \frac{v_y^2}{R}; \tag{4.3}$$

$$F_{\text{Л}} = qv_y B. \qquad (4.4)$$

Подставим (4.3) и (4.4) в уравнение (4.2):

$$\frac{mv_y^2}{R} = qv_y B.$$

Отсюда

$$R = \frac{mv_y}{qB}, \qquad (4.5)$$

где $v_y = v \sin \alpha$.

Используя уравнение кинематики для равномерного вращения материальной точки (здесь – протона) получим формулу, позволяющую найти период вращения T:

$$2\pi R = v_y T. \qquad (4.6)$$

Отсюда

$$T = \frac{2\pi R}{v_y}. \qquad (4.7)$$

После подстановки (4.5) в (4.7) получим:

$$T = \frac{2\pi m}{qB}. \qquad (4.8)$$

Далее найдем шаг h спирали, используя уравнение кинематики равномерного прямолинейного движения:

$$h = v_x T, \qquad (4.9)$$

где $v_x = v \cos \alpha$; T – период вращения протона.

Подставим (4.8) в (4.9):

$$h = \frac{2\pi m v_x}{qB} = \frac{2\pi m v \cos \alpha}{qB}.$$

Произведем вычисления:

$$R = \frac{mv \sin \alpha}{qB} = \frac{1{,}67 \cdot 10^{-27} \cdot 10^{6} \sqrt{3}}{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{3}} = 4{,}8 \text{ (м)},$$

где $B = \mu_0 H$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

$$h = \frac{2\pi m\upsilon \cos\alpha}{eB} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27} \cdot 10^{6} \cdot 0{,}5}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{3}} = 17{,}4 \text{ (м)}.$$

Ответ: $R = 4{,}8$ м, $h = 17{,}4$ м.

ЗАДАЧИ

341. В однородном магнитном поле с индукцией B = 10 Тл движется электрон по окружности. Определите угловую скорость вращения электрона. [$\omega = 1{,}76 \cdot 10^{12}$ рад/с]

342. Электрон движется в однородном магнитном поле с магнитной индукцией B = 4 мТл по винтовой линии. Определить скорость электрона, если шаг винтовой линии h = 10 см, а радиус R = 5 см. [$\upsilon = 37$ мм/с]

343. Пучок заряженных частиц двигается перпендикулярно однородным электрическому (E = 50 кВ/м) и магнитному (B = 0,1 Тл) полям, скрещенным под прямым углом. Определить, при какой скорости пучок заряженных частиц не отклоняется. [υ = 0,5 Мм/с]

344. Поток, ускоренный разностью потенциалов U = 500 В, движется по окружности в однородном магнитном поле с магнитной индукцией B = 2 мТл. Определите радиус окружности. [R = 1,61 м]

345. Электрон, ускоренный разностью потенциалов U = 400 В, движется по окружности в однородном магнитном поле с магнитной индукцией B = 1,5 мТл. Определить частоту n вращения электрона и радиус R окружности.
[R = 45 мм; $n = 4{,}2 \cdot 10^{7}$ 1/с]

346. Электрон, движущийся со скоростью υ, влетел в однородное магнитное поле под углом 30° к направлению ли-

ний индукции магнитного поля. Определите радиус витка спирали, по которой будет двигаться электрон, если шаг спирали 1,1 см. [$R = 10^{-3}$ м]

347. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией B = 0,1 Тл перпендикулярно линиям индукции. Определить силу F, действующую на электрон со стороны поля, если радиус R кривизны траектории равен 0,5 см. [$F_л = 1{,}4\ \pi H$].

348. Заряженная частица с энергией E = 1 кэВ движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом R = 1 мм. Найти силу F, действующую на частицу со стороны поля.
[$F_л = 0{,}32\ \pi H$].

349 Заряженная частица, обладающая скоростью $2\cdot10^6$ м/с, влетела в однородное магнитное поле с индукцией B = 0,52 Тл. Найти отношение q/m заряда частицы к её массе, если частица в поле описала дугу окружности радиусом R = 4 см.
[q/m = 96,15 Мкл/кг]

350. Электрон движется в магнитном поле с индукцией B = 0,02 Тл по окружности радиуса R = 1 см. Определите кинетическую энергию электрона. [E = 0,563 фДж]

5. ПОТОК ВЕКТОРА МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

Основные формулы

1. В случае однородного магнитного поля и плоской поверхности магнитный поток Ф равен

$$\Phi = \left(\vec{B}\cdot\vec{S}\right),$$

или $\Phi = B\cdot S\cos\alpha$, где S – площадь контура; $\vec{B}$ – вектор магнитной индукции; α – угол между нормалью к плоскости контура и вектором магнитной индукции.

2. В случае неоднородного поля и произвольной поверхности

$$\Phi = \int_S \left(\vec{B} d\vec{S}\right),$$

(интегрирование ведётся по всей поверхности).

3. Потокосцепление (полный поток)

$$\psi = N \cdot \Phi.$$

Эта формула верна для соленоида и тороида с равномерной намоткой плотно прилегающих друг к другу N витков.

4. Работа по перемещению замкнутого контура в магнитном поле

$$A = I \cdot \Delta\Phi.$$

5. ЭДС индукции

$$\varepsilon_i = -\frac{d\psi}{dt}.$$

6. Индуктивность контура

$$L = \frac{\Phi}{I}.$$

7. ЭДС самоиндукции $\varepsilon_{Si} = -L\dfrac{dI}{dt}.$

8. Индуктивность соленоида:

$$L = \mu\mu_0 n^2 V,$$

где n – отношение витков соленоида к его длине; V – объем соленоида; μ_0 – магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ Гн/м; μ – магнитная проницаемость вещества.

Пример 1. Магнитный поток, пронизывающий соленоид, равен Ф = 80 мкВб. Сила тока I, протекающего по обмотке, равна 6 А. Индуктивность соленоида L = 8 мГн. Сколько витков N содержит соленоид?

Дано:	Решение:
$\Phi = 80\cdot10^{-6}$ Вб $I = 6$ А $L = 8\cdot10^{-3}$ Гн	Между магнитным потоком и силой тока существует связь $\psi = L\cdot I$, где $\psi = N\cdot\Phi$ – потокосцепление (полный поток):
$N - ?$	$$N\cdot\Phi = L\cdot I,\ \ N = \frac{L\cdot I}{\Phi},$$

$$[N] = \frac{\text{В}\cdot\text{с}}{\text{А}}\frac{\text{А}}{\text{Вб}} = \frac{\text{В}\cdot\text{с}}{\text{Тл}\cdot\text{м}^2} = \frac{\text{В}\cdot\text{с}\cdot\text{А}\cdot\text{м}}{\text{Н}\cdot\text{м}^2} = \frac{\text{Дж}}{\text{Н}\cdot\text{м}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}} = 1,$$

$$N = 600.$$

Ответ: $N = 600$.

Пример 2. Магнитный поток $\Phi = 40$ мВб пронизывает замкнутый контур. Определить среднее значение ЭДС индукции $\langle\varepsilon_i\rangle$, возникающей в контуре, если магнитный поток изменится до нуля за время $\Delta t = 2$ мс.

Дано:	Решение:
$\Phi_1 = 40$ мВб $= 40\cdot10^{-3}$ Вб $\Phi_2 = 0$ $\Delta t = 2$ мс $= 2\cdot10^{-3}$ с	При выключении тока изменится магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур от Φ_1 до Φ_2. Согласно закону Фарадея для электромагнитной индукции, в контуре наводится ЭДС индукции:
$\langle\varepsilon_i\rangle - ?$	

$$\langle\varepsilon_i\rangle = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

Произведем вычисления

$$\langle \varepsilon_i \rangle = \frac{40 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} 20 \ (\text{В}).$$

Проверим единицы измерения

$$[\varepsilon_i] = \frac{\text{Вб}}{\text{с}} = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\text{Кл} \cdot \text{с}} = \text{В}.$$

Ответ: $\langle \varepsilon_i \rangle = 20$ В.

ЗАДАЧИ

351. Найти магнитный поток Ф, создаваемый соленоидом сечением $S = 10$ см^2, если он имеет $n = 10$ витков на каждый сантиметр его длины при силе тока $I = 20$ А. [25,2 мкВб]

352. Плоский контур, площадь S которого 25 см^2, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0{,}04$ Тл. Определить магнитный поток Ф, пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол $\beta = 30^\circ$ с линиями индукции. [50 мкВб]

353. Прямой провод длиной $\ell = 40$ см движется в однородном магнитном поле со скоростью $\upsilon = 5$ м/с перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов U между концами провода равна 0,6 В. Вычислить индукцию B магнитного поля. [0,3 Тл]

354. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл находится прямой провод длиной $\ell = 20$ см, концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление R всей цепи равно 0,1 Ом. Найти силу F, которую нужно приложить к проводу, чтобы пе-

ремещать его перпендикулярно линиям индукции со скоростью $\upsilon = 2{,}5$ м/с. [1Н]

355. По катушке индуктивностью $L = 0{,}03$ мГн течет ток $I = 0{,}6$ А. При размыкании цепи сила тока изменяется практически до нуля за время $\Delta t = 120$ мкс. Определить среднюю ЭДС самоиндукции $\langle \varepsilon_i \rangle$, возникающую в контуре. [0,15 В]

356. С помощью реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке на $\Delta I = 0{,}1$ А за $\Delta t = 1$ с. Индуктивность L катушки равна 0,01 Гн. Найти среднее значение ЭДС самоиндукции $\langle \varepsilon_i \rangle$. [1 мВ]

357. Индуктивность L соленоида длиной $\ell = 1$ м, намотанного в один слой на немагнитный каркас, равна 1,6 мГн. Площадь S сечения соленоида равна 20 см^2. Определить число n витков на каждом сантиметре длины соленоида. [8 витков на 1 см]

358. Соленоид индуктивностью $L = 4$ мГн содержит $N = 600$ витков. Определить магнитный поток Ф, если сила тока I, протекающего по обмотке, равна 12 А. [80 мкВб]

359. Соленоид, площадь S сечения которого равна 5 см^2, содержит $N = 1200$ витков. Индукция B магнитного поля внутри соленоида при силе тока $I = 2$ А равна 0,01 Тл. Определить индуктивность L соленоида. [3 мГн]

360. Соленоид содержит $N = 1000$ витков. Площадь S сечения сердечника равна 10 см^2. По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией $B = 1{,}5$ Тл. Найти среднюю ЭДС индукции $\langle \varepsilon_i \rangle$, возникающей в соленоиде, если ток уменьшится до нуля за время $t = 500$ мкс. [3 кВ]

6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Основные формулы

1. Электромагнитные колебания в колебательном контуре без активного сопротивления являются незатухающими, и уравнение колебаний имеет вид

$$\frac{d^2q}{dt^2}+\omega_0^2 q=0, \tag{6.1}$$

где q – электрический заряд; ω_0 – собственная частота контура:

$$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}, \tag{6.2}$$

где L – индуктивность контура; C – электроемкость контура.

2. Период незатухающих колебаний, возникающих в колебательном контуре, выражается формулой Томсона:

$$T=2\pi\sqrt{LC}. \tag{6.3}$$

3. Решением уравнения (6.1) является функция:

$$q=q_0\cos(\omega t+\varphi_0), \tag{6.4}$$

где q_0 – амплитуда колебаний заряда на конденсаторе; φ_0 – начальная фаза колебаний.

4. Уравнение затухающих колебаний имеет вид

$$\frac{d^2q}{dt^2}+2\beta\frac{dq}{dt}+\omega_0^2 q=0, \tag{6.5}$$

где β – коэффициент затухания

$$\beta=\frac{R}{2L}, \tag{6.6}$$

где R – активное сопротивление колебательного контура.

При условии $\beta^2 < \omega_0^2$, т. е. $\frac{R^2}{4L^2} < \frac{1}{L \cdot C}$ решение уравнения (6.5) имеет вид

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0, \tag{6.7}$$

где β – коэффициент затухания $\beta = \frac{R}{2L}$.

При условии $\beta^2 < \omega_0^2$, т. е. $\frac{R^2}{4L^2} < \frac{1}{L \cdot C}$ решение уравнения (6.7) имеет вид

$$q = q_0 \ell^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi),$$

где $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$.

5. Логарифмический декремент затухания

$$K = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T,$$

где $A(t)$ и $A(t+T)$ – амплитуды двух последовательных колебаний, соответствующие моментам времени, отличающимся на период.

6. Фазовая скорость распространения электромагнитных волн в среде

$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon\mu}},$$

где C – скорость света в вакууме; ε – диэлектрическая проницаемость среды; μ – магнитная проницаемость среды.

7. Связь между мгновенными значениями E и H имеет вид

$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0}\, E = \sqrt{\mu\mu_0}\, H,$$

где E и H – модули напряженности электрического и магнитного полей в электромагнитной волне.

8. Уравнение плоской электромагнитной волны:

$$E = E_0 \cos(\omega t - Kx + \varphi),$$

где E_0 – амплитуда напряженности электрического поля волны; ω – циклическая частота; $K = \frac{\omega}{V}$ – волновое число; φ – начальная фаза колебаний; V – фазовая скорость распространения волны.

9. Объёмная плотность энергии электромагнитного поля:

$$W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}.$$

10. Вектор Умова – Пойтинга:

$$\vec{S} = \left[\vec{E}\vec{H}\right],$$

где $\vec{S}$ – плотность потока электромагнитной энергии.

Пример. Разность потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону $U = 25\cos 10^4 \pi t$. Индуктивность катушки $L = 10{,}13$ мГн. Найдите период T колебаний, емкость C конденсатора, закон изменения со временем тока I в цепи и длину волны λ, соответствующую этому контуру.

Дано:	**Решение:**
$U = 25\cos 10^4 \pi t$ $L = 10{,}13$ мГн	В общем виде уравнение изменения напряжения на пластинах конденсатора запишется $$U = U_0 \cos\omega t.$$
$T - ?$ $C - ?$ $I(t) - ?$ $\lambda - ?$	

Сравнивая его с уравнением, данным в условии $U=25\cos 10^4 \pi t$, находим собственную частоту колебаний в контуре $\omega=10^4\pi$. Так как $\omega=\dfrac{2\pi}{T}$, находим период $T=0{,}2$ мс. Из формулы Томсона $T=2\pi\sqrt{LC}$ вычисляем емкость конденсатора $C=\dfrac{T^2}{4\pi^2 L}$; $C=\dfrac{4\cdot 10^{-8}}{4\cdot 10\cdot 10{,}13\cdot 10^{-3}}=0{,}1$ (мкф).

Запишем закон изменения тока в цепи со временем

$$I=\frac{dq}{dt}=-q_0\omega\sin\omega t=-CU_0\omega\sin\omega t.$$

Подставим числовые значения $C=0{,}1$ мкф, амплитуды напряжения $U_0=25\ B$ и собственной частоты колебаний $\omega=10^4\pi\left(C^{-1}\right)$, получим

$$I(t)=-78{,}5\cdot 10^{-3}\sin{}^4\pi t(A).$$

Длина волны, соответствующая контуру, $\lambda=cT$, где I – скорость света $\left(C=3\cdot 10^8\ \text{м/с}\right)$.

$$\lambda=3\cdot 10^8\cdot 0{,}2\cdot 10^{-3}=6\cdot 10^4\ \text{м},\ \lambda=60\ \text{км}.$$

Ответ: $T=0{,}2$ с; $C=0{,}1$ мкф; $I(t)=78\cdot 10^{-3}\sin{}^4\pi t(A)$; $\lambda=60$ км.

Задачи

361. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами площадью $S=100\ \text{см}^2$ каждая, и катушки с индуктивностью $L=1$ мкГн, резонирует на волну длинной $\lambda=10$ м. Определить расстояние d между пластинами конденсатора. [3,14]

362. Колебательный контур имеет индуктивность $L = 1{,}6$ мГн, электроемкость $C = 0{,}04$ мкф и максимальное напряжение $U_{\max}$ на зажимах, равное 200 B. Определить максимальную силу тока $J_{\max}$ в контуре. Сопротивление контура ничтожно мало. [1 А]

363. Катушка (без сердечника) длиной $\ell = 50$ см и площадью сечения $S_1 = 3\ \text{см}^2$ имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Конденсатор состоит из двух пластин площадью $S_2 = 75\ \text{см}^2$ каждая. Расстояние d между пластинами равно 5 мм. Диэлектрик – воздух. Определить период T колебаний контура. [628 нс]

364. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивностью 5 мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора 2,5 НКл. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд контура в этот момент. [2 нКл]

365. В идеальном колебательном контуре в некоторый момент времени напряжение на конденсаторе равно 1,2 В, а сила тока в катушке равна 5 мА. Найдите амплитуду колебаний напряжения на конденсаторе. [2 В]

366. Колебательный контур радиоприемника настроен на частоту 9 МГц. Во сколько раз следует увеличить емкость конденсатора колебательного контура, чтобы приемник был настроен на длину волны 50 м? $[2{,}25]$

367. Зависимость силы тока от времени в колебательном контуре описывается уравнением $J = 0{,}15 \sin 300\pi t,$ где J – в амперах, t – в секундах. Определить индуктивность контура, если максимальная энергия электрического поля конденсатора равна 5 мДж. [0,06 Гн]

368. Колебательный контур с конденсатором емкостью 1 мкф настроен на частоту 400 Гц. Если параллельно этому конденсатору включить другой конденсатор, то частота колебаний в контуре станет 200 Гц. Определить в микрофарадах емкость второго конденсатора. [4 мкф]

369. Определите логарифмический декремент, при котором энергия колебательного контура за $N = 5$ полных колебаний уменьшилось в 8 раз. $[0{,}21]$

370. Амплитуда затухающих колебаний маятника за $t = 2$ мин уменьшилось в 2 раза. Определить коэффициент затухания. [$5{,}78 \cdot 10^{-3}$ с$^{-1}$]

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова, Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. – М.: Академия, 2008. – 558 с.

2. Волькенштейн, В.С. Все решения к «Сборнику задач по общему курсу физики». В 2 кн. Кн. 1 / В.С. Волькенштейн. – М.: Изд-во АСТ, 1999. – 432 с.

3. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями / Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова. – М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.

4. Физика. Электромагнетизм: учебное пособие / Н.А. Конева, Ю.Ф. Иванов. – Томск: ТГАСУ, 2002. – 120 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ