

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

Кафедра физики  
Ю.В.Тихомиров

# **ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ**

(содержание тестовых заданий)

**Часть 2. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

МОСКВА - 2011

## **Часть 2. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

### НАЗВАНИЯ РАЗДЕЛОВ

6. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

7. ПОСТОЯННЫЙ ТОК. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ

8. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

9. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

10. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

## Раздел 6. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

### Тема 1. Электростатическое поле и его источники

- П. 1. Электрический заряд. Объемная плотность заряда
- П. 2. Электростатическое поле. Линии поля. Принцип суперпозиции
- П. 3. Напряженность электрического поля. Закон Кулона
- П. 4. Потенциал электрического поля

### Тема 2. Поток и циркуляция электрического поля

- П. 1. Поток электрического поля
- П. 2. Циркуляция электрического поля
- П. 3. Закон Гаусса для электрического поля
- П. 4. Схема решения задач с использованием закона Гаусса
- П. 5. Расчет напряженности электрического поля заряженной нити

### Тема 3. Проводники в электрическом поле

- П. 1. Проводники в электрическом поле. Электростатическая индукция
- П. 2. Емкость тела. Емкость шара
- П. 3. Взаимная емкость. Емкость плоского конденсатора

## Тема 1. Электростатическое поле и его источники

1. СОХРАНЯЕМОСТЬ ЗАРЯДА ОЗНАЧАЕТ, ЧТО СУММАРНЫЙ ЗАРЯД В ИЗОЛИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ НЕ МЕНЯЕТСЯ.

2. ОБЪЕМНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЗАРЯДОВ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ФОРМУЛОЙ  
 $\rho = dQ / dV$  .

3. ЛИНИЕЙ ПОЛЯ НАЗЫВАЕТСЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МЕСТО ТОЧЕК, В КАЖДОЙ ИЗ КОТОРЫХ ВЕКТОР НАПРЯЖЕННОСТИ НАПРАВЛЕН ПО КАСАТЕЛЬНОЙ К ЛИНИИ ПОЛЯ.

4. НАПРЯЖЕННОСТЬ ЕСТЬ ВЕКТОРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ЧИСЛЕННО РАВНАЯ СИЛЕ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ЕДИНИЧНЫЙ ЗАРЯД .

5. НАПРЯЖЕННОСТЬ В ТОЧКЕ С РАДИУС-ВЕКТОРОМ  $\vec{r}$  ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, СОЗДАННОГО ТОЧЕЧНЫМ ЗАРЯДОМ  $q$ , РАСПОЛОЖЕННЫМ В НАЧАЛЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, ПО ВЕЛИЧИНЕ РАВНА

$$E = \frac{q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 r^2} .$$

6. ПОТЕНЦИАЛ ЕСТЬ СКАЛЯРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ЧИСЛЕННО РАВНАЯ РАБОТЕ ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЕДИНИЧНОГО, ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ИЗ ДАННОЙ ТОЧКИ  $\vec{r}$  В ФИКСИРОВАННУЮ ТОЧКУ  $\vec{r}_0$ , В КОТОРОЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРИНЯТ ЗА 0.

7. ПОТЕНЦИАЛ В ТОЧКЕ С РАДИУС-ВЕКТОРОМ  $\vec{r}$  ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, СОЗДАННОГО ТОЧЕЧНЫМ ЗАРЯДОМ  $q$ , РАСПОЛОЖЕННЫМ В НАЧАЛЕ КООРДИНАТ, РАВЕН

$$\varphi = \frac{q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 r} .$$

## Тема 2. Поток и циркуляция электрического поля

8. ПОТОК НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

$$\Phi_e = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S} .$$

9. ЦИРКУЛЯЦИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

$$C_e = \int_L \vec{E} \, d\vec{L}.$$

10. ЗАКОН ГАУССА ДЛЯ ЭЛ.СТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ:

$$\int_{S_0} \vec{E} \, d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \int_{V(S_0)} \rho \, dV.$$

11. При РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ о ПОЛЕ ЗАРЯЖЕННОЙ НИТИ в КАЧЕСТВЕ ПОВЕРХНОСТИ ИНТЕГРИРОВАНИЯ  $S_0$  ВЫБИРАЕТСЯ ЦИЛИНДР С РАДИУСОМ, РАВНЫМ РАССТОЯНИЮ до ТОЧКИ НАБЛЮДЕНИЯ, ОСЬЮ которого ЯВЛЯЕТСЯ НИТЬ.

12. НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ на РАССТОЯНИИ  $r$  от ЗАРЯЖЕННОЙ НИТИ по ВЕЛИЧИНЕ РАВНА

$$E(r) = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon \epsilon_0 r}.$$

### Тема 3. Проводники в электрическом поле

13. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИЕЙ НАЗЫВАЕТСЯ ЯВЛЕНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯДОВ ПРОВОДНИКА ПРИ ЕГО ПОМЕЩЕНИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ.

14. ФОРМУЛА, ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ ЕМКОСТЬ ТЕЛА, ИМЕЮЩЕГО ЗАРЯД  $Q$  И ПОТЕНЦИАЛ  $\phi$ :  $C = Q / \phi$ .

15. ФОРМУЛА, ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ ЕМКОСТЬ ШАРА РАДИУСА  $R$ , ИМЕЮЩЕГО ЗАРЯД  $Q$ :  $C = 4\pi \epsilon_0 R$ .

16. КОНДЕНСАТОРОМ НАЗЫВАЕТСЯ СИСТЕМА, СОСТОЯЩАЯ ИЗ ДВУХ ПРОВОДЯЩИХ НЕСОПРИКАСАЮЩИХСЯ ТЕЛ, ИМЕЮЩИХ ТАКУЮ ФОРМУ И РАСПОЛОЖЕННЫХ ТАК БЛИЗКО, ЧТО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ИХ ЗАРЯДОВ СОСРЕДОТОЧЕНО МЕЖДУ НИМИ.

17. НАКОПИТЕЛЬНЫЙ ШАР ДИАМЕТРА \_\_\_ (м) ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА МОЖЕТ НАКОПИТЬ МАКСИМАЛЬНЫЙ ЗАРЯД, РАВНЫЙ 0.81 Кл (считать  $1/4\pi\epsilon_0 = 10^{10}$  м/Ф).

УКАЗАНИЯ: НАКОПИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА МОЖЕТ НАКАПЛИВАТЬ ЗАРЯД ДО ТЕХ ПОР, ПОКА ВОЗДУХ ВБЛИЗИ НАКОПИТЕЛЯ ЯВЛЯЕТСЯ ДИЭЛЕКТРИКОМ. КАК ИЗВЕСТНО, ПРОБОЙ ВОЗДУХА ВОЗНИКАЕТ ПРИ КРИТИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛ.ПОЛЯ  $E_{кр} = 10^6$  В/м.

ПОЛОЖИВ  $E$  на ПОВЕРХНОСТИ ШАРА РАВНЫМ  $E_{кр}$  и ИСПОЛЬЗУЯ ФОРМУЛУ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЗАРЯЖЕННОГО ШАРА, НАЙДИТЕ ЕГО РАДИУС.

18. К ИЗОЛИРОВАННОМУ ШАРУ ДИАМЕТРОМ 10 см, ЗАРЯЖЕННОМУ ДО ПОТЕНЦИАЛА 120 В, ПРИСОЕДИНИЛИ ТОНКИМ ПРОВОДОМ НЕЗАРЯЖЕННЫЙ ШАР ДИАМЕТРОМ 2 см. ПОТЕНЦИАЛЫ ШАРОВ СТАЛИ РАВНЫ \_\_\_ В.

УКАЗАНИЯ: ИСПОЛЬЗУЙТЕ ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЗАРЯДА, В СООТВЕТСТВИИ С КОТОРЫМ ВСЕ ЗАРЯД ПЕРВОГО ШАРА ПОСЛЕ СОЕДИНЕНИЯ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛИТСЯ МЕЖДУ ОБОИМИ ШАРАМИ.

ЕМКОСТЬ СОЕДИНЕННЫХ ШАРОВ РАВНА СУММЕ ЕМКОСТЕЙ КАЖДОГО ШАРА. ИСПОЛЬЗУЙТЕ ФОРМУЛЫ ПОТЕНЦИАЛА ЭЛ.ПОЛЯ ЗАРЯЖЕННОГО ШАРА И ЕМКОСТИ ШАРА.

## Раздел 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ в ВЕЩЕСТВЕ

### Тема 1. Постоянный электрический ток

- П.1. Движение свободных зарядов проводника
- П.2. Закон Ома в локальной форме
- П.3. Закон Джоуля-Ленца в локальной форме
- П.4. Законы Ома и Джоуля-Ленца для участка цепи

### Тема 2. Электрические цепи постоянного тока

- П.1. Электродвижущая сила ЭДС
- П.2. Закон Ома для полной цепи
- П.3. Полезная мощность и КПД источника ЭДС

### Тема 3. Электрическое поле в диэлектриках

- П.1. Заряды в диэлектриках
- П.2. Дипольный момент
- П.3. Диэлектрическая проницаемость
- П.4. Электрическое смещение. Закон Гаусса
- П.5. Условия на границе диэлектрика

## Тема 1. Постоянный электрический ток

1. У ПРОВОДНИКОВ УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ.

2. У ПРОВОДНИКОВ ПРОВОДИМОСТЬ УМЕНЬШАЕТСЯ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ.

3. У ПОЛУПРОВОДНИКОВ УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ УМЕНЬШАЕТСЯ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ.

4. У ПОЛУПРОВОДНИКОВ ПРОВОДИМОСТЬ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ.

5. ФОРМУЛА ПРОВОДИМОСТИ МЕТАЛЛА ИМЕЕТ ВИД:  $\sigma = \frac{e^2 n \lambda}{2m_e V_T}$

6. ЗАКОН ОМА В ЛОКАЛЬНОЙ ФОРМЕ:  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$  .

7. ЗАКОН ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА В ЛОКАЛЬНОЙ ФОРМЕ:  $w = \sigma E^2$  .



## Тема 2. Электрические цепи постоянного тока

8. ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КПД  $> 95\%$  ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ СЕТЕВОГО ИСТОЧНИКА К НАГРУЗКЕ С СОПРОТИВЛЕНИЕМ  $20 \text{ Ом}$  СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОВОДОВ НЕ ДОЛЖНО ПРЕВЫШАТЬ \_\_\_\_ Ом.

УКАЗАНИЯ: ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ СЧИТАЕТСЯ, ЧТО ВНУТРЕННЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКА РАВНО НУЛЮ. КПД ИСТОЧНИКА ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КАК ОТНОШЕНИЕ МОЩНОСТИ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ В НАГРУЗКЕ, К МОЩНОСТИ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ В НАГРУЗКЕ И ПРОВОДАХ.

9. ЭДС ЧИСЛЕННО РАВНА РАБОТЕ СТОРОННИХ СИЛ ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ЕДИНИЧНОГО ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ПО ЗАМКНУТОМУ КОНТУРУ.

10. ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ К ИСТОЧНИКУ С ЭДС  $= 102 \text{ В}$  И ВНУТРЕННИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ \_\_\_\_ Ом НАГРУЗКИ  $15 \text{ Ом}$  В НЕЙ ПОТЕЧЕТ ТОК  $5 \text{ А}$ .

УКАЗАНИЯ: ИСПОЛЬЗУЙТЕ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ.

11. ИСТОЧНИК С ЭДС  $= 124 \text{ В}$  И ВНУТРЕННИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ  $r =$  \_\_\_\_ Ом ОБЕСПЕЧИВАЕТ МАКСИМАЛЬНУЮ МОЩНОСТЬ В НАГРУЗКЕ ПРИ ТОКЕ  $10 \text{ А}$ .

УКАЗАНИЯ: ПРИ РЕШЕНИИ ИСПОЛЬЗУЙТЕ УСЛОВИЕ МАКСИМАЛЬНОСТИ МОЩНОСТИ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ ИСТОЧНИКОМ В НАГРУЗКЕ И ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ.

### Тема 3. Электрическое поле в диэлектриках

12. ДИЭЛЕКТРИК, У КОТОРОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЗАВИСИТ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ЯВЛЯЕТСЯ ПОЛЯРНЫМ.

13. ДИЭЛЕКТРИК, У КОТОРОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ НЕ ЗАВИСИТ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ЯВЛЯЕТСЯ НЕПОЛЯРНЫМ .

14. ФОРМУЛА ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА:  $\vec{P}_e = Q \vec{l}$  .

15. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ВНУТРИ

ОДНОРОДНОГО ДИЭЛЕКТРИКА:  $E_{вну} = E_{без}/\epsilon$

ПРОДОЛЬНОЙ ПОЛОСТИ В ДИЭЛ-КЕ:  $E_{вну} = \underline{\quad}$

ПОПЕРЕЧНОЙ ПОЛОСТИ В ДИЭЛ-КЕ:  $E_{вну} = \vec{E}_{без}$  .

16. ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СМЕЩЕНИЕМ НАЗЫВАЕТСЯ ВЕКТОРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ДЛЯ КОТОРОЙ ПОТОК ЧЕРЕЗ ЗАМКНУТУЮ ПОВЕРХНОСТЬ РАВЕН СУММАРНОМУ СВОБОДНОМУ ЗАРЯДУ ВНУТРИ ПОВЕРХНОСТИ ИНТЕГРИРОВАНИЯ.

17. Граничные условия для НОРМАЛЬНОЙ составляющей поля  $D_{n1} = D_{n2}$  ,  
для ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ составляющей поля  $E_{t1} = E_{t2}$

18. ДЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ В МЕТАЛЛЕ ФОРМУЛА ПОДВИЖНОСТИ:  $\mu =$   
 $\frac{e \lambda}{2m_e V_T}$  .

## Раздел 8. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

### Тема 1. Магнитное поле и его основные свойства

- П.1. Взаимодействие движущихся зарядов
- П.2. Сила Лоренца. Магнитная сила
- П.3. Индукция магнитного поля
- П.4. Закон Био-Савара-Лапласа
- П.5. Закон Ампера

### Тема 2. Примеры расчета магнитного поля

- П.1. Закон циркуляции магнитного поля
- П.2. Магнитное поле прямого провода с током
- П.3. Магнитное поле соленоида
- П.4. Магнитное поле на оси витка с током

### Тема 3. Магнитное поле и вещество

- П.1. Магнитная модель вещества
- П.2. Магнитные свойства вещества
- П.3. Парамагнетики
- П.4. Диамагнетики
- П.5. Ферромагнетики

## Тема 1. Магнитное поле и его основные свойства

1. ОТНОШЕНИЕ ВЕЛИЧИН МАГНИТНОЙ СИЛЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  $F_M/F_{эл} = (V/c)^2$  И ОЧЕНЬ МАЛО ДЛЯ ПРОВОДОВ С ТОКОМ, ОДНАКО ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЛЬКО МАГНИТНОЕ ВСЛЕДСТВИЕ ИХ КВАЗИНЕЙТРАЛЬНОСТИ.

2. Формула СИЛЫ ЛОРЕНЦА:  $\vec{F}_л = q ( \vec{E} + [ \vec{V}, \vec{B} ] )$  .

3. Формула КУЛОНОВСКОЙ (ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ) СИЛЫ:  $\vec{F}_e = q \vec{E}$  .

4. Формула МАГНИТНОЙ СИЛЫ:  $\vec{F}_м = q [ \vec{V}, \vec{B} ]$  .

5. ЛИНИЕЙ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НАЗЫВАЕТСЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МЕСТО ТОЧЕК, В КАЖДОЙ ИЗ КОТОРЫХ ВЕКТОР МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ НАПРАВЛЕН ПО КАСАТЕЛЬНОЙ К ЭТОЙ ЛИНИИ .

6. ЗАКОН БИО-САВАРА-ЛАПЛАСА:  $d \vec{B} = \frac{\mu_0 I [ d\vec{L}, \vec{e}_r ]}{4\pi r^2}$  .

7. ЗАКОН АМПЕРА: ЭЛЕМЕНТАРНАЯ МАГН.СИЛА  $d \vec{F}_м = I [ d\vec{L}, \vec{B} ]$  .

## Тема 2. Примеры расчета магнитного поля

8. ЗАКОН ЦИРКУЛЯЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ:  $\oint_{L_0} \vec{B} \cdot d\vec{L} = \mu_0 \int_{S(L_0)} \vec{j} \cdot d\vec{S}$

9. НА ПОВЕРХНОСТИ ПРОВОДА ДИАМЕТРОМ 1 мм С ТОКОМ \_\_\_ А ИНДУКЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАВНА 1 мТл .

УКАЗАНИЯ: ИСПОЛЬЗУЙТЕ ФОРМУЛУ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРЯМОГО БЕСКОНЕЧНО ДЛИННОГО ПРОВОДНИКА С ТОКОМ. ВЕЛИЧИНА МАГНИТНОЙ ПОСТОЯННОЙ РАВНА  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

10. ВНУТРИ СОЛЕНОИДА, НАМОТАННОГО В ОДИН СЛОЙ ПРОВОДОМ ДИАМЕТРОМ 1 мм, ПО КОТОРОМУ ТЕЧЕТ ТОК 5 А, ИНДУКЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАВНА \_\_\_\_\_ мТл .

УКАЗАНИЯ: ИСПОЛЬЗУЙТЕ для РАСЧЕТА ФОРМУЛУ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВНУТРИ БЕСКОНЕЧНО ДЛИННОГО СОЛЕНОИДА. ПО ИЗВЕСТНОМУ ДИАМЕТРУ ПРОВОДА ОПРЕДЕЛИТЕ КОЛИЧЕСТВО ВИТКОВ на ЕДИНИЦУ ДЛИНЫ. ПРИ ВВОДЕ ОТВЕТА ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ на РАЗМЕРНОСТЬ.

ВЕЛИЧИНА МАГНИТНОЙ ПОСТОЯННОЙ РАВНА  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

11. В ЦЕНТРЕ ВИТКА РАДИУСА 10 см, ИМЕЮЩЕГО МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ  $0.012 \text{ А} \cdot \text{м}$  МАГНИТНОЕ ПОЛЕ РАВНО \_\_\_ мкТл .

УКАЗАНИЯ: ИСПОЛЬЗУЙТЕ ФОРМУЛЫ для ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ в ЦЕНТРЕ КРУГОВОГО ВИТКА с ТОКОМ и ФОРМУЛУ МАГНИТНОГО МОМЕНТА ВИТКА с ТОКОМ. ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ НА РАЗМЕРНОСТЬ ОТВЕТА.

ВЕЛИЧИНА МАГНИТНОЙ ПОСТОЯННОЙ РАВНА  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

### Тема 3. Магнитное поле и вещество

12. ВЕКТОР НАМАГНИЧЕНИЯ  $\vec{J}$  ЕСТЬ МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ ЕДИНИЦЫ ОБЪЕМА ВЕЩЕСТВА.

13. НАПРЯЖЕННОСТЬЮ НАЗЫВАЕТСЯ ВЕКТОРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ДЛЯ КОТОРОЙ ЦИРКУЛЯЦИЯ по ЗАМКНУТОМУ КОНТУРУ РАВНА СУММАРНОМУ ВНЕШНЕМУ ТОКУ ЧЕРЕЗ ПЛОЩАДЬ, ОГРАНИЧЕННУЮ КОНТУРОМ ИНТЕГРИРОВАНИЯ.

14. ФОРМУЛА МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПАРАМАГНЕТИКА:  $\chi = \frac{\mu_0 n P_{M.AT}^2}{3k T}$ .

15. ФОРМУЛА ЦИКЛИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ ЛАРМОРОВОЙ ПРЕЦЕССИИ:

$$\omega_L = (e B) / (2 m_e).$$

16. У МАГНИТОЖЕСТКИХ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ ПЕТЛЯ ГИСТЕРЕЗИСА ШИРОКАЯ И ОНИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ.

17. У МАГНИТОМЯГКИХ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ ПЕТЛЯ ГИСТЕРЕЗИСА УЗКАЯ И ОНИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕРДЕЧНИКОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ.

## Раздел 9. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

### Тема 1. Законы индукции

- П. 1. Взаимосвязь электрического и магнитного полей
- П. 2. Магнитоэлектрическая индукция. Ток смещения
- П. 3. Электромагнитная индукция в вакууме и проводящем контуре
- П. 4. Самоиндукция. Индуктивность
- П. 5. Индуктивность соленоида
- П. 6. Взаимная индукция

### Тема 2. Цепи переменного тока

- П. 1. Комплексное сопротивление (импеданс)
- П. 2. Реактивное сопротивление катушки
- П. 3. Реактивное сопротивление конденсатора
- П. 4. Полное сопротивление участка цепи

### Тема 3. Колебательный контур

- П. 1. Последовательный колебательный контур
- П. 2. Характеристическое сопротивление. Добротность
- П. 3. Параллельный колебательный контур

### Тема 4. Электромагнитная волна

- П. 1. Дифференциальное волновое уравнение
- П. 2. Электромагнитная волна

## Тема 1. Законы индукции

1 ОБЩИЙ ВИД ЗАКОНА ИНДУКЦИИ:  $\mathcal{E}_0 = \text{const} \frac{d}{dt} (\Phi)$  .

2 ЗАКОН МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ В ВАКУУМЕ:

$$\mathcal{E}_{0m} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} (\Phi_e) .$$

3. ЗАКОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ:

$$\mathcal{E}_{0e} = - \frac{d}{dt} (\Phi_m) .$$

4 ЗАКОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ для ПРОВОДЯЩЕГО

КОНТУРА:  $\mathcal{E}_{\text{инд}} = - \frac{d}{dt} \int_{S(L_0)} \vec{B} \cdot d\vec{S}$  .

5 ЗАКОН САМОИНДУКЦИИ: ЭДС САМОИНДУКЦИИ  $\mathcal{E}_{\text{с.и.}} = - L \frac{d}{dt} (I)$  .

6 ФОРМУЛА ИНДУКТИВНОСТИ СОЛЕНОИДА:  $L = \mu_0 V n^2$  .

7 ЗАКОН ВЗАИМНОЙ ИНДУКЦИИ:  $\mathcal{E}_{\text{инд.1}} = - L_{12} \frac{d}{dt} (I_2)$



## Тема 2. Цепи переменного тока

8 КОМПЛЕКСНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТА ЦЕПИ НАЗЫВАЕТСЯ К-Т ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ между КОМПЛЕКСНЫМИ АМПЛИТУДАМИ ТОКА и ПАДЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ДАННОМ ЭЛЕМЕНТЕ .

9 РЕАКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КАТУШКИ  $X_L = j \omega L$  .

10 РЕАКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КОНДЕНСАТОРА  $X_C = -j / (\omega C)$  .

11 ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ РЕЗИСТОРА С СОПРОТИВЛЕНИЕМ  $32 \text{ k}\Omega$  К СЕТИ  $50 \text{ Гц}$  ЧЕРЕЗ КОНДЕНСАТОР ЕМКОСТЬЮ  $1.1 \text{ мкФ}$  СДВИГ ФАЗ МЕЖДУ ТОКОМ И НАПРЯЖЕНИЕМ  $\Delta\phi = \underline{\hspace{1cm}}$  рад .

УКАЗАНИЯ: ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УЧТИТЕ, ЧТО ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ на РЕЗИСТОРЕ ИМЕЕТ ТУ ЖЕ ФАЗУ, ЧТО И ТОК В ЦЕПИ, а ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ на КОНДЕНСАТОРЕ СДВИНУТО по ФАЗЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОКА на  $90^\circ$  . НАПРЯЖЕНИЕ СЕТИ РАВНО СУММАРНОМУ НАПРЯЖЕНИЮ НА РЕЗИСТОРЕ И КОНДЕНСАТОРЕ, КОТОРОЕ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ с ПОМОЩЬЮ ВЕКТОРНОЙ ДИАГРАММЫ.

### Тема 3. Колебательный контур

12 ФОРМУЛА КВАДРАТА РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА:  $\omega_{PE3}^2 = \omega_0^2 - 2\beta^2$ .

13 ФОРМУЛА КВАДРАТА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТУРА:  $\rho^2 = L / C$ .

14 ФОРМУЛА КВАДРАТА РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА:  $\omega_{PE3}^2 = \omega_0^2 - 4\beta^2$ .

### Тема 4. Электромагнитная волна

15 ОДНОМЕРНОЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ВОЛНОВОЕ УРАВНЕНИЕ:

$$\frac{d^2}{dx^2} (A) = \text{const} \frac{d^2}{dt^2} (A).$$

16 УРАВНЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОЙ ОДНОМЕРНОЙ ВОЛНЫ:

$$A(x,t) = A_0 \cos(\omega t - kx).$$

17 ЕСЛИ К КОЛЬЦУ ПЛОЩАДЬЮ  $1 \text{ см}^2$  С СОПРОТИВЛЕНИЕМ      Ом ПРИБЛИЗИТЬ ИЗ БЕСКОНЕЧНОСТИ ВПЛОТНУЮ ПОСТОЯННЫЙ МАГНИТ, ВБЛИЗИ КОТОРОГО СРЕДНЯЯ ИНДУКЦИЯ РАВНА  $0.5 \text{ Тл}$ , ТО ПО КОЛЬЦУ ПРОТЕЧЕТ ЗАРЯД  $1.1 \text{ мкКл}$ .

УКАЗАНИЯ: В НАЧАЛЬНЫЙ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ МАГНИТ НАХОДИТСЯ ОЧЕНЬ ДАЛЕКО и ИНДУКЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОКОЛО КОЛЬЦА РАВНА 0. ЧЕРЕЗ ВРЕМЯ  $\Delta t$  МАГНИТ НАХОДИТСЯ ВБЛИЗИ КОЛЬЦА, СОЗДАВАЯ МАГНИТНЫЙ ПОТОК  $\Phi_m = S \cdot B_{cp}$ . ТАКИМ ОБРАЗОМ ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОТОКА за ВРЕМЯ  $\Delta t$  РАВНО  $\Delta\Phi_m = \Phi_m$ . ПО ЗАКОНУ ЭЛ.-МАГН.ИНДУКЦИИ ЭДС =  $\Delta\Phi_m/\Delta t$ . ИСПОЛЬЗУЯ ЗАКОН ОМА для ПОЛНОЙ ЦЕПИ и ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА  $i = \Delta Q/\Delta t$ , НАЙДИТЕ R.

18 ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ К ИСТОЧНИКУ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ  $U(t) = 220 \cos(314 t)$  (В) КОНДЕНСАТОРА С ЕМКОСТЬЮ  $34 \text{ мкФ}$  В ЦЕПИ ТЕЧЕТ ТОК С АМПЛИТУДОЙ      А.

УКАЗАНИЯ: ИСПОЛЬЗУЙТЕ ФОРМУЛУ ЗАКОНА ОМА для УЧАСТКА ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА и ФОРМУЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ, ЧТО ЧАСТОТА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ФИГУРИРУЕТ в ЗАДАННОЙ ФОРМУЛЕ для НАПРЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА.

19 ЕСЛИ К ИСТОЧНИКУ С НАПРЯЖЕНИЕМ  $U(t) = 95 \sin(\omega t)$  (В) ПОДКЛЮЧИТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО  $R = 100$  Ом,  $L = 1$  Гн,  $C = 1$  мкФ, ТО АМПЛИТУДА РЕЗОНАНСНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА КОНДЕНСАТОРЕ БУДЕТ РАВНА \_\_\_\_ В.

УКАЗАНИЯ: ДАННАЯ ЦЕПЬ ЯВЛЯЕТСЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ КОНТУРОМ, ПОДКЛЮЧЕННЫМ К ИСТОЧНИКУ С ИЗМЕНЯЕМОЙ ЧАСТОТОЙ. ПРИ РЕЗОНАНСЕ АМПЛИТУДА НАПРЯЖЕНИЯ НА КОНДЕНСАТОРЕ В  $Q$  РАЗ БОЛЬШЕ АМПЛИТУДЫ НАПРЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА, ГДЕ ДОБРОТНОСТЬ КОНТУРА РАВНА ОТНОШЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТУРА К ЕГО АКТИВНОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ.

## Раздел 10. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

### Тема 1. Волновое движение. Интерференция

- П. 1. Волновое движение
- П. 2. Дифференциальное волновое уравнение
- П. 3. Электромагнитная волна
- П. 4. Гармоническая волна
- П. 5. Интерференция
- П. 6. Интерференция волн от нескольких источников
- П. 7. Принцип Гюйгенса-Френеля

### Тема 2. Дифракция и поляризация

- П. 1. Дифракция
- П. 2. Дифракция на прямоугольной щели
- П. 3. Дифракционная решетка
- П. 4. Поляризация
- П. 5. Естественное вращение плоскости поляризации
- П. 6. Магнитное вращение плоскости поляризации

### Тема 3. Взаимодействие ЭМВ с границей вещества

- П. 1. Электромагнитная модель вещества
- П. 2. Взаимодействие неполяризов. ЭМВ с границей прозрачного вещества
- П. 3. Взаимодействие плоскополяризов. ЭМВ с границей прозрачного вещества
- П. 4. Взаимодействие ЭМВ с границей проводника

## Тема 1. Волновое движение. Интерференция

1 ВОЛНОЙ НАЗЫВАЕТСЯ ПРОЦЕСС РАСПРОСТРАНЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ ВОЗМУЩЕНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ ПРИ СОХРАНЕНИИ ФОРМЫ ЭТОГО ВОЗМУЩЕНИЯ.

2 ТРЕХМЕРНОЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ВОЛНОВОЕ УРАВНЕНИЕ:

$$\frac{d^2 A}{dx^2} + \frac{d^2 A}{dy^2} + \frac{d^2 A}{dz^2} = \text{const} \frac{d^2 A}{dt^2} .$$

3 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ВОЛНОВОЕ УРАВНЕНИЕ ПЛОСКОЙ ЭМВ В ВАКУУМЕ:

$$\frac{d^2 \vec{E}}{dx^2} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{d^2 \vec{E}}{dt^2} .$$

4 УРАВНЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОЙ ОДНОМЕРНОЙ ВОЛНЫ:

$$\vec{E}(x,t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kx) .$$

5 ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КОГЕРЕНТНЫХ ВОЛН НА ЭКРАНЕ ПРОИСХОДИТ СЛОЖЕНИЕ ИХ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ С УЧЕТОМ ФАЗЫ И НАБЛЮДАЕТСЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ .

6 РАЗНОСТЬ ХОДА ДО ТОЧКИ НАБЛЮДЕНИЯ ДВУХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЛН С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ  $\lambda$  РАВНА  $0.1\lambda$ . РАЗНОСТЬ ФАЗ ВОЛН, ПРИШЕДШИХ В ТОЧКУ НАБЛЮДЕНИЯ БУДЕТ РАВНА  $\_\_^\circ$ .

7. ЗОНЫ ФРЕНЕЛЯ ЭТО ТАКИЕ УЧАСТКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОЛНОВОГО ФРОНТА, ДЛЯ КОТОРЫХ ВОЛНЫ, ИЗЛУЧАЕМЫЕ ДВУМЯ СОСЕДНИМИ УЧАСТКАМИ, КОМПЕНСИРУЮТ ДРУГ ДРУГА.

## Тема 2. Дифракция и поляризация

8. ДИФРАКЦИЕЙ НАЗЫВАЕТСЯ ЯВЛЕНИЕ ПРОНИКНОВЕНИЯ ВОЛНЫ В ОБЛАСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТЕНИ .

9. ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЭМВ через ДИФРАКЦИОННУЮ РЕШЕТКУ НАБЛЮДАЮТСЯ МАКСИМУМЫ при ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛУЧЕЙ для УГЛОВ, при КОТОРЫХ РАЗНОСТЬ ХОДА ДВУХ СОСЕДНИХ ЛУЧЕЙ КРАТНА ДЛИНЕ ВОЛНЫ  $\lambda$  .

10 ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ называется ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПЕРЕЧНОЙ ВОЛНЫ , УКАЗЫВАЮЩАЯ ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТИ , в КОТОРОЙ РАСПОЛОЖЕНЫ ВЕКТОРЫ ВОЗМУЩЕНИЯ ФИЗ.ХАРАКТЕРИСТИКИ и НАПРАВЛЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ.

11. ПРИ НАПОЛНЕНИИ КЮВЕТЫ ДЛИНОЙ \_\_\_\_ см РАСТВОРОМ САХАРА С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ 93 г/л УГОЛ ПОВОРОТА ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ СОСТАВИЛ  $13.2^{\circ}$  .

Постоянная вращения плоскости поляризации сахара  $6.6 \cdot 10^{-3}$  (град л)/(г см).

12. В СОЛЕНОИД ВСТАВЛЕНА КЮВЕТА С ВОДОЙ, ЧЕРЕЗ КОТОРУЮ ПРОПУСКАЮТ ПЛОСКОПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СВЕТ. ЕСЛИ ЧЕРЕЗ СОЛЕНОИД ПРОПУСТИТЬ ТОК \_\_\_\_ А, ТО ПЛОСКОСТЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПОВЕРНЕТСЯ НА УГОЛ, РАВНЫЙ 1.0 мин.

Постоянная Верде для воды равна  $V = 154$  мин/Тл. Магнитная постоянная  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м. Число витков равно 100, намотка однослойная, вплотную.

13. НА НЕПРОЗРАЧНУЮ ПЛАСТИНУ С ЩЕЛЬЮ ШИРИНОЙ 50 мкм ПАДАЕТ НОРМАЛЬНО МОНОХРОМАТИЧЕСКАЯ ВОЛНА С ДЛИНОЙ 0.7 мкм. УГОЛ ОТКЛОНЕНИЯ, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ПЕРВОМУ ДИФРАКЦИОННОМУ МАКСИМУМУ, РАВЕН \_\_\_\_ рад.

### Тема 3. Взаимодействие ЭМВ с границей вещества

14. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ЭМВ В ВЕЩЕСТВЕ ПОРОЖДАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК, который ИМЕЕТ ФАЗУ, ОТЛИЧАЮЩУЮСЯ от ФАЗЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЭМВ.

15 ЗАКОН ПРЕЛОМЛЕНИЯ:  $\sin(\alpha) / \sin(\beta) = n_2 / n_1$

16. УГЛОМ БРЮСТЕРА НАЗ. ТАКОЙ УГОЛ ПАДЕНИЯ ВОЛНЫ, ПРИ КОТОРОМ ОТРАЖЕННАЯ ВОЛНА ДОЛЖНА БЫЛА БЫ БЫТЬ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНА ПРЕЛОМЛЕННОЙ И ОТРАЖЕННАЯ ВОЛНА ОТСУТСТВУЕТ.

17. ДВА ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКА КОГЕРЕНТНЫХ ЭМВ РАСПОЛОЖЕНЫ НА ЛИНИИ, ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЭКРАНУ И ОТСТОЯЩЕЙ ОТ НЕГО НА 1 м. ЕСЛИ НА ЭКРАНЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ПЕРВЫМИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫМИ МАКСИМУМАМИ РАВНО 0.9 мм ПРИ ДЛИНЕ ВОЛНЫ 0.5 мм, ТО РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ИСТОЧНИКАМИ РАВНО \_\_\_\_ мм.

18. РАЗНОСТЬ ХОДА ДО ТОЧКИ НАБЛЮДЕНИЯ ДВУХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЛН С ОДНОЙ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ РАВНА 0.9 мкм. НАЙТИ МАКСИМАЛЬНУЮ ДЛИНУ ЭТИХ ВОЛН, ЕСЛИ ОНИ ПРИНАДЛЕЖАТ ВИДИМОМУ ДИАПАЗОНУ. АМПЛИТУДЫ ВОЛН ОДИНАКОВЫ, А В ТОЧКЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВОЛНА ОТСУТСТВУЕТ. ОТВЕТ: \_\_\_\_ мкм.

19. НА НЕПРОЗРАЧНУЮ ПЛАСТИНУ С ЩЕЛЬЮ ШИРИНОЙ 49 мкм ПАДАЕТ НОРМАЛЬНО МОНОХРОМАТИЧЕСКАЯ ВОЛНА С ДЛИНОЙ 0.7 мкм. ЗА ЩЕЛЬЮ РАСПОЛОЖЕНА ЛИНЗА С ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ 57 см И ЭКРАН ДЛЯ НАИЛУЧШЕГО НАБЛЮДЕНИЯ ДИФРАКЦИОННОЙ КАРТИНЫ.

ПЕРВЫЙ ДИФРАКЦИОННЫЙ МАКСИМУМ СМЕЩЕН НА РАССТОЯНИЕ \_\_\_\_ см ОТ НУЛЕВОГО.

20. ЕСЛИ УГОЛ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЛУЧА В ЖИДКОСТИ  $33^\circ$ , А ОТРАЖЕННЫЙ ОТ ЖИДКОСТИ ЛУЧ МАКСИМАЛЬНО ПОЛЯРИЗОВАН, ТО ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ РАВЕН \_\_\_\_.

21. ЛУЧ СВЕТА ПАДАЕТ ПОД УГЛОМ  $45^\circ$  НА СТЕКЛЯННУЮ ПЛАСТИНКУ ТОЛЩИНОЙ 0.51 мм С ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ  $n = 1.41$ . ДЛИНА ЛУЧА В ПЛАСТИНКЕ РАВНА \_\_\_\_ мм.