

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования**

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**

**А.Е. Мандель, Соколова Ж.М., Шангина Л.И.**

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ВОЛНЫ  
(Сборник тестовых задач и вопросов)**

**Учебно-методическое пособие**

2013

УДК 537.8(075.8) + 621.371.3(075.8)

ББК 22.336я73

Б786

**Рецензент:**

к-т физ.-мат. наук, зав. кафедрой сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники **С.Н.Шарангович**

Мандель А.Е.

Электромагнитные поля и волны. Сборник тестовых задач и вопросов : учеб. метод. пособие / Мандель А.Е., Соколова Ж.М., Шангина Л.И. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. –375 с.

Учебно-методическое пособие содержит тестовые вопросы и задачи, охватывающие большинство разделов учебных курсов «Электромагнитные поля и волны» и «Электродинамика и распространение радиоволн». Представлены вопросы и задачи по элементам векторного анализа.

Пособие предназначено для бакалавров направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 210400.62 «Радиотехника», специалистов направления подготовки 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

УДК 537.8(075.8) + 621.371.3(075.8)

ББК 22.336я73

© А.Е. Мандель, Соколова Ж.М., Шангина Л.И. , 2013

© Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013

# Предисловие

В настоящем пособии приведены тестовые вопросы и задачи, охватывающие большинство разделов учебных курсов «Электромагнитные поля и волны» и «Электродинамика и распространение радиоволн».

Работа с тестами переносит основной упор в работе обучаемого на самостоятельную, индивидуальную подготовку, основанную на работе с обучающими программами на персональных компьютерах. Пособие предназначено для студентов очной формы обучения, но весьма полезным будет и для студентов, обучающихся на заочном факультете или с использованием дистанционных технологий.

Поскольку электродинамика основывается на математическом аппарате векторного анализа, в первом разделе пособия представлены тесты по элементам векторного анализа. Во втором, третьем и четвертом разделах представлены тесты по темам: уравнения Максвелла, статические и квазистационарные поля. Тесты по плоским электромагнитным волнам представлены в пятом разделе. Задачи по теории излучения рассмотрены в шестом разделе. В седьмом и восьмом разделах представлены тесты по электромагнитным волнам в направляющих системах и полях в объемных резонаторах.

Пособие написано сотрудниками кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники Томского университета систем управления и радиоэлектроники. Задачи, приведенные в пособии, частично заимствованы из различных учебных пособий и монографий, приведенных в списке литературы, а в основном разработаны преподавателями кафедры.

Пособие предназначено для бакалавров направлений подготовки 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 210400.62 «Радиотехника», специалистов направления подготовки 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

## Оглавление

Предисловие	3
1. Элементы векторной алгебры и векторного анализа	5
2. Уравнения Максвелла	41
3. Электростатическое поле	95
4. Электромагнитное поле постоянных токов	139
5. Плоские электромагнитные волны	187
6. Излучение электромагнитных волн	235
7. Электромагнитные волны в направляющих системах	275
8. Электромагнитные поля в объемных резонаторах	320
9. Список литературы	351

## 1. ЭЛЕМЕНТЫ ВЕКТОРНОЙ АЛГЕБРЫ И ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА

**1.1.** Как записывается  $\operatorname{div} \vec{a}$  через оператор Гамильтона  $\nabla$  (набла)?

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\operatorname{div} \vec{a} = \nabla \cdot \vec{a}$  , 2.  $\operatorname{div} \vec{a} = \vec{a} \cdot \nabla$  , 3.  $\operatorname{div} \vec{a} = \vec{a} \cdot (1/\nabla)$  , 4.  $\operatorname{div} \vec{a} = (1/\nabla) \cdot \vec{a}$  ,  
5.  $\operatorname{div} \vec{a} = (1/\vec{a}) \cdot \nabla$

**1.2.** Вычислить ротор вектора  $\vec{H} = [\vec{j}, \vec{r}]$ , где  $\vec{r}$  – радиус-вектор.

**ОТВЕТЫ:**

- 1.0    2.  $\vec{i} \cdot z + \vec{k} \cdot x$     3.  $2 \cdot \vec{j}$     4.  $-\vec{i} + \vec{j}$     5.  $-\vec{k}$

**1.3.** Какое поле называется соленоидальным?

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\operatorname{rot} \vec{a} = 0$  , 2.  $\nabla^2 \cdot \vec{a} = 0$  , 3.  $\operatorname{rot} \operatorname{grad} \varphi = 0$  , 4.  $\operatorname{grad} \varphi = 0$  , 5.  $\operatorname{div} \vec{a} = 0$

**1.4.** Как выражается лапласиан с помощью символа набла?

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\nabla$  , 2.  $\nabla^2$  или  $\Delta$  , 3.  $[\nabla L]$     4.  $L \nabla$

**1.5.** Определить поток радиус-вектора через поверхность единичного куба.

**ОТВЕТЫ:**

1. 1,    2. 2,    3. 3,    4. 4,    5. 5

**1.6.** Определить уравнения силовых линий поля  $\vec{E} = -10z\vec{i} + 20\vec{j} + 10x\vec{k}$ .

**ОТВЕТЫ:**

1.  $x^2 + z^2 = C_1^2$   
 $y = C_2 + 2 \arcsin \frac{z}{C_1}$  ,    2.  $x^2 + z^2 = C_1^2$   
 $zy + 2x = C_2$  ,    3.  $x^2 - z^2 = C_1$   
 $4zy = C_2 + 2x$  ,    4.  $z = C_1 + x$   
 $y = C_2 - C_1 \sin x$  ,  
5.  $x^2 + z^2 + y = C_1$   
 $z = C_2$

1.7. Что означает операция  $(\vec{a} \times \nabla)$ ?

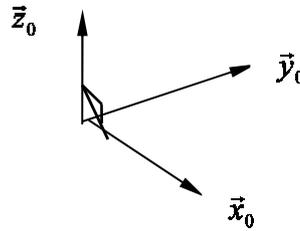
**ОТВЕТЫ:**

1.  $\left( a_y \cdot \frac{\partial}{\partial x} + a_z \cdot \frac{\partial}{\partial y} + a_x \cdot \frac{\partial}{\partial z} \right)$ , 2.  $\left( a_x \cdot \frac{\partial}{\partial x} + a_y \cdot \frac{\partial}{\partial y} + a_z \cdot \frac{\partial}{\partial z} \right)$ , 3.  $\left( \frac{\partial a_x}{\partial x} + \frac{\partial a_y}{\partial y} + \frac{\partial a_z}{\partial z} \right)$   
 4.  $\left( a_x \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} + a_y \cdot \frac{\partial^2}{\partial y^2} + a_z \cdot \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)$ , 5.  $\vec{a} \cdot \nabla = \nabla \cdot \vec{a}$

1.8. Какова последовательность координат декартовой системы (правило левого вращения)?

**ОТВЕТЫ:**

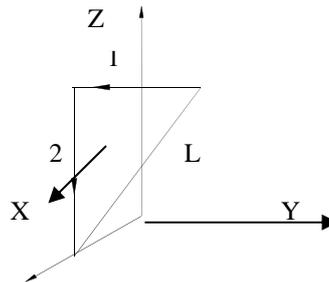
- 1)  $\vec{x}_0 \vec{z}_0 \vec{y}_0$   
 2)  $\vec{y}_0 \vec{x}_0 \vec{z}_0$   
 3)  $\vec{y}_0 \vec{z}_0 \vec{x}_0$   
 4)  $\vec{x}_0 \vec{y}_0 \vec{z}_0$



1.9. Определить циркуляцию вектора  $\vec{A} = [\vec{k} \cdot \vec{r}]$  по контуру указанному на рисунке.

**ОТВЕТЫ:**

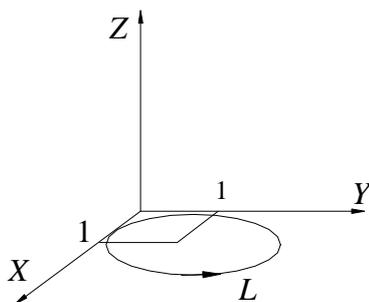
1. 0;  
 2. 1;  
 3. 2  
 4. 3  
 5. 4



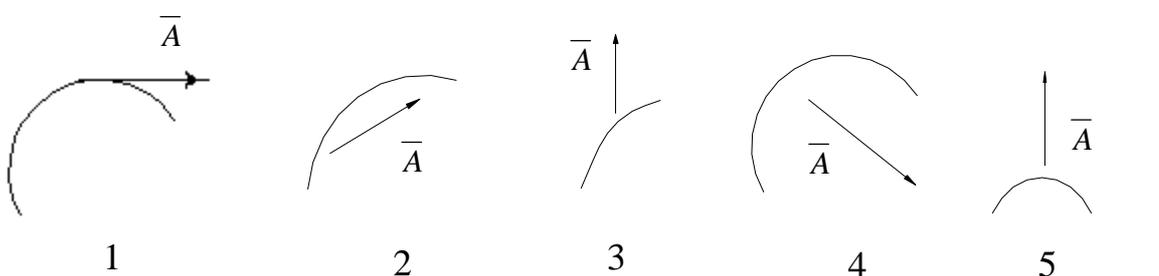
1.10. В плоскости  $XU$  расположен круговой контур единичного радиуса. Определить циркуляцию вектора  $\vec{H}$  ( $\vec{H} = -2y\vec{i} + 2x\vec{j}$ ) по этому контуру L.

**ОТВЕТЫ:**

1. 0
2.  $\pi/2$
3.  $\pi$
4.  $2\pi$
5.  $4\pi$



1.11. Какая из приведенных линий может быть силовой линией векторного поля  $\vec{A}$ .



**ОТВЕТЫ:**

1. 1, 2. 2, 3. 3, 4. 4, 5. 5

1.12. Определите уравнения векторных линий векторного поля  $\vec{E} = r^2 x \vec{i} + r^2 y \vec{j} + r^2 z \vec{k}$

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\begin{cases} x - y = C_1 \\ x - z = C_2 \end{cases}$ , 2.  $\begin{cases} x + y = C_1 \\ z + x = C_2 \end{cases}$ , 3.  $\begin{cases} xy = C_1 \\ zy = C_2 \end{cases}$ , 4.  $\begin{cases} z + y + x = C_1 \\ r = const \end{cases}$ , 5.  $\begin{cases} x = yC_1 \\ y = zC_2 \end{cases}$

1.13. Чему равен  $rot \ grad \ \varphi$ ?

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\nabla^2 \cdot \varphi$ , 2.  $\nabla^2 \cdot \varphi - \nabla \cdot \varphi$ , 3. 0, 4.  $grad \ \varphi - \nabla^2 \cdot \varphi$

1.14. Вычислить  $div \ grad \ \varphi$ , где  $\varphi = x^2 + y^2 + z^2$ .

**ОТВЕТЫ:**

1. 2, 2. 3, 3. 4, 4. 5, 5. 6

1.15. Сколько из приведенных ниже полей являются потенциальными:

$$\bar{A} = x^2\bar{i} - y^2\bar{j}; \quad \bar{B} = \bar{r}; \quad \bar{C} = z\bar{k}; \quad \bar{D} = x\bar{i} + y\bar{k};$$

**ОТВЕТЫ:**

1. 0,    2. 1,    3. 2,    4. 3,    5. 4

1.16. Чему равен  $\text{rot rot } \bar{a}$  ?

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\text{grad div } \bar{a} - \nabla^2 \cdot \bar{a}$ ,    2.  $\text{grad div } \bar{a} - \nabla \cdot \bar{a}$ ,    3.  $\text{div grad } \bar{a} - \nabla^2 \cdot \bar{a}$ ,    4.  $\nabla^2 \cdot \bar{a}$ ,    5. 0

1.17. Найти уравнение силовых линий поля  $\bar{H} = -z\bar{j} + y\bar{k}$ .

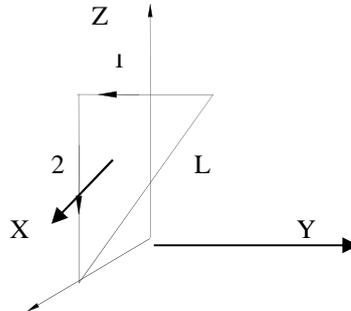
**ОТВЕТЫ:**

1.  $\begin{matrix} z = y + C_1 \\ x = C_2 \end{matrix}$ ,    2.  $\begin{matrix} xy = C_1 \\ x = C_2 \end{matrix}$ ,    3.  $\begin{matrix} z = yC_1 \\ x = C_2 \end{matrix}$ ,    4.  $\begin{matrix} y^2 - z^2 = C_1 \\ x = C_2 \end{matrix}$ ,    5.  $\begin{matrix} z^2 + y^2 = C_1^2 \\ x = C_2 \end{matrix}$

1.18. Определить циркуляцию вектора  $\bar{B} = x^2\bar{i} - z\bar{j} + y\bar{k}$  по контуру, указанному на рисунке. Какой из ответов верен?

**ОТВЕТЫ:**

1. 0  
2. 1  
3. -1  
4. 2  
5. -2



1.19. Вычислить дивергенцию вектора  $\bar{A} = \bar{r} - 3x\bar{i}$ , где  $\bar{r}$  - радиус-вектор.

**ОТВЕТЫ:**

1.  $r$ ,    2. 1,    3. 0,    4. 3,    5. 2

1.20. Вычислить дивергенцию вектора  $\bar{A}$ .  $\bar{A} = 2xyz\bar{i} + (y^2 - x^2)z\bar{j} - 2(z^2 + x^2)y\bar{k}$ .

**ОТВЕТЫ:**

1.  $2yz + y^2 - x^2$ ,    2.  $6yz$ ,    3.  $4yz + z^2y$ ,    4. 0,    5.  $12yz$

1.21. Определить  $\text{rot}\vec{A} = ?$  Вектор  $\vec{A}$  задан выражением  $\vec{A} = -y^2\vec{i} + x^2\vec{j}$ .

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\vec{k}(2x-2y)$ , 2.  $\vec{k}(2x/2y)$ , 3.  $\vec{k}(2x+2y)$ , 4.  $\vec{k}(4x+4y)$ , 5.  $\vec{k}(2y+2x)$

1.22. Определите векторные линии поля  $\vec{H} = x\vec{i} + 2y\vec{j}$ .

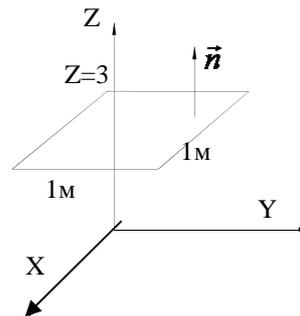
**ОТВЕТЫ:**

1.  $x = Cy$ , 2.  $x^2 = Cy$ , 3.  $x^2 = C^2y$ , 4.  $x^2 = Cy^2$ , 5.  $x^2 = C/y$

1.23. Определить величину потока вектора  $\vec{B} = (4z + 4x^3)\vec{k}$  через квадратную площадку со стороной 1 м, лежащую в плоскости  $z = 3$  м так как показано на рисунке.

**ОТВЕТЫ:**

1. 8
2. 16
3. 12
4. 13
5. 11.



1. 24. Как изменится поток радиус-вектора через поверхность шара, если диаметр шара уменьшить в пять раз.

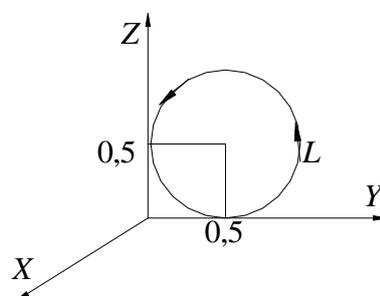
**ОТВЕТЫ:**

1. Уменьшится в 5 раз; 2. Уменьшится в 25 раз; 3. Правильного ответа нет; 4. Не изменится; 5. Уменьшится в 125 раз.

1.25. Определить циркуляцию вектора  $\vec{H} = x^2\vec{i} + z\vec{j} - y\vec{k}$  по контуру показанному на рисунке. Радиус

окружности  $R = 1/2$ .

**ОТВЕТЫ:**



1. 0
2.  $\pi/2$
3.  $\pi$
4.  $-\pi/2$
5.  $-\pi$

1.26. Чему равны коэффициенты Ламе в декартовой системе координат?

**ОТВЕТЫ:**

1.  $h_x = 1$   $h_y = 1$   $h_z = 2$ , 2.  $h_x = 1$   $h_y = x$   $h_z = 1$ , 3.  $h_x = 1$   $h_y = 1$   $h_z = 1$
4.  $h_x = y$   $h_y = 1$   $h_z = 1$ , 5.  $h_x = x$   $h_y = y$   $h_z = z$

1.27. Укажите, чему равно скалярное произведение  $\vec{n}_0 \text{grad}\varphi$  ( $\vec{n}_0$  - единичный вектор нормали к поверхности уровня).

**ОТВЕТЫ:**

1. 0; 2.  $\infty$ ; 3.  $|\text{grad}\varphi|$ ; 4.  $\frac{\partial\varphi}{\partial S}$ ;

5.  $\frac{\partial\varphi}{\partial x} \cdot \cos(\vec{x}^0 \cdot \vec{S}^0) + \frac{\partial\varphi}{\partial y} \cdot \sin(\vec{x}^0 \cdot \vec{S}^0)$

1.28. Укажите выражение электростатического поля через потенциал  $\varphi$ .

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\vec{E} = -\text{grad}\varphi$ , 2.  $\vec{E} = \text{grad}\varphi$ , 3.  $\vec{E} = |\text{grad}\varphi|$ , 4.  $\vec{E} = \frac{\partial\varphi}{\partial x} \cdot \vec{x}^0$ , 5.  $\vec{E} = \frac{\partial\varphi}{\partial y} \cdot \vec{y}^0$

1.29. Найти уравнение силовых линий векторного поля равен  $\vec{E} = \vec{i} - \vec{k}$ .

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\begin{cases} x+z = C_1 \\ y = C_2 \end{cases}$ , 2.  $\begin{cases} x-z = C_1 \\ y = C_2 \end{cases}$ , 3.  $\begin{cases} x = zC_1 \\ y = C_2 \end{cases}$ , 4.  $\begin{cases} x+z = C_1 \\ x-z = C_2 \end{cases}$

1.30. Укажите значение  $\text{grad}(\varphi_1 + \varphi_2)$ .

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\text{grad}\varphi_1 + \text{grad}\varphi_2$ , 2.  $\varphi_2 \cdot \text{grad}\varphi_1 + \varphi_1 \cdot \text{grad}\varphi_2$ , 3.  $\text{grad}\varphi_1 \cdot \text{grad}\varphi_2$   
 4.  $\varphi_1 \cdot \text{grad}\varphi_1 + \varphi_2 \cdot \text{grad}\varphi_2$ , 5.  $\frac{\text{grad}\varphi_1}{\text{grad}\varphi_2}$

1.31. В электрическом поле точечного заряда  $\vec{E} = \left( \frac{q}{4\pi \cdot \varepsilon \cdot r^2} \right) \vec{r}_0$  построена сфера с центром в месте расположения заряда и радиусом  $R = 10 \text{ см}$ . Как изменится поток вектора  $\vec{E}$  через сферу, если ее радиус уменьшить в два раза?

**ОТВЕТЫ:**

1. Не изменится, 2. Уменьшится в 2 раза, 3. Уменьшится в 4 раза  
 4. Увеличится в 2 раза, 5. Увеличится в 2 раза.

1.32. Укажите символический определитель векторного произведения

$$\left[ \vec{a} \times \vec{b} \right].$$

**ОТВЕТЫ:**

$$1. \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z \\ \vec{x}^0 & \vec{y}^0 & \vec{z}^0 \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} \quad 2. \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \\ \vec{x}^0 & \vec{y}^0 & \vec{z}^0 \end{vmatrix} \quad 3. \begin{vmatrix} a_x & b_x & \vec{x}^0 \\ a_y & b_y & \vec{y}^0 \\ a_z & b_z & \vec{z}^0 \end{vmatrix}$$

$$4. \begin{vmatrix} \vec{x}^0 & \vec{y}^0 & \vec{z}^0 \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} \quad 5. \begin{vmatrix} \vec{x}^0 & \vec{y}^0 & \vec{z}^0 \\ b_x & b_y & b_z \\ a_x & a_y & a_z \end{vmatrix}$$

**1.33.** Вычислить дивергенцию вектора  $\vec{A} = [\vec{r}, \vec{b}]$ , где  $\vec{b}$  - постоянный вектор,  $\vec{r}$  - радиус-вектор.

**ОТВЕТЫ:**

1.  $-\vec{b}$ , 2. 0, 3.  $-3\vec{b}$ , 4.  $\vec{b}$ , 5.  $-2\vec{b}$ .

**1.34.** Что представляет собой градиент скалярной функции  $\varphi$ ?

**ОТВЕТЫ:**

1. Вектор направление, которого соответствует максимальному изменению функции  $\varphi$ ,

2. Вектор направление, которого соответствует минимальному изменению функции  $\varphi$ ,

3. Вектор направление, которого соответствует касательной к поверхности уровня

4. Скаляр, равный скорости изменения функции  $\varphi$  в направлении наибольшего изменения.

5. Скаляр равный скорости изменения функции  $\varphi$  в направлении наименьшего изменения

**1.35.** Чему равно двойное векторное произведение  $[\vec{a} \times [\vec{b} \times \vec{c}]]$ ?

**ОТВЕТЫ:**

1.  $(\vec{b}\vec{a})\vec{c} - (\vec{c}\vec{a})\vec{b}$ , 2.  $\vec{a}(\vec{b}\vec{c}) - (\vec{a}\vec{c})\vec{b}$ , 3.  $\vec{a}(\vec{b}\vec{c}) - \vec{c}(\vec{a}\vec{b})$ , 4.  $\vec{b}(\vec{a}\vec{c}) - \vec{a}(\vec{c}\vec{b})$ ,

5.  $\vec{b}(\vec{a}\vec{c}) - \vec{c}(\vec{a}\vec{b})$

**1.36.** Укажите выражение градиента в символическом виде.

**ОТВЕТЫ:**

1.  $grad\varphi = \varphi\nabla$ , 2.  $grad\varphi = \nabla\varphi$ , 3.  $grad\varphi = [\nabla\varphi]$

4.  $\text{grad}\varphi = [\varphi\nabla]$ , 5.  $\text{grad}\varphi = \nabla \frac{\partial\varphi}{\partial n}$

1.37. Какое из приведенных полей является потенциальным?

1)  $\bar{A} = (x^2 + y^2) \cdot \bar{i}$ ; 2)  $\bar{B} = x\bar{j}$ ; 3)  $\bar{C} = y\bar{i} + z\bar{k}$ ;

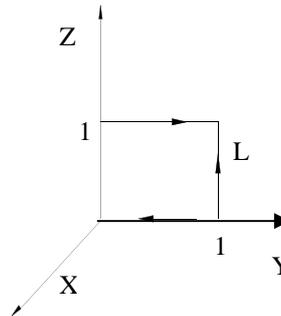
**ОТВЕТЫ:**

1.  $\bar{A}$ ; 2.  $\bar{B}$ ; 3.  $\bar{C}$ ; 4. Все поля потенциальны 5. Ни одно из полей не является потенциальным.

1.38. Дан вектор  $\bar{H} = x\bar{i} - y^2\bar{j} + z\bar{k}$ . Пользуясь теорией Стокса, найти циркуляцию вектора по контуру  $L$ , показанном на рисунке.

**ОТВЕТЫ:**

1. 0  
2. -2  
3. 1  
4. 2  
5. -1



1.39. Укажите выражение градиента скалярной функции  $\varphi$  в декартовой системе координат.

**ОТВЕТЫ:**

1.  $\text{grad}\varphi = \bar{x}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial y} + \bar{y}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial z} + \bar{z}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial x}$ , 2.  $\text{grad}\varphi = \bar{x}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial y} + \bar{y}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial x} + \bar{z}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial z}$

3.  $\text{grad}\varphi = \bar{x}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial x} + \bar{y}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial y} + \bar{z}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial z}$ , 4.  $\text{grad}\varphi = \bar{x}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial x} + \bar{y}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial z} + \bar{z}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial y}$

5.  $\text{grad}\varphi = \bar{x}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial z} + \bar{y}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial x} + \bar{z}^0 \frac{\partial\varphi}{\partial y}$

1.40. Найдите уравнения силовых линий вектора

$$\vec{E} = (x/r^3)\vec{i} + (y/r^3)\vec{j} + (z/r^3)\vec{k}.$$

**ОТВЕТЫ:**

1.  $x/y=C_1$   $z/y=C_2$ , 2.  $x \cdot y=C_2$   $z \cdot y=C_2$ , 3.  $x-y=C_1$   $z-y=C_2$

4.  $x+y=C_1$   $z+y=C_2$

1.41. Определить циркуляцию вектора  $\vec{H} = x\vec{i} - z\vec{j} + y\vec{k}$  по контуру, указанному на рисунке. Какой из ответов верен?

**ОТВЕТЫ:**

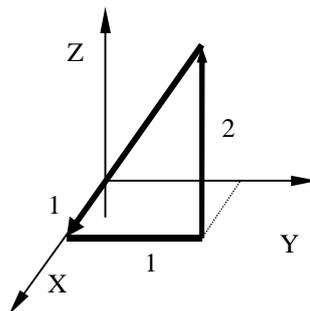
1. 0;

2. 1;

3. -1;

4. -2;

5. 2.



1.42. Укажите определение скалярного поля.

**Ответы:**

1. Совокупность линейно изменяющихся значений заданной скалярной функции

2. Совокупность значений некоторой скалярной функции, отнесенных к семейству параллельных плоскостей.

3. Множество значений скалярной функции

4. Совокупность значений некоторой скалярной величины, отнесенных к каждой точке пространства.

5. Совокупность точек в пространстве с одинаковыми значениями скалярных величин.

1.43. Вычислить дивергенцию вектора  $\vec{A} = \vec{r}$ , где  $\vec{r}$  - радиус-вектор.

**Ответы:**

1) 2;

- 2) 3;  
 3) 4;  
 4) 1;  
 5) 5

44. Представьте в декартовой системе координат скалярное произведение двух векторов  $\vec{a}\vec{b}$ .

**Ответы:**

$$1) \vec{a}\vec{b} = a_x b_y + a_y b_z + a_z b_x$$

$$2) \vec{a}\vec{b} = a_x b_z + a_y b_{xz} + a_z b_y$$

$$3) \vec{a}\vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

$$4) \vec{a}\vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_y$$

$$5) \vec{a}\vec{b} = \vec{x}^0 a_x b_x + \vec{y}^0 a_y b_y + \vec{z}^0 a_z b_z$$

45. Сколько из приведённых полей являются потенциальными ?

$\vec{A} = \vec{r}$ ;  $\vec{B} = x^2 \vec{i} + y^2 \vec{j}$ ;  $\vec{C} = y^2 \vec{i} - x^2 \vec{j}$ ;  $\vec{D} = y \vec{k}$ , где  $\vec{r}$  - радиус-вектор.

**Ответы:**

- 1) Одно поле  
 2) Два поля  
 3) Три поля  
 4) Четыре поля  
 5) Ни одно поле не потенциально.

46. Чему равен  $grad(\varphi_1 \varphi_2)$  ?

**Ответы:**

$$1. grad(\varphi_1 \varphi_2) = \varphi_1 grad \varphi_2 + \varphi_2 grad \varphi_1$$

$$2. grad(\varphi_1 \varphi_2) = \varphi_1 grad \varphi_1 + \varphi_2 grad \varphi_2$$

$$3. \operatorname{grad}(\varphi_1 \varphi_2) = \vec{n}^0 \frac{\partial \varphi_1}{\partial \varphi_2}$$

$$4. \operatorname{grad}(\varphi_1 \varphi_2) = 2\varphi_1 \operatorname{grad} \varphi_2$$

$$5. \operatorname{grad}(\varphi_1 \varphi_2) = \varphi_1 |\operatorname{grad} \varphi_2| + \varphi_2 |\operatorname{grad} \varphi_1|$$

47. Укажите значение  $\operatorname{grad} F(\varphi)$

**ОТВЕТЫ:**

$$1) \frac{\partial \varphi}{\partial n} \operatorname{grad} \varphi$$

$$2) F(\varphi) \operatorname{grad} \varphi$$

$$3) F(\varphi) + \operatorname{grad} \varphi$$

$$4) F(\varphi) |\operatorname{grad} \varphi|$$

$$5) \frac{\partial F(\varphi)}{\partial \varphi} \operatorname{grad} \varphi$$

48. Какое из приведенных полей является потенциальным?

$$\vec{A} = 2z\vec{j}; \quad \vec{B} = 8y^2\vec{k}; \quad \vec{C} = 3z^2\vec{i};$$

**ОТВЕТЫ:**

$$1. \vec{A};$$

$$2. \vec{B};$$

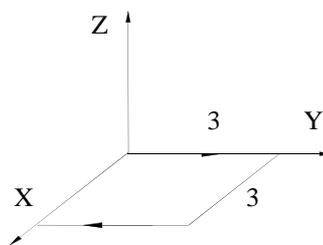
$$3. \vec{C};$$

$$4. \vec{A} \text{ и } \vec{B};$$

5. Ни одно поле не является потенциальным

49. Чему равна циркуляция вектора  $\vec{A} = 5x\vec{j}$  по контуру  $L$ , показанному на рисунке?

**ОТВЕТЫ:**



- 1) -45;
- 2) 45
3. 0;
- 4) 15 ;
- 5) -1.

50. Чему равна дивергенция однородного поля, если  $\vec{A} = a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k}$ , где  $a, b, c = const$ .

**ОТВЕТЫ:**

- 1) 3;
- 2) 0;
- 3)  $a + b + c$ ;
- 4)  $a^2 + b^2 + c^2$ ;
- 5) 6.

51. Найти дивергенцию вектора  $\vec{E} = [i, jr]$ .

**ОТВЕТЫ:**

- 1) 0;
- 2) 1;
- 3) 2;
- 4) -1;
- 5) -2.

52. Каково представление  $\nabla \varphi$  в прямоугольных координатах?

**ОТВЕТЫ:**

- 1)  $\vec{x}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \vec{y}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \vec{z}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial x}$

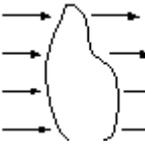
$$2) \vec{x}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \vec{y}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \vec{z}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial y}$$

$$3) \vec{y}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial y}$$

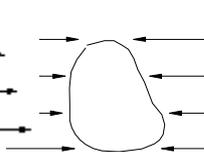
$$4) \vec{x}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \vec{y}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \vec{z}^0 \frac{\partial \varphi}{\partial z}$$

53. В каком случае поток вектора  $\vec{A}$  равен нулю?

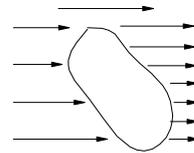
1.



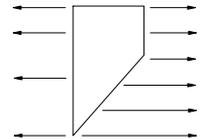
2.



3.



4.



**ОТВЕТЫ:**

1.

2.

3.

4.

54. Если бесконечная металлическая плоскость одинаково нагрета, а над нею расположен воздух, то, каково будет семейство поверхностей одинаковой температуры в воздухе?

**ОТВЕТЫ:**

1. Параллельные плоскости

2. Вертикальные плоскости относительно металлической

3. Сферы концентрические

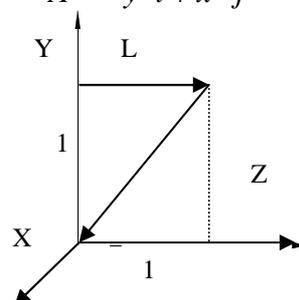
4. Эллипсоиды софокусные

5. Совокупность сфер и плоскостей

55. Вычислить циркуляцию вектора  $\vec{A} = -y^2 \vec{i} + x^2 \vec{j}$  по контуру  $L$ , изображенному на рисунке.

**ОТВЕТЫ:**

1) 0



- 2) -1
- 3) 2
- 4) 1
- 5) -2

56. Как расположены векторы  $grad\varphi$  относительно поверхностей  $\varphi = const$  ?

**ОТВЕТЫ:**

- 1. По нормали
- 2. По касательной
- 3. Под углом 30 градусов
- 4. Под углом 45 градусов
- 5. Под углом 60 градусов

57. Дан вектор  $\vec{A} = x\vec{i} + z\vec{j} + z\vec{k}$ . Определить поток вектора  $\vec{A}$  через поверхность сферы радиусом  $R=1$  м с центром в начале координат.

**ОТВЕТЫ:**

- 1.  $4\pi$
- 2.  $\frac{8\pi}{3}$
- 3.  $\frac{\pi}{3}$
- 4.  $\frac{4}{3}\pi$
- 5. 0

58. Какое из приведенных полей является соленоидальным?

$$\vec{B} = x^2\vec{i} + y^2\vec{j}; \quad \vec{A} = \vec{r}; \quad \vec{C} = y\vec{i} + x\vec{j} + z\vec{k};$$

**ОТВЕТЫ:**

- 1) Поле  $\vec{A}$
- 2) Поле  $\vec{B}$
- 3) Поле  $\vec{C}$

4) Все поля соленоидальны

5) Ни одно из полей не является соленоидальным

59. Сколько из приведенных ниже соотношений ошибочны?

$$1) \oint_S \vec{H} d\vec{l} = \int_V \text{rot} \vec{H} ds; \quad 2) \int_V \text{div} \text{rot} \vec{b} dV = 0; \quad 3) \oint_S \vec{D} ds = \int_V \text{div} \vec{D} dv;$$

$$4) \int_V \text{rot} \text{grad} \varphi dv = 0; \quad 5) \oint_S \text{rot} \vec{H} ds = 0$$

**Ответы:**

1) Ошибочно одно соотношение.

2) Два.

3) Три.

4) Четыре

5) Все соотношения верны.

60. Вычислить циркуляцию вектора  $\vec{A} = 5\vec{i} + 7\vec{j}$  по контуру L

**Ответы:**

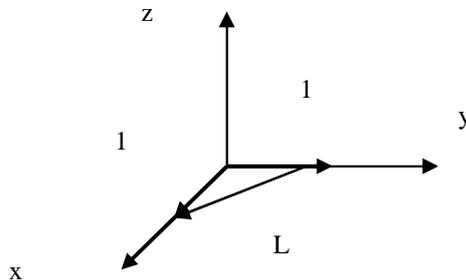
1) 0,

2) 2.

3) -2.

4) 12.

5) -12



61. Определить дивергенцию вектора  $\vec{B} = \vec{j}(\vec{r}\vec{j})_y + [(\vec{r} \times \vec{k}) \times \vec{i}]$

**Ответы:**

1) 0;

2)  $-2y$ ;

3)  $-y$ ;

4)  $2y$ ;

5)  $2y+2z$ .

62. Чему равен поток вектора через сферу  $R=2$   $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ ;

**Ответы:**

1)  $(3/4)\pi$ ;

2)  $8\pi$ ;

3)  $(16/3)\pi$ ;

4) 0;

5)  $32\pi$

63. Сколько из приведенных полей являются потенциальными

$\vec{C} = z\vec{j}$   $\vec{A} = \vec{r} - y\vec{i}$   $\vec{B} = y^2\vec{k} + z^2\vec{j}$   $\vec{D} = x\vec{j} - y\vec{k}$   $r$  – радиус вектор?

**Ответы:**

1. Только одно поле потенциально.

2. Два поля потенциальны.

3. Три поля потенциальны.

4. Среди указанных нет потенциальных полей.

5. Все поля потенциальны.

64. Чему равен  $grad(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3)$ ?

**Ответы:**

$\varphi_1 grad(\varphi_2\varphi_3) + \varphi_2\varphi_3 grad\varphi_1$

$\varphi_1[\nabla(\varphi_2 \times \varphi_3)]$

$\varphi_2 grad\varphi_3 + grad\varphi_1 + \varphi_3 grad\varphi_2$

$\varphi_1 grad\varphi_3 + \varphi_3 grad\varphi_1 + grad\varphi_2$

$grad\varphi_3 + grad\varphi_1 + grad\varphi_2$

65. Чему равен  $grad(\varphi_1\varphi_2\varphi_3)$ ?

**Ответы:**

$\varphi_1\varphi_2\varphi_3 grad\varphi_3 grad\varphi_1 grad\varphi_2$

$grad\varphi_1(grad\varphi_2 + grad\varphi_3)$

$\varphi_2\varphi_3 grad\varphi_1 + \varphi_1\varphi_2 grad\varphi_3 + \varphi_1\varphi_3 grad\varphi_2$

$\varphi_2\varphi_3 grad\varphi_2 + \varphi_1\varphi_2 grad\varphi_1 + \varphi_1\varphi_3 grad\varphi_3$

$grad\varphi_3 grad\varphi_1 grad\varphi_2$

66. Представьте в прямоугольной системе координат скалярное произведение векторов  $\vec{a}\vec{b}$

**Ответы:**

$$\vec{a}\vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

$$\vec{a}\vec{b} = a_x b_z + a_y b_{xz} + a_z b_y$$

$$\vec{a}\vec{b} = a_x a_y + a_z b_z + b_x b_y$$

$$\vec{a}\vec{b} = a_x a_z + a_y b_y + b_x b_z$$

$$\vec{a}\vec{b} = \vec{x}^0 a_x b_x + \vec{y}^0 a_y b_y + \vec{z}^0 a_z b_z$$

67. Вычислить дивергенцию вектора  $\vec{B} = [ \vec{k} [ \vec{r} , \vec{i} ] ]$ .

**Ответы:**

1.  $-\vec{i}z$ ;

2. 1;

3.  $z+y$ ;

4. 0;

5. Все ответы неверны

68. Сколько из приведённых полей является соленоидальными ?

$$\vec{A} = 2z \vec{j}; \quad \vec{B} = 8y^2 \vec{k}; \quad \vec{D} = 3z^2 \vec{i}; \quad \vec{C} = 2(\vec{r} , \vec{i}) = 2r \vec{i}.$$

**Ответы:**

1. все поля соленоидальны

2. все поля не соленоидальны

3. одно поле

4. два поля

5. три поля.

69. Как расположены векторы  $grad\varphi$  относительно изоповерхности?

Ответы:

1. По касательной
2. Под углом  $30^\circ$
3. Под углом  $45^\circ$
4. Под углом  $60^\circ$
5. По нормали

70. Найти уравнения силовых линий поля  $\vec{B} = 2x\vec{i} + 3y\vec{j}$ .

Ответы:

1.  $xy = C$ ;
2.  $(3/2)x = y + C$ ;
3.  $x = \ln y^{3/2}$ ;
4.  $Y = Cx + 3/2$ ;
5.  $C = x/y^{2/3}$ .

71. Вычислить дивергенцию вектора  $\vec{B} = [ \vec{k}, \text{grad } f ]$

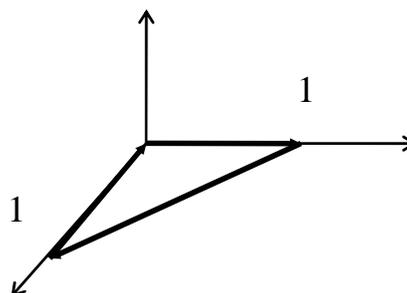
Ответы:

- 1)  $2\delta^2 f / \delta x \delta y$ ;
- 2)  $\delta^2 f / \delta x^2 + \delta^2 f / \delta y^2$ ;
- 3) 0;
- 4)  $\delta f / \delta z$ ;
- 5)  $\delta^2 f / \delta x \delta y + \delta^2 f / \delta y \delta z$ .

72. Вычислить циркуляцию вектора  $\vec{A} = [ \vec{k}, \vec{r} ]$  по контуру L, показанному на рисунке.

Ответы:

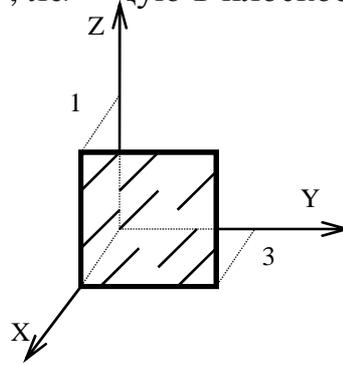
- 1) 0;
- 2)  $-1/2$ ;
- 3)  $1/2$ ;



4) -1;

5) 1.

71. Определить величину потока вектора  $\vec{A} = (3x + 4z^3) \vec{i}$  через квадратную площадку со стороной 1 м, лежащую в плоскости  $x=3$  м, так как показано на рисунке.



Ответы: 1) 13; 2) 5; 3) 10; 4) 7; 5) 15.

74. Как изменится поток радиуса-вектора через поверхность шара, если диаметр шара уменьшить в 3 раза?

**ОТВЕТЫ:**

1) Уменьшится в 3 раза;

2) уменьшится 121 раз;

3) Уменьшится в 27 раз;

4) Не изменится;

5) Уменьшится в 9 раз.

75. Найти градиент скалярного поля  $U(x, y) = 3x^2y - 3xy^3 + y^4$  в точке  $M(1, 2)$ .

Ответы:

1)  $12\vec{i} + 9\vec{j}$ ;

2)  $-(12\vec{j} + \vec{i})$ ;

3)  $-(12\vec{i} + \vec{j})$ ;

4)  $-9xy^2 + 6xy$ ;

5)  $8\vec{i} + 3\vec{j}$ ;

76. Сколько из приведённых полей является потенциальным полем ?

$$\bar{C} = z\bar{j}; \quad \bar{A} = \bar{r} - y\bar{i}; \quad \bar{B} = y^2\bar{k} + z^2\bar{j}; \quad \bar{D} = x\bar{j} - y\bar{k}, \text{ где } \bar{r} \text{ - радиус-вектор.}$$

Ответы:

- 1) Поле  $\bar{C}$ ;
- 2) Поле  $\bar{A}$ ;
- 3) Поле  $\bar{B}$ ;
- 4) Поле  $\bar{D}$ ;
- 5) Поле  $(\bar{A} + \bar{B})$ .

77. Найти ротор вектора  $\bar{A} = [\bar{i}, \bar{r}]$ , где  $\bar{r}$  - радиус-вектор точки.

Ответы:

- 1) 0;
- 2)  $\bar{r}$ ;
- 3)  $2\bar{j}$ ;
- 4)  $2\bar{k}$ ;
- 5)  $2\bar{i}$ .

78. Вычислить ротор вектора  $\bar{H} = [\bar{j}, \bar{r}]$ , где  $\bar{r}$  - радиус-вектор.

**Ответы:**

0

$\bar{i} + \bar{k}$

$2\bar{j}$

$-\bar{i} + \bar{j}$

$-\bar{k}$

79. Центр одиночного куба (длина ребра куба равна 1) совпадает с началом координат. Куб смещается так, что его центр оказывается в точке  $(\frac{1}{2}; \frac{1}{2}; \frac{1}{2})$ . Как при этом изменится поток радиус-вектора через боковую поверхность куба.

Ответы:

1. Станет равным нулю

2. Уменьшится в 2 раза

3. Не изменится

4. Уменьшится в 4 раза

5. Возрастает в 4 раза

**80.** Определить уравнения силовых линий поля  $\vec{E} = -10z\vec{i} + 20\vec{j} + 10x\vec{k}$ .

Ответы:

$$x^2 + z^2 = C_1^2$$

$$y = C_2 + 2 \arcsin^2 \frac{z}{C_1}$$

$$x^2 + z^2 = C_1$$

$$zy + 2x = C_2$$

$$x^2 - z^2 = C_1$$

$$4zy = C_2 + 2x$$

$$z = C_1 + x$$

$$y = C_2 - C_1 \sin x$$

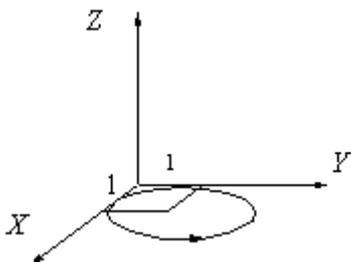
$$x^2 + z^2 + y = C_1$$

$$z = C_2$$

**81.** В плоскости  $XOY$  расположен круговой контур единичного радиуса.

Определить циркуляцию вектора  $\vec{H}$  по этому контуру  $\vec{H} = -2y\vec{i} + 2x\vec{j}$ .

Ответы: 1. 0 2.  $\pi/2$  3.  $\pi$  4.  $2\pi$  5.  $4\pi$



**82.** Определите уравнения векторных линий вектора  $\vec{E} = r^2 x\vec{i} + r^2 y\vec{j} + r^2 z\vec{k}$ .

Ответы:

1)  $x - y = C_1$  ;  
 $x - z = C_2$

$$2) \begin{cases} x + y = C_1 \\ z + x = C_2 \end{cases};$$

$$3) \begin{cases} xy = C_1 \\ zy = C_2 \end{cases};$$

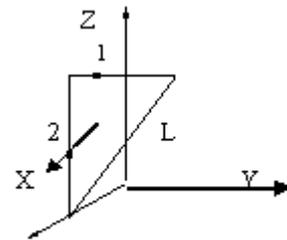
$$4) \begin{cases} z + y + x = C_1 \\ r = const \end{cases};$$

$$5) \begin{cases} x = yC_1 \\ y = zC_2 \end{cases}$$

83. Определить циркуляцию вектора  $\vec{B} = x^2\vec{i} - z\vec{j} + y\vec{k}$  по контуру указанному на рисунке Какой из ответов верен?

Ответы: 1) 0; 2) 1; 3) -1;

4) 2; 5) -2



84. Вычислить дивергенцию вектора

$\vec{A} = \vec{r} - 3x\vec{i}$ , где  $\vec{r}$  - радиус-вектор точки.

Ответы:

1)  $r$ ;

2) 1;

3) 0;

4) 3;

5) 2

85. Сколько из приведенных полей являются потенциальными?

$\vec{A} = x^2\vec{i} - y^2\vec{j}$ ;  $\vec{B} = \vec{r}$ ;  $\vec{C} = z\vec{k}$ ;  $\vec{D} = x\vec{i} + y\vec{k}$ ;

Ответы:

1) 1;

2) 2;

3) 0;

4) 3;

5)  $\hat{A}\hat{n}\hat{a}\hat{i}\hat{i}\hat{e}\hat{u}$ 86. Вычислить дивергенцию вектора  $\bar{A} = 2xyz\bar{i} + (y^2 - x^2)z\bar{j} - 2(z^2 + x^2)y\bar{k}$ .

Ответы:

1)  $2yz + y^2 - x^2$ ;2)  $6yz$ ;3)  $4yz + z^2y$ ;4)  $0$ ;5)  $12yz$ 87. Вычислить ротор вектора  $\bar{A} = -y^2\bar{i} + x^2\bar{j}$ .

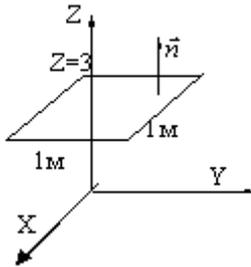
Ответы:

1)  $0$ ;2)  $2y\bar{j} + 2x\bar{i}$ ;3)  $(2y + 2x)\bar{k}$ ;4)  $2x\bar{j} + 2y\bar{i}$ ;5)  $2y + 2x$ .88. Найти векторные линии поля  $\bar{H} = x\bar{i} + 2y\bar{j}$ .

Ответы:

1)  $Cy = x^2$ ;2)  $C = xy$ ;3)  $2y + x = C$ ;4)  $y = \frac{x}{2} + C$ ;5)  $C = \frac{(x - y)}{2}$ .

89. Определить величину потока вектора  $\vec{B} = (4z + 4x^3)\vec{k}$  через квадратную площадку со стороной 1 м, лежащую в плоскости  $z = 3$  м так как показано на рисунке.



**Ответы:** 1) 8; 2) 16; 3) 12; 4) 13; 5) 11.

90. Вычислить дивергенцию вектора  $\vec{A} = [\vec{i}, \text{grad}v]$ .

Ответы:

1)  $\frac{\partial^2 v}{\partial y \partial z}$ ;

2)  $\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$ ;

3)  $\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$ ;

4)  $\frac{\partial^2 v}{\partial y \partial x}$ ;

5) **0**.

91. Найти ротор вектора  $\vec{A} = [\vec{i}, \vec{r}]$ , где  $\vec{r}$  - радиус-вектор точки.

Ответы:

1. 0;

2.  $\vec{r}$ ;

3.  $2\vec{j}$ ;

4.  $2\vec{k}$ ;

5.  $2\vec{i}$ .

92. Сколько из приведённых ниже формул являются ложными?

1)  $\text{div}(\varphi\vec{a}) = \varphi\text{div}\vec{a} + \vec{a}\text{grad}\varphi$ ;      2)  $\text{div}(x\vec{i} + y\vec{j}) = 1$ ;

3)  $\text{rot}(\varphi\vec{a}) = \varphi\text{rot}\vec{a} + \vec{a}\text{grad}\varphi$ ;      4)  $\text{divrot}\vec{A} = 0$

Ответы:

- 1) Неверны три формулы;
- 2) Две формулы;
- 3) Неверна одна формула 3;
- 4) Четыре;
- 5) Все формулы верны.

93. вычислить дивергенцию вектора  $\vec{P} = [ \vec{r} , \vec{i} ] \vec{j}$ .

Ответы:

- 1) 1;
- 2) 0;
- 3) -1;
- 4) 2;
- 5) -2.

94. Вычислить ротор поля  $\vec{A} = xy\vec{i} - xz\vec{j} + yz\vec{k}$ .

Ответы:

- 1)  $\vec{i} (z+x)$ ;
- 2)  $(\vec{i} - \vec{j} + \vec{k}) (x+y+z)$ ;
- 3) 0;
- 4)  $(\vec{i} - \vec{k}) (z+x)$ ;
- 5)  $(z^2+x^2) \vec{i}$ .

95. Какое из приведённых ниже полей является соленоидальными ?

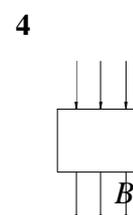
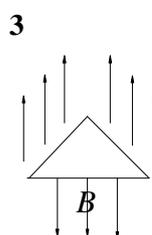
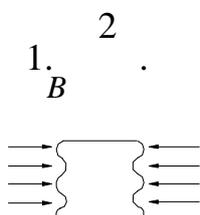
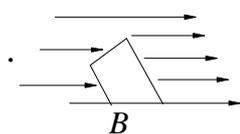
$$\vec{A}=5\vec{r}; \quad \vec{B}=x^2\vec{i}; \quad \vec{C}=z^2\vec{k}; \quad \vec{D}=y^2\vec{i}+z^2\vec{j}.$$

ОТВЕТЫ:

1. Ни одно из полей не является соленоидальным;
- 2) поле  $\vec{A}$ ;
- 3) Поле  $\vec{B}$ ;
- 4) Поле  $\vec{C}$ ;
5. Поле  $\vec{D}$ .

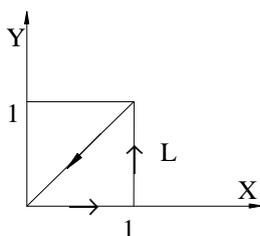
96. В каком случае поток вектора  $\vec{A}$  через фигуру  $B$  равен нулю?

ОТВЕТЫ:



ОТВЕТЫ: 1) 2) 3) 4)

97. Вычислить циркуляцию вектора  $\vec{A} = -y^2\vec{i} + x^2\vec{j}$  по контуру  $L$ , изображенному на рисунке.



ОТВЕТЫ: 1. 0    2. -1    3. 1    4. 2    5.  $\sqrt{2}$

98. Какое из приведенных полей является соленоидальным?

$$\vec{A} = x^2\vec{i} + y^2\vec{j}; \quad \vec{B} = \vec{r}; \quad \vec{C} = x^2\vec{i} + z^2\vec{j} + y^2\vec{k};$$

ОТВЕТЫ:

1. Поле  $\vec{A}$
2.  $\vec{B}$

3.  $\bar{C}$ 

4. Ни одно из полей не является соленоидальным

5. Все поля соленоидальны.

99. Определить поток вектора  $\bar{a} = \frac{mr_0}{r^2}$ , где  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  через поверхность сферы радиуса  $r = 5\text{ м}$  и с центром в точке  $r = 0$ .

ОТВЕТЫ:

1.  $2\pi$ 2.  $2\pi \cdot m$ 3.  $25\pi$ 4.  $20\pi m$ 5.  $\frac{2\pi \cdot m}{25}$ 

100. Какое из приведенных полей является соленоидальным?

$$\bar{A} = z\bar{r} ; \quad \bar{B} = \text{rot}\bar{M} \quad (\text{где } \bar{M} \text{ - произвольное векторное поле }); \quad \bar{C} = [\bar{k}, \bar{r}];$$

$$\bar{D} = z\bar{k} ; \quad \bar{r} \text{ - радиус вектор.}$$

ОТВЕТЫ:

1) Только одно поле соленоидально

2) Все поля соленоидальны

3) Три поля соленоидальны

4) Два поля соленоидальны

5) Ни одно из полей не является соленоидальным

101. Вычислить ротор вектора  $\bar{H} = [\bar{j}, \bar{r}]$ , где  $\bar{r}$  – радиус-вектор.

ОТВЕТЫ:

1. 0

2.  $\bar{i} \cdot z + \bar{k} \cdot x$ 3.  $2 \cdot \bar{j}$ 4.  $-\bar{i} + \bar{j}$

5.  $-\bar{k}$ 

102. Определить поток радиус-вектора ( $\Pi$ ) через поверхность единичного куба.

Ответы:

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

5) 5

103. Определить уравнения силовых линий поля  $\bar{E} = -10z\bar{i} + 20\bar{j} + 10x\bar{k}$ .

ОТВЕТЫ:

$$1. \quad \begin{aligned} x^2 + z^2 &= C_1^2 \\ y &= C_2 + 2 \arcsin^2 \frac{z}{C_1} \end{aligned}$$

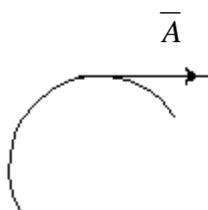
$$2. \quad \begin{aligned} x^2 + z^2 &= C_1^2 \\ zy + 2x &= C_2 \end{aligned}$$

$$3. \quad \begin{aligned} x^2 - z^2 &= C_1 \\ 4zy &= C_2 + 2x \end{aligned}$$

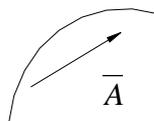
$$4. \quad \begin{aligned} z &= C_1 + x \\ y &= C_2 - C_1 \sin x \end{aligned}$$

$$5. \quad \begin{aligned} x^2 + z^2 + y &= C_1 \\ z &= C_2 \end{aligned}$$

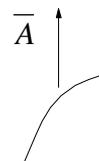
104. Какая из приведенных линий может быть векторной линией



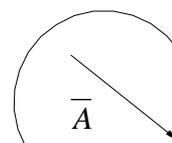
1



2



3



4



5

ПОЛ  
я  
 $\bar{A}$ .

**ОТВЕТЫ: 1) 2) 3) 4) 5)**

105. Определите уравнения векторных линий вектора  $\vec{E} = r^2 x\vec{i} + r^2 y\vec{j} + r^2 z\vec{k}$

.

**ОТВЕТЫ:**

1.  $x - y = C_1$   
 $x - z = C_2$

2.  $x + y = C_1$   
 $z + x = C_2$

3.  $xy = C_1$   
 $zy = C_2$

4.  $z + y + x = C_1$   
 $r = const$

5.  $x = yC_1$   
 $y = zC_2$

106. Вычислить  $\text{div grad } \varphi$ ? Где  $\varphi = x^2 + y^2 + z^2$ .

**ОТВЕТЫ: 1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 5; 5) 6.**

107. Сколько из приведенных полей являются потенциальными?

$$\vec{A} = x^2\vec{i} - y^2\vec{j}; \quad \vec{B} = \vec{r}; \quad \vec{C} = z\vec{k}; \quad \vec{D} = x\vec{i} + y\vec{k};$$

**ОТВЕТЫ:**

1) 0

2) 1

3) 2

4) 3

5) 4

108. Чему равно  $\text{rot rot } \vec{a}$  ?

**Ответы:**

1.1)  $\operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{a} - \nabla^2 \cdot \vec{a}$

2)  $\operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{a} - \nabla \cdot \vec{a}$

3)  $\operatorname{div} \operatorname{grad} \vec{a} - \nabla^2 \cdot \vec{a}$

4)  $\nabla^2 \cdot \vec{a}$

5) 0

109. Определить  $\operatorname{rot} \vec{A} = ?$  Вектор  $\vec{A}$  задан выражением  $\vec{A} = -y^2 \vec{i} + x^2 \vec{j}$ .

**Ответы:**

1)  $\vec{k}(2x - 2y)$

2)  $\vec{k}(2x/2y)$

3)  $\vec{k}(2x + 2y)$

4)  $\vec{k}(4x + 4y)$

5)  $\vec{k}(2y + 2x)$

110. Чему равна проекция градиента на поверхность уровня?

**ОТВЕТЫ:**

1)  $\mathbf{0}$ ;

2)  $\infty$ ;

3)  $|\operatorname{grad} \varphi|$  ;

4)  $\frac{\partial \varphi}{\partial n} \cdot \vec{n}^0$ ;

5)  $\frac{1}{2} |\operatorname{grad} \varphi|$

## 2. УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА

1. Через замкнутое кольцо с радиусом  $a$  протекает два потока  $\vec{B} = \vec{B}_0 \sin t\omega$ , отличающиеся только наклоном к нормали  $\vec{n}_0$  – круга  $30^\circ$  и  $120^\circ$ . Чему равна ЭДС, возбуждаемая в кольце этими потоками.

Ответ:

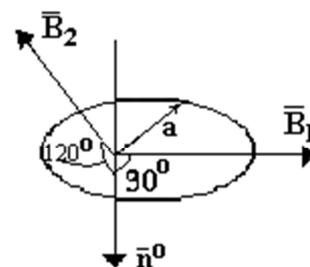
1)  $\mathcal{E} = -0.7\omega \cdot \pi \cdot a^2 B_0 \cos t\omega$

2)  $\mathcal{E} = 0.5\omega \cdot \pi \cdot a^2 B_0 \cos t\omega$

3)  $\mathcal{E} = -\frac{1}{2}\omega \cdot \pi \cdot a^2 B_0 \cos t\omega$

4)  $\mathcal{E} = 0$

5)  $\mathcal{E} = 0.7\omega \cdot \pi \cdot a^2 B_0 \sin t\omega$



2. Если в анизотропной среде  $\hat{\mu} = \begin{vmatrix} 0 & \mu_0 & 0 \\ \mu_0 & 0 & \mu_0 \\ 0 & \mu_0 & 0 \end{vmatrix}$  и  $\vec{H} = H_x \vec{i}$ , то как

направлен вектор  $\vec{B}$ ?

Ответ:

1)  $\vec{B} = B \vec{j}$

2)  $\vec{B} = B \vec{i}$

3)  $\vec{B} = B \vec{k}$

4)  $\vec{B} = B_x \vec{i} + B_y \vec{j}$

5)  $\vec{B} = B_x \vec{i} + B_z \vec{k}$

3. Запишите граничные условия для магнитного поля при наличии поверхностных токов на стенках металлической трубы, представленной на рисунке. Считать I –ой средой объем внутри трубы.

Ответ:

$$1) \begin{cases} H_{x1} - H_{x2} = \delta_{nos} \\ B_{y1} - B_{y1} = 0 \end{cases} \text{ при } y = 0; \quad y = b$$

$$2) \begin{cases} H_{y1} - H_{y2} = J_{nos} \\ B_{y1} - B_{y1} = 0 \end{cases} \text{ при } y = 0; \quad y = b$$

$$3) \begin{cases} H_{y1} - H_{y2} = J_{nos} \\ B_{x1} - B_{x1} = 0 \end{cases} \text{ при } y = 0; \quad y = b$$

$$4) \begin{cases} H_{y1} - H_{y2} = J_{nos} \\ B_{x1} - B_{x1} = 0 \end{cases} \text{ при } x = 0; \quad x = a$$

$$5) \begin{cases} H_{x1} - H_{x2} = J_{nos} \\ B_{x1} - B_{x1} = 0 \end{cases} \text{ при } x = 0; \quad x = a$$

4. При каких условиях выполняется равенство  $div[\bar{r} \times \bar{H}] = 0$ , где

$\bar{r}$  – радиус-вектор,  $\bar{H}$  – вектор напряженности магнитного поля.

Ответ:

1)  $div \bar{E} = 0$

2)  $div \bar{H} = 0$

3)  $rot \bar{E} = 0$

4)  $\bar{\delta} = 0$

5) *всегда*

5. Вычислить и определить направление вектора  $D$  в среде с

проводимостью, равной нулю, если  $\bar{H} = \bar{x}_0 H_0 \cos(t\omega - kz)$ , где  $k = const$ ;

$\omega = const$ .

Ответ:

$$1) D = -\frac{\bar{z}^0 w H_0}{k} \cos(\omega t - kz)$$

$$2) D = -\frac{\bar{x}^0 k H_0}{w} \sin(\omega t - kz)$$

$$3) \bar{D} = +\frac{\bar{y}_0 k H_0}{w} \sin(\omega t - kz)$$

$$4) \bar{D} = -\frac{\bar{y}_0 k H_0}{w} \cos(\omega t - kz)$$

$$5) \bar{D} = +\frac{\bar{y}_0 k H_0}{w} \cos(\omega t - kz)$$

6. Удельная проводимость среды  $\hat{\sigma}$  выражается тензором. Какой вид имеет этот  $\hat{\sigma}$ , если  $\bar{\delta} = \bar{\delta}_0 + \bar{\delta}_1$ , где  $\bar{\delta}_0 = \sigma \cdot \bar{E}$ ,  $\bar{\delta}_1 = k \cdot [\bar{E} \cdot \bar{z}_0 \cdot H_0]$ .  $k$ -постоянная.

Ответ:

$$1) \hat{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma & 0 & 0 \\ 0 & \sigma & 0 \\ 0 & \kappa H_0 & \sigma \end{bmatrix}$$

$$2) \hat{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma & 0 & \kappa H_0 \\ -\kappa H_0 & \sigma & 0 \\ \kappa H_0 & 0 & \sigma \end{bmatrix}$$

$$3) \hat{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma & 0 & \kappa H_0 \\ 0 & \sigma & 0 \\ 0 & \kappa H_0 & \sigma \end{bmatrix}$$

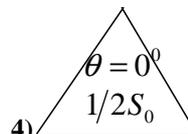
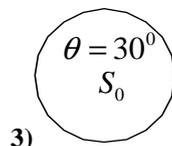
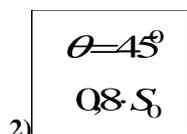
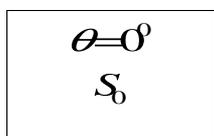
$$4) \hat{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma & \kappa H_0 & 0 \\ \kappa H_0 & \sigma & 0 \\ \kappa H_0 & \kappa H_0 & \sigma \end{bmatrix}$$

$$5) \hat{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma & \kappa H_0 & 0 \\ \kappa H_0 & \sigma & 0 \\ 0 & 0 & \sigma \end{bmatrix}$$

7. В каком из замкнутых контуров возникает наибольшая ЭДС, если нормаль к площадке и вектор  $\bar{B} = B_0 \sin \omega \cdot t$ , в поле которого оказались

площадки, расположены под углом  $\theta$ ?

Ответ:

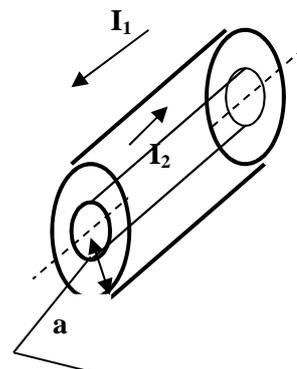


8. Под каким углом расположены векторы  $\vec{E}$ ,  $\vec{D}$ , если  $\epsilon = \begin{bmatrix} 0 & \epsilon & 0 \\ \epsilon & \epsilon & \epsilon \\ 0 & \epsilon & 0 \end{bmatrix}$ , а  $\vec{E} = \vec{x}_0 E$ .

Ответ:

1)  $30^\circ$  2)  $45^\circ$  3)  $60^\circ$  4)  $90^\circ$  5)  $0^\circ$

9. Вдоль тонкостенной трубы радиуса  $a$  и тонкого проводника, совпадающего с осью трубы протекают постоянные токи  $I_2$  и  $-I_1$ . Каково магнитное поле в точках, отстоящих



от оси трубы на расстояниях  $a/2$  и  $3a$ ? ( $\mu = \mu_0$ )

Ответ:

$$1) H_1 = I_2 / (\pi \cdot a); \quad H_2 = (I_2 - 3I_1) / (6\pi \cdot a)$$

$$2) H_1 = 0; \quad H_2 = (2I_1 - I_2) / (6\pi \cdot a)$$

$$3) H_1 = (I_2 - I_1) / (6\pi \cdot a); \quad H_2 = 0$$

$$4) H_1 = I_2 / (2\pi \cdot a); \quad H_2 = I_2 - I_1 / (12\pi \cdot a)$$

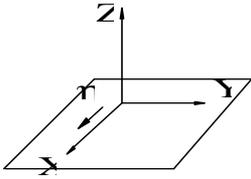
$$5) H_1 = I_2 / (2\pi \cdot a); \quad H_2 = (2I_2 - 3I_1) / (12\pi \cdot a)$$

10 Укажите размерность результата  $\text{rot} \vec{H} = 5\vec{x}^\circ$ .

Ответ:

- 1)  $A/m^{-1}$    2)  $A/m$    3)  $A \cdot m^2$    4)  $A \cdot m$    5)  $A/m^2$

11. По идеально проводящей плоскости протекает постоянный ток, причем поверхностная плотность тока  $\vec{\eta} \text{ A/m}$  в каждой точке вблизи плоскости. Определить магнитное поле в любой точке вблизи плоскости.



Ответ:

$$1) \vec{H} = \pm \frac{\eta}{2} \vec{y}_0 \text{ A/m}$$

$$2) \vec{H} = -\eta \cdot \vec{y}_0 \text{ A/m}$$

$$3) \vec{H} = 2 \cdot \eta \cdot \vec{x}_0 \text{ A/m}$$

$$4) \vec{H} = \frac{\eta}{2} \vec{x}_0 \text{ A/m}$$

$$5) \vec{H} = \pm \frac{\eta}{2} \vec{z}_0 \text{ A/m}$$

12. Металлический шарик радиусом  $r = 1 \text{ см}$  заряжен положительным зарядом  $q = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ . Чему равна напряженность электрического поля  $\vec{E}$  на расстоянии  $2 \text{ м}$  от центра заряженного шарика? Справка: Диэлектрическая проницаемость среды  $\epsilon = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ ф \ м}$ .

Ответ:

$$1) \vec{E} = 0,5 \text{ В/м}$$

$$2) \vec{E} = 0,003 \text{ В/м}$$

$$3) \vec{E} = 0,01 \text{ В/м}$$

$$4) \vec{E} = 0,4 \text{ В/м}$$

$$5) \vec{E} = 0,2 \text{ В/м}$$

13. Какие из представленных полей, изменяющиеся во времени и в пространстве при  $\mu = const$ , могут быть полями вектора, удовлетворяющими уравнениям Максвелла (т.е. могут быть реализованы)?

1)  $\overline{H}_1 = \overline{x}_0 9x \cos t\omega - \overline{y}_0 9y \cos t\omega$  ; 2)  $\overline{H}_2 = \overline{y}_0 \cos x \sin t\omega + \overline{x}_0 \sin y \cos t\omega$  ;

3)  $\overline{H}_3 = \overline{x}_0 6xy \cos t\omega - \overline{y}_0 3y^2 \cos t\omega$  .

Ответ:

- 1) все поля
- 2) первое и второе
- 3) только первое
- 4) первое и третье
- 5) второе и третье.

14. Если вектор  $\overline{H}$  направлен параллельно оси  $oy$ , то как расположены линии полного тока ?

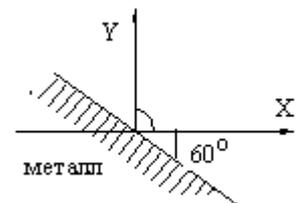
Ответ:

- 1) параллельно оси  $oy$
- 2) в плоскости  $хоу$
- 3) в плоскости  $хоz$
- 4) в плоскости  $уoz$
- 5) вообще говоря произвольно.

15. Вблизи металлической поверхности задано распределение вектора  $\overline{D}$ .

$\overline{D} = 5\overline{x}_0 + 5\sqrt{3}\overline{y}_0$ . Полагая, что поле в металле

отсутствует, определить поверхностную плотность заряда на поверхности металла.



Ответ:

1)  $\xi = 0$

2)  $\xi = -5x$

3)  $\xi = 2x$

4)  $\xi = -1x$

5)  $\xi = 1x$

16. Назовите характер среды, параметры которой таковы:

$$\|\varepsilon\| = \begin{vmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon \end{vmatrix} \quad \|\mu\| = \begin{vmatrix} \mu_1 & 0 & 0 \\ 0 & \mu_2 & 0 \\ 0 & 0 & \mu_3 \end{vmatrix}.$$

Ответ:

1) линейная;

2) анизотропная;

3) линейная, однородная;

4) линейная, анизотропная

17. Вектор  $\bar{D}$  направлен под углом  $45^\circ$  к границе раздела двух сред диэлектрические проницаемости которых равны  $\varepsilon_1=1$ ,  $\varepsilon_2 = \sqrt{3}$ . Поверхностная плотность заряда  $\xi=0$ . Определить угол  $\alpha_2$  между  $\bar{D}_2$  и границей раздела.

Ответ:

1)  $\alpha_2 = 0$

2)  $\alpha_2 = 45^\circ$

3)  $\alpha_2 = 60^\circ$

4)  $\alpha_2 = 30^\circ$

5)  $\alpha_2 = 90^\circ$

18. Какова величина и направление вектора силы  $\bar{F}$ , действующей на заряд  $q = 10^{-5}$  Кл, движущейся в плоскости YOX со скоростью

$v = 10^4 \frac{м}{с}$  под углом  $\alpha = 45^0$  к однородному полю вектора  $|\vec{B}| = 10^{-2} \frac{кЗ}{А \cdot сек^2}$ .

Ответ:

$$1) \vec{F} = 0.707 \cdot 10^{-3} \vec{x}_0$$

$$2) \vec{F} = 0.707 \cdot 10^{-3} \vec{y}_0$$

$$3) \vec{F} = 0.707 \cdot 10^{-3} \vec{z}_0$$

$$4) \vec{F} = -0.707 \cdot 10^{-3} \vec{y}_0$$

$$5) \vec{F} = -0.707 \cdot 10^{-3} \vec{z}_0$$

19. Может ли в диэлектрике с конечной проводимостью  $\sigma \neq 0$  существовать переменное электрическое поле, не порождающее магнитного поля?

Ответ:

1) нет, такого поля нет

2) это поле периодически изменяющееся во времени

3) это поле затухающее во времени экспоненциально

4) это электростатическое поле

5) это поле должно быть линейной функцией времени.

20. Найти поток вектора плотности полного тока  $\vec{\delta}_{полн}$  через поверхность куба со стороной  $a$ .  $\Pi_j = \oint_S \vec{\delta}_{полн} ds = \int_V div \vec{\delta}_{полн} dv$

Ответ:

$$1) \Pi = \vec{\delta}_{полн} \cdot a$$

$$2) \Pi = \vec{\delta}_{полн} \cdot 2a^2$$

$$3) \Pi = 3 \cdot \vec{\delta}_{полн} \cdot a$$

$$4) \Pi = 6 \cdot \vec{\delta}_{полн} \cdot a^2$$

$$5) \Pi = \bar{\delta}_{\text{полн}} = 0$$

21 Если вектор  $\vec{H}$  направлен всюду параллельно оси ОХ, то как расположены линии полного тока?

Ответ:

- 1) параллельно оси ОХ.
- 2) в плоскости ХОУ
- 3) в плоскости ХОZ
- 4) в плоскости YOZ
- 5) вообще говоря, произвольным образом.

22. Как изменятся токи проводимости  $\vec{j}_{\text{пр}}$  и смещения  $\vec{j}_{\text{см}}$ , если при тех же  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  параметры среды  $\epsilon$  и  $\sigma$  учетверить?

Ответы:

1.  $\delta_{\text{см}} = \delta_{\text{смо}}$ ;  $\delta_{\text{пр}} = 2\delta_{\text{про}}$ ;
2.  $\delta_{\text{см}} = \delta_{\text{смо}}$ ;  $\delta_{\text{пр}} = \delta_{\text{про}}$ ;
3.  $\delta_{\text{см}} = 2\delta_{\text{смо}}$ ;  $\delta_{\text{пр}} = 2\delta_{\text{про}}$ ;
4.  $\delta_{\text{см}} = 4\delta_{\text{смо}}$ ;  $\delta_{\text{пр}} = 5\delta_{\text{про}}$ ;
5.  $\delta_{\text{пр}} = \delta_{\text{смо}}$ ;  $\delta_{\text{см}} = \delta_{\text{про}}$ .

23. В любой точке объёма  $V$ , где существуют только токи проводимости и токи смещения  $\vec{E} = -\text{grad } \phi(x, y, z, t)$ . Что можно сказать о векторе  $\vec{H}$  в наиболее общем случае ?

Ответы:

- 1)  $\vec{H}$  - экспоненциально убывает во времени.
- 2)  $\vec{H}$  - периодическая функция времени
- 3)  $\vec{H}$  - любая функция времени
- 4)  $\vec{H} = \text{const}$ .

5)  $\vec{H}$  = не зависит от времени.

24. Внутри полой металлической трубы радиуса  $a$  (цилиндрическая система координат –  $r, \alpha, z$ ) возбуждено переменное электрическое поле. Запишите граничные условия для магнитного поля на стенках ( $r = a$ ), считая поле в металле равным нулю ( $\eta$ -плотность поверхностного тока).

- 1)  $B_r = 0, H_\alpha = 0, H_z = 0$  2)  $B_r = \eta_r, H_\alpha = 0, H_z = -\eta_r$  @ 3)  $B_r = 0, H_\alpha = -\eta_z, H_z = \eta_\alpha$   
 4)  $H_r = \eta_\alpha, H_\alpha = -\eta_z, H_z = 0$  5)  $H_r = 0, H_\alpha = \eta_\alpha, H_z = 0$

Ответы:

- 1)      2)      3)      4)      5)

25. Шар радиусом  $2a$  равномерно заряжен. Плотность объёмного заряда  $\rho$ . Чему равен вектор  $\vec{D}$  на расстоянии  $a$  и  $2a$  от центра шара ?

- 1)  $D_a = 2a\rho/3, D_{2a} = 4a\rho/3$ . 2)  $D_a = 4ar/3, D_{2a} = 4a\rho/3$ . 3)  $D_a = a^2 r/2,$   
 $D_{2a} = a^2 \rho$ . 4)  $D_a = \frac{a\rho}{3}, D_{2a} = \frac{2a\rho}{3}$ . 5)  $D_a = \frac{\pi a\rho}{3}, D_{2a} = \frac{2\pi a\rho}{3}$ .

Ответы:

- 1)      2)      3)      4)      5)

26. В некотором объеме свободного пространства имеется электрическое поле  $\vec{E} = 10\overline{y_0} B/\mathcal{M}$  и магнитное поле  $\vec{H} = 15\overline{x_0} A/\mathcal{M}$ . Заряд  $q = 1 \cdot 10^{-9}$  Кл впрыскивается в этот объем со скоростью  $\vec{v} = 1 \cdot 10^6 \overline{z_0} M/\mathcal{C}$ . Определить силу, действующую на заряд и ее напряжение.  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \Gamma H/\mathcal{M}$ . </q>

Ответ:

- 1)  $57,68 \cdot 10^{-9} \overline{z_0}$   
 2)  $(10\overline{y_0} + 20\overline{z_0}) \cdot 10^{-9}$   
 3)  $28,84 \cdot 10^{-9} \overline{y_0}$   
 4)  $28,84 \cdot 10^{-9} \overline{x_0}$

$$5) (10\bar{z}_0 + 20\bar{y}_0) \cdot 10^{-9}$$

27. Металлический шар радиусом  $a$  помещен в поле  $E_0$  заданное уравнением  $\varphi(r) = E_0 \left( a^3/r - r \right) \cos \theta$ . Определить поверхностную плотность заряда  $\xi$  на шаре, если  $\frac{\partial \varphi}{\partial n} = E_n$ .

$$1) \xi = \varepsilon E_0 \cos \theta$$

$$2) \xi = 2 \cdot \varepsilon \cdot E_0 \sin \theta$$

$$3) \xi = 2 \cdot \varepsilon \cdot E_0 \cos \theta$$

$$4) \xi = 3 \cdot \varepsilon \cdot E_0 \cos \theta$$

$$5) \xi = 3 \cdot \varepsilon \cdot E_0 \sin \theta$$

28. Вектор  $\bar{E}$  электромагнитного поля равен  $\bar{E} = E_0 \bar{z}_0 \cos(t) \sin x$ . Определить вектор  $\bar{B}$ .

Ответ:

$$1) \bar{B} = \bar{y}^0 E_0 \cos x \sin t$$

$$2) \bar{B} = \bar{y}^0 E_0 \sin x \sin t$$

$$3) \bar{B} = \bar{y}^0 E_0 \sin x \cos t$$

$$4) \bar{B} = \bar{z}^0 E_0 \sin x \sin t$$

29. Что определяет выражение  $\int_S \text{rot} \bar{H} d\bar{S}$  ?

Ответы:

$$1) \int_S \text{rot} \bar{H} d\bar{S} = \text{grad div} \bar{H}$$

2) Циркуляцию вектора  $\bar{H}$  по контуру  $L$ , охватывающему  $S$ ;

3) Поток вектора  $\bar{H}$  через поверхность  $S$ ;

$$4) \int_S \text{rot} \vec{H} d\vec{S} = \int_V \text{div} \text{rot} \vec{H} dV$$

30. Чему равен и как направлен вектор плотности тока проводимости  $\overline{\delta}_{np}$ , если

$$\overline{E} = \overline{x_0} E, \text{ в } \sigma = \begin{vmatrix} 0 & \sigma_1 & \sigma_2 \\ \sigma_1 & 0 & \sigma_0 \\ \sigma_2 & \sigma_0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Ответы:

$$1) \overline{\delta}_{np} = (\sigma_1 + \sigma_2) E_0 \overline{x_0}$$

$$2) \overline{\delta}_{np} = (\sigma_1 + \sigma_2) E \overline{y_0}$$

$$3) \overline{\delta}_{np} = \sigma_1 E \overline{x_0} + \sigma_0 E \overline{y_0}$$

$$4) \overline{\delta}_{np} = \sigma_1 E \overline{y_0} + \sigma_2 E \overline{z_0}$$

$$5) \overline{\delta}_{np} = 0$$

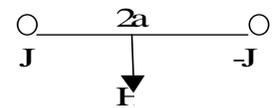
31. Если в анизотропной среде  $\hat{\mu} = \begin{vmatrix} 0 & \mu_0 & 0 \\ \mu_0 & 0 & \mu_0 \\ 0 & \mu_0 & 0 \end{vmatrix}$  и  $\overline{H} = H_x \overline{i}$ , то как

направлен вектор  $\overline{B}$ ?

Ответы:

$$1) \overline{B} = -\overline{y}^0 B_x \quad 2) \overline{B} = -\overline{k}^0 B_x \quad 3) \overline{B} = \overline{z}^0 B_x \quad 4) \overline{B} = \overline{y}^0 B_x$$

32. Какова величина напряжённости магнитного поля в середине между двумя параллельными, бесконечными проводниками, по которым текут одинаковые, но противоположные по направлению постоянные токи?



$$1) H = J/4\pi a \quad 2) H = J/\pi a^2 \quad 3) H = J/2\pi a \quad 4) H = J/\pi a \quad 5) H = 0.$$

Ответы:

$$1) \quad 2) \quad 3) \quad 4) \quad 5)$$

33. В объёме  $V$  имеется два точечных заряда  $Q_1 = 2$  Кл и  $Q_2$ . Определить величину заряда  $Q_2$  ( в Кулонах) если известно, что поток вектора  $\vec{D}$  через поверхность  $S$ , охватывающую объём  $V$ , равен 1Кл. </q>

Ответы:

$$1) Q_2 = -5$$

$$2) Q_2 = -3$$

$$3) Q_2 = -2$$

$$4) Q_2 = -1$$

$$5) Q_2 = -4$$

34. Напряжённость электрического поля изменяется по закону

$E_x = E_0 \cdot a/x$ ;  $E_y = 0$ ;  $E_z = 0$ . Требуется найти плотность объёмного заряда  $\rho$ .

Ответы:

$$1) \rho = \frac{\epsilon_0 E_0 a}{x^3}$$

$$2) \rho = \frac{\epsilon_0 E_0 a}{x^2}$$

$$3) \rho = -\frac{\epsilon_0 E_0 a}{x^2}$$

$$4) \rho = \frac{\epsilon_0 E_0 a}{x}$$

$$5) \rho = \frac{\epsilon E_0 a}{x}$$

35. Чему равна плотность тока проводимости, если  $\vec{H} = [\vec{z}_0 \times \vec{r}]$ , где  $\vec{r}$  - радиус-вектор точки?

**Ответы:**

$$1) \delta = \vec{i}_o(y) + \vec{j}_o(x)$$

$$2) \delta = \vec{i}_o(-y) - \vec{j}_o(x)$$

$$3) \delta = \vec{i}_o(-z) + \vec{j}_o(x)$$

$$4) \delta = \vec{i}_o(-y) + \vec{j}_o(z)$$

$$5) \delta = \vec{j}_o(-y) + \vec{i}_o(x)$$

36. Как определяется анизотропность среды?

Ответы:

- 1) Среда, когда хотя бы один из параметров  $\epsilon$ ,  $\mu$  и  $\sigma$  зависит от  $x$ .
- 2) Среда, когда хотя бы один из параметров  $\epsilon$ ,  $\mu$  и  $\sigma$  зависит от  $y$ .
- 3) Среда, хотя бы один из параметров  $\epsilon$ ,  $\mu$  и  $\sigma$  которой выражается в виде тензора.
- 4) Среда, когда хотя бы один из параметров  $\epsilon$ ,  $\mu$  и  $\sigma$  зависит от  $x, y, z$ .

37. Вблизи границы раздела двух сред ( $x=0$ ) задано распределение вектора  $\vec{D}$ .  $\vec{D}_1 = (5\vec{x}_0 + 5\vec{y}_0)$   $x > 0$ ;  $\vec{D}_2 = (4\vec{x}_0 + 3\vec{y}_0)$   $x < 0$ .

Какие из приведенных утверждений верны:

1. На границе раздела есть поверхностный заряд;
2. В средах 1 и 2 отсутствуют объемные заряды;
3. Одна из сред обязательно анизотропна;
4. Густота силовых линий вектора  $\vec{D}$  в обеих средах одинакова. </a>

38. В идеальной диэлектрике ( $\sigma=0$ ) в отсутствие токов переноса и сторонних токов вектор  $\vec{H} = x_0 \sin y \cos t$ . Что можно сказать о векторе  $\vec{E}$ ?

Ответы:

$$1) E_z = \bar{z}^o \frac{1}{\varepsilon} \cos y \cos t \quad 2) E_z = -\bar{z}^o \frac{1}{\varepsilon} \cos y \sin t$$

$$3) E_z = \bar{z}^o \varepsilon \cos y \cos t \quad 4) E_z = -\bar{z}^o \frac{1}{\varepsilon} \sin y \sin t$$

39. Сердечник трансформатора выполнен из стали с плотностью  $8,1 \text{ г/см}^3$  и имеет массу  $3 \text{ кг}$ . Амплитудное значение магнитной индукции  $1,85 \text{ Тл}$ , относительная магнитная проницаемость стали  $\mu = 200$ . Найти максимальное значение энергии, запасаемой в сердечнике, при намагничивании его синусоидальным током.

Ответы:

$$1) 1,573 \text{ Дж} \quad 2) 3,328 \text{ Дж} \quad 3) 3,00 \text{ Дж} \quad 4) 2,279 \text{ Дж} \quad 5) W_n = 2,294 \text{ Дж}.$$

40. В вакууме существует электромагнитное поле, гармонически изменяющееся по времени. В некоторой точке пространства вектор  $E = 130 \cos 2\pi \cdot 10^{10} t \bar{x}_0$ .

Определить плотность тока смещения в данной точке.

Ответы:

$$1) \delta_{см} = \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} = -0,556 \sin 2\pi \cdot 10^{10} t \cdot \bar{x}_0 \text{ А/м}; \quad 2) \delta_{см} = \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} = -0,556 \sin 2\pi \cdot 10^5 t \cdot \bar{x}_0 \text{ А/м};$$

$$3) \delta_{см} = 0,556 \sin 2\pi \cdot 10^{10} t \cdot \bar{x}_0 \text{ А/м}; \quad 4) \delta_{см} = -0,556 \cos 2\pi \cdot 10^{10} t \cdot \bar{x}_0 \text{ А/м}.$$

41. В однородной и изотропной среде с параметрами  $\varepsilon$ ,  $\mu$ ,  $\sigma$  векторы  $\bar{E}$  и  $\bar{H}$  в объеме  $U$  оказались параллельными и пропорциональными друг другу в каждой точке объема. Указание:  $\bar{H} = \bar{E} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}$ .

Что можно сказать при этом о поле  $\bar{E}$  в наиболее общем случае, токи переноса и сторонние токи равны нулю?

Ответы:

1. Таких полей нет, при этом условии  $\bar{E} = \bar{H} = 0$ ;

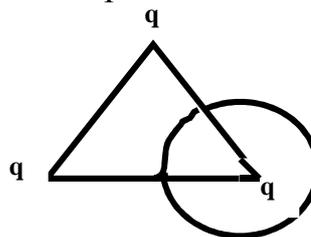
2. При этом условии  $\bar{E}$  и  $\bar{H}$  не зависят от времени;

3. Должно быть  $\vec{E} = \vec{E}_0(x, y, z) e^{-\frac{\sigma}{\epsilon} t}$  ;

4. Должно быть  $\vec{E} = \vec{E}_0(x, y, z) e^{-\frac{\sigma}{2\epsilon} t}$  ;

5. Должно быть  $\vec{E} = \vec{E}_0(x, y, z) e^{-\frac{2\sigma}{\epsilon} t}$  .

42. На углах равностороннего треугольника расположены три одинаковых заряда  $q = 1 \text{ Кл}$ . Чему равен поток вектора через сферу, радиус которой равен половине стороны треугольника, а центр совпадает с одним из зарядов?



Ответы:

1)  $2 \text{ Кл}$

2)  $1 \text{ Кл}$

3)  $3 \text{ Кл}$

4)  $\frac{2}{3} \text{ Кл}$

5)  $0$

43. Определить напряженность поля в любой точке пространства, созданного объёмным зарядом, распределенным с постоянной плотностью  $\rho$  внутри шара с радиусом  $a$  и снаружи шара. Всюду  $\epsilon = \epsilon_0$ .

Ответы:

1)  $E_{R \leq a} = \frac{R}{3\rho\epsilon_0}$  ;  $E_{R > a} = \frac{\rho \cdot a^3}{\epsilon_0 R}$

2)  $E_{R \leq a} = \rho \frac{R}{3\epsilon_0}$  ;  $E_{R > a} = \frac{\rho \cdot a^3}{3\epsilon_0 R^2}$

3)  $E_{R \leq a} = 2\pi\rho \frac{R}{3\epsilon_0}$  ;  $E_{R > a} = \frac{\rho \cdot a}{3R^2}$

4)  $E_{R \leq a} = \rho \frac{R}{\epsilon_0}$  ;  $E_{R > a} = \frac{\rho \cdot a^3}{2\pi R^2}$

5)  $E_{R \leq a} = \frac{5\rho}{3R\epsilon_0}$  ;  $E_{R > a} = \frac{\rho \cdot R^2}{3\epsilon_0 a^2}$

44. Ток возникает в среде за счет движения объёмного заряда со скоростью  $\vec{v} = 5x\vec{x}_0$ . Как зависит от координат объёмная плотность заряда  $\rho$ ? (Считать плотность тока – const; другие типы токов отсутствуют).

Ответы:

$$1) \rho = \text{const} \quad 2) \rho = cx \quad 3) \rho = cx^2 \quad 4) \rho = c/x \quad 5) \rho = c/x^2$$

45. Укажите систему уравнений электромагнитного поля, не зависящего от времени в проводящей среде без сторонних токов и зарядов.

Ответы:

$$1) \text{rot}\vec{H} = \vec{\delta}_{\text{конв}}; \text{rot}\vec{E} = 0; \text{div}\vec{D} = 0; \text{div}\vec{B} = 0;$$

$$2) \text{rot}\vec{H} = \vec{\delta}_{\text{пр}}; \text{rot}\vec{E} = 0; \text{div}\vec{D} = 0; \text{div}\vec{B} = 0;$$

$$3) \text{rot}\vec{H} = \vec{\delta}_{\text{пр}}; \text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \text{div}\vec{E} = 0; \text{div}\vec{B} = 0;$$

46. Как определить поле бесконечно длинной однородно-заряженной нити, пользуясь теоремой Гаусса.  $\tau$  - заряд на единицу длины.

$$1) \vec{E} = \frac{\tau \cdot \vec{r}_0}{4\pi\epsilon_0 \cdot r}; \quad 2) \vec{E} = \frac{\tau \cdot \vec{r}_0}{2\pi\epsilon_0 \cdot r^2}; \quad 3) \vec{E} = \frac{\tau \cdot \vec{r}_0}{\pi\epsilon_0 \cdot r}; \quad 4) \vec{E} = \frac{\tau \cdot \vec{r}_0}{2\pi\epsilon_0 \cdot r};$$

47. Напряжённость электрического поля изменяется по закону  $E_x = E_0 \cdot a/x$ ;  $E_y = 0$ ;  $E_z = 0$ . Требуется найти объёмный заряд ( $a$  - постоянная).

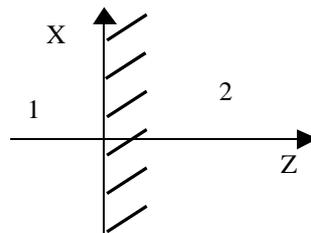
Ответы:

$$1) \rho = \epsilon_0 \cdot E_0 \frac{a}{x^2}. \quad 2) \rho = -\epsilon_0 \cdot E_0 \frac{a}{x^2}$$

$$3) \rho = -\epsilon_0 \cdot E_0 \frac{a}{x} \quad 4) \rho = -\epsilon_0 \cdot E_0 \frac{a}{x^2}$$

48. Имеются 2 полубесконечные среды: изотропная (1-ая) и анизотропная (2-ая). В 1-ой среде плотность тока проводимости  $\vec{j}_1 = \vec{x}_o \vec{j}$  и проводимость  $\sigma_1 = \sigma$ , во второй среде

проводимость  $\sigma_2 = \begin{vmatrix} \alpha\sigma & \beta\sigma & 0 \\ \beta\sigma & \alpha\sigma & 0 \\ 0 & 0 & \sigma \end{vmatrix}$



Записать выражение вектора  $\vec{j}_2$  во 2-ой среде.

**Ответы:**

1)  $\vec{\delta}_2 = \vec{\delta}_1(\alpha \vec{x}_o + \beta \vec{y}_o)$

2)  $\vec{\delta}_2 = \vec{\delta}_1(\beta \vec{x}_o + \alpha \vec{y}_o)$

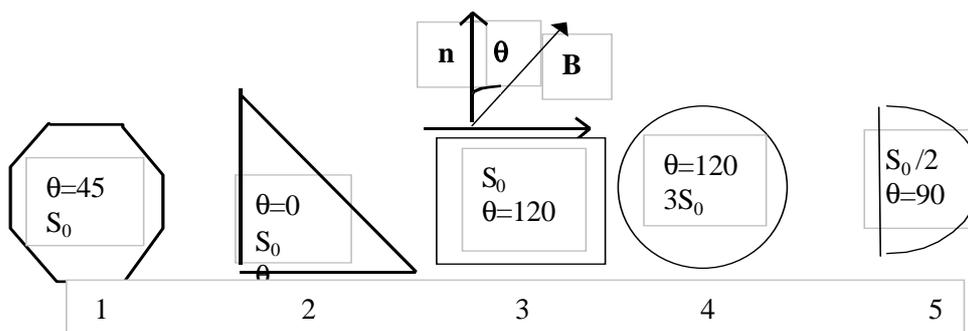
3)  $\vec{\delta}_2 = \vec{\delta}_1$

4)  $\vec{\delta}_2 = 0$

5)  $\vec{\delta}_2 = \vec{z} \vec{\delta}_1(\alpha \vec{x}_o + \beta \vec{y}_o)$

49. Однородное поле вектора  $\vec{B} = B_0 \sin \omega t$  пересекает площадки ограниченные замкнутыми проводниками, расположенными под углами к этому вектору.

В каком контуре электродвижущая сила ( $\mathcal{E}$ ) равна нулю? Указание:  $\frac{\partial B}{\partial t} ds = \mathcal{E}$



Ответы: 1) 2) 3) 4) 5)

50. Укажите тензор магнитной проницаемости.

Ответы:

$$1) \begin{vmatrix} \sigma_{11} & \mu_{12} & \mu_{13} \\ \mu_{21} & \sigma_{22} & \mu_{23} \\ \mu_{31} & \mu_{32} & \sigma_{33} \end{vmatrix}$$

$$2) \begin{vmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \mu_{13} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \mu_{23} \\ \mu_{31} & \mu_{32} & \mu_{33} \end{vmatrix}$$

$$3) \begin{vmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \sigma_{13} \\ \mu_{21} & \sigma_{22} & \mu_{23} \\ \sigma_{31} & \mu_{32} & \mu_{33} \end{vmatrix}$$

$$4) \begin{vmatrix} \sigma_{11} & \mu_{12} & \sigma_{13} \\ \mu_{21} & \sigma_{22} & \mu_{23} \\ \sigma_{31} & \mu_{32} & \sigma_{33} \end{vmatrix}$$

51. В любой точке пространства, где существует только токи проводимости и токи смещения,  $\vec{H} = \text{grad}\psi(\vec{r}, t)$ , где  $\psi$ -произвольная функция  $\vec{r}$  и  $t$ . Что можно сказать о векторе  $E$ ?

Ответы:

- 1)  $E=0$
- 2)  $E=\text{const}$
- 3) Если  $E$  существует, то оно обязательно меняется во времени периодически
- 4)  $E$ -экспоненциально убывает во времени.
- 5)  $E$  -может быть функцией времени и координат.

52. Какое физическое толкование может быть дано уравнению  $\text{rot}\vec{H} = 10\vec{z}$ ?

Ответы:

- 1)Магнитное поле  $\vec{H}$  возбуждено током в  $15\text{A}/\text{m}^2$ (плотность тока), направленное вдоль оси  $x$
- 2)Магнитное поле  $\vec{H}$  возбуждено током в  $20\text{A}/\text{m}^2$ (плотность тока), направленное вдоль оси  $n$
- 3)Магнитное поле  $\vec{H}$  возбуждено током в  $10\text{A}/\text{m}^2$ (плотность тока), направленное вдоль оси  $x$  и вдоль оси  $y$

4) Магнитное поле  $\mathbf{H}$  возбуждено током в  $20 \text{ А/м}^2$  (плотность тока), направленное вдоль оси  $z$  и оси  $y$

53. Укажите систему уравнений электромагнитного поля, не зависящего от времени в проводящей среде без сторонних токов и зарядов.

Ответы:

$$1. \text{rot}\bar{H} = 0; \text{rot}\bar{E} = 0; \text{div}\bar{B} = 0; \text{div}\bar{D} = 0;$$

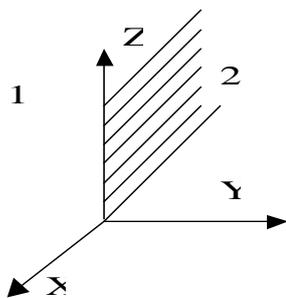
$$2. \text{rot}\bar{H} = \bar{\delta}_{np}; \text{rot}\bar{E} = 0; \text{div}\bar{D} = 0; \text{div}\bar{B} = 0;$$

$$3. \text{rot}\bar{H} = \bar{\delta}_{cm}; \text{rot}\bar{E} = 0; \text{div}\bar{D} = 0; \text{div}\bar{B} = 0;$$

$$4. \text{rot}\bar{H} = \bar{\delta}_{cm}; \text{rot}\bar{E} = 0; \text{div}\bar{D} = 0; \text{div}\bar{B} = 0;$$

$$5. \text{rot}\bar{H} = \bar{\delta}_{np}; \text{rot}\bar{E} = -\frac{\partial\bar{B}}{\partial t}; \text{div}\bar{D} = \rho; \text{div}\bar{B} = 0;$$

54. На границе двух сред векторы  $\bar{D}_1$  и  $\bar{D}_{11}$  будут  $\bar{D}_1 = 2\bar{x}_0 + 5\bar{y}_0 + 4\bar{z}_0$   
 $\bar{D}_{11} = 4\bar{x}_0 + 5\bar{y}_0 + 8\bar{z}_0$ . Какое из приведенных ниже утверждений истинно?



Ответы:

1. границе этих сред есть поверхностный заряд

2. Среды 1 и 2 могут быть изотропными

3. По крайней мере одна из сред анизотропна

4. Обе среды обязательно анизотропны

55. Замкнутое проводящее кольцо с радиусом  $a$ ,

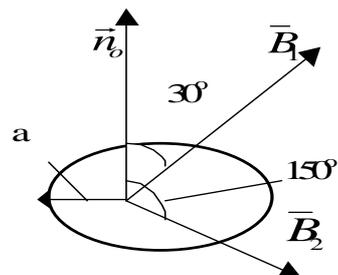
пронизывает два потока вектора  $\bar{B} = B_0 \cos \omega \cdot t$ ,

отличающиеся только наклоном к нормали круга  $\bar{n}_0$   $30^\circ$  и  $150^\circ$ .

Чему равна ЭДС, возбуждаемая в кольце этими потоками?

Ответы:

1. 0
2.  $\pi\omega B_0 \cos \omega \cdot t$
3.  $0.5\pi\omega B_0 \cos \omega \cdot t$
4.  $0.5\pi a^2 B_0 \cos \omega \cdot t$
- 5)  $\pi\omega a^2 B_0 \sin \omega \cdot t$



56 Укажите математическое выражение теоремы Стокса.

Ответы:

- 1)  $\int_S \text{div} \bar{a} d\bar{S} = \oint_L \bar{a} d\bar{l}$
- 2)  $\int_S \text{rot} \bar{a} d\bar{S} = \oint_L \text{div} \bar{a} d\bar{l}$
- 3)  $\int_S \text{rot} \bar{a} d\bar{S} = \oint_L \bar{a} d\bar{l}$
- 4)  $\int_S \text{div} \bar{a} d\bar{S} = \oint_L \text{rot} \bar{a} d\bar{l}$

57. Определите плотность поверхностного заряда (Кл/м<sup>2</sup>) на границе раздела сред, при условиях  $\epsilon_1 = \epsilon_0$   $\epsilon_2 = 4\epsilon_0$   $E_{n2} = 2E_{n1} = 36\pi$  В/м

$$\epsilon_0 = (1/36\pi) \cdot 10^{-9} \text{ ф/м .}$$

Ответы:

- 1)  $4 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup>;
- 2)  $-2 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup>;
- 3)  $-4 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup> ;
- 4)  $2 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup> ;
- 5)  $3,5 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup> .

58. Пучок электронов, излучаемый катодом, имеет вид цилиндра с радиусом  $a$  и обладает скоростью  $v_0$  и плотностью объёмного заряда  $\rho_0$ .

Чему равна напряженность магнитного поля внутри и вне пучка?

$$1) H_{\text{внутри}} = \rho_0 v_0 r / 2 \quad H_{\text{вне}} = \rho_0 v_0 a^2 / 2r$$

$$2) H_{\text{внутри}} = 2\pi \rho_0 r v_0 / 2\epsilon \quad H_{\text{вне}} = 0$$

$$3) H_{\text{внутри}} = 4\rho_0 v_0^2 / 2\epsilon \quad H_{\text{вне}} = \rho_0 v_0 a^2 / 2r$$

$$4) H_{\text{внутри}} = \rho_0 v_0 r / 2\epsilon \quad H_{\text{вне}} = \rho_0 v_0 a^3 / r^2$$

$$5) H_{\text{внутри}} = 0 \quad H_{\text{вне}} = \rho_0 v_0 a^2 / 2r$$

59. В идеальном диэлектрике ( $\sigma=0$ ) задано распределение вектора  $\vec{H} = \vec{x}_0 \sin y \cos t$ . Определить вектор  $\vec{E}$  этого поля.

Ответы:

$$1. \vec{E} = \frac{1}{\epsilon} \vec{z}_0 \cos y \sin t$$

$$2. \vec{E} = \frac{1}{\epsilon} \vec{y}_0 \sin y \sin t$$

$$3. \vec{E} = \frac{1}{\epsilon} \vec{x}_0 \cos y \cos t$$

$$4. \vec{E} = -\frac{1}{\epsilon} \vec{z}_0 \cos y \sin t$$

$$5. \vec{E} = 0$$

60. Каково направление потока вектора электрической индукции в случае

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = -10\vec{k} ?$$

Ответы:

1) Внутри замкнутой поверхности  $\mathbf{S}$  к источнику  $-40\mathbf{k}$

2) Внутри замкнутой поверхности  $\mathbf{S}$  к источнику  $-30\mathbf{k}$

3) Внутри замкнутой поверхности  $\mathbf{S}$  к источнику  $-20\mathbf{k}$

4) Внутри замкнутой поверхности  $\mathbf{S}$  к источнику  $-10\mathbf{k}$

5) Внутри замкнутой поверхности  $\mathbf{S}$  к источнику  $-50\mathbf{k}$

61. Определите поток радиуса - вектора через поверхность единичного куба.

$$\Pi = \int \vec{r} d\vec{S} \quad \vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \quad \Pi = \int_V \text{div} \vec{r} dV = (1+1+1)1 = 3$$

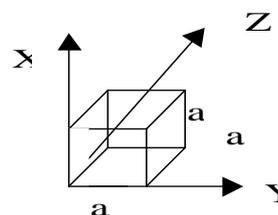
Ответы:

1)2    2)1    3)3    4)4    5)5

62. Чему равен заряд в кубе с ребром равным  $a$ , если начало координат расположено на вершине куба, а ось совпадает с одним его ребром, а вектор

$$D = \frac{x^2}{2} \vec{x}_0$$

1.  $\frac{a^3}{2}$     2.  $a^2$     3.  $\frac{a^2}{2}$     4.  $a^4$     5.  $\frac{a^4}{2}$



Ответы:

1)    2)    3)    4)    5)

63. Что представляет тензор удельной проводимости?

Ответы:

$$\begin{array}{ll}
 1) \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & 0 \\ \sigma_{21} & 0 & \sigma_{23} \\ 0 & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{pmatrix} & 2) \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{pmatrix} \\
 3) \begin{pmatrix} 0 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & 0 & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & 0 \end{pmatrix} & 4) \begin{pmatrix} \sigma_{11} & 0 & \sigma_{13} \\ 0 & \sigma_{22} & 0 \\ \sigma_{31} & 0 & \sigma_{33} \end{pmatrix}
 \end{array}$$

64. Шар с радиусом  $2a$  равномерно заряжен, плотность объёмного заряда  $\rho$ . Чему равен вектор  $\vec{D}$  на расстоянии  $a$  и  $2a$  от центра шара?

Ответы:

1)  $\vec{D}_a=2a\rho/3$  ;  $\vec{D}_{2a}=4a\rho/3$   
 2)  $\vec{D}_a=4a\rho/3$  ;  $\vec{D}_{2a}=4a\rho/3$

3)  $\vec{D}_a = a^2 \rho / 2$  ;  $\vec{D}_a = a^2 \rho$

4)  $\vec{D}_a = a \rho / 3$  ;  $\vec{D}_{2a} = 2a \rho / 3$

5)  $\vec{D}_a = a \rho \pi / 3$  ;  $\vec{D}_{2a} = 2a \rho \pi / 3$

65. Определить поток вектора  $\vec{a}$  через поверхность цилиндра радиусом  $r = R$  и высотой  $h$ . Ось цилиндра совпадает с осью координат  $OZ$ . Поле  $\vec{a}$  равно  $\vec{a} = -\frac{10}{r} \vec{r}$ , где  $\vec{r} = r_0 \sqrt{x^2 + y^2}$  и  $\vec{r}_0$  - единичный вектор в плоскости  $XOY$  вдоль координаты  $\vec{r}$ .

Ответы:

1)  $20\pi \cdot h$ ;

2)  $-10\pi \cdot h$ ;

3)  $-20\pi \cdot h$ ;

4)  $-15\pi \cdot h$ ;

5)  $15\pi \cdot h$ .

66. Вектор  $\vec{D} = y^2 \vec{i} - x \vec{j}$ . Определить объёмный заряд, создающий это поле.

Ответы:

1) 0

2)  $2y - 2x$

3)  $y^2 - x^2$

4)  $4y \vec{i} - 2x \vec{j}$

5) правильного ответа не приведено.

67. Вектор  $\vec{E} = \vec{E}_x$ , Среда изотропная. Как направлен вектор  $\vec{H}$  ?

Ответы:

1.  $\vec{H} = \vec{H}_x$

2.  $\vec{H} = \vec{H}_y$

3.  $\vec{H} = \vec{H}_x + \vec{H}_y + \vec{H}_z$

$$4. \bar{H} = \bar{H}_y + \bar{H}_z$$

$$5. \bar{H} = \bar{H}_x + \bar{H}_y$$

68 Какие токи возможны в среде с параметрами  $\epsilon$ ,  $\rho$  и  $\sigma=0$ ?

Ответы:

$$1) \bar{\delta}_{cm} + 2\bar{\delta}_{nep} + \bar{\delta}_{cm}$$

$$2) \bar{\delta}_{cm} + \bar{\delta}_{nep} + \bar{\delta}_{сторон}$$

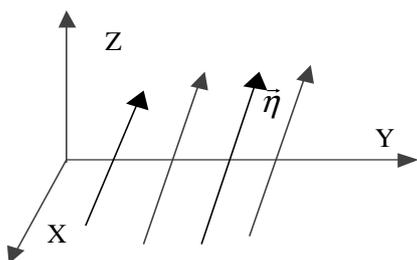
$$3) \bar{\delta}_{nep} + \bar{\delta}_{np} + \bar{\delta}_{cm}$$

$$4) \bar{\delta}_{cm} + \bar{\delta}_{np} + \bar{\delta}_{cm}$$

69. По поверхности идеального проводника, совпадающей с плоскостью XOY, протекает поверхностный ток  $\bar{\eta}$  А/м, направленный против оси X.

Определить магнитное поле в любой точке над поверхностью проводника.

$Z > 0$



Ответы:

$$1. \bar{H} = \pm \frac{\eta}{2} \bar{z}_0 A / м \quad 2. \bar{H} = -\frac{\eta}{2} \bar{x}_0 A / м$$

$$3. \bar{H} = 2\eta \bar{x}_0 A / м \quad 4. \bar{H} = \pm \frac{\eta}{2} \bar{y}_0 A / м \quad 5. \bar{H} = -0,5 \cdot \eta \bar{y}_0 A / м$$

70. Некоторый анизотропный диэлектрик имеет тензор относительной диэлектрической проницаемости, который в декартовой системе координат записывается таким образом:

$$(\epsilon_r) = \begin{pmatrix} 6,5 & 0 & 0 \\ 0 & 6,5 & 0 \\ 0 & 0 & 6,5 \end{pmatrix} \text{ В диэлектрике создано равномерное электрическое поле}$$

$E = 2,5\vec{x}_0 + 1,7\vec{y}_0 + 9,2\vec{z}_0$ . Определить вектор электрической индукции  $\vec{D}$ .

Ответы:

1)  $\vec{D} = \varepsilon_0(20,25\vec{x}_0 + 15,05\vec{y}_0 + 51,18\vec{z}_0,$

2)  $\vec{D} = (16,25\vec{x}_0 + 11,05\vec{y}_0 + 61,18\vec{z}_0,$

3)  $\vec{D} = \varepsilon_0(6,25\vec{x}_0 + 1,05\vec{y}_0 + 61,18\vec{z}_0,$

4)  $\vec{D} = \varepsilon\mu_0(16,25\vec{x}_0 + 11,05\vec{y}_0 + 61,18\vec{z}_0,$

$\vec{D} = \varepsilon_0(16,25\vec{x}_0 + 11,05\vec{y}_0 + 59,8\vec{z}_0,$

71. Вектор  $\vec{D}$  направлен под углом  $30^\circ$  к границе раздела двух сред, диэлектрические проницаемости которых равны  $\varepsilon_1=1, \varepsilon_2 = \sqrt{3}$ . Определить угол  $\alpha_2$  между  $\vec{D}_2$  и границей раздела.

Ответы:

1.  $\alpha_2=0$

2.  $\alpha_2=45^\circ$

3.  $\alpha_2=60^\circ$

4.  $\alpha_2=30^\circ$

5.  $\alpha_2=90^\circ$

72. Укажите размерность в уравнении  $\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ .

Ответы:

1) В/м<sup>2</sup>    2) В/м    3) В·м<sup>2</sup>    4) В·м

73. В некоторой точке пространства вектор напряженности электрического поля  $\vec{E} = 20\vec{y}_0$  В/м, в то время как вектор Пойнтинга  $\vec{P} = 10\vec{x}_0 + 30\vec{z}_0$  А/м<sup>2</sup>. Определить вектор напряженности магнитного поля.

Ответы:

1)  $+ 2,5\vec{x}_0 - 1,5\vec{y}_0$  А/м

- 2)  $-1,5\vec{y}_0 + 0,5\vec{x}_0 \text{ A/m}$
- 3)  $-2,5\vec{x}_0 + 1,5\vec{y}_0 \text{ A/m}$
- 4)  $-1,5\vec{x}_0 + 0,5\vec{y}_0 \text{ A/m}$
- 5)  $+1,5\vec{x}_0 - 0,5\vec{y}_0 \text{ A/m}$

74. Найти поток вектора плотности полного тока  $\vec{\delta} = x^0 5 + y^0 7 + z^0 8$  через поверхность куба со стороной  $a=5 \text{ m}$ .

Ответы:

- 1)25 2)20 3)15 4)16 5)0

75. Какие токи возможны в среде с параметрами  $\epsilon$ ,  $\mu$  и  $\sigma=0$ ?

- 1)  $\vec{\delta}_{cm} + \vec{\delta}_{np}$
- 2)  $\vec{\delta}_{cm} + \vec{\delta}_{nep} + \vec{\delta}_{cm}$
- 3)  $\vec{\delta}_{cm} + \vec{\delta}_{np} + \vec{\delta}_{nep}$
- 4)  $\vec{\delta}_{cm} + \vec{\delta}_{nep}$
- 5)  $\vec{\delta}_{cm} + \vec{\delta}_{np} + \vec{\delta}_{nep}$

76. Имеются две полубесконечные среды, 1-ая - изотропная с  $\mu_1=\mu$ ,

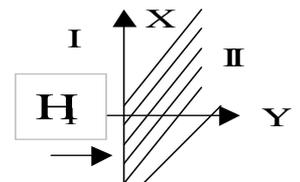
2-ая – анизотропная с  $\mu_2 = \begin{vmatrix} \mu & \alpha & 0 \\ -\alpha & \mu & 0 \\ 0 & 0 & \mu_z \end{vmatrix}$ . Токов в средах нет.

Определите вектор магнитного поля  $\vec{H}_2$  во второй среде,

если поле  $\vec{H}_1$  в первой среде задано  $\vec{H}_1 = \vec{H}_{y1}$

магнитное поле во 2-ой среде, если в первой

$$\vec{H}_1 = \vec{H}_{y1}$$



Ответ:

- 1)  $\vec{H}_{2y} = \mu \vec{H}_{y1} \quad \vec{H}_{2x} = \vec{H}_{1x} \quad \vec{H}_{z2} = \mu$
- 2)  $\vec{H}_{2x} = \vec{H}_{x1} \quad \vec{H}_{2y} = \vec{H}_{1x} \quad \vec{H}_{z2} = \mu \vec{H}_{y1}$

$$3) \bar{H}_{2Y} = \bar{H}_{X1} \quad \bar{H}_{2X} = \alpha \bar{H}_{1X} \quad \bar{H}_{z2} = 0$$

$$4) \bar{H}_{2Y} = 0 \quad \bar{H}_{2X} = \bar{H}_{1X} \quad \bar{H}_{z2} = \mu \bar{H}_{x1}$$

$$5) \bar{H}_{2Y} = \bar{H}_{Y1} \quad \bar{H}_{2X} = 0 \quad \bar{H}_{z2} = 0$$

77. Укажите проекцию вектора  $\mathbf{B}$  на ось  $y$  в намагниченном феррите, тензор

магнитной проницаемости такой: 
$$\begin{bmatrix} \mu & -i\alpha & 0 \\ i\alpha & \mu & 0 \\ 0 & 0 & \mu \end{bmatrix}.$$

Ответы:

$$1) \bar{B}_y = \mu H_y + i\alpha H_x$$

$$2) \bar{B}_y = \frac{1}{\mu} H_y + i\alpha H_x$$

$$3) \bar{B}_y = \mu H_y - i\alpha H_x$$

$$4) \bar{B}_y = -\mu H_y + i\alpha H_x$$

$$5) \bar{B}_y = -\frac{1}{\mu} H_y - i\alpha H_x$$

78. Внутри металлического полого шара с радиусом  $a$  распределен заряд с объёмной плотностью  $\rho = 10^{-6}$  Кл/м<sup>3</sup>. Определить поверхностную плотность заряда  $\xi$  на шаре, (внутри поверхности).

Ответы:

$$1) \xi = \rho a / 3 \quad 2) \xi = -\rho a / 3 \quad 3) \xi = -2a / 3\rho \quad 4) \xi = 2\rho a / 3 \quad 5) \xi = 0$$

79. Вектор  $\vec{E} = E_0 \vec{z}_o \cos t \sin x$  Определить вектор  $\vec{B}$ .

Ответы:

$$1) \vec{B} = \vec{y}_o E_0 \cos x \sin t$$

$$2) \vec{B} = \vec{x}_o E_0 \cos y \sin t$$

$$3) \vec{B} = \vec{z}_o E_0 \sin x \sin t$$

$$4) \vec{B} = \vec{y}_o E_0 \sin x \cos t$$

$$5) \vec{B} = \vec{z}_o E_0 \sin x \cos t$$

80. Укажите выражение вектора  $\vec{D}$  для неоднородного диэлектрика с параметром

$$\epsilon = \epsilon_0 \begin{vmatrix} 0 & 0 & (1+x) \\ 0 & (1+X) & 0 \\ (1+x) & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad \text{если задано поле } \vec{E} = E_x \bar{x}_o + E_y \bar{y}_o$$

Ответы:

$$1) \vec{D} = \bar{x}_o E_x \epsilon_0$$

$$2) \vec{D} = \bar{x}_o E_x (1+x) \epsilon_0$$

$$3) \vec{D} = \bar{x}_o E_x \epsilon_0 + \bar{y}_o E_y (1+x) \epsilon_0$$

$$4) \vec{D} = (\bar{z}_o E_x + \bar{y}_o E_y) (1+x) \epsilon_0$$

$$5) \vec{D} = \bar{y}_o E_y (1+x) \epsilon_0$$

81. Вектор  $\vec{D} = z^3 \vec{i} - x^2 \vec{j} - y \vec{k}$ . Определить объёмный заряд, создающий это поле.

Ответы:

$$1) y - z$$

$$2) 2y - 2x$$

$$3) y^2 - x^3$$

$$4) 0$$

$$5) x^3 - y^2$$

82. Укажите символическое определение первого уравнения Максвелла.

Ответы:

$$1) \begin{vmatrix} \bar{x}_o & \bar{y}_o & \bar{z}_o \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix} = \sigma$$

$$2) \begin{vmatrix} \bar{x}^\circ & \bar{y}^\circ & \bar{z}^\circ \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix} = \partial D / \partial t$$

$$3) \begin{vmatrix} \bar{x}^\circ & \bar{y}^\circ & \bar{z}^\circ \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix} = -\partial B / \partial t$$

$$4) \begin{vmatrix} \bar{x}^\circ & \bar{y}^\circ & \bar{z}^\circ \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix} = \bar{\delta}_{\text{пол}}$$

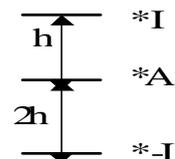
83. Укажите символическое определение плотности полного тока равнения Максвелла.

Ответы:

$$1) \begin{vmatrix} \bar{x}^\circ & \bar{y}^\circ & \bar{z}^\circ \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix} = \bar{\delta}_{\text{пол}} \quad 2) \begin{vmatrix} \bar{x}^\circ & \bar{y}^\circ & \bar{z}^\circ \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix} = \sigma$$

$$3) \begin{vmatrix} \bar{x}^\circ & \bar{y}^\circ & \bar{z}^\circ \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix} = \bar{\delta}_{\text{пол}} \quad 4) \begin{vmatrix} \bar{x}^\circ & \bar{y}^\circ & \bar{z}^\circ \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_z & E_y \end{vmatrix} = \bar{\delta}_{\text{пол}}$$

84. По двум параллельным, прямолинейным проводникам протекают одинаковые по величине, но противоположные по направлению постоянные токи. Чему равна напряженность магнитного поля в точке А?



Ответы:

1) 0; 2)  $I/8h\pi$ ; 3)  $3I/8h\pi$ ; 4)  $I/4h\pi$ ; 5)  $3I/4h\pi$ .

85. Найти полный ток, вытекающий из шара радиусом  $a$ , если плотность тока  $\vec{\delta}$  равна  $\vec{\delta} = x\vec{x}_0 + y\vec{y}_0 - 2z\vec{z}_0$

Ответы:

- 1) 0    2)  $1/3\pi a^3$     3)  $2/3\pi a^3$     4)  $1/5\pi a^3$     5)  $2/5\pi a^3$ .

86. В однородной и изотропной среде с параметрами  $\epsilon, \mu, \sigma$  векторы  $E$  и  $H$  оказались в каждой точке в объёме пропорциональными и параллельными друг другу.  $\vec{H} = \vec{E} \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}$ . Что можно сказать при этом о поле  $E$ ?

Ответы:

- 1) Таких полей нет, при этом условии обязательно  $E=H=0$ .
- 2) При этом условии  $E$  и  $H$  не зависят от времени.
- 3) Должно быть  $E = \vec{E}_0(x, y, z)e^{-\frac{2\sigma}{\epsilon}t}$ .
- 4) Должно быть  $E = \vec{E}_0(x, y, z)e^{-\frac{\sigma}{2\epsilon}t}$ .
- 5) Должно быть  $E = \vec{E}_0(x, y, z)e^{-\frac{\sigma}{\epsilon}t}$ .

87. В верхнем полупространстве  $x>0$  вектор  $\vec{D}$  равен  $\vec{D} = 5x\vec{x}_0$

При  $x<0$  задано, что  $\vec{D} = 0$ . Какие источники создают это поле?

Ответы:

- 1) Поверхностные заряды с  $\xi=5$  и обычные с плотностью  $\rho=5x$ .
- 2) Поверхностные заряды на поверхности  $x=0$  при этом их плотность  $\xi=5$ .
- 3) Объёмные заряды с  $\rho=5$  и точечным источником в начале координат.
- 4) Объёмные заряды с  $\rho=5$ .
- б) Приведенный вектор  $\vec{D}$  не существует.

88. Какая из сред является средой с пространственной дисперсией?

Ответы:

$$1. \bar{D} = \varepsilon_0 \bar{E} \quad 2. \bar{D} = \varepsilon_{11} E_x + \varepsilon_{12} E_y + \varepsilon_{13} E_z \quad 3. \bar{D} = \varepsilon(r) \bar{E} \quad 4. \bar{D} = \int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon(t-t^1) \bar{E}(t) dt^1$$

$$5. \bar{D}(r) = \int_{+\infty}^{-\infty} \varepsilon(r-r^1) \bar{E}(r^1) dr^1$$

89. Определить ЭДС в замкнутом контуре, изображенном на рисунке в виде треугольника ABC, если известен

$$\text{вектор } \vec{H} = \vec{H}_0 \sin \omega t$$

Ответы:

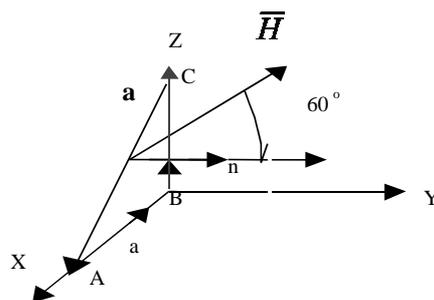
$$1) \text{ ЭДС} = \frac{a^2}{4\omega} \vec{H}_0 \sin \omega t$$

$$2) \text{ ЭДС} = \frac{\omega}{4a} \vec{H}_0 \sin \omega t$$

$$3) \text{ ЭДС} = -\frac{\omega a^2}{4} \vec{H}_0 \cos \omega t$$

$$4) \text{ ЭДС} = \frac{\omega \mu a^2}{4} \vec{H}_{uy} \sin \omega t$$

$$5) \text{ ЭДС} = \frac{\omega \mu a^2}{4} \vec{H}_0 \cos \omega t$$



90. Укажите зависимость между плотностью тока проводимости и самим током проводимости.

Ответы:

$$1) i_{np} = \int_S \bar{\delta} \sigma d\bar{S}$$

$$2) i_{np} = \int_S \bar{\delta} d\bar{S}$$

$$3) i_{np} = \int_S \bar{\delta}^2 d\bar{S}$$

$$4) i_{np} = \int_S 2\bar{\delta} d\bar{S}$$

91. В вакууме существует электромагнитное поле гармонически изменяющееся во времени. В некоторой точке пространства вектор  $\vec{E} = 130 \cos 2\pi \cdot 10^{10} \cdot t \cdot \vec{x}_o$ . Определить плотность тока смещения в данной точке.

Ответы:

1)  $-55,6 \sin 2\pi \cdot 10^{10} \cdot t \cdot \vec{x}_o$

2)  $-72,33 \sin 2\pi \cdot 10^{10} \cdot t \cdot \vec{x}_o$

3)  $67,9 \cos 2\pi \cdot 10^{10} \cdot t \cdot \vec{x}_o$

4)  $100 \cos 2\pi \cdot 10^{10} \cdot t \cdot \vec{y}_o$

5)  $50 \cos 2\pi \cdot 10^{10} \cdot t \cdot \vec{y}_o$

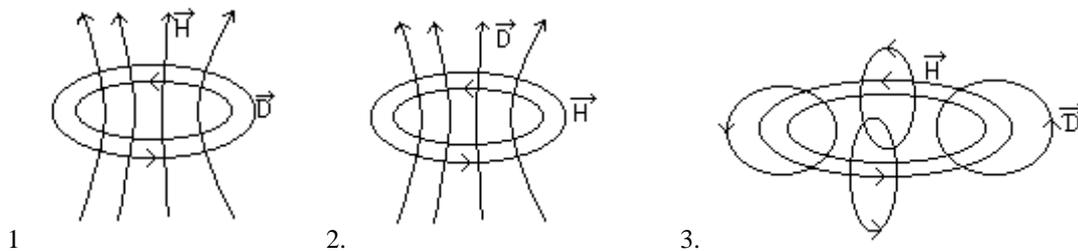
92 Каков физический смысл третьего уравнения Максвелла  $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = 0$  ?

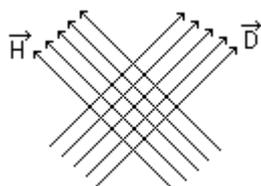
Ответы:

1. Снаружи замкнутой поверхности S нет источников поля;
2. Внутри замкнутой поверхности S нет ни источников, ни стоков поля, поток вектора D через S равен нулю;
3. Такой вид уравнения Максвелла смысла не имеет;
4. Внутри замкнутой поверхности S нет источников поля;
5. Снаружи замкнутой поверхности S отсутствуют стоки поля.

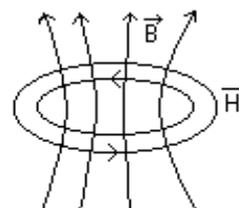
93. Как графически изобразить уравнение  $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{D} d\vec{S}$  ?

Ответы:





4.



5.

94. Может ли в диэлектрике с конечной проводимостью  $\sigma \neq 0$  существовать переменное электрическое поле, не порождающее магнитного поля?

Ответы:

- 1) это поле есть периодическая функция времени
- 2) это поле падает во времени экспоненциально
- 3) этим полем является электростатическое поле
- 5) этим полем является поле линейно зависящее от времени

95. Квадратная рамка со стороной  $a$  помещена в магнитное поле

$\vec{B} = B_0 \sin \omega t$  так, что вектор магнитной индукции составляет угол  $60^\circ$  с нормалью к плоскости рамки. Чему равен ток, протекающий в рамке, если сопротивление её  $R$ ,

Ответы:

$$1) J = \frac{\omega a^2 B_0 \cos \omega t}{2R} \quad 2) J = 0 \quad 3) J = -\frac{\omega a^2 B_0 \cos \omega t}{2R}$$

$$4) J = \frac{a^2 B_0 \sin \omega t}{2R} \quad 5) J = -\frac{\omega a^2 B_0 \cos \omega t}{R}$$

96. Вектор электрического смещения равен  $\vec{D} = x\vec{i} + y\vec{j} - (x + y)\vec{k}$

Найти объемную плотность заряда.

Ответы:

$$1 \text{ Кл/м}^3 \quad 2 \text{ Кл/м}^3 \quad 3 \text{ Кл/м}^3 \quad 4 \text{ Кл/м}^3 \quad 5 \text{ Кл/м}^3$$

97. Определить напряженность поля в любой точке пространства, созданную объёмным зарядом, распределенным с постоянной

плотностью  $\rho$  внутри шара с радиусом  $a$ . Всюду  $\epsilon = \epsilon_0$

Ответы:

$$1) E_{R \leq a} = \frac{R}{3\rho\epsilon_0} ; \quad E_{R > a} = \frac{\rho \cdot a^3}{E\epsilon_0 R}$$

$$2) E_{R \leq a} = \rho \frac{a}{3\epsilon_0} ; \quad E_{R > a} = \frac{\rho \cdot a^3}{3\epsilon_0 R^2}$$

$$3) E_{R \leq a} = 2\pi\rho \frac{R}{3\epsilon_0} ; \quad E_{R > a} = \frac{\rho \cdot a}{3R^2}$$

$$4) E_{R \leq a} = \rho \frac{a}{\epsilon_0} ; \quad E_{R > a} = \frac{\rho \cdot a^3}{2\pi R^2}$$

$$5) E_{R \leq a} = \frac{5\rho}{3R\epsilon_0} ; \quad E_{R > a} = \frac{\rho \cdot R^2}{3\epsilon_0 a^2}$$

98. В однородной и изотропной среде задано распределение вектора  $\vec{E} = E_0(\vec{x}_0 y - \vec{y}_0 x) \cos \omega t$ . Определить вектор  $\vec{H}$ .

Ответы:

$$1) \vec{H} = \frac{E_0}{w\mu} \vec{y}_0 \cos \omega t \quad 2) \vec{H} = \frac{E_0}{w\mu} \vec{x}_0 \cos \omega t$$

$$3) \vec{H} = \frac{E_0}{w\mu} \vec{z}_0 \cos \omega t \quad 4) \vec{H} = \frac{2E_0}{w\mu} \cos \omega t \cdot \vec{z}_0$$

$$5) \vec{H} = \frac{2E_0}{w\mu} \vec{z}_0 \sin \omega t$$

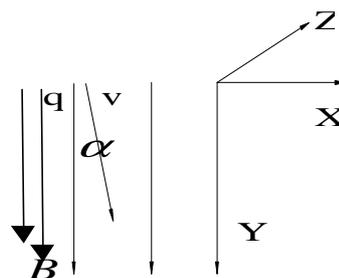
99. Укажите закон Ома в дифференциальном виде.

Ответы:

$$1) i = \int_S \sigma \vec{E} d\vec{S} \quad 2) i = \int_S \vec{\delta} d\vec{S} \quad 3) \vec{\delta} = \sigma \vec{E}$$

$$4) i = \frac{U}{R} \quad 5) i = \oint_L \vec{\delta} d\vec{l}$$

100. Какова величина и направление вектора силы  $\vec{F}$ , действующей на заряд  $q = 10^{-5}$  Кл, движущейся со скоростью  $v = 10^5$  м/с в плоскости рисунка под углом  $\alpha = 30^\circ$  к однородному полю вектора  $|\vec{B}| = 10^{-3}$  кГс/а · сек<sup>2</sup>.



Ответы:

$$1) \vec{F} = 0.5 \cdot 10^{-3} \vec{x}_0$$

$$2) \vec{F} = 0.5 \cdot 10^{-3} \vec{z}_0 H$$

$$3) \vec{F} = 0.85 \cdot 10^{-3} \vec{z}_0 H$$

$$4) \vec{F} = -0.75 \cdot 10^{-3} \vec{y}_0$$

$$5) \vec{F} = -0.65 \cdot 10^{-3} \vec{z}_0$$

101 Как математически выразить непрерывность линии вектора  $\vec{a}$ ?

Ответы:

$$1) \oint_S \vec{a}^2 d\vec{S} = 0$$

$$2) \oint_S \vec{a} d\vec{S} = 0$$

$$3) \oint_S \frac{1}{\vec{a}} d\vec{S} = 0$$

$$4) \oint_S \frac{1}{\vec{a}^2} d\vec{S} = 0$$

102. Как изменятся токи проводимости ( $\vec{\delta}_{np}$ ) и смещения ( $\vec{\delta}_{см}$ ); если при тех же  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ ,  $\epsilon$  и  $\sigma$  среды увеличатся вдвое?

Ответы:

$$1) \vec{\delta}_{см} - \text{удвоится} \quad \vec{\delta}_{np} - \text{const}$$

$$2) \vec{\delta}_{см} - \text{удвоится}; \quad \vec{\delta}_{np} - \text{удвоится}$$

$$3) \text{останутся равными}$$

4)  $\overline{\delta_{см}}$  и  $\overline{\delta_{пр}}$  – удвоятся

5)  $\overline{\delta_{см}}$  и  $\overline{\delta_{пр}}$  – уменьшатся в два раза

103. Какой ток течет в пространстве диода, к электродам которого подведено быстропеременное напряжение?

Ответы:

$$1) \overline{\delta_{пер}} + \overline{\delta_{см}} = \rho \overline{v} + \frac{\partial \overline{D}}{\partial t};$$

$$2) \overline{\delta_{см}} = \frac{\partial \overline{D}}{\partial t};$$

$$3) \overline{\delta_{пр}} + \overline{\delta_{см}} = \sigma E + \frac{\partial \overline{D}}{\partial t};$$

$$4) \overline{\delta_{пр}} = \sigma E;$$

104. В вакууме существует электромагнитное поле, гармонически изменяющееся по времени. В некоторой точке пространства вектор  $E = 130 \cos 2\pi \cdot 10^{10} t \cdot \vec{x}_0$ . Определить плотность тока смещения в данной точке.

Ответы:

$$1) \delta_{см} = \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} = -0,556 \sin 2\pi \cdot 10^{10} t \cdot \vec{x}_0 \text{ А/м}; \quad 2) \delta_{см} = \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} = -0,556 \sin 2\pi \cdot 10^5 t \cdot \vec{x}_0 \text{ А/м};$$

$$3) \delta_{см} = 0,556 \sin 2\pi \cdot 10^{10} t \cdot \vec{x}_0 \text{ А/м}; \quad 4) \delta_{см} = -0,556 \cos 2\pi \cdot 10^{10} t \cdot \vec{x}_0 \text{ А/м}.$$

105. По двум параллельным проводам, отстоящим один от другого на расстоянии  $L$  протекают постоянные однонаправленные токи  $I_1$  и  $I_2$ . На каком расстоянии  $r$  от первого провода, на линии их соединяющей, расположена точка, на которой магнитное поле равно нулю?

Ответы:

$$1) r = L \cdot \frac{I_1}{I_2}$$

$$2) r = L \cdot \frac{I_1}{2I_2}$$

$$3) r = L \cdot \frac{I_1}{(I_2 + I_1)}$$

$$4) r = L \cdot \frac{(I_1 + I_2)}{I_2}$$

$$5) r = L \frac{I_1 + I_2}{I_1}$$

106 Электронный поток в электронно-лучевой трубке имеет радиус  $a=1$  мм, объёмную плотность  $\rho=3 \cdot 10^{-8}$  Кл/м<sup>3</sup> и движется со скоростью  $V=5 \cdot 10^7$  м/с. Какой величины ток в трубке?

Ответы:

1) 9,42мкА; 2) 9,42мА; 3) 4,71мА; 4) 4,71А; 5) 4,71мкА.

107. Укажите выражение вектора  $\bar{D}$  для неоднородного диэлектрика с параметром

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \begin{vmatrix} (1+x) & 0 & 0 \\ 0 & (1+x) & 0 \\ 0 & 0 & (1+x) \end{vmatrix}, \text{ если задано поле } \bar{E} = E_x \bar{x}_0 + E_y \bar{y}_0.$$

Ответы:

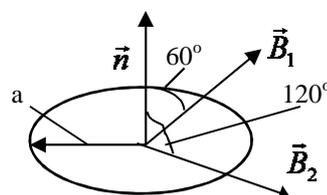
$$1) \bar{D} = \bar{x}_0 E_x (1+x) \varepsilon_0 \quad 2) \bar{D} = \bar{x}_0 E_x \varepsilon_0 \quad 3) \bar{D} = \bar{y}_0 E_y (1+x) \varepsilon_0$$

$$4) \bar{D} = (\bar{E}_x \bar{x}_0 + \bar{E}_y \bar{y}_0) (1+x) \varepsilon_0 \quad 5) \bar{D} = \bar{x}_0 E_x \varepsilon_0 + \bar{y}_0 E_y (1+x) \varepsilon_0$$

108. Через замкнутый проводник, ограничивающий круг с радиусом  $a$ , протекает два потока вектора  $\bar{B} = B_0 \sin \omega \cdot t$ , отличающиеся только углом по отношению к нормали круга  $\bar{n}_0$   $60^\circ$  и  $120^\circ$ . Чему равна ЭДС, возбуждаемая в кольце этими потоками?

Ответы:

$$1) 2\pi a^2 B_0 \cos \omega \cdot t$$



2) 0

3)  $-2\pi\omega a^2 B_0 \cos \omega \cdot t$

4)  $-0.5\pi\omega a^2 B_0 \cos \omega \cdot t$

5)  $\pi\omega a^2 B_0 \sin \omega \cdot t$

109. Вычислить  $\text{div}[\vec{r}, \vec{E}]$ , где  $\vec{E}$ -вектор напряженности электрического поля, независимый от времени, а  $\vec{r}$ -радиус-вектор точки. Какой из ответов наиболее полон и точен?

Ответы:

1) 0

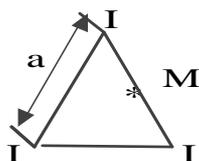
2)  $\vec{E}\vec{r}_0 + \vec{r}\text{rot}\vec{E}$

3)  $\vec{E}\text{div}\vec{r} + \vec{r}\text{div}\vec{E}$

4)  $\text{div}\vec{E}$

5) здесь нет правильного ответа.

110. Три параллельных проводника с одинаковыми токами проходят через вершины равностороннего треугольника, плоскость которого перпендикулярна проводам. Сторона треугольника равна  $a$ . Чему равно магнитное поле в середине одной из сторон?



Ответы:

1) 0      2)  $\frac{I}{2\pi a\sqrt{3}}$       3)  $\frac{I}{\pi a\sqrt{3}}$       4)  $\frac{2I}{\pi a\sqrt{3}}$       5)  $\frac{\sqrt{13}I}{\pi a\sqrt{3}}$

111. Какое физическое толкование может быть дано уравнению

$$\text{rot}\vec{H} = 10\vec{z}^0?$$

Ответы:

1. Напряженность поля  $\vec{H}$  равна 10А/м;
2. Напряженность магнитного поля  $\vec{H}$  равна 10А/см;
3. Изменение вектора  $\vec{H}$  в направлении оси z;
4. Проекция вихря вектора  $\vec{H}$  на ось z и она равна плотности тока 10А/м<sup>2</sup>;
5. Вихрь магнитного поля не зависит от времени.

112. Каково направление потока вектора электрической индукции в случае

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = -10\vec{k} ?$$

Ответы:

1. Внутрь замкнутой поверхности S к источнику 10к;
2. Наружу из замкнутой поверхности S от источника 10к;
3. Наружу из замкнутой поверхности S от источника -10к;
4. Поток не имеет направления
5. Выражение не имеет физического смысла.

113. Внутри полой металлической трубы радиуса A (круглый волновод) возбуждено переменное электромагнитное поле. Записать граничные условия для магнитного поля на стенках ( $r=A$ ), считая поле в металле равным нулю.  $\eta$ -плотность поверхностного тока.

Ответы:

- |                        |                 |               |                      |                    |
|------------------------|-----------------|---------------|----------------------|--------------------|
| 1) $H_r=0$             | 2) $H_r=\eta_r$ | 3) $H_r=0$    | 4) $H_r=\eta_\alpha$ | 5) $H_r=0$         |
| $H_\alpha=\eta_\alpha$ | $H_\alpha=0$    | $H_\alpha=0$  | $H_\alpha=-\eta_z$   | $H_\alpha=-\eta_z$ |
| $H_z=0$                | $H_z=0$         | $H_z=-\eta_z$ | $H_z=\eta_\alpha$    | $H_z=0$            |

114. В любой точке пространства  $\vec{E} = -\text{grad}\psi(r,t)$ , где  $\psi$ -функция времени и координат. Что можно сказать о векторе  $\vec{H}$  ?

Ответы:

1. вектор  $\vec{H}=0$
2.  $\vec{H}$  не зависит от времени
3.  $\vec{H}$  изменяется во времени экспоненциально
4.  $\vec{H}$  есть произвольная функция времени и координат
5.  $\vec{H}$  изменяется во времени периодически

115. Каков физический смысл третьего уравнения Максвелла  $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = 0$  ?

Ответы:

- 1) Снаружи замкнутой поверхности  $S$  нет источников поля;
- 2) Внутри замкнутой поверхности  $S$  нет ни источников, ни стоков поля, поток вектора  $D$  через  $S$  равен нулю;
- 3) Такой вид уравнения Максвелла смысла не имеет;
- 4) Внутри замкнутой поверхности  $S$  нет источников поля;
- 5) Снаружи замкнутой поверхности  $S$  отсутствуют стоки поля.

116. Найти поток вектора  $\vec{\delta}_{\text{пол}} = \bar{x}_o 5 + \bar{y}_o 7 + \bar{z}_o 8$  через сферу радиусом  $a = 1$  см.

Ответы:

- 1) 0    2)  $\pi \cdot 10^{-4}$     3)  $2\pi \cdot 10^{-4}$     4)  $3\pi \cdot 10^{-4}$     5)  $4\pi \cdot 10^{-4}$

117. Можно ли создать магнитное поле с распределением вектора магнитной индукции  $\vec{B} = 5x^2 \vec{i} + 5y^2 \vec{j} + 5z^2 \vec{k}$  ?

Ответы:

- 1) такого поля нет
- 2) это поле может быть создано постоянными магнитами
- 3) его можно создать постоянными токами
- 4) токами и магнитами , токами , магнитами и объёмными электрическими зарядами.

118. Вектор электрического смещения равен  $\vec{D} = x\vec{i} + y\vec{j} - (x + y)\vec{k}$

Найти объемную плотность заряда.

Ответы:

1 Кл/м<sup>3</sup>    2 Кл/м<sup>3</sup>    3 Кл/м<sup>3</sup>    4 Кл/м<sup>3</sup>    5 Кл/м<sup>3</sup>

119. В однородной проводящей среде с параметрами  $\epsilon$  и  $\sigma$  в момент времени  $t=0$  создано начальное распределение зарядов  $\rho_0(x, y, z) = 0,1$ . За счет токов проводимости в среде происходит экспоненциальное уменьшение

плотности объемного заряда  $\rho = \rho_0 e^{-\frac{\sigma}{\epsilon} t}$ . Определить промежуток времени, в течение которого заряд любой внутренней области сферы уменьшится вдвое ( $\rho_2 = 0,5\rho_1$ ) при удельной проводимости  $\sigma = 1 \cdot 10^7$  См/м,  $\epsilon = 2,25$ .

при  $t=0$   $\rho_1 = \rho_0$

Ответы:

1)  $t = 0,1 \cdot 10^{-20}$  с

2)  $t = 0,3 \cdot 10^{-20}$  с

3)  $t = 0,5 \cdot 10^{-20}$  с

4)  $t = 0,7 \cdot 10^{-20}$  с

120. В однородной проводящей среде с параметрами  $\epsilon$  и  $\sigma$  в момент времени  $t=0$  создано начальное распределение зарядов  $\rho_0(x, y, z) = 0,1$ . За счет токов проводимости в среде происходит экспоненциальное уменьшение

плотности объемного заряда  $\rho = \rho_0 e^{-\frac{\sigma}{\epsilon} t}$ . Определить промежуток времени, в течение которого заряд любой внутренней области сферы уменьшится вдвое ( $\rho_2 = 0,5\rho_1$ ) при удельной проводимости  $\sigma = 1 \cdot 10^{-5}$  См/м,  $\epsilon = 2,25$ .

Ответы:

1)  $t = 0,1 \cdot 10^{-6}$  с

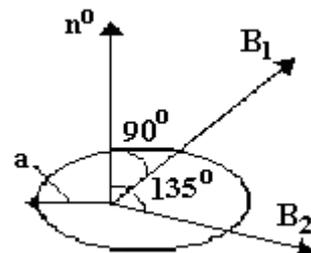
2)  $t=0,3 \cdot 10^{-6} \text{с}$

3)  $t=0,7 \cdot 10^{-6} \text{с}$

4)  $t=0,5 \cdot 10^{-6} \text{с}$

5)  $t=0,9 \cdot 10^{-6} \text{с}$

121. Через замкнутое кольцо с радиусом  $a$  протекает два потока  $\vec{B} = \vec{B}_0 \sin t\omega$ , отличающиеся только наклоном к нормали круга  $\vec{n}_0 - 90^\circ$  и  $120^\circ$ . Чему равна ЭДС, возбуждаемая в кольце этими потоками.



Ответы:

1)  $\mathcal{E} = 0.5\omega \cdot \pi \cdot aB_0 \cos t\omega$

2)  $\mathcal{E} = -0.5\omega \cdot \pi \cdot a^2B_0 \cos t\omega$

3)  $\mathcal{E} = 0.5 \cdot \pi \cdot aB_0 \cos t\omega$

4)  $\mathcal{E} = -0.71\omega \cdot \pi \cdot a^2B_0 \sin t\omega$

5) 0

122. Грозовая туча, имеющая площадь  $5 \text{км}^2$ , располагается на высоте 2 км от поверхности Земли. Между тучей и Землей образуется постоянное электрическое поле с одинаковой во всех точках напряженностью  $E=2 \cdot 10^4 \text{В/м}$ . Определите энергию поля.

Ответы:

1)  $1,69 \cdot 10^9 \text{ Дж}$  2)  $0,5 \cdot 10^9 \text{ Дж}$  3)  $1,77 \cdot 10^9 \text{ Дж}$  4)  $1,87 \cdot 10^9 \text{ Дж}$  5)  $3,77 \cdot 10^9 \text{ Дж}$

123. Вектор  $\vec{E} = E_0 \vec{z}_0 \cos t \sin x$ . Определить вектора  $\vec{B}$  и  $\vec{H}$ .

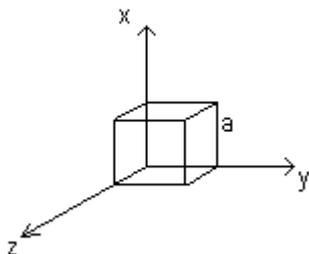
Ответы:

1)  $\vec{B} = \vec{y}^\circ E_0 \cos x \cos t; \quad \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu} \Rightarrow \vec{H} = \vec{y}^\circ \frac{E_0}{\mu} \cos x \sin t$

$$2) \bar{B} = \bar{y}^{\circ} E_0 \cos x \sin t; \quad \bar{H} = \frac{\bar{B}}{\mu} \Rightarrow \bar{H} = \bar{y}^{\circ} \frac{E_0}{\mu} \cos x \sin t$$

$$3) \bar{B} = \bar{y}^{\circ} E_0 \cos x \sin t; \quad \bar{H} = \frac{\bar{B}}{\mu} \Rightarrow \bar{H} = \bar{y}^{\circ} \frac{E_0}{\mu} \sin x \sin t.$$

124. Чему равен заряд в кубе с ребром  $a$ , если начало координат расположено на вершине куба, а ось совпадает с одним его ребром,



вектор  $\bar{D} = \frac{x^2}{2} \bar{x}^{\circ}$  ?

Ответы:

$$1) q = \frac{a^2}{2}. \quad 2) q = \frac{a^4}{2} \quad 3) q = \frac{a^4}{4} \quad 4) q = \frac{a^3}{2}$$

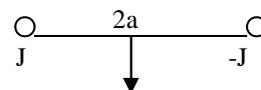
125. При каких условиях выполняется равенство  $\text{div}[\bar{r} \times \bar{H}] = 0$ , где  $\bar{r}$ -радиус вектор?

$$\text{div}[\bar{r} \times \bar{H}] = \bar{H} \cdot \text{rot} \bar{r} - \bar{r} \cdot \text{rot} \bar{H};$$

Ответы:

$$1) \text{ когда } \delta/2=0. \quad 2) \text{ когда } \delta^2=0 \quad 3) \text{ когда } \delta=I_{\text{пол}} \quad 4) \text{ когда } \delta=0$$

126. Какова величина напряжённости магнитного поля в середине между двумя параллельными, бесконечными



проводниками, по которым текут одинаковые, по величине и по направлению постоянные токи?

Ответы:

$$1) H = \frac{I}{\pi a^2}. \quad 2) H = \frac{I}{2\pi a} \quad 3) H = \frac{I}{4\pi a} \quad 4) H = \frac{I}{\pi a}$$

127. В объёме  $V$  имеется заряд  $Q=2\text{Кл}$  и заряд  $Q_2$ . Определить  $Q_2$ , если известно, что поток вектора  $D$  через поверхность  $S$ , охватывающую объём  $V$ , равен  $1\text{Кл}$ .

Ответы:

- 1) -  $1\text{Кл}$ . 2) -  $2\text{Кл}$ . 3) -  $3\text{Кл}$ . 4) -  $5\text{Кл}$ .

128. Напряжённость электрического поля изменяется по закону  $E_x=E_0 \cdot a/x$ ;  $E_y=0$ ;  $E_z=0$ . Требуется найти объёмный заряд ( $a$  - постоянная).

Ответы:

$$1) \rho = \varepsilon_0 \cdot E_0 \frac{a}{x^2}.$$

$$2) \rho = -\varepsilon_0 \cdot E_0 \frac{a}{x^2}$$

$$3) \rho = -\varepsilon_0 \cdot E_0 \frac{a}{x}$$

$$4) \rho = -\varepsilon \cdot E_0 \frac{a}{x^2}$$

129. При каких условиях выполняется равенство  $\text{div} [\mathbf{r}, \mathbf{H}]=0$ , где  $\mathbf{r}$ -радиус-вектор,  $\mathbf{H}$ -напряжённость магнитного поля.

Ответы:

- 1)  $\rho=0$ . 2)  $\rho = -\varepsilon_0 \cdot E_0$  3)  $\rho H = 0$  4)  $\rho = \varepsilon_0 \cdot E_0$

130. Через замкнутое кольцо с радиусом  $a$  протекает два потока  $\vec{B} = \vec{B}_0 \sin t\omega$ , отличающиеся только наклоном к нормали круга  $\vec{n}_0 - 0^\circ$  и  $120^\circ$ . Чему равна ЭДС, возбуждаемая в кольце этими потоками.

Ответы:

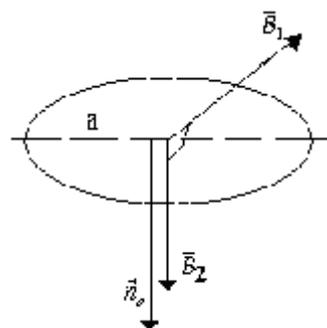
$$1) \mathcal{E} = 0.5\omega \cdot \pi \cdot aB_0 \cos t\omega$$

$$2) \mathcal{E} = 0.5\omega \cdot \pi \cdot a^2 B_0 \cos t\omega$$

$$3) \mathcal{E} = 0.5 \cdot \pi \cdot aB_0 \cos t\omega$$

$$4) \mathcal{E} = 0.5\omega \cdot \pi \cdot a^2 B_0 \sin t\omega$$

$$5) 0$$



### 3. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

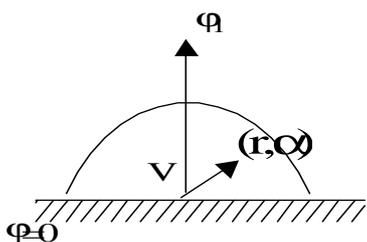
1. Задан потенциал  $\varphi = 2 \cdot r^2 - 4$ , где  $r$  - цилиндрическая координата. Определить объёмную плотность заряда, создающее это поле, считать  $\epsilon = \epsilon_0$ .

Ответы:

1. 0    2.  $4 \cdot \epsilon_0$     3.  $-4 \cdot \epsilon_0$     4.  $8 \cdot \epsilon_0$     5.  $-8 \cdot \epsilon_0$

2. Исходя из условия теоремы единственности, произведите выбор произвольных постоянных в выражении для потенциала

$$\varphi = \left( C_\lambda \cdot \frac{1}{r^\lambda} + D_\lambda \cdot r^\lambda \right) \cdot (A_\lambda \cdot \cos(\lambda \cdot \alpha) + B_\lambda \cdot \sin(\lambda \cdot \alpha)) \text{ в области } V$$



Ответы:

1.  $C_\lambda = B_\lambda = 0$ ,
2.  $C_\lambda = A_\lambda = 0$ ,
3.  $D_\lambda = A_\lambda = 0$ ,
4.  $D_\lambda = B_\lambda = 0$ ,
5.  $C_\lambda = D_\lambda = 0$

3. Над положительно заряженной, металлической плоскостью с поверхностной плотностью заряда  $\xi$  помещен точечный заряд  $+q$ . На какой высоте  $h$  сила, действующая на заряд равна нулю?

Ответы:

$$1. \quad h = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot \xi}}$$

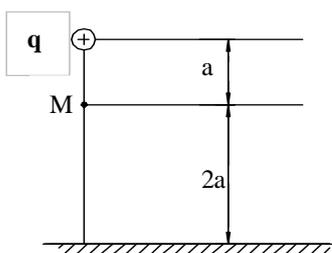
$$2. \quad h = \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot \xi}}$$

$$3. \quad h = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot \xi}}$$

$$4. \quad h = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot \xi}}$$

$$5. \quad h = \sqrt{\frac{q}{2\pi \cdot \xi}}$$

4. Каков потенциал  $\varphi$  в точке М, создаваемый точечным зарядом  $q$ , расположенным над идеально проводящей плоскостью?



Ответы:

$$1. \quad \varphi = \frac{3 \cdot q}{16 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$

$$2. \quad \varphi = -\frac{q}{5 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$

$$3. \quad \varphi = -\frac{3 \cdot q}{10 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$

$$4. \quad \varphi = \frac{3 \cdot q}{10 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$

$$5. \quad \varphi = \frac{q}{5 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$

5. Определите энергию электростатического поля, запасную в объёме цилиндра радиуса  $R=1$  и длиной  $l=1$ . Ось цилиндра совпадает с осью

OZ. Потенциал  $\varphi = x^2 + y^2$ . Какой из ответов верен?

Ответы:

1.  $4 \cdot \pi \cdot \varepsilon$

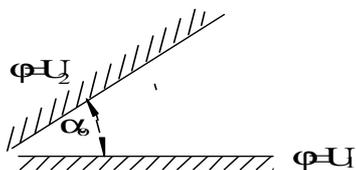
2.  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varepsilon$

3.  $2 \cdot \pi \cdot \varepsilon$

4.  $\pi \cdot \varepsilon$

5.  $\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \varepsilon$

6. Найти распределение потенциала  $\varphi$  и напряженности поля между электродами на рисунке. Пластины при  $r = 0$  изолированы друг от друга и бесконечны в направлении  $r$ . При решении учесть, что  $\varphi$  зависит только от цилиндрической координаты  $\alpha$ . Какой из ответов верен?



Ответы:

1.  $\varphi = \frac{U_1 - U_2}{\alpha_0} + U_1, E_r = \frac{U_2 - U_1}{r \cdot \alpha_0}$

2.  $\varphi = \frac{U_2 - U_1}{\alpha_0} \cdot \alpha + U_1, E_\alpha = \frac{U_1 - U_2}{r \cdot \alpha_0}$

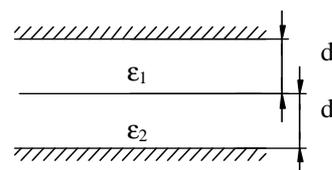
3.  $\varphi = \frac{U_1 - U_2}{\alpha_0} \cdot \alpha + U_1, E_r = \frac{U_1 - U_2}{r \cdot \alpha_0}$

4.  $\varphi = \frac{U_2 - U_1}{\alpha_0} + U_1, E_r = -\frac{U_2 + U_1}{r \cdot \alpha_0}$

$$5. \varphi = \frac{U_1 - U_2}{\alpha_0} \cdot \alpha - U_1, E_r = -\frac{U_2 - U_1}{r \cdot \alpha_0}$$

7. Во сколько раз увеличится ёмкость двухслойного конденсатора, если толщину первого слоя сделать равной нулю.  $\varepsilon_2 = 2 \cdot \varepsilon_1$  при сохранении расстояния между пластинами равными  $2d$ .

Ответы:



1. В 2/3 раза,
2. В 2 раза,
3. В 3 раза,
4. В 3/2 раза,
5. В 1/2 раза

8. Диэлектрическая проницаемость среды равна  $\varepsilon = x \cdot \varepsilon_0$ . Найти выражение для напряженности поля  $E_1$ , полагая, что объёмные заряды отсутствуют. Какой из ответов верен (поле зависит только от  $x$ ,  $A - \text{const.}$ )?

Ответы:

1.  $E_x = A/x$
2.  $E_x = A \cdot x$
3.  $E_x = A \cdot \ln x$
4.  $E_x = A \cdot x^2$
5.  $E_x = A + x$

9. Над землёй на высоте  $h$  подвешен провод с зарядом  $\tau$  на единицу длины. Как изменится электрическая сила, действующая на провод, если его опустить до высоты  $h/2$ .

Ответы:

1. Сила, действующая на провод, уменьшится в 4 раза
2. Сила увеличится в 4 раза
3. Сила уменьшится в 2 раза
4. Сила увеличится в 2 раза
5. Электрическая сила в обоих случаях равна нулю

10. Сколько из указанных потенциалов нельзя создать без использования объёмных зарядов?

- 1)  $\varphi_1 = 3 \cdot x^2 + 3 \cdot y^2$ ;      2)  $\varphi_2 = 4 \cdot x \cdot y^3 - 4 \cdot y \cdot x^3$ ;      3)  $\varphi_3 = x^4 - 6 \cdot x^2 \cdot y^2 + y^4$   
 4)  $\varphi_4 = x^2 - y^2$ ;      5)  $\varphi_5 = x^2 + y^2$ .

Ответы:

1. Только одно поле имеет объёмные заряды
2. Два поля имеют объёмные заряды
3. Три поля имеют объёмные заряды
4. Всегда объёмные заряды отсутствуют
5. Все поля имеют объёмные заряды

11. При  $x > 0$  диэлектрическая проницаемость зависит от  $x$  по закону  $\varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{1+x}$ . Определить потенциал  $\varphi$  полагая, что он зависит только от  $x$  и объёмные заряды отсутствуют.

Ответы:

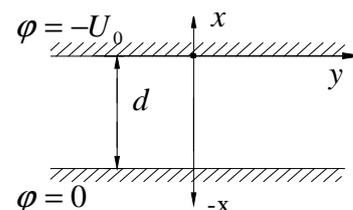
1.  $\varphi = C_1 \cdot \ln(1+x) + C_2$
2.  $\varphi = C_1 \cdot \ln(1+x)^2 + C_2$
3.  $\varphi = C_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{1+x}\right) + C_2 \cdot x$
4.  $\varphi = C_1 \cdot \ln(1+x) \cdot x + C_2$
5.  $\varphi = C_1 \cdot \left(x + \frac{x^2}{2}\right) + C_2$

12. Вектор напряженности электрического поля  $\vec{E} = 3 \cdot x^2 \cdot \vec{i} + 3 \cdot y^2 \cdot \vec{j}$ . Найти разность потенциалов между точками  $M_1(1,1,0)$  и  $M_2(0,0,0)$   $\varphi(M_1) - \varphi(M_2)$ .

Ответы:

1) 0, 2) +1, 3) +2, 4) -2, 5) -1

13. Какое из приведенных выражений соответствует потенциалу изображенного на рисунке плоского конденсатора?



Ответы:

1.  $\varphi = \frac{U_0}{x} \cdot d - U_0$

2.  $\varphi = -\frac{U_0}{x} \cdot d - U_0$

3.  $\varphi = \frac{U_0}{d^2} \cdot x^2 - U_0$

4.  $\varphi = -\frac{U_0}{d} \cdot x - U_0$

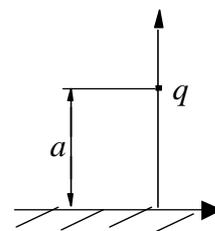
5.  $\varphi = -\frac{U_0}{d} \cdot x + U_0$

14. Какова сила, действующая на точечный заряд  $q$ , находящийся над идеально проводящей плоскостью?

Ответы:

1.  $\vec{F} = -\frac{\vec{i} \cdot q^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a^2}$

2.  $\vec{F} = \frac{\vec{i} \cdot q^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a^2}$



$$3. \vec{F} = \frac{\vec{i} \cdot q}{16 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a^2}$$

$$4. \vec{F} = -\frac{\vec{i} \cdot q^2}{16 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a^2}$$

$$5. \vec{F} = -\frac{\vec{i} \cdot q}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a^2}$$

15. Чему равен потенциал поля, если вектор напряженности электрического поля равен  $\vec{E} = A \cdot \vec{x}_0 \cdot \sin(k \cdot x)$ ?

Ответы:

$$1. \varphi = -\frac{A}{k} \cdot \cos(k \cdot x) + B$$

$$2. \varphi = A \cdot k \cdot \cos(k \cdot x) + B$$

$$3. \varphi = A \cdot x \cdot \sin(k \cdot x)$$

$$4. \varphi = \frac{A}{k} \cdot \cos(k \cdot x) + B$$

$$5. \varphi = -A \cdot k \cdot \sin(k \cdot x)$$

16. Разделить переменные в уравнении  $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + D \cdot \frac{\partial U}{\partial t} = 0$  и записать частное решение, где D - const.

Ответы:

$$1. U = C_\lambda \cdot \exp\left(-\frac{\lambda}{D} \cdot t\right) \cdot \sin \sqrt{\lambda} \cdot x$$

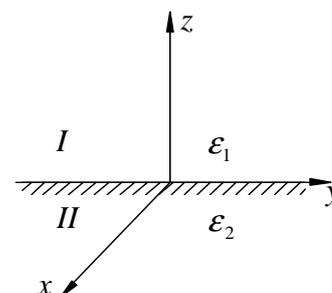
$$2. U = C_\lambda \cdot \exp\left(-\sqrt{\lambda} \cdot x - \frac{\lambda}{D} \cdot t\right)$$

$$3. U = C_\lambda \cdot \sin \sqrt{\lambda} \cdot x \cdot \exp\left(\frac{\lambda}{D} \cdot t\right)$$

$$4. \quad U = C_\lambda \cdot \sin(\sqrt{\lambda} \cdot x^2) \cdot \exp\left(\frac{\lambda}{D} \cdot t\right)$$

$$5. \quad U = C_\lambda \cdot \exp\left(-\frac{\lambda}{D} \cdot t\right) \cdot \cos \sqrt{\lambda} \cdot x$$

17. Определите поле  $E_2$ , если поле  $E_1 = 2 \cdot z \cdot \bar{i} + 3 \cdot y \cdot \bar{j} + \bar{k}$ . Какой из ответов верен? На границе поверхности заряды отсутствуют



Ответы:

$$1. \quad E_2 = 2 \cdot z \cdot \bar{i} + 3 \cdot y \cdot \bar{j} + \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \cdot \bar{k}$$

$$2. \quad E_2 = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot 2 \cdot z \cdot \bar{i} + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot 3 \cdot y \cdot \bar{j} + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot \bar{k}$$

$$3. \quad E_2 = 2 \cdot z \cdot \bar{i} + 3 \cdot y \cdot \bar{j} + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot \bar{k}$$

$$4. \quad E_2 = E_1$$

$$5. \quad E_2 = 2 \cdot z \cdot \bar{i} + 3 \cdot y \cdot \bar{j}$$

18. В каких случаях потенциал создаётся без помощи объёмных зарядов?

$\varphi_1 = A \cdot (x^2 + y^2)$ ;  $\varphi_2 = \frac{B}{m} \cdot \cos mx$ ;  $\varphi_3 = C \cdot r^2 \cdot \ln r + D$ , где  $A, B, C, m, D$  - постоянные,  $r$  - цилиндрическая координата.

Ответы:

1. Во всех случаях объёмные заряды имеются;

2. Во всех случаях объёмные заряды отсутствуют;

3. Объёмные заряды есть только в случае 2;

4. Объёмные заряды есть только в случае 3;

5. Объёмные заряды отсутствуют в случаях 2 и 3

19. На большом расстоянии от системы тел, расположенных вблизи начала координат, потенциал поля имеет вид  $\varphi = \frac{5}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$ .

Определить полный заряд тел.

Ответы:

1) 10, 2) -10, 3) 5, 4) -5, 5) 0

20. Дана напряженность электрического поля  $\vec{E} = 2 \cdot y \cdot \vec{j} + 2 \cdot z \cdot \vec{k}$ . Полагая, что в точке  $z=0$ ,  $y=0$  потенциал равен нулю, найти  $\varphi$  в любой точке пространства.

Ответы:

$$1. \varphi = -2 \cdot x + 2 \cdot y + c$$

$$2. \varphi = -(z^2 + y^2) + c$$

$$3. \varphi = z \cdot x$$

$$4. \varphi = \ln z - \ln y$$

$$5. \varphi = \sqrt{(z^2 + y^2)}$$

21. В поле точечного заряда перемещается заряд  $(-2 \cdot q)$  из  $\infty$  в точку, отстоящую от первого заряда  $q$  на расстоянии  $r$ . Чему равна работа поля при этом?

Ответы:

$$1. A = \frac{q^2}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r}$$

$$2. A = \frac{q^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r^2}$$

$$3. A = -\frac{q^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r^2}$$

$$4. A = -\frac{q^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r}$$

$$5. A = \frac{q^2}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r^2}$$

22. Какой из приведенных ниже векторов может быть вектором напряженности электростатического поля?

Ответы:

$$1. \vec{A} = y \cdot \vec{i} - x \cdot \vec{k}$$

$$2. \vec{A} = [\vec{i}, \vec{r}]$$

$$3. \vec{A} = [(z \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + x \cdot \vec{k}), \vec{j}] \cdot x^3$$

$$4. \vec{A} = y \cdot \vec{i} + x \cdot \vec{k}$$

$$5. \vec{A} = \text{rot}[(y^2 \cdot \vec{i} - x \cdot \vec{k}), \vec{i}]$$

23. Поле в пространстве создается системой длинных, параллельных оси Z электродов, расположенных вблизи неё. Длина их столь велика, что поле, создаваемое ими, можно считать не зависящим от Z.

Потенциал поля вдали от этой системы равен  $\varphi = -\frac{\cos \alpha}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r}$ , где  $\alpha$ ,  $r$  -

цилиндрические координаты. Чему равен полный заряд на единицу длины электродов?

Ответы:

$$1. +\frac{1}{2} \quad 2. +1 \quad 3. -1 \quad 4. 0 \quad 5. -\frac{1}{2}$$

24. Потенциал электростатического поля задан уравнением  $\varphi = a \cdot x^3 + b \cdot y^2$ . Определить заряд, сосредоточенный в единичном кубе, рёбра которого совпадают с осями декартовых координат.

Ответы:

$$1. q = -(6 \cdot a + 2 \cdot b) \cdot \varepsilon$$

$$2. q = (3 \cdot a + 2 \cdot b) \cdot \varepsilon$$

$$3. q = -(3 \cdot a - 2 \cdot b) \cdot \varepsilon$$

$$4. q = (6 \cdot a - 2 \cdot b) \cdot \varepsilon$$

$$5. q = 0$$

25. Плоский конденсатор образован двумя пластинами радиуса  $R$ , находящимися на расстоянии  $d$  одна от другой. Нижняя пластина заземлена. Заряд верхней пластины равен  $+q$ . Определить потенциал поля в плоскости  $d/2$ . Краевыми эффектами пренебречь.

Ответы:

$$1. \varphi = -\frac{q \cdot d}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot R}$$

$$2. \varphi = -\frac{q \cdot d}{2 \cdot \varepsilon}$$

$$3. \varphi = -\frac{q \cdot d}{2 \cdot \varepsilon}$$

$$4. \varphi = \frac{q \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot R^2}$$

$$5. \varphi = -\frac{q \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot R^2}$$

26. Как изменится ёмкость плоского конденсатора, если диэлектрическую проницаемость заполняющей его среды увеличить в 2 раза, а площадь обкладок уменьшить в 4 раза?

Ответы:

1) Уменьшится в 2 раза

2) Увеличится в 8 раз

3) Уменьшится в 8 раз

4) Увеличится в 2 раза

5) Не изменится

27. Найти распределение потенциала  $\varphi$  между электродами, изображенными на рисунке. Пластины при  $r=0$  изолированы друг от друга и бесконечны в направлении  $r$ . При решении учесть, что  $\varphi$  зависит только от цилиндрической координаты  $\alpha$ . Какой из ответов верен?

Ответы:

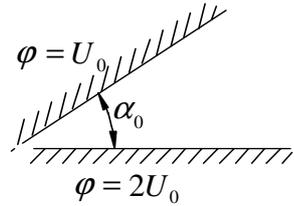
$$1. \quad \varphi = -\frac{U_0}{\alpha_0} \cdot \alpha + U_0$$

$$2. \quad \varphi = \frac{U_0}{\alpha_0} \cdot \alpha + U_0$$

$$3. \quad \varphi = \frac{U_0}{\alpha_0} \cdot \alpha + 2U_0$$

$$4. \quad \varphi = -\frac{U_0}{\alpha_0} \cdot \alpha - 2 \cdot U_0$$

$$5. \quad \varphi = -\frac{U_0}{\alpha_0} \cdot \alpha + 2 \cdot U_0$$



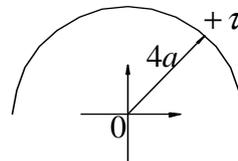
28. Какое из приведенных выражений соответствует потенциалу  $\varphi$  в точке О, создаваемому заряженной нитью с линейной плотностью заряда  $\tau$ , имеющей вид полуокружности?

Ответы:

$$1. \quad \varphi(0) = \frac{\tau}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot a}$$

$$2. \quad \varphi(0) = \frac{\tau}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}$$

$$3. \quad \varphi(0) = \frac{\tau}{\pi \cdot \epsilon_0}$$



$$4. \varphi(0) = \frac{\tau}{4 \cdot \epsilon_0}$$

$$5. \varphi(0) = \frac{\tau}{2 \cdot \epsilon_0}$$

29. Какой из приведенных ниже векторов может быть вектором напряженности электростатического поля?

Ответы:

$$1. \vec{A} = y \cdot x \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} + x \cdot y \cdot \vec{k}$$

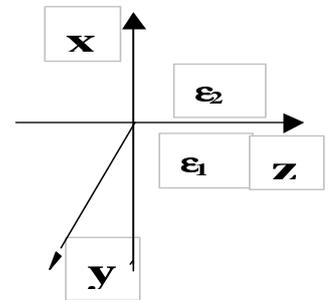
$$2. \vec{A} = [\vec{k}, \vec{r}]$$

$$3. \vec{A} = y^2 \cdot x \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} + x^2 \cdot y \cdot \vec{k}$$

$$4. \vec{A} = [\vec{r}, \vec{j}] \cdot \text{div} \vec{r}$$

$$5. \vec{A} = x^2 \cdot \vec{i} + y^2 \cdot \vec{j} + z^2 \cdot \vec{k}$$

30. Определить напряженность поля  $E$  во второй области, если  $\vec{E}_1 = 3 \cdot z \cdot \vec{i} + 5 \cdot x \cdot \vec{j} + 2 \cdot \vec{k}$ . Граница в плоскости  $ZOX$ . Какой из ответов верен?



Ответы:

$$1. \vec{E}_2 = \vec{E}_1$$

$$2. \vec{E}_2 = 0$$

$$3. \vec{E}_2 = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} \cdot 3 \cdot z \cdot \vec{i} + \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} \cdot 5 \cdot x \cdot \vec{j} + 2 \cdot \vec{k}$$

$$4. \vec{E}_2 = 3 \cdot z \cdot \vec{i} + \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} \cdot 5 \cdot x \cdot \vec{j} + 2 \cdot \vec{k}$$

$$5. \vec{E}_2 = 3 \cdot z \cdot \vec{i} + 2 \cdot z \cdot \vec{k}$$

31. В области с равномерно распределенным объёмным зарядом с плотностью  $\rho_0$ , потенциал  $\varphi$  зависит только от  $x$ . Найти выражение для

$\varphi$  где  $\varphi, A, B, C$  - const

ОТВЕТЫ:

$$1. \varphi = -\frac{\rho_0}{2 \cdot \varepsilon} \cdot x + C_1$$

$$2. \varphi = -\frac{4 \cdot \pi}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r^2}$$

$$3. \varphi = const$$

$$4. \varphi = -\frac{\rho_0}{2 \cdot \varepsilon} \cdot x^2 + B$$

$$5. \varphi = -\frac{\rho_0}{2 \cdot \varepsilon} \cdot x^2 + A \cdot x + B$$

32. Каково будет выражение для плотности энергии электростатического поля и его потенциала?

ОТВЕТЫ:

$$1. \overline{\omega} = \frac{\mu \cdot E^2}{2}, \overline{E} = grad \varphi$$

$$2. \overline{\omega} = \frac{\varepsilon^2 \cdot E^2}{2}, \overline{E} = grad \varphi$$

$$3. \overline{\omega} = \frac{D^2}{2 \cdot \varepsilon}, \overline{E} = -grad \varphi$$

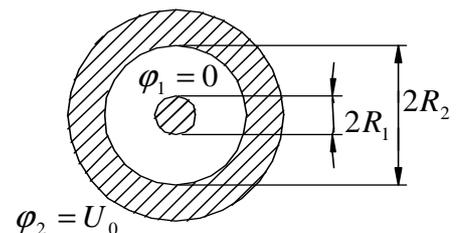
$$4. \overline{\omega} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \int_V \frac{\rho}{r} \cdot dV, \varphi = \varepsilon \cdot div D$$

33. Какое из выражений соответствует полю, изображенного на рисунке цилиндрического конденсатора?

ОТВЕТЫ:

$$1. \varphi = U_0 \cdot \frac{\ln r / R_1}{\ln R_2 / R_1}$$

$$2. \varphi = U_0 \cdot \ln \left( \frac{r^2}{R_2 \cdot R_1} \right)$$



$$3. \varphi = U_0 \cdot \frac{R_2}{R_2 - R_1} \cdot \left(1 - \frac{R_1}{r}\right)$$

$$4. \varphi = U_0 \cdot \frac{R_1}{R_2 - R_1} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{r}\right)$$

$$5. \varphi = U_0 \cdot \frac{\ln R_2 / R_1}{\ln r / R_1}$$

34. В безграничной среде задано распределение заряда  $\rho = \rho_0 / r^2$ , где  $\rho_0$  - постоянная величина, а  $r$  - сферическая координата. Каким будет распределение потенциала?

Ответы:

$$1. \varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon} \cdot \ln r + C_1 \cdot r + C_2$$

$$2. \varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon \cdot r} + C_1 \cdot \ln r + C_2$$

$$3. \varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon \cdot r} + \frac{C_1}{r^2} + C_2$$

$$4. \varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon} \cdot \ln r + \frac{C_1}{r} + C_2$$

$$5. \varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon} \cdot r + C_1$$

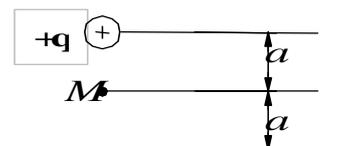
35. Каков потенциал  $\varphi$ , создаваемый точечным зарядом, расположенным над идеально проводящей плоскостью, в точке М?

Ответы:

$$1. \varphi = -\frac{q}{6 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$

$$2. \varphi = -\frac{q}{\pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$

$$3. \varphi = -\frac{q}{3 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$



$$4. \varphi = \frac{q}{3 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$

$$5. \varphi = \frac{q}{6 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a}$$

36. Какой из приведенных ниже векторов может быть вектором напряженности электростатического поля?

Ответы:

$$1. \vec{A} = y \cdot z \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} + x \cdot y \cdot \vec{k}$$

$$2. \vec{A} = [\vec{r}, \vec{k}]$$

$$3. \vec{A} = y \cdot z^2 \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} + x \cdot y^2 \cdot \vec{k}$$

$$4. \vec{A} = [\vec{r}, \vec{j}] \cdot \operatorname{div} \vec{r}$$

$$5. \vec{A} = x^3 \cdot \vec{i} + \ln x \cdot \vec{j} + z^2 \cdot \vec{k}$$

37. В каких случаях потенциал создаётся без помощи объёмных зарядов?

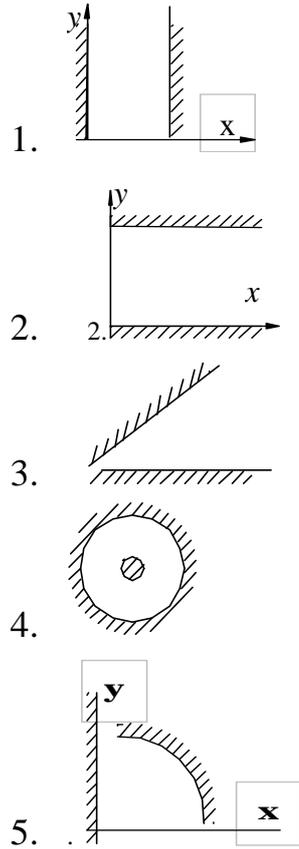
$\varphi_1 = A \cdot (x - y)$ ;  $\varphi_2 = \frac{B}{m} \cdot \sin mx$ ;  $\varphi_3 = C \cdot \ln r + D$ , где  $A, B, C, m$  - постоянные,  $r$  - цилиндрическая координата.

Ответы:

1. Во всех случаях объёмные заряды отсутствуют
2. Во всех случаях объёмные заряды имеются
3. Объёмные заряды есть только в случае 2
4. Объёмные заряды есть только в случае 3
5. Объёмные заряды отсутствуют в случаях 2 и 3

38. Постройте систему электродов, с помощью которой можно создать следующее поле  $\varphi = r \cdot \cos \alpha$ , где  $r, \alpha$  - полярные координаты.

Ответы:

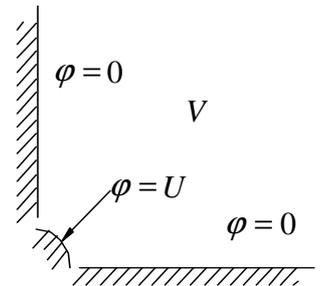


39. Определите возможные значения произвольных постоянных в объёме  $V$ .  $\varphi = (C_\lambda \cdot e^{-r} + D_\lambda \cdot e^r) \cdot (A_\lambda \cdot \cos \lambda \cdot r + B_\lambda \cdot \sin \lambda \cdot r)$ .

( $n$ - целое число)

Ответы:

1.  $D_\lambda = A_\lambda = 0, \lambda = 2 \cdot n$
2.  $C_\lambda = B_\lambda = 0, \lambda = 2 \cdot n$
3.  $C_\lambda = A_\lambda = 0, \lambda = n$
4.  $D_\lambda = B_\lambda = 0, \lambda = n$
5.  $D_\lambda = B_\lambda = 0, \lambda = 2 \cdot n$



40. Над проводящей равномерно заряженной плоскостью с зарядом  $\xi$  на единицу площади помещают положительный заряженный провод с зарядом  $\tau$  на единицу длины. На каком расстоянии сила, действующая на провод, будет равна нулю?

Ответы:

$$1. h = 2 \cdot \tau / \pi \cdot \xi$$

$$2. h = \tau / 2 \cdot \pi \cdot \xi$$

$$3. h = \tau / 4 \cdot \pi \cdot \xi$$

$$4. h = \tau / \pi \cdot \xi$$

$$5. h = 2 \cdot \tau / 2\pi \cdot \xi$$

41. Чему равен потенциал поля, если вектор напряженности электрического поля равен  $\vec{E} = A \cdot \vec{i} \cdot \sin(k \cdot x)$ ?

Ответы:

$$1. \varphi = \frac{A}{k} \cdot \cos(k \cdot x) + C_1$$

$$2. \varphi = A \cdot x \cdot \sin(k \cdot x)$$

$$3. \varphi = A \cdot k \cdot \cos(k \cdot x)$$

$$4. \varphi = \frac{A}{k} \cdot \cos(k \cdot x)$$

$$5. \varphi = -A \cdot x \cdot \sin(k \cdot x)$$

42. Найти уравнение силовых линий электрического поля, если его потенциал равен  $\varphi = 2 \cdot z + 7 \cdot \sin z$ .

Ответы:

$$1. y = C_1 \quad z = C_2,$$

$$2. 2 + 7 \cdot \cos z = C_1 \quad x = C_2 \quad y = C_3$$

$$3. x = C_1 \quad y = C_2$$

$$4. y = C_3, x = C_2, z + \frac{7}{2} \sin z = C_3$$

$$5. y = C_1, x = C_2, z^2 + 7 \cdot \cos z = C_3$$

43. Определить ёмкость двухпроводной линии на единицу длины этой линии. Считать  $D \gg R$  ( потенциал 2-х

проводной линии  $\varphi = \frac{\tau}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}$ )

Ответы:

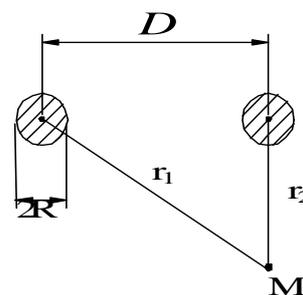
$$1. \quad C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon}{\ln D/R}$$

$$2. \quad C = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \ln D/R$$

$$3. \quad C = \pi \cdot \epsilon \cdot \ln D/R$$

$$4. \quad C = \frac{\pi \cdot \epsilon}{\ln D/R}$$

$$5. \quad C = \frac{4 \cdot \pi \cdot \epsilon}{\ln D/R}$$



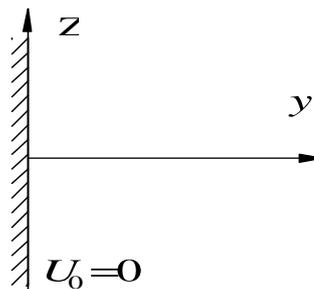
44. В поле  $\vec{E} = 3 \cdot E_0 \cdot x \cdot \vec{i} + 2 \cdot E_0 \cdot y \cdot \vec{j} - E_0 \cdot \vec{k}$  перемещается единичный заряд из точки  $A(0,1,0)$  в точку  $B(0,5,0)$ . Определить совершаемую при этом работу.

Ответы:

$$1) 32 \cdot E_0 \quad 2) 4 \cdot E_0 \quad 3) 9 \cdot E_0 \quad 4) 24 \cdot E_0 \quad 5) -4 \cdot E_0$$

45. Вблизи поверхности пластины с потенциалом  $U_0 = 0$ , распределение потенциала описывается выражением  $\varphi = 15 \cdot y \cdot z^2 - 5 \cdot y^3$ . Какое распределение зарядов создаёт этот потенциал?

Ответы:



- 1) Отсутствуют поверхностные заряды на пластине
- 2) Только объемные заряды над пластиной
- 3) Поверхностные заряды на пластине и объемные вне ее
- 4) В поле присутствует точечный заряд в т.(0,0)
- 5) Только поверхностные заряды на пластине

46. Методом разделения переменных решить уравнение  $\frac{\partial F}{\partial r} + \frac{1}{C} \cdot \frac{\partial F}{\partial t} = 0$ ,

где  $C$  - const. Какой из ответов верен?

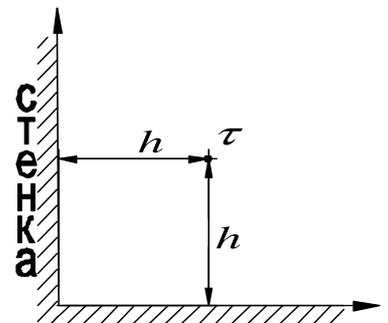
Ответы:

1.  $F = A_j \cdot e^{j \cdot r} \cdot e^{-C \cdot t \cdot j}$
2.  $F = A_j \cdot e^{j \cdot r} \cdot e^{C \cdot t \cdot j}$
3.  $F = A_j \cdot e^{j \cdot t} \cdot \cos \frac{j}{c} \cdot r$
4.  $F = A_j \cdot e^{-j \cdot t} \cdot \cos \frac{j}{c} \cdot r$
5.  $F = A_j \cdot e^{-j \cdot r} \cdot e^{-C \cdot t \cdot j}$

47. На расстоянии  $h$  от провода, подвешенного над землёй, построили стену. Считая поверхность стены проводящей, определить во сколько раз изменится электрическая сила, действующая на провод.

Ответы:

- 1) Не изменится
- 2) Увеличится в 2 раза
- 3) Уменьшится в корень из 2 раз
- 4) Увеличится в корень из 2 раз
- 5) Уменьшится в 2 раза



48. Как изменится ёмкость сферического конденсатора, если диэлектрическую проницаемость среды, его заполняющей, уменьшить в

3 раза?

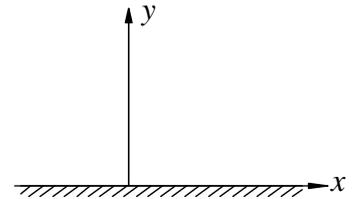
Ответы:

- 1) Уменьшится в корень из 3 раз
- 2) Увеличится в 3 раза
- 3) Увеличится в 9 раз
- 4) Увеличится в корень из 3 раз
- 5) Уменьшится в 3 раза

49. Найти уравнение силовых линий электрического поля, если его потенциал равен  $\varphi = 2 \cdot y + 7 \cdot \sin y$ .

Ответы:

- 1)  $y = C_1, z = C_2$
- 2)  $2 + 7 \cdot \cos y = C, x = C_2$
3.  $z = C_1, x = C_2,$
- 4)  $y + \frac{7}{2} \cdot \sin y = C_1, x = C_2$
- 5)  $y^2 - 7 \cdot \cos y = C_1, z = C_2$



50. Методом разделения переменных найдите частное решение уравнения для потенциала в анизотропной среде для области, показанной на рисунке.  $\varepsilon_1 \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \varepsilon_2 \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0$ ,  $A$  и  $C$  - const,  $p > 0$ . Каков из

ответов верен?

Ответы:

$$1. \quad \varphi = A \cdot \exp\left(\frac{-p}{\sqrt{\varepsilon_2}}\right) \cdot \cos\left(\frac{p \cdot x}{\sqrt{\varepsilon_1 + C}}\right)$$

$$2. \quad \varphi = A \cdot \exp\left(\frac{-p \cdot x}{\sqrt{\varepsilon_2}}\right) \cdot \cos(p \cdot x \cdot \sqrt{\varepsilon_2} + C)$$

$$3. \quad \varphi = A \cdot \exp\left(\frac{p \cdot y}{\sqrt{\varepsilon_2}}\right) \cdot \cos(p \cdot x \cdot \sqrt{\varepsilon_2} + C)$$

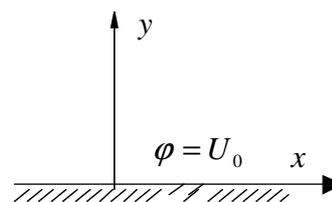
$$4. \quad \varphi = A \cdot \exp(-p \cdot x \cdot \sqrt{\varepsilon_1}) \cdot \cos\left(\frac{p \cdot x}{\sqrt{\varepsilon_2} + C}\right)$$

$$5. \quad \varphi = A \cdot \exp(-p \cdot x \cdot \sqrt{\varepsilon_1}) \cdot \cos(p \cdot x \cdot \sqrt{\varepsilon_2} + C)$$

51. Вблизи поверхности пластины с потенциалом  $\varphi = U_0$ , распределение потенциала описывается выражением  $\varphi = U_0 + 3 \cdot U_0 \cdot x \cdot y^2 - U_0 \cdot y^3$ . Какое распределение зарядов создаёт этот потенциал?

Ответы:

1. Поверхностные заряды на пластине и объемные вне ее
2. Только объемные заряды над пластиной
3. Только поверхностные заряды на пластине
4. В поле присутствует точечный заряд в т. (0,0)
5. Отсутствуют поверхностные заряды на пластине



52. Определить поверхностную плотность заряда наружной обкладки сферического конденсатора, если внутренняя заземлена, потенциал верхней равен  $U$ . Радиус внутренней обкладки  $R_1$ , наружной  $R_2$ .

Ответы:

$$1. \quad \zeta = \frac{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot U}{R_1 - R_2}$$

$$2. \quad \zeta = \frac{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot (R_1 - R_2) \cdot U}{R_1 \cdot R_2}$$

$$3. \zeta = \frac{\varepsilon \cdot R_1 \cdot U}{(R_2 - R_1) \cdot R_2}$$

$$4. \zeta = \frac{\varepsilon \cdot R_2 \cdot U}{(R_2 - R_1)}$$

$$5. \zeta = \frac{\varepsilon \cdot R_1 \cdot U}{(R_1 - R_2) \cdot R_2}$$

53. Потенциал круглого заряженного диска радиуса  $a$  оси  $Z$  равен

$\varphi = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot \varepsilon} \cdot \left\{ \sqrt{z^2 + a^2} - z \right\}$ . Определить напряженность электрического поля на этой оси.

Ответы:

$$1. \vec{E} = -\frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \vec{k}$$

$$2. \vec{E} = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a^2} \cdot \left( z - \sqrt{z^2 + a^2} \right) \cdot \vec{k}$$

$$3. \vec{E} = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a^2} \cdot \left( \sqrt{z^2 + a^2} + z \right) \cdot \vec{k}$$

$$4. \vec{E} = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a^2} \cdot \left( 1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + a^2}} \right) \cdot \vec{k}$$

$$5. \vec{E} = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot a^2} \cdot \left( \frac{z}{\sqrt{z^2 + a^2}} - 1 \right) \cdot \vec{k}$$

54. Определить энергию электростатического поля, запасенную в объёме цилиндра радиуса  $R=1$  и длиной  $l=1$ , ось цилиндра совпадает с осью  $OY$ . Потенциал в цилиндре  $\varphi = x^2 + z^2$ . Какой из ответов верен?

Ответы:

$$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \varepsilon$$

$$\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varepsilon$$

$$4 \cdot \pi \cdot \varepsilon$$

$$\pi \cdot \varepsilon$$

$$2 \cdot \pi \cdot \varepsilon$$

55. Методом разделения переменных найдите частное решение уравнения для

потенциала в анизотропной среде, показанной на рисунке.

$$\varepsilon_1 \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \varepsilon_2 \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \quad A \text{ и } C - \text{const}, p > 0.$$

Ответы:

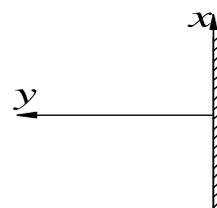
$$1. \varphi = A \cdot \exp(-p \cdot x \cdot \sqrt{\varepsilon_1}) \cdot \cos\left(\frac{p \cdot x}{\sqrt{\varepsilon_2} + C}\right)$$

$$2. \varphi = A \cdot \exp(-p \cdot x \cdot \sqrt{\varepsilon_1}) \cdot \cos(p \cdot y \cdot \sqrt{\varepsilon_2} + C)$$

$$3. \varphi = A \cdot \exp(-p \cdot x \cdot \sqrt{\varepsilon_2}) \cdot \cos(p \cdot y \cdot \sqrt{\varepsilon_1} + C)$$

$$4. \varphi = A \cdot \exp(p \cdot y \cdot \sqrt{\varepsilon_2}) \cdot \cos\left(\frac{p \cdot x}{\sqrt{\varepsilon_1} + C}\right)$$

$$5. \varphi = A \cdot \exp(-p \cdot y \cdot \sqrt{\varepsilon_2}) \cdot \cos\left(\frac{p \cdot x}{\sqrt{\varepsilon_1} + C}\right)$$



56. Над землёй на высоте  $h$  подвешен провод с зарядом  $\tau$  на единицу длины. Как изменится электрическая сила, действующая на провод, если его опустить до высоты  $h/2$ .

Ответы:

1. Сила, действующая на провод, уменьшится в 4 раза

2. Сила увеличится в 4 раза

3. Сила уменьшится в 2 раза

4. Сила увеличится в 2 раза

5. Электрическая сила в обоих случаях равна нулю

57. Поверхность полусферы равномерно заряжена с поверхностной плотностью заряда  $\xi$ . Каким будет потенциал в центре полусферы (т. О)?

Ответы:

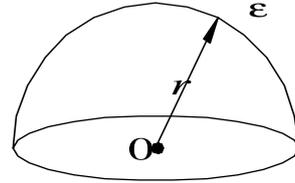
1.  $\varphi(0) = \xi \cdot r / 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon$

2.  $\varphi(0) = \xi \cdot r / \pi \cdot \varepsilon$

3.  $\varphi(0) = \xi \cdot r / 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon$

4.  $\varphi(0) = \xi \cdot r / 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon$

5.  $\varphi(0) = \xi \cdot r / 2 \cdot \varepsilon$



58. Определить емкость плоского двухслойного конденсатора, размеры которого показаны на рисунке

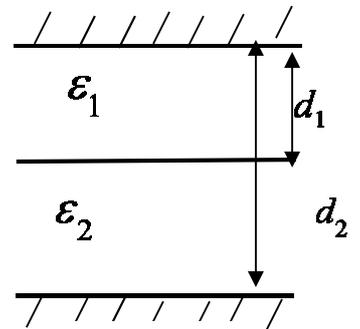
Ответы:

1)  $C = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 S}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 (d_2 - d_1)}$

2)  $C = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 S}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 (d_2 - d_1)}$

3)  $C = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 S}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 (d_2 - d_1)}$

4)  $C = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 S}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 (d_2 - d_1)}$



59. Цилиндрический электронный поток радиуса  $R$  и величиной  $I_0$  движется со скоростью  $v_0$ . Прямым интегрированием уравнения для потенциала найти потенциал и напряженность радиального электрического

поля  $E_r$  на границе, которая действует на пучок и способствует его расфокусировке.

Ответы:

$$1) \varphi = -\left(\frac{I_0}{2\varepsilon_a v_0 R^2} - \frac{C}{R}\right), \quad E_r = -\left(\frac{I_0}{\varepsilon_a v_0 R^3} + \frac{C}{R^2}\right), \quad 2)$$

$$\varphi = -\left(\frac{I_0}{2\varepsilon_a v_0 R^2} + \frac{C}{R}\right), \quad E_r = -\left(\frac{I_0}{\varepsilon_a v_0 R^3} + \frac{C}{R^2}\right)$$

$$3) \varphi = -\left(\frac{I_0}{2\varepsilon_a v_0 R^2} + \frac{C}{R}\right), \quad E_r = \left(\frac{I_0}{\varepsilon_a v_0 R^3} + \frac{C}{R^2}\right), \quad 4)$$

$$\varphi = \left(\frac{I_0}{2\varepsilon_a v_0 R^2} + \frac{C}{R}\right), \quad E_r = -\left(\frac{I_0}{\varepsilon_a v_0 R^3} + \frac{C}{R^2}\right)$$

60. Определить напряженность электрического поля на прямой, являющегося осью симметрии равномерно заряженного кольца пренебрежимо малой толщины, если его радиус есть  $r$ , а полный заряд кольца равен  $q$ .

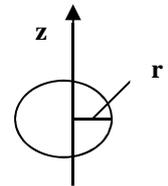
Ответы:

$$1) E_z = \frac{q \cdot z}{4\pi \varepsilon_0 (z^2 - r^2)^{3/2}}.$$

$$2) E_z = \frac{q \cdot z}{2\pi \varepsilon_0 (z^2 + r^2)^{1/2}}$$

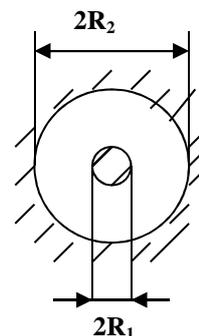
$$3) E_z = \frac{q \cdot z}{2\pi \varepsilon_0 (z^2 + r^2)^{3/2}}$$

$$4) E_z = \frac{q \cdot z}{4\pi \varepsilon_0 (z^2 + r^2)^{3/2}}$$



61. Найти выражение электростатической энергии для сферического конденсатора, изображенного на

Ответы:



энергии для рисунке.

$$1) W^{\text{э}} = \frac{q^2(R_2 + R_1)}{8\pi\epsilon_a R_1 \cdot R_2}.$$

$$2) W^{\text{э}} = \frac{q^2(R_2 - R_1)}{8\pi\epsilon_a R_1 \cdot R_2}$$

$$3) W^{\text{э}} = \frac{q^2(R_2 - R_1)}{2\pi\epsilon_a R_1 \cdot R_2}$$

$$4) W^{\text{э}} = \frac{q^2(R_2 - R_1)}{4\pi\epsilon_a R_1 \cdot R_2}.$$

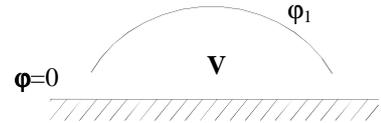
62. Используя условия теоремы единственности, произведите выбор произвольных постоянных в выражении для потенциала  $\varphi = (C_\lambda \cdot \frac{1}{r^\lambda} + D_\lambda \cdot r^\lambda) \cdot (A_\lambda \cdot \cos \lambda \cdot \alpha + B_\lambda \cdot \sin \lambda \cdot \alpha)$  в области  $V$ . Изображенной на рисунке.

Ответы:

$$1) C_\lambda = A_\lambda = 0, \quad \lambda = n.$$

$$2) C_\lambda = B_\lambda = 0, \quad \lambda = n$$

$$3) C_\lambda = D_\lambda = 0, \quad \lambda = n$$



63. Определите энергию электростатического поля, запасенную в объёме цилиндра радиуса  $R=1$  и длиной  $l=1$ . Ось цилиндра совпадает с осью  $OZ$ . Потенциал внутри цилиндра известен  $\varphi = x^2 + y^2$ .

Ответы:

$$1) 1/8 \cdot \pi \cdot \epsilon. \quad 2) 1/6 \cdot \pi \cdot \epsilon \quad 3) 2/3 \cdot \pi \cdot \epsilon \quad 4) 1/2 \cdot \pi \cdot \epsilon \quad 5) 1/4 \cdot \pi \cdot \epsilon$$

64. Найти распределение потенциала  $\varphi$  и напряженности поля между электродами, изображенными на рисунке. Пластины при  $r=0$  изолированы друг от друга и бесконечны в направлении  $r$ . При решении учесть, что  $\varphi$  зависит только от цилиндрической координаты  $\alpha$ .

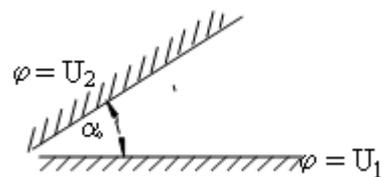
Ответы:

$$1) \varphi = \frac{U_2 + U_1}{\alpha_0} \cdot \alpha + U_1, \quad E_\alpha = -\frac{U_2 + U_1}{r \cdot \alpha_0},$$

$$2) \varphi = \frac{U_2 + U_1}{\alpha_0} \cdot \alpha + U_1, \quad E_\alpha = -\frac{U_2 - U_1}{r \cdot \alpha_0},$$

$$3) \varphi = \frac{U_2 - U_1}{\alpha_0} \cdot \alpha + U_1, \quad E_\alpha = -\frac{U_2 - U_1}{r \cdot \alpha_0},$$

$$4) \varphi = \frac{U_2 - U_1}{\alpha_0} \cdot \alpha + U_1, \quad E_\alpha = \frac{U_2 - U_1}{r \cdot \alpha_0}.$$



65. Во сколько раз увеличится ёмкость двухслойного конденсатора, если толщину первого слоя сделать равной нулю,  $\varepsilon_2 = 2 \cdot \varepsilon_1$ .

Ответы:

1) В  $\frac{1}{8}$  раза; 2) В  $\frac{1}{6}$  раза; 3) В  $\frac{1}{3}$  раза; 4) В  $\frac{2}{3}$  раза

66. Грозовая туча, имеющая площадь  $8 \text{ км}^2$ , находится на высоте 1,5 км от поверхности Земли. Между тучей и Землей образуется постоянное электрическое поле с напряженностью  $E = 3 \cdot 10^5 \text{ В/м}$  во всех точках. Оцените энергию поля

Ответы:

1)  $4,88 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ , 2)  $4,78 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ ,  
3)  $4,68 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ , 4)  $4,58 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ .

67. При проведении испытаний на электрический пробой коаксиальной линии передачи, образованной двумя цилиндрами с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_2 > R_1$ ) было получено, что пробой наступает при разности потенциалов  $U_0$ . Затем радиус внутреннего цилиндра был сокращён вдвое.

Определите для новой системы пробивную разность потенциалов.

Ответы:

1)  $U = U_0 [1 - \ln 2 / \ln (R_2 / R_1)]$ ,  
2)  $U = U_0 [1 + \ln 2 / \ln (R_2 / R_1)]$ ,

$$3) U=U_0 [1+ \ln 4/\ln (R_2/R_1)],$$

$$4) U=U_0 [1+ \ln 6/\ln (R_2/R_1)].$$

68. Заряженный металлический шар, радиусом 3 см находится в воздухе. Известно, что при напряжённости поля 30 КВ/см в воздухе происходит пробой.

Определите предельно допустимый заряд шара, обеспечивающий отсутствие пробоя.

Ответы:

$$1) 10,857 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

$$2) 9,857 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

$$3) 7,857 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

$$4) 6,857 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

$$5) 5,857 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

69. Бесконечная металлическая плоскость  $6,6 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^2$ . Найдите величину полей  $E$  и  $D$  в пространстве вблизи поверхности, предполагая проницаемость  $\epsilon_a = \epsilon_0$

Ответы:

$$1) E=0,383 \text{ В/м; } D=\pm 3,3 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^3.$$

$$2) E=0,373 \text{ В/м; } D=\pm 3,3 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^3.$$

$$3) E=0,363 \text{ В/м; } D=\pm 2,3 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^3.$$

$$4) E=0,353 \text{ В/м; } D=\pm 2,3 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^3.$$

70. Два бесконечно длинных коаксиальных цилиндра с радиусами  $R_1=1 \text{ см}$ ,  $R_2=2 \text{ см}$ , выполненные из металла образуют конденсатор. Пространство между цилиндрами заполнено воздухом. Определите ёмкость конденсатора на единицу длины.

Ответы:

- 1)  $0,09 \cdot 10^{-9} \text{ Ф/м} = 0,09 \text{ пФ/м}$ .
- 2)  $0,08 \cdot 10^{-9} \text{ Ф/м} = 0,08 \text{ пФ/м}$ .
- 3)  $0,07 \cdot 10^{-9} \text{ Ф/м} = 0,07 \text{ пФ/м}$ .
- 43)  $0,06 \cdot 10^{-9} \text{ Ф/м} = 0,06 \text{ пФ/м}$ .

71. Задан потенциал  $\varphi = 2 \cdot r^2 - 4$ , где  $r$  - цилиндрическая координата. Определить объёмную плотность заряда, создающее это поле, считать  $\varepsilon = \varepsilon_0$ .

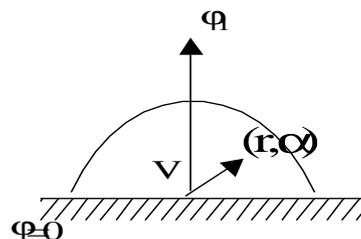
Ответы:

- 1)  $-5 \cdot \varepsilon_0$
- 2)  $-6 \cdot \varepsilon_0$ .
- 3)  $-7 \cdot \varepsilon_0$
- 4)  $-8 \cdot \varepsilon_0$
- 5)  $-9 \cdot \varepsilon_0$

72. Диэлектрическая проницаемость среды равна  $\varepsilon = x \cdot \varepsilon_0$ . Найти выражение для напряженности поля  $E_x$ , полагая, что объёмные заряды отсутствуют. Какой из ответов верен (поле зависит только от  $x$ ,  $A - \text{const.}$ )?

Ответы:

1.  $E_x = A/x$
2.  $E_x = A \cdot x$
3.  $E_x = A \cdot \ln x$
4.  $E_x = A \cdot x^2$
5.  $E_x = A + x$



73. Над положительно заряженной, металлической плоскостью с поверхностной плотностью заряда  $\xi$  помещен точечный заряд  $+q$ . На какой высоте  $h$  сила, действующая на заряд равна нулю?

Ответ:

$$1) h = \frac{1}{8} \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot \xi}}$$

$$2) h = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot \xi}}$$

$$3) h = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot \xi}}$$

$$4) h = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot \xi}}$$

74. Задан потенциал  $\varphi = 2 \cdot r^2 - 4$ , где  $r$  - цилиндрическая координата. Определить объёмную плотность заряда, создающее это поле, считать  $\varepsilon = \varepsilon_0$ .

Ответы:

$$1. 0 \quad 2. 4 \cdot \varepsilon_0 \quad 3. -4 \cdot \varepsilon_0 \quad 4. 8 \cdot \varepsilon_0 \quad 5. -8 \cdot \varepsilon_0$$

75. Определите энергию электростатического поля, запасную в объёме цилиндра радиуса  $R=1$  и длиной  $l=1$ . Ось цилиндра совпадает с осью  $OZ$ . Потенциал  $\varphi = x^2 + y^2$ .

$$\text{Ответы: } 1) 3 \cdot \pi \cdot \varepsilon \quad 2) 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \quad 3) 1.5 \cdot \pi \cdot \varepsilon \quad 4) \pi \cdot \varepsilon \quad 5) 0.5 \cdot \pi \cdot \varepsilon$$

76. Металлический шар радиусом  $a$  помещен в поле  $E_0$  заданное уравнением  $\varphi(r) = E_0 \left( \frac{a^3}{r^2} - r \right) \cos \theta$ . Определить поверхностную плотность заряда  $\zeta$  на шаре, если  $\frac{\partial \varphi}{\partial n} = E_n$ .

Ответы:

$$1) \zeta = 5 \cdot \varepsilon \cdot E_0 \cos \theta$$

$$2) \zeta = 4 \cdot \varepsilon \cdot E_0 \cos \theta$$

$$3) \zeta = 3 \cdot \varepsilon \cdot E_0 \cos \theta$$

$$4) \zeta = 3 \cdot \varepsilon \cdot E_0 \sin \theta$$

77. Вектор напряженности электрического поля  $\vec{E} = 3 \cdot x^2 \cdot \vec{i} + 3 \cdot y^2 \cdot \vec{j}$ .  
Найти разность потенциалов между точками  $M_1(1,1,0)$  и  $M_2(0,0,0)$   $\varphi(M_1)$ -  
 $\varphi(M_2)$ . Ответы:

1) -4    2) -3    3) -2    4) -6    5) -5

78. Диэлектрическая проницаемость среды равна  $\varepsilon = x \cdot \varepsilon_0$ . Найти выражение для напряженности поля  $E_1$ , полагая, что объёмные заряды отсутствуют. Какой из ответов верен (поле зависит только от  $x$ ,  $A = \text{const.}$ )?

Ответы:  $E_x = A/x$ .

79. Над землёй на высоте  $h$  подвешен провод с зарядом  $\tau$  на единицу длины. Как изменится электрическая сила, действующая на провод, если его опустить до высоты  $h/2$ .

Ответы:

1) в 2;    2) в 3;    3) в 4;    4) в 6;    5) в 5.

80. При  $x > 0$  диэлектрическая проницаемость зависит от  $x$  по закону  $\varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{1+x}$ . Определить потенциал  $\varphi$  полагая, что он зависит только от  $x$  и объёмные заряды отсутствуют.

Ответы:

$$1) \varphi = C_1 \cdot \left( x + \frac{x^2}{2} \right) + C_2.$$

$$2) \varphi = C_1 \cdot \left( x + \frac{x^2}{3} \right) + C_2$$

$$3) \varphi = C_1 \cdot \left( x + \frac{x^2}{4} \right) + C_2$$

$$4) \varphi = C_1 \cdot \left( x + \frac{x^2}{5} \right) + C_2$$

$$5) \varphi = C_1 \cdot \left( x + \frac{x^2}{6} \right) + C_2$$

83. Чему равен потенциал поля, если вектор напряженности электрического поля равен  $\vec{E} = A \cdot \vec{x}_0 \cdot \sin(k \cdot x)$ ?

Ответы:

$$1) \varphi = \frac{A}{k} \cdot \cos(k \cdot x) - B$$

$$2) \varphi = \frac{B}{k} \cdot \cos(k \cdot x) + A$$

$$3) \varphi = \frac{A}{k} \cdot \cos(k/x) + B$$

$$4) \varphi = \frac{A}{k} \cdot \cos(k \cdot x) + B$$

$$5) \varphi = \frac{A}{k^2} \cdot \cos(k \cdot x) + B$$

84. Разделить переменные в уравнении  $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + D \cdot \frac{\partial U}{\partial t} = 0$  и записать частное решение, где D - const.

Ответы:

$$1) U = C_\lambda \cdot \exp\left(\frac{\lambda}{D} \cdot t\right) \cdot \sin \sqrt{\lambda} \cdot x$$

$$2) U = C_\lambda \cdot \exp\left(-\frac{\lambda}{D} \cdot t\right) \cdot \sin \sqrt{\lambda} \cdot x$$

$$3) U = C_\lambda / x \cdot \exp\left(-\frac{\lambda}{D} \cdot t\right) \cdot \sin \sqrt{\lambda} \cdot x$$

$$4) U = D_\lambda \cdot \exp\left(-\frac{\lambda}{D} \cdot t\right) \cdot \sin \sqrt{\lambda} \cdot x$$

85. Определите поле  $E_2$ , если поле  $E_1 = 2 \cdot z \cdot \vec{i} + 3 \cdot y \cdot \vec{j} + \vec{k}$ . Какой из

ответов верен? На границе поверхности заряды отсутствуют (см. рисунок).

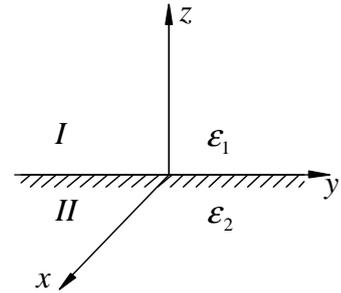
Ответы:

$$1) E_2 = 2 \cdot z \cdot \bar{i} + 3 \cdot y \cdot \bar{j} + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot \bar{k},$$

$$E_2 = 2 \cdot z \cdot \bar{i} - 3 \cdot y \cdot \bar{j} + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot \bar{k},$$

$$3) E_2 = 2 \cdot z \cdot \bar{i} + 3 \cdot y \cdot \bar{j} - \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot \bar{k},$$

$$4) E_2 = -2 \cdot z \cdot \bar{i} + 3 \cdot y \cdot \bar{j} - \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot \bar{k}.$$



2)

86. На большом расстоянии от системы тел, расположенных вблизи

начала координат, потенциал поля имеет вид  $\varphi = \frac{5}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$ .

Определить полный заряд тел.

Ответы:

1)12, 2) 10, 3)8, 4) 6, 5) 4.

87. Дана напряженность электрического поля  $\bar{E} = 2 \cdot y \cdot \bar{j} + 2 \cdot z \cdot \bar{k}$ .

Полагая, что в точке  $z=0, y=0$  потенциал равен нулю, найти  $\varphi$  в любой точке пространства.

Ответы:

$$1) \varphi = (z^2 + y^2) + c$$

$$2) \varphi = -(z^2 - y^2) + c$$

$$3) \varphi = -(z^2 + y^2) + c$$

$$4) \varphi = -(z^2 + y^2) - c$$

$$5) \varphi = -(z^2 - y^2) - c$$

88. В поле точечного заряда перемещается заряд  $(-2 \cdot q)$  из  $\infty$  в точку, отстоящую от первого заряда  $q$  на расстоянии  $r$ . Чему равна работа поля при этом?

Ответы:

$$1) A = \frac{q^2}{8 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r} \quad 2) A = \frac{q^2}{6 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r} \quad 3) A = \frac{q^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r} \quad 4) A = \frac{q^2}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r}$$

89. Потенциал электростатического поля задан уравнением  $\varphi = a \cdot x^3 + b \cdot y^2$ . Определить заряд, сосредоточенный в единичном кубе, рёбра которого совпадают с осями декартовых координат.

Ответы:

$$\begin{aligned} 1) q &= (6 \cdot a + 2 \cdot b) \cdot \varepsilon \\ 2) q &= -(6 \cdot a + 3 \cdot b) \cdot \varepsilon \\ 3) q &= -(3 \cdot a + 2 \cdot b) \cdot \varepsilon \\ 4) q &= -(8 \cdot a + 2 \cdot b) \cdot \varepsilon \\ 5) q &= -(6 \cdot a + 2 \cdot b) \cdot \varepsilon \end{aligned}$$

90. Поле в пространстве создается системой длинных, параллельных оси Z электродов, расположенных вблизи неё. Длина их столь велика, что поле, создаваемое ими, можно считать не зависящим от Z. Потенциал поля вдали от этой системы равен  $\varphi = -\frac{\cos \alpha}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r}$ , где  $\alpha$ ,  $r$ - цилиндрические координаты. Чему равен полный заряд на единицу длины электродов?

$$\text{Ответы: } 1) -\frac{1}{2} \quad 2) +\frac{1}{2} \quad 3) +\frac{1}{4} \quad 4) +\frac{1}{6} \quad 5) +\frac{1}{8}$$

91. Плоский конденсатор образован двумя пластинами радиуса R, находящимися на расстоянии d одна от другой. Нижняя пластина заземлена. Заряд верхней пластины равен +q. Определить потенциал поля в плоскости d/2. Краевыми эффектами пренебречь.

$$\text{Ответы: } 1) \varphi = \frac{q \cdot d}{6 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot R^2}$$

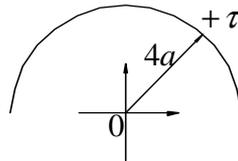
$$2) \varphi = \frac{q \cdot d}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot R^2}$$

$$3) \varphi = \frac{q \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot R^2}$$

$$4) \varphi = \frac{q \cdot d}{\pi \cdot \varepsilon \cdot R^2}$$

$$5) \varphi = \frac{q \cdot d^2}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot R^2}$$

93. Какое из приведенных выражений соответствует потенциалу  $\varphi$  в точке О, создаваемому заряженной нитью с линейной плотностью заряда  $\tau$ , имеющей вид полуокружности (см. рисунок)?



Ответ: 1)  $\varphi(0) = \frac{2 \cdot \tau}{4 \cdot \varepsilon_0}$  2)  $\varphi(0) = \frac{\tau}{4 \cdot \varepsilon_0}$  3)  $\varphi(0) = \frac{\tau}{4 \cdot \varepsilon_0}$  4)  $\varphi(0) = \frac{\tau}{4 \cdot \varepsilon_0}$

94. Какой из приведенных ниже векторов может быть вектором напряженности электростатического поля?

Ответы:

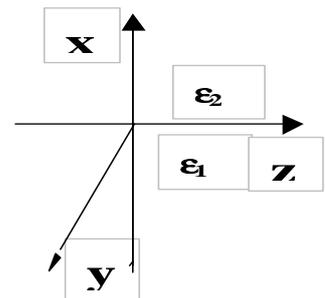
$$1) \vec{A} = y \cdot x \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} + x \cdot z \cdot \vec{k}$$

$$2) \vec{A} = y \cdot z \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} + x \cdot y \cdot \vec{k}$$

$$3) \vec{A} = y \cdot x \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} + z \cdot y \cdot \vec{k}$$

$$4) \vec{A} = y \cdot x \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} + x \cdot y \cdot \vec{k}$$

95. Определить напряженность поля  $E$  во второй области, если  $\vec{E}_1 = 3 \cdot z \cdot \vec{i} + 5 \cdot x \cdot \vec{j} + 2 \cdot \vec{k}$ .



Граница в плоскости ZOХ см. рисунок .

Ответы:

$$1) \bar{E}_2 = 3 \cdot z \cdot \bar{i} + \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \cdot 5 \cdot x \cdot \bar{j} + 2 \cdot \bar{k}$$

$$2) \bar{E}_2 = 3 \cdot z \cdot \bar{i} + \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} \cdot 5 \cdot x \cdot \bar{j} + 2 \cdot \bar{k}$$

$$3) \bar{E}_2 = 3 \cdot z \cdot \bar{i} + \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} \cdot 5 \cdot x \cdot \bar{j} + 4 \cdot \bar{k}$$

$$4) \bar{E}_2 = 4 \cdot z \cdot \bar{i} + \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} \cdot 5 \cdot x \cdot \bar{j} + 2 \cdot \bar{k}$$

$$5) \bar{E}_2 = 5 \cdot z \cdot \bar{i} + \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} \cdot 5 \cdot x \cdot \bar{j} + 2 \cdot \bar{k}$$

96. В области с равномерно распределенным объёмным зарядом с плотностью  $\rho_0$ , потенциал  $\varphi$  зависит только от  $x$ . Найти выражение для  $\varphi$ , где  $\varphi, A, B, C - \text{const}$ .

Ответы:

$$1) \varphi = -\frac{\rho_0}{2 \cdot \epsilon} \cdot x^2 - A \cdot x + B$$

$$2) \varphi = -\frac{\rho_0}{4 \cdot \epsilon} \cdot x^2 + A \cdot x + B$$

$$3) \varphi = -\frac{\rho_0}{2 \cdot \epsilon} \cdot x^2 + A \cdot x + B$$

$$4) \varphi = \frac{\rho_0}{2 \cdot \epsilon} \cdot x^2 + A \cdot x + B$$

$$5) \varphi = -\frac{\rho_0}{2 \cdot \epsilon} \cdot x^2 + A \cdot x - B$$

97. Каково будет выражение для плотности энергии электростатического поля ?

Ответы:

$$1) \varpi = \frac{D^2}{6 \cdot \epsilon}, \quad 2) \varpi = \frac{D^2}{4 \cdot \epsilon}, \quad 3) \varpi = \frac{D^2}{3 \cdot \epsilon}, \quad 4) \varpi = \frac{D^2}{2 \cdot \epsilon}, \quad 5) \varpi = \frac{D}{2 \cdot \epsilon},$$

98. Как записать выражение, соответствующее полю, изображенного на рисунке цилиндрического конденсатора?

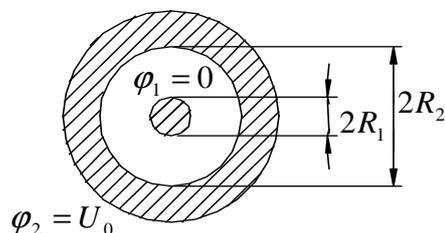
Ответы:

$$1) \varphi = -U_0 \cdot \frac{\ln r/R_1}{\ln R_2/R_1}$$

$$2) \varphi = U_0 \cdot \frac{\ln r/R_1}{\ln R_2/R_1}$$

$$3) \varphi = U_0^2 \cdot \frac{\ln r/R_1}{\ln R_2/R_1}$$

$$4) \varphi = U_0 \cdot \frac{\ln r/R_2}{\ln R_2/R_1}$$



99. В безграничной среде задано распределение заряда  $\rho = \rho_0/r^2$ , где  $\rho_0$  - постоянная величина, а  $r$  - сферическая координата. Каким будет распределение потенциала?

Ответы:

$$1) \varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon} \cdot \ln r + \frac{C_1}{r} + C_2$$

$$2) \varphi = \frac{\rho_0}{\varepsilon} \cdot \ln r + \frac{C_1}{r} + C_2$$

$$3) \varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon} \cdot \ln r - \frac{C_1}{r} + C_2$$

$$4) \varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon} \cdot \ln r + \frac{C_1}{r} - C_2$$

$$5) \varphi = -\frac{\rho_0}{\varepsilon} \cdot \ln r - \frac{C_1}{r} - C_2$$

100. Над проводящей равномерно заряженной плоскостью с

зарядом  $\xi$  на единицу площади помещают положительный заряженный провод с зарядом  $\tau$  на единицу длины. На каком расстоянии сила, действующая на провод, будет равна нулю?

Ответы:

$$1) h = \tau / 2 \cdot \pi \cdot \xi$$

$$2) h = \tau / 3 \cdot \pi \cdot \xi$$

$$3) h = \tau / 4 \cdot \pi \cdot \xi$$

$$4) h = \tau / 5 \cdot \pi \cdot \xi$$

$$5) h = \tau / 6 \cdot \pi \cdot \xi$$

101. Определить ёмкость двухпроводной линии на единицу длины этой линии (см. рисунок). Считать  $D \gg R$  (потенциал 2-х проводной линии определен как  $\varphi = \frac{\tau}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}$ ).

Ответы:

$$1) C = 2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \ln D/R$$

$$2) C = \pi \cdot \varepsilon \cdot \ln D/R$$

$$3) C = 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \ln D/R$$

$$4) C = \pi \cdot \varepsilon^2 \cdot \ln D/R$$

102. Какой из приведенных ниже векторов может быть вектором напряженности электростатического поля?

Ответы:

$$1) \vec{A} = y \cdot z \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} - x \cdot y \cdot \vec{k}$$

$$2) \vec{A} = y \cdot z \cdot \vec{i} - x \cdot z \cdot \vec{j} + x \cdot y \cdot \vec{k}$$

$$3) \vec{A} = -y \cdot z \cdot \vec{i} - x \cdot z \cdot \vec{j} - x \cdot y \cdot \vec{k}$$

$$4) \vec{A} = y \cdot z \cdot \vec{i} + x \cdot z \cdot \vec{j} + x \cdot y \cdot \vec{k}$$

103. Найти объёмное распределение зарядов, создающих в вакууме потенциал  $\varphi = \frac{q \cdot \ell^{-\frac{r}{a}}}{r}$ .

ОТВЕТЫ:

$$1) \rho = -\frac{\epsilon_r q}{ra^2} \ell^{-\frac{r}{a}}$$

$$2) \rho = -\frac{\epsilon_0 q}{ra^2} \ell^{-\frac{r}{a}}$$

$$3) \rho = \frac{\epsilon_0 q}{ra} \ell^{-\frac{r}{2a}}$$

$$4) \rho = -\frac{\epsilon_0 r}{a^2} \ell^{-\frac{r}{a}}$$

$$5) \rho = -\frac{\epsilon_0 a}{raq^2} \ell^{-\frac{r}{a}}$$

104. Заряженный металлический шар, радиусом 3 см находится в воздухе. Известно, что при напряжённости поля 30 кВ/см в воздухе происходит пробой. Определите предельно допустимый заряд шара, обеспечивающий отсутствие пробоя.

Ответ: 1)  $6,857 \cdot 10^{-9}$  Кл. 2)  $5,857 \cdot 10^{-9}$  Кл. 3)  $4,857 \cdot 10^{-9}$  Кл.

4)  $9,857 \cdot 10^{-9}$  Кл. 5)  $6,757 \cdot 10^{-9}$  Кл.

105. Прямым интегрированием уравнения Пуассона найти с точностью до постоянных  $C$  потенциал и напряженность электрического поля  $E_r$  на границе пучка, которая способствует его расфокусировке.

Ответ:

$$\varphi = -\frac{I_0}{4\pi\epsilon\vartheta_0} - C \ln R + B, \quad E_r = \frac{I_0}{2\pi\epsilon\vartheta_0 R} - \frac{C}{R}.$$

$$\varphi = -\frac{I_0}{4\pi\epsilon\vartheta_0} + C \ln R + B, \quad E_r = \frac{I_0}{2\pi\epsilon\vartheta_0 R} - \frac{C}{R}$$

$$\varphi = -\frac{I_0}{4\pi\epsilon\vartheta_0} + C\ln R + B, \quad E_r = \frac{I_0}{2\pi\epsilon\vartheta_0 R} + \frac{C}{R}$$

$$\varphi = \frac{I_0}{4\pi\epsilon\vartheta_0} + C\ln R + B, \quad E_r = \frac{I_0}{2\pi\epsilon\vartheta_0 R} - \frac{C}{R}$$

$$\varphi = -\frac{I_0}{4\pi\epsilon\vartheta_0} + C\ln R + B, \quad E_r = \frac{I_0}{4\pi\epsilon\vartheta_0 R} - \frac{C}{R}$$

106 Определить напряженность электрического поля на оси  $z$ , являющейся осью симметрии равномерно заряженного кольца радиуса  $r$ , пренебрежимо малой толщины и расположенного в воздухе. Полный заряд кольца равен  $q$ .

Ответ:

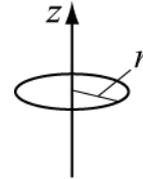
$$E_z = \frac{q \cdot z}{4\pi\epsilon_0(z^2 - r^2)^{3/2}}$$

$$E_z = \frac{q \cdot c}{4\pi\epsilon_0(z^2 + r^2)^{3/2}}$$

$$E_z = \frac{q \cdot z}{4\pi\epsilon_0(z^2 + r^2)^{3/2}}$$

$$E_z = \frac{q \cdot z}{2\pi\epsilon_0(z^2 + r^2)^{3/2}} \cdot$$

$$E_z = \frac{q \cdot z}{\pi\epsilon_0(z^2 + r^2)^{3/2}}$$



108. При проведении испытаний на электрический пробой коаксиальной линии передачи, образованной двумя цилиндрами с радиусами

$R_1$  и  $R_2$  ( $R_2 > R_1$ ) было получено, что пробой наступает при разности потенциалов  $U_0$ . Затем радиус внутреннего цилиндра был уменьшен вдвое.

Определите для новой системы пробивную разность потенциалов.

Ответ:

$$U = U_0 [1 + \ln 2 / \ln (R_2 \cdot R_1)].$$

$$U = U_0 / [1 + \ln 2 / \ln (R_2 / R_1)].$$

$$U = U_0 [1 + \ln 2 \cdot \ln (R_2 / R_1)].$$

$$U = U_0 [1 - \ln 2 / \ln (R_2 / R_1)].$$

$$U = U_0 [1 + \ln 2 / \ln (R_2 / R_1)].$$

109. Определить радиус уединенной сферы емкостью  $10 \text{ пФ}$ . Среда вакуум.

Ответ:

1)  $r = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ . 2)  $r = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ . 3)  $r = 7 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

4)  $r = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ . 5)  $r = 9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

110. Задан потенциал  $\varphi = 2 \cdot r^2 - 4$ , где  $r$  - цилиндрическая координата. Определить объёмную плотность заряда, создающее это поле, считать  $\epsilon = \epsilon_0$ .

Ответ:

1)  $\rho = -4\epsilon_0$ . 2)  $\rho = -7\epsilon_0$ . 3)  $\rho = -8\epsilon_0$ . 4)  $\rho = -6\epsilon_0$ . 5)  $\rho = -5\epsilon_0$ .

#### 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПОСТОЯННЫХ ТОКОВ

1. Две полубесконечные идеально проводящие плоскости пересекаются на линии, обозначенной на рисунке точкой 0, перпендикулярно. На биссектрисе прямого угла пересечения плоскостей расположен параллельный им прямолинейный проводник с током  $I$ . Чему равно магнитное поле в точке 0?

Ответы:

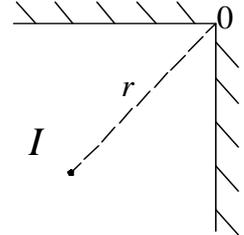
$$H(0) = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H(0) = 0$$

$$H(0) = H_{\max}$$

$$H(0) = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

правильного ответа нет



2. Тонкостенная труба распилена вдоль на шесть одинаковых частей, по которым протекают постоянные токи  $\vec{I}_1, \vec{I}_2$  и  $\vec{I}_3$ .

Чему равно магнитное поле на оси трубы?

Ответы:

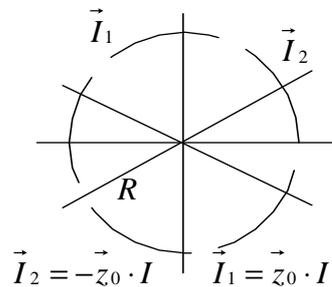
$$H = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$H = \frac{I_1 - I_2 + I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$H = H_{\max}$$

$$H = 0$$

$$H = \frac{I_1 - I_2 - I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$



3. Точка М удалена от прямолинейного, бесконечного провода на

расстоянии  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция магнитного поля в точке  $M$  на направлении  $\vec{r}_0$ ?

Ответы:

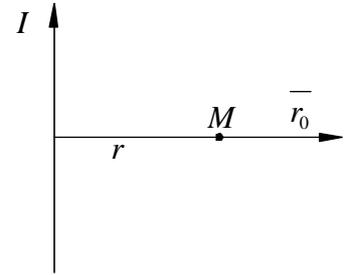
$$H_r = \frac{I^2}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = 0$$



4. Постоянные токи  $\vec{I}_1$  и  $\vec{I}_2$  протекают по четырем ленточным проводникам

симметрично по отношению к точке  $O$

Чему равно магнитное поле  $\vec{H}$  в точке  $O$ ?

Ответы:

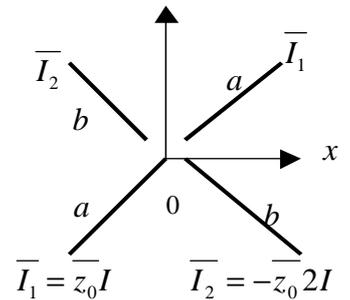
$$\vec{H} = 0$$

$$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot b}$$

$$\vec{H} = \frac{-2 \cdot I}{\pi \cdot a}$$

$$\vec{H} = \frac{-2 \cdot I}{\pi \cdot b}$$



5. Два коаксиальных проводящих кольца с радиусами  $R_1 \ll R_2$  лежат в одной плоскости. Считая, что поле в центре большого кольца, т.е. там, где расположено малое кольцо, однородно и равно  $B \cong \frac{\mu \cdot I_2}{2 \cdot R_2}$ .

Определить, как изменится взаимоиндуктивность колец, если радиус  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  вчетверо.

Ответы:

Увеличится вдвое

Уменьшится в 1 раз

Уменьшится вдвое

Увеличится в 4 раза

Останется неизменным

6. В среде с проводимостью  $\sigma$  задано распределение потенциала

$$\varphi = 4 \cdot x^2 + 5 \cdot y^3 + 7.$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (4 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (6 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = -\sigma \cdot (8 \cdot x \cdot \overline{x_0} + 15 \cdot y^2 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = -\sigma \cdot (4 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (8 \cdot x \cdot \overline{x_0} + 15 \cdot y^2 \cdot \overline{y_0})$$

7. Как изменится индуктивность отрезка прямолинейного провода, если, сократив его вес, укоротить его вдвое?

Ответы:

Увеличится вчетверо

Уменьшится вдвое

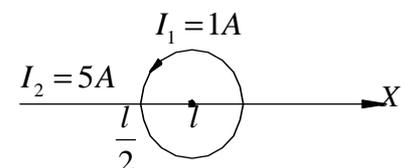
Увеличится вдвое

Уменьшится вчетверо

Останется неизменным

8. Металлическая труба параллельна тонкому прямолинейному проводу, расстояние от оси трубки до провода  $l$ , радиус поперечного сечения трубы  $l/2$ . По трубе протекает ток  $I_1 = 1A$ , а по проводу  $I_2 = 5A$ .

Укажите координаты точки, в которой магнитное



поле равно нулю. Пространство внутри трубки исключается.

Ответы:

$$x = \frac{l}{4}$$

$$x = 0$$

такой точки нет

$$x = \frac{l}{2}$$

$$0 \leq x \leq \frac{l}{2}$$

9. В среде с проводимостью  $\sigma$  задано распределение потенциала  $\varphi = 2 \cdot x^2 + 3 \cdot y + 2$ . Определить плотность тока проводимости  $\vec{\delta}_{np}$ .

Ответы:

$$\vec{\delta}_{np} = -\sigma \cdot (2 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = \sigma \cdot (2 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = 4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0$$

$$\vec{\delta}_{np} = -\sigma \cdot (4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

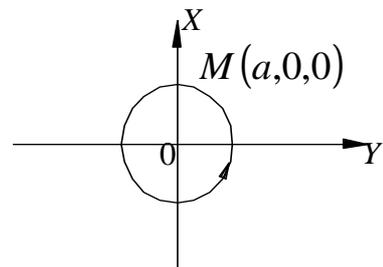
$$\vec{\delta}_{np} = \sigma \cdot (4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

10. Воспользовавшись интегральным выражением закона Био-Савара

$$\vec{H} = \frac{I}{4 \cdot \pi} \cdot \int_L \frac{1}{r^2} [\vec{dl}, \vec{r}_0]$$
, определить в точке  $M(a, 0, 0)$  проекцию на ось X магнитного поля, возбужденного кольцевым проводником тока  $I$  радиуса  $a$ , расположенного в плоскости симметрично началу координат. XY

Ответы:

$$H_x(M) = \frac{I}{a}$$



$$H_x(M) = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H_x(M) = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H_x(M) = \frac{I}{\pi \cdot a}$$

$$H_x(M) = 0$$

11. По двум параллельным, прямолинейным проводникам текут токи  $I_1 = 2A$  и  $I_2 = 1A$ . Расстояние между проводниками  $l$ . Где расположена линия, на которой магнитное поле равно нулю?

Ответы:

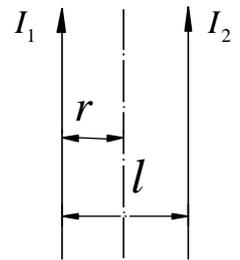
$$r = \frac{l}{2}$$

$$r = \frac{l}{3}$$

$$r = \frac{l}{5}$$

$$r = \frac{2 \cdot l}{3}$$

$$r = \frac{l}{4}$$



12. Чему равен магнитный векторный потенциал  $\vec{A}^m$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с радиусом  $a$  и с током  $I = 1A$  на расстоянии  $1m$  от кольца?

Ответы:

$$|\vec{A}^m| = 2 \cdot \pi \cdot a$$

$$|\vec{A}^m| = 0$$

$$|\vec{A}^m| = \frac{1}{4 \cdot \pi^2}$$

$$|\vec{A}^m| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$|\vec{A}^m| = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot a^2}$$

13. Два соосных проводящих кольца с радиусами  $R_2 \gg R_1$  лежат в одной плоскости. Считая поле в центре большого кольца (т.е. в месте

расположения малого ) однородным и равным  $\vec{B} = \mu \cdot \frac{I_2}{2 \cdot R_2}$ , определить как изменится взаимоиндуктивность колец, если  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  - вчетверо.

Ответы:

Удвоится

Станет в два раза меньше

Станет равной нулю

Правильный ответ не приводится

Не изменится

14. В среде с проводимостью  $\sigma_0$  задано распределение потенциала  $\varphi = 5 \cdot x^2 + 10 \cdot y + 5$ . Определить плотность тока проводимости.

Ответы:

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (\vec{x}_0 + \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (\vec{x}_0 + y \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 5 \cdot \sigma_0 (2 \cdot \vec{x}_0 - \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (x \cdot \vec{x}_0 + \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 0$$

15. Определить индуктивность L на единицу длины одиночного прямого круглого сечения провода с радиусом поперечного сечения R и с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Справка:  $W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{\mu}{2} \cdot \int_V H^2 \cdot dV.$

Ответы:

$$L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{2 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

16. По бесконечной проводящей плоскости (X,Y,O) протекает поверхностный ток  $\vec{\eta} = \vec{y}_0 \cdot \eta$ . Чему равно магнитное поле  $\vec{H}$  в двух точках, поднятых над плоскостью на высоте 1 м и 1 км?

Указание: принять плоскость за боковую поверхность цилиндра с  $R = \infty$ ;

Ответы:

$$\begin{aligned} \vec{H}_1 = \vec{H}_2 = 0 & & \vec{H}_1 = \vec{H}_2 = -\vec{x}_0 \cdot \eta \\ \vec{H}_1 = \vec{H}_2 = \infty & & \vec{H}_1 = -\vec{H}_2 \\ \vec{H}_1 = \vec{y}_0 \cdot \eta & & \vec{H}_2 = \vec{x}_0 \cdot \eta \end{aligned}$$

17. Виток тока  $I_2$  с радиусом R лежит в одной плоскости с прямолинейным проводом с током  $I_1$  на расстоянии l от него. Радиус витка по сравнению с l очень мал. Определить взаимную индуктивность системы.

Ответы:

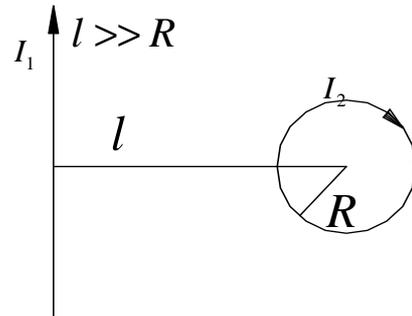
$$M = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^2}{l}$$

$$M = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l}$$

$$M = \mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{l}$$

$$M = 0$$

$$M = \mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{R^2}$$



18. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине закопан металлический шар радиуса A. Ток, вытекающий из поверхности шара, I.

Записать выражение разности потенциалов между шаром и любой

точкой в почве, удаленной на  $r$ . Справка:  $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$ ;  $I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s}$ .

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

19. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi(A)$ . Какова напряженность магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на расстояние  $r=0.5\text{m}$ ?

Ответы:

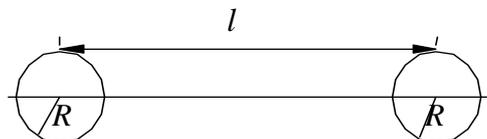
$$3 \frac{A}{m} \quad \pi \frac{A}{m} \quad 1 \frac{A}{m} \quad 2 \frac{A}{m} \quad 2.37 \frac{A}{m}$$

20. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ). Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на расстоянии  $l$ , равно  $H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$ .

Ответы:

$$1. M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4}$$

$$2. M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^4}$$



$$3. M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{2 \cdot l^3}$$

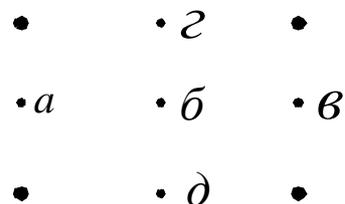
$$4. M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi}{2 \cdot l^3}$$

$$5. M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

21. По четырем параллельным, прямолинейным проводам, расположенным на вершинах квадрата и перпендикулярных ему, протекают одинаковые токи. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответы:

Г      Д      а      б      в



22. Элемент постоянного тока в точке М, отстоящей от него на расстоянии  $r$ , возбуждает магнитное поле. Какова зависимость  $\vec{H}$  от  $r$  и на чем она основана?

Ответы:

$\frac{1}{r^2}$  Закон Ома

$\frac{1}{r^2}$  Закон Био-Савара

$\frac{1}{r^3}$  Закон Био-Савара

$\frac{1}{r^2}$  Закон Кулона

$\frac{1}{r^1}$  Первое уравнение Максвелла

23. Как изменится погонная индуктивность прямолинейного провода круглого сечения, если его толщину уменьшить в три раза?

Ответы:

Увеличится втрое

Уменьшится втрое

Увеличится в 1.5 раза

Останется неизменным

Уменьшится в 1.5 раза

24. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \vec{A}^m(x) = -\mu \cdot \vec{\delta}$ , если  $\vec{\delta} = -c \cdot \vec{z}_0$ .

Ответы:

$$\vec{A}^m(x) = \vec{z}_0 \cdot \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \vec{x}_0 \cdot x$$

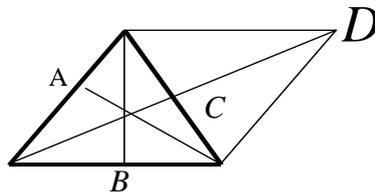
$$\vec{A}^m(x) = 0$$

$$\vec{A}^m(x) = -\vec{z}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \rho \cdot x + q \right)$$

$$\vec{A}^m(x) = const$$

$$\vec{A}^m(x) = \vec{z}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \rho \cdot x + q \right)$$

25. Три параллельных, прямолинейных проводника проходят через вершины равностороннего треугольника. По ним протекают одинаковые постоянные токи. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.



Ответы:

1.D

2.A

3.B

4.C

5.Такой точки нет

26. Определить индуктивность L на единицу длины единичного прямого провода с радиусом поперечного сечения R и с магнитной

проницаемостью металла  $\mu$ .

Справка:  $W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{\mu}{2} \cdot \int_V H^2 \cdot dV;$

Ответы:

$$L = 0 \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{8 \cdot \pi}$$

27. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля  $\vec{E}$  внутри кабеля, если ток утечки на единицу длины равен  $I$ .

Ответы:

$$\vec{E} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \cdot \int_S \vec{\delta} \cdot d\vec{S}$$

$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

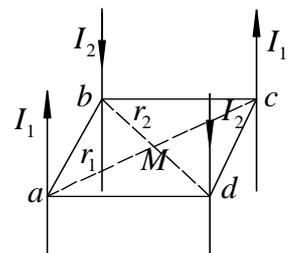
$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

28. Через вершины параллелограмма (abcd) проходят четыре параллельных прямолинейных провода, по которым протекают постоянные токи  $I_1 = 5.5A$  и  $I_2 = -3A$ . Определить магнитное поле в точке пересечения диагоналей и параллелограмма.

Ответы:

$$H = \frac{2.5}{2 \cdot \pi \cdot r_1}$$

$$H = \frac{2.5}{4 \cdot \pi \cdot r_2}$$



$$H = 0$$

$$H = \frac{(2.5)^2}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H = \frac{(2.5)^2}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

29. Большое четное число очень тонких прямолинейных проводников составляют боковую поверхность цилиндра, оставаясь параллельными один к другому. В каждом проводнике протекает ток  $I_1$ , но направление этих токов чередуется от проводника к проводнику. В какой из точек а, б, в, магнитное поле равно нулю?

Ответы:

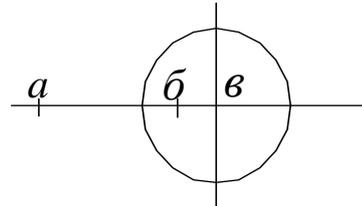
В точке а

В точке б

В точке в

В точках а и в

Всюду  $H=0$



30. Найдите решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \bar{A}^m(z) = -\mu \cdot \delta$ , если  $\bar{\delta} = \bar{y}_0$ .

Ответы:

$$\bar{A}^m = \bar{A}_x = -\mu \cdot \bar{x}_0$$

$$\bar{A}^m = \bar{A}_z = -\mu \cdot z^2 \cdot \bar{z}_0$$

$$\bar{A}^m = \bar{A}_y = \bar{y}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z + D \right)$$

$$\bar{A}^m = \left( -\frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z \right) \cdot \bar{y}_0$$

$$\bar{A}^m = 0$$

31. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине закопан металлический шар радиуса  $A$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,

1. Записать выражение для потенциалов между любой точкой на земле и поверхностью шара. Справка:  $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$ ;  $I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s}$ .

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} + \frac{1}{r} \right)$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

32. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \overline{A^m}(x) = -\mu \cdot \overline{\delta}$ , если  $\overline{\delta} = -\overline{x_0} \cdot 4$ .

Ответы:

$$\overline{A^m} = \overline{x_0} \cdot (2 \cdot \mu \cdot x^2 + C \cdot x + D)$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot (C \cdot x + D)$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot C \cdot \mu \cdot x$$

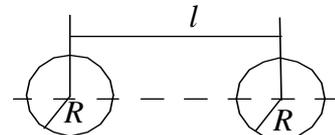
$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot x^3 \cdot \mu$$

$$\overline{A^m} = 0$$

33. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ). Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на

расстоянии  $l$ , равно  $H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$ .

Ответы:



$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4}$$

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot 4}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2 \cdot \pi}{4 \cdot l^3}$$

34. Точка К удалена от прямолинейного, бесконечного провода на расстояние  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция  $H_r$  магнитного поля в точке М?

Ответы:

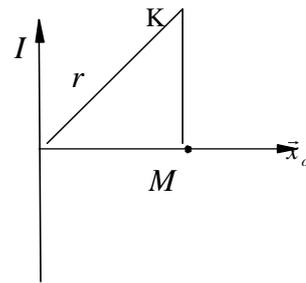
$$H_x = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = 0$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

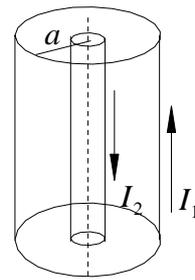


35. Вдоль тонкостенной трубы радиуса  $a$  и тонкого провода, расположенного вдоль оси трубы, протекают постоянные токи  $I_1$  и  $(-I_2)$ . Каково магнитное поле в точках отстоящих от

оси на расстояниях  $\frac{a}{2}$  и  $2 \cdot a$  ?

Ответы:

$$H = 0; \quad H = \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$



$$H = \frac{-I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_2 - I_1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H = 0; \quad H = \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot a^2}$$

$$H = \frac{-I_2}{\pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_1 - I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H = \frac{-2 \cdot I_1}{\pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_1 - I_2}{\pi \cdot a}$$

36. Чему равен магнитный вектор - потенциал  $\overline{A^m}$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с радиусом  $a$  и стоком  $I=1A$  на расстоянии 1 м от кольца?

Ответы:

$$|\overline{A^m}| = 2 \cdot \pi \cdot a \quad |\overline{A^m}| = \frac{1}{4 \cdot \pi^2} \quad |\overline{A^m}| = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot a^2} \quad |\overline{A^m}| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad |\overline{A^m}| = 0$$

37. При получении уравнения  $\nabla^2 \cdot \overline{A^m} = -\mu \cdot \overline{\delta}$  пользуются условием, налагаемым на вектор  $\overline{A^m}$ . Что это за условие?

Ответы:

$$\operatorname{div} \overline{A^m} = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{A^m} = 0 \quad \operatorname{grad} |\overline{A^m}| = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{A^m} = \overline{\delta}$$

38. Два соосных проводящих кольца с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_1 \ll R_2$ ), лежат в одной плоскости. Считая поле в центре большого кольца (в месте расположения малого кольца) однородным и равным  $B = \mu \cdot I_2 / 2 \cdot R_2$  определить, как изменится взаимоиндуктивность колец, если их радиусы удвоить.

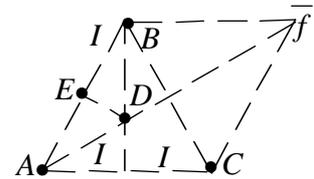
Ответы:

- Уменьшится в 4 раза  
 Уменьшится в 2 раза  
 Увеличится в 4 раза  
 Увеличится в 2 раза  
 Не изменится

39. По трем параллельным прямолинейным проводам протекают постоянные токи. Каждый провод удален от остальных на одинаковое расстояние. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответы:

1. B      2. C      3. D      4. E      5. A



40. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля внутри кабеля, если ток утечки на единицу длины задан  $I$ . Справка  $I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S}$

Ответы:

$$\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot I \cdot \sigma / \pi \cdot r^2$$

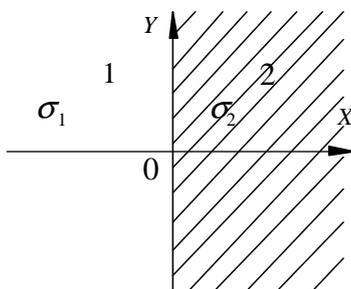
$$\vec{E} = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r^2}$$

41. Определить плотность тока во 2-ой среде, если напряженность электрического поля в первой среде  $\vec{E} = \vec{x}_0 \cdot E_0$  и заданы проводимости  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ .



Ответы:

$$\overline{\delta_2} = \overline{\delta_1} = \sigma_1 \cdot \overline{E_1}$$

$$\overline{\delta_2} = \overline{x_0} \cdot \sigma_1 \cdot E_0$$

$$\overline{\delta_2} = 0$$

$$\overline{\delta_2} = \overline{x_0} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \cdot E_0$$

$$\overline{\delta_2} = \overline{x_0} \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot E_0$$

42. Найти индуктивность  $L$  на единицу длины одиночного цилиндрического прямолинейного провода радиуса  $R$  с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Указание: воспользоваться формулами  $W^m = \frac{L \cdot I^2}{2}$  и  $W^m = \frac{\mu}{2} \cdot \int_V H^2 dV$

Ответы:

$$L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R^2}$$

43. В среде с проводимостью  $\sigma_0$  задано распределение потенциала  $\varphi = 5 \cdot x^2 + 10 \cdot y + 5$ . Определить плотность тока проводимости.

Ответы:

$$\bar{\delta} = \sigma_0 \cdot \bar{x} \cdot (10 \cdot x + 10)$$

$$\bar{\delta} = \overline{\sigma_0} \cdot (10x + 10)$$

$$\bar{\delta} = -10 \cdot \sigma_0 \cdot (x \cdot \bar{x}_0 + \bar{y}_0)$$

$$\bar{\delta} = \bar{z}_0 \cdot \sigma_0 \cdot 10 \cdot (x + 1)$$

$$\bar{\delta} = 0$$

44. По двум параллельным, прямолинейным проводникам текут постоянные токи  $I_1 = 2A$  и  $I_2 = 1A$ . Расстояние между проводниками 1. Где расположена линия, на которой магнитное поле равно нулю?

Ответы:

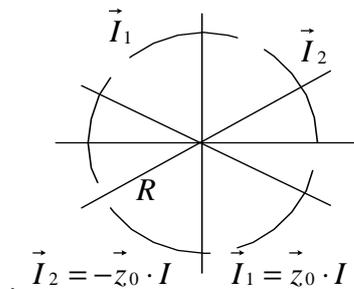
$$r = \frac{1}{2} \cdot l \quad r = \frac{2}{3} \cdot l \quad r = \frac{1}{5} \cdot l \quad r = \frac{1}{4} \cdot l \quad r = \frac{1}{3} \cdot l \quad r = \frac{2}{3} \cdot l$$

45. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi(A)$ . Какова величина магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на расстоянии  $r = 0,5$  м?

Ответы:

$$H = \pi \text{ A/m} \quad H = 0,5\pi \text{ A/m} \quad H = 2 \text{ A/m} \quad H = 3 \text{ A/m} \quad H = 1 \text{ A/m}$$

46. Тонкостенная труба распилена вдоль на шесть одинаковых частей, по которым протекают постоянные токи  $\vec{I}_1, \vec{I}_2$  и  $\vec{I}_3$



Чему равно магнитное поле на оси трубы?

$$H = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$H = \frac{I_1 - I_2 + I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$H = H_{\max}$$

$$H = 0$$

$$H = \frac{I_1 - I_2 - I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

47. Точка М удалена от прямолинейного, бесконечного провода на расстоянии  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция магнитного поля в точке М на направлении  $\vec{r}_0$ ?

Ответы:

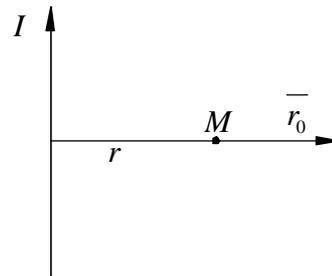
$$H_r = \frac{I^2}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = 0$$



48. Постоянные токи  $\vec{I}_1$  и  $\vec{I}_2$  протекают по четырем ленточным проводникам симметрично по отношению к точке О

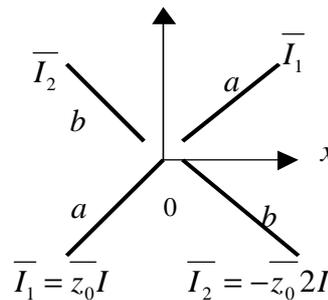
Чему равно магнитное поле  $\vec{H}$  в точке О?

Ответы:

$$\vec{H} = 0$$

$$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot b}$$



$$\vec{H} = \frac{-2 \cdot I}{\pi \cdot a}$$

$$\vec{H} = \frac{-2 \cdot I}{\pi \cdot b}$$

49 Два коаксиальных проводящих кольца с радиусами  $R_1 \ll R_2$  лежат в одной плоскости. Считая, что поле в центре большого кольца, т.е. там, где расположено малое кольцо, однородно и равно  $B \cong \mu \cdot I_2 / 2 \cdot R_2$ . Определить, как изменится взаимоиндуктивность колец, если радиус  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  вчетверо.

Ответы:

Увеличится вдвое

Уменьшится в 1 раз

Уменьшится вдвое

Увеличится в 4 раза

Останется неизменным

50. В среде с проводимостью  $\sigma$  задано распределение потенциала  $\varphi = 4 \cdot x^2 + 5 \cdot y^3 + 7$ . Найти ток проводимости.

Ответы:

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (4 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (6 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = -\sigma \cdot (4 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (8 \cdot x \cdot \overline{x_0} + 15 \cdot y^2 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = -\sigma \cdot (8 \cdot x \cdot \overline{x_0} + 15 \cdot y^2 \cdot \overline{y_0})$$

51. Как изменится индуктивность отрезка прямолинейного провода, если, сократив его вес, укоротить его вдвое?

Ответы:

- Увеличится вчетверо
- Уменьшится вдвое
- Увеличится вдвое
- Уменьшится вчетверо
- Останется неизменным

52. Металлическая труба параллельна тонкому прямолинейному проводу, расстояние от оси трубки до провода  $l$ , радиус поперечного сечения трубы  $l/2$ . По трубе протекает ток  $I_1 = 1A$ , а по проводу  $I_2 = 5A$ . Укажите координаты точки, в которой магнитное поле равно нулю. Пространство внутри трубки исключается.

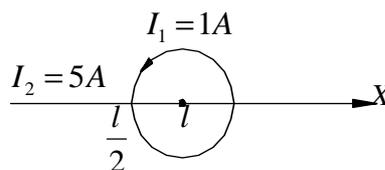
Ответы:

$$x = \frac{l}{4}$$

$$x = 0$$

$$x = \frac{l}{2}$$

$$0 \leq x \leq \frac{l}{2}$$



такой точки нет

53. В среде с проводимостью  $\sigma$  задано распределение потенциала  $\varphi = 2 \cdot x^2 + 3 \cdot y + 2$ . Определить плотность тока проводимости  $\vec{\delta}_{np}$ .

Ответы:

$$\vec{\delta}_{np} = -\sigma \cdot (2 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = \sigma \cdot (2 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = 4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0$$

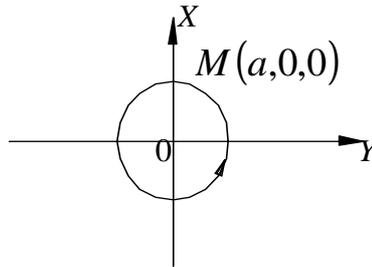
$$\vec{\delta}_{np} = -\sigma \cdot (4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = \sigma \cdot (4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

54. Воспользовавшись интегральным выражением закона Био-Савара

$$\vec{H} = \frac{I}{4 \cdot \pi} \cdot \int_L \frac{1}{r^2} [\vec{dl}, \vec{r}_0],$$

определить в точке  $M(a, 0, 0)$  проекцию на ось  $X$  магнитного поля, возбужденного кольцевым проводником тока  $I$  радиуса  $a$ , расположенного в плоскости  $XY$  симметрично началу координат.

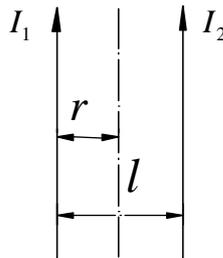


Ответы:

1)  $H_x(M) = \frac{I}{a}$     2)  $H_x(M) = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot a}$     3)  $H_x(M) = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a}$     4)  $H_x(M) = \frac{I}{\pi \cdot a}$     5)

$H_x(M) = 0$

55. По двум параллельным, прямолинейным проводникам текут токи  $I_1 = 2A$  и  $I_2 = 1A$ . Расстояние между проводниками  $l$ . Где расположена линия, на которой магнитное поле равно нулю?



Ответы:

1)  $r = \frac{l}{2}$     2)  $r = \frac{l}{5}$     2)  $r = \frac{l}{4}$     4)  $r = \frac{l}{3}$     5)  $r = \frac{2 \cdot l}{3}$

56. Чему равен магнитный векторный потенциал  $\vec{A}^m$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с

радиусом  $a$  и с током  $I = 1A$  на расстоянии  $1m$  от кольца?

Ответы:

$$|\vec{A}^m| = 2 \cdot \pi \cdot a \quad |\vec{A}^m| = 0 \quad |\vec{A}^m| = \frac{1}{4 \cdot \pi^2}$$

$$|\vec{A}^m| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad |\vec{A}^m| = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot a^2}$$

57. Два соосных проводящих кольца с радиусами  $R_2 \gg R_1$  лежат в одной плоскости. Считая поле в центре большого кольца (т.е. в месте

расположения малого) однородным и равным  $\vec{B} = \mu \cdot \frac{I_2}{2 \cdot R_2}$ , определить как изменится взаимоиנדуктивность колец, если  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  - вчетверо.

Ответы:

1. Удвоится
2. Станет в два раза меньше
3. Станет равной нулю
4. Правильный ответ не приводится
5. Не изменится

58. В среде с проводимостью  $\sigma_0$  задано распределение потенциала  $\varphi = 5 \cdot x^2 + 10 \cdot y + 5$ . Определить плотность тока проводимости.

Ответы:

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (\vec{x}_0 + \vec{y}_0) \quad \vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (\vec{x}_0 + y \cdot \vec{y}_0) \quad \vec{\delta} = 5 \cdot \sigma_0 (2 \cdot \vec{x}_0 - \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (x \cdot \vec{x}_0 + \vec{y}_0) \quad \vec{\delta} = 0$$

59. Определить индуктивность  $L$  на единицу длины одиночного прямого круглого сечения провода с радиусом поперечного сечения  $R$  и с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Справка: 
$$W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{\mu}{2} \cdot \int_v H^2 \cdot dV ;$$

Ответы:

$$L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{2 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

60. По бесконечной проводящей плоскости (X,Y,O) протекает поверхностный ток  $\vec{\eta} = \vec{y}_0 \cdot \eta$ . Чему равно магнитное поле  $\vec{H}$  в двух точках, поднятых над плоскостью на высоте 1 м и 1 км?

Указание: принять плоскость за боковую поверхность цилиндра с  $R = \infty$ ;

Ответы:

$$\vec{H}_1 = \vec{H}_2 = 0$$

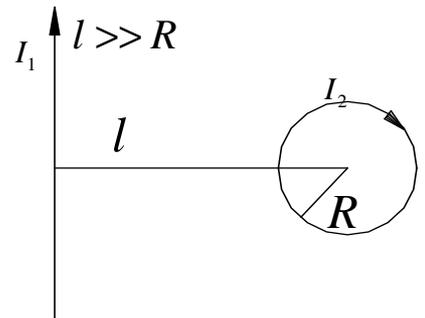
$$\vec{H}_1 = \vec{H}_2 = \infty$$

$$\vec{H}_1 = \vec{y}_0 \cdot \eta \quad \vec{H}_2 = \vec{x}_0 \cdot \eta$$

$$\vec{H}_1 = \vec{H}_2 = -\vec{x}_0 \cdot \eta$$

$$\vec{H}_1 = -\vec{H}_2$$

61. Виток тока  $I_2$  с радиусом R лежит в одной плоскости с прямолинейным проводом с током  $I_1$  на расстоянии l от него. Радиус витка по сравнению с l очень мал. Определить взаимную индуктивность системы.



Ответы:

$$M = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l}$$

$$M = \mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{l}$$

$$M = 0$$

$$M = \mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{R^2}$$

62. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине

закопан металлический шар радиуса  $A$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,  $I$ .

Записать выражение разности потенциалов между шаром и любой точкой в почве, удаленной на  $r$ .

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad ; \quad I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s} \quad ;$$

Справка:

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right) \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right) \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

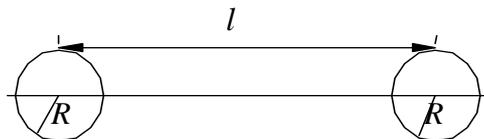
63. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi(A)$ . Какова напряженность магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на расстояние  $r=0.5m$ ?

Ответы:

$$3 \frac{A}{m} \quad \pi \frac{A}{m} \quad 1 \frac{A}{m} \quad 2 \frac{A}{m} \quad 2.37 \frac{A}{m}$$

64. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ). Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на

расстоянии  $l$ , равно



$$H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$$

Ответы:

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4} \quad M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^4}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{2 \cdot l^3} \quad M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi}{2 \cdot l^3} \quad M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

65. По четырем параллельным, прямолинейным проводам, расположенным на вершинах квадрата и перпендикулярных ему, протекают одинаковые токи. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответы:

- |      |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|
| 1. г | •   | • z | •   |
| 2. д | • a | • б | • в |
| 3. а |     |     |     |
| 4. б | •   | • d | •   |
| 5. в |     |     |     |

66. Элемент постоянного тока в точке М, отстоящей от него на расстоянии  $r$ , возбуждает магнитное поле. Какова зависимость  $\vec{H}$  от  $r$  и на чем она основана?

Ответы:

$$\frac{1}{r^2} \text{ Закон Ома} \quad \frac{1}{r^2} \text{ Закон Био-Савара} \quad \frac{1}{r^3} \text{ Закон Био-Савара}$$

$$\frac{1}{r^2} \text{ Закон Кулона} \quad \frac{1}{r^1} \text{ Первое уравнение Максвелла}$$

67. Как изменится погонная индуктивность прямолинейного провода круглого сечения, если его толщину уменьшить в три раза?

Ответы:

- Увеличится втрое
- Уменьшится втрое
- Увеличится в 1.5 раза
- Останется неизменным
- Уменьшится в 1.5 раза

68. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \vec{A}^m(x) = -\mu \cdot \vec{\delta}$ , если  $\vec{\delta} = -c \cdot \vec{z}_0$ .

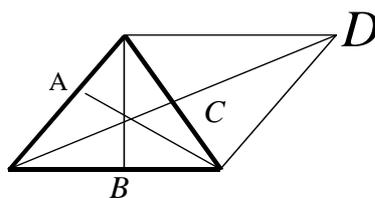
Ответы:

$$\vec{A}^m(x) = \vec{z}_0 \cdot \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \vec{x}_0 \cdot x \quad \vec{A}^m(x) = 0$$

$$\vec{A}^m(x) = -\vec{z}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \rho \cdot x + q \right) \quad \vec{A}^m(x) = const$$

$$\vec{A}^m(x) = \vec{z}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \rho \cdot x + q \right)$$

69. Три параллельных, прямолинейных проводника проходят через вершины равностороннего треугольника. По ним протекают одинаковые постоянные токи. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.



Ответы:

1. D    2. A    3. B    4. C    5. Такой точки нет

70. Определить индуктивность  $L$  на единицу длины единичного прямого провода с радиусом поперечного сечения  $R$  и с магнитной проницаемостью металла  $\mu$ .

$$W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{\mu}{2} \cdot \int_V H^2 \cdot dV$$

Справка:

Ответы:

$$L = 0 \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{8 \cdot \pi}$$

71. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет удельную проводимость  $\sigma$

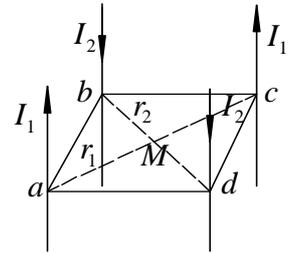
. Определить напряженность электрического поля  $\vec{E}$  внутри кабеля, если ток утечки на единицу длины равен  $I$ .

Ответы:

$$\vec{E} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \cdot \int_S \vec{\delta} \cdot d\vec{S} \quad \vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad \vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad \vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

72. Через вершины параллелограмма (abcd) проходят четыре параллельных прямолинейных провода, по которым протекают постоянные токи  $I_1 = 5.5\text{A}$  и  $I_2 = -3\text{A}$ . Определить магнитное поле в точке пересечения диагоналей и параллелограмма.

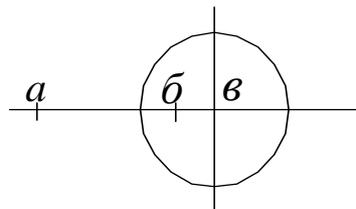


Ответы:

$$1. H = 0 \quad 2. H = \frac{2.5}{2 \cdot \pi \cdot r_1} \quad 3. H = \frac{2.5}{4 \cdot \pi \cdot r_2}$$

$$4. H = \frac{(2.5)^2}{4 \cdot \pi \cdot r} \quad 5. H = \frac{(2.5)^2}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

73. Большое четное число очень тонких прямолинейных проводников составляют боковую поверхность цилиндра, оставаясь параллельными один к другому. В каждом проводнике протекает ток  $I_1$ , но направление этих токов чередуется от проводника к проводнику. В какой из точек а, б, в, магнитное поле равно нулю?



Ответы:

1. В точке а 2. В точке б 3. В точке в 4. В точках а и в 5. Всюду  $H=0$

74. Найдите решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \bar{A}^m(z) = -\mu \cdot \bar{\delta}$ , если  $\bar{\delta} = \bar{y}_0$ .

Ответы:

1.  $\bar{A}^m = \bar{A}_x = -\mu \cdot \bar{x}_0$

2.  $\bar{A}^m = \bar{A}_z^m = -\mu \cdot z^2 \cdot \bar{z}_0$       3.  $\bar{A}^m = \bar{A}_y = \bar{y}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z + D \right)$

4.  $\bar{A}^m = 0$       5.  $\bar{A}^m = \left( -\frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z \right) \cdot \bar{y}_0$

75. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине закопан металлический шар радиуса  $A$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,  $I$ . Записать выражение для потенциалов между любой точкой на земле и поверхностью шара.

Справка:  $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$  ;  $I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s}$  ;

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} + \frac{1}{r} \right) \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

76. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \bar{A}^m(x) = -\mu \cdot \bar{\delta}$ , если  $\bar{\delta} = -\bar{x}_0 \cdot 4$ .

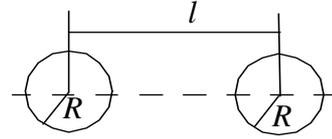
Ответы:

$$\bar{A}^m = \bar{x}_0 \cdot (2 \cdot \mu \cdot x^2 + C \cdot x + D) \quad \bar{A}^m = -\bar{x}_0 \cdot (C \cdot x + D)$$

$$\bar{A}^m = -\bar{x}_0 \cdot C \cdot \mu \cdot x \quad \bar{A}^m = -\bar{x}_0 \cdot x^3 \cdot \mu \quad \bar{A}^m = 0$$

77. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ). Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на

расстоянии  $l$ , равно  $H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$ .



Ответы:

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4}$$

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot 4}{2 \cdot l^3}$$

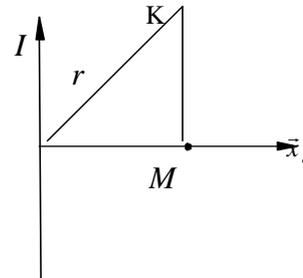
$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2 \cdot \pi}{4 \cdot l^3}$$

78. Точка К удалена от прямолинейного, бесконечного провода на расстояние  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция  $H_r$  магнитного поля в точке М?

Ответы:

$$1. H_x = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad 2. H_r = 0 \quad 3. H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$4. H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \quad 5. H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

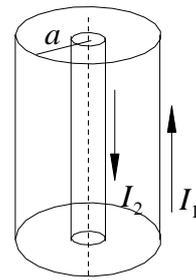


79. Вдоль тонкостенной трубы радиуса  $a$  и тонкого провода, расположенного вдоль оси трубы, протекают постоянные токи  $I_1$  и  $(-I_2)$ .

Каково магнитное поле в точках отстоящих от оси на расстояниях  $\frac{a}{2}$  и  $2 \cdot a$ ?

Ответы

$$H = 0; \quad H = \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$



$$H = \frac{-I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_2 - I_1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H = 0; \quad H = \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot a^2}$$

$$H = \frac{-I_2}{\pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_1 - I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H = \frac{-2 \cdot I_1}{\pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_1 - I_2}{\pi \cdot a}$$

80. Чему равен магнитный вектор - потенциал  $\overline{A^m}$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с радиусом  $a$  и стоком  $I=1A$  на расстоянии 1 м от кольца?

Ответы:

$$\left| \overline{A^m} \right| = 2 \cdot \pi \cdot a \quad \left| \overline{A^m} \right| = \frac{1}{4 \cdot \pi^2} \quad \left| \overline{A^m} \right| = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot a^2}$$

$$\left| \overline{A^m} \right| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad \left| \overline{A^m} \right| = 0$$

81. При получении уравнения  $\nabla^2 \cdot \overline{A^m} = -\mu \cdot \overline{\delta}$  пользуются условием, налагаемым на вектор  $\overline{A^m}$ . Что это за условие?

Ответы:

$$\operatorname{div} \overline{A^m} = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{A^m} = 0 \quad \operatorname{grad} \left| \overline{A^m} \right| = 0 \quad \operatorname{grad} \left| \overline{A^m} \right| = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{A^m} = \overline{\delta}$$

82. Два соосных проводящих кольца с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_1 \ll R_2$ ), лежат в одной плоскости. Считая поле в центре большого кольца (в

месте расположения малого кольца) однородным и равным  $B = \mu \cdot I_2 / 2 \cdot R_2$  определить, как изменится взаимоиндуктивность колец, если их радиусы удвоить.

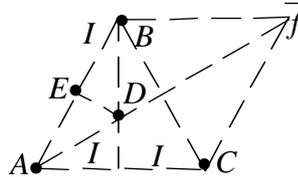
Ответы:

- Уменьшится в 4 раза
- Уменьшится в 2 раза
- Увеличится в 4 раза
- Увеличится в 2 раза
- Не изменится

83. По трем параллельным прямолинейным проводам протекают постоянные токи. Каждый провод удален от остальных на одинаковое расстояние. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответы:

- 1. B
- 2. C
- 3. D
- 4. E
- 5. A



84. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля внутри кабеля, если ток

$$I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S}$$

утечки на единицу длины задан  $I$ . Справка

Ответы:

- |  |  |
|--|--|
| 1. $\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot I \cdot \sigma / \pi \cdot r^2$             | 2. $\vec{E} = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$ |
| 3. $\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$ | 4. $\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$                          |
| 5. $\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r^2}$    |  |

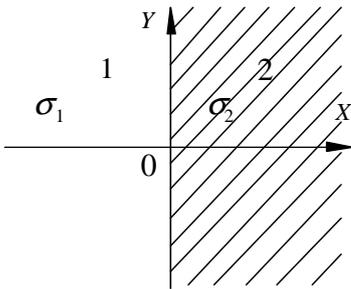
85. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi(A)$ . Какова величина магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на

расстоянии  $r = 0,5 \text{ м}$  ?

Ответы:

$$H = \pi \text{ А/м} \quad H = 0,5\pi \text{ А/м} \quad H = 2 \text{ А/м} \quad H = 3 \text{ А/м} \quad H = 1 \text{ А/м}$$

86. Определить плотность тока во 2-ой среде, если напряженность электрического поля в первой среде  $\vec{E} = \vec{x}_0 \cdot E_0$  и заданы проводимости  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ .



Ответы:

$$\bar{\delta}_2 = 0 \quad \bar{\delta}_2 = \bar{\delta}_1 = \sigma_1 \cdot \bar{E}_1$$

$$\bar{\delta}_2 = \bar{x}_0 \cdot \sigma_1 \cdot E_0 \quad \bar{\delta}_2 = \bar{x}_0 \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_2} E_0 \quad \bar{\delta}_2 = \bar{x}_0 \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1} E_0$$

87. Найти индуктивность  $L$  на единицу длины одиночного цилиндрического прямолинейного провода радиуса  $R$  с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Указание: воспользоваться формулами  $W^m = \frac{L \cdot I^2}{2}$  и  $W^m = \frac{\mu}{2} \cdot \int_V H^2 dV$

Ответы:

$$L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R^2}$$

88. В среде с проводимостью  $\sigma_0$  задано распределение потенциала  $\varphi = 5 \cdot x^2 + 10 \cdot y + 5$ . Определить плотность тока проводимости.

Ответы:

$$\bar{\delta} = \sigma_0 \cdot \bar{x} \cdot (10 \cdot x + 10) \quad \bar{\delta} = \overline{\sigma_0} \cdot (10 \cdot x + 10) \quad \bar{\delta} = -10 \cdot \sigma_0 \cdot (x \cdot \bar{x}_0 + \bar{y}_0)$$

$$\bar{\delta} = \bar{z}_0 \cdot \sigma_0 \cdot 10 \cdot (x+1) \quad \bar{\delta} = 0$$

89. По двум параллельным, прямолинейным проводникам текут постоянные токи  $I_1 = 2A$  и  $I_2 = 1A$ . Расстояние между проводниками 1. Где расположена линия, на которой магнитное поле равно нулю?

Ответы:

$$r = \frac{1}{2} \cdot l \quad r = \frac{1}{5} \cdot l \quad r = \frac{2}{3} \cdot l \quad r = \frac{1}{4} \cdot l \quad r = \frac{1}{3} \cdot l$$

90. Найдите решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \bar{A}^m(z) = -\mu \cdot \delta$ , если  $\bar{\delta} = \bar{y}_0$ .

Ответы:

$$\bar{A}^m = 0 \quad \bar{A}^m = \bar{A}_x = -\mu \cdot \bar{x}_0 \quad \bar{A}^m = \bar{A}_z = -\mu \cdot z^2 \cdot \bar{z}_0$$

$$\bar{A}^m = \bar{A}_y = \bar{y}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z + D \right)$$

$$\bar{A}^m = \left( -\frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z \right) \cdot \bar{y}_0$$

91. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине закопан металлический шар радиуса  $A$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,  $I$ . Записать выражение для потенциалов между любой точкой на земле и поверхностью шара.

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad ; \quad I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s} \quad ;$$

Справка:

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} + \frac{1}{r} \right)$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

92. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \overline{A^m}(x) = -\mu \cdot \overline{\delta}$ , если  $\overline{\delta} = -\overline{x_0} \cdot 4$ .

Ответы:

$$\overline{A^m} = \overline{x_0} \cdot (2 \cdot \mu \cdot x^2 + C \cdot x + D)$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot (C \cdot x + D)$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot C \cdot \mu \cdot x$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot x^3 \cdot \mu$$

$$\overline{A^m} = 0$$

93. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ).

Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на

расстоянии  $l$ , равно  $H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$ .

Ответы:

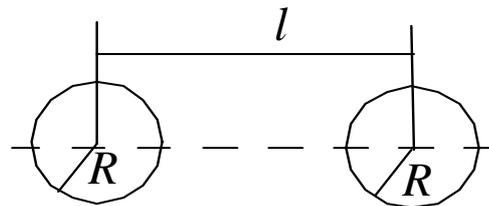
$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4}$$

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot 4}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2 \cdot \pi}{4 \cdot l^3}$$



94 Точка К удалена от прямолинейного, бесконечного провода на

расстояние  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция  $H_r$  магнитного поля в точке  $M$ ?

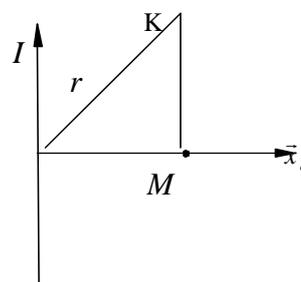
Ответы:  $H_x = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$

$H_r = 0$

$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$

$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$

$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$



95. Вычислить магнитную энергию, сосредоточенную внутри единичного участка длины цилиндрического проводника, с протекающим по нему током  $I_0$ .

Ответ:

1)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot I_0^2}{12\pi}$ .

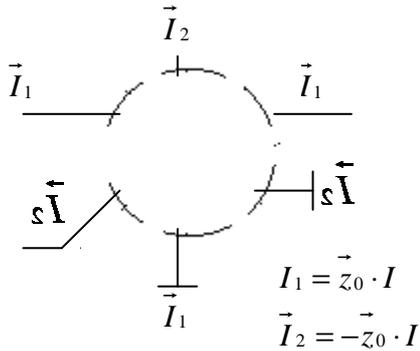
2)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot I_0^2}{14\pi}$ .

3)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot I_0^2}{12\pi}$ .

4)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot I_0^2}{16\pi}$ .

5)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot \mu \cdot I_0^2}{6\pi}$ .

96. Тонкостенная труба распилена вдоль на шесть одинаковых частей, по которым протекают постоянные токи  $\vec{I}_1, \vec{I}_2$  и  $\vec{I}_3$ . Чему равно магнитное поле на оси трубы?



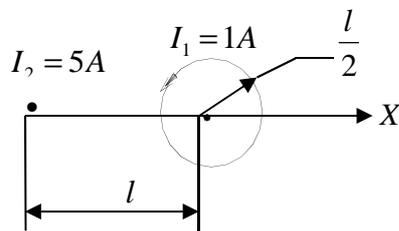
Ответ:

- 1)  $H=2$
- 2)  $H=4$
- 3)  $H=0$
- 4)  $H=6$
- 5)  $H=8$

97. Металлическая труба параллельна тонкому прямолинейному проводу, расстояние от оси трубки до провода  $l$ , радиус поперечного сечения трубы  $\frac{l}{2}$ . По трубе протекает ток  $I_1 = 1A$ , а по проводу  $I_2 = 5A$ .

Укажите координаты точки, в которой магнитное поле равно нулю. Пространство внутри трубки исключается.

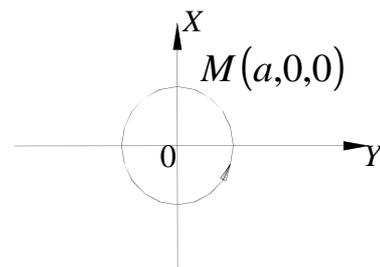
Ответ:



- 1)  $l=2, 2) l=2,$
- 2)  $l=4$
- 3) 3)Такой точки нет.
- 4)  $l=1,$
- 5)  $l=3$

98. Определить в точке  $M(a, 0, 0)$  проекцию на ось X магнитного поля, возбужденного кольцевым проводником тока  $I$  радиуса  $a$ , расположенного в плоскости XY симметрично началу координат.

Справка:  $\vec{H} = \frac{I}{4 \cdot \pi} \cdot \int_L \frac{1}{r^2} [\vec{dl}, \vec{r}_0]$ .



Ответ:

- 1)  $H_x(M)=2,$

$$2) H_x(M) = 4,$$

$$3) H_x(M) = 0,$$

$$4) H_x(M) = 6,$$

$$5) H_x(M) = 8.$$

99. Чему равен магнитный векторный потенциал  $\vec{A}^m$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с радиусом  $a$  и с током  $I = 1A$  на расстоянии  $1m$  от кольца?

Ответ:

$$1) |\vec{A}^m| = 6, \quad 2) |\vec{A}^m| = 1, \quad 3) |\vec{A}^m| = 4, \quad 4) |\vec{A}^m| = 2, \quad 5) |\vec{A}^m| = 0.$$

100. Определить внутреннюю индуктивность  $L$  на единицу длины одиночного прямого круглого сечения провода с радиусом поперечного сечения  $R$  и с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Ответ:

$$1) L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi},$$

$$2) L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi},$$

$$3) L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi},$$

$$4) L = \frac{\mu}{6 \cdot \pi},$$

$$5) L = \frac{\mu}{10 \cdot \pi}.$$

101. Круглый виток радиуса  $b$  лежит в плоскости, проходящей через ось цилиндрического проводника малого радиуса  $a$ , на расстоянии  $l$ , причем  $l \gg b$ ;  $a < b$ . Определить взаимную индуктивность, если виток повернуть на угол  $\theta$  вокруг прямой А-В, или на угол  $\beta$  вокруг прямой С-Д.

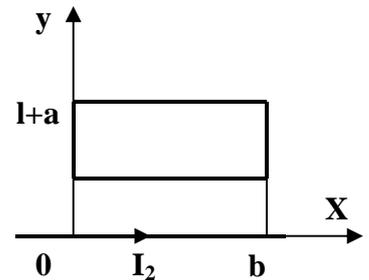
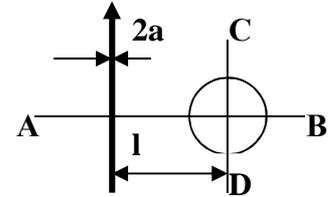
Ответы:

1)  $M = \frac{\mu b}{l}$ ;  $M_\theta = \frac{\mu b}{l} \cos \theta$ ;  $M_\beta = \frac{\mu b}{l} \cos \beta$ ,

2)  $M = \frac{\mu b}{2l}$ ;  $M_\theta = \frac{\mu b}{2l} \cos \theta$ ;  $M_\beta = \frac{\mu b}{2l} \cos \beta$ .

3)  $M = \frac{\mu b}{3l}$ ;  $M_\theta = \frac{\mu b}{3l} \cos \theta$ ;  $M_\beta = \frac{\mu b}{3l} \cos \beta$ . 4)

$M = \frac{\mu b}{4l}$ ;  $M_\theta = \frac{\mu b}{4l} \cos \theta$ ;  $M_\beta = \frac{\mu b}{4l} \cos \beta$ .



102. Внутренний провод коаксиального кабеля оголен и изогнут в виде полуокружности с радиусом  $R$ . По нему протекает ток  $I$ . Вычислить величину магнитного поля в центре полуокружности.

Ответ:

- 1)  $H = I / (2R)$ ,
- 2)  $H = I / (3R)$ ,
- 3)  $H = I / (4R)$ ,
- 4)  $H = I / (5R)$ ,
- 5)  $H = I / (6R)$ .

103. Проводник круглого сечения радиуса  $a$  представляет кольцо радиуса  $R \gg a$ . Определить индуктивность кольца.

Ответ: 1)  $L = \mu R / 0.5$ , 2)  $L = \mu R / 1$ , 3)  $L = \mu R / 2$ , 4)  $L = \mu R / 3$ , 5)  $L = \mu R / 4$ .

104. Определить взаимную индуктивность прямоугольной рамки и прямолинейного провода с током  $I_2$ ,

протекающим по нему.

Справка:  $\Phi_{1,2} = M_{1,2} \cdot I_2$

Ответ:

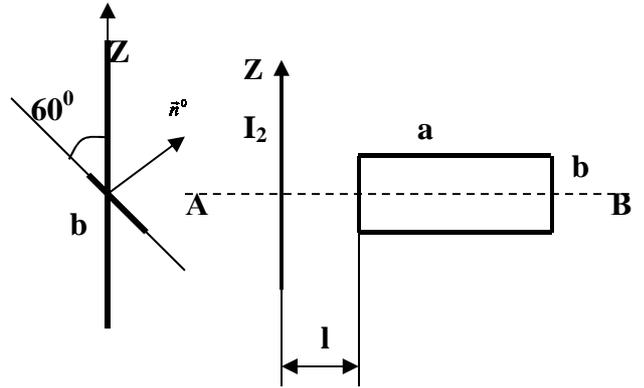
$$1) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{8\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$2) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$3) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{2\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$4) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{4\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$5) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{6\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$



105. Прямоугольник из тонкого проводника с размерами  $a$  и  $b$  расположен на удалении  $l$  от бесконечного прямолинейного проводника и наклонен относительно него на  $60^\circ$ . Определить взаимную индуктивность системы.

Ответ:

$$1) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{8\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$2) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$3) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{4\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$4) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{2\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$5) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{6\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

106. Два кольцевых проводника с радиусами  $R_1 \ll R_2$  лежат в одной плоскости. Считая, что поле в центре большого кольца, где расположено малое кольцо, однородно и равно  $B \cong \frac{\mu \cdot I_2}{2 \cdot R_2}$ . Определить взаимную индуктивность. Как изменится взаимная индуктивность колец, если радиус  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  - вчетверо.

Ответ:

$$1) M_{\beta} = \frac{\mu}{3l},$$

2) Останется неизменным,

$$3) M_{\theta} = \frac{\mu}{4l};$$

$$4) M = \frac{\mu}{l};$$

$$5) M = \frac{\mu}{2l}.$$

107. Найти взаимную индуктивность два одинаковых, параллельных колец с радиусами  $R$ , расположенных на одной оси и удаленных друг от друга на расстоянии  $\ell$  ( $\ell \gg R$ ). Напряженность магнитного поля на оси одного кольца равна  $H(\ell) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + \ell^2)^{3/2}}$ .

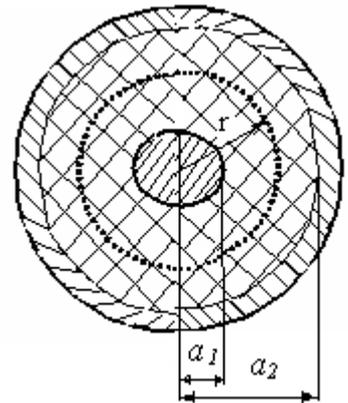
Ответ:

$$1) M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{5 \cdot \ell^3},$$

$$2) M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{4 \cdot \ell^3}$$

$$3) M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{3 \cdot \ell^3},$$

$$4) M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{2 \cdot \ell^3}.$$



108. Вычислить сопротивление изоляции на единицу длины коаксиального кабеля, заполненного диэлектриком с проводимостью  $\sigma$  и заданным значением  $\epsilon$ . Размеры кабеля заданы: радиус жилы  $a_1$ , радиус оплетки  $a_2$ .

Ответ:

$$1) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{\pi l \sigma}$$

$$2) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{2\pi l \sigma}, \quad 3) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{3\pi l \sigma},$$

$$4) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{4\pi l \sigma}, \quad 5) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{5\pi l \sigma}$$

109. По трем параллельным прямолинейным проводам протекают постоянные токи. Каждый провод удален от остальных на одинаковое расстояние. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответ:

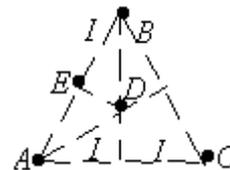
1) точка А

2) точка В

3) точка С

4) точка D

5) точка E



110. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  и удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля внутри кабеля, если ток утечки на единицу длины задан  $I$ . Справка:  $I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S}$ .

Ответ:

$$1) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$2) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{6 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$3) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$4) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$5) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{\pi \cdot \sigma \cdot r}$$

111. Металлический шар радиуса  $R$  закопан на большую глубину в землю проводимость которой  $\sigma$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,  $I$ . Получить выражение для разности потенциалов между шаром и любой точкой в почве, удаленной на  $r$ .

Ответ:

$$1) U = \frac{I}{10 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \quad 2) U = \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \quad 3)$$

$$U = \frac{I}{6 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$$

$$4) U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \quad 5) U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$$

112. Определить собственную погонную индуктивность  $L$  прямолинейного проводника круглого сечения радиусом  $R$  и магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Ответ:

$$1) L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad 2) L = \frac{\mu}{6 \cdot \pi} \quad 3) L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi} \quad 4) L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \quad 5) L = \frac{\mu}{\pi}$$

113. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi$  [А]. Определить напряженность магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на расстояние  $r = 0,5$  м?

Ответ: 1) 5 I/m A/M , 2) 4 I/m A/M , 3) 3 I/m A/M , 4) 2I/m A/M , 5) I/m A/M

114. Вдоль тонкостенной бесконечной трубы радиуса  $a$  и тонкого провода, расположенного вдоль оси трубы, протекают постоянные токи  $I_1$  и  $(-I_2)$ . Определить магнитное поле в точках отстоящих от оси на расстояниях  $a/2$  и  $2 \cdot a$  в цилиндрической системе координат  $(r, z, \alpha)$ ?

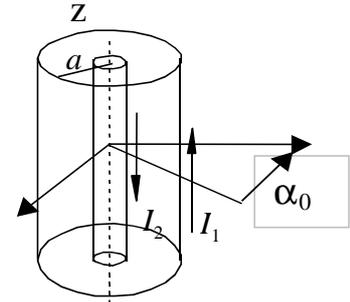
Ответ:

$$1) H_\alpha = \frac{-I_2}{a}; H_\alpha = \frac{I_1 - I_2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$2) H_\alpha = \frac{-I_2}{\pi \cdot a}; H_\alpha = \frac{I_1 - I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}$$

$$3) H_\alpha = \frac{-I_2}{2\pi \cdot a}; H_\alpha = \frac{I_1 - I_2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$4) H_\alpha = \frac{-I_2}{4\pi \cdot a}; H_\alpha = \frac{I_1 - I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}$$



115. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  и удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля внутри кабеля, если ток утечки  $\vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$  на единицу длины задан  $I$ .

$$\text{Справка: } I = \int_S \vec{\delta} \cdot d\vec{S}.$$

Ответ:

$$1) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}, \quad 2) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$3) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{6 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad 4) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$5) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{10 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

#### 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПОСТОЯННЫХ ТОКОВ

1. Две полубесконечные идеально проводящие плоскости пересекаются на линии, обозначенной на рисунке точкой 0, перпендикулярно. На биссектрисе прямого угла пересечения плоскостей расположен параллельный им прямолинейный проводник с током  $I$ . Чему равно магнитное поле в точке 0?

Ответы:

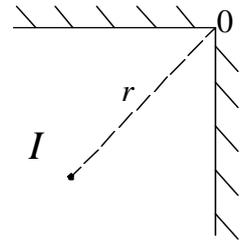
$$H(0) = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H(0) = 0$$

$$H(0) = H_{\max}$$

$$H(0) = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

правильного ответа нет



2. Тонкостенная труба распилена вдоль на шесть одинаковых частей, по которым протекают постоянные токи  $\vec{I}_1, \vec{I}_2$  и  $\vec{I}_3$ .

Чему равно магнитное поле на оси трубы?

Ответы:

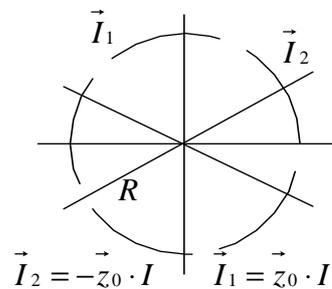
$$H = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$H = \frac{I_1 - I_2 + I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$H = H_{\max}$$

$$H = 0$$

$$H = \frac{I_1 - I_2 - I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$



3. Точка М удалена от прямолинейного, бесконечного провода на расстоянии  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция магнитного поля в точке М на направлении  $\vec{r}_0$ ?

Ответы:

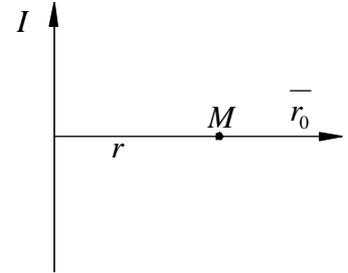
$$H_r = \frac{I^2}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = 0$$



4. Постоянные токи  $\vec{I}_1$  и  $\vec{I}_2$  протекают по четырем ленточным проводникам симметрично по отношению к точке О

Чему равно магнитное поле  $\vec{H}$  в точке О?

Чему равно магнитное поле  $\vec{H}$  в точке О?

Ответы:

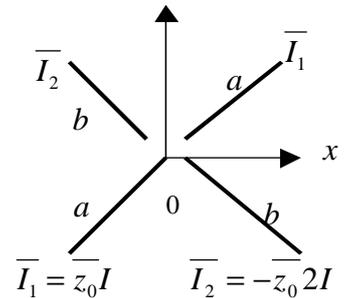
$$\vec{H} = 0$$

$$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot b}$$

$$\vec{H} = \frac{-2 \cdot I}{\pi \cdot a}$$

$$\vec{H} = \frac{-2 \cdot I}{\pi \cdot b}$$



5. Два коаксиальных проводящих кольца с радиусами  $R_1 \ll R_2$  лежат в одной плоскости. Считая, что поле в центре большого кольца, т.е. там,

где расположено малое кольцо, однородно и равно  $B \cong \frac{\mu \cdot I_2}{2 \cdot R_2}$ .

Определить, как изменится взаимоиндуктивность колец, если радиус  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  вчетверо.

Ответы:

Увеличится вдвое

Уменьшится в 1 раз

Уменьшится вдвое

Увеличится в 4 раза

Останется неизменным

6. В среде с проводимостью  $\sigma$  задано распределение потенциала

$$\varphi = 4 \cdot x^2 + 5 \cdot y^3 + 7.$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (4 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (6 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = -\sigma \cdot (8 \cdot x \cdot \overline{x_0} + 15 \cdot y^2 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = -\sigma \cdot (4 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (8 \cdot x \cdot \overline{x_0} + 15 \cdot y^2 \cdot \overline{y_0})$$

7. Как изменится индуктивность отрезка прямолинейного провода, если, сократив его вес, укоротить его вдвое?

Ответы:

Увеличится вчетверо

Уменьшится вдвое

Увеличится вдвое

Уменьшится вчетверо

Останется неизменным

8. Металлическая труба параллельна тонкому прямолинейному проводу, расстояние от оси трубки до провода  $l$ , радиус поперечного сечения трубы  $l/2$ . По трубе протекает ток  $I_1 = 1A$ , а по проводу  $I_2 = 5A$ .

Укажите координаты точки, в которой магнитное поле равно нулю.  
Пространство внутри трубки исключается.

Ответы:

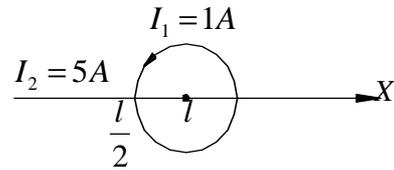
$$x = \frac{l}{4}$$

$$x = 0$$

такой точки нет

$$x = \frac{l}{2}$$

$$0 \leq x \leq \frac{l}{2}$$



9. В среде с проводимостью  $\sigma$  задано распределение потенциала  $\varphi = 2 \cdot x^2 + 3 \cdot y + 2$ . Определить плотность тока проводимости  $\vec{\delta}_{np}$ .

Ответы:

$$\vec{\delta}_{np} = -\sigma \cdot (2 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = \sigma \cdot (2 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = 4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0$$

$$\vec{\delta}_{np} = -\sigma \cdot (4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

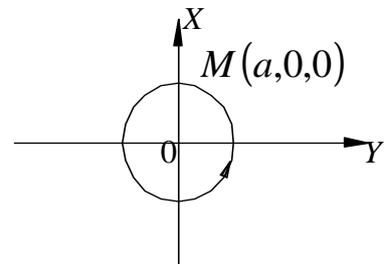
$$\vec{\delta}_{np} = \sigma \cdot (4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

10. Воспользовавшись интегральным выражением закона Био-Савара

$$\vec{H} = \frac{I}{4 \cdot \pi} \cdot \int_L \frac{1}{r^2} [\vec{dl}, \vec{r}_0]$$

, определить в точке  $M(a, 0, 0)$  проекцию на ось X магнитного поля, возбужденного кольцевым проводником тока  $I$  радиуса  $a$ , расположенного в плоскости XY симметрично началу координат.

Ответы:



$$H_x(M) = \frac{I}{a}$$

$$H_x(M) = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H_x(M) = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H_x(M) = \frac{I}{\pi \cdot a}$$

$$H_x(M) = 0$$

11. По двум параллельным, прямолинейным проводникам текут токи  $I_1 = 2A$  и  $I_2 = 1A$ . Расстояние между проводниками  $l$ . Где расположена линия, на которой магнитное поле равно нулю?

Ответы:

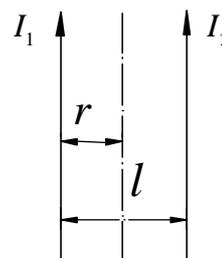
$$r = \frac{l}{2}$$

$$r = \frac{l}{3}$$

$$r = \frac{l}{5}$$

$$r = \frac{2 \cdot l}{3}$$

$$r = \frac{l}{4}$$



13. Чему равен магнитный векторный потенциал  $\vec{A}^m$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с радиусом  $a$  и с током  $I = 1A$  на расстоянии  $1m$  от кольца?

Ответы:

$$|\vec{A}^m| = 2 \cdot \pi \cdot a$$

$$|\vec{A}^m| = 0$$

$$|\vec{A}^m| = \frac{1}{4 \cdot \pi^2}$$

$$|\vec{A}^m| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$|\vec{A}^m| = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot a^2}$$

13. Два соосных проводящих кольца с радиусами  $R_2 \gg R_1$  лежат в одной плоскости. Считая поле в центре большого кольца (т.е. в месте

расположения малого ) однородным и равным  $\vec{B} = \mu \cdot \frac{I_2}{2 \cdot R_2}$ , определить как изменится взаимоиндуктивность колец, если  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  - вчетверо.

Ответы:

Удвоится

Станет в два раза меньше

Станет равной нулю

Правильный ответ не приводится

Не изменится

14. В среде с проводимостью  $\sigma_0$  задано распределение потенциала  $\varphi = 5 \cdot x^2 + 10 \cdot y + 5$ . Определить плотность тока проводимости.

Ответы:

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (\vec{x}_0 + \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (\vec{x}_0 + y \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 5 \cdot \sigma_0 (2 \cdot \vec{x}_0 - \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (x \cdot \vec{x}_0 + \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 0$$

16. Определить индуктивность L на единицу длины одиночного прямого круглого сечения провода с радиусом поперечного сечения R и с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Справка:  $W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{\mu}{2} \cdot \int_v H^2 \cdot dV.$

Ответы:

$$L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{2 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

16. По бесконечной проводящей плоскости (X,Y,O) протекает поверхностный ток  $\vec{\eta} = \vec{y}_0 \cdot \eta$ . Чему равно магнитное поле  $\vec{H}$  в двух точках, поднятых над плоскостью на высоте 1 м и 1 км?

Указание: принять плоскость за боковую поверхность цилиндра с  $R = \infty$ ;

Ответы:

$$\vec{H}_1 = \vec{H}_2 = 0$$

$$\vec{H}_1 = \vec{H}_2 = -\vec{x}_0 \cdot \eta$$

$$\vec{H}_1 = \vec{H}_2 = \infty$$

$$\vec{H}_1 = -\vec{H}_2$$

$$\vec{H}_1 = \vec{y}_0 \cdot \eta \quad \vec{H}_2 = \vec{x}_0 \cdot \eta$$

17. Виток тока  $I_2$  с радиусом R лежит в одной плоскости с прямолинейным проводом с током  $I_1$  на расстоянии l от него. Радиус витка по сравнению с l очень мал. Определить взаимную индуктивность системы.

Ответы:

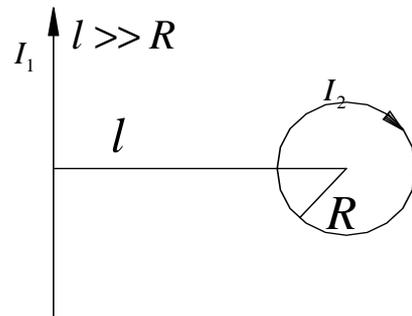
$$M = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^2}{l}$$

$$M = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l}$$

$$M = \mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{l}$$

$$M = 0$$

$$M = \mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{R^2}$$



18. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине закопан металлический шар радиуса A. Ток, вытекающий из поверхности шара, I.

Записать выражение разности потенциалов между шаром и любой

точкой в почве, удаленной на  $r$ . Справка:  $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$ ;  $I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s}$ .

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

19. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi(A)$ . Какова напряженность магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на расстояние  $r=0.5\text{m}$ ?

Ответы:

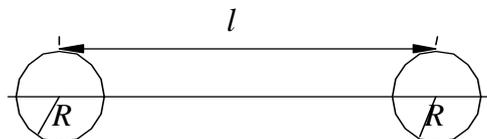
$$3 \frac{A}{m} \quad \pi \frac{A}{m} \quad 1 \frac{A}{m} \quad 2 \frac{A}{m} \quad 2.37 \frac{A}{m}$$

21. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ). Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на расстоянии  $l$ , равно  $H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$ .

Ответы:

$$1. M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4}$$

$$2. M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^4}$$



$$3. M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{2 \cdot l^3}$$

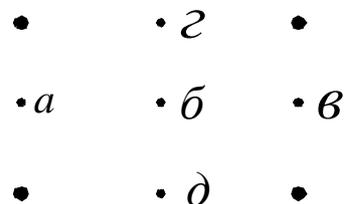
$$4. M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi}{2 \cdot l^3}$$

$$5. M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

21. По четырем параллельным, прямолинейным проводам, расположенным на вершинах квадрата и перпендикулярных ему, протекают одинаковые токи. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответы:

Г      Д      а      б      в



22. Элемент постоянного тока в точке М, отстоящей от него на расстоянии  $r$ , возбуждает магнитное поле. Какова зависимость  $\vec{H}$  от  $r$  и на чем она основана?

Ответы:

$\frac{1}{r^2}$  Закон Ома

$\frac{1}{r^2}$  Закон Био-Савара

$\frac{1}{r^3}$  Закон Био-Савара

$\frac{1}{r^2}$  Закон Кулона

$\frac{1}{r^1}$  Первое уравнение Максвелла

23. Как изменится погонная индуктивность прямолинейного провода круглого сечения, если его толщину уменьшить в три раза?

Ответы:

Увеличится вдвое

Уменьшится вдвое

Увеличится в 1.5 раза

Останется неизменным

Уменьшится в 1.5 раза

24. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \vec{A}^m(x) = -\mu \cdot \vec{\delta}$ , если  $\vec{\delta} = -c \cdot \vec{z}_0$ .

Ответы:

$$\vec{A}^m(x) = \vec{z}_0 \cdot \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \vec{x}_0 \cdot x$$

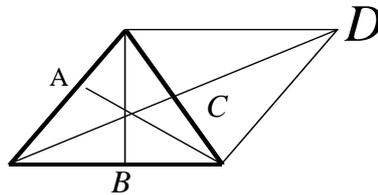
$$\vec{A}^m(x) = 0$$

$$\vec{A}^m(x) = -\vec{z}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \rho \cdot x + q \right)$$

$$\vec{A}^m(x) = \text{const}$$

$$\vec{A}^m(x) = \vec{z}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \rho \cdot x + q \right)$$

25. Три параллельных, прямолинейных проводника проходят через вершины равностороннего треугольника. По ним протекают одинаковые постоянные токи. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.



Ответы:

1.D

2.A

3.B

4.C

5.Такой точки нет

26. Определить индуктивность  $L$  на единицу длины единичного прямого провода с радиусом поперечного сечения  $R$  и с магнитной

проницаемостью металла  $\mu$ .

Справка:  $W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{\mu}{2} \cdot \int_V H^2 \cdot dV;$

Ответы:

$$L = 0 \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{8 \cdot \pi}$$

27. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля  $\vec{E}$  внутри кабеля, если ток утечки на единицу длины равен  $I$ .

Ответы:

$$\vec{E} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \cdot \int_S \vec{\delta} \cdot d\vec{S}$$

$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

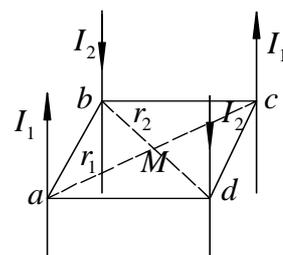
$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

28. Через вершины параллелограмма (abcd) проходят четыре параллельных прямолинейных провода, по которым протекают постоянные токи  $I_1 = 5.5A$  и  $I_2 = -3A$ . Определить магнитное поле в точке пересечения диагоналей и параллелограмма.

Ответы:

$$H = \frac{2.5}{2 \cdot \pi \cdot r_1}$$

$$H = \frac{2.5}{4 \cdot \pi \cdot r_2}$$



$$H = 0$$

$$H = \frac{(2.5)^2}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H = \frac{(2.5)^2}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

29. Большое четное число очень тонких прямолинейных проводников составляют боковую поверхность цилиндра, оставаясь параллельными один к другому. В каждом проводнике протекает ток  $I_1$ , но направление этих токов чередуется от проводника к проводнику. В какой из точек а, б, в, магнитное поле равно нулю?

Ответы:

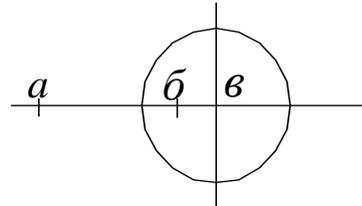
В точке а

В точке б

В точке в

В точках а и в

Всюду  $H=0$



30. Найдите решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \bar{A}^m(z) = -\mu \cdot \delta$ , если  $\bar{\delta} = \bar{y}_0$ .

Ответы:

$$\bar{A}^m = \bar{A}_x = -\mu \cdot \bar{x}_0$$

$$\bar{A}^m = \bar{A}_z = -\mu \cdot z^2 \cdot \bar{z}_0$$

$$\bar{A}^m = \bar{A}_y = \bar{y}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z + D \right)$$

$$\bar{A}^m = \left( -\frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z \right) \cdot \bar{y}_0$$

$$\bar{A}^m = 0$$

31. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине закопан металлический шар радиуса  $A$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,

1. Записать выражение для потенциалов между любой точкой на земле и поверхностью шара. Справка:  $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$ ;  $I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s}$ .

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} + \frac{1}{r} \right)$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

32. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \overline{A^m}(x) = -\mu \cdot \overline{\delta}$ , если  $\overline{\delta} = -\overline{x_0} \cdot 4$ .

Ответы:

$$\overline{A^m} = \overline{x_0} \cdot (2 \cdot \mu \cdot x^2 + C \cdot x + D)$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot (C \cdot x + D)$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot C \cdot \mu \cdot x$$

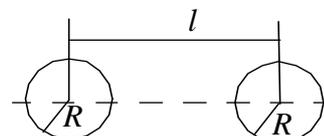
$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot x^3 \cdot \mu$$

$$\overline{A^m} = 0$$

33. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ). Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на

расстоянии  $l$ , равно  $H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$ .

Ответы:



$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4}$$

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot 4}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2 \cdot \pi}{4 \cdot l^3}$$

34. Точка К удалена от прямолинейного, бесконечного провода на расстояние  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция  $H_r$  магнитного поля в точке М?

Ответы:

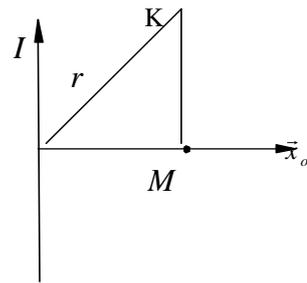
$$H_x = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = 0$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

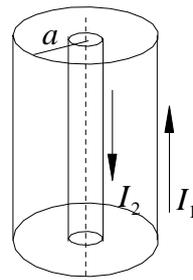


35. Вдоль тонкостенной трубы радиуса  $a$  и тонкого провода, расположенного вдоль оси трубы, протекают постоянные токи  $I_1$  и  $(-I_2)$ . Каково магнитное поле в точках отстоящих от

оси на расстояниях  $\frac{a}{2}$  и  $2 \cdot a$  ?

Ответы:

$$H = 0; \quad H = \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$



$$H = \frac{-I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_2 - I_1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H = 0; \quad H = \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot a^2}$$

$$H = \frac{-I_2}{\pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_1 - I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H = \frac{-2 \cdot I_1}{\pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_1 - I_2}{\pi \cdot a}$$

36. Чему равен магнитный вектор - потенциал  $\overline{A^m}$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с радиусом  $a$  и стоком  $I=1A$  на расстоянии 1 м от кольца?

Ответы:

$$|\overline{A^m}| = 2 \cdot \pi \cdot a \quad |\overline{A^m}| = \frac{1}{4 \cdot \pi^2} \quad |\overline{A^m}| = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot a^2} \quad |\overline{A^m}| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad |\overline{A^m}| = 0$$

37. При получении уравнения  $\nabla^2 \cdot \overline{A^m} = -\mu \cdot \overline{\delta}$  пользуются условием, налагаемым на вектор  $\overline{A^m}$ . Что это за условие?

Ответы:

$$\operatorname{div} \overline{A^m} = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{A^m} = 0 \quad \operatorname{grad} |\overline{A^m}| = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{A^m} = \overline{\delta}$$

38. Два соосных проводящих кольца с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_1 \ll R_2$ ), лежат в одной плоскости. Считая поле в центре большого кольца (в

месте расположения малого кольца) однородным и равным  $B = \mu \cdot \frac{I_2}{2} \cdot R_2$

определить, как изменится взаимоиндуктивность колец, если их радиусы удвоить.

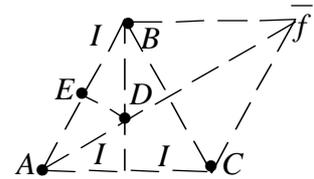
Ответы:

- Уменьшится в 4 раза  
 Уменьшится в 2 раза  
 Увеличится в 4 раза  
 Увеличится в 2 раза  
 Не изменится

39. По трем параллельным прямолинейным проводам протекают постоянные токи. Каждый провод удален от остальных на одинаковое расстояние. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответы:

1. B      2. C      3. D      4. E      5. A



40. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля внутри кабеля, если ток утечки на единицу длины задан  $I$ . Справка  $I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S}$

Ответы:

$$\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot I \cdot \sigma / \pi \cdot r^2$$

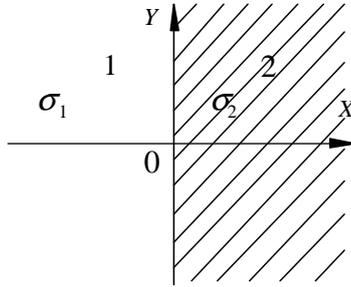
$$\vec{E} = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r^2}$$

41. Определить плотность тока во 2-ой среде, если напряженность электрического поля в первой среде  $\vec{E} = \vec{x}_0 \cdot E_0$  и заданы проводимости  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ .



Ответы:

$$\overline{\delta_2} = \overline{\delta_1} = \sigma_1 \cdot \overline{E_1}$$

$$\overline{\delta_2} = \overline{x_0} \cdot \sigma_1 \cdot E_0$$

$$\overline{\delta_2} = 0$$

$$\overline{\delta_2} = \overline{x_0} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \cdot E_0$$

$$\overline{\delta_2} = \overline{x_0} \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot E_0$$

42. Найти индуктивность  $L$  на единицу длины одиночного цилиндрического прямолинейного провода радиуса  $R$  с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Указание: воспользоваться формулами  $W^m = \frac{L \cdot I^2}{2}$  и  $W^m = \frac{\mu}{2} \cdot \int_V H^2 dV$

Ответы:

$$L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R^2}$$

43. В среде с проводимостью  $\sigma_0$  задано распределение потенциала  $\varphi = 5 \cdot x^2 + 10 \cdot y + 5$ . Определить плотность тока проводимости.

Ответы:

$$\bar{\delta} = \sigma_0 \cdot \bar{x} \cdot (10 \cdot x + 10)$$

$$\bar{\delta} = \overline{\sigma_0} \cdot (10x + 10)$$

$$\bar{\delta} = -10 \cdot \sigma_0 \cdot (x \cdot \bar{x}_0 + \bar{y}_0)$$

$$\bar{\delta} = \bar{z}_0 \cdot \sigma_0 \cdot 10 \cdot (x + 1)$$

$$\bar{\delta} = 0$$

44. По двум параллельным, прямолинейным проводникам текут постоянные токи  $I_1 = 2A$  и  $I_2 = 1A$ . Расстояние между проводниками 1. Где расположена линия, на которой магнитное поле равно нулю?

Ответы:

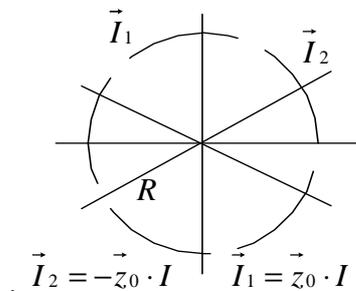
$$r = \frac{1}{2} \cdot l \quad r = \frac{2}{3} \cdot l \quad r = \frac{1}{5} \cdot l \quad r = \frac{1}{4} \cdot l \quad r = \frac{1}{3} \cdot l \quad r = \frac{2}{3} \cdot l$$

45. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi(A)$ . Какова величина магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на расстоянии  $r = 0,5$  м?

Ответы:

$$H = \pi \text{ A/m} \quad H = 0,5\pi \text{ A/m} \quad H = 2 \text{ A/m} \quad H = 3 \text{ A/m} \quad H = 1 \text{ A/m}$$

46. Тонкостенная труба распилена вдоль на шесть одинаковых частей, по которым протекают постоянные токи  $\vec{I}_1, \vec{I}_2$  и  $\vec{I}_3$



Чему равно магнитное поле на оси трубы?

$$H = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$H = \frac{I_1 - I_2 + I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

$$H = H_{\max}$$

$$H = 0$$

$$H = \frac{I_1 - I_2 - I_3}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

47. Точка М удалена от прямолинейного, бесконечного провода на расстоянии  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция магнитного поля в точке М на направлении  $\vec{r}_0$ ?

Ответы:

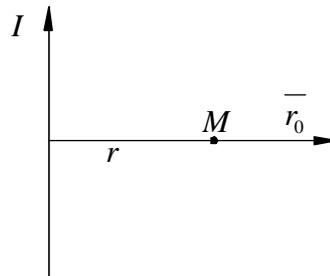
$$H_r = \frac{I^2}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$H_r = 0$$



48. Постоянные токи  $\vec{I}_1$  и  $\vec{I}_2$  протекают по четырем ленточным проводникам симметрично по отношению к точке О

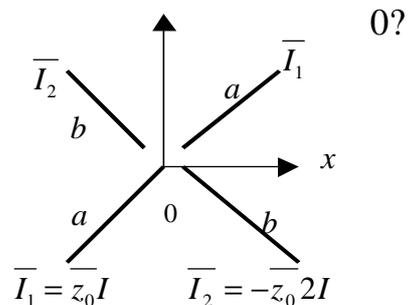
Чему равно магнитное поле  $\vec{H}$  в точке

Ответы:

$$\vec{H} = 0$$

$$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot b}$$



$$\vec{H} = \frac{-2 \cdot I}{\pi \cdot a}$$

$$\vec{H} = \frac{-2 \cdot I}{\pi \cdot b}$$

49 Два коаксиальных проводящих кольца с радиусами  $R_1 \ll R_2$  лежат в одной плоскости. Считая, что поле в центре большого кольца, т.е. там, где расположено малое кольцо, однородно и равно  $B \cong \mu \cdot I_2 / 2 \cdot R_2$ . Определить, как изменится взаимоиндуктивность колец, если радиус  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  вчетверо.

Ответы:

Увеличится вдвое

Уменьшится в 1 раз

Уменьшится вдвое

Увеличится в 4 раза

Останется неизменным

51. В среде с проводимостью  $\sigma$  задано распределение потенциала  $\varphi = 4 \cdot x^2 + 5 \cdot y^3 + 7$ . Найти ток проводимости.

Ответы:

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (4 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (6 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = -\sigma \cdot (4 \cdot x^2 \cdot \overline{x_0} + 5 \cdot y^3 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = \sigma \cdot (8 \cdot x \cdot \overline{x_0} + 15 \cdot y^2 \cdot \overline{y_0})$$

$$\overline{\delta_{np}} = -\sigma \cdot (8 \cdot x \cdot \overline{x_0} + 15 \cdot y^2 \cdot \overline{y_0})$$

51. Как изменится индуктивность отрезка прямолинейного провода, если, сократив его вес, укоротить его вдвое?

Ответы:

- Увеличится вчетверо
- Уменьшится вдвое
- Увеличится вдвое
- Уменьшится вчетверо
- Останется неизменным

52. Металлическая труба параллельна тонкому прямолинейному проводу, расстояние от оси трубки до провода  $l$ , радиус поперечного сечения трубы  $l/2$ . По трубе протекает ток  $I_1 = 1A$ , а по проводу  $I_2 = 5A$ . Укажите координаты точки, в которой магнитное поле равно нулю. Пространство внутри трубки исключается.

Ответы:

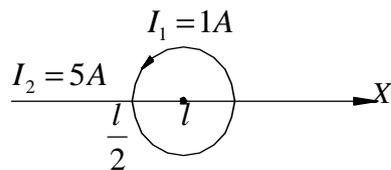
$$x = \frac{l}{4}$$

$$x = 0$$

$$x = \frac{l}{2}$$

$$0 \leq x \leq \frac{l}{2}$$

такой точки нет



53. В среде с проводимостью  $\sigma$  задано распределение потенциала  $\varphi = 2 \cdot x^2 + 3 \cdot y + 2$ . Определить плотность тока проводимости  $\vec{\delta}_{np}$ .

Ответы:

$$\vec{\delta}_{np} = -\sigma \cdot (2 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = \sigma \cdot (2 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = 4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0$$

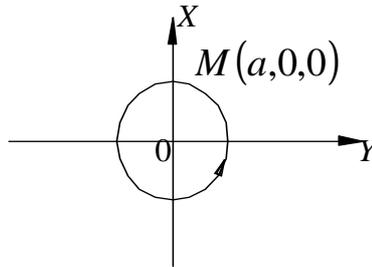
$$\vec{\delta}_{np} = -\sigma \cdot (4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta}_{np} = \sigma \cdot (4 \cdot x \cdot \vec{x}_0 + 3 \cdot \vec{y}_0)$$

54. Воспользовавшись интегральным выражением закона Био-Савара

$$\vec{H} = \frac{I}{4 \cdot \pi} \cdot \int_L \frac{1}{r^2} [\vec{dl}, \vec{r}_0],$$

определить в точке  $M(a, 0, 0)$  проекцию на ось  $X$  магнитного поля, возбужденного кольцевым проводником тока  $I$  радиуса  $a$ , расположенного в плоскости  $XY$  симметрично началу координат.

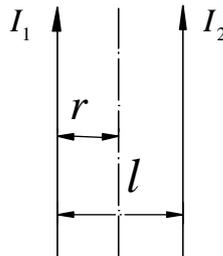


Ответы:

1)  $H_x(M) = \frac{I}{a}$     2)  $H_x(M) = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot a}$     3)  $H_x(M) = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot a}$     4)  $H_x(M) = \frac{I}{\pi \cdot a}$     5)

$H_x(M) = 0$

55. По двум параллельным, прямолинейным проводникам текут токи  $I_1 = 2A$  и  $I_2 = 1A$ . Расстояние между проводниками  $l$ . Где расположена линия, на которой магнитное поле равно нулю?



Ответы:

1)  $r = \frac{l}{2}$     2)  $r = \frac{l}{5}$     2)  $r = \frac{l}{4}$     4)  $r = \frac{l}{3}$     5)  $r = \frac{2 \cdot l}{3}$

57. Чему равен магнитный векторный потенциал  $\vec{A}^m$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с

радиусом  $a$  и с током  $I = 1A$  на расстоянии  $1m$  от кольца?

Ответы:

$$|\vec{A}^m| = 2 \cdot \pi \cdot a \quad |\vec{A}^m| = 0 \quad |\vec{A}^m| = \frac{1}{4 \cdot \pi^2}$$

$$|\vec{A}^m| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad |\vec{A}^m| = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot a^2}$$

57. Два соосных проводящих кольца с радиусами  $R_2 \gg R_1$  лежат в одной плоскости. Считая поле в центре большого кольца (т.е. в месте

расположения малого) однородным и равным  $\vec{B} = \mu \cdot \frac{I_2}{2 \cdot R_2}$ , определить как изменится взаимоиנדуктивность колец, если  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  - вчетверо.

Ответы:

1. Удвоится
2. Станет в два раза меньше
3. Станет равной нулю
4. Правильный ответ не приводится
5. Не изменится

58. В среде с проводимостью  $\sigma_0$  задано распределение потенциала  $\varphi = 5 \cdot x^2 + 10 \cdot y + 5$ . Определить плотность тока проводимости.

Ответы:

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (\vec{x}_0 + \vec{y}_0) \quad \vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (\vec{x}_0 + y \cdot \vec{y}_0) \quad \vec{\delta} = 5 \cdot \sigma_0 (2 \cdot \vec{x}_0 - \vec{y}_0)$$

$$\vec{\delta} = 10 \cdot \sigma_0 (x \cdot \vec{x}_0 + \vec{y}_0) \quad \vec{\delta} = 0$$

59. Определить индуктивность  $L$  на единицу длины одиночного прямого круглого сечения провода с радиусом поперечного сечения  $R$  и с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Справка: 
$$W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{\mu}{2} \cdot \int_v H^2 \cdot dV ;$$

Ответы:

$$L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{2 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

60. По бесконечной проводящей плоскости (X,Y,O) протекает поверхностный ток  $\vec{\eta} = \vec{y}_0 \cdot \eta$ . Чему равно магнитное поле  $\vec{H}$  в двух точках, поднятых над плоскостью на высоте 1 м и 1 км?

Указание: принять плоскость за боковую поверхность цилиндра с  $R = \infty$ ;

Ответы:

$$\vec{H}_1 = \vec{H}_2 = 0$$

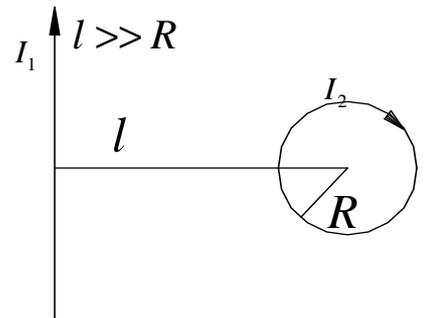
$$\vec{H}_1 = \vec{H}_2 = \infty$$

$$\vec{H}_1 = \vec{y}_0 \cdot \eta \quad \vec{H}_2 = \vec{x}_0 \cdot \eta$$

$$\vec{H}_1 = \vec{H}_2 = -\vec{x}_0 \cdot \eta$$

$$\vec{H}_1 = -\vec{H}_2$$

61. Виток тока  $I_2$  с радиусом R лежит в одной плоскости с прямолинейным проводом с током  $I_1$  на расстоянии l от него. Радиус витка по сравнению с l очень мал. Определить взаимную индуктивность системы.



Ответы:

$$M = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l}$$

$$M = \mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{l}$$

$$M = 0$$

$$M = \mu \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{R^2}$$

62. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине

закопан металлический шар радиуса  $A$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,  $I$ .

Записать выражение разности потенциалов между шаром и любой точкой в почве, удаленной на  $r$ .

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad ; \quad I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s} \quad ;$$

Справка:

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right) \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

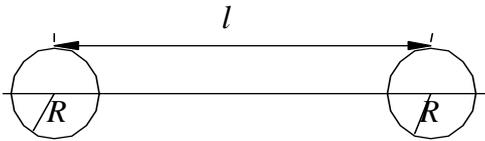
$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right) \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

63. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi(A)$ . Какова напряженность магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на расстояние  $r=0.5m$ ?

Ответы:

$$3 \frac{A}{m} \quad \pi \frac{A}{m} \quad 1 \frac{A}{m} \quad 2 \frac{A}{m} \quad 2.37 \frac{A}{m}$$

64. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ). Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на

расстоянии  $l$ , равно   $H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$ .

Ответы:

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4} \quad M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^4}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{2 \cdot l^3} \quad M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi}{2 \cdot l^3} \quad M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

65. По четырем параллельным, прямолинейным проводам, расположенным на вершинах квадрата и перпендикулярных ему, протекают одинаковые токи. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответы:

- |      |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|
| 1. г | •   | • z | •   |
| 2. д | • a | • б | • в |
| 3. а |     |     |     |
| 4. б | •   | • d | •   |
| 5. в |     |     |     |

66. Элемент постоянного тока в точке М, отстоящей от него на расстоянии  $r$ , возбуждает магнитное поле. Какова зависимость  $\vec{H}$  от  $r$  и на чем она основана?

Ответы:

$\frac{1}{r^2}$ Закон Ома	$\frac{1}{r^2}$ Закон Био-Савара	$\frac{1}{r^3}$ Закон Био-Савара
$\frac{1}{r^2}$ Закон Кулона	$\frac{1}{r^1}$ Первое уравнение Максвелла	

67. Как изменится погонная индуктивность прямолинейного провода круглого сечения, если его толщину уменьшить в три раза?

Ответы:

- Увеличится втрое
- Уменьшится втрое
- Увеличится в 1.5 раза
- Останется неизменным
- Уменьшится в 1.5 раза

68. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \vec{A}^m(x) = -\mu \cdot \vec{\delta}$ , если  $\vec{\delta} = -c \cdot \vec{z}_0$ .

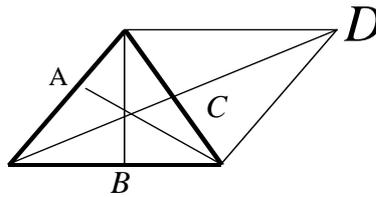
Ответы:

$$\vec{A}^m(x) = \vec{z}_0 \cdot \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \vec{x}_0 \cdot x \quad \vec{A}^m(x) = 0$$

$$\vec{A}^m(x) = -\vec{z}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \rho \cdot x + q \right) \quad \vec{A}^m(x) = const$$

$$\vec{A}^m(x) = \vec{z}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot c}{2} \cdot x^2 + \rho \cdot x + q \right)$$

69. Три параллельных, прямолинейных проводника проходят через вершины равностороннего треугольника. По ним протекают одинаковые постоянные токи. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.



Ответы:

1. D    2. A    3. B    4. C    5. Такой точки нет

70. Определить индуктивность  $L$  на единицу длины единичного прямого провода с радиусом поперечного сечения  $R$  и с магнитной проницаемостью металла  $\mu$ .

$$W_m = \frac{L \cdot I^2}{2} = \frac{\mu}{2} \cdot \int_V H^2 \cdot dV$$

Справка: ;

Ответы:

$$L = 0 \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{8 \cdot \pi}$$

71. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет удельную проводимость  $\sigma$

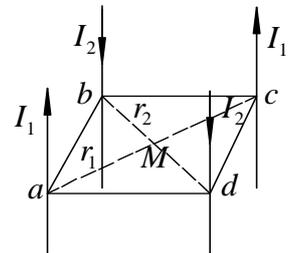
. Определить напряженность электрического поля  $\vec{E}$  внутри кабеля, если ток утечки на единицу длины равен  $I$ .

Ответы:

$$\vec{E} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \cdot \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S} \quad \vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad \vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad \vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

72. Через вершины параллелограмма ( abcd ) проходят четыре параллельных прямолинейных провода , по которым протекают постоянные токи  $I_1 = 5.5A$  и  $I_2 = -3A$ . Определить магнитное поле в точке пересечения диагоналей и параллелограмма.

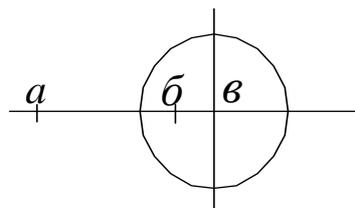


Ответы:

$$1. H = 0 \quad 2. H = \frac{2.5}{2 \cdot \pi \cdot r_1} \quad 3. H = \frac{2.5}{4 \cdot \pi \cdot r_2}$$

$$4. H = \frac{(2.5)^2}{4 \cdot \pi \cdot r} \quad 5. H = \frac{(2.5)^2}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

73. Большое четное число очень тонких прямолинейных проводников составляют боковую поверхность цилиндра, оставаясь параллельными один к другому. В каждом проводнике протекает ток  $I_1$ , но направление этих токов чередуется от проводника к проводнику. В какой из точек а, б, в, магнитное поле равно нулю?



Ответы:

1. В точке а 2. В точке б 3. В точке в 4. В точках а и в 5. Всюду  $H=0$

74. Найдите решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \bar{A}^m(z) = -\mu \cdot \bar{\delta}$ , если  $\bar{\delta} = \bar{y}_0$ .

Ответы:

1.  $\bar{A}^m = \bar{A}_x = -\mu \cdot \bar{x}_0$

2.  $\bar{A}^m = \bar{A}_z^m = -\mu \cdot z^2 \cdot \bar{z}_0$       3.  $\bar{A}^m = \bar{A}_y = \bar{y}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z + D \right)$

4.  $\bar{A}^m = 0$       5.  $\bar{A}^m = \left( -\frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z \right) \cdot \bar{y}_0$

75. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине закопан металлический шар радиуса  $A$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,  $I$ . Записать выражение для потенциалов между любой точкой на земле и поверхностью шара.

Справка:  $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$  ;  $I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s}$  ;

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} + \frac{1}{r} \right) \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

76. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \bar{A}^m(x) = -\mu \cdot \bar{\delta}$ , если  $\bar{\delta} = -\bar{x}_0 \cdot 4$ .

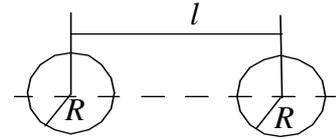
Ответы:

$$\bar{A}^m = \bar{x}_0 \cdot (2 \cdot \mu \cdot x^2 + C \cdot x + D) \quad \bar{A}^m = -\bar{x}_0 \cdot (C \cdot x + D)$$

$$\bar{A}^m = -\bar{x}_0 \cdot C \cdot \mu \cdot x \quad \bar{A}^m = -\bar{x}_0 \cdot x^3 \cdot \mu \quad \bar{A}^m = 0$$

77. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ). Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на

расстоянии  $l$ , равно  $H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$ .



Ответы:

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4}$$

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot 4}{2 \cdot l^3}$$

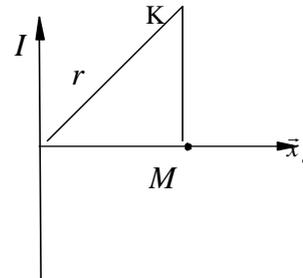
$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2 \cdot \pi}{4 \cdot l^3}$$

78. Точка К удалена от прямолинейного, бесконечного провода на расстояние  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция  $H_r$  магнитного поля в точке М?

Ответы:

1.  $H_x = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$     2.  $H_r = 0$     3.  $H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$

4.  $H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$     5.  $H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$

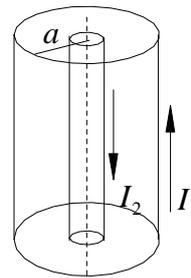


79. Вдоль тонкостенной трубы радиуса  $a$  и тонкого провода, расположенного вдоль оси трубы, протекают постоянные токи  $I_1$  и  $(-I_2)$ . Каково магнитное поле в точках отстоящих от оси на

расстояниях  $\frac{a}{2}$  и  $2 \cdot a$ ?

Ответы

$$H = 0; \quad H = \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$



$$H = \frac{-I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_2 - I_1}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H = 0; \quad H = \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot a^2}$$

$$H = \frac{-I_2}{\pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_1 - I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}$$

$$H = \frac{-2 \cdot I_1}{\pi \cdot a}; \quad H = \frac{I_1 - I_2}{\pi \cdot a}$$

80. Чему равен магнитный вектор - потенциал  $\overline{A^m}$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с радиусом  $a$  и стоком  $I=1A$  на расстоянии 1 м от кольца?

Ответы:

$$|\overline{A^m}| = 2 \cdot \pi \cdot a \quad |\overline{A^m}| = \frac{1}{4 \cdot \pi^2} \quad |\overline{A^m}| = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot a^2}$$

$$|\overline{A^m}| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad |\overline{A^m}| = 0$$

81. При получении уравнения  $\nabla^2 \cdot \overline{A^m} = -\mu \cdot \overline{\delta}$  пользуются условием, налагаемым на вектор  $\overline{A^m}$ . Что это за условие?

Ответы:

$$\operatorname{div} \overline{A^m} = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{A^m} = 0 \quad \operatorname{grad} |\overline{A^m}| = 0 \quad \operatorname{grad} |\overline{A^m}| = 0 \quad \operatorname{rot} \overline{A^m} = \overline{\delta}$$

82. Два соосных проводящих кольца с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_1 \ll R_2$ ), лежат в одной плоскости. Считая поле в центре большого кольца (в

месте расположения малого кольца) однородным и равным  $B = \mu \cdot I_2 / 2 \cdot R_2$  определить, как изменится взаимоиндуктивность колец, если их радиусы удвоить.

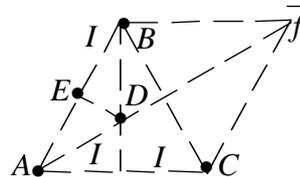
Ответы:

- Уменьшится в 4 раза
- Уменьшится в 2 раза
- Увеличится в 4 раза
- Увеличится в 2 раза
- Не изменится

83. По трем параллельным прямолинейным проводам протекают постоянные токи. Каждый провод удален от остальных на одинаковое расстояние. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответы:

1. B
2. C
3. D
4. E
5. A



84. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля внутри кабеля, если ток

$$I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S}$$

утечки на единицу длины задан  $I$ . Справка

Ответы:

1.  $\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot I \cdot \sigma / \pi \cdot r^2$
2.  $\vec{E} = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{S} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$
3.  $\vec{E} = \vec{\alpha}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$
4.  $\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$
5.  $\vec{E} = \vec{r}_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r^2}$

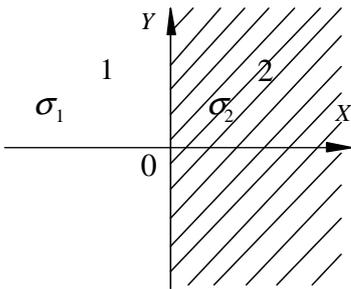
85. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi(A)$ . Какова величина магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на

расстоянии  $r = 0,5 \text{ м}$  ?

Ответы:

$$H = \pi \text{ А/м} \quad H = 0,5\pi \text{ А/м} \quad H = 2 \text{ А/м} \quad H = 3 \text{ А/м} \quad H = 1 \text{ А/м}$$

86. Определить плотность тока во 2-ой среде, если напряженность электрического поля в первой среде  $\vec{E} = \vec{x}_0 \cdot E_0$  и заданы проводимости  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ .



Ответы:

$$\bar{\delta}_2 = 0 \quad \bar{\delta}_2 = \bar{\delta}_1 = \sigma_1 \cdot \bar{E}_1$$

$$\bar{\delta}_2 = \bar{x}_0 \cdot \sigma_1 \cdot E_0 \quad \bar{\delta}_2 = \bar{x}_0 \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_2} E_0 \quad \bar{\delta}_2 = \bar{x}_0 \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot E_0$$

87. Найти индуктивность  $L$  на единицу длины одиночного цилиндрического прямолинейного провода радиуса  $R$  с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Указание: воспользоваться формулами  $W^m = \frac{L \cdot I^2}{2}$  и  $W^m = \frac{\mu}{2} \cdot \int_V H^2 dV$

Ответы:

$$L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu \cdot R}{8 \cdot \pi} \quad L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot R^2}$$

88. В среде с проводимостью  $\sigma_0$  задано распределение потенциала  $\varphi = 5 \cdot x^2 + 10 \cdot y + 5$ . Определить плотность тока проводимости.

Ответы:

$$\bar{\delta} = \sigma_0 \cdot \bar{x} \cdot (10 \cdot x + 10) \quad \bar{\delta} = \overline{\sigma_0} \cdot (10 \cdot x + 10) \quad \bar{\delta} = -10 \cdot \sigma_0 \cdot (x \cdot \bar{x}_0 + \bar{y}_0)$$

$$\bar{\delta} = \bar{z}_0 \cdot \sigma_0 \cdot 10 \cdot (x+1) \quad \bar{\delta} = 0$$

89. По двум параллельным, прямолинейным проводникам текут постоянные токи  $I_1 = 2A$  и  $I_2 = 1A$ . Расстояние между проводниками 1. Где расположена линия, на которой магнитное поле равно нулю?

Ответы:

$$r = \frac{1}{2} \cdot l \quad r = \frac{1}{5} \cdot l \quad r = \frac{2}{3} \cdot l \quad r = \frac{1}{4} \cdot l \quad r = \frac{1}{3} \cdot l$$

91. Найдите решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \bar{A}^m(z) = -\mu \cdot \delta$ , если  $\bar{\delta} = \bar{y}_0$ .

Ответы:

$$\bar{A}^m = 0 \quad \bar{A}^m = \bar{A}_x = -\mu \cdot \bar{x}_0 \quad \bar{A}^m = \bar{A}_z = -\mu \cdot z^2 \cdot \bar{z}_0$$

$$\bar{A}^m = \bar{A}_y = \bar{y}_0 \cdot \left( \frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z + D \right)$$

$$\bar{A}^m = \left( -\frac{\mu \cdot z^2}{2} + C \cdot z \right) \cdot \bar{y}_0$$

91. В почве, проводимость которой  $\sigma$ , на большой глубине закопан металлический шар радиуса  $A$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,  $I$ . Записать выражение для потенциалов между любой точкой на земле и поверхностью шара.

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad ; \quad I = \int_s \vec{\delta} \cdot d\vec{s} \quad ;$$

Справка:

Ответы:

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} + \frac{1}{r} \right)$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{A} \right)$$

$$U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{r} \right)$$

92. Найти решение уравнения  $\nabla^2 \cdot \overline{A^m}(x) = -\mu \cdot \overline{\delta}$ , если  $\overline{\delta} = -\overline{x_0} \cdot 4$ .

Ответы:

$$\overline{A^m} = \overline{x_0} \cdot (2 \cdot \mu \cdot x^2 + C \cdot x + D)$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot (C \cdot x + D)$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot C \cdot \mu \cdot x$$

$$\overline{A^m} = -\overline{x_0} \cdot x^3 \cdot \mu$$

$$\overline{A^m} = 0$$

93. Найти взаимную индуктивность двух одинаковых, параллельных колец радиуса  $R$ , расположенных на одной оси, перпендикулярных относительно неё и удаленных друг от друга на расстоянии  $l$  ( $l \gg R$ ).

Напряженность магнитного поля на оси, создаваемого одним кольцом на

расстоянии  $l$ , равно  $H(l) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + l^2)^{3/2}}$ .

Ответы:

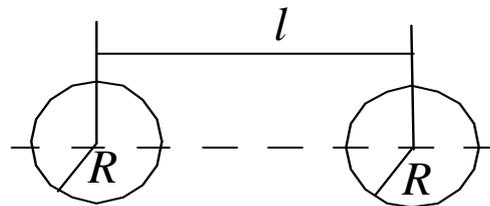
$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^3}{2 \cdot l^4}$$

$$M_{1,2} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot 4}{2 \cdot l^3}$$

$$M_{1,2} = \mu \cdot \frac{R^2 \cdot \pi}{4 \cdot l^3}$$



94 Точка К удалена от прямолинейного, бесконечного провода на

расстояние  $r$ . По проводу течет постоянный ток  $I$ . Чему равна проекция  $H_r$  магнитного поля в точке  $M$ ?

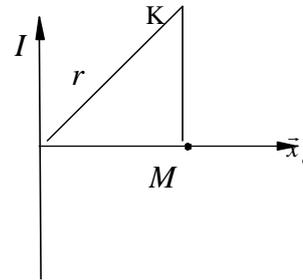
Ответы:  $H_x = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$

$H_r = 0$

$H_r = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r^2}$

$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$

$H_r = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r}$



95. Вычислить магнитную энергию, сосредоточенную внутри единичного участка длины цилиндрического проводника, с протекающим по нему током  $I_0$ .  
 Ответ:

1)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot I_0^2}{12\pi}$ .

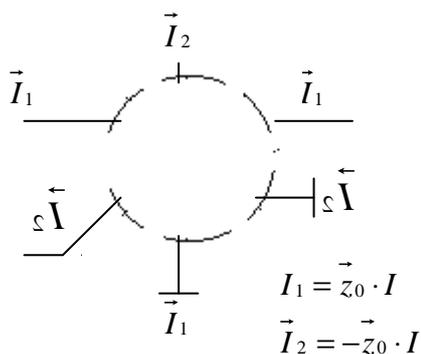
2)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot I_0^2}{14\pi}$ .

3)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot I_0^2}{12\pi}$ .

4)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot I_0^2}{16\pi}$ .

5)  $W_M = \frac{\mu_a \cdot \mu \cdot I_0^2}{6\pi}$ .

96. Тонкостенная труба распилена вдоль на шесть одинаковых частей, по которым протекают постоянные токи  $\vec{I}_1, \vec{I}_2$  и  $\vec{I}_3$ . Чему равно магнитное поле на оси трубы?



Ответ:

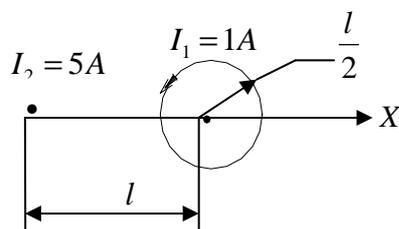
- 1)  $H=2$
- 2)  $H=4$
- 3)  $H=0$
- 4)  $H=6$
- 5)  $H=8$

97. Металлическая труба параллельна тонкому прямолинейному проводу, расстояние от оси трубки до провода  $l$ , радиус поперечного сечения трубы  $\frac{l}{2}$ . По трубе протекает ток  $I_1 = 1A$ , а по проводу  $I_2 = 5A$ .

Укажите координаты точки, в которой магнитное поле равно нулю.

Пространство внутри трубки исключается.

Ответ:



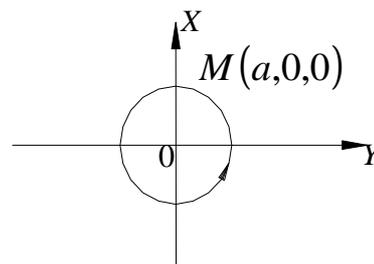
- 4)  $l=2, 2) l=2,$
- 5)  $l=4$
- 6) 3)Такой точки нет.
- 4)  $l=1,$
- 5)  $l=3$

98. Определить в точке  $M(a, 0, 0)$  проекцию на ось  $X$  магнитного поля, возбужденного кольцевым проводником тока  $I$  радиуса  $a$ , расположенного в плоскости  $XY$  симметрично началу координат.

Справка:  $\vec{H} = \frac{I}{4 \cdot \pi} \cdot \int_L \frac{1}{r^2} [d\vec{l}, \vec{r}_0]$ .

Ответ:

- 1)  $H_x(M) = 2,$



$$2) H_x(M) = 4,$$

$$3) H_x(M) = 0,$$

$$4) H_x(M) = 6,$$

$$5) H_x(M) = 8.$$

99. Чему равен магнитный векторный потенциал  $\vec{A}^m$  в точке наблюдения, расположенной на оси кольцевого проводника с радиусом  $a$  и с током  $I = 1A$  на расстоянии  $1m$  от кольца?

Ответ:

$$1) |\vec{A}^m| = 6, \quad 2) |\vec{A}^m| = 1, \quad 3) |\vec{A}^m| = 4, \quad 4) |\vec{A}^m| = 2, \quad 5) |\vec{A}^m| = 0.$$

100. Определить внутреннюю индуктивность  $L$  на единицу длины одиночного прямого круглого сечения провода с радиусом поперечного сечения  $R$  и с магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Ответ:

$$1) L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi},$$

$$2) L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi},$$

$$3) L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi},$$

$$4) L = \frac{\mu}{6 \cdot \pi},$$

$$5) L = \frac{\mu}{10 \cdot \pi}.$$

**101. Круглый виток радиуса  $b$  лежит в плоскости, проходящей через ось цилиндрического проводника малого радиуса  $a$ , на расстоянии  $l$ , причем  $l \gg b$ ;  $a < b$ . Определить взаимную индуктивность, если виток повернуть на угол  $\theta$  вокруг прямой А-В, или на угол  $\beta$  вокруг прямой С-Д.**

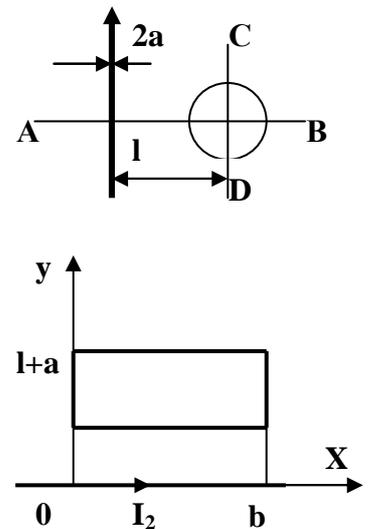
Ответы:

$$1) M = \frac{\mu b}{l}; \quad M_{\theta} = \frac{\mu b}{l} \cos \theta; \quad M_{\beta} = \frac{\mu b}{l} \cos \beta,$$

$$2) M = \frac{\mu b}{2l}; \quad M_{\theta} = \frac{\mu b}{2l} \cos \theta; \quad M_{\beta} = \frac{\mu b}{2l} \cos \beta.$$

$$3) M = \frac{\mu b}{3l}; \quad M_{\theta} = \frac{\mu b}{3l} \cos \theta; \quad M_{\beta} = \frac{\mu b}{3l} \cos \beta. \quad 4)$$

$$M = \frac{\mu b}{4l}; \quad M_{\theta} = \frac{\mu b}{4l} \cos \theta; \quad M_{\beta} = \frac{\mu b}{4l} \cos \beta.$$



**102. Внутренний провод коаксиального кабеля оголен и изогнут в виде полуокружности с радиусом  $R$ . По нему протекает ток  $I$ . Вычислить величину магнитного поля в центре полуокружности.**

Ответ:

$$1) H = I / (2R),$$

$$2) H = I / (3R),$$

$$3) H = I / (4R),$$

$$4) H = I / (5R),$$

$$5) H = I / (6R).$$

**103. Проводник круглого сечения радиуса  $a$  представляет кольцо радиуса  $R \gg a$ . Определить индуктивность кольца.**

Ответ: 1)  $L = \mu R / 0.5$ , 2)  $L = \mu R / 1$ , 3)  $L = \mu R / 2$ , 4)  $L = \mu R / 3$ , 5)  $L = \mu R / 4$ .

**104. Определить взаимную индуктивность прямоугольной рамки и прямо-линейного провода с током  $I_2$ , протекающим по нему.**

**Справка:  $\Phi_{1,2} = M_{1,2} \cdot I_2$**

Ответ:

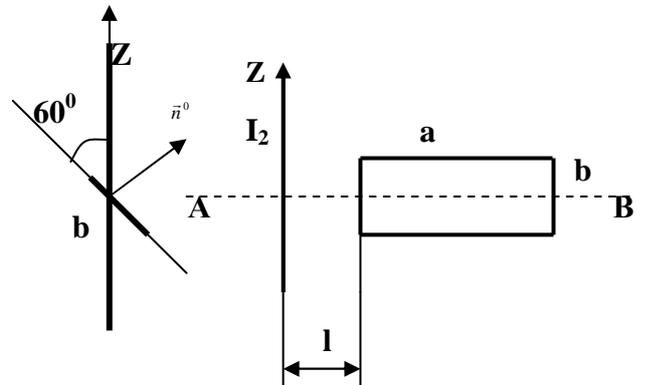
$$1) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{8\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$2) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$3) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{2\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$4) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{4\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$5) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{6\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$



105. Прямоугольник из тонкого проводника с размерами  $a$  и  $b$  расположен на удалении  $l$  от бесконечного прямолинейного проводника и наклонен относительно него на  $60^\circ$ . Определить взаимную индуктивность системы.

Ответ:

$$1) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{8\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$2) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$3) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{4\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$4) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{2\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

$$5) M_{1,2} = \frac{\mu_a \cdot b}{6\pi} \ln \frac{l+a}{l}$$

106. Два кольцевых проводника с радиусами  $R_1 \ll R_2$  лежат в одной плоскости. Считая, что поле в центре большого кольца, где расположено малое кольцо, однородно и равно  $B \cong \mu \cdot I_2 / (2 \cdot R_2)$ . Определить взаимную индуктивность. Как изменится взаимная индуктивность колец, если радиус  $R_1$  уменьшить вдвое, а  $R_2$  - вчетверо.

Ответ: 1)  $M_{\beta} = \frac{\mu}{3l}$ ,

2) Останется неизменным,

$$3) M_{\theta} = \frac{\mu}{4l};$$

$$4) M = \frac{\mu}{l};$$

$$5) M = \frac{\mu}{2l}.$$

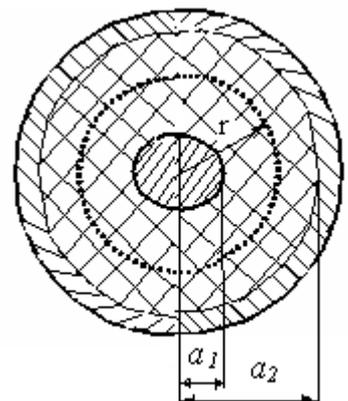
107. Найти взаимную индуктивность два одинаковых, параллельных колец с радиусами  $R$ , расположенных на одной оси и удаленных друг от друга на расстоянии  $\ell$  ( $\ell \gg R$ ).

Напряженность магнитного поля на оси одного

$$\text{кольца равна } H(\ell) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + \ell^2)^{3/2}}.$$

Ответ:

$$1) M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{5 \cdot \ell^3},$$



$$2) M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{4 \cdot \ell^3}$$

$$3) M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{3 \cdot \ell^3},$$

$$4) M_{1,2} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot R^4}{2 \cdot \ell^3}.$$

108. Вычислить сопротивление изоляции на единицу длины коаксиального кабеля, заполненного диэлектриком с проводимостью  $\sigma$  и заданным значением  $\epsilon$ . Размеры кабеля заданы: радиус жилы  $a_1$ , радиус оплетки  $a_2$ .

Ответ:

$$1) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{\pi l \sigma}$$

$$2) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{2\pi l \sigma}, \quad 3) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{3\pi l \sigma},$$

$$4) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{4\pi l \sigma}, \quad 5) R = \frac{\ln \frac{a_2}{a_1}}{5\pi l \sigma}$$

109. По трем параллельным прямолинейным проводам протекают постоянные токи. Каждый провод удален от остальных на одинаковое расстояние. Укажите точку на поперечном сечении системы, где магнитное поле равно нулю.

Ответ:

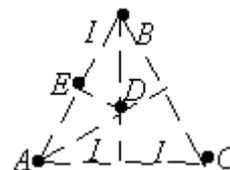
1) точка А

2) точка В

3) точка С

4) точка D

5) точка E



110. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  и удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля внутри кабеля, если ток утечки на единицу длины задан  $I$ . Справка:  $I = \int_S \vec{\delta} \cdot d\vec{S}$ .

Ответ:

$$1) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$2) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{6 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$3) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$4) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$5) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{\pi \cdot \sigma \cdot r}$$

111. Металлический шар радиуса  $R$  закопан на большую глубину в землю проводимостью которой  $\sigma$ . Ток, вытекающий из поверхности шара,  $I$ . Получить выражение для разности потенциалов между шаром и любой точкой в почве, удаленной на  $r$ .

Ответ:

$$1) U = \frac{I}{10 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \quad 2) U = \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \quad 3)$$

$$U = \frac{I}{6 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$$

$$4) U = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \quad 5) U = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma} \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$$

112. Определить собственную погонную индуктивность  $L$  прямолинейного проводника круглого сечения радиусом  $R$  и магнитной проницаемостью  $\mu$ .

Ответ:

$$1) L = \frac{\mu}{8 \cdot \pi} \quad 2) L = \frac{\mu}{6 \cdot \pi} \quad 3) L = \frac{\mu}{4 \cdot \pi} \quad 4) L = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \quad 5) L = \frac{\mu}{\pi}$$

113. По прямолинейному проводу протекает ток  $I = \pi$  [А]. Определить напряженность магнитного поля в точке наблюдения, удаленной от провода на расстояние  $r = 0,5$  м?

Ответ: 1) 5 I/m A/M , 2) 4 I/m A/M , 3) 3 I/m A/M , 4) 2 I/m A/M , 5) I/m A/M

114. Вдоль тонкостенной бесконечной трубы радиуса  $a$  и тонкого провода, расположенного вдоль оси трубы, протекают постоянные токи  $I_1$  и  $(-I_2)$ . Определить магнитное поле в точках отстоящих от оси на расстояниях  $a/2$  и  $2 \cdot a$  в цилиндрической системе координат  $(r, z, \alpha)$ ?

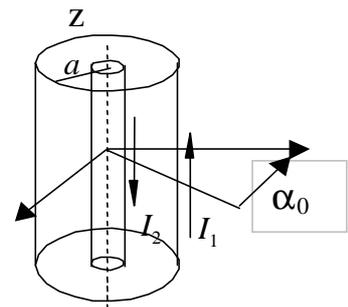
Ответ:

$$1) H_\alpha = \frac{-I_2}{a}; H_\alpha = \frac{I_1 - I_2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$2) H_\alpha = \frac{-I_2}{\pi \cdot a}; H_\alpha = \frac{I_1 - I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}$$

$$3) H_\alpha = \frac{-I_2}{2\pi \cdot a}; H_\alpha = \frac{I_1 - I_2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$4) H_\alpha = \frac{-I_2}{4\pi \cdot a}; H_\alpha = \frac{I_1 - I_2}{4 \cdot \pi \cdot a}$$



115. Диэлектрик коаксиального кабеля имеет диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  и удельную проводимость  $\sigma$ . Определить напряженность электрического поля внутри кабеля, если ток утечки  $\vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$  на единицу длины задан  $I$ .

$$\text{Справка: } I = \int_S \vec{\delta} \cdot d\vec{S}.$$

Ответ:

$$1) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}, \quad 2) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$3) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{6 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r} \quad 4) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{8 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

$$5) \vec{E} = \vec{r}^0 \cdot \frac{I}{10 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot r}$$

## 5. ПЛОСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

1.

Найти вектор  $\vec{E}$  плоской электромагнитной волны, распространяющейся в свободном пространстве, если

$$\vec{H} = -\vec{y}_0 H_0 \sin(\omega t - kx)$$

Ответы:

$$1) \quad \vec{E} = \frac{\omega \epsilon}{k} z_0 H_0 \sin(\omega t - kx)$$

$$2) \quad \vec{E} = \frac{k}{\omega \epsilon} z_0 H_0 \cos(\omega t - kx)$$

$$3) \quad \vec{E} = -\frac{\omega \epsilon}{k} z_0 H_0 \cos(\omega t - kx)$$

$$4) \quad \vec{E} = -\frac{k}{\omega \epsilon} \vec{z}_0 H_0 \sin(\omega t - kx)$$

$$5) \quad \vec{E} = \frac{k}{\omega \epsilon} z_0 H_0 \sin(\omega t - kx)$$

2.

Какими формулами описываются процессы, меняющиеся по гармоническому закону?

Ответы:

а)  $\vec{E}, \vec{H} \sim \sin(\omega t + \varphi)$ , где  $\varphi$  - фаза - величина, характеризующая состояние процесса в начальный момент времени, т.е. при  $t = 0$ .

б)  $\vec{E}, \vec{H} \sim \cos(\omega t - \varphi)$ , где  $\varphi$  - фаза - величина, характеризующая состояние процесса в начальный момент времени, т.е. при  $t = 0$ .

в)  $\vec{E}, \vec{H} \sim \cos(\omega t + \varphi)$ , где  $\varphi$  - фаза - величина, характеризующая состояние процесса в начальный момент времени, т.е. при  $t = 0$ .

г)  $\vec{E}, \vec{H} \sim \cos(2\omega t + \varphi)$ , где  $\varphi$  - фаза - величина, характеризующая состояние процесса в начальный момент времени, т.е. при  $t = 0$ .

д)  $\vec{E}, \vec{H} \sim \sin(4\omega t + \varphi)$ , где  $\varphi$  - фаза - величина, характеризующая состояние процесса в начальный момент времени, т.е. при  $t = 0$ .

### 3.

Как упрощает применение метода комплексных амплитуд в решениях задач по переменным полям?

Ответы:

- а) Применение понятия комплексной амплитуды позволяет во многих случаях избавляться от Бесселевых функций.
- б) Применение понятия комплексной амплитуды позволяет во многих случаях избавляться от нормировки функций.
- в) Применение понятия комплексной амплитуды позволяет применять метод суперпозиции в решениях задач по переменным полям.
- г) Применение понятия комплексной амплитуды позволяет во многих случаях избавляться от временной зависимости.
- д) Применение понятия комплексной амплитуды позволяет применять метод суперпозиции в решениях задач по переменным полям.

### 4.

Как записывается сумма тока смещения и тока проводимости в комплексной форме.

Ответы:

$$\text{а) } \vec{\delta}_{\text{пр.}} + \vec{\delta}_{\text{смещ.}} = j\omega \left( \varepsilon_a - j \frac{\sigma}{\omega} \right) \vec{E}$$

$$\text{б) } \vec{\delta}_{\text{пр.}} + \vec{\delta}_{\text{смещ.}} = j\omega \left( \varepsilon_a + j \frac{\omega}{\sigma} \right) \vec{E}$$

$$\text{в) } \vec{\delta}_{\text{пр.}} + \vec{\delta}_{\text{смещ.}} = -j\omega \left( \varepsilon_a - j \frac{\omega}{\sigma} \right) \vec{E}$$

$$\Gamma) \vec{\delta}_{\text{пр.}} + \vec{\delta}_{\text{смещ.}} = j\omega \left( \varepsilon_0 - j \frac{\omega}{\sigma} \right) \vec{E}$$

$$\text{Д) } \vec{\delta}_{\text{пр.}} + \vec{\delta}_{\text{смещ.}} = j\omega \left( \varepsilon_a - j \frac{\omega}{\sigma} \right) \vec{E}$$

## 5.

Круговая частота плоской волны, распространяющейся в свободном пространстве, равна  $\omega = 3 \cdot 10^9 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$ . Значения векторов поля при  $t=0$  в начале координат равны

$$\vec{H} = 10^{-2} \vec{x}_0 \frac{\text{А}}{\text{м}}; \quad \vec{E} = 1.2\pi \cdot \vec{z}_0 \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

Построить волновой вектор  $\vec{k}$  (размерность  $\vec{k}$  всюду 1/м).

Ответы:

$$\vec{k} = 10\vec{y}_0$$

$$\vec{k} = 10\vec{x}_0$$

$$\vec{k} = -20\vec{z}_0$$

$$\vec{k} = 1.2 \cdot 10^2 \vec{y}_0$$

$$\vec{k} = -20\vec{y}_0$$

## 6.

В каком направлении распространяется плоская электромагнитная волна, если напряженность магнитного поля в ней представляется в виде:

$$\vec{H} = H_0 \vec{z}_0 e^{i(\omega t + 0.707kx - 0.707ky)}; \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} ?$$

Ответы:

Под углом  $45^\circ$  к оси +X и  $45^\circ$  к оси +Y;

Под углом  $45^\circ$  к оси +X и  $45^\circ$  к оси -Y;

Под углом  $45^\circ$  к оси -X и  $45^\circ$  к оси +Y;

Под углом  $30^\circ$  к оси +X и  $60^\circ$  к оси +Y

Под углом  $30^0$  к оси -X и  $45^0$  к оси +Y

7.

Какое из приведенных соотношений соответствует плоской однородной волне ( $\vec{k}$  - волновой вектор)?

Ответы:

$$[\vec{k}\vec{E}] = -i\omega\vec{B};$$

$$(\vec{k}\vec{E}) = \omega\vec{B};$$

$$[\vec{k}\vec{E}] = \omega\vec{B};$$

$$(\vec{k}\vec{E}) = i\omega\vec{B};$$

$$[\vec{k}\vec{B}] = -i\omega\vec{E};$$

8.

Амплитудное значение плотности тока смещения в плоской электромагнитной волне равно  $2\pi \frac{A}{m^2}$ . Определить амплитуду напряженности магнитного поля, если частота колебаний  $f=1$  ГГц. Волна распространяется в свободном пространстве.

Ответы:

$$1 \text{ A/м}$$

$$0.01 \text{ A/м}$$

$$0.2 \text{ A/м}$$

$$0.3 \text{ A/м}$$

$$10 \text{ A/м}$$

9.

Найти вектор  $\vec{B}$  плоской электромагнитной волны, если задан вектор  $\vec{E}$

Ответы:

$$\vec{E} = \vec{y}_0 E_0 \cos(\omega t + \frac{\omega}{v} x).$$

$$\vec{B} = -\vec{z}_0 \frac{E_0}{v} \cos(\omega t + \frac{\omega}{v} x)$$

$$\vec{B} = \vec{z}_0 E_0 \cos\left(\omega t - \frac{\omega}{v} x\right)$$

$$\vec{B} = -\vec{z}_0 \frac{E_0}{v} \cos\left(\omega t - \frac{\omega}{v} x\right)$$

$$\vec{B} = -\vec{x}_0 E_0 \cos\left(\omega t + \frac{\omega}{v} x\right)$$

10.

Какое из приведенных соотношений может быть общим решением одномерного волнового уравнения для составляющей электрического поля  $E_x$ ?

$F_1$  и  $F_2$  - произвольные функции.

Ответы:

$$E_x = F_1(t - z\sqrt{\epsilon\mu}) + F_2(t + z\sqrt{\epsilon\mu})$$

$$E_x = F_1(t - z\sqrt{\epsilon\mu}) \cdot F_2(t + z\sqrt{\epsilon\mu})$$

$$E_x = F_1\left(t - \frac{x}{\sqrt{\epsilon\mu}}\right) + F_2\left(t + \frac{x}{\sqrt{\epsilon\mu}}\right)$$

$$E_x = F_1\left(t - \frac{y}{\sqrt{\epsilon\mu}}\right) + F_2\left(t + \frac{z}{\sqrt{\epsilon\mu}}\right)$$

11.

В изотропном диэлектрике распространяется плоская однородная волна с волновым вектором  $\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda}(\vec{x}_0 \cos \alpha + \vec{z}_0 \sin \alpha)$ . Поляризация волны задается вектором электрического поля  $\vec{E} = E_0(\vec{x}_0 \sin \alpha - \vec{z}_0 \cos \alpha)$ . Определить амплитуду и направление вектора напряженности магнитного поля.  $W$  - волновое сопротивление среды.

Ответы:

$$\vec{H} = \frac{E_0}{W}(\vec{x}_0 \cos \alpha + \vec{y}_0 \sin \alpha)$$

$$\vec{H} = \frac{E_0}{W} (\vec{y}_0 \cos \alpha - \vec{z}_0 \sin \alpha)$$

$$\vec{H} = \frac{E_0}{W} \vec{y}_0$$

$$\vec{H} = -\frac{E_0}{W} \vec{y}_0$$

$$\vec{H} = E_0 W \vec{y}_0$$

12.

Чему равна фазовая скорость волны в металле с параметрами

$$\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}; \quad \sigma = 10^6 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}} \quad \text{на частоте} \quad \omega = 8\pi \cdot 10^7 \frac{\text{рад}}{\text{с}} ?$$

Ответы:

$$V_\phi = \frac{1}{9} \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_\phi = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_\phi = 4 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_\phi = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_\phi = 10^2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

13.

На какой угол повернется вектор напряженности электрического поля волны с круговой поляризацией, распространяющейся в свободном пространстве, при прохождении расстояния 0.1 м. Частота колебаний  $f=1$  ГГц .

Ответы:

$$120^\circ$$

$$60^\circ$$

$$180^\circ$$

$$240^\circ$$

$360^0$ 

14.

Коэффициент затухания в среде равен  $0.5 \cdot 10^{-3} \frac{нп}{м}$ . Во сколько раз уменьшится мощность плоской волны на километре своего пути?

Ответы:

В  $\sqrt{e}$  раз

В  $e \approx 2.72$  раз

В  $e^2$  раз

В  $10^3$  раз

В 2 раза

15

На границу раздела двух сред падает под углом Брюстера электромагнитная волна, имеющая правую круговую поляризацию. Какой будет поляризация отраженной и преломленной волны?

Ответы:

отраженная-вертикальная; преломленная-круговая;

отраженная-горизонтальная; преломленная-отсутствует;

отраженная-эллиптическая; преломленная-круговая;

отраженная-горизонтальная; преломленная-эллиптическая;

отраженная-круговая; преломленная-вертикальная;

16

Волна с **правой круговой** поляризацией падает нормально из вакуума на металлическую поверхность. Какой будет поляризация отраженной волны?

Ответы:

линейная горизонтальная  
 левая круговая  
 правая круговая  
 линейная вертикальная  
 эллиптическая </a>

17

Амплитуда напряженности электрического поля электромагнитной волны, распространяющейся в свободном пространстве, равна  $60\pi \frac{B}{m}$ . Какую мощность переносит волна через площадку с площадью  $S = 4 \text{ м}^2$ , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны?

Ответы:

$30\pi \text{ Вт}$

$15\pi \text{ Вт}$

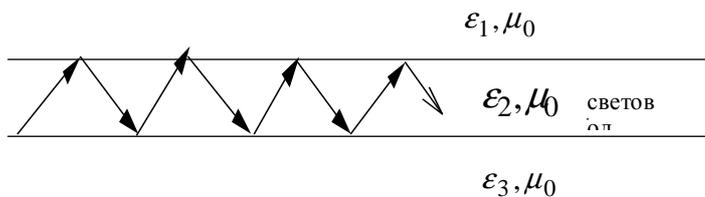
$3\pi \text{ Вт}$

$10 \text{ Вт}$

$240\pi \text{ Вт}$

18

Электромагнитные волны в диэлектрических волноводах (например, в волоконных световодах) могут распространяться на большие расстояния путем многократных отражений от стенок (см. рисунок). Каким для этого должно быть соотношение между  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$  и  $\epsilon_3$  ?



Ответы:

$$\epsilon_1 < \epsilon_2 < \epsilon_3$$

$$\varepsilon_1 < \varepsilon_2 > \varepsilon_3$$

$$\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \varepsilon_3$$

$$\varepsilon_1 > \varepsilon_2 < \varepsilon_3$$

$$\varepsilon_2 < \varepsilon_1 < \varepsilon_3$$

19

При каком отношении диэлектрических проницаемостей сред ( $\varepsilon_2 / \varepsilon_1$ ) будет наблюдаться полное внутреннее отражение, если угол падения волны из первой среды равен  $45^\circ$ , а магнитные проницаемости обеих сред одинаковы ?

Ответы:

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \geq \frac{1}{2}$$

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \geq \frac{1}{4}$$

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \geq \frac{3}{2}$$

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \leq \frac{1}{2}$$

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \geq 4$$

20

Как определяется тангенс угла диэлектрических потерь ( $\operatorname{tg} \Delta$ )?

Ответы:

$$\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = \frac{\sigma \omega}{\varepsilon_a} = \operatorname{tg} \Delta$$

$$\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = \frac{\varepsilon_a \sigma}{\omega} = \operatorname{tg} \Delta$$

$$\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = \frac{\omega}{\sigma \varepsilon_a} = \operatorname{tg} \Delta$$

$$\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon_a} = \operatorname{tg} \Delta$$

$$\frac{\varepsilon'}{\varepsilon''} = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon_a} = \operatorname{tg} \Delta$$

21

Средняя мощность, переносимая плоской однородной волной через круглую площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны, равна 0.6 Вт. Какова амплитуда напряженности электрического поля, если радиус площадки равен 1 м?  $\varepsilon = \varepsilon_0$ ;  $\mu = \mu_0$ .

Ответы:

120 В/м

24 В/м

12 В/м

6 В/м

$\frac{12}{\sqrt{2}}$  В/м

22

Что характеризует мнимая часть комплексной диэлектрической проницаемости?

Ответы:

Ток смещения и наведенные токи

ток проводимости и электрические потери в веществе

Конвекционный ток и глубину проникновения

Ток переноса и ток смещения

23

Записать уравнения Максвелла- для комплексных векторов

Ответы:

$$\boxed{\begin{matrix} \operatorname{rot} \dot{H} = j\omega \dot{E} \\ \operatorname{rot} \dot{E} = -j\omega \dot{H} \end{matrix}};$$

$$\begin{cases} \text{rot} \dot{\vec{H}} = j\omega \dot{\vec{E}} \\ \text{rot} \dot{\vec{E}} = -j\omega \dot{\vec{H}} \end{cases};$$

$$\begin{cases} \overline{\text{rot} \dot{\vec{H}}_m} = j\omega \dot{\vec{E}}_m \\ \text{rot} \dot{\vec{E}}_m = -j\omega \dot{\vec{H}}_m \end{cases};$$

$$\begin{cases} \text{rot} \dot{\vec{H}} = -j\omega \dot{\vec{E}} \\ \text{rot} \dot{\vec{E}} = -j\omega \dot{\vec{H}} \end{cases};$$

$$\begin{cases} \overline{\text{rot} \dot{\vec{H}}_m} = j\omega \dot{\vec{E}}_m \\ \text{rot} \dot{\vec{E}}_m = j\omega \dot{\vec{H}}_m \end{cases}$$

24.

Записать уравнения Максвелл- для комплексных амплитуд

Ответы:

$$\begin{cases} \overline{\text{rot} \dot{\vec{H}}_m} = j\omega \dot{\vec{E}}_m \\ \text{rot} \dot{\vec{E}}_m = j\omega \dot{\vec{H}}_m \end{cases}$$

$$\begin{cases} \overline{\text{rot} \dot{\vec{H}}_m} = j\omega \dot{\vec{E}}_m \\ \text{rot} \dot{\vec{E}}_m = -j\omega \dot{\vec{H}}_m \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{rot} \dot{\vec{H}} = j\omega \dot{\vec{E}} \\ \text{rot} \dot{\vec{E}} = -j\omega \dot{\vec{H}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{rot} \dot{\vec{H}} = j\omega \dot{\vec{E}} \\ \text{rot} \dot{\vec{E}} = -j\omega \dot{\vec{H}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{rot} \dot{\vec{H}} = -j\omega \dot{\vec{E}} \\ \text{rot} \dot{\vec{E}} = -j\omega \dot{\vec{H}} \end{cases}$$

25

Что представляют однородные волновые уравнения. (Уравнения Гельмгольца).

Ответы:

$$\nabla^2 \vec{E} + k \dot{\vec{E}} = 0; \quad \nabla^2 \vec{H} - k \dot{\vec{H}} = 0;$$

$$\nabla^2 \bar{E} + k \dot{\bar{E}} = 0; \quad \nabla \dot{\bar{H}} + k \dot{\bar{H}} = 0;$$

$$\nabla^2 \bar{E} + k \dot{\bar{E}} = 0; \quad \nabla^2 \dot{\bar{H}} + k \dot{\bar{H}} = 0;$$

$$\nabla^2 \bar{E} + k^2 \dot{\bar{E}} = 0; \quad \nabla^2 \dot{\bar{H}} + k^2 \dot{\bar{H}} = 0;$$

$$\nabla^2 \bar{E} - k \dot{\bar{E}} = 0; \quad \nabla^2 \dot{\bar{H}} + k \dot{\bar{H}} = 0;$$

26

Как выглядят однородные волновые уравнения для комплексных амплитуд?

Ответы:

$$\nabla^2 \dot{\bar{E}}_m - k \dot{\bar{E}}_m = 0$$

$$\nabla^2 \dot{\bar{H}}_m + k \dot{\bar{H}}_m = 0$$

$$\nabla^2 \dot{\bar{E}}_m + k \dot{\bar{E}}_m = 0$$

$$\nabla^2 \dot{\bar{H}}_m + k \dot{\bar{H}}_m = 0$$

$$\nabla^2 \dot{\bar{E}}_m + k \dot{\bar{E}}_m = 0$$

$$\nabla^2 \dot{\bar{H}}_m - k \dot{\bar{H}}_m = 0$$

$$\nabla^2 \dot{\bar{E}}_m + k^2 \dot{\bar{E}}_m = 0$$

$$\nabla^2 \dot{\bar{H}}_m + k^2 \dot{\bar{H}}_m = 0$$

$$\nabla \dot{\bar{E}}_m + k \dot{\bar{E}}_m = 0$$

$$\nabla \dot{\bar{H}}_m + k \dot{\bar{H}}_m = 0$$

27

Чему равно мгновенное значение вектора Пойнтинга?

Ответы:

$$\bar{\Pi} = \frac{1}{4} [(\dot{\bar{E}} + \dot{\bar{E}}^*)(\dot{\bar{H}} + \dot{\bar{H}}^*)]$$

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \left[ (\dot{E} + \dot{E}^*) (\dot{H} + \dot{H}^*) \right]$$

$$\bar{P} = \frac{1}{6} \left[ (\dot{E} + \dot{E}^*) (\dot{H} + \dot{H}^*) \right]$$

$$\bar{P} = \frac{1}{4} \left[ (\dot{E} - \dot{E}^*) (\dot{H} + \dot{H}^*) \right]$$

$$\bar{P} = \frac{1}{4} \left[ (\dot{E} + \dot{E}^*) (\dot{H} - \dot{H}^*) \right]$$

28

Мощность плоской электромагнитной волны уменьшается на метре пути в 20 раз. Определите коэффициент затухания волны в этой среде ?

Ответы:

10 дБ/м

26 дБ/м

13 дБ/м

15 дБ/м

20 дБ/м

29

Амплитуда напряженности магнитного поля в волне, распространяющейся в свободном пространстве равна  $\frac{1}{10\pi}$  А/м. Чему равна средняя мощность, переносимая волной через круглую площадку радиусом 1 м, расположенную перпендикулярно распространению волны ?

Ответ:

1.2 Вт

0.8 Вт

6 Вт

$120\pi$  Вт

0.6 Вт

30

Какова поляризация волны, распространяющейся в свободном пространстве, если вектор электрического поля задан в виде

$$\vec{E} = (3\vec{x}_0 + i3\vec{y}_0)e^{i(\omega t - kz)} ?$$

Ответ:

линейная под углом  $45^\circ$  между осями “x” и “y”

линейная под углом  $45^\circ$  между осями “-x” и “y”

круговая

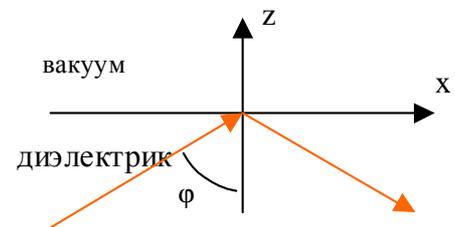
эллиптическая

линейная по оси “z”

31

Волна из диэлектрика с  $\epsilon > \epsilon_0$  падает на границу диэлектрик - вакуум. Угол падения  $\varphi \geq$  угла полного внутреннего отражения. Что собой представляет поле в вакууме?

Ответы:



1)Затухающую волну, распространяющуюся в плоскости “xz” под некоторым углом к оси “x”.

2)Незатухающую волну, распространяющуюся в плоскости “xz” под некоторым углом к оси “x”.

3)Неоднородную плоскую волну: незатухающую волну вдоль оси “z” и затухающую - вдоль оси “x”

4)Поле в вакууме отсутствует

5)Неоднородную плоскую волну: затухающую волну вдоль оси “z” и незатухающую - вдоль оси “x” .

32

Чему равно среднее значение вектора Пойнтинга?

Ответы:

$$|\overline{\Pi}| = \left| \frac{1}{8} \left( \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}}^* + \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}}^* \right) \cdot \sin(\widehat{\vec{E}, \vec{H}}) \right|; \quad \overline{\Pi}_{\text{ср.}} = \frac{1}{T} \int_0^T |\overline{\Pi}| dt;$$

$$|\overline{\Pi}| = \left| \frac{1}{2} \left( \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}}^* + \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}}^* \right) \cdot \sin(\widehat{\vec{E}, \vec{H}}) \right|; \quad \overline{\Pi}_{\text{ср.}} = \frac{1}{T} \int_0^T |\overline{\Pi}| dt;$$

$$|\overline{\Pi}| = \left| \frac{1}{4} \left( \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}}^* + \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}}^* \right) \cdot \sin(\widehat{\vec{E}, \vec{H}}) \right|; \quad \overline{\Pi}_{\text{ср.}} = \frac{1}{T} \int_0^T |\overline{\Pi}| dt;$$

$$|\overline{\Pi}| = \left| \frac{1}{4} \left( \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}}^* + \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}}^* \right) \cdot \cos(\widehat{\vec{E}, \vec{H}}) \right|; \quad \overline{\Pi}_{\text{ср.}} = \frac{1}{T} \int_0^T |\overline{\Pi}| dt;$$

$$|\overline{\Pi}| = \left| \frac{1}{4} \left( \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}}^* - \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}} + \dot{\vec{E}}^* \cdot \dot{\vec{H}}^* \right) \cdot \sin(\widehat{\vec{E}, \vec{H}}) \right|; \quad \overline{\Pi}_{\text{ср.}} = \frac{1}{T} \int_0^T |\overline{\Pi}| dt;$$

33

Чему равна реальная часть комплексного вектора Пойнтинга (среднее значение

вектора Пойнтинга)?

Ответы:

$$|\overline{\Pi}_{\text{р.}}| = \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\dot{\vec{E}}, \dot{\vec{H}}] = \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\dot{\vec{E}}, \dot{\vec{H}}^*]$$

$$|\overline{\Pi}_{\text{ср.}}| = \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\dot{\vec{E}}^*, \dot{\vec{H}}] = \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\dot{\vec{E}}, \dot{\vec{H}}^*];$$

$$|\overline{\Pi}_{\text{р.}}| = \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\dot{\vec{E}}^*, \dot{\vec{H}}] = \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\dot{\vec{E}}, \dot{\vec{H}}]$$

$$|\overline{\Pi}_{\text{р.}}| = \frac{1}{4} \operatorname{Re}[\dot{\vec{E}}^*, \dot{\vec{H}}] = \frac{1}{4} \operatorname{Re}[\dot{\vec{E}}, \dot{\vec{H}}^*]$$

$$\boxed{|\overline{\Pi}_{-p.}| = \operatorname{Re}[\dot{E}^*, \dot{H}] = \operatorname{Re}[\dot{E}, \dot{H}^*]}$$

34

Как находится значение плотности магнитной энергии?

Ответы:

$$\omega^M = \frac{1}{T} \int_0^T W^M dt = \frac{1}{8T} \int_0^T \mu_a \left( \underbrace{\dot{H}^2}_0 + \underbrace{\overline{H}^2}_0 + 2\dot{H} \cdot \dot{H}^* \right) dt ;$$

$$\omega^M = \frac{1}{T} \int_0^T W^M dt = \frac{1}{8T} \int_0^T \mu_a \left( \underbrace{\dot{H}^2}_0 + \underbrace{\overline{H}^2}_0 + 2\dot{H} \cdot \dot{H}^* \right) dt ;$$

$$\omega^M = \frac{1}{T} \int_0^T W^M dt = \frac{1}{8T} \int_0^T \mu_a \left( \underbrace{\dot{H}^2}_0 + \underbrace{\overline{H}^2}_0 + 2\dot{H} \cdot \dot{H}^* \right) dt ;$$

$$\omega^M = \frac{1}{T} \int_0^T W^M dt = \frac{1}{8T} \int_0^T \mu_a \left( \underbrace{\dot{H}^2}_0 + \underbrace{\overline{H}^2}_0 + 2\dot{H} \cdot \dot{H}^* \right) dt ;$$

$$\omega^M = \frac{1}{T} \int_0^T W^M dt = \frac{1}{8T} \int_0^T \mu_a \left( \underbrace{\dot{H}^2}_0 + \underbrace{\overline{H}^2}_0 + 2\dot{H} \cdot \dot{H}^* \right) dt ;$$

35

Какой характер имеет сторонняя плотность мощности?

Ответы:

имеет периодичный характер, так как ток и напряженность стороннего источника сдвинуты по фазе.

имеет реактивный характер, так как ток и напряженность стороннего источника отличается по фазе.

имеет непрерывный характер, при этом ток и напряженность стороннего источника отличаются по фазе.

имеет комплексный характер, так как ток и напряженность стороннего источника отличается по фазе.

36

Как должно убывать поле  $E_m$  в произвольной точке  $\mathbf{M}$ :

Ответы:

$$E_m \approx \frac{1}{2 \cdot r_m^{\alpha+1}}; \quad H_m \approx \frac{1}{2 \cdot r_m^{1+\alpha}};$$

$$E_m \approx \frac{1}{r_m^{\alpha+2}}; \quad H_m \approx \frac{1}{r_m^{2+\alpha}};$$

$$E_m \approx \frac{2}{r_m^{\alpha+1}}; \quad H_m \approx \frac{2}{r_m^{1+\alpha}};$$

$$E_m \approx \frac{1}{r_m^{\alpha+1}}; \quad H_m \approx \frac{1}{r_m^{1+\alpha}};$$

37

В чем состоит принцип причинности (детерменизма)?

Ответы:

При решении уравнений Максвелла допускаются только те волны, которые распространяются к источнику.

При решении уравнений Максвелла допускаются только те волны, которые распространяются от источника.

При решении уравнений Максвелла допускаются только те волны, которые распространяются внутри источника.

При решении уравнений Максвелла допускаются только те волны, которые распространяются во всех направлениях.

38

Во сколько раз затухнет амплитуда вектора  $\vec{E}$  в металле на расстоянии равном длине волны в этом металле?

Ответы:

$$B \ e^{\frac{2\pi}{\lambda}} \text{ раз}$$

$$B \ e^{\pi} \text{ раз}$$

$$B \ e \text{ раз}$$

$$B \ e^{2\pi} \text{ раз}$$

$$B \ e^2 \text{ раз}$$

39

Определите затухание волны на расстоянии равном половине длины волны в металле?

Ответы:

$$8.69 \cdot \pi \text{ дБ}$$

$$\pi/2 \text{ Неп}$$

$$\pi \text{ дБ}$$

$$8.69 \text{ Неп}$$

$$4.34 \text{ дБ}$$

40

Определите затухание волны с частотой  $f = 2$  МГц в диэлектрике с параметрами  $\epsilon_r = 9$ ,  $\sigma = 10^{-6}$ ,  $\mu_r = 1$  на расстоянии, равном длине волны в этом диэлектрике?

Ответы:

$$\pi \text{ дБ}$$

$$\pi/2 \cdot 10^{-1} \text{ Неп}$$

$$\pi/20 \text{ дБ}$$

$$\pi \cdot 10^{-3} \text{ Неп}$$

$$10^{-\pi} \text{ дБ}$$

41

<q> Определите затухание волны, распространяющейся в алюминии, на расстоянии  $d = 1$  мм на частоте  $f = 4$  МГц. Принять параметры алюминия:

$$\mu_r = 1; \quad \sigma = 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}.$$

Ответы:

4π дБ

π/2 · 10<sup>-1</sup> Неп

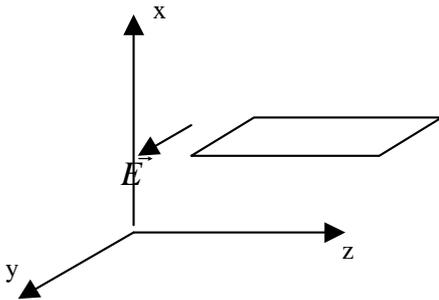
π/20 дБ

4π Неп

10<sup>-π</sup> дБ

42

Плоская волна с вектором  $\vec{E}$  ориентированным вдоль оси “у” распространяется в вакууме в направлении оси “z”. Чему равна амплитуда ЭДС в квадратной рамке со стороной 1.5 м и как она изменится, если сторону рамки увеличить до 6 м? Амплитуда вектора  $E$  равна 1 В/м, частота 100 МГц.



Ответы:

2 В; станет равной 0 ;

0 В; станет равной 1 В ;

2 В; останется равной 2 В ;

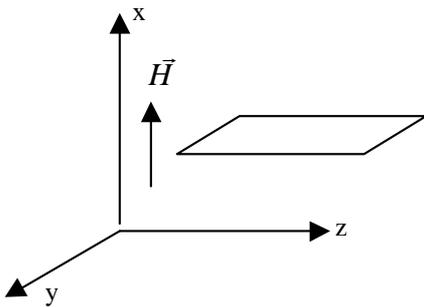
2 В; станет равной 4 В ;

1.2 В; станет равной 2.4 В ;

43

Плоская волна с вектором  $\vec{H}$  ориентированным вдоль оси "x" распространяется в вакууме в направлении оси "z" и падает на квадратную рамку со стороной равной 1 м. Определите амплитуду ЭДС в контуре рамки, если амплитуда  $\vec{H}$  равна  $\frac{1}{120\pi} \frac{A}{m}$ , а частота  $f = 150$  МГц.

Как изменится ЭДС, если сторону рамки увеличить до 3 м ?



Ответы:

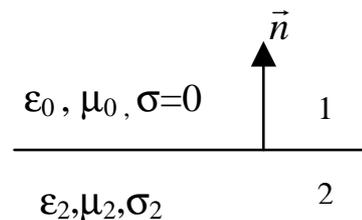
- 2 В; станет равной 0 ;
- 0 В ; станет равной 1 В ;
- 2 В; останется равной 2 В ;
- 2 В ; станет равной 4 В ;
- 1.2 В; станет равной 2.4 В ;

44

<q> На границе двух сред (1-вакуум, 2- поглощающая среда) выполняются приближенные граничные условия Леонтовича. Укажите их **скалярную** формулировку и условия применимости.  $W$  и  $k$  -волновое сопротивление и волновое число в соответствующих средах.

Ответы:

$$\left( \begin{array}{l} \frac{E_{t2}}{H_{t2}} \approx W_2 \\ |k_2| \gg |k_1| \end{array} \right)$$



$$\left( \begin{array}{l} \frac{E_{t2}}{H_{t1}} \approx W_2 \\ |W_2| \ll |W_1| \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} \frac{E_{t1}}{H_{t1}} \approx W_2 \\ |k_2| \ll |k_1| \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} \frac{E_{t1}}{H_{t1}} \approx W_2 \\ |k_2| \gg |k_1| \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} E_{t1} = E_{t2} \\ H_{t1} = H_{t2} \\ |k_2| \ll |k_1| \end{array} \right)$$

45

На границе двух сред (1-вакуум, 2- поглощающая среда) выполняются приближенные граничные условия Леонтовича. Укажите их **векторную** формулировку и условия применимости.  $W$  и  $k$  -волновое сопротивление и волновое число в соответствующих средах.

Ответы:

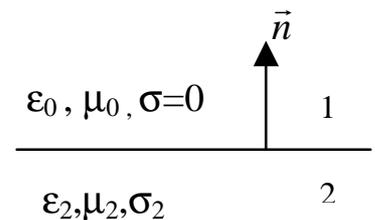
$$\left( \begin{array}{l} \vec{E}_2 \approx W_2 [\vec{n} \vec{H}_2] \\ |k_2| \gg |k_1| \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} \vec{E}_1 \approx W_2 [\vec{n} \vec{H}_1] \\ |k_2| \gg |k_1| \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} \vec{E}_1 \approx W_2 [\vec{n} \vec{H}_1] \\ |k_2| \ll |k_1| \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} \vec{E}_1 \approx W_2 [\vec{n} \vec{H}_1] \\ |Z_{x2}| \ll |Z_{x1}| \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} \vec{E}_1 \approx W_1 [\vec{n} \vec{H}_1] \\ |k_2| \gg |k_1| \end{array} \right)$$



46

В чем состоит приближенный характер граничных условий Леонтовича?

Ответы:

Характеристическое сопротивление второй среды принимается  $\approx 0$ ;

Фазовая скорость второй среды принимается  $\approx 0$ ;

Тангенциальные составляющие  $E$  и  $H$  в обеих средах считаются  $\approx$  равными;

Угол преломления во вторую среду принимается  $\approx 0$ ;

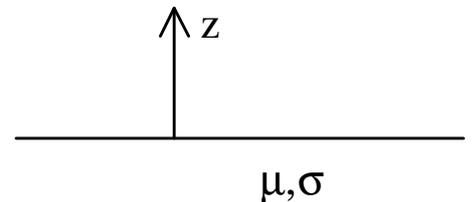
Угол преломления  $\ll$  угла падения.

47

На поверхность металла с параметрами  $\mu = \mu_0$ ;  $\sigma = 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$  нормально

его поверхности из вакуума падает плоская волна с комплексной амплитудой  $\dot{E}_m = 6 \cdot e^{ikz} \frac{B}{\text{м}}$  и частотой  $f = 2$  МГц.

Определить комплексную амплитуду электрического поля преломленной волны при  $z = 0$ .



Ответы:

$$12 \cdot 10^{-3} \cdot e^{\frac{i\pi}{2}} \frac{B}{\text{м}} ;$$

$$4 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\frac{i\pi}{4}} \frac{B}{\text{м}} ;$$

$$2\sqrt{2} \cdot 10^{-4} \cdot e^{\frac{i\pi}{4}} \frac{B}{\text{м}} ;$$

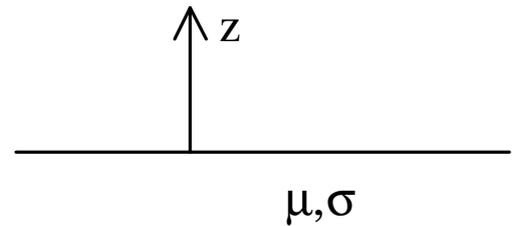
$$6 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\frac{i\pi}{2}} \frac{B}{\text{м}} ;$$

$$120\pi \cdot e^{i\frac{\pi}{2}} \frac{B}{m};$$

48

На поверхность металла с параметрами  $\mu = \mu_0$ ;  $\sigma = 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$  нормально

его поверхности из вакуума падает плоская волна с амплитудой магнитного поля  $H = 1 \text{ А/м}$  и частотой  $f = 100 \text{ МГц}$ . Определить среднюю мощность падающей волны и мощность поглощаемую металлом приходящиеся на  $1 \text{ м}^2$  поверхности волны.



Ответы:

$$\left( \begin{array}{l} 60\pi \text{ Вт}; \\ 2\pi \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} 6 \text{ Вт}; \\ 2\pi \cdot 10^{-1} \text{ Вт} \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} 6 \text{ Вт}; \\ 2 \cdot 10^{-2} \text{ Вт} \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} 6 \text{ Вт}; \\ 2\pi \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} 2\pi \text{ Вт}; \\ 6 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \end{array} \right)$$

49

Из вакуума на идеальный диэлектрик с параметрами  $\epsilon_r = 3$  и  $\mu_r = 1$  падает наклонно плоская волна, имеющая круговую поляризацию. Определить условие, при котором поляризация отраженной волны будет линейной и какой конкретно?  $\varphi$  - угол падения.

Ответы:

$$\varphi \leq 45^\circ, \text{ горизонтальная};$$

$$\varphi \leq 60^\circ, \text{ вертикальная};$$

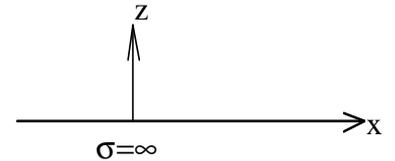
$$\varphi \geq 60^\circ, \text{ горизонтальная};$$

$\varphi \geq 30^\circ$ , горизонтальная;

$\varphi \leq 30^\circ$ , вертикальная.

50

<q> На идеально проводящую поверхность нормально падает плоская волна. Определить амплитуду и направление вектора плотности поверхностного тока, если комплексная амплитуда электрического поля падающей волны представляется в виде



$$\vec{E} = \vec{x}_0 12\pi \cdot e^{ikz}$$

Ответы:

$$\vec{\eta} = 2\vec{y}_0 \frac{A}{m}$$

$$\vec{\eta} = 2\vec{x}_0 \frac{A}{m}$$

$$\vec{\eta} = (\vec{y}_0 + \vec{x}_0) \frac{A}{m}$$

$$\vec{\eta} = 0.2\vec{y}_0 \frac{A}{m}$$

$$\vec{\eta} = 0.2\vec{x}_0 \frac{A}{m};$$

51

Какие плоские электромагнитные волны называются неоднородными?

Ответы:

распространяющиеся в неоднородных средах ;

амплитуда которых зависит от координат ;

фаза которых зависит от всех трех координат ;

Фазовая скорость которых зависит от частоты ;

поверхности равных фаз и амплитуд которых не совпадают.

52

В скольких из названных случаях возникают неоднородные плоские волны ?  
 Первой названа среда, из которой падает волна,  $\varphi$  - угол падения в этой среде,  $\varphi_0$  - угол полного внутреннего отражения,  $\varphi_B$  - угол Брюстера.

При отражении волны от границы раздела любых разных сред.

При отражении от границы идеальный диэлектрик - вакуум при  $\varphi \geq \varphi_0$

.

При отражении от границы идеальный диэлектрик - вакуум при  $\varphi \leq \varphi_0$

.

При отражении от границы вакуум - идеальный диэлектрик при  $\varphi \geq \varphi_B$

.

При отражении от границы вакуум - поглощающая среда.

При отражении от границы вакуум - металл.

Ответы:

В 1 случае;

В 2 случаях;

В 3 случаях;

В 4 случаях;

53

Плоская волна падает из диэлектрика с  $\epsilon_r = 10$  под углом падения  $\varphi = 45^\circ$  на границу с вакуумом. На каком расстоянии от границы амплитуда поля в вакууме уменьшится в  $e$  раз, если длина волны в вакууме равна  $2\pi$  м?

Такого расстояния нет так как поле в вакууме не затухает;

Ответы:

2 м ;

1 м ;

0.5 м ;

0.25 м ;

0.1 м .

54

Плоская волна падает нормально на границу раздела вакуум - идеальный диэлектрик с параметрами  $\epsilon_r = 4$ ,  $\mu_r = 1$ ,  $\sigma = 0$ . Определить среднее значение плотности потока мощности в диэлектрике, если для вакуума оно составляет  $1 \text{ Вт/м}^2$ .

Ответы:

$$1/9 \text{ Вт/м}^2$$

$$2/9 \text{ Вт/м}^2$$

$$4/9 \text{ Вт/м}^2$$

$$8/9 \text{ Вт/м}^2$$

$$1/4 \text{ Вт/м}^2$$

55

Плоская волна падает нормально на границу раздела между вакуумом и металлом с параметрами  $\mu_r = 1$ ,  $\sigma = 6 \cdot 10^7 \text{ Сим/м}$ . Определить среднее значение плотности потока мощности в металла непосредственно у границы раздела, если для вакуума оно составляет  $1 \text{ Вт/м}^2$ , частота волны  $f = 6 \text{ МГц}$ .

<a>  $1/10 \text{ Вт/}$

Ответы:

$$10^{-2} \text{ Вт/м}^2$$

$$10^{-4} \text{ Вт/м}^2$$

$$10^{-6} \text{ Вт/м}^2$$

$$0 \text{ Вт/м}^2$$

56

Пучок лазера имеет радиус поперечного сечения 2 мм. Средняя мощность излучения - 15 Вт. Определить амплитуду напряженности электрического поля в пучке, рассматривая его как плоскую волну ( в пределах пучка)

Ответы:

100 кВ/м

30 кВ/м

10 кВ/м

3 кВ/м

100 В/м

57

В изотропном диэлектрике распространяется плоская однородная волна с волновым вектором  $\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda}(\vec{x}_0 \cos \alpha + \vec{z}_0 \sin \alpha)$ . Поляризация волны задается вектором электрического поля  $\vec{E} = E_0(\vec{x}_0 \sin \alpha - \vec{z}_0 \cos \alpha)$ . Определить амплитуду и направление вектора напряженности магнитного поля.  $W$  - волновое сопротивление среды.

Ответы:

$$\vec{H} = \frac{E_0}{W}(\vec{x}_0 \cos \alpha + \vec{y}_0 \sin \alpha)$$

$$\vec{H} = \frac{E_0}{W}(\vec{y}_0 \cos \alpha - \vec{z}_0 \sin \alpha)$$

$$\vec{H} = \frac{E_0}{W} \vec{y}_0$$

$$\vec{H} = -\frac{E_0}{W} \vec{y}_0$$

$$\vec{H} = E_0 W \vec{y}_0$$

58

Коэффициент затухания в среде равен  $0.5 \cdot 10^{-3} \frac{нп}{м}$ . Во сколько раз уменьшится мощность плоской волны на километре своего пути?

Ответ:

В  $\sqrt{e}$  раз

В  $e \approx 2.72$  раз

В  $e^2$  раз

В  $10^3$  раз

В 2 раза

59

Средняя мощность, переносимая плоской однородной волной через круглую площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны, равна 0.6 Вт. Какова амплитуда напряженности электрического поля, если радиус площадки равен 1 м?  $\varepsilon = \varepsilon_0$ ;  $\mu = \mu_0$ .

Ответы:

120 В/м

24 В/м

12 В/м

6 В/м

$\frac{12}{\sqrt{2}}$  В/м

60

Мощность плоской электромагнитной волны уменьшается на метре пути в 20 раз. Определите коэффициент затухания волны в этой среде ?

Ответы:

10 дБ/м

26 дБ/м

13 дБ/м

15 дБ/м

20 дБ/м

61

Амплитуда напряженности магнитного поля в волне, распространяющейся в свободном пространстве равна  $\frac{1}{10\pi}$  А/м. Чему равна средняя мощность, переносимая волной через круглую площадку радиусом 1 м, расположенную перпендикулярно распространению волны ?

Ответы:

1.2 Вт

0.8 Вт

6 Вт

$120\pi$  Вт

0.6 Вт

62

Какова поляризация волны, распространяющейся в свободном пространстве, если вектор электрического поля задан в виде

$$\vec{E} = (3\vec{x}_0 + i3\vec{y}_0)e^{i(\omega t - kz)} \quad ?$$

Ответы:

линейная под углом  $45^0$  между осями “х” и “у”

линейная под углом  $45^0$  между осями “-х” и “у”

круговая

эллиптическая

линейная по оси “z”

63

Какова поляризация волны, распространяющейся в свободном пространстве, если вектор электрического поля задан в виде

$$\vec{E} = (3\vec{x}_0 - 3\vec{y}_0)e^{i(\omega t - kz)} \quad ?$$

Ответы:

линейная под углом  $45^0$  между осями “х” и “у”

линейная под углом  $45^0$  между осями “-х” и “у”

круговая

эллиптическая

вектор  $\vec{E}$  задан неверно.

64

Какова поляризация волны, распространяющейся в свободном

пространстве, если вектор электрического поля задан в виде

$$\vec{E} = (3\vec{x}_0 + i3\vec{z}_0)e^{i(\omega t - kz)} \quad ?$$

Ответ:

линейная под углом  $45^0$  между осями “x” и “y”  
 линейная под углом  $45^0$  между осями “-x” и “y”  
 круговая;  
 эллиптическая;  
 вектор  $\vec{E}$  задан неверно

65

Какова поляризация волны, распространяющейся в свободном пространстве, если вектор электрического поля задан в виде

$$\vec{E} = E_0 \left( \frac{1}{2} \vec{x}_0 + i \frac{\sqrt{3}}{2} \vec{z}_0 \right) e^{i(\omega t - ky)} \quad ?$$

Ответы:

линейная под углом  $30^0$  к оси “x” и  $60^0$  к оси “y”  
 линейная под углом  $60^0$  к оси “x” и  $30^0$  к оси “y”  
 круговая  
 эллиптическая  
 вектор  $\vec{E}$  задан неверно.

66

Какова поляризация волны, распространяющейся в свободном пространстве, если вектор электрического поля задан в виде

$$\vec{E} = E_0 \vec{x}_0 \cos(\omega t - ky) + E_0 \vec{z}_0 \sin(\omega t - ky) \quad ?$$

Ответы:

линейная под углом  $45^0$  между осями “x” и “y”  
 линейная под углом  $45^0$  между осями “-x” и “y”  
 круговая  
 эллиптическая

вектор  $\vec{E}$  задан неверно

67

На какой угол повернется вектор напряженности электрического поля волны с круговой поляризацией, распространяющейся в свободном пространстве, при прохождении расстояния 0.1 м. Частота колебаний  $f=1$  ГГц.

Ответы:

$120^\circ$

$60^\circ$

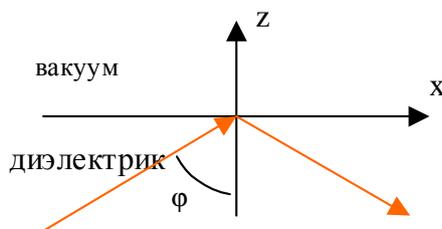
$180^\circ$

$240^\circ$

$360^\circ$

68

Волна из диэлектрика с  $\epsilon > \epsilon_0$  падает на границу диэлектрик - вакуум. Угол падения  $\phi \geq$  угла полного внутреннего отражения. Что собой представляет поле в диэлектрике?  $C$  - скорость волны в вакууме.



Ответы:

Неоднородную волну, распространяющуюся вдоль оси "x" с  $V_\phi < \frac{C}{\sqrt{\epsilon}}$  и стоячую волну вдоль оси "- z";

Неоднородную волну, распространяющуюся вдоль оси "x" с  $V_\phi > \frac{C}{\sqrt{\epsilon}}$  и стоячую волну вдоль оси "- z";

Неоднородную волну, распространяющуюся вдоль оси "-z" с  $V_\phi < \frac{C}{\sqrt{\epsilon}}$  и стоячую волну вдоль оси "x";

Неоднородную волну, распространяющуюся вдоль оси "x" с  $V_\phi = C$  и стоячую волну вдоль оси "- z";

Стоячую волну в направлении оси “- z”, вдоль оси “x ” поле не изменяется.

69

Определите затухание волны, распространяющейся в алюминии, на расстоянии  $d = 1$  мм на частоте  $f = 4$  МГц. Принять параметры алюминия:  $\mu_r = 1$ ;  $\sigma = 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$ .

Ответы:

4π дБ

$\pi/2 \cdot 10^{-1}$  Неп

$\pi/20$  дБ

4π Неп

$10^{-\pi}$  дБ

70

В чем состоит приближенный характер граничных условий Леонтовича?</q>

Ответы:

Характеристическое сопротивление второй среды принимается  $\approx 0$

Фазовая скорость второй среды принимается  $\approx 0$ ;

Тангенциальные составляющие E и H в обеих средах считаются  $\approx$  равными;

Угол преломления во вторую среду принимается  $\approx 0$

Угол преломления  $\ll$  угла падения.

71

Из вакуума на идеальный диэлектрик с параметрами  $\epsilon_r = 3$  и  $\mu_r = 1$  падает наклонно плоская волна, имеющая круговую поляризацию. Определить условие, при котором поляризация отраженной волны будет линейной и какой конкретно?  $\varphi$  - угол падения.

Ответ:

$\varphi \leq 45^\circ$ , горизонтальная;

$\varphi \leq 60^0$  , вертикальная;

$\varphi \geq 60^0$  , горизонтальная;

$\varphi \geq 30^0$  , горизонтальная;

$\varphi \leq 30^0$  , вертикальная.

72

На идеально проводящую поверхность нормально падает плоская волна. Определить амплитуду и направление вектора плотности поверхностного тока, если комплексная амплитуда электрического поля падающей волны представляется в виде  $\vec{E} = \vec{x}_0 12\pi \cdot e^{ikz}$ .

Ответы:

$$\vec{\eta} = 2\vec{y}_0 \frac{A}{m}$$

$$\vec{\eta} = 2\vec{x}_0 \frac{A}{m}$$

$$\vec{\eta} = (\vec{y}_0 + \vec{x}_0) \frac{A}{m}$$

$$\vec{\eta} = 0.2\vec{y}_0 \frac{A}{m}$$

$$\vec{\eta} = 0.2\vec{x}_0 \frac{A}{m};$$

73

Какие плоские электромагнитные волны называются неоднородными ?

Отвтыты:

распространяющиеся в неоднородных средах ;

амплитуда которых зависит от координат ;

фаза которых зависит от всех трех координат ;

Фазовая скорость которых зависит от частоты ;

поверхности равных фаз и амплитуд которых не совпадают.

74

В скольких из названных случаях возникают неоднородные плоские волны ?  
 Первой названа среда, из которой падает волна,  $\varphi$  - угол падения в этой среде,  $\varphi_0$  - угол полного внутреннего отражения,  $\varphi_B$  - угол Брюстера.

При отражении волны от границы раздела любых разных сред.

При отражении от границы идеальный диэлектрик - вакуум при  $\varphi \geq \varphi_0$

.

При отражении от границы идеальный диэлектрик - вакуум при  $\varphi \leq \varphi_0$

.

При отражении от границы вакуум - идеальный диэлектрик при  $\varphi \geq \varphi_B$

.

При отражении от границы вакуум - поглощающая среда.

При отражении от границы вакуум - металл.

Ответы:

В 1 случае;

В 2 случаях;

В 3 случаях;

В 4 случаях;

Во всех случаях.

75

Плоская волна падает из диэлектрика с  $\epsilon_r = 10$  под углом падения  $\varphi = 45^\circ$  на границу с вакуумом. На каком расстоянии от границы амплитуда поля в вакууме уменьшится в  $e$  раз, если длина волны в вакууме равна  $2\pi$  м?

Ответы:

Такого расстояния нет так как поле в вакууме не затухает;

2 м ;

1 м ;

- 0.5 м ;
- 0.25 м ;
- 0.1 м .

76

Плоская волна падает нормально на границу раздела вакуум - идеальный диэлектрик с параметрами  $\epsilon_r = 4$  ,  $\mu_r = 1$  ,  $\sigma = 0$ . Определить среднее значение плотности потока мощности в диэлектрике, если для вакуума оно составляет  $1 \text{ Вт/м}^2$ .

Ответы:

- $1/9 \text{ Вт/м}^2$
- $2/9 \text{ Вт/м}^2$
- $4/9 \text{ Вт/м}^2$
- $8/9 \text{ Вт/м}^2$
- $1/4 \text{ Вт/м}^2$

77

Плоская волна падает нормально на границу раздела между вакуумом и металлом с параметрами  $\mu_r = 1$  ,  $\sigma = 6 \cdot 10^7 \text{ Сим/м}$ . Определить среднее значение плотности потока мощности в металла непосредственно у границы раздела, если для вакуума оно составляет  $1 \text{ Вт/м}^2$  , частота волны  $f = 6 \text{ МГц}$ .

Ответы:

- $1/10 \text{ Вт/м}^2$
- $10^{-2} \text{ Вт/м}^2$
- $10^{-4} \text{ Вт/м}^2$
- $10^{-6} \text{ Вт/м}^2$
- $0 \text{ Вт/м}^2$

78

Пучок лазера имеет радиус поперечного сечения 2 мм. Средняя мощность излучения - 15 Вт. Определить амплитуду напряженности электрического поля в пучке, рассматривая его как плоскую волну ( в пределах пучка).

Ответы:

$$100 \text{ кВ/м}$$

$$30 \text{ кВ/м}$$

$$10 \text{ кВ/м}$$

$$3 \text{ кВ/м}$$

$$100 \text{ В/м}$$

79

Круговая частота плоской волны, распространяющейся в свободном пространстве, равна  $\omega = 3 \cdot 10^9 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$ . Значения векторов поля при  $t = 0$  в начале координат равны

$$\vec{H} = 10^{-2} \vec{x}_0 \frac{\text{А}}{\text{м}}; \quad \vec{E} = 1.2\pi \cdot \vec{z}_0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

Построить волновой вектор  $\vec{k}$  (размерность  $\vec{k}$  всюду 1/м).

Ответы:

$$\vec{k} = 10\vec{y}_0$$

$$\vec{k} = 10\vec{x}_0$$

$$\vec{k} = -20\vec{z}_0$$

$$\vec{k} = 1.2 \cdot 10^2 \vec{y}_0$$

$$\vec{k} = -20\vec{y}_0$$

80

Амплитудное значение плотности тока смещения в плоской электромагнитной волне равно  $2\pi \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$ . Определить амплитуду напряженности магнитного поля, если частота колебаний  $f=1$  ГГц. Волна

распространяется в свободном пространстве.

Ответы:

$$1 \text{ А/м}$$

$$0.01 \text{ А/м}$$

$$0.2 \text{ А/м}$$

$$0.3 \text{ А/м}$$

$$10 \text{ А/м}$$

81

Найти вектор  $\vec{B}$  плоской электромагнитной волны, если задан вектор  $\vec{E}$

$$\vec{E} = \vec{y}_0 E_0 \cos(\omega t + \frac{\omega}{v} x).$$

Ответы:

$$\vec{B} = -\vec{z}_0 \frac{E_0}{v} \cos(\omega t + \frac{\omega}{v} x)$$

$$\vec{B} = \vec{z}_0 E_0 \cos(\omega t - \frac{\omega}{v} x)$$

$$\vec{B} = -\vec{z}_0 \frac{E_0}{v} \cos(\omega t - \frac{\omega}{v} x)$$

$$\vec{B} = -\vec{x}_0 E_0 \cos(\omega t + \frac{\omega}{v} x)$$

$$\vec{B} = \vec{z}_0 \mu_0 E_0 \cos(\omega t + \frac{\omega}{v} x)$$

82

Какое из приведенных соотношений может быть общим решением одномерного волнового уравнения для составляющей электрического поля  $E_x$ ?  $F_1$  и  $F_2$  - произвольные функции.

Ответы:

$$E_x = F_1(t - z\sqrt{\epsilon\mu}) + F_2(t + z\sqrt{\epsilon\mu})$$

$$E_x = F_1(t - \frac{z}{\sqrt{\epsilon\mu}}) + F_2(t + \frac{z}{\sqrt{\epsilon\mu}})$$

$$E_x = F_1(t - z\sqrt{\epsilon\mu}) \cdot F_2(t + z\sqrt{\epsilon\mu})$$

$$E_x = F_1\left(t - \frac{x}{\sqrt{\epsilon\mu}}\right) + F_2\left(t + \frac{x}{\sqrt{\epsilon\mu}}\right)$$

$$E_x = F_1\left(t - \frac{y}{\sqrt{\epsilon\mu}}\right) + F_2\left(t + \frac{z}{\sqrt{\epsilon\mu}}\right)$$

83

В изотропном диэлектрике распространяется плоская однородная волна с волновым вектором  $\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda}(\vec{x}_0 \cos \alpha + \vec{z}_0 \sin \alpha)$ . Поляризация волны задается вектором электрического поля  $\vec{E} = E_0(\vec{x}_0 \sin \alpha - \vec{z}_0 \cos \alpha)$ . Определить амплитуду и направление вектора напряженности магнитного поля.  $W$  - волновое сопротивление среды.

веты:

$$\vec{H} = \frac{E_0}{W}(\vec{x}_0 \cos \alpha + \vec{y}_0 \sin \alpha)$$

$$\vec{H} = \frac{E_0}{W}(\vec{y}_0 \cos \alpha - \vec{z}_0 \sin \alpha)$$

$$\vec{H} = \frac{E_0}{W} \vec{y}_0$$

$$\vec{H} = -\frac{E_0}{W} \vec{y}_0$$

$$\vec{H} = E_0 W \vec{y}_0$$

84

Амплитуда напряженности электрического поля электромагнитной волны, распространяющейся в свободном пространстве, равна  $60\pi \frac{B}{m}$ . Какую мощность переносит волна через площадку с площадью  $S = 4 \text{ м}^2$ , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны?

Ответы:

$$30\pi \text{ Вт}$$

$$15\pi \text{ Вт}$$

$3\pi$  Вт

10 Вт

$240\pi$  Вт

85

Средняя мощность, переносимая плоской однородной волной через круглую площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны, равна 0.6 Вт. Какова амплитуда напряженности электрического поля, если радиус площадки равен 1 м?  $\varepsilon = \varepsilon_0$ ;  $\mu = \mu_0$ .

Ответы:

120 В/м

24 В/м

12 В/м

6 В/м

$\frac{12}{\sqrt{2}}$  В/м

86

Мощность плоской электромагнитной волны уменьшается на метре пути в 20 раз. Определите коэффициент затухания волны в этой среде ?

Ответ:

10 дБ/м

26 дБ/м

13 дБ/м

15 дБ/м

20 дБ/м

87

Амплитуда напряженности магнитного поля в волне, распространяющейся в свободном пространстве равна  $\frac{1}{10\pi}$  А/м. Чему равна средняя мощность,

переносимая волной через круглую площадку радиусом  
1 м, расположенную перпендикулярно распространению волны ?

Ответ:

1.2 Вт

0.8 Вт

6 Вт

$120\pi$  Вт

0.6 Вт

88

Морская вода имеет параметры  $\epsilon_r = 60, \mu_r = 1, \sigma = 4 \frac{\text{См}}{\text{м}}$ . Определить относительную комплексную диэлектрическую проницаемость и тангенс угла потерь для частоты  $f = 120$  кГц.

Ответы:

$$\dot{\epsilon}_r = 60 - i8 \cdot 10^5 ; \text{tg}\Delta = 10^5 .$$

$$\dot{\epsilon}_r = 50 - i6 \cdot 10^5 ; \text{tg}\Delta = 10^4$$

$$\dot{\epsilon}_r = 60 - i6 \cdot 10^5 ; \text{tg}\Delta = 10^5$$

$$\dot{\epsilon}_r = 60 - i6 \cdot 10^5 ; \text{tg}\Delta = 10^4$$

$$\dot{\epsilon}_r = 60 + i6 \cdot 10^5 ; \text{tg}\Delta = 10^4$$

89

**В некоторой точке пространства заданы комплексные амплитуды полей**

$$\dot{\vec{E}} = 5\vec{x}_0 - 8i\vec{y}_0 + 12e^{i30^\circ} \vec{z}_0 \frac{\text{В}}{\text{м}} ; \quad \dot{\vec{H}} = 0.4e^{i45^\circ} \vec{x}_0 + 1.6e^{-i45^\circ} \vec{y}_0 - 0.75e^{-i60^\circ} \vec{z}_0 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

Определить средний по времени вектор Пойнтинга.

Ответы:

$$\vec{I}_{c\partial} = 5.083\vec{x}_0 + 3.306i\vec{y}_0 + 3.960 \vec{z}_0 \frac{\hat{A}\partial}{i^2}.$$

$$\vec{I}_{c\partial} = -5.083\vec{x}_0 - 3.306i\vec{y}_0 + 3.960 \vec{z}_0 \frac{\hat{A}\partial}{i^2}$$

$$\vec{P}_{cp} = -5.083\vec{x}_0 + 3.306i\vec{y}_0 + 3.960 \vec{z}_0 \frac{Bm}{M^2}.$$

$$\vec{I}_{c\partial} = -5.083\vec{x}_0 + 3.306i\vec{y}_0 - 3.960 \vec{z}_0 \frac{\hat{A}\partial}{i^2}$$

$$\vec{I}_{c\partial} = -5.083\vec{x}_0 - 3.306i\vec{y}_0 - 3.960 \vec{z}_0 \frac{\hat{A}\partial}{i^2}.$$

$$\vec{I}_{c\partial} = -5.083\vec{x}_0 + 6.306i\vec{y}_0 - 3.960 \vec{z}_0 \frac{\hat{A}\partial}{i^2}$$

90

Электромагнитная волна распространяется вдоль оси  $z$ . В плоскости  $z=0$  амплитуда вектора  $\vec{E}=700$  В/м. Погонное затухание волны 0.2 дБ/м. Определить амплитуду вектора  $\vec{E}$  в плоскости  $z=400$ м.

Ответы:

$$E=0.03 \text{ В/м.}$$

$$E=0.04 \text{ В/м.}$$

$$E=0.05 \text{ В/м.}$$

$$E=0.06 \text{ В/м.}$$

$$E=0.07 \text{ В/м.}$$

91

Плоская электромагнитная волна с частотой  $f = 800$  МГц распространяется в вакууме. Волновой вектор образует угол  $30^\circ$  с вектором  $\vec{x}_0$  и угол  $80^\circ$  с вектором  $\vec{y}_0$ . Вычислите вектор  $\vec{k}$ .

Ответы:

$$\vec{k} = (14.51\vec{x}_0 - 2.91\vec{y}_0 \pm 7.856\vec{z}_0) \frac{1}{i}.$$

$$\vec{k} = (14.51\vec{x}_0 + 2.91\vec{y}_0 \pm 7.856\vec{z}_0) \frac{1}{i}.$$

$$\vec{k} = (12.51\vec{x}_0 + 2.91\vec{y}_0 \pm 7.856\vec{z}_0) \frac{1}{i}.$$

$$\vec{k} = (16.51\vec{x}_0 + 2.91\vec{y}_0 \pm 7.856\vec{z}_0) \frac{1}{i}$$

$$\vec{k} = (12.51\vec{x}_0 + 2.91\vec{y} - 7.856\vec{z}_0) \frac{1}{i}.$$

92

Электромагнитная волна с амплитудой напряженности электрического поля 250 В/м падает по направлению нормали на поверхность идеального диэлектрика с  $\epsilon_r = 3.2$ . Найти модули средних по времени векторов Пойнтинга падающей, отраженной и преломленной волн.

Ответы:

$$\dot{I}_{\text{пад}} = 82.9 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{отд}} = 6.6 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{пр}} = 76.3 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2},$$

$$\dot{I}_{\text{пад}} = 62.9 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{отд}} = 6.6 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{пр}} = 66.3 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2},$$

$$\dot{I}_{\text{пад}} = 82.9 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{отд}} = 8.6 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{пр}} = 74.3 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2},$$

$$\dot{I}_{\text{пад}} = 82.9 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{отд}} = 8.6 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{пр}} = 66.3 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2},$$

$$\dot{I}_{\text{пад}} = 72.9 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{отд}} = 6.6 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2}, \quad \dot{I}_{\text{пр}} = 86.3 \frac{\text{А} \cdot \text{д}}{\text{м}^2},$$

93

Плоская электромагнитная волна с горизонтальной поляризацией падает из воздуха под углом падения  $60^\circ$  на границу с диэлектриком, имеющим параметры  $\epsilon_r = 3.2$ ,  $\mu_r = 1$ . Амплитуда вектора  $\vec{E}$  падающей волны равна 0.4 В/м. Определить амплитуды векторов  $\vec{H}$  отраженной и преломленной волн. Ответ:  $H_{\text{отп}} = 5.5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{А}}{\text{м}}$ ,  $H_{\text{пр}} = 9.2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{А}}{\text{м}}$ ,

Ответы:

$$v_\delta = 2.302 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad \delta = 1.76 \text{ м}.$$

$$v_\delta = 3.301 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad \delta = 1.58 \text{ м}.$$

$$v_\delta = 2.401 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad \delta = 1.68 \text{ м}.$$

$$v_o = 2.501 \cdot 10^8 \text{ м/с}, \quad \text{длина волны } \lambda = 1.78 \text{ м}.$$

$$v_o = 2.301 \cdot 10^8 \text{ м/с}, \quad \text{длина волны } \lambda = 1.68 \text{ м}.$$

94

Плоская электромагнитная волна падает нормально на пластину диэлектрика без потерь толщиной  $d$ . Определить условие при котором пластина будет прозрачной, т.е. отраженная волна будет отсутствовать.

Ответы:

$$d = 0,7\lambda \cdot p, \quad \lambda - \text{длина волны в пластине}, \quad p - \text{целое число}$$

$$d = 0,55\lambda \cdot p, \quad \lambda - \text{длина волны в пластине}, \quad p - \text{целое число}$$

$$d = 0,6\lambda \cdot p, \quad \lambda - \text{длина волны в пластине}, \quad p - \text{целое число}$$

$$d = 0,5\lambda \cdot p, \quad \lambda - \text{длина волны в пластине}, \quad p - \text{целое число}$$

$$d = 0,4\lambda \cdot p, \quad \lambda - \text{длина волны в пластине}, \quad p - \text{целое число}$$

95

На одну сторону диэлектрической пластины из воздуха падает плоская электромагнитная волна под углом падения  $30^\circ$ , не создавая отражения. Определить поляризацию волны и относительную диэлектрическую проницаемость диэлектрика, Доказать, что отражения от другой стороны пластины также не будет.

Ответы:

поляризация круговая,  $\epsilon_r = 2.5$

поляризация эллиптическая,  $\epsilon_r = 2$

поляризация вертикальная,  $\epsilon_r = 3$

поляризация горизонтальная,  $\epsilon_r = 4$

поляризация вертикальная,  $\epsilon_r = 3.5$

96

Среднее значение вектора Пойнтинга при распространении плоской электромагнитной волны уменьшается на 15 процентов на пути 2м. Определить коэффициент затухания в неперах на метр и в децибелах на метр и глубину проникновения поля в данную среду.

Ответы:

0.0506 Нп/м, 0.372 дБ/м, 24.6 м

0.0466 Нп/м, 0.452 дБ/м, 25.6 м

0.0406 Нп/м, 0.352 дБ/м, 24.6 м

0.0906 Нп/м, 0.552 дБ/м, 23.6 м

0.0606 Нп/м, 0.452 дБ/м, 22.6 м

### 97

Ионосфера, расположенная над Землей на высоте более 80 км, является ионизированным разреженным воздухом т.е.плазмой. В присутствии постоянного магнитного поля Земли –  $H_0$  она является гиротропной средой. Определить компоненты тензора относительной диэлектрической проницаемости ионосферы, считая ее однородной плазмой, если среднее значение электронной концентрации (на высоте 300 км) составляет  $N_e = 4 \cdot 10^{11}$  эл/м<sup>3</sup>,  $H_0 = 40$  А/м, частота волны  $f = 7$  МГц.

Ответы:

$\epsilon_x = 0.325$ ,  $\epsilon_z = 0.343$ ,  $b = 0.158$ ,

$\epsilon_x = 0.315$ ,  $\epsilon_z = 0.343$ ,  $b = 0.138$ ,

$\epsilon_x = 0.515$ ,  $\epsilon_z = 0.443$ ,  $b = 0.238$ ,

$\epsilon_x = 0.215$ ,  $\epsilon_z = 0.343$ ,  $b = 0.158$ ,

$\epsilon_x = 0.615$ ,  $\epsilon_z = 0.543$ ,  $b = 0.238$ ,

### 98

В условиях задачи 4.3.13 определить постоянную Фарадея и расстояние на котором поворот плоскости поляризации составит  $90^0$ .

Ответы:

$$R=0.1176 \text{ 1/м}, L=69,25\text{м}$$

$$R=0.0776 \text{ 1/м}, L=69,25\text{м}$$

$$R=0.3176 \text{ 1/м}, L=59,25\text{м}$$

$$R=0.0176 \text{ 1/м}, L=89,25\text{м}$$

$$R=0.0376 \text{ 1/м}, L=8=29,25\text{м}$$

## 99

Ферритовый образец с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r=10$  и намагниченностью насыщения  $M_S=4 \cdot 10^4$  А/м помещен в постоянное магнитное поле с напряженностью  $H_0 = 10^5$  А/м. Определить частоту ферромагнитного резонанса и компоненты тензора  $\|\mu_r\|$  на частотах  $f_1=1,2$  ГГц и  $f_2=12$  ГГц.

Ответы:

$$\omega_p=3,21 \cdot 10^{10} \text{ 1/с}, \quad 1) \text{ на } f_1 \text{ } m_x=1.463, \text{ } b = -0.154, \quad 2) \text{ на } f_2 \text{ } m_x=0.942, \text{ } b = 0.128$$

$$\omega_p=2,21 \cdot 10^{10} \text{ 1/с}, \quad 1) \text{ на } f_1 \text{ } m_x=1.453, \text{ } b = -0.154, \quad 2) \text{ на } f_2 \text{ } m_x=0.962, \text{ } b = 0.128$$

$$\omega_p=2,41 \cdot 10^{10} \text{ 1/с}, \quad 1) \text{ на } f_1 \text{ } m_x=2.453, \text{ } b = -0.154, \quad 2) \text{ на } f_2 \text{ } m_x=0.862, \text{ } b = 0.128$$

$$\omega_p=2,26 \cdot 10^{10} \text{ 1/с}, \quad 1) \text{ на } f_1 \text{ } m_x=1.463, \text{ } b = -0.154, \quad 2) \text{ на } f_2 \text{ } m_x=0.972, \text{ } b = 0.128$$

$$\omega_p=4,21 \cdot 10^{10} \text{ 1/с}, \quad 1) \text{ на } f_1 \text{ } m_x=1.553, \text{ } b = -0.154, \quad 2) \text{ на } f_2 \text{ } m_x=0.972, \text{ } b = 0.128$$

## 100

Где правильно отображена линейная поляризация?

Ответы:

$$\varphi = 0 \quad \frac{E_x}{E_{01}} = \frac{E_y}{E_{02}} \quad \Rightarrow \quad E_x = \frac{E_{01}}{E_{02}} E_y ;$$

$$\varphi = 0 \quad \frac{E_x}{E_{01}} = -\frac{E_y}{E_{02}} \Rightarrow E_x = -\frac{E_{01}}{E_{02}} E_y ;$$

$$\varphi = 0 \quad \frac{E_x}{E_{01}} = \frac{E_y}{E_{02}} \quad \Rightarrow \quad E_x = \frac{E_{01}}{E_{02}} E_y ;$$

$$\varphi = \pi \quad E_x = -\frac{E_{01}}{E_{02}} E_y ;$$

$$\varphi = \frac{\pi}{2}, \quad E_{01} = E_{02} ; E_x^2 + E_y^2 = E_{01}^2 ; \bar{E}_1 = E_{01} \cdot \cos \omega t ;$$

## 6. ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

### 1

Если длину электрического вибратора увеличить в 2 раза сохранив все остальные величины постоянными, то какие параметры и как будут изменяться от первоначальных значений?

Ответы:

1. мощность излучения возрастёт в 2 раза  
сопротивление излучения возрастёт в 4 раза  
напряжённость  $E$  поля возрастёт в 2 раза
2. мощность уменьшится в 4 раза  
сопротивление увеличится в 2 раза  
напряжённость увеличится в 2 раза
3. мощность возрастёт в 4 раза  
сопротивление возрастёт в 4 раза  
напряжённость возрастёт в 4 раза
4. мощность возрастёт в 4 раза  
сопротивление возрастёт в 4 раза  
напряжённость возрастёт в 2 раза

### 2

Напряжённость электрического поля щелевого вибратора в дальней

зоне записывается  $E_{\varphi} = -\frac{i\dot{U}_{щ}lk}{2\pi r} \sin \theta * e^{-ikr}$ . Какой вид будут иметь

формулы мощности и сопротивления излучения для этого вибратора?

Ответы:

$$1. P_{\Sigma}^{uz} = \frac{U_{uz}^2}{4R_{\Sigma uz}}; R_{\Sigma uz} = 45 \left( \frac{l}{\lambda} \right)^2$$

$$2. P_{\Sigma}^{uz} = \frac{U_{uz}^2}{2R_{\Sigma uz}}; R_{\Sigma uz} = 45 \left( \frac{l}{\lambda} \right)^2$$

$$3. P_{\Sigma}^{uz} = \frac{U_{uz}^2}{4R_{\Sigma uz}}; R_{\Sigma uz} = 45 \left( \frac{\lambda}{l} \right)^4$$

$$4. P_{\Sigma}^{uz} = \frac{U_{uz}^2}{2R_{\Sigma uz}}; R_{\Sigma uz} = 45 \left( \frac{\lambda}{l} \right)^4$$

## 3

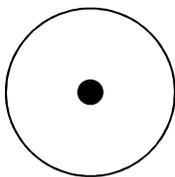
Выражения электромагнитных полей щелевого вибратора в дальней зоне записываются как

$$\dot{E}_{\varphi} = -i \frac{U_{uz} l k}{2\pi r} \sin \theta * e^{-ikr}, \quad \dot{H}_{\theta} = \frac{i U_{uz} l k^2}{2\pi \omega \mu r} \sin \theta * e^{-ikr}.$$

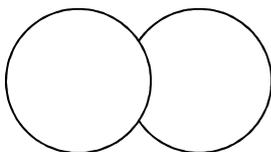
Как следует изобразить диаграммы направленности для электрического и магнитного полей щелевого вибратора в экваториальной и меридианной плоскостях?

Ответы:

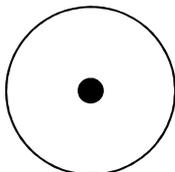
1. экваториальная



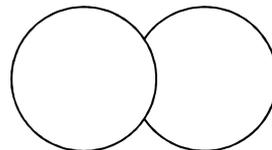
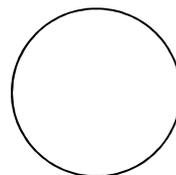
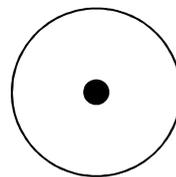
2.



3.



меридианная



4

Определить границы ближней и дальней зоны элементарного вибратора при частоте излучения 3000 МГц.

Ответы:

1. ближняя зона  $R=10\text{см}$ , дальняя зона  $R=100\text{см}$
2. ближняя зона  $R=1\text{см}$ , дальняя зона  $R \geq 1000\text{м}$
3. ближняя зона  $R \leq 1\text{см}$ , дальняя зона  $R \geq 1\text{м}$
3. ближняя зона  $R=1\text{см}$ , дальняя зона  $R=1\text{м}$

5

Какими величинами необходимо располагать при определении ближней и дальней зоны элементарного электрического вибратора?

Ответы:

1. параметрами среды и размерами вибратора.
2. рабочей частотой.
3. размерами вибратора и рабочей частотой.
4. видом поляризации и параметрами среды.

6

Как изменяется от расстояния величина электрического поля магнитного диполя в ближней и дальней зоне?

Ответы:

1. в ближней зоне поля  $\approx r^{-3}$ ; в дальней -  $\approx r^{-1}$
2. в ближней -  $\approx r^{-2}$ ; в дальней -  $\approx r^{-2}$
3. в ближней -  $\approx r^{-3}$ ; в дальней -  $\approx r^{-2}$
4. в ближней -  $\approx r^{-2}$ ; в дальней -  $\approx r^{-1}$

7

Рассчитать сопротивление излучения электрического диполя длиной 10мм на частоте 3000МГц.

Ответы:

1. 78,9 Ом                      2. 1,58 Ом                      3. 15,8 Ом
4. 7,88 Ом                      5. 4.6 Ом

8

Сопротивление излучения щелевого вибратора определяется формулой

$$R_{\Sigma} = 45 \left( \frac{\lambda}{l_{\text{ш}}} \right)^2 .$$

Каких размеров следует сделать размеры (длину и ширину)

щелевого вибратора, чтобы на частоте 3 ГГц сопротивление излучения равнялось  $R_{\Sigma} = 20$  Омам?

Ответы:

1.      длина  $l=15$  см;      ширина  $d=1,5$  см
2.                       $l=100$  см;                       $d=10$  см
3.                       $l=20$  см;                       $d=2$  см

9

Для магнитного диполя на рисунках ниже представлены диаграммы направленности в дальней зоне в декартовых координатах. В каких плоскостях сферической системы координат они снимались (экваториальная, меридианная)?

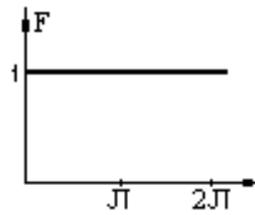


Рис. 1

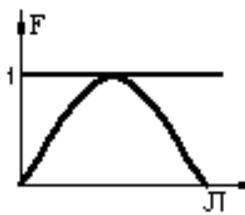


Рис. 2

Ответы:

Рис.1:  $0 \leq \varphi \leq 2\pi, \theta = \pi/2$

Рис.2:  $0 \leq \varphi \leq \pi, \theta = \text{const}$

Рис.2: диаграмма снята при  $0 \leq \theta \leq \pi, \alpha = \text{const}$

Рис.2: диаграмма в меридиональной плоскости

## 10

К магнитному диполю заданных размеров подводится сторонний ток  $J_{ст.т}$  постоянной величины, но изменяющийся по частоте. Как будет вести себя мощность излучения диполя от частоты в дальней зоне?

Ответы:

$P_{изл.}$  не изменится от частоты

$P_{эсв.} \cong K^2 \cdot f^2, K = \text{const}$

$P_{изл.} = K \cdot f^2$

$P_{изл.} = K \cdot f^{-4}$

$P_{изл.} = K \cdot f^{-2}$

## 11

Запишите дифференциальные уравнения для электродинамических потенциалов  $\vec{A}$  и  $\phi$ , которым они удовлетворяют в изотропных и однородных средах для гармонических во времени сторонних источников.

Ответы:

$$1. \nabla^2 \dot{\varphi} + k^2 \dot{\varphi} = -\frac{\dot{\rho}_{\text{н\ddot{o}}.}}{\varepsilon}; \quad \nabla^2 \dot{A} + k\dot{A} = -\mu \dot{\delta}_{\text{н\ddot{o}}.}$$

$$2. \nabla^2 \dot{A} + k\dot{A} = -\mu \dot{\delta}_{\text{cm.}}; \quad dw\dot{A} = jw\varepsilon\mu\dot{\varphi}; \quad grad\dot{\varphi} = \left\{ \frac{\partial \dot{A}}{\partial t} + \dot{E} \right\}$$

$$3. \dot{\varphi} = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \int_V \frac{\rho_{\text{н\ddot{o}}.} e^{-jkr}}{r} dV; \quad \dot{A} = \int_V \frac{\rho_{\text{н\ddot{o}}.} e^{-jkr}}{r} dV.$$

## 12

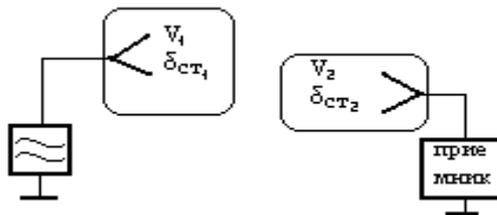
Чем отличается для магнитного диполя в дальней зоне функция направленности по мощности от функции направленности по напряженности электрического поля?

Ответы:

1. функции направленности одинаковы
2.  $F_p(\alpha; \theta) = \sin \theta; \quad F_E(\alpha, \theta) = \sin^2 \theta$
3.  $F_p(\alpha; \theta) = \sin^2 \theta; \quad F_E(\alpha, \theta) = \sin \theta$
4.  $F_p(\alpha; \theta) = \sin^2 \alpha; \quad F_E(\alpha, \theta) = \sin \alpha^2$

## 13

Запишите теорему взаимности для случая на рисунке, где (1) – передающая телевизионная антенна в объеме  $V_1$ , а в объеме  $V_2$  – приемная антенна телевизора (2). Антенны находятся на расстоянии  $r \gg \lambda$ .



Ответы:

1. 
$$\int_{V_1} \dot{\vec{E}}_2 \dot{\vec{\delta}}_{cm.1} dV = \int_{V_2} \dot{\vec{E}}_1 \dot{\vec{\delta}}_{cm.2} dV$$
2. 
$$\int_{S_1} \left\{ \dot{\vec{H}}_1 \cdot \dot{\vec{E}}_2 \right\} - \left[ \dot{\vec{H}}_2 \cdot \dot{\vec{E}}_1 \right] dS = \int_{V_1} \dot{\vec{E}}_2 \dot{\vec{\delta}}_{cm.1} dV - \int_{V_2} \dot{\vec{E}}_1 \dot{\vec{\delta}}_{cm.2} dV$$
3. 
$$\left\{ \dot{\vec{H}}_1 \cdot \dot{\vec{E}}_2 \right\} - \left[ \dot{\vec{H}}_2 \cdot \dot{\vec{E}}_1 \right] = \dot{\vec{E}}_2 \dot{\vec{\delta}}_{\dot{n}\dot{o}.1} - \dot{\vec{E}}_1 \dot{\vec{\delta}}_{\dot{n}\dot{o}.2}.$$

## 14

Известно, что  $\dot{\vec{A}} = \frac{J_{\dot{n}\dot{o}} l \mu}{4\pi r} (\vec{r}_0 \cos \theta - \vec{\theta}_0 \sin \theta) e^{-j\vec{k} \cdot \vec{r}}$  (в сферической

системе координат). Найдите вектор  $\dot{\vec{H}}$  по вектору  $\dot{\vec{A}}$ .

Ответы:

1. 
$$\dot{\vec{H}} = \vec{\alpha}_0 \frac{J_{cm} l}{4\pi r} \left( \frac{1}{r} + jk \right) \sin \theta \cdot e^{-j\vec{k} \cdot \vec{r}}$$
2. 
$$\dot{\vec{H}} = -j \frac{J_{cm} l}{4\pi w} \left[ \vec{r}_0 \frac{2}{r^2} \left( \frac{1}{r} + jk \right) \cos \theta + \vec{\theta}_0 \frac{1}{r} \left( \frac{1}{r^2} + j \frac{k}{r} \right) \sin \theta \right] e^{-j\vec{k} \cdot \vec{r}}$$
3. 
$$\dot{\vec{H}} = \left\{ \vec{\alpha}_0 \frac{J_{cm} l}{4\pi r^2} \sin \theta + \vec{\theta}_0 \frac{J_{cm} l}{4\pi r^2} \cos \theta \right\} e^{-j\vec{k} \cdot \vec{r}}$$

## 15

В какой плоскости расположен виток с током (магнитный диполь), если его диаграмма направленности в экваториальной плоскости имеет вид окружности?

Ответы:

1. в экваториальной плоскости
2. в меридиональной плоскости
3.  $\hat{a}_{\dot{\theta}} \hat{r} \hat{a}_{\dot{\theta}}$   $r_0 \theta$

4.  $\hat{a}_{\theta} \cdot \hat{a}_{\phi} = \sin \theta \cos \phi$

## 16

Как можно получить выражения векторов  $\vec{E}_m$  и  $\vec{H}_m$  магнитного диполя в дальней зоне по известным выражениям электрического диполя?  $\vec{E}_{\theta}$  и  $\vec{H}_{\phi}$ ?

Ответы:

1.  $E \leftrightarrow H; \epsilon \leftrightarrow -\mu; \vec{p} \leftrightarrow \vec{m}; p = -j \frac{J_{\text{нд}} \cdot l}{\omega}; m = J_m \mu S$
2.  $E \leftrightarrow H; \epsilon \leftrightarrow \mu; J_{\text{нд}} \leftrightarrow J_m$
3.  $E \leftrightarrow H; \mu \leftrightarrow \epsilon; \vec{p} \leftrightarrow \vec{m}; p = \frac{J_{\text{нд}} \cdot l}{\omega}; m = J_m \mu S;$

## 17

Получите соотношения для полей электрического диполя в дальней зоне по известным полям магнитного диполя:

$$E_{\alpha m} = \frac{J_m k^2 S W_0}{4\pi r} \sin \theta \cdot e^{-jk r}; \quad H_{\theta m} = -\frac{J_m k^2 S}{4\pi r} \sin \theta \cdot e^{-jk r}.$$

Ответы:

1.  $E_{\theta} = \frac{J_m k^2}{4\pi r} \sin \theta \cdot e^{-jk \cdot \vec{r}}; H_{\phi} = \frac{E_{\theta}}{W_0}$
2.  $E_{\theta} = -\frac{J_m k^2}{4\pi r \mu \epsilon} \sin \theta \cdot e^{-jk \cdot \vec{r}}; H_{\phi} = \frac{E_{\theta}}{W_0}$
3.  $H_{\phi} = -\frac{J_m k}{4\pi r} \sin \theta \cdot e^{-jk \cdot \vec{r}}; E_{\theta} = \frac{k H_{\phi}}{W_0}$

## 18

Определить мощность, излучаемую элементарным электрическим излучателем в сферический сектор, ограниченный углами  $\theta_1 = 90^\circ, \theta_2 = 88^\circ$ . Длина излучателя 5 см, амплитуда тока 10 А, длина волны 5 м.

Ответы:

1.  $28,28 \cdot 10^{-2} \text{ Вм}$     2.  $20,72 \cdot 10^{-1} \hat{A}\delta$   
 3.  $14,34 \cdot \hat{A}\delta$     4.  $3,7 \cdot \hat{A}\delta$

## 19

Определите мощность излучения элементарной рамки с током, если на расстоянии 500 м в экваториальной плоскости создается электрическое поле с амплитудой 100 мВ/м.

Ответы:

1. 13,88 Вт;    2. 27,76 Вт;  
 3. 55,52 Вт;    4. 0,555 Вт

## 20

В электрической цепи существует ток с частотой 50 Гц и амплитудой 10А. Площадь, ограниченная контуром цепи, составляет 4 м<sup>2</sup>. Определите мощность, теряемую цепью за счет образовавшегося контура излучения.

Ответы:

1.  $1,92 \cdot 10^{-20} \text{ Вм}$     2.  $1,2 \cdot 10^{-21} \text{ Вм}$   
 3.  $3,84 \cdot 10^{-20} \text{ Вм}$     4.  $0,6 \cdot 10^{-21} \text{ Вм}$

## 21

Найдите амплитуды векторов напряженности электрического и магнитного полей, создаваемых квадратной рамкой в точке с координатами  $r = 1000 \text{ м}$ ,  $\theta = \pi/2$ . Амплитуда тока в рамке 1 А. Рамка лежит в экваториальной плоскости и имеет размер стороны  $0,1\lambda_0$ .

Ответы:

1.  $11,8 \cdot 10^{-1} \text{ В/м};$      $0,0314 \cdot 10^{-1} \text{ А/м}$   
 2.  $23,7 \cdot 10^{-1} \text{ В/м};$      $0,0628 \cdot 10^{-1} \text{ А/м}$

3.  $11,8 \cdot 10^{-3}$  В/м;  $0,314 \cdot 10^{-4}$  А/м  
 4.  $0,1184 \cdot 10^{-1}$  В/м;  $0,003 \cdot 10^{-1}$  А/м

## 22

Какой вид имеет условие калибровки и для чего оно вводится?

Ответы:

- $div \dot{\vec{A}} + j\omega\mu_a\epsilon_a\dot{\phi} = 0$ ; связь между  $\dot{\vec{A}}$  и  $\dot{\phi}$
- $div \dot{\vec{A}} - \mu_a\epsilon_a \frac{\partial \dot{\phi}}{\partial t} = 0$ ; связь между  $\dot{\vec{A}}$  и  $\dot{\phi}$
- $grad \phi = -\mu_a\epsilon_a \frac{\partial \dot{\vec{A}}}{\partial t}$ ; позволяет решать волновое уравнение.

## 23

Чем отличаются магнитные поля элементарного магнитного излучателя в ближней ( $H_{bl}$ ) и дальней ( $H_d$ ) зонах?

Ответы:

- $\vec{H}_{áë} = H_{ráë}\vec{r}_0 + H_{\theta áë}\vec{\theta}_0$ ;  $\vec{H}_{á} = H_{\theta á}\vec{\theta}_0$ ;  $H_{ráë}, H_{\theta áë} \approx \frac{1}{r^3}$ ;  $H_{\theta á} \approx \frac{1}{r}$ ;
- поля  $\vec{H}_{bl}, \vec{H}_d$  сдвинуты по фазе на  $\pi$ ;
- поля одинаковые;
- $H_{áë} \approx \frac{1}{r}$ ;  $H_{á} \approx \frac{1}{r^3}$ ,

## 24

Какими уравнениями определяются поля  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  через динамические потенциалы  $\vec{A}$  и  $\phi$  в случае электрического диполя?

Ответы:

- $\vec{E} = -grad\phi + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$ ;  $\vec{H} = \frac{1}{\mu} rot\vec{A}$

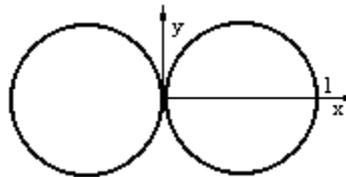
$$2. \quad \dot{\vec{E}} = -\left(\frac{\text{grad div } \dot{\vec{A}}}{j\omega\epsilon_a\mu_a} + j\omega\dot{\vec{A}}\right); \quad \dot{\vec{H}} = \frac{1}{\mu} \text{rot} \dot{\vec{A}}$$

$$3. \quad \dot{\vec{E}} = \frac{1}{\epsilon_a} \text{rot} \dot{\vec{A}}; \quad \dot{\vec{H}} = -\left(\frac{-\text{grad div } \dot{\vec{A}}}{j\omega\epsilon_a\mu_a} + j\omega\dot{\vec{A}}\right)$$

$$4. \quad \dot{\vec{E}} = -\text{grad} \varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}; \quad \vec{H} = \frac{1}{\mu} \text{rot} \vec{A}$$

25

В какой плоскости снята представленная на рисунке диаграмма направленности элементарного электрического диполя?



Ответы:

1. в меридиональной при  $\alpha = \text{const}$
2.  $\theta = \pi/2$
3. в горизонтальной при  $\theta = 60^\circ$

26

Когда отрезок провода длиной 1 м можно считать элементарным электрическим излучателем на длине волны  $\lambda$ ?

Ответы:

1.  $r \gg \lambda; J_{\vec{n}\vec{0}} = J_0 \sin kl$
2.  $l \ll \lambda; J_{\vec{n}\vec{0}} = \text{const}$  ВДОЛЬ ДЛИНЫ ДИПОЛЯ
3. всегда, если  $\epsilon_a \gg \epsilon_0$

27

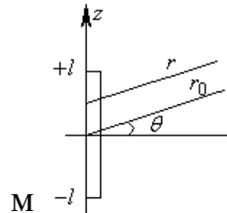
Какой вид имеет функция направленности элементарного электрического диполя по мощности в экваториальной плоскости?

Ответы:

1.  $F = \sin \theta$
2.  $F = \sin^2 \theta$
3.  $F = 1$
4.  $F = 0$

28

Чему равен векторный потенциал  $\bar{A}_3$  в дальней зоне вибратора с равномерным распределением тока, если длина вибратора сравнима с длиной волны  $\lambda$ ?



Ответы:

1.  $\bar{A}_3 = \bar{z}_0 \frac{\mu J_m l e^{-ikr_0}}{2\pi r_0} \frac{\sin(kl \sin \theta)}{(kl \sin \theta)}$ ;
2.  $\bar{A}_3 = \bar{z}_0 \frac{\mu J_m l e^{-ikr_0}}{4\pi r_0} \frac{\sin(kl \sin \theta)}{(kl \sin \theta)}$ ;
3.  $\bar{A}_3 = \bar{z}_0 \frac{\epsilon J_m l e^{-ikr_0}}{2\pi r_0} \frac{\sin(kl \sin \theta)}{(kl \sin \theta)}$ ;
4.  $\bar{A}_3 = \bar{z}_0 \frac{\mu J_m l e^{-ikr_0}}{4\pi r_0} \frac{\cos(kl \sin \theta)}{(kl \sin \theta)}$ ;
5.  $\bar{A}_3 = \bar{z}_0 \frac{\mu J_m l e^{-ikr_0}}{2\pi r_0} \frac{\sin(kl \sin \theta)}{(kl \cos \theta)}$

29

Определить ток, протекающий в электрическом элементарном диполе Герца, длина которого  $l = 5$  см, если в точке с координатами:  $r = 1$  км,  $\theta = \frac{\pi}{2}$  напряженность электрического поля  $E_0 = 10^{-4}$  В/м, а частота колебаний поля  $f = 10^8$  Гц.

Ответы:

1.  $J_m = 32$  мА;    2.  $J_m = 81$  мА;    3.  $J_m = 73$  мА;

4.  $J_m = 44$  мА;                      5.  $J_m = 27$  мА.

### 30.

Диполь Герца и точка наблюдения  $M$  лежат в плоскости  $xu$ . Ось диполя образует с линией, соединяющей его с точкой  $M$ , угол  $\theta_1$ . Чему равен этот угол, если после поворота оси диполя на  $90^\circ$  напряженность поля в точке  $M$  не изменится?

Ответы:

1.  $\theta_1 = 30^\circ$ ;                      2.  $\theta_1 = 45^\circ$ ;                      3.  $\theta_1 = 60^\circ$ ;

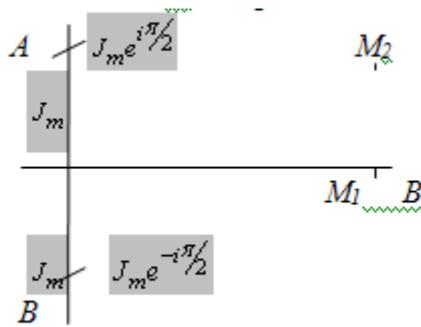
4.  $\theta_1 = 90^\circ$ ;                      5.  $\theta_1 = 120^\circ$

### 31

Определить электрическую составляющую поля излучения диполя Герца длиной  $l = 5$  см в экваториальной плоскости на расстоянии  $r = 10^4$  м и при частоте  $f = 300$  МГц. Амплитуда тока в диполе 10 А, параметры среды  $\varepsilon' = 4, \mu' = 2$

Ответы.

1.  $11,2 \cdot 10^{-3}$  В/м;    2.  $12,1 \cdot 10^{-3}$  В/м;    3.  $16,31 \cdot 10^{-3}$  В/м;



4.  $6,7 \cdot 10^{-3} \text{ В/м};$   
 $18,84 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}.$

5.

32

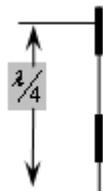
Как изменится электрическое поле, излучаемое магнитным диполем Герца, если при неизменной амплитуде тока в витке  $J_m$ ,  $\mu$  - увеличится, а  $\varepsilon$  - уменьшится в девять раз?

**Ответы:**

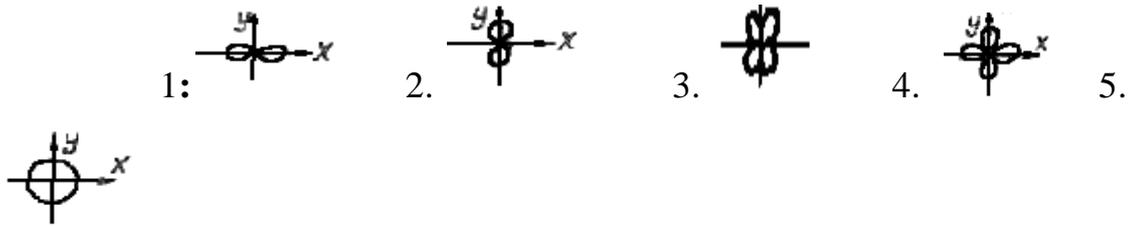
1. Поле увеличится в 3 раза;
2. Поле уменьшится в 3 раза;
3. Поле останется неизменным;
4. Поле уменьшится в 9 раз;
5. Поле увеличится в 9 раз.

33

Какой вид имеет диаграмма направленности в дальней зоне системы из двух вертикальных электрических диполей Герца, центры которых находятся на расстоянии как показано на рисунке?



**Ответы:**



34

Определить электрическую составляющую поля излучения диполя Герца длиной  $l = 10$  см в экваториальной плоскости на расстоянии  $r = 10^5$  м и при частоте  $f = 300$  МГц,  $I = 10$  А.

Ответы.

1.  $6,7 \cdot 10^{-3}$  В/м;                      2.  $1,88 \cdot 10^{-3}$  В/м;  
 3.  $8,1 \cdot 10^{-3}$  В/м;                      4.  $8,41 \cdot 10^{-3}$  В/м;                      5.

$9,42 \cdot 10^{-3}$  В/м.

35

В точках  $A$  и  $B$  расположены по два перпендикулярных один к другому диполя Герца, с токами с одинаковой амплитуды. В диполях в точке  $A$  токи сдвинуты на  $\frac{\pi}{2}$ , а в точке  $B$  на  $-\frac{\pi}{2}$ . Какова поляризация поля излучаемого этой системой в точках  $M_1$  и  $M_2$ ?

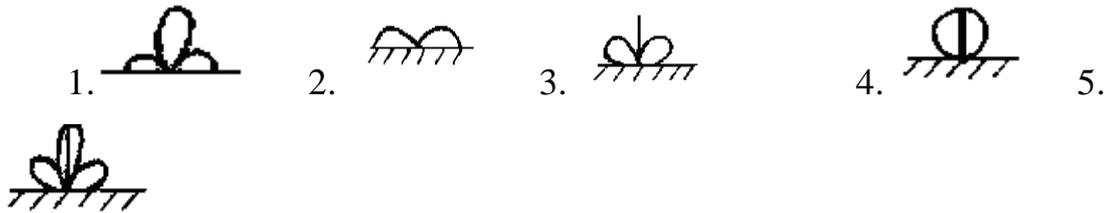
Ответы:

1.  $M_1$  – линейная,  $M_2$  – эллиптическая.;
2.  $M_1, M_2$  – линейные поляризации;
3.  $M_1, M_2$  – круговая поляризация;
4.  $M_1$  – эллиптическая,  $M_2$  – круговая;
5.  $M_1$  – круговая,  $M_2$  – эллиптическая.

36

Указать, какая из приведенных диаграмм направленности соответствует случаю вертикального диполя Герца, слегка приподнятого над идеально проводящей «землей» для дальней зоны

Ответы:



37

Найти магнитную составляющую поля излучения электрического диполя Герца длиной  $l = 5$  см в экваториальной плоскости на расстоянии  $r = 2 \cdot 10^4$  м от диполя и при частоте  $f = 300$  МГц. Амплитуда тока равна 20 А, параметры среды  $\epsilon'_r = 5$ ,  $\mu'_r = 20$ .

Ответы:

1.  $0,019 \cdot 10^{-3}$  А/м;
2.  $0,3 \cdot 10^{-4}$  А/м;
3.  $0,5 \cdot 10^{-4}$  А/м;
4.  $0,19 \cdot 10^{-3}$  А/м;
5.  $0,25 \cdot 10^{-4}$  А/м.

38

Найти сопротивление излучения электрического диполя Герца при  $l = 5$  см и  $\lambda = 3$  м. Определить мощность излучения, если амплитуда тока в диполе равна 10 А.

Ответы:

$$1. R_{\Sigma} = 0,15 \text{ Ом}, P_{\Sigma} = 15 \text{ Вт}; \quad 2. R_{\Sigma} = 0,11 \text{ Ом}, P_{\Sigma} = 17 \text{ Вт};$$

$$3. R_{\Sigma} = 0,22 \text{ Ом}, P_{\Sigma} = 11 \text{ Вт}; \quad 4. R_{\Sigma} = 0,19 \text{ Ом}, P_{\Sigma} = 13 \text{ Вт};$$

$$5. R_{\Sigma} = 0,31 \text{ Ом}, P_{\Sigma} = 9 \text{ Вт}.$$

### 39

Два вертикальных диполя Герца параллельны друг другу и перпендикулярны линии, их соединяющей. Расстояние между ними  $L = 10\lambda$ . Токи одинаковы по амплитуде, но противофазны. На каком расстоянии  $r$  от первого диполя электрическое поле равно нулю?

Ответы:

1.  $r = 2\lambda$ ;  
 $r = 4\lambda$ ;

2.  $r = 3\lambda$ ;    3.

4.  $r = 5\lambda$ ;

5.  $r = 6\lambda$ .

### 40

Четыре электрических диполя Герца составляют квадрат. Токи у них одинаковые и синфазные. Чему равно в дальней зоне суммарное поле  $E$  в точке  $M$ , расположенной в направлении оси симметрии квадрата, параллельной его стороне, если  $E_0$  – максимальное поле от одиночного диполя?

Ответы:

1.  $E = 4E_0$ ; 2.  $E = 2E_0$ ; 3.  $E = E_0$ ; 4.  $E = 0$ ; 5.  $E = \frac{1}{2}E_0$ .

**41**

Три диполя Герца составляют равносторонний треугольник. Токи синфазны, одинаковых амплитуд, и их направления указаны на рисунке. Чему равно поле  $E$ , излучаемое всей системой в точке, расположенной на биссектрисе угла треугольника в дальней зоне, если поле одного диполя  $E_0$ ?

Ответы:

1.  $E = 2E_0$ ; 2.  $E = 1,5E_0$ ; 3.  $E = E_0$ ; 4.  $E = 0$ ; 5.  $E = 3E_0$ .

**42**

Найти магнитную составляющую поля излучения диполя Герца на расстоянии  $r = 10^4$  м, угле  $\theta = 30^\circ$ , длине диполя  $l = 5$  см и при частоте  $f = 300$  МГц. Амплитуда тока в диполе равна 20 А.

Ответы:

1.  $0,015 \cdot 10^{-3}$  А/м; 2.  $0,025 \cdot 10^{-3}$  А/м;  
3.  $0,01 \cdot 10^{-3}$  А/м; 4.  $0,05 \cdot 10^{-3}$  А/м; 5.  $0,035 \cdot 10^{-3}$  А/м.

**43**

Какова мощность генератора, работающего на согласованный с ним диполь Герца, если в дальней зоне на расстоянии 500 м в экваториальной плоскости создается электрическое поле, напряженность которого равна 100 мВ/м?

Ответы.

1.  $P_\Sigma = 0,402$  Вт; 2.  $P_\Sigma = 0,372$  Вт;  
3.  $P_\Sigma = 5,5$  Вт; 4.  $P_\Sigma = 0,25$  Вт;  
5.  $P_\Sigma = 25$  Вт;

44

Определить электрическую составляющую поля излучения электрического диполя Герца длиной  $l=15$  см в экваториальной плоскости на расстоянии  $r = 10^4$  м и при частоте  $f=200$  МГц. Амплитуда тока в диполе 10 А, параметры среды  $\varepsilon' = 4, \mu' = 2$ .

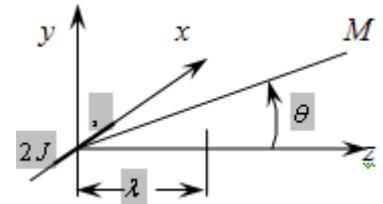
Ответы:

1.  $3,8 \cdot 10^{-2}$  В/м; 2.  $12,1 \cdot 10^{-3}$

В/м;

3.  $16,31 \cdot 10^{-3}$  В/м; 4.  $6,8 \cdot 10^{-2}$  В/м

5.  $18,84 \cdot 10^{-3}$  В/м.



45

Два диполя Герца расположены на расстоянии  $\lambda$  один от другого вдоль оси Z так, что  $\vec{l}_1 = \vec{y}^0 l$  и  $\vec{l}_2 = \vec{x}^0 l$ . Они питаются синфазными токами  $J$  и  $2J$  соответственно. Найти угол  $\theta$ , определяющий положение точки  $M$  в плоскости  $xz$ , где возникает поле круговой поляризации.

Ответы:

1.  $60^\circ$ ; 2.  $45^\circ$ ; 3.  $30^\circ$ ;

4.  $0^\circ$ ; 5.  $90^\circ$ .

46

Два одинаковых диполя Герца расположены перпендикулярно один относительно другого низко над идеальной “землей”. Полагая точку наблюдения

находящейся на оси  $x$  (перпендикулярно земле) вдали от диполей, определить на ней поле, излучаемое этой системой. Токи в диполях одинаковые.

Ответы:

1.  $E=2E_0$ ;    2.  $E=E_0$ ;    3.  $E=0$ ;

4.  $E=4E_0$ ;    5.  $E=3E_0$ .

**47**

Диполь Герца излучает в свободное пространство поле со средней мощностью  $\bar{P}_\Sigma=0,1$  Вт. Какова максимальная амплитуда поля  $E$  на сфере с радиусом 1000 м, в центре которого расположен диполь?

Ответы:

1.  $E = 0,01$  В/м;                      2.  $E = 0,008$  В/м;

3.  $E = 0,005$  В/м;                      4.  $E = 0,004$  В/м;

5.  $E = 0,003$  В/м.

**48**

Определить ток, протекающий в электрическом диполе Герца, длина которого  $l=10$  см, если в точке с координатами  $r=1$  км,  $\theta = \frac{\pi}{6}$  напряженность электрического поля  $E_\theta = 10^{-4}$  В/м, а частота колебаний поля  $f=10^8$  Гц.

Ответы:

1.  $J_m = 27$  мА;                      2.  $J_m = 32$  мА;

3.  $J_m = 41$  мА;                      4.  $J_m = 54$  мА;    5.  $J_m = 71$  мА.

**49**

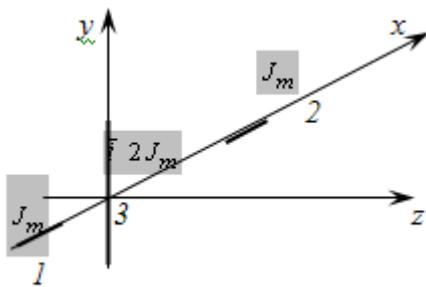
Как изменится магнитное поле, излучаемое магнитным диполем Герца, если при неизменной амплитуде тока в витке  $J_m$ ,  $\mu$  - увеличится, а  $\varepsilon$  - уменьшится в пять раз?

Ответы:

1. Поле увеличится в 5 раз;
2. Поле увеличится в 25 раз;
3. Поле уменьшится в 5 раз;
4. Поле уменьшится в 25 раз.
5. Поле останется неизменным.

## 50

Два диполя Герца расположены на оси  $x$  симметрично началу координат, и



питаются одинаковыми синфазными токами  $J_m$ .

В начале координат расположен еще один диполь Герца ориентированный вдоль оси  $y$ .

Ток этого диполя в два раза больше токов в 1 и

2 диполях, но сдвинут по фазе на  $\frac{\pi}{2}$ . Как поляризованы поля в точках

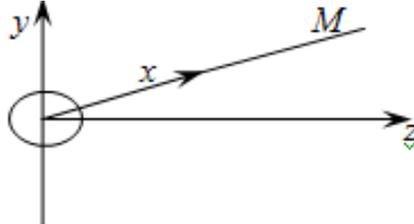
наблюдения на оси  $y$  и на оси  $z$  находящихся в дальней зоне?

Ответы:

1.  $y$  – круговая поляризация,  $z$  – эллиптическая;
2.  $y$  – эллиптическая,  $z$  – круговая;
3.  $y$  – линейная,  $z$  – линейная;
4.  $y$  – линейная,  $z$  – круговая;
5.  $y$  – круговая,  $z$  – линейная.

## 51

В начале прямоугольной системы координат расположены диполь Герца (вдоль оси  $y$ ) и маленький виток тока в плоскости  $xz$ . В дальней зоне по оси  $x$ ;  $|\bar{E}^p| = |\bar{E}^m|$ . Какова поляризация  $E$  в точке  $M$ , если электрические токи в витке синфазны?



Ответы:

1. Линейная поляризация;
2. Круговая;
3. Эллиптическая;
4. Наклоненный эллипс;
5. Наклоненная линейная поляризация.

52

Как изменится мощность излучения диполя Герца, если его переместить из открытого пространства в дистиллированную воду ( $\epsilon' = 81$ )? В открытом пространстве кабель питания согласован.

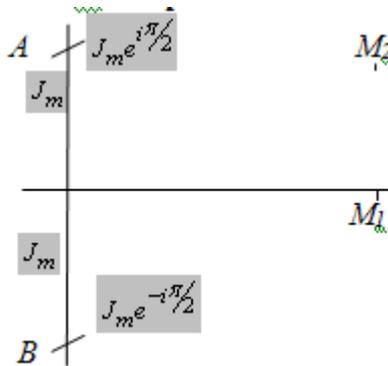
Ответы:

- |                             |                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1. $P_{\Sigma} = 0,28P_0$ ; | 2. $P_{\Sigma} = 0,36P_0$ ; |                       |
| 3. $P_{\Sigma} = 0,11P_0$ ; | 4. $P_{\Sigma} = 9P_0$ ;    | 5. $P_{\Sigma} = P_0$ |

53

В точках  $A$  и  $B$  расположены по два перпендикулярных один к другому

диполя Герца с токами одинаковой амплитуды. В диполях в точке  $A$  токи сдвинуты на  $\frac{\pi}{2}$ , а в точке  $B$  - на  $-\frac{\pi}{2}$ . Какова поляризация поля излучаемого этой системой в точках  $M_1$  и  $M_2$ ?

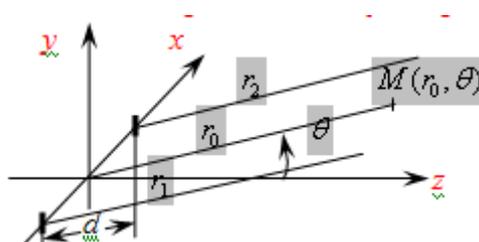


Ответы:

1.  $M_1$  – эллиптическая,  $M_2$  – круговая;
2.  $M_1$  – круговая,  $M_2$  – эллиптическая;
3.  $M_1, M_2$  –линейные;
4.  $M_1, M_2$  – круговые;
5.  $M_1$  – линейная,  $M_2$  – эллиптическая.

## 54

Симметрично началу координат оси  $x$ , параллельно оси  $y$  расположено два диполя Герца на расстоянии  $d$  друг от друга. Диполи возбуждены одинаковыми, синфазными токами  $J_m$ . Найти  $\vec{A}$  этой системы в точке  $M(r_0, \theta)$ , лежащей в плоскости  $yz$  в дальней зоне.



Ответы:

$$1. \quad \bar{A}^y = \bar{z}_0 \frac{\mu I_m \ell}{4\pi r_0} e^{-ikr};$$

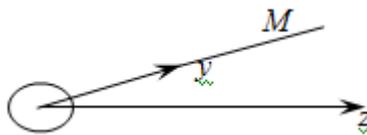
$$2. \quad \bar{A}^y = \bar{y}_0 \frac{\mu I_m \ell}{4\pi r_0} e^{-ikr};$$

$$3. \quad \bar{A}^y = y_0 \frac{\mu I_m \ell}{4\pi r_0} e^{-ikr} \cos\left(\frac{kd}{2} \sin \theta\right) e^{-ik\left(r_1 - \frac{kd}{2} \sin \theta\right)};$$

$$4. \quad \bar{A}^z = x_0 \frac{\mu I_m \ell}{2\pi r_0} \cos\left(\frac{kd}{2} \sin \theta\right).$$

55

В начале прямоугольной системы координат расположены диполь Герца (вдоль оси  $y$ ) и маленький виток тока. В дальней зоне по оси  $x$ ;  $|\bar{E}^z| = |\bar{E}^x|$ . Какова поляризация  $E$  в точке  $M$ , если электрические токи диполя и в витка по фазе сдвинуты на  $\frac{\pi}{2}$ ?

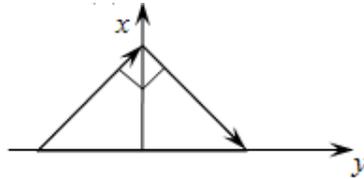


Ответы:

1. Линейная;
2. Круговая правая;
3. Эллиптическая правая;
4. Круговая левая;
5. Эллиптическая левая.

56

Два одинаковых и одинаково питаемых диполя Герца симметрично, оси относительно оси  $x$ , расположены над «землей» перпендикулярно один к другому. Полагая точку наблюдения на оси  $x$  вдали от диполей, определить на ней поле, излучаемое этой системой.



Ответы:

1.  $E = 4E_0$ ;    2.  $E = 3E_0$ ;    3.  $E = 2E_0$ ;

4.  $E = E_0$ ;    5.  $E = 0$ .

**57**

Как изменится электрическое поле, излучаемое магнитным диполем Герца, если при неизменной амплитуде тока в витке  $J_m$ ,  $\mu$  - увеличится, а  $\varepsilon$  - уменьшится в девять раз?

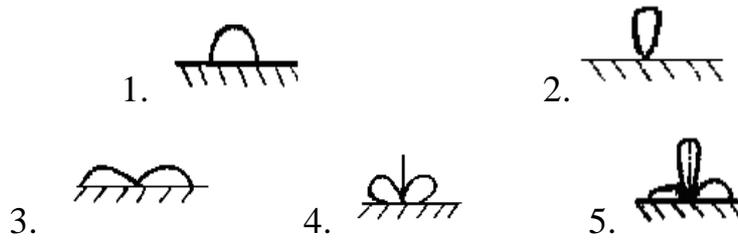
Ответы:

1. Поле увеличится в 3 раза;
2. Поле увеличится в 9 раз;
3. Поле уменьшится в 3 раз;
4. Поле останется неизменным;
5. Поле уменьшится в 9 раз.

**58**

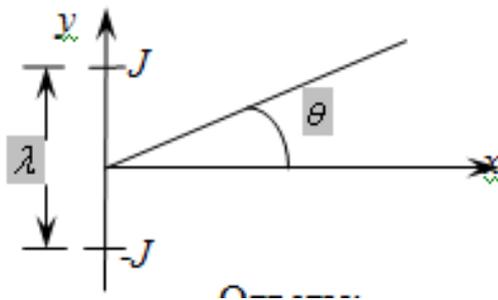
Электрический диполь Герца расположен горизонтально над идеальной «землей» на высоте  $\frac{\lambda}{2}$ . Укажите его диаграмму направленности.

Ответы:

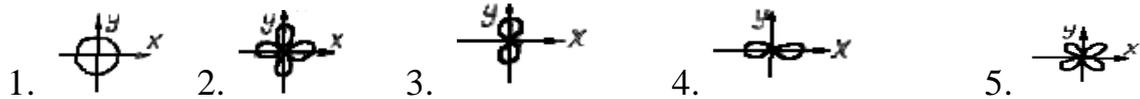


59

Какова диаграмма направленности в плоскости  $xu$  системы из двух одинаковых диполей Герца, расположенных один над другим, параллельных и одинаково возбуждаемых, но со сдвигом фаз  $\pi$ ?



Ответы:



60

Определить ток, протекающий в диполе Герца, длина которого  $l = 10$  см, если в точке с координатами:  $r = 1$  км,  $\theta = \frac{\pi}{4}$  напряженность электрического поля  $E_0 = 5 \cdot 10^{-5}$  В/м, а частота колебаний поля  $f = 3 \cdot 10^9$  Гц.

Ответы:

$$1. J_m = 32 \text{ мА}; \quad 2. J_m = 81 \text{ мА};$$

$$3. J_m = 73 \text{ мА}; \quad 4. J_m = 44 \text{ мА}; \quad 5. J_m = 0,38 \text{ мА}.$$

61

Диполь Герца и точка наблюдения  $M$  лежат в плоскости  $xu$ . Ось диполя образует с линией, соединяющей его с точкой  $M$ , угол  $\theta_1$ . Чему равен этот угол, если после поворота в плоскости  $xu$  оси диполя на  $90^\circ$  напряженность поля в точке  $M$  не изменится?

Ответы:

1.  $\theta_1 = 30^\circ$ ;      2.  $\theta_1 = 45^\circ$ ;      3.  $\theta_1 = 60^\circ$ ;

4.  $\theta_1 = 90^\circ$ ;      5.  $\theta_1 = 120^\circ$

62

Определить магнитную составляющую поля излучения электрического диполя Герца длиной  $l = 10$  см в плоскости  $\theta = 30^\circ$  на расстоянии  $r = 10^4$  м и при частоте  $f = 300$  МГц. Амплитуда тока в диполе 20 А, параметры среды  $\varepsilon' = 4, \mu' = 2$

Ответы.

1.  $1,2 \cdot 10^{-4}$  В/м;      2.  $0,01 \cdot 10^{-3}$  В/м;      3.  $6,31 \cdot 10^{-3}$  В/м;

4.  $0,5 \cdot 10^{-4}$  В/м;      5.  $0,1 \cdot 10^{-3}$  В/м.

63

Как изменится электрическое поле, излучаемое магнитным диполем Герца, если при неизменной амплитуде тока в витке  $J_m$ ,  $\mu$  - и  $\varepsilon$  - уменьшить в пять раз?

Ответы:

1. Поле увеличится в 5 раз;      2. Поле уменьшится в 5 раз;

3. Поле останется неизменным;      4. Поле уменьшится в 25 раз;

5. Поле увеличится в 25 раз.

64

Определить магнитную составляющую поля излучения диполя Герца длиной  $l = 5$  см в плоскости  $\theta = 60^\circ$  на расстоянии  $r = 10^4$  м и при частоте  $f = 300$  МГц,  $I = 10$  А.

Ответы.

1.  $6,7 \cdot 10^{-5}$  А/м;      2.  $2,89 \cdot 10^{-5}$  А/м;      3.  $8,1 \cdot 10^{-3}$  А/м;

4.  $8,41 \cdot 10^{-4}$  А/м;    5.  $9,42 \cdot 10^{-3}$  /м.

65

Найти мощность излучения магнитного диполя Герца при частоте  $f = 30$  МГц. Амплитуда тока в витке равна 10 А, параметры среды  $\varepsilon' = 4$ ,  $\mu = \mu_0$ . Площадь витка диполя  $4$  см<sup>2</sup>.

Ответы:

1. 2,99 Вт;      2. 0,3 Вт;      3. 5,1 Вт;

4. 0,19 Вт;    5. 0,25 Вт;

66

Найти сопротивление излучения магнитного диполя Герца, если площадь витка  $S = 5$  см<sup>2</sup> и рабочая длина волны  $\lambda = 3$  м.

Ответы:

1.  $R_\Sigma = 0,15$  Ом;    2.  $R_\Sigma = 0,96$  Ом;    3.  $R_\Sigma = 0,22$  Ом;

4.  $R_{\Sigma} = 1,19 \text{ Ом};$

5.  $R_{\Sigma} = 0,31 \text{ Ом}.$

67

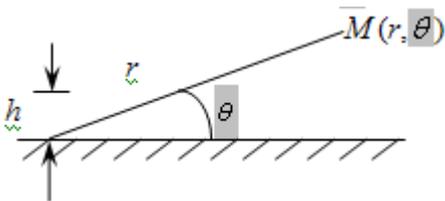
Какой длины необходимо сделать электрический диполь Герца, чтобы в экваториальной плоскости на расстоянии  $r = 2 \cdot 10^4 \text{ м}$  и при частоте  $f = 400 \text{ МГц}$ , и амплитуде тока равна  $20 \text{ А}$ , его магнитная составляющая поля излучения равнялась бы  $0,333 \cdot 10^{-4} \text{ А/м}$

Ответы:

1.  $0,05 \text{ м};$  2.  $0,025 \text{ м};$  3.  $0,1 \text{ м};$

4.  $0,015 \text{ м};$  5.  $0,15 \text{ м}.$

68



Точка наблюдения  $M(r, \theta)$  расположена в дальней зоне диполя Герца,

$M(r, \theta)$  горизонтального и удаленного на высоту  $h$  от идеально проводящей плоской "земли". Чему равно  $|E_{m\theta}|$  в этой

точке, если  $r \gg h$ ?

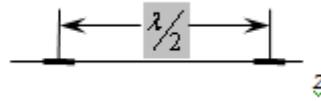
Ответы:

1.  $E_0 \sin \theta \cos(kh \cos \theta);$  2.  $\frac{1}{2} E_0 \sin \theta \cos(kh \sin \theta);$  3.  $E_0 \cos \theta \sin(kh \sin \theta)$

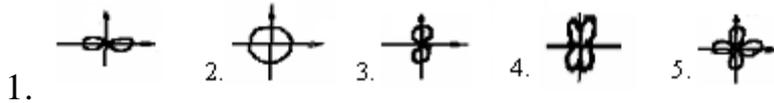
4.  $E_0 \sin \theta \sin(kh \sin \theta);$  5.  $2E_0 \sin \theta \sin(kh \sin \theta)$

69

Какая из приведенных диаграмм направленности соответствует системе из двух диполей Герца? Питательные токи синфазны и одинаковы.



Ответы:



70

Как изменится сопротивление излучения диполя Герца, если этот диполь из открытого пространства перенести в дистиллированную воду ( $\epsilon' = 81$ )?

Ответы:

1. Увеличится в 3 раза;
2. Уменьшится в 9 раз;
3. Увеличится в 9 раз;
4. Уменьшится в 3 раза;
5. Увеличится в  $\sqrt{3}$  раза.

71

В каком направлении отсутствует излучение элементарного электрического диполя Герца, к которому подведена мощность сигнала?

Ответы:

1. В меридиональном;
2. В осевом;
3. Во всех направлениях существует;
4. В направлении, где монохроматические сигналы противофазны.

72

Используя принцип перестановочной двойственности (

$$I_{\vec{n}\vec{d}} \cdot \vec{Y} \rightarrow -I_{\vec{n}\vec{d}} \cdot \vec{l}; \quad \epsilon \rightarrow -\mu; \quad \mu \rightarrow -\epsilon; \quad I_{\vec{n}\vec{d}} \cdot \vec{l}_d = -j\omega\mu I_{\vec{n}\vec{d}} \cdot \vec{S}),$$

получите из выражения мощности излучения электрического диполя

$$P_{\Sigma Y} = \frac{\pi W_0 (I_{\dot{n}\dot{y}} l)^2}{3\lambda^2} \quad \text{выражение мощности излучения магнитного диполя.}$$

Ответы

$$1. P_{\Sigma M} = \frac{\pi (I_{\dot{n}\dot{y}} S)^2}{3\lambda^2 W_0}; \quad 2. P_{\Sigma M} = \frac{\pi (I_{\dot{n}\dot{y}} S)^2 \omega^2 \mu^2}{3W_0 \lambda^2}$$

$$3. P_{\Sigma M} = \frac{\pi (I_{\dot{n}\dot{y}} S)^2 \mu^2 W_0}{3\lambda^2}; \quad 4. P_{\Sigma M} = \frac{(I_{\dot{n}\dot{y}} S)^2 W_0}{3\lambda^2}; \quad 5. P_{\Sigma M} = \frac{(I_{\dot{n}\dot{y}} S)^2 W_0 \omega^2 \mu^2}{3\lambda^2}$$

73

Электрический диполь Герца излучает в свободное пространство поле со средней мощностью  $\bar{P}_{\Sigma} = 0,1$  Вт. Какова максимальная амплитуда поля  $E$  на сфере с радиусом 1000 м, в центре которого расположен диполь?

Ответы:

$$1. E = 0,01 \text{ В/м}; \quad 2. E = 0,008 \text{ В/м}; \quad 3. E = 0,005 \text{ В/м}; \quad 4. E = 0,004 \text{ В/м}; \quad 5. E = 0,003 \text{ В/м}.$$

74

Диполь Герца и точка наблюдения  $M$  лежат в плоскости  $xu$ . Ось диполя образует с линией, соединяющей его с точкой  $M$ , угол  $\theta_1$ . Чему равен этот угол, если после поворота оси диполя на  $90^\circ$  вокруг своей оси, напряженность поля в точке  $M$  не изменяется?

Ответы: 1.  $30^\circ$ ; 2.  $45^\circ$ ; 3.  $60^\circ$ ; 4.  $90^\circ$ ; 5. любой угол

75

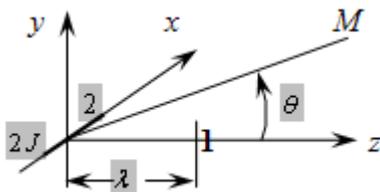
Ток, протекающий в электрическом диполе Герца равен  $J_m = 40$  мА, на частоте колебаний поля  $f = 10^8$  Гц. Определить длину диполя, если в точке с координатами  $r = 1$  км,  $\theta = \frac{\pi}{2}$  напряженность электрического поля оказалась равной  $E_\theta = 10^{-4}$  В/м?

Ответы:

1. 0,06м;                      2. 0,04м;  
3. 0,1м                        4. 0,02 мА;                5. 0,08 мА.

76

Два диполя Герца расположены на расстоянии  $\lambda$  один от другого по оси  $z$



так, что  $\vec{l}_1 = \vec{y}^0 l$  и  $\vec{l}_2 = \vec{x}^0 l$ . Они питаются синфазными токами  $J$  и  $2J$  соответственно. Найти угол  $\theta$ , определяющий положение точки  $M$  в плоскости  $xz$ , где возникает поле

линейной поляризации.

Ответы:

1.  $\approx 90^\circ$ ;      2. при любом угле;      3.  $\approx 0^\circ$ ;      4.  $\approx 45^\circ$ ;      5.  $\approx 60^\circ$ .

77

Найти сопротивление излучения электрического диполя Герца при  $l = 15$  см и  $\lambda = 3$  м.

Ответы:

1.  $R_\Sigma = 0,41$  Ом;      2.  $R_\Sigma = 0,37$  Ом;  
3.  $R_\Sigma = 1,974$  Ом;      4.  $R_\Sigma = 0,27$  Ом;      5.  $R_\Sigma = 1,074$  Ом.

78

Определите излучаемую мощность отрезка линии передачи длиной 1 км, рассматривая его как рамку с током. Расстояние между проводами 1 м, ток 10 А (действующее значение), частота 50 Гц.

Ответы

1.  $P = 2,47 \cdot 10^{-18}$  Вт;      2.  $P = 12,5 \cdot 10^{-18}$  Вт;  
 3.  $P = 0,4 \cdot 10^{-18}$  Вт;      4.  $P = 4,72 \cdot 10^{-18}$  Вт;      5.  $P = 1,47 \cdot 10^{-18}$  Вт;

79

Найти магнитную составляющую поля излучения электрического диполя Герца в экваториальной плоскости на расстоянии  $r = 2 \cdot 10^4$  м от диполя и при  $l = 5$  см и частоте  $f = 500$  МГц. Амплитуда тока в диполе равна 5 А.

Ответы:

1.  $0,01 \cdot 10^{-3}$  А/м;      2.  $0,021 \cdot 10^{-3}$  А/м;      3.  $0,1 \cdot 10^{-3}$  А/м;  
 4.  $0,015 \cdot 10^{-3}$  А/м;      5.  $0,033 \cdot 10^{-3}$  А/м.

80

Как изменится мощность излучения электрического диполя Герца, если его переместить из открытого пространства в дистиллированную воду ( $\epsilon' = 81$ )? В открытом пространстве кабель питания согласован.

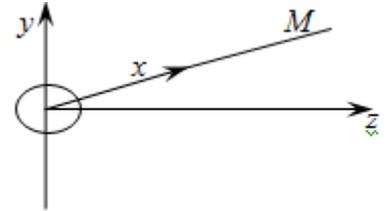
Ответы:

1.  $P_{\Sigma} = 9P_0$ ;      2.  $P_{\Sigma} = 0,1P_0$ ;  
 3.  $P_{\Sigma} = 4,5P_0$ ;      4.  $P_{\Sigma} = 0,45P_0$ ;  
 5.  $P_{\Sigma} = P_0$ .

81

В начале прямоугольной системы координат расположены диполь Герца

(вдоль оси  $y$ ) и маленький виток тока в плоскости  $xz$ . В дальней зоне по оси  $x$ ;  $|\bar{E}^o| = |\bar{E}^M|$ . Какова поляризация  $E$  в точке  $M$ , если электрические токи в витке синфазны?

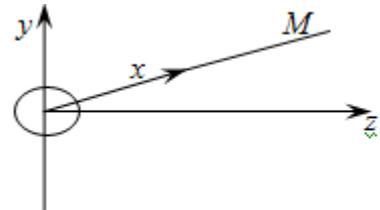


Ответы:

1. Линейная поляризация;
2. Круговая;
3. Эллиптическая;
4. Наклоненный эллипс;
5. Наклоненная линейная поляризация.

**82**

В начале прямоугольной системы координат расположены диполь Герца (вдоль оси  $y$ ) и маленький виток тока в плоскости  $xz$ . В дальней зоне по оси  $x$ ;  $|\bar{E}^o| = |\bar{E}^M|$ . Какова поляризация  $E$  в точке  $M$ , если электрические поля в диполях противофазны?



Ответы:

1. Линейная поляризация;
2. Круговая;
3. Эллиптическая;
4. Наклоненный эллипс;
5. Наклоненная линейная поляризация.

**83**

Определить ток, протекающий в диполе Герца, длина которого  $l=5$  см, если в точке с координатами  $r=1$  км,  $\theta = \frac{\pi}{2}$  напряженность электрического поля  $E_\theta = 10^{-4}$  В/м, а частота колебаний поля  $f=10^8$  Гц.

Ответы:

1.  $J_m = 81 \text{ mA}$ ; 2.  $J_m = 73 \text{ mA}$ ; 3.  $J_m = 44 \text{ mA}$ ; 4.  $J_m = 32 \text{ mA}$ ; 5.  $J_m = 27 \text{ mA}$ .

### 84

Определить электрическую составляющую поля излучения диполя Герца длиной  $l = 5 \text{ см}$  в экваториальной плоскости на расстоянии  $r = 10^4 \text{ м}$  и при частоте  $f = 300 \text{ мГц}$  в двух случаях: а) когда диполь находится в свободном пространстве; б) диполь перенесен в среду с относительными параметрами  $\varepsilon' = 4, \mu' = 2$ . Амплитуда тока в диполе  $J_m = 10 \text{ А}$  в обоих случаях.

Ответы.

$$1. E_a = 8,1 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}; E_\delta = 11,2 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}; \quad 2. E_a = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}; E_\delta = 12,1 \cdot 10^{-3}$$

В/м;

$$3. E_a = 8,41 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}; E_\delta = 16,31 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}; \quad 4. E_a = 9,42 \cdot 10^{-3} \text{ В/м};$$

$$E_\delta = 18,84 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}$$

$$5. E_a = 9,54 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}; E_\delta = 19,12 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}$$

### 85

Найти магнитную составляющую поля излучения диполя Герца для  $l = 5 \text{ см}$  в экваториальной плоскости на расстоянии  $r = 10^4 \text{ м}$  и при частоте  $f = 300 \text{ мГц}$  в двух случаях: а) когда излучение происходит в свободном пространстве; б) когда диполь помещен в среду с относительными параметрами  $\varepsilon' = 2, \mu' = 4$ . Амплитуда тока в диполе  $J_m = 20 \text{ А}$  в обоих случаях.

Ответы.

$$1. H_a = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}; H_\delta = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ А/м};$$

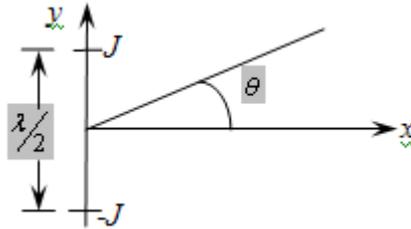
$$2. H_a = 0,021 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}; H_\delta = 0,09 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}; \quad 3. H_a = 0,016 \cdot 10^{-3} \text{ А/м};$$

$$H_\delta = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}; \quad 4. H_a = 0,033 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}; E_\delta = 0,094 \cdot 10^{-3} \text{ А/м};$$

$$5. H_a = 0,015 \cdot 10^{-3} \text{ A/m}; H_s = 0,11 \cdot 10^{-3} \text{ A/m}$$

86

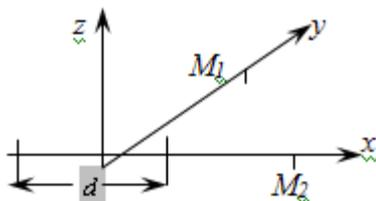
Какая из приведенных ниже диаграмм направленности в плоскости  $xu$  соответствует изображенной на рисунке системы из двух параллельных друг другу диполей Герца с одинаковыми синфазными токами?



Ответы:



87



Два диполя Герца в свободном пространстве параллельны оси  $z$  и расположены вдоль оси  $x$  на расстоянии  $d = 0,5\lambda$  м друг от друга. Каждый из них излучает поле в плоскости  $xu$ . Токи в диполях одинаковы и синфазны. Какая будет точках  $M_1(0; 1 \text{ км})$  и  $M_2(1 \text{ км}; 0)$  поляризация

Ответы:

1. Круговая поляризация в обеих точках
2. Линейная поляризация в обеих точках
3. Эллиптическая поляризация в обеих точках

4. Линейная поляризация в точке  $M_1$ , отсутствие поля в точке  $M_2$ .
5. Линейная поляризация в точке  $M_2$ , отсутствие поля в точке  $M_1$ .

**88**

Найти сопротивление излучения магнитного диполя Герца при  $S=10 \text{ см}^2$  и  $\lambda=1 \text{ м}$ . Определить мощность излучения, если амплитуда тока в диполе равна 10 А.

Ответы:

1.  $R_\Sigma = 0,311 \text{ Ом}; P_\Sigma = 15,5 \text{ Вт};$
2.  $R_\Sigma = 0,151 \text{ Ом}; P_\Sigma = 10 \text{ Вт};$
3.  $R_\Sigma = 1,051 \text{ Ом}; P_\Sigma = 13 \text{ Вт};$
4.  $R_\Sigma = 0,22 \text{ Ом}, P_\Sigma = 11 \text{ Вт};$
5.  $R_\Sigma = 1,31 \text{ Ом}, P_\Sigma = 9,3 \text{ Вт}.$

**89**

Квадратная рамка с размером сторон 10см создает максимальную амплитуду напряженности электрического поля  $E_m = 5 \cdot 10^{-4} \hat{A} / \hat{i}$  на расстоянии 5 км. Определить ток в рамке, если длина волны 4м.

Ответы:

1. 1,19 А;    2. 3,38 А;    3. 11,9 А;    4. 6,76 А;    5. 0,34 А.

**90**

Мощность излучения двухстороннего щелевого излучателя определяется формулой  $P_{\Sigma \hat{i}} = \frac{4\pi U_{\hat{i}}^2 \cdot (l_{\hat{i}})^2}{3Z_0 \lambda}$ . Определить зависимость сопротивления излучения двухстороннего щелевого излучателя от размера длины щели. В формулах  $C$  - постоянная величина.

**Ответы:**

$$1. R_{\Sigma \dot{u}} = \tilde{N} \frac{1}{l_{\dot{u}}} \hat{I} ; \quad 2. R_{\Sigma \dot{u}} = \tilde{N} \frac{1}{(l_{\dot{u}})^2} \hat{I} ; \quad 3. R_{\Sigma \dot{u}} = \tilde{N} \cdot (l_{\dot{u}})^2 \hat{I} ;$$

$$4. R_{\Sigma \dot{u}} = \tilde{N} \cdot (l_{\dot{u}}) \hat{I} ; \quad 5. R_{\Sigma \dot{u}} = \tilde{N} \cdot (l_{\dot{u}})^3 \hat{I} ;$$

**91**

Определить напряжение на щели двухстороннего щелевого излучателя, излучающего в свободное пространство мощность  $P_{\Sigma \dot{u}} = 2 \hat{A} \delta$  и имеющего сопротивление излучения 64 Ом.

**Ответы:**

$$1. 8 \text{ В}; \quad 2. 22 \text{ В}; \quad 3. 10 \text{ В};$$

$$4. 16,0 \text{ В}; \quad 5. 14,8 \text{ В}$$

**92**

Определить размер щели двухстороннего щелевого излучателя (длину  $l_{\dot{u}}$  и  $d = 0,1 \cdot l_{\dot{u}}$ ), имеющего сопротивление излучения 900 Ом на частоте 100 МГц.

**Ответы:**

$$1. 67 \text{ см}; 6 \text{ см} \quad 2. 100 \text{ см}; 10 \text{ см};$$

$$3. 50 \text{ см}; 5 \text{ см}; \quad 4. 120 \text{ см}; 132 \text{ см}; \quad 5. 10 \text{ см}; 1 \text{ см}.$$

**93**

Определить мощность излучения элементарной рамки с электрическим током, если на расстоянии 50 м в

$$(P_{\Sigma p} = I_{\dot{u}}^2 \cdot 160\pi^4 \cdot \frac{S^2}{\lambda^4}, \hat{A} \delta)$$

экваториальной плоскости создается электрическое поле с амплитудой 100мВ/м.

**Ответы:**

1. 27.78 Вт;      2. 2,78 Вт ;      3. 0,278Вт ;  
4. 0,028 Вт;      5. 56 Вт

**94**

Диполь Герца излучает в свободное пространство поле со средней мощностью  $\bar{P}_\Sigma = 1$  Вт. Какова максимальная амплитуда поля  $E_m$  на сфере с радиусом в 2000 м, в центре которой расположен диполь?

Ответы:

1.  $E_m = 0,0047$  В/м;      2.  $E_m = 0,0067$  В/м;  
3.  $E_m = 0,0025$  В/м;      4.  $E_m = 0,003$  В/м;      5.  $E_m = 0,002$  В/м.

**95**

Определить ток, протекающий в диполе Герца, длина которого  $l = 5$  см, если в точке с координатами:  $r = 5$  км,  $\theta = \frac{\pi}{6}$  напряженность электрического поля  $E_0 = 4 \cdot 10^{-4}$  В/м, а частота колебаний поля  $f = 6 \cdot 10^8$  Гц.

Ответы:

1.  $J_m = 73$  мА;      2.  $J_m = 144$  мА;      3.  $J_m = 232$  мА;  
4.  $J_m = 213$  мА;      5.  $J_m = 115$  мА.

**96**

Найти амплитуду тока в элементарном магнитном диполе, если сопротивление излучения диполя  $R_\Sigma = 0,311$  Ом, при  $S = 10$  см<sup>2</sup> и  $\lambda = 1$  м. Мощность излучения  $P_\Sigma = 15,5$  Вт.

Ответы:

1. амплитуда тока в диполе равна 10 А.
2. амплитуда тока в диполе равна 15 А.
3. амплитуда тока в диполе равна 1 А.
4. амплитуда тока в диполе равна 20 А.
5. амплитуда тока в диполе равна 5 А.

97

Диполь Герца излучает в свободное пространство поле со средней мощностью  $P_{\Sigma} = 0,1$  Вт. Какова максимальная амплитуда поля  $E$  на сфере с радиусом 1000 м, в центре которого расположен диполь?

Ответы:

1.  $E = 0,001$  В/м;
2.  $E = 0,003$  В/м;
3.  $E = 0,007$  В/м;
4.  $E = 0,011$  В/м;
5.  $E = 0,023$  В/м.

98

Определить ток, протекающий в диполе Герца, длина которого  $l=5$  см, если в точке с координатами  $r=10$  км,  $\theta = \frac{\pi}{2}$  напряженность электрического поля  $E_{\theta} = 10^{-4}$  В/м, а частота колебаний поля  $f=3 \cdot 10^8$  Гц.

Ответы:

1.  $J_m = 141$  мА;
2.  $J_m = 37$  мА;
3.  $J_m = 92$  мА;
4.  $J_m = 67$  мА;
5.  $J_m = 106$  мА.

99

Как зависит вектор Пойнтинга от оси  $\theta$  элементарного электрического диполя в дальней зоне?

Ответы:

1. Вектор Пойнтинга от оси  $\theta$  изменяется пропорционально  $\sin \theta$ ;
2. Вектор Пойнтинга от оси  $\theta$  изменяется пропорционально  $\sin^2 \theta$ ;
3. Вектор Пойнтинга не зависит от угла  $\theta$ ;
4. Вектор Пойнтинга обратно пропорционален функции  $\sin \theta$ ;
5. Вектор Пойнтинга обратно пропорционален функции  $\sin^2 \theta$ ;

100

Если мощность излучения элементарного магнитного диполя определяется выражением  $P_{M \text{ эцэ}} = \frac{k^4 \cdot S^2 \cdot I^2 \cdot Z_0}{6 \cdot \pi}$ , то как можно записать сопротивление излучения для этого диполя?

Ответы:

$$1. R_{M \text{ эцэ}} = \frac{k^4 \cdot S^2 \cdot Z_0}{12 \cdot \pi}; \quad 2. R_{M \text{ эцэ}} = \frac{\pi^4 \cdot S^2 \cdot Z_0}{6\lambda^4};$$

$$3. R_{M \text{ эцэ}} = \frac{320 \cdot \pi^4 \cdot S^2}{\lambda^4}; \quad 4. R_{M \text{ эцэ}} = \frac{\pi^4 \cdot S^2 \cdot 80}{\lambda^2}$$

## 7. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В ВОЛНОВОДАХ

### 7.1

Как изменяется фазовая скорость волны в волноводе при заполнении его диэлектриком?

Ответ:

1. Фазовая скорость не изменяется.
2. Фазовая скорость волны в волноводе с диэлектриком уменьшится по отношению к скорости без диэлектрика.
3. Фазовая скорость волны в волноводе с диэлектриком увеличится по отношению к фазовой скорости волны без диэлектрика.

### 7.2

В какой плоскости в волноводе прямоугольного сечения ( $a^*b$ ) может быть поставлена решётка, выполненная из параллельных металлических полосок. Решетка не должна препятствовать распространению волны  $H_{10}$  (ось  $x$  направлена по широкой стенке волновода; ось  $y$  – по узкой; ось  $z$  – вдоль оси волновода)?

Ответ:

1. в плоскости  $хоz$  при  $b/2$

2. в плоскости  $хоу$
3. в плоскости  $уoz$  при  $a/2$
4. наклонно к плоскости  $хоз$  под углом 45 градусов
5. в плоскости  $хоз$

### 7.3

Как будут влиять размеры волновода ( $a^*b$ ) на длину волны основного типа в волноводе при неизменной частоте электромагнитных колебаний?

Ответ:

1. Не влияют. Она зависит от частоты колебаний.
2. С увеличением размеров волновода увеличивается длина волны в волноводе.
3. С уменьшением размеров волновода уменьшается и длина волны в волноводе.
4. С увеличением размеров волновода уменьшается длина волны в нём.

### 7.4

Что можно определить в теории волноводов, используя следующие инвариантные уравнения

$$\chi^2 \cdot H_{\perp} = -j \cdot \beta \cdot \text{grad}_{\perp} H_z + j \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot [Z_0 \cdot \text{grad}_{\perp} E_{\perp}]$$

$$\chi^2 \cdot E_{\perp} = -j \cdot \beta \cdot \text{grad}_{\perp} E_z + j \cdot \omega \cdot \mu \cdot [Z_0 \cdot \text{grad}_{\perp} H_{\perp}] \quad ,$$

где  $\chi$ -поперечное волновое число;  $\beta$ -постоянная распространения?

Ответы

1. Поля  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  вблизи элементов возбуждения.
2. Поперечные компоненты  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  поля, если известны продольные.
3. Поперечные волновые числа  $\chi$ .
4. Волновые уравнения для полей  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в волноводе.

### 7.5

Как будет изменяться длина волны в волноводе ( $\lambda_{\text{в}}$ ) прямоугольного сечения ( $a \times b$ ), если рабочую частоту оставлять неизменной, а волновод полностью заполнять диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_{r2} > \epsilon_{r1} > 1$ ?

Ответы

1.  $\lambda_{\text{в}}$  с ростом  $\epsilon_r$  уменьшается;
2.  $\lambda_{\text{в}}$  с ростом  $\epsilon_r$  увеличивается;
3.  $\lambda_{\text{в}}$  не зависит от величины  $\epsilon_r$ .

### 7.6.

Для каких типов волн в волноводе следует определять связь между поперечными компонентами полей по формуле

$$\frac{E_{\perp}}{H_{\perp}} = W_0 \cdot \sqrt{\epsilon_r - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{R\delta}}\right)^2}$$

Ответы

1. Волны типа E
2. Волны типа H
3. Волны типа T

### 7.7.

Какой вид будет иметь фазовая постоянная ( $\beta$ ) распространения волны типа  $H_{02}$  в прямоугольном волноводе, заполненном диэлектриком на длине волны  $\lambda_0$ . Размеры волновода ( $a \times b$ )?

Ответы

1.  $\beta = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \pi}{\lambda}\right)^2 - \left(\epsilon_r \cdot \frac{\pi}{a}\right)^2}$
2.  $\beta = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r - \left(\frac{\lambda}{2b}\right)^2}$

$$3. \beta = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}$$

**7.8.**

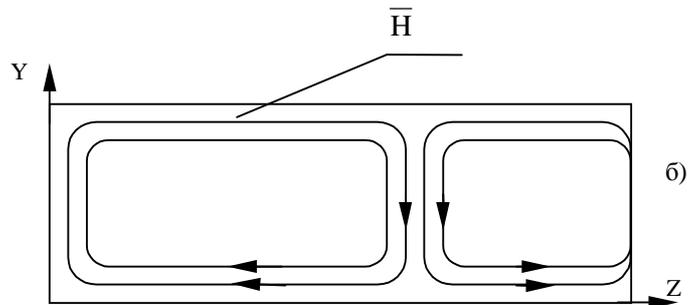
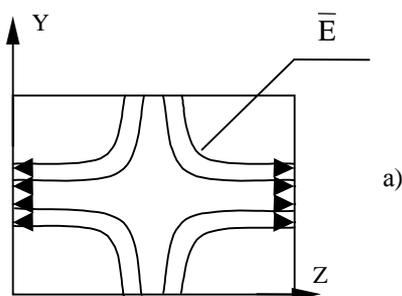
Как установить (убедиться), что в прямоугольном волноводе (a×b) на частоте  $f$  распространяется волна типа  $H_{20}$ ?

Ответы

1. По фазовой скорости  $v_{\phi H_{20}} > v_{\phi H_{10}} > c$ .
2. Оценить выполнение неравенства рабочая частота  $f > f_{крH_{20}}$ ;
3. По наличию компонент поля  $E_y, H_x, H_z$ ;
4. По наличию компонент  $E_y, E_z, H_x$ ;

**7.9.**

Для какого типа волны представлена структура поля в поперечном и продольном сечениях прямоугольного волновода?

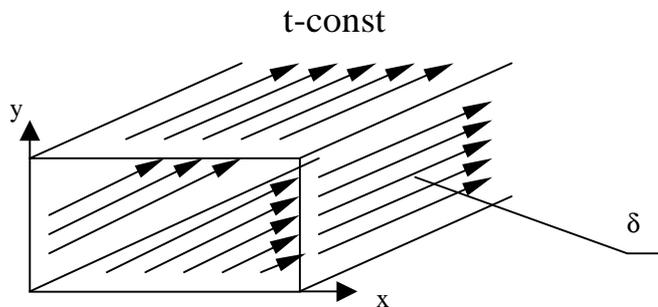


Ответы

1.  $H_{11}$
2.  $E_{11}$
3.  $H_{22}$
4.  $E_{22}$

**7.10.**

Картина токов в стенках прямоугольного волновода изображена на рисунке. Для какого типа волны она справедлива?



Ответы

1.  $E_{11}$
2.  $H_{11}$
3.  $H_{10}$
4.  $E_{22}$

**7.11.**

Определить размеры прямоугольного волновода  $a \times b$  для работы в диапазоне частот от 3,2 ГГц до 4,0 ГГц на основном типе волны. Принять  $b=0.5 \cdot a$

Ответы

1.  $56 \times 48, \text{мм}^2$
2.  $72 \times 36, \text{мм}^2$
3.  $84 \times 42, \text{мм}^2$

**7.12**

Что можно определить в теории волноводов с помощью уравнения

$$k^2 - \beta^2 - \chi^2 = 0?$$

Ответы

1. Критическую длину волны.
2. Постоянную затухания амплитуды волны.
3. Постоянную распространения волны в волноводе.

### 7.13

Какие типы волн наиболее широко используются для передачи энергии, в прямоугольном, круглом и коаксиальном волноводах?

Ответы

1. В прямоугольном -  $H_{10}$ , в круглом -  $E_{01}$ , в коаксиальном - Т.
2. В круглом -  $H_{11}$ , в прямоугольном -  $H_{10}$ , в коаксиальном - Т.
3. В прямоугольном -  $H_{10}$ , в круглом -  $H_{01}$ , в коаксиальном - Т.

### 7.14

Какой основной признак волн ТЕ или Н в волноводах?

Ответы

1.  $E_z = 0$ ,  $H_z = 0$ .
2.  $H_z \neq 0$ ,  $E_z \neq 0$ .
3.  $H_z \neq 0$ ,  $E_z = 0$ .
4.  $E_z \neq 0$ ,  $H_z = 0$ .

### 7.15

Что можно определить из выражения  $\bar{E}_\perp = \frac{\omega \cdot \mu}{\kappa} \cdot [\bar{Z}_0 \cdot \bar{H}_\perp]$  ? где  $\kappa$

волновое число свободного пространства.

Ответы

1. Поперечные электрические компоненты через поперечные магнитные компоненты в волноводе.
2. Поперечные электрические компоненты через поперечные магнитные компоненты поля для передающих линий с волнами Т.

## 3. Волновое сопротивление волноводов.

**7.16**

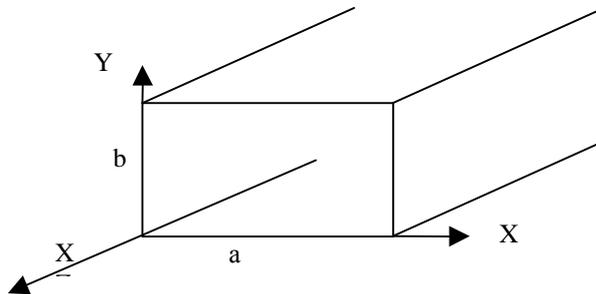
Как записать общие условия распространения волны, выраженные через частоты или длины волн в волноводах?

Ответы

1.  $\lambda_0 < \lambda_{кр}$ ;  $f < f_{кр}$
2.  $\lambda_0 > \lambda_{кр}$ ;  $f < f_{кр}$
3.  $\lambda_0 < \lambda_{кр}$ ;  $f > f_{кр}$

**7.17**

Укажите набор правильных граничных условий для случая прямоугольного волновода, изображенного на рисунке.



Ответы

1.  $H_z|_{y=0,b} = 0$        $H_z|_{x=0,a} = 0$
2.  $H_x|_{x=0,a} = 0$        $H_y|_{y=0,b} = 0$
3.  $E_x|_{y=0,b} = 0$        $E_y|_{x=0,a} = 0$

**7.18**

Какое уравнение позволяет определить мощность, переносимую по прямоугольному волноводу (вдоль оси  $Z$ ), в случае волны типа  $H_{10}$ ?

Ответы

$$1. P = \int_0^a \int_0^b \bar{\Pi} \cdot \bar{dS} \quad .$$

$$2. P = \int_0^a \int_0^b \operatorname{Re} \bar{\Pi} \cdot \bar{dS} \quad .$$

$$3. P = \frac{1}{2} \int_0^a \int_0^b (E_y^* \cdot H_x - E_x^* \cdot H_y) dx dy \quad .$$

$$4. P = -\frac{1}{2} \int_0^a \int_0^b E_y \cdot H_x^* dx dy \quad .$$

### 7.19

В волноводе  $a \times b = 10 \times 5 \text{ см}^2$  напряженность электрического поля в максимуме волны основного типа равна  $E_m = 10^3 \text{ В/м}$ . Определите амплитуду поперечного и продольного магнитного поля, а также передаваемую мощность при длине волны в свободном пространстве  $\lambda = 15 \text{ см}$ .

Ответы

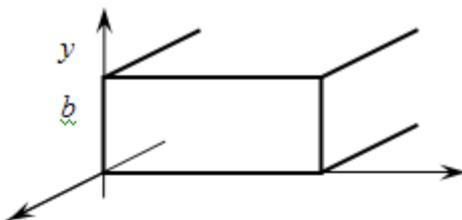
$$1. H_{xm} = 1,75 \text{ А/м} \quad H_{zm} = 1,99 \text{ А/м} \quad P = 2,194 \text{ Вт}$$

$$2. H_{xm} = 5,266 \text{ А/м} \quad H_{zm} = 1,99 \text{ А/м} \quad P = 8,778 \text{ Вт}$$

$$3. H_{xm} = 2,65 \text{ А/м} \quad H_{zm} = 1,31 \text{ А/м} \quad P = 4,39 \text{ Вт}$$

### 7.20

Напряженность электрического поля в волноводе в точке с



координатами  $x = \frac{a}{6}$ ,  $y = \frac{b}{2}$  составляет 9 В/м.

Определить максимальное значение

плотности тока смещения в волноводе.

Волновод заполнен воздухом, частота

$f=10$  ГГц, тип волны –  $H_{10}$ .

Ответы:

1)  $j_{см}=1 \frac{A}{M}$ ;

2)  $2) j_{см}=10 \frac{A}{M}$ ;

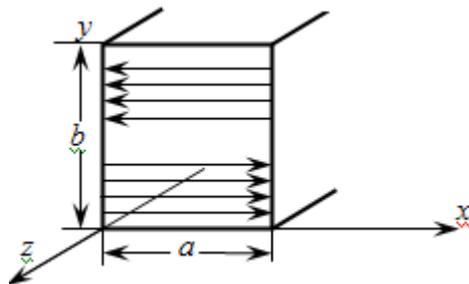
3)  $j_{см}=20 \frac{A}{M}$ ;

4)  $j_{см}=5 \frac{A}{M}$ ;

5)  $j_{см}=0,1 \frac{A}{M}$ .

### 7.21

Какому типу волны соответствует электрическое поле, картина которого изображена на рисунке? Определить зависимость этого поля от координат «x» и «y»?



Ответы:

1)  $E_{02}, E_x = E_0 \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right)$ ;

2)  $H_{02}, E_x = E_0 \sin\left(\frac{2\pi y}{b}\right)$ ;

3)  $H_{20}, E_x = E_0 \sin\left(\frac{2\pi y}{b}\right)$ ;

$$4) E_{20}, \quad E_x = E_0 \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right);$$

$$5) H_{01}, \quad E_y = E_0 \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right).$$

### 7.22

В каком отношении находятся волновые сопротивления волн  $E_{11}$  и  $H_{11}$  волновода при длине волны в волноводе равной половине критической длине волны  $\left(\lambda = \frac{\lambda_{KP}}{2}\right)$ ?

Ответы:

$$1) W_{E_{11}} = \frac{3}{4} W_{H_{11}};$$

$$2) W_{E_{11}} = \frac{1}{2} W_{H_{11}};$$

$$3) W_{E_{11}} = \frac{4}{5} W_{H_{11}};$$

$$4) W_{H_{11}} = \frac{3}{4} W_{E_{11}};$$

$$5) W_{E_{11}} = W_{H_{11}}.$$

### 7.23

Определить размер стенки поперечного сечения квадратного волновода, если известно, что фазовая скорость волны  $H_{10}$  на частоте  $f = 10$  ГГц равна  $c \cdot \frac{5}{4}$ , ( $c$  – скорость света).

Ответы:

$$1. a = 5 \text{ см};$$

$$2) a = 2,5 \text{ см};$$

$$3) a = 2\sqrt{3} \text{ см};$$

$$4) a = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ см};$$

$$5) a = 1 \text{ см}.$$

**7.24**

Максимальная величина поверхностной плотности заряда, создаваемого полем волны  $H_{10}$  в точках  $\begin{cases} x = \frac{a}{6}, y = b \\ x = \frac{5}{6}a, y = 0 \end{cases}$  равна  $\xi_s = \frac{10^{-9}}{\pi} \frac{\hat{E}\ddot{e}}{\dot{i}^2}$ . Чему

равна максимальная напряженность электрического поля в волноводе?

Ответы:

- 1) 2 В/м;
- 2) 10 В/м;
- 3) 52 В/м;
- 4) 72 В/м;
- 5) 100 В/м.

**7.25**

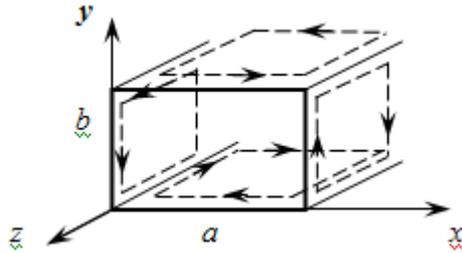
Максимальное значение  $x$ -ой составляющей плотности тока проводимости волны  $H_{10}$   $\eta_{ox} = 0,2$  А/м. Чему равна напряженность магнитного поля в точках  $x = \frac{a}{3}, y = 0, x = \frac{2a}{3}, y = b$ ?

Ответы:

- 1)  $H_x = 1 \frac{A}{m}$ ;
- 2)  $H_z = 1 \frac{A}{m}$ ;
- 3)  $H_y = 0,1 \frac{A}{m}$ ;
- 4)  $H_x = 0,1 \frac{A}{m}$ ;
- 5)  $H_z = 0,1 \frac{A}{m}$ .

**7.26**

Какому типу волны принадлежит картина магнитного поля волновода, изображенная на рисунке? Какова зависимость его  $H_x$  компоненты от поперечных координат?



Ответы:

$$1) \begin{cases} E_{11} \\ H_x \sim \sin \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y ; \end{cases}$$

$$2) \begin{cases} H_{11} \\ H_x \sim \sin \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y ; \end{cases}$$

$$3) \begin{cases} E_{11} \\ H_x \sim \cos \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y ; \end{cases}$$

$$4) \begin{cases} H_{11} \\ H_x \sim \cos \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y ; \end{cases}$$

$$5) \begin{cases} H_{11} \\ H_x \sim \sin \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y . \end{cases}$$

**7.27**

При каком отношении  $\frac{\lambda}{\lambda_{кр}}$  имеет место отношение  $\frac{V_{\phi}}{V_{\Sigma}} = 5$ ?

Ответы:

$$1) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = 1;$$

$$2) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = 0,5;$$

$$3) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = 0,895;$$

$$4) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = 0,75;$$

$$5) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = 1,25.$$

### **7.28**

Максимальная плотность средней мощности в волноводе на волне  $H_{10}$  равна  $20 \text{ Вт/м}^2$ . Чему равна средняя за период мощность, передаваемая по волноводу с размерами поперечного сечения  $2 \times 1 \text{ см}^2$ ?

Ответы:

$$1) 10 \text{ Вт};$$

$$2) 10^{-3} \text{ Вт};$$

$$3) 100 \text{ Вт};$$

$$4) 1 \text{ Вт};$$

$$5) 5 \text{ Вт}.$$

### **7.29**

В прямоугольном волноводе с поперечными размерами  $2 \times 1 \text{ см}^2$  распространяется волна  $H_{10}$  с  $\lambda = 3,2 \text{ см}$ . Затем на этой же волне предпринимается попытка возбудить волну  $H_{01}$ . Определить  $W^{H_{10}}$  и  $W^{H_{01}}$ .

Ответы:

$$1) \begin{cases} W^{H_{10}} = 200\pi\hat{i} \\ W^{H_{01}} = j75\pi\hat{i} \end{cases} ;$$

$$2) \begin{cases} W^{H_{10}} = j200\pi O_M \\ W^{H_{01}} = j300\pi O_M \end{cases};$$

$$3) \begin{cases} W^{H_{10}} = 100\pi O_M \\ W^{H_{01}} = -j100\pi O_M \end{cases};$$

$$4) \begin{cases} W^{H_{10}} = 120\pi O_M \\ W^{H_{01}} = j126\pi O_M \end{cases};$$

$$5) \begin{cases} W^{H_{10}} = 200\pi O_M \\ W^{H_{01}} = -j96\pi O_M \end{cases}.$$

### 7.30

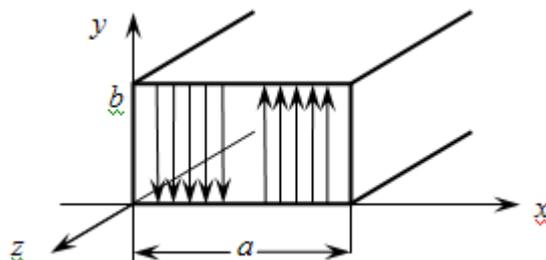
Максимальное значение продольной составляющей магнитного поля волны  $H_{10}$   $H_{0z} = 0,1 \text{ А/м}$ . Чему равна максимальная плотность тока проводимости на боковой поверхности волновода?

Ответы:

- 1)  $\delta_y = 0,1 \text{ А/м}$ ;
- 2)  $\delta_x = 0,1 \text{ А/м}$ ;
- 3)  $\delta_z = 0,1 \text{ А/м}$ ;
- 4)  $\delta_y = 1 \text{ А/м}$ ;
- 5)  $\delta_x = 1 \text{ А/м}$ .

### 7.31

Какому типу волн принадлежит электрическое поле, картина которого изображена на рисунке? Какова зависимость этого поля от координат?



ОТВЕТЫ:

$$1) \begin{cases} H_{02} \\ E_Y \sim \sin \frac{2\pi}{a} x ; \end{cases}$$

$$2) \begin{cases} H_{01} \\ E_Y \sim \sin \frac{\pi}{a} x ; \end{cases}$$

$$3) \begin{cases} H_{20} \\ E_Y \sim \sin \frac{2\pi}{a} x ; \end{cases}$$

$$4) \begin{cases} H_{01} \\ E_Y \sim \sin \frac{2\pi}{a} x ; \end{cases}$$

$$5) \begin{cases} H_{10} \\ E_Y \sim \sin \frac{2\pi}{a} x . \end{cases}$$

### 7.32

Определить размеры поперечного сечения квадратного волновода, если известно, что фазовая скорость волны  $E_{11}$  равна  $6 \cdot 10^8$  м/сек,  $f=5$  ГГц.

ОТВЕТЫ:

1)  $a=6$  см;

2)  $a=3$  см;

3)  $a=2\sqrt{6}$  см;

4)  $a=12$  см;

5)  $a=6\sqrt{\frac{3}{2}}$  см.

### 7.33

Напряжение между широкими стенками волновода в точках  $\left\{ x = \frac{\dot{a}}{6}, \quad x = \frac{5}{6}\dot{a} \right.$  равно  $40 \cdot 10^{-2}$  В. Чему будет равна напряженность поля в середине широкой стенки волновода сечением  $2 \times 1$  см<sup>2</sup> для волны Н<sub>10</sub>?

Ответы:

- 1) 10 В/м ;
- 2) 40 В/м ;
- 3) 20 В/м ;
- 4) 4 В/м ;
- 5) 400 В/м .

### **7.34**

В каком отношении находятся волновые сопротивления волн Н<sub>11</sub> и Е<sub>11</sub> при длине волны  $\lambda = 0,8\lambda_{кр}$  ?

Ответы:

- 1)  $\frac{W^{H_{11}}}{W^{E_{11}}} = 1$  ;
- 2)  $\frac{W^{H_{11}}}{W^{E_{11}}} = 2$  ;
- 3)  $\frac{W^{H_{11}}}{W^{E_{11}}} = \frac{5}{3}$  ;
- 4)  $\frac{W^{H_{11}}}{W^{E_{11}}} = \frac{9}{25}$  ;
- 5)  $\frac{W^{H_{11}}}{W^{E_{11}}} = \frac{1}{4}$  .

### **7.35**

Максимальное значение тока смещения волны  $H_{10}$  равна  $0,1 \text{ А/м}^2$ . Чему равна напряженность электрического поля на частоте  $f=10 \text{ ГГц}$  в точках:

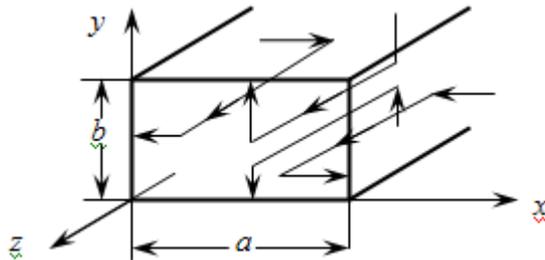
$$\begin{cases} x = \frac{a}{6}, y = \frac{b}{2} \\ x = \frac{5}{6}a, y = \frac{b}{3} \end{cases}, \text{ если волновод заполнен воздухом?}$$

Ответы:

- 1)  $E_y = 10 \text{ В/м}$ ;
- 2)  $E_y = 10^{-9} \text{ В/м}$ ;
- 3)  $E_y = 0$ ;
- 4)  $E_y = 1 \text{ В/м}$ ;
- 5)  $E_y = 0,09 \text{ В/м}$ .

### 7.36

Какому типу волн принадлежит картина силовых линий электрического поля, изображенная на рисунке? Какова зависимость продольной составляющей поля  $E$  от координат  $x$  и  $y$ ?



Ответы:

- 1)  $\begin{cases} H_{11} \\ E_z \sim \sin \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y \end{cases}$ ;
- 2)  $\begin{cases} H_{11} \\ E_z \sim \cos \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y \end{cases}$ ;
- 3)  $\begin{cases} E_{11} \\ E_z \sim \cos \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y \end{cases}$

$$4) \begin{cases} E_{11} \\ E_z \sim \sin \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y; \end{cases}$$

$$5) \begin{cases} E_{12} \\ E_z \sim \cos \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y. \end{cases}$$

### 7.37

Длина волны в волноводе при работе на основном типе равна 4 см. Размеры поперечного сечения волновода  $2 \times 1$  см<sup>2</sup>. Определить частоту генератора, возбуждающего волновод.

Ответы:

$$1) f = 10^5 \text{ Гц};$$

$$2) f = \frac{1,5}{\sqrt{2}} \cdot 10^9 \text{ Гц};$$

$$3) f = 3 \cdot 10^9 \text{ Гц};$$

$$4) f = 10^{10} \text{ Гц};$$

$$5) f = 3 \cdot 10^{10} \text{ Гц}.$$

### 7.38

Волновое сопротивление волновода  $Z_w = 240\pi$  Ом. Какой тип волны распространяется в волноводе? Какое соотношение  $\frac{\lambda}{\lambda_{KP}}$  при этом?

Ответы:

$$1) H_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$2) H_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{2}{\sqrt{3}};$$

$$3) E_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$4) E_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{2}{\sqrt{3}};$$

$$5) E_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{4}{\sqrt{3}}.$$

### 7.39

Укажите точки на широкой стенке волновода, в которых вектор магнитного поля волны  $H_{10}$  имеет круговую поляризацию.

Ответы:

$$1) x = \frac{a}{4}, \frac{3}{4}a;$$

$$2) x = \frac{a}{2};$$

$$3) x = \frac{5}{6}a, \frac{1}{6}a;$$

$$4) x = \frac{1}{3}a, \frac{2}{3}a;$$

$$5) x = 0, a.$$

### 7.40

Напряженность электрического поля волны  $H_{10}$  в точках  $\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{a}{6}, y = \frac{b}{2} \\ x = \frac{5}{6}a, y = \frac{b}{2} \end{array} \right.$

равна  $E_y = 9 \text{ В/м}$ . Чему равно максимальное значение тока смещения в волноводе? Волновод заполнен воздухом,  $f=10 \text{ ГГц}$ .

Ответы:

$$1) \delta_{ост.y} = 1 \text{ А/м};$$

$$2) \delta_{ост.y} = 10 \text{ А/м};$$

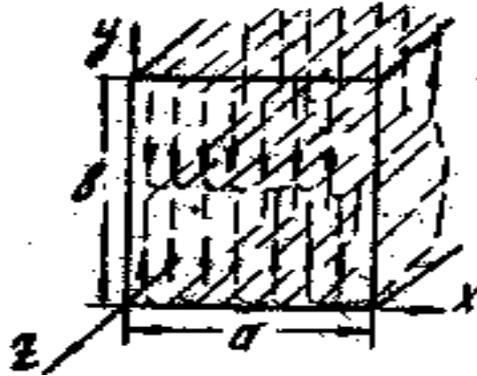
$$3) \delta_{ост.y} = 0;$$

$$4) \delta_{ост.y} = 100 \text{ А/м};$$

$$5) \delta_{ост.y} = 0,5 \text{ А/м}.$$

### 7.41

Какому типу волны принадлежит картина магнитного поля, изображенная на рисунке? Определите зависимость поперечной составляющей поля  $H_y$  от координат.



ОТВЕТЫ:

$$1) \begin{cases} E_{21} \\ H_y \sim \sin \frac{2\pi}{a} x \end{cases};$$

$$2) \begin{cases} H_{12} \\ H_y \sim \sin \frac{2\pi}{b} y \end{cases};$$

$$3) \begin{cases} H_{12} \\ H_y \sim \cos \frac{2\pi}{b} y \end{cases};$$

$$4) \begin{cases} H_{20} \\ H_y \sim \sin \frac{2\pi}{a} x \end{cases};$$

$$5) \begin{cases} H_{02} \\ H_y \sim \sin \frac{2\pi}{b} y \end{cases}.$$

### 7.42

Как изменится волновое сопротивление волновода, работающего на волне типа  $H_{10}$ , если длина волны генератора уменьшилась на 25%.

Начальное отношение  $\frac{\lambda}{\lambda_{кр}} = 0,8$ .

ОТВЕТЫ:

$$1) Z_{w_2} = \frac{4}{3} Z_{w_1};$$

$$2) Z_{w_2} = Z_{w_1};$$

$$3) Z_{w_2} = \frac{3}{4} Z_{w_1};$$

$$4) Z_{w_2} = \frac{1}{3} Z_{w_1};$$

$$5) Z_{w_2} = 2Z_{w_1}.$$

### **7.43**

По волноводу прямоугольного сечения передается мощность  $P_{cp}=100$  КВт. Как изменится напряженность электрического поля в волноводе на волне  $H_{10}$ , если мощность увеличится в 2 раза?

Ответы:

$$1) E_2=0,5E_1;$$

$$2) E_2=E_1;$$

$$3) E_2=1,5E_1;$$

$$4) E_2=1,41E_1;$$

$$5) E_2=10E_1.$$

### **7.44**

Максимальное значение плотности продольной составляющей тока на волне типа  $H_{10}$  равно  $\delta_{oz} = 2A/m$ . Какой компонентой вектора  $H$  создан этот ток и каково значение напряженности магнитного поля этой компоненты в

точках  $x = \frac{a}{6}, x = \frac{5}{6}a, y = 0$ ?

Ответы:

$$1) H_x = 0,1 \frac{A}{m};$$

$$2) H_x = 2 \frac{A}{m};$$

$$3) H_x = 1 \frac{A}{m};$$

$$4) H_y = 0,5 \frac{A}{m};$$

$$5) H_z = 10 \frac{A}{m}.$$

### **7.45**

Напряженность электрического поля волны  $H_{10}$  в точках  $x = \frac{a}{6}$ ,  $y = 0$ ,  $x = \frac{5a}{6}$ ,  $y = a$ ,  $E_y = 9$  В/м. Чему равна плотность поверхностного заряда в середине широкой стенки волновода? Волновод заполнен воздухом.

Ответы:

$$1) \xi = \frac{1}{2} \cdot 10^{-9} \frac{\kappa}{m^2};$$

$$2) \xi = 10^9 \frac{\kappa}{m^2};$$

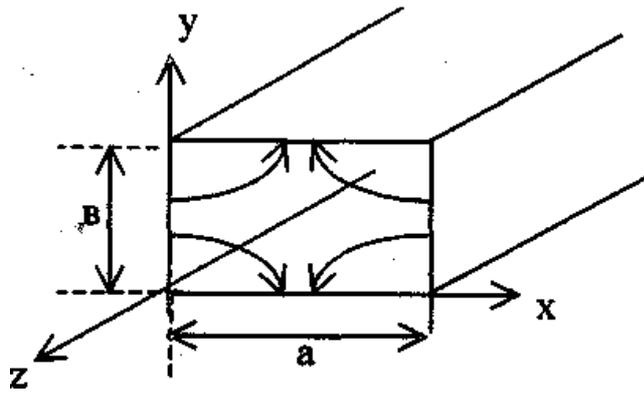
$$3) \xi = 2 \cdot 10^{-9} \frac{\kappa}{m^2};$$

$$4) \xi = \frac{10^9}{2\pi} \frac{\kappa}{m^2};$$

$$5) \xi = \frac{10^{-9}}{2\pi} \frac{\kappa}{m^2}.$$

### **7.46**

Какому типу волны принадлежит картинка силовых линий электрического поля, изображенная на рисунке? Какова зависимость составляющей  $E_x$  от координат  $x$  и  $y$ ?



ОТВЕТЫ:

$$1) E_{11}, E_x = E_0 \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right);$$

$$2) E_{11}, E_x = E_0 \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right);$$

$$3) H_{10}, E_x = E_0 \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right);$$

$$4) H_{11}, E_x = E_0 \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right);$$

$$5) H_{11}, E_x = E_0 \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi y}{a}\right).$$

### 7.47

Какова относительная диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей волновод, при которой длина волны в волноводе равна длине волны в свободном воздушном пространстве?

ОТВЕТЫ:

$$1) \varepsilon' = 1 + \left(\frac{\lambda}{\lambda_{KP}}\right)^2;$$

$$2) \varepsilon' = 2 + \left(\frac{\lambda}{\lambda_{KP}}\right)^3;$$

$$3) \varepsilon' = \left(\frac{\lambda}{\lambda_{KP}}\right)^2;$$

$$4) \varepsilon' = 1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{KP}}\right)^2;$$

$$5) \varepsilon' = 1$$

### **7.48**

Максимальная напряженность электрического поля в волноводе прямоугольного сечения при волне типа  $H_{10}$  равна 10 кВ/м. Найти плотность потока мощности в точке  $x = \frac{a}{2}$ ,  $y = \frac{a}{2}$ ,  $Z_w = 500$  Ом.

Ответы:

- 1) 50 Вт/м<sup>2</sup>;
- 2) 5 Вт/м<sup>2</sup>;
- 3) 50 МВт/м<sup>2</sup>;
- 4) 500 МВт/м<sup>2</sup>;
- 5) 0,5 МВт/м<sup>2</sup>.

### **7.49**

В прямоугольном волноводе сечением  $2 \times 1$  см<sup>2</sup> на частоте 10 ГГц возбуждается волна типа  $H_{10}$ . На сколько процентов надо изменить эту частоту для того, чтобы волновод стал запердельным?

Ответы:

- 1) Увеличить на 25%;
- 2) Уменьшить на 33,3%;
- 3) Уменьшить на 25%;
- 4) Увеличить на 33,3%;
- 5) Уменьшить на 50%.

### **7.50**

Поверхностная плотность заряда, создаваемого полем волны  $H_{10}$  в точках

$$\begin{cases} x = \frac{a}{6}, \\ y = \epsilon \end{cases}, \quad \begin{cases} x = \frac{5a}{6}, \\ y = 0 \end{cases}, \quad \text{равна } \xi = \frac{10^{-9}}{\pi} \text{ К/м}^2. \quad \text{Чему равна максимальная}$$

напряженность электрического поля в волноводе?

Ответы:

- 1) 2 В/м;
- 2) 10 В/м;
- 3) 52 В/м;
- 4) 72 В/м;
- 5) 100 В/м.

### 7.51

Какому типу волн принадлежит картина магнитного поля, изображенная

на рисунке? Какова зависимость составляющей поля  $H_y$  от координат?

Ответы:

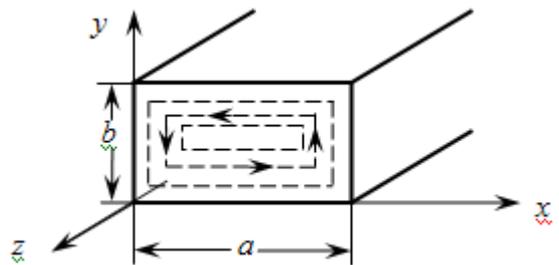
$$1) \begin{cases} H_{11} \\ H_y \sim \cos \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{\epsilon} y \end{cases};$$

$$2) \begin{cases} E_{11} \\ H_y \sim \cos \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{\epsilon} y \end{cases};$$

$$3) \begin{cases} E_{11} \\ H_y \sim \sin \frac{\pi}{\epsilon} y \cos \frac{\pi}{a} x \end{cases};$$

$$4) \begin{cases} H_{11} \\ H_y \sim \sin \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{\epsilon} y \end{cases};$$

$$5) \begin{cases} H_{11} \\ H_y \sim \cos \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{\epsilon} y \end{cases}.$$



### 7.52

Групповая скорость волны в волноводе равна  $0,5 V_{\phi}$ . Чему равна длина волны в волноводе на частоте  $f=10$  ГГц?

Ответы:

- 1)  $\lambda=42,8$  см;
- 2)  $\lambda=0,428$  см;
- 3)  $\lambda=10$  см;
- 4)  $\lambda=2$  см;
- 5)  $\lambda=4,28$  см.

### 7.53

Максимальная напряженность поперечной составляющей магнитного поля в прямоугольном волноводе  $H_{ox} = 1$  А/м. Найти плотность потока мощности в точке  $\left\{ x = \frac{a}{3}, y = \frac{\hat{a}}{2} \right.$  для волны  $H_{10}$ .  $Z_w = 500$  Ом.

Ответы:

- 1)  $375$  Вт/м<sup>2</sup>;
- 2)  $50$  Вт/м<sup>2</sup>;
- 3)  $500$  Вт/м<sup>2</sup>;
- 4)  $0,5$  Вт/м<sup>2</sup>;
- 5)  $12,5$  Вт/м<sup>2</sup>.

### 7.54

Длина волны в волноводе равна  $2\lambda_{кр}$ , а длина критической волны равна  $2\lambda_0$  волны генератора. Найти волновое сопротивление для волн типа  $H_{mn}$ .

Ответы:

- 1)  $Z_w = 120\pi$ ;
- 2)  $Z_w = 360\pi$ ;
- 3)  $Z_w = 120\pi\sqrt{5}$ ;
- 4)  $Z_w = 60\pi$ ;
- 5)  $Z_w = 200\pi$ .

### 7.54

Напряженность электрического поля в точках  $\begin{cases} x = \frac{\hat{a}}{6}, y = \frac{\hat{a}}{3} \\ x = \frac{5}{6}\hat{a}, y = \frac{\hat{a}}{3} \end{cases}$

создаваемая при распространении волны  $H_{10}$ , равна  $E_y=2$  В/м. Чему равно максимальное напряжение между стенками волновода сечением  $2 \times 1$  см<sup>2</sup>?

Ответы:

1)  $2 \cdot 10^{-2}$  В;      2) 4 В;      3)  $8 \cdot 10^{-2}$  В;

4)  $4 \cdot 10^{-2}$  В;      5) 2·10 В.

### 7.55

На рисунке изображена схема расположения токов смещения. Определить тип волны и зависимость составляющей плотности тока  $\delta_y$  от координат  $x$  и  $y$ .

Ответы:

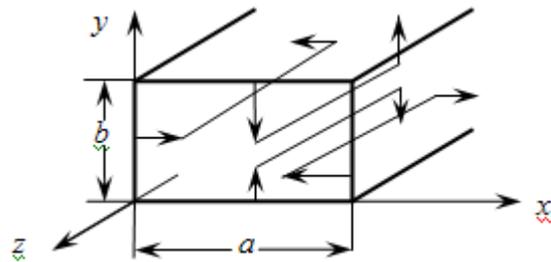
1)  $\begin{cases} E_{11} \\ \delta_y \sim \sin \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y \end{cases};$

2)  $\begin{cases} E_{11} \\ \delta_y \sim \cos \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y \end{cases};$

3)  $\begin{cases} H_{11} \\ \delta_y \sim \sin \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y \end{cases};$

4)  $\begin{cases} H_{11} \\ \delta_y \sim \sin \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y \end{cases};$

5)  $\begin{cases} H_{11} \\ \delta_y \sim \cos \frac{\pi}{b} x \sin \frac{\pi}{a} y \end{cases}.$



### 7.56

Плотность мощности в точке  $x = \frac{a}{3}, y = \frac{b}{2}$  равна  $100 \text{ Вт/м}^2$ . Чему равна максимальная напряженность электрического поля в волноводе на волне  $H_{10}$ , если  $Z_w = 500 \text{ Ом}$ .

Ответы:

- 1) 520 В/м;            2) 1000 В/м;            3) 18 В/м;  
4) 148 В/м;            5) 260 В/м.

### 7.57

Напряженность между горизонтальными стенками волновода в точках  $x = \frac{a}{6}, y = \frac{5}{6}a$  равна  $2 \cdot 10^{-2} \text{ В}$ . Чему будет равна напряженность поля в центре волновода сечением  $2 \times 1 \text{ см}^2$  для волны  $H_{10}$ ?

Ответы:

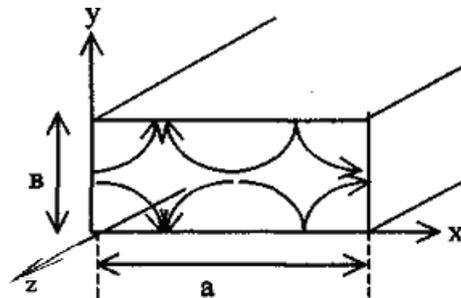
- 1) 0,04 В/м;            2) 2 В/м;            3) 0,4 В/м;  
4) 40 В/м;            5) 4 В/м.

### 7.58

На рисунке изображена картина электрического поля. Определить тип волны и зависимость  $x$ -вой составляющей электрического поля от координат  $x$  и  $y$ .

Ответы:

- 1) 
$$\begin{cases} H_{11} \\ E_x \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y \end{cases};$$
- 2) 
$$\begin{cases} H_{11} \\ E_x \sim \cos \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y \end{cases};$$



$$3) \begin{cases} E_{21} \\ E_x \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y ; \end{cases}$$

$$4) \begin{cases} H_{12} \\ E_x \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y ; \end{cases}$$

$$5) \begin{cases} H_{21} \\ E_x \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y . \end{cases}$$

### 7.59

Длина волны в волноводе прямоугольного сечения равна  $2\lambda_{\text{кр}}$ . Найти волновое сопротивление волновода для волны типа  $E_{mn}$ ?

Ответы:

$$1) 240\pi; \quad 2) 5 \cdot \frac{120\pi}{\sqrt{3}}; \quad 3) 120\pi;$$

$$4) \frac{120\pi}{\sqrt{5}}; \quad 5) \frac{120\pi}{\sqrt{6}}.$$

### 7.60

Плотность мощности в точке  $\left\{x = \frac{a}{6}, y = \frac{a}{3}\right\}$  равна  $100 \text{ Вт/м}^2$ . Найти максимальную напряженность поперечной составляющей магнитного поля волны  $H_{10}$ . Характеристическое сопротивление на этом типе  $Z_w = 400 \text{ Ом}$ .

Ответы:

$$1) 10 \text{ А/м}; \quad 2) 100 \text{ А/м}; \quad 3) 0,1 \text{ А/м};$$

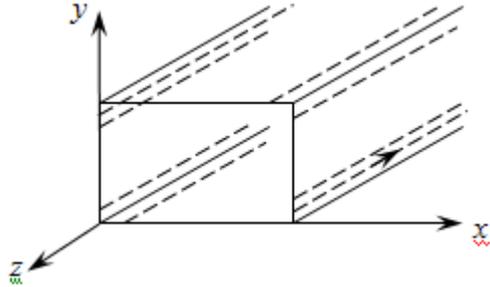
$$4) 1 \text{ А/м}; \quad 5) 0,50 \text{ А/м}.$$

**7.61**

Продольная составляющая магнитного поля имеет вид, показанный на рисунке. Какие составляющие тока проводимости на стенках волновода она возбуждает?

Ответы:

- 1)  $\delta_z, \delta_x$ ;
- 2)  $\delta_x, \delta_y$ ;
- 3)  $\delta_y, \delta_z$ ;
- 4)  $\delta_y$ ;
- 5)  $\delta_x$ .

**7.62**

Поверхностная плотность заряда, создаваемого полем волны  $H_{10}$  в

точках  $\begin{cases} x = \frac{a}{2}, \\ y = a \end{cases}$ ,  $\begin{cases} x = \frac{a}{2}, \\ y = 0 \end{cases}$ , равна  $\xi_{na} = \frac{10^{-9} \hat{E}}{\pi \hat{i}^2}$ . Чему равна максимальная

напряженность электрического поля в волноводе?

Ответы:

- 1)  $36 \frac{B}{m}$ ;
- 2)  $10 \frac{B}{m}$ ;
- 3)  $52 \frac{B}{m}$ ;
- 4)  $72 \frac{B}{m}$ ;
- 5)  $3,6 \frac{B}{m}$ .

**7.63**

Волновое сопротивление волновода с воздушным заполнением составляет  $40\pi$  Ом. Какого типа волна распространяется в волноводе и чему равно отношение  $\frac{\lambda}{\lambda_{KP}}$ ?

Ответы:

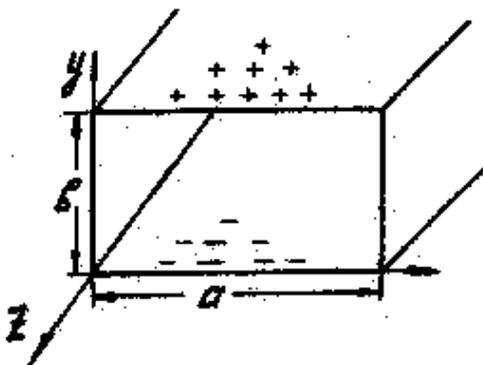
- 1)  $H_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ;
- 2)  $H_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$ ;
- 3)  $E_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{ED}} = \frac{1}{3}$ ;



- 1)  $\frac{24}{\pi} \frac{A}{m}$ ;      2)  $\frac{12}{\sqrt{\pi}} \frac{A}{m}$ ;      3)  $24 \frac{A}{m}$ ;  
 4)  $\frac{0,01}{\pi} \frac{A}{m}$ ;      5)  $\frac{100}{24\pi} \frac{A}{m}$ .

**7.67**

На рисунке изображено распределение поверхностного заряда на стенках волновода. Указать тип волны и вид зависимости расположения заряда от координат  $x$ .



Ответы:

- 1)  $\begin{cases} H_{01} \\ \xi_{\bar{n}\bar{a}} \sim \cos \frac{\pi}{a} x \end{cases}$ ;      2)  $\begin{cases} H_{11} \\ \xi_{\bar{n}\bar{a}} \sim \sin \frac{\pi}{a} x \end{cases}$ ;      3)  $\begin{cases} H_{10} \\ \xi_{\bar{n}\bar{a}} \sim \sin \frac{\pi}{a} x \end{cases}$ ;  
 4)  $\begin{cases} H_{10} \\ \xi_{\bar{n}\bar{a}} \sim \cos \frac{\pi}{a} x \end{cases}$ ;      5)  $\begin{cases} H_{01} \\ \xi_{\bar{n}\bar{a}} \sim \sin \frac{\pi}{a} x \end{cases}$ .

**7.68**

В волноводе с поперечными размерами  $2 \times 1$  см<sup>2</sup> длина распространяющейся волны  $\lambda = 8$  см. Как следует изменить диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей волновод, чтобы длина  $\lambda$  уменьшилась вдвое? Тип волны  $H_{10}$ .

Ответы:

- 1)  $\epsilon_2 = 20\epsilon_1$ ;      2)  $\epsilon_2 = 10\epsilon_1$ ;      3)  $\epsilon_2 = 1,6\epsilon_1$ ;  
 4)  $\epsilon_2 = 2\epsilon_1$ ;      5)  $\epsilon_2 = 0,5\epsilon_1$ .

**7.69**

Максимальная значение поперечной составляющей тока проводимости для волны  $H_{10}$   $\delta_{ox} = 0,1A/м$ . Чему равна напряженность продольной составляющей магнитного поля в точках  $\left\{ x = \frac{a}{6}, y = 0 \right\}$ .

Ответы:

$$1) H_z = 2 \frac{A}{\lambda};$$

$$2) H_z = 0,2 \frac{A}{\lambda};$$

$$3) H_z = 0,866 \frac{A}{м};$$

$$4) H_z = 5 \frac{A}{м};$$

$$5) H_z = 1,05 \frac{A}{м}.$$

**7.70**

В каком отношении находятся фазовые скорости волн  $H_{11}$  и  $E_{11}$ , возбуждаемых в прямоугольном волноводе?

Ответы:

$$1) V_{\phi_{H_{11}}} = \pi V_{\phi_{E_{11}}};$$

$$2) V_{\phi_{H_{11}}} = 3V_{\phi_{E_{11}}};$$

$$3) V_{\phi_{H_{11}}} = 2V_{\phi_{E_{11}}}$$

$$4) V_{\phi_{H_{11}}} = 0,1V_{\phi_{E_{11}}};$$

$$5) V_{\phi_{H_{11}}} = 0,5V_{\phi_{E_{11}}}.$$

**7.71**

Как изменится критическая длина волны, если волновод заполнить дистиллированной водой ( $\epsilon \approx 81$ )?

Ответы:

1) Не измениться;

2) Увеличиться в 9 раз;

3) Уменьшиться в 9 раз;

4) Уменьшиться в 3 раз;

5) Увеличиться в 3 раз.

**7.72**

Максимальное значение продольной составляющей магнитного поля волны типа  $H_{10}$  -  $2 \text{ A/m}$ . Чему равна максимальная плотность поверхностного заряда на стенках волновода? Волновод заполнен воздухом. Сечение  $2 \times 1 \text{ см}^2$ ,  $f=10 \text{ ГГц}$ .

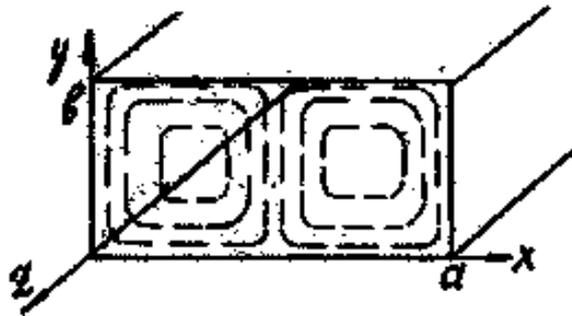
Ответы:

1)  $10 \frac{\text{К}}{\text{м}^2}$ ;      2)  $1 \frac{\text{К}}{\text{м}^2}$ ;      3)  $8 \frac{\text{К}}{\text{м}^2}$ ;

4)  $\frac{8}{9} 10^9 \frac{\text{К}}{\text{м}^2}$ ;      5)  $\frac{8}{9} 10^{-8} \frac{\text{К}}{\text{м}^2}$ .

**7.73**

На рисунке изображено распределение силовых линий магнитного поля. Какому типу волны оно принадлежит? Определить зависимость  $H_y$  от координат  $x$  и  $y$ ?



Ответы:

1)  $\begin{cases} E_{21} \\ H_y \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y \end{cases}$ ;      2)  $\begin{cases} E_{12} \\ H_y \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y \end{cases}$ ;

3)  $\begin{cases} H_{12} \\ H_y \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y \end{cases}$ ;      4)  $\begin{cases} H_{21} \\ H_y \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y \end{cases}$ ;      5)

$$\begin{cases} E_{21} \\ H_y \end{cases} \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y.$$

**7.74**

При каком отношении  $\frac{\lambda}{\lambda_{KP}}$  волновое сопротивление на любой волне типа  $E_{mn}$  будет равно  $60\pi$  Ом?

Ответы:

$$1) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \sqrt{3}; \quad 2) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{2}{\sqrt{3}}; \quad 3) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$4) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = 2; \quad 5) \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{1}{2}.$$

**7.75**

В каком отношении находятся сопротивления волновода для волн  $H_{11}$  и  $E_{11}$  на длине волны  $\lambda = \frac{1}{2} \lambda_{KP}$ .

Ответы:

$$1) \frac{Z_{W_{E_{11}}}}{Z_{W_{H_{11}}}} = \frac{1}{4}; \quad 2) \frac{Z_{W_{E_{11}}}}{Z_{W_{H_{11}}}} = \frac{1}{2}; \quad 3) \frac{Z_{W_{E_{11}}}}{Z_{W_{H_{11}}}} = \frac{4}{3};$$

$$4) \frac{Z_{W_{E_{11}}}}{Z_{W_{H_{11}}}} = \frac{3}{4}; \quad 5) \frac{Z_{W_{E_{11}}}}{Z_{W_{H_{11}}}} = 2.$$

**7.76**

Поверхностная плотность заряда, создаваемого полем волны  $H_{10}$  в

точках  $\begin{cases} x = \frac{a}{6} & y = 0 \\ x = \frac{5}{6}a & y = 0 \end{cases}$ , равна  $\frac{10^{-9} K}{\pi m^2}$ . Чему равна максимальная напряженность

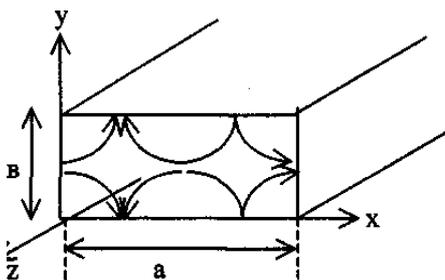
электрического поля в волноводе?

Ответы:

- 1)  $10^{-9} B/m$ ;      2)  $72 B/m$ ;      3)  $1 B/m$ ;  
4)  $10^9 B/m$ ;      5)  $100 B/m$ .

### 7.77

На рисунке изображена картина расположения токов смещения электромагнитного поля в волноводе. Определить тип волны и зависимость  $x$ -вой составляющей тока от координат  $x$  и  $y$ .



Ответы:

- 1)  $\begin{cases} H_{12} \\ \delta_x \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{a} y \end{cases}$ ;      2)  $\begin{cases} E_{12} \\ \delta_x \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{a} y \end{cases}$ ;  
3)  $\begin{cases} H_{12} \\ \delta_x \sim \sin \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{a} y \end{cases}$ ;      4)  $\begin{cases} E_{21} \\ \delta_x \sim \sin \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{a} y \end{cases}$ ;  
5)  $\begin{cases} H_{21} \\ \delta_x \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{a} y \end{cases}$ .

### 7.78

Максимальное значение  $x$ -ой составляющей плотности тока проводимости волны типа  $H_{10}$   $\delta_{ox} = 0,2 A/m$ . Какой проекцией вектора  $H$

определяется этот ток?

Чему равна напряженность магнитного поля в точках  $\begin{cases} x = \frac{a}{3} & y = 0 \\ x = \frac{2}{3}a & y = \hat{a} \end{cases}$ .

Ответы:

$$1) H_x = 2 \frac{A}{m}; \quad 2) H_z = 1 \frac{A}{m}; \quad 3) H_y = 0,1 \frac{A}{m};$$

$$4) H_x = 0,1 \frac{A}{m}; \quad 5) H_z = 0,1 \frac{A}{m}.$$

### 7.79

Длина волны в волноводе при работе на основном типе волны равна 4 см. размеры поперечного сечения волновода  $2 \times 1$  см<sup>2</sup>. определить частоту генератора, возбуждающего этот волновод.

Ответы:

$$1) f = 10^5 \text{ Гц}; \quad 2) f = \frac{1,5}{\sqrt{2}} \cdot 10^{10} \text{ Гц}; \quad 3) f = 3 \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 10^9 \text{ Гц};$$

$$4) f = 10^{10} \text{ Гц}; \quad 5) f = 3 \cdot 10^{10} \text{ Гц}$$

### 7.80

В прямоугольном волноводе с размерами  $2 \times 1$  см<sup>2</sup> распространяется тип волны  $H_{10}$  с  $\lambda = 3,0$  см. Затем на этой же волне  $\lambda = 3,0$  см предпринимается попытка возбудить волну  $H_{01}$ . определить волновые сопротивления  $Z_W^{H_{10}}$  и  $Z_W^{H_{01}}$ .

Ответы:

$$1) \begin{cases} Z_W^{H_{10}} = j200\pi \\ Z_W^{H_{01}} = -j103 \end{cases};$$

$$2) \begin{cases} Z_W^{H_{10}} = j182\pi \\ Z_W^{H_{01}} = j103\pi \end{cases};$$

$$3) \begin{cases} Z_W^{H_{10}} = j100\pi \\ Z_W^{H_{01}} = j100\pi \end{cases};$$

$$4) \begin{cases} Z_W^{H_{10}} = 120\pi \\ Z_W^{H_{01}} = j120\pi \end{cases};$$

$$5) \begin{cases} Z_W^{H_{10}} = 182\pi \\ Z_W^{H_{01}} = j107\pi \end{cases}.$$

**7.81**

Максимальное значение продольной составляющей магнитного поля волны  $H_{10}$   $H_{oz} = 0,1 \text{ A/м}$ . Чему равна плотность тока проводимости на боковой стенке волновода?

Ответы:

$$1) \delta_z = 0,1 \frac{\text{A}}{\text{м}}; \quad 2) \delta_x = 0,1 \frac{\text{A}}{\text{м}}; \quad 3) \delta_y = 0,1 \frac{\text{A}}{\text{м}};$$

$$4) \delta_z = 1 \frac{\text{A}}{\text{м}}; \quad 5) \delta_y = 1 \frac{\text{A}}{\text{м}}$$

**7.82**

Максимальное значение плотности тока смещения волны  $H_{10}$  равно  $0,1 \text{ A/м}^2$ . Чему равна напряженность электрического поля в точках:  $\begin{cases} x = \frac{a}{6}, y = \frac{b}{2} \\ x = \frac{5}{6}a, y = \frac{b}{3} \end{cases}$

, если волновод заполнен воздухом? Рабочая частота  $f=10 \text{ ГГц}$ .

Ответы:

1)  $E_Y = 10 \frac{B}{M};$

2)  $E_Y = 10^{-9} \frac{B}{M};$

3)  $E_Y = 0;$

4)  $E_Y = 1,8 \frac{\hat{A}}{i};$

5)  $E_Y = 0,9 \frac{\hat{A}}{i}.$

**7.83**

Определить размеры поперечного сечения квадратного волновода, если известно, что фазовая скорость волны  $E_{11}$  равна  $6 \cdot 10^8$  м/сек на частоте  $f=5$  ГГц.

Ответы:

1)  $a=6$  см;

2)  $a=3$  см;

3)  $a=2\sqrt{6}$  см;

4)  $a=12$  см;

5)  $a=6\sqrt{\frac{3}{2}}$  см.

**7.84**

Укажите координаты плоскостей на широкой стенке волновода, в которых вектор напряженности магнитного поля волны  $H_{10}$  имеет линейную поляризацию.

Ответы:

1)  $x = \frac{a}{3}; y = 0;$

2)  $x = \frac{a}{2}; y = b;$

3)  $x = \frac{5}{6}a; \frac{1}{6}a; y = 0;$

4)  $x = \frac{1}{3}a, \frac{2}{3}a;$

5)  $x = 0; x = a; x = \frac{a}{2}; \phi = 0.$

**7.85**

По волноводу прямоугольного сечения передается мощность  $P_{cp}=100$  кВт. Как изменится напряженность электрического поля в волноводе на волне  $H_{10}$ , если мощность увеличится в 2 раза?

Ответы:

1)  $E_2=0,5E_1$ ;

2)  $E_2=E_1$ ;

3)  $E_2=1,5E_1$ ;

4)  $E_2=1,41E_1$ ;

5)  $E_2=10E_1$ .

**7.86**

Волновое сопротивление волновода  $Z_W=80\pi$  Ом. Какой тип волны ( $E_{mn}$  или  $H_{mn}$ ) распространяется в волноводе? Какое соотношение  $\frac{\lambda}{\lambda_{KP}}$  при этом?

Ответы:

1)  $H_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{\hat{E}\hat{D}}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$ ;

2)  $H_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$ ;

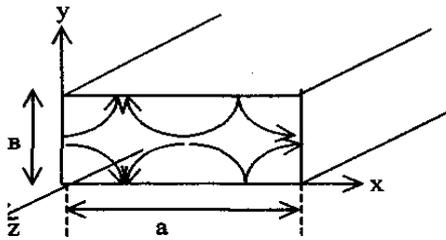
3)  $E_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{\hat{E}\hat{D}}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$ ;

4)  $E_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{\hat{E}\hat{D}}} = \frac{3}{\sqrt{5}}$ ;

5)  $E_{mn}, \frac{\lambda}{\lambda_{KP}} = \frac{4}{\sqrt{3}}$ .

**7.87**

На рисунке изображена картина электрического поля в волноводе. Определить тип волны и зависимость  $E_y$  от координат  $x$  и  $y$ .



Ответы:

1) 
$$\begin{cases} H_{21} \\ E_y \sim \sin \frac{2\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y \end{cases};$$

2) 
$$\begin{cases} E_{12} \\ E_y \sim \cos \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y \end{cases};$$

$$3) \begin{cases} H_{21} \\ E_Y \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{\hat{a}} y; \end{cases}$$

$$4) \begin{cases} H_{12} \\ E_Y \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{\hat{a}} y; \end{cases}$$

$$5) \begin{cases} E_{21} \\ E_Y \sim \cos \frac{2\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{\hat{a}} y. \end{cases}$$

### 7.88

Длина волны в волноводе равна  $2\lambda_{\text{КР}}$ . Найти волновое сопротивление для волн типа  $H_{mn}$ .

Ответы:

$$1) Z_W = 120\pi/\sqrt{5}; \quad 2) Z_W = 360\pi; \quad 3) Z_W = 120\pi\sqrt{5};$$

$$4) Z_W = 60\pi; \quad 5) Z_W = 200\pi.$$

### 7.89

Напряженность электрического поля волны типа  $H_{10}$  в точке  $x = \frac{\hat{a}}{6}$ ,  $y = \frac{\hat{a}}{2}$   $E_Y = 9B/m$ . Чему равна плотность поверхностного заряда в середине широкой стенки волновода? Волновод заполнен воздухом.

Ответы:

$$1) \xi_{\hat{n}\hat{a}} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-9} \frac{\hat{E}}{\hat{i}^2}; \quad 2) \xi_{\hat{n}\hat{a}} = 10^9 \frac{\hat{E}}{\hat{i}^2}; \quad 3) \xi_{\hat{n}\hat{a}} = 2 \cdot 10^{-9} \frac{\hat{E}}{\hat{i}^2};$$

$$4) \xi_{\hat{n}\hat{a}} = \frac{10^9}{2\pi} \frac{\hat{E}}{\hat{i}^2}; \quad 5) \xi_{\hat{n}\hat{a}} = \frac{10^{-9}}{2\pi} \frac{\hat{E}}{\hat{i}^2}.$$

**7.90**

По волноводу прямоугольного сечения передается мощность на основном типе. Как изменится напряженность электрического поля, если мощность уменьшить вдвое?

Ответы:

$$1) E_2 = 2E_1; \quad 2) E_2 = 10E_1; \quad 3) E_2 = \frac{E_1}{\sqrt{2}};$$

$$4) E_2 = \sqrt{3}E_1; \quad 5) E_2 = \sqrt{2}E_1.$$

**7.91**

Напряженность электрического поля в центре волновода при волне  $H_{10}$   $E_y = 10 \text{ В/см}$ . Определить мощность, канализируемую по волноводу сечением  $2 \times 1 \text{ см}^2$  на частоте  $f = 10 \text{ ГГц}$ .

Ответы:

$$1) 0,1 \text{ Вт}; \quad 2) \frac{1,1}{\pi} \text{ Вт}; \quad 3) \frac{6,6}{24\pi} \text{ Вт};$$

$$4) 5 \text{ Вт}; \quad 5) 0,5 \text{ Вт}.$$

**7.92**

Напряженность электрического поля в точках  $\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{a}{6}, y = a \\ x = \frac{5}{6}a, y = 0 \end{array} \right.$ ,

создаваемая при распространении волны  $H_{10}$   $E_y = 20 \text{ В/м}$ . Чему равно максимальное напряжение между стенками волновода сечением  $2 \times 1 \text{ см}^2$ ?

Ответы:

$$1) 0,8 \text{ В}; \quad 2) 8 \text{ В}; \quad 3) 4 \cdot 10^2 \text{ В};$$

- 4) 0,4 В;                    5) 4 В.

### 7.93

Групповая скорость волны в волноводе равна  $0,5 V_{\phi}$ . Чему равна длина волны в волноводе на частоте  $f=10$  ГГц?

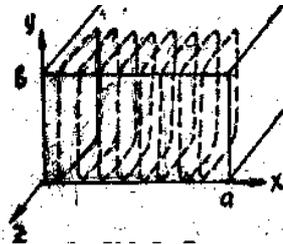
Ответы:

- 1)  $\lambda=6$  см;            2)  $\lambda=0,6$  см;            3)  $\lambda=10$  см;

- 4)  $\lambda=2$  см;            5)  $\lambda=1,2$  см.

### 7.94

Какому типу волны принадлежит картина магнитного поля, изображенная на рисунке? Какие компоненты тока проводимости будут в стенках волновода в этом типе волны?



Ответы:

- 1)  $\left\{ \begin{matrix} H_{10} \\ \delta_x, \delta_y \end{matrix} \right.$ ;            2)  $\left\{ \begin{matrix} H_{01} \\ \delta_x, \delta_z \end{matrix} \right.$ ;            3)  $\left\{ \begin{matrix} H_{02} \\ \delta_x, \delta_z \end{matrix} \right.$ ;
- 4)  $\left\{ \begin{matrix} H_{01} \\ \delta_x, \delta_y, \delta_z \end{matrix} \right.$ ;            5)  $\left\{ \begin{matrix} H_{20} \\ \delta_x, \delta_y \end{matrix} \right.$

### 7.95

Максимальная напряженность электрического поля в волноводе прямоугольного сечения равна  $10\hat{E}B/\hat{n}\hat{i}$  на волне  $H_{10}$ . Найти среднюю по времени плотность потока мощности в точке  $\left\{ x = \frac{a}{6}, y = \frac{\hat{a}}{2} \right.$ .  $Z_W = 500$  Ом.

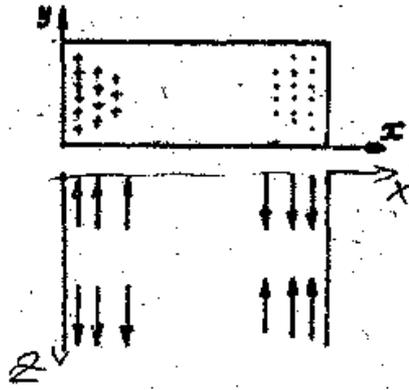
Ответы:

$$1) 50 \frac{MBm}{m^2}; \quad 2) 2,5 \frac{MBm}{m^2}; \quad 3) 5 \frac{MBm}{m^2};$$

$$4) 25 \frac{MBm}{m^2}; \quad 5) 0,5 \frac{MBm}{m^2}.$$

### 7.96

Продольная составляющая магнитного поля имеет вид, указанный на рисунке. Какие составляющие тока проводимости на стенках волновода она возбуждает?



Ответы:

$$1) \delta_z, \delta_x; \quad 2) \delta_x, \delta_y; \quad 3) \delta_y, \delta_z; \quad 4) \delta_y; \quad 5) \delta_x.$$

### 7.97

Плотность мощности в точке  $\left\{ x = \frac{a}{6}, y = \frac{a}{2} \right\}$  равна  $500 \frac{Bm}{m^2}$ . Найти максимальную напряженность поперечной составляющей магнитного поля волны  $H_{10}$ , если  $Z_W = 400 \text{ Ом}$ .

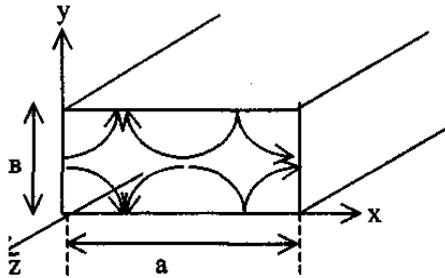
Ответы:

$$1) 10 \text{ A/m}; \quad 2) 100 \text{ A/m}; \quad 3) 50 \text{ A/m};$$

- 4)  $5 \text{ A/м}$ ;      5)  $0,5 \text{ A/м}$ .

### 7.98

Как следует записать граничные условия, выполненные при построении картины электрического поля, представленной на рисунке?

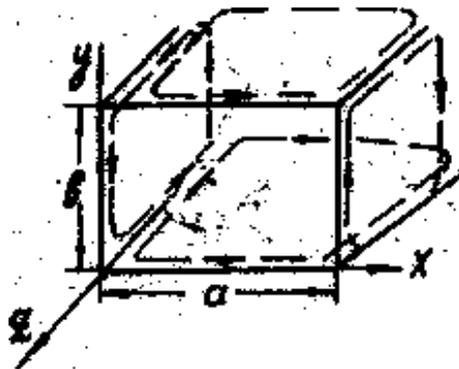


Ответы:

1.  $E_n = 0$ ;     $E_T = 0$ ;
2.  $D_n = \xi_{\text{ма}}$ ;     $E_T = 0$ ;
3.  $B_n = 0$ ;     $E_T = 0$ ;
4.  $B_n = 0$ ;     $H_T = 0$ ;

### 7.99

Какому типу волны принадлежит картина магнитного поля волновода, изображенная на рисунке? Какова зависимость его y-ой компоненты от координат?



Ответы:

$$1) \begin{cases} E_{11} \\ H_x \sim \sin \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y \end{cases};$$

$$2) \begin{cases} H_{11} \\ H_y \sim \sin \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y ; \end{cases}$$

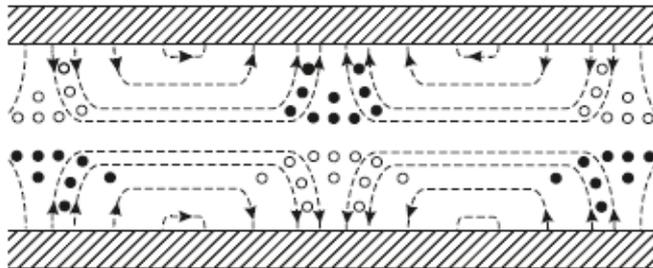
$$3) \begin{cases} E_{11} \\ H_x \sim \cos \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y ; \end{cases}$$

$$4) \begin{cases} H_{11} \\ H_x \sim \cos \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y ; \end{cases}$$

$$5) \begin{cases} H_{11} \\ H_y \sim \sin \frac{\pi}{a} x \sin \frac{\pi}{b} y . \end{cases}$$

### **7.100**

Структура поля изображена на рисунке. Какой тип волны представляет? Изображено поле бегущей волны или стоячего колебания?



Ответы:

1. Бегущая волна в волноводе на типе  $H_{11}$
2. Стоячая волна в волноводе на типе  $E_{11}$
3. Бегущая волна в волноводе на типе  $E_{11}$
4. Стоячая волна в волноводе на типе  $H_{11}$
5. Бегущая волна в волноводе на типе  $H_{10}$

## ОБЪЕМНЫЕ РЕЗОНАТОРЫ

### 8.1

Как изменяется резонансная частота резонатора при заполнении его диэлектриком?

Ответы:

4. Частота не изменяется.
2. Частота с диэлектриком уменьшится по отношению к частоте без диэлектрика.
3. Частота с диэлектриком увеличится по отношению к частоте резонатора без диэлектрика.

### 8.2

Как будет влиять изменение поперечных размеров прямоугольного резонатора ( $a \cdot b$ ) на резонансную длину волны основного типа колебаний при неизменной частоте электромагнитных колебаний?

Ответы:

4. Не влияют. Она зависит от частоты колебаний.
2. С увеличением размеров ( $a \cdot b$ ) увеличивается резонансная длина волны.
3. С уменьшением размеров ( $a \cdot b$ ) увеличивается резонансная длина волны.
4. С увеличением размеров ( $a \cdot b$ ) уменьшается резонансная длина волны.

### 8.3

Чем отличаются структуры полей  $E$  и  $H$  в прямоугольном волноводе и резонаторе, образованном на его основе?

Ответы:

1. Сдвигом поперечных составляющих полей на четверть периода колебаний.
2. Разницы в структурах поле нет.
3. Ограничением вариаций структуры поля вдоль оси  $z$ .
4. Необходимостью выполнения граничных условий на торцевых стенках.

#### 8.4

Какие виды потерь энергии присутствуют в замкнутых резонаторах, заполненных воздухом, не связанных с волноводными системами?

Ответы:

1. Тепловые потери в стенках
2. Потери на излучение.
3. Потери в нагрузках.
4. Потери в диэлектриках, помещенных в резонатор.
5. Потери в резонаторе.

#### 8.5

Прямоугольный резонатор возбуждается на типе колебаний  $H_{101}$ . Как будет называться этот тип колебаний, если оси «у» и «z» поменять местами?

Ответы:

1.  $H_{111}$
2.  $H_{011}$
3.  $H_{110}$
4.  $E_{110}$
5.  $E_{111}$

**8.6**

Кубический резонатор со стороной 0.1м возбужден на низшей резонансной частоте. Определите ее и резонансную длину волны.

Ответы:

- |    |           |          |
|----|-----------|----------|
| 1. | 2.12 ГГц; | 14,15 см |
| 2. | 3,15 ГГц; | 9,52 см  |
| 3. | 1,55 ГГц  | 19,35 см |
| 4. | 10,5 ГГц  | 2,86 см  |
| 5. | 8,5 ГГц   | 3,53 см  |

**8.7**

Какие виды потерь энергии присутствуют в замкнутых резонаторах, заполненных диэлектриком с потерями, но не связанных с волноводными системами?

Ответы:

1. Тепловые потери в стенках
2. Потери на излучение.
3. Потери в нагрузках.
4. Потери в диэлектриках, помещенных в резонатор.
5. Потери в резонаторе и в диэлектрике.

**8.8**

Корпус резонатора СВЧ печи сделан из алюминия, удельная проводимость и магнитная проницаемость которой равна

$\sigma_{Al} = 3,72 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}; \mu_r = 1$ . Определить минимальную толщину стенок, равную

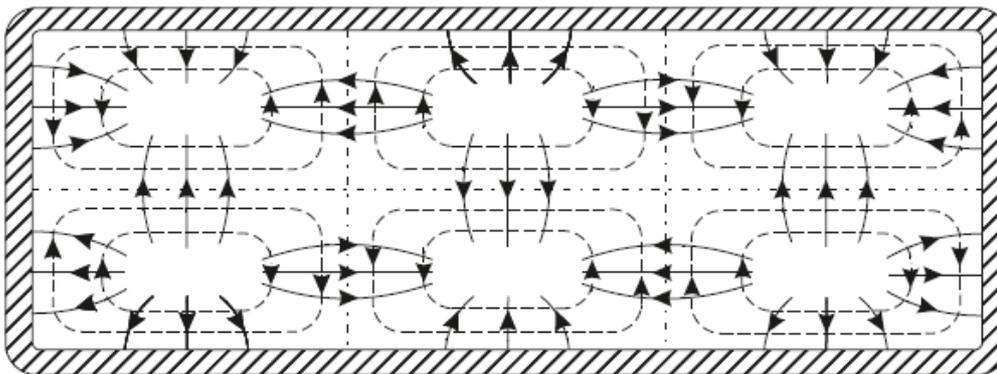
глубине проникновения поля в металл, и технологическую толщину стенок резонатора ( $d = (1 - 10 \Delta_{мет})$ ) на частоте  $f = 2,45 \cdot 10^9$  Гц .

### Ответы

1.  $\Delta_{мет} = 1,7$  мм;  $d = 2 \Delta_{мет}$  мм
2.  $\Delta_{мет} = 0,17$  мм;  $d = 2 \Delta_{мет}$
3.  $\Delta_{мет} = 0,02$  мм;  $d = 2 \Delta_{мет}$  ;
4.  $\Delta_{мет} = 3$  мм;  $d = \Delta_{мет}$  ;
5.  $\Delta_{мет} = 1$  мм;  $d = 2 \Delta_{мет}$  .

### 8.9

На рисунке изображена структура поля в прямоугольном резонаторе в сечении  $xoz$ , причем ось  $x$  направлена вертикально вверх, а ось  $z$  по горизонтали. Рисунок представлен в плоскости  $y = \pi/2$ . Какой тип колебаний отображен на картине?



### Ответы:

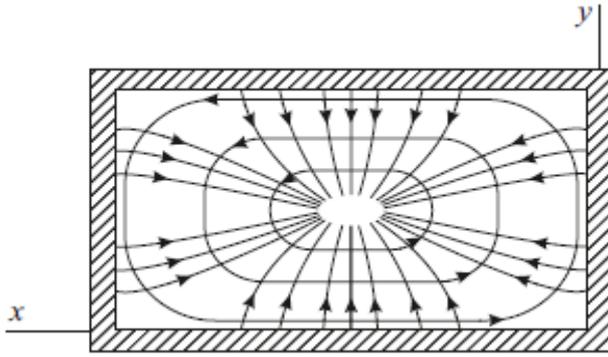
1.  $E_{213}$  ;
2.  $E_{205}$ ;
3.  $H_{213}$ ;
4.  $H_{222}$ ;
5.  $H_{203}$  .

### 8.10

1. Определите разность резонансных частот колебаний  $E_{425}$  и  $E_{624}$  в прямоугольной камере СВЧ печи с размерами  $485 \times 385 \times 385$  мм.

### Ответы:

1.  $\Delta f = 1,08$  ГГц .
2.  $\Delta f = 1,83$  ГГц .
3.  $\Delta f = 0,83$  ГГц
4.  $\Delta f = 0,083$  ГГц
5.  $\Delta f = 2,83$  ГГц

**8.11**

Для изображенной на рисунке структуры поля колебания  $E_{111}$  укажите граничные условия, которым удовлетворяют векторные линии на границах резонатора  $x = a$ ;  $x=0$ .

Ответы:

1.  $E_x = 0$ ;  $H_x = 0$ ;
2.  $E_y = 0$ ;  $H_y = j\text{пов}$ ;
3.  $E_z = 0$ ;  $H_z = 0$ ;
4.  $E_z = 0$ ;  $H_y = 0$ ;
5.  $E_x = 0$ ;  $H_y = 0$ ;

**8.12**

Определить диаметр цилиндрического резонатора длиной 7 см, возбуждаемого на типе колебания  $H_{111}$  на частоте 3 ГГц. Величина  $\mu_{11} = 1,84$  ГГц - первый корень производной функции Бесселя первого порядка.

Ответы:

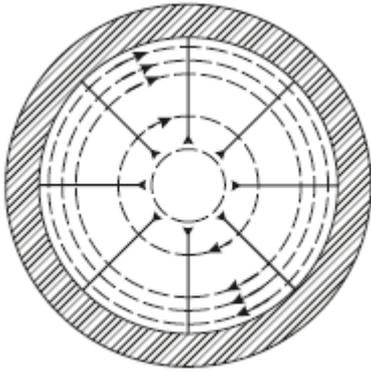
1. 5,5 см;
2. 6 см;
3. 8 см;
4. 4,6 см;
5. 11,0 см.

**8.13**

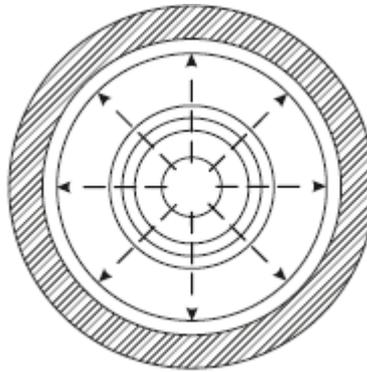
Определить резонансную частоту прямоугольного резонатора, если размеры его  $a * b * L = 100 * 50 * 40$  мм<sup>3</sup>. В резонаторе возбуждается колебание типа  $H_{222}$ .

Отвeты: 1.  $f = 10,5$  ГГц; 2.  $f = 2,5$  ГГц; 3.  $f = 5,5$  ГГц;  
4.  $f = 7,5$  ГГц;  $f = 13,1$  ГГц

### 8.14



A)



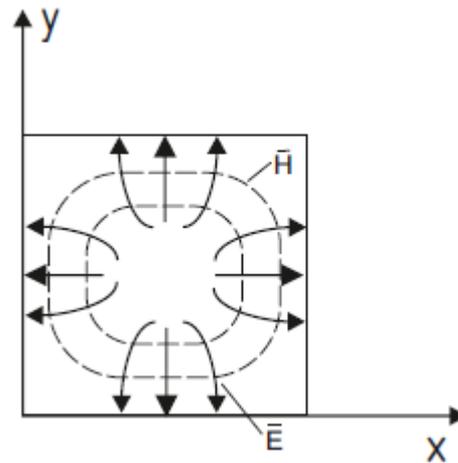
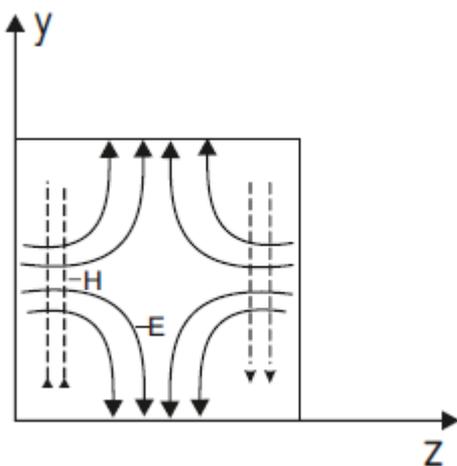
Б)

Какие типы колебаний изображены на рисунках структуры полей?  
Вдоль координаты  $Z$  можете указать произвольный индекс.

Отвeты:

1. А)- колебание  $H_{10p}$ ; Б)- колебание  $E_{10p}$ ;
2. А)- колебание  $E_{10p}$ ; Б)- колебание  $H_{10p}$ ;
1. А)- колебание  $H_{11p}$ ; Б)- колебание  $E_{11p}$ ;
1. А)- колебание  $E_{11p}$ ; Б)- колебание  $H_{11p}$ ;

### 8.15



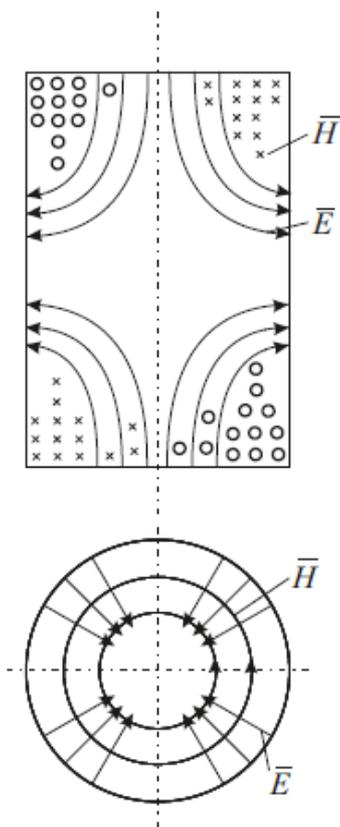
В прямоугольном резонаторе возбуждается тип колебаний, структура поля которого показана на рисунке. Какой это тип колебания? Как изменяется от осей координат его компонента  $E_x$ ?

Ответы:

1.  $H_{111}$ ;  $\dot{E}_x = E_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \cos \frac{p\pi z}{L}$
2.  $E_{111}$ ;  $\dot{E}_x = E_0 \left[ \cos \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \right] \sin \frac{p\pi z}{L}$
3.  $H_{111}$ ;  $\dot{E}_x = E_0 \left( \cos \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \right) \sin \frac{p\pi z}{L}$
4.  $E_{111}$ ;  $\dot{E}_x = E_0 \left( \cos \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \right) \cos \frac{p\pi z}{L}$
5.  $H_{111}$ ;  $\dot{E}_x = E_0 \left( \sin \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} \right) \sin \frac{p\pi z}{L}$

### 8.16

В цилиндрическом резонаторе возбуждается тип колебаний, структура поля которого показана на рисунке. Какой это тип колебания? Как изменяется от осей координат его компонента  $E_x$ ?



Ответы:

1.  $H_{111}; \dot{E}_x = E_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \cos \frac{p\pi z}{L}$
2.  $E_{111}; \dot{E}_x = E_0 \left[ \cos \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \sin \frac{p\pi z}{L} \right]$
3.  $H_{111}; \dot{E}_x = E_0 \left[ \cos \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \sin \frac{p\pi z}{L} \right]$
4.  $E_{111}; \dot{E}_x = E_0 \left[ \cos \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \cos \frac{p\pi z}{L} \right]$
5.  $H_{111}; \dot{E}_x = E_0 \left[ \sin \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} \sin \frac{p\pi z}{L} \right]$

### 8.17

Камера СВЧ печи - прямоугольный резонатор, имеющий размеры  $a \times b \times h = 250 \times 250 \times 315$  мм и работает на одном из колебаний -  $E_{222}$ .

Определите резонансную частоту этого типа колебания.

Ответы:

1.  $f = 2,36$  ГГц.
2.  $f = 2,46$  ГГц.
3.  $f = 2,26$  ГГц.
4.  $f = 2,56$  ГГц.
5.  $f = 2,51$  ГГц.

### 8.18

Энергия, запасенная в цилиндрическом резонаторе длиной 20 см, диаметром 12 см, ( $W_{E_{010}} = 0,423 \cdot \epsilon_0 (E_{\max})^2 a^2 L$ ) равна 0,01 Дж. Тип колебания  $E_{010}$ . Определить максимальное значение напряженности электрического поля и плотность поверхностного заряда.

Ответы:

1.  $\dot{E}_{\max} = 3,04 \cdot 10^5$  В/м ;  $\xi_{\text{нов}} = 27 \cdot 10^{-7}$  Кл/м<sup>2</sup> ;
2.  $\dot{E}_{\max} = 2,5 \cdot 10^5$  В/м ;  $\xi_{\text{нов}} = 7 \cdot 10^{-7}$  Кл/м<sup>2</sup> ;

$$3. \dot{E}_{max} = 5,1 \cdot 10^5 \text{ В/м} ; \xi_{нов} = 35 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}^2 ;$$

$$4. \dot{E}_{max} = 9,5 \cdot 10^5 \text{ В/м} ; \xi_{нов} = 13 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}^2 ;$$

$$5. \dot{E}_{max} = 0,5 \cdot 10^5 \text{ В/м} ; \xi_{нов} = 0,57 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}^2 ;$$

### 8.19

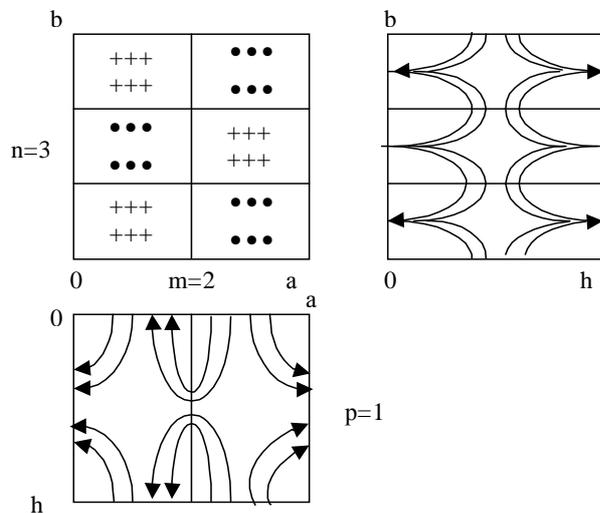
Резонатор СВЧ печи "Электроника" имеет размеры 330×220×400 мм и работает на частоте  $f = 2,45$  ГГц без диэлектрика.

Определите частоту резонатора, заполненного диэлектриком с параметром  $\epsilon_r = 40$ , если объем диэлектрика в камере  $V_g = 0,3 \text{ дм}^3$ .

- Ответы:
1.  $f_\epsilon = 3,81 \text{ ГГц}$
  2.  $f_\epsilon = 2,85 \text{ ГГц}$
  3.  $f_\epsilon = 1,462 \text{ ГГц}$
  4.  $f_\epsilon = 2,06 \text{ ГГц}$
  5.  $f_\epsilon = 3,15 \text{ ГГц}$

### 8.20

В прямоугольном резонаторе, на рисунках ниже в трех проекциях, изображена структура электрического поля. Какому типу колебания принадлежит эта картина поля и как зависит от осей координат компонента  $\dot{E}_x$ ?



Ответы:

1.  $E_{231}; \dot{E}_x = E_0 \sin \frac{2\pi x}{a} \sin \frac{3\pi y}{b} \cos \frac{\pi z}{L}$
2.  $E_{231}; \dot{E}_x = E_0 \left[ \cos \frac{2\pi x}{a} \sin \frac{3\pi y}{b} \right] \sin \frac{\pi z}{L}$
3.  $E_{232}; \dot{E}_x = E_0 \left[ \cos \frac{2\pi x}{a} \sin \frac{3\pi y}{b} \right] \sin \frac{2\pi z}{L}$
4.  $E_{321}; \dot{E}_x = E_0 \left[ \cos \frac{3\pi x}{a} \sin \frac{2\pi y}{b} \right] \cos \frac{\pi z}{L}$
5.  $E_{231}; \dot{E}_x = E_0 \left[ \sin \frac{2\pi x}{a} \cos \frac{3\pi y}{b} \right] \sin \frac{\pi z}{L}$

### 8.21

Определить размеры кубического резонатора, низшая резонансная частота основного типа колебаний которого 5 ГГц.

Ответы:

1. 42,4 мм;      2. 42,4 см;      3. 62,4 мм;      4. 2,4 см;
5.    32,4 см

### 8.22

В цилиндрическом объемном резонаторе возбуждаются на одной частоте колебания типов  $H_{111}$  и  $E_{010}$ . При каком отношении радиуса к длине цилиндрического резонатора это возможно?

- Ответы: 1.  $a/L = 0,29$ ;    2.  $a/L = 0,493$ ;    3.  $a/L = 0,653$ ;
4.  $a/L = 0,35$ ;      5.  $a/L = 0,153$

### 8.23

Резонатор с воздушным заполнением имеет резонансную частоту 10 ГГц. Какова будет резонансная частота, если резонатор заполнить диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r = 2,7$ ?

Ответы:

1.  $f_0 = 4,712$  ГГц;    2.  $f_0 = 3,12$  ГГц;    3.  $f_0 = 2,52$  ГГц;

4.  $f_0 = 7,12$  ГГц;    5.  $f_0 = 5,12$  ГГц;

### 8.24

В прямоугольном резонаторе  $a * b * L$  возбуждается тип колебаний  $H_{011}$ . Какие составляющие плотности токов проводимости будут присутствовать в резонаторе, и от каких координатных осей они зависят?

**Ответы:**

1.  $\vec{j}_{np}(y, z) = \vec{x}_0 j_{x np}(y, z) + \vec{y}_0 j_{z np}(y, z) + \vec{z}_0 j_{z np}(y, z);$
2.  $\vec{j}_{np}(y, z) = \vec{x}_0 j_{x np}(y, z) + \vec{z}_0 j_{z np}(y, z);$
3.  $\vec{j}_{np}(y, z) = \vec{y}_0 j_{z np}(y, z) + \vec{z}_0 j_{z np}(y, z);$
4.  $\vec{j}_{np}(y, z) = \vec{x}_0 j_{x np}(y, z) + \vec{y}_0 j_{z np}(y, z);$
5.  $\vec{j}_{np}(y, z) = \vec{x}_0 j_{x np}(y, z).$

### 8.25

Максимальная амплитуда напряженности электрического поля в прямоугольном резонаторе  $a * b * L = 20 * 10 * 30$  см<sup>3</sup> равна  $10^5$  В/м. Тип колебания  $H_{101}$ . Определить запасенную в резонаторе энергию.

**Ответы:**

1.  $6,66 \cdot 10^{-4}$  Дж;    2.  $6,6 \cdot 10^{-5}$  Дж;    3.  $3,36 \cdot 10^{-4}$  Дж;
4.  $16,66 \cdot 10^{-4}$  Дж;    5.  $8,25 \cdot 10^{-4}$  Дж;

### 8.26

Запасенная в прямоугольном резонаторе с размерами  $a * b * L = 20 * 10 * 30$  см<sup>3</sup> энергия составляет  $0,66 \cdot 10^{-4}$  Дж. Тип колебания  $H_{011}$ . Определить максимальную амплитуду напряженности электрического поля.

**Ответы:**

1.  $10^5$  В/м;    2.  $0,66 \cdot 10^5$  В/м;    3.  $6,66 \cdot 10^4$  В/м;
4.  $4,22 \cdot 10^5$  В/м;    5.  $1,1 \cdot 10^4$  В/м.

**8.27**

В прямоугольном резонаторе  $a * b * L$  возбуждается тип колебаний  $H_{101}$ . Какие составляющие плотности токов проводимости будут присутствовать в резонаторе?

**Ответы:**

1.  $\vec{j}_{np}(x, z) = \vec{x}_0 j_{x np}(x, z) + \vec{z}_0 j_{z np}(x, z);$
2.  $\vec{j}_{np}(x, z) = \vec{x}_0 j_{x np}(x, z) + \vec{z}_0 j_{z np}(x, z) + \vec{y}_0 j_{y np}(z);$
3.  $\vec{j}_{np}(y, z) = \vec{x}_0 j_{x np}(y, z) + \vec{z}_0 j_{z np}(y, z);$
4.  $\vec{j}_{np}(x, y, z) = \vec{x}_0 j_{x np}(x, y, z) + \vec{z}_0 j_{z np}(x, y, z);$
5.  $\vec{j}_{np}(x, y) = \vec{x}_0 j_{x np}(x, y) + \vec{z}_0 j_{z np}(x, y)$

**8.28**

Запасенная в прямоугольном резонаторе энергия составляет  $0,66 \cdot 10^{-4}$  Дж. Тип колебания  $E_{110}$ . Объем прямоугольного резонатора  $6 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>. Определить максимальную амплитуду напряженности электрического поля.

**Ответы:**

1.  $10^5$  В/м ;
2.  $0,66 \cdot 10^5$  В/м ;
3.  $2,6 \cdot 10^5$  В/м ;
4.  $1,57 \cdot 10^5$  В/м
5.  $5,36 \cdot 10^5$  В/м

**8.29**

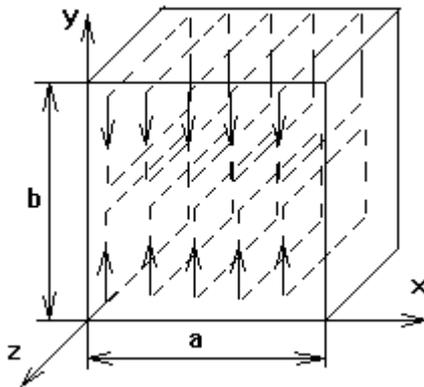
Запасенная в прямоугольном резонаторе энергия составляет  $0,66 \cdot 10^{-4}$  Дж. Тип колебания  $E_{110}$ . Максимальная амплитуда напряженности электрического поля  $10^5$  В/м. Определить объем прямоугольного резонатора.

**Ответы:**

1.  $0,66 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$       2.  $6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$   
 3.  $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$       4.  $7,56 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$       5.  $4,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

### 8.30

Какому типу колебаний принадлежит картина магнитного поля, изображенная на рисунке? Определить зависимость продольной составляющей поля  $H_z$  от осей координат.



**ОТВЕТЫ:**

1.  $H_{110}; H_z = H_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b}$   
 2.  $E_{111}; H_z = H_0 \left( \cos \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \right) \sin \frac{p\pi z}{L}$   
 3.  $H_{011}; H_z = H_0 \left( \cos \frac{\pi y}{b} \right) \sin \frac{\pi z}{L}$   
 4.  $E_{011}; H_z = H_0 \left( \cos \frac{\pi x}{a} \right) \cos \frac{p\pi z}{L}$   
 5.  $H_{021}; H_z = H_0 \left( \cos \frac{2\pi y}{b} \right) \sin \frac{\pi z}{L}$

### 8.31

В прямоугольном резонаторе  $a * b * L$  возбуждается тип колебаний  $H_{011}$ . Какие составляющие плотности токов смещения будут присутствовать в резонаторе, и от каких координатных осей они зависят?

- Ответы:**
1.  $\vec{j}_{см}(y, z) = \vec{x}_0 j_y(y, z);$
  2.  $\vec{j}_{см}(y, z) = \vec{x}_0 j_x(y, z) + \vec{z}_0 j_z(y, z);$
  3.  $\vec{j}_{см}(y, z) = \vec{y}_0 j_x(y, z);$
  4.  $\vec{j}_{см}(x, z) = \vec{y}_0 j_y(x, z);$
  5.  $\vec{j}_{см}(y, z) = \vec{y}_0 j_x(y, z) + \vec{z}_0 j_z(x, z)$

### 8.32

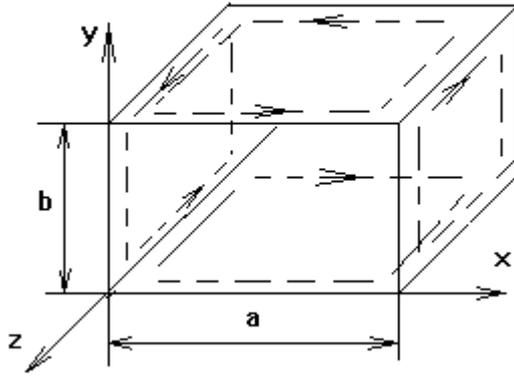
При каком типе колебания резонансная частота не будет зависеть от длины резонатора?

Ответы:

1. При колебаниях типа Е в любом типе резонаторе;
2. При колебаниях типа Н в любом типе резонаторе;
3. При колебаниях типа Е в цилиндрическом резонаторе;
4. При колебаниях типа Е в прямоугольном резонаторе;
5. В коаксиальном резонаторе.

### 8.33

Какому типу колебаний принадлежит картина магнитного поля, изображенная на рисунке? Какова зависимость Z-ой компоненты этого поля от координат  $X$  и  $Y$ ?



ОТВЕТЫ:

1.  $H_{111}; H_z = H_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \cos \frac{p\pi z}{L}$
2.  $E_{111}; H_z = H_0 \left( \cos \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \right) \sin \frac{p\pi z}{L}$
3.  $H_{111}; H_z = H_0 \left( \cos \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{b} \right) \sin \frac{\pi z}{L}$
4.  $E_{111}; H_{zx} = H_0 \left( \cos \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \right) \cos \frac{p\pi z}{L}$
5.  $H_{111}; H_z = H_0 \left( \sin \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{b} \right) \sin \frac{\pi z}{L}$

### 8.34

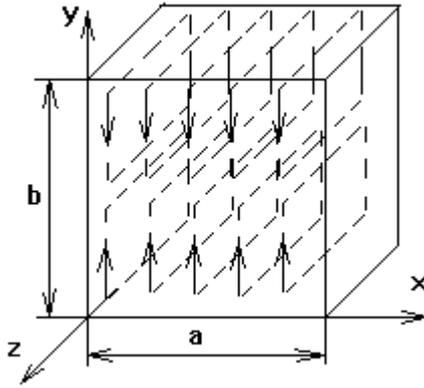
Длина цилиндрического резонатора вдвое больше его диаметра. Резонансная частота колебания типа  $E_{011}$  равна 6 ГГц. Определить диаметр резонатора.

Ответы:

1. 4,93см; 2. 5,53см; 3. 2,35 см; 4. 8,67см; 5. 9,86см.

### 8.35

Определите по картине магнитного поля (изображено на рисунке пунктиром), какие компоненты поверхностного тока будут существовать в стенке резонатора  $y = b$ , и как они зависят от осей координат?



ОТВЕТЫ:

$$1. \quad j_z = j_0 \left( \cos \frac{\pi y}{b} \right) \sin \frac{\pi z}{L} \quad ;$$

$$2. \quad j_x = j_0 \left( \sin \frac{\pi x}{a} \right) \sin \frac{\pi z}{L} \quad ;$$

$$3. \quad j_y = j_0 \left( \cos \frac{\pi y}{b} \right) \sin \frac{\pi z}{L} \quad ; \quad 4. \quad j_x = j_0 \left( \cos \frac{\pi y}{b} \right) \sin \frac{\pi z}{L} \quad ; \quad 5. \quad j_x = j_0 \left( \cos \frac{\pi y}{b} \right) \cos \frac{\pi z}{L} \quad .$$

### 8.36

Как изменится резонансная длина волны резонатора, если его заполнить диэлектриком, диэлектрическая проницаемость которого больше диэлектрической проницаемости воздуха?

Ответы: 1. не измениться;

2. уменьшиться;

3. увеличится

### 8.37

При каких типах колебаний резонансная частота совпадает, т.е. в резонаторе режим вырождения колебаний?

Ответы:

1. При нулевых индексах « $p$ » в любом резонаторе;

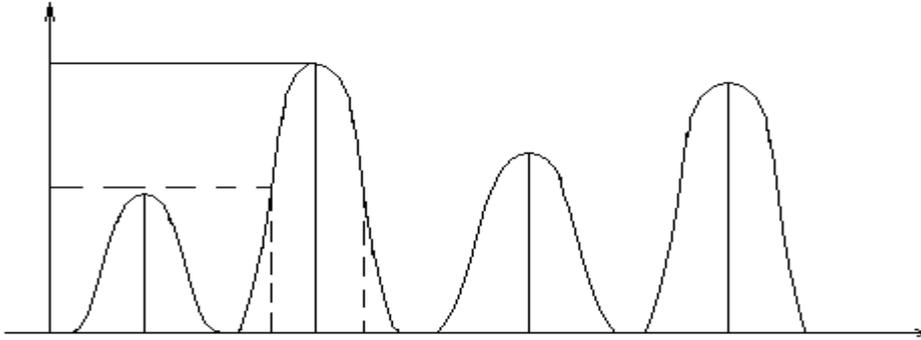
2. При одинаковых всех индексах в любом типе резонаторов;

3. При одинаковых индексах в прямоугольных резонаторах.

4. При одинаковых индексах в цилиндрических резонаторах;

5. При любых индексах в коаксиальных резонаторах.

### 8.38



Что может отображать в резонаторах приведенная зависимость?

Ответы:

1. Возбуждение в резонаторе вырожденных колебаний;
2. Резонансные зависимости для разных типов колебаний;
3. Зависимость коэффициента отражения от частоты для разных колебаний;
4. Зависимость коэффициента передачи от степени связи резонатора с трактом для разных колебаний;
5. Зависимость коэффициента стоячей волны ( $K_{св} = \frac{U_{\max}}{U_{\min}}$ ) от частоты.

### 8.39

Какие типы колебаний в резонаторе являются вырожденными?

Ответы:

1. Типы колебаний с одинаковыми резонансными частотами;
2. Типы колебаний с одинаковыми структурами полей;
3. Типы колебаний с одинаковыми индексами вдоль оси Z;
4. Типы колебаний с одинаковыми резонансными частотами и одинаковыми структурами полей;

### 8.40

Как можно избавиться от вырождения колебаний в резонаторе?

Ответы:

1. Ввести в резонатор металлический штырь;
2. Изменить один из размеров резонатора;
3. Ввести в резонатор не густую металлическую решетку, нарушив структуру поля нежелательного типа колебаний;
4. Ввести в резонатор возбуждающее устройство, не возбуждающее колебание не желательного типа;

### 8.41

Можно ли возбудить прямоугольный резонатор с размерами  $a * b * L = 72 * 34 * 30 \text{ мм}^3$  на колебаниях  $H_{101}$  и  $E_{110}$  в полосе частот 4000 ÷ 6000 МГц?

Ответы:

1. Да, на колебании  $E_{110}$  и нет на колебании  $H_{101}$ ;
2. Да, на колебании  $H_{101}$  и нет на колебании  $E_{110}$ ;
3. На обоих колебаниях будет возбуждаться резонатор в полосе частот;
4. В заданной полосе частот резонатор на колебаниях  $H_{101}$  и  $E_{110}$  не возбуждается.

### 8.42

Определить длину цилиндрического резонатора для получения одновременного резонанса на колебаниях типа  $E_{010}$ ,  $E_{011}$  на частоте 2980 МГц. Внутренний радиус резонатора  $a = 47,5 \text{ мм}$ ; корень функции Бесселя  $\nu_{01} = 2,405$ .

Ответы:

1. 27,02 см;
2. 7,22 см;
3. 11,34 см;
4. 17,22 см.

**8.43**

Какая особенность структуры электрического поля в цилиндрическом резонаторе на колебании типа  $E_{010}$ ?

Ответы:

1. Симметрия поля по угловой оси и по длине резонатора;
2. Одна вариация электрического поля по радиусу;
3. На всех границах резонатора тангенциальные составляющие вектора  $E$  равны нулю;
4. На границах  $Z=0$  и  $Z=L$  тангенциальная составляющая вектора  $E$  равна плотности поверхностного заряда;
5. Линии вектора  $E$  имеют одну вариацию по радиусу и не имеют вариаций по длине и по угловой координате резонатора.

**8.44**

Какая особенность структуры магнитного поля в цилиндрическом резонаторе на колебании типа  $H_{011}$ ?

Ответы:

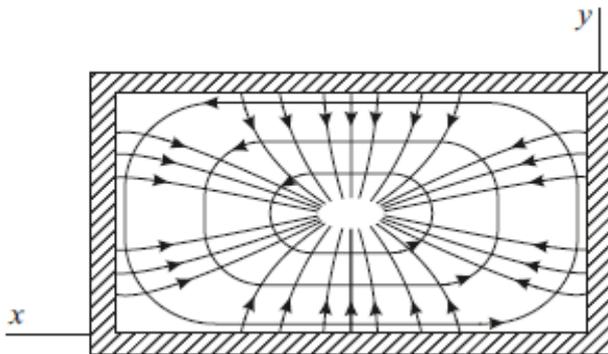
1. Симметрия по угловой оси и радиусу;
2. Одна вариация магнитного поля по радиусу;
3. На всех границах резонатора тангенциальные составляющие вектора  $H$  равны нулю;
4. На границах  $Z=0$  и  $Z=L$  тангенциальная составляющая вектора  $H$  равна плотности поверхностного тока;
5. Линии вектора  $H$  замкнуты, имеют одну вариацию по радиусу и по длине резонатора.

**8.45**

Назовите основные параметры резонаторов, работающих в цепях СВЧ диапазона.

Ответы:

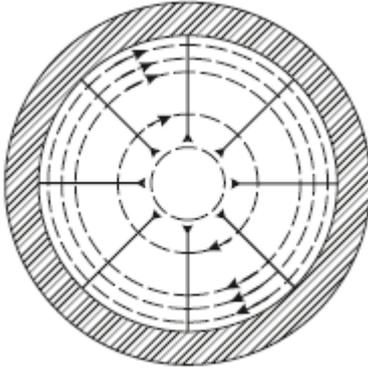
1. Резонансная частота и резонансное сопротивление;
2. Эквивалентная емкость и эквивалентная индуктивность;
3. Резонансная частота, добротность и резонансное сопротивление;
4. Эквивалентная емкость, эквивалентная индуктивность и входное сопротивление;
5. Эквивалентная параллельная схема и ее параметры.

**8.46**

Для изображенной на рисунке структуры поля колебания  $E_{111}$  укажите граничные условия, которым удовлетворяют векторные линии на границах резонатора  $y = a$ ;  $y=0$ .

Ответы:

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1. $E_x = 0$ ; $Dy = \xi_{\vec{a}\vec{a}}$ ; $H_y = 0$ ; | 2. $E_y = 0$ ; $H_x = j\text{пов}$ ; |
| 3. $E_z = 0$ ; $H_z = 0$ ;                               | 4. $E_z = 0$ ; $H_y = 0$ ;           |
|  | 5. $E_x = 0$ ; $H_x = 0$ ;           |

**8.47**

В цилиндрическом резонаторе возбуждается колебание типа  $E_{101}$ . На рисунке показана структура его электромагнитного поля в плоскости  $z = L/2$ . Укажите, какие граничные условия удовлетворены для этого типа?

Ответы:

1.  $\dot{A}_\varphi = 0; \dot{I}_n = 0;$
2.  $\dot{A}_n = 0; \dot{I}_n = 0;$
3.  $\dot{I}_\varphi = 0; \dot{A}_n = 0;$
4.  $\dot{I}_\varphi = 0; \dot{A}_\varphi = 0;$

**8.48**

Стороны прямоугольного объемного резонатора относятся как 3:2:1. Резонансная частота колебания типа  $E_{111}$  равна 8 ГГц. Определить размеры резонатора.

Ответы:

1.  $65,62 * 43,75 * 21,88 \text{ мм}^3;$
2.  $56,62 * 34,75 * 12,88 \text{ мм}^3;$
3.  $60,60 * 44,77 * 22,88 \text{ мм}^3;$
4.  $35,65 * 23,55 * 22,88 \text{ мм}^3.$

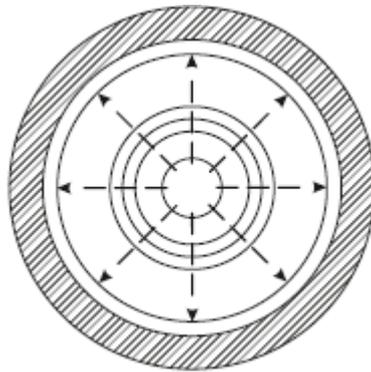
**8.49**

Прямоугольный резонатор должен работать на основном типе колебания  $H_{101}$  и должен быть разъемным. Где следует делать стык двух половин резонатора, чтобы он не влиял на параметр добротности:

Ответы:

1. При  $Z=L/2$ ;
2. При  $X=a/2$ ;
3. При  $Y=b/2$ ;
4. При  $Z=0$  или  $L$ ;
5. В любом сечении.

### 8.50



В цилиндрическом резонаторе возбуждается колебание типа  $H_{101}$ . На рисунке показана структура его электромагнитного поля в плоскости  $z=L$ . Укажите, какие граничные условия **не удовлетворены** для этого типа колебания?

Ответы:

1.  $\dot{A}_\varphi = 0$ ;
2.  $\dot{A}_n = 0$ ;
3.  $\dot{I}_n = 0$ ;
4.  $\dot{I}_\varphi = 0$

### 8.51

Как определить резонансную длину волн колебаний в резонаторе, заполненном диэлектриком? Справка:  $\ell = p/(\lambda_{\text{ддс}}/2)$  - размер резонатора по оси  $Z$ .

Ответы:

1.  $\lambda_{\text{дв}} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} / \sqrt{\lambda_{\text{дв}}^2 + (p/2\ell)^2}$ ,
2.  $\lambda_{\text{рез}} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} / \sqrt{\lambda_{\text{сп}}^2 - (p/2\ell)^2}$ ,
3.  $\lambda_{\text{рез}} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} / \sqrt{\lambda_{\text{сп}}^2 + (p/2\ell)^2}$ .
4.  $\lambda_{\text{дв}} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} / \sqrt{\frac{\lambda_{\text{дв}}^2 + (p/2\ell)^2}{2}}$

### 8.52

Какой формулой определяется средняя по времени запасенная в резонаторе энергия?

Ответы:

1.  $W_{\text{нб}} = \frac{\epsilon}{4} \int_V [\vec{A}]^2 dV$  или  $W_{\text{нб}} = \frac{\mu}{4} \int_V [H]^2 dV$ ,
2.  $W_{\text{нб}} = \frac{\epsilon}{2} \int_V \dot{A}_m^2 dV$  или  $W_{\text{нб}} = \frac{\mu}{2} \int_V H_m^2 dV$ .
3.  $W = \epsilon \cdot \int_V \dot{A}_m^2 dV$  или  $W = \mu \cdot \int_V H_m^2 dV$ ,
4.  $W = 2\epsilon \cdot \int_V \dot{A}_m^2 dV$  или  $W = 2\mu \cdot \int_V H_m^2 dV$ ,

### 8.53

Как определяется собственная добротность объемного резонатора, заполненного воздухом ?

Ответы:

1.  $Q_0 = \frac{\omega_0 W}{P_{\text{нб.дв.}}}$ ,
2.  $Q_0 = \frac{2 \cdot \omega_0 W}{P_{\text{нб.дв.}}}$ ,
3.  $Q_0 = \frac{\omega_0 W_{\epsilon}}{4P_{\text{нб.дв.}}}$ ,
4.  $Q_0 = \frac{2\pi W_{\epsilon}}{P_{\text{нб.дв.}}}$ ,

**8.54**

Как определяются поперечные волновые числа  $\chi_{\perp}$  и продольное число для прямоугольного резонатора?

Ответы:

$$1. \quad \chi_x = \frac{2m \cdot \pi}{a}; \quad \chi_y = \frac{2 \cdot n \cdot \pi}{b}; \quad \chi_z = \frac{2 \cdot p \cdot \pi}{L};$$

$$2. \quad \chi_x = \frac{m \cdot \pi}{a}; \quad \chi_y = \frac{n \cdot \pi}{b}; \quad \chi_z = \frac{p \cdot \pi}{L};$$

$$3. \quad \chi_x = \frac{m \cdot \pi}{2 \cdot a}; \quad \chi_y = \frac{n \cdot \pi}{2 \cdot b}; \quad \chi_z = \frac{p \cdot \pi}{2L};$$

**8.55**

Что определяют целые числа  $m=0,1,2,5\dots$ ,  $p=1,2,5\dots$ ,  $n=0,1,2,5\dots$ , для составляющих полей прямоугольных резонаторов?

Ответы:

1. Определяют, число волн, уложившихся на осях  $x, y, z$ .
2. Определяют, число полуволн, уложившихся на осях  $x, y, z$ .
3. Определяют, число эюр, уложившихся на осях  $x, y, z$ .
4. Определяют, число полупериодов тригонометрической функции, уложившихся на осях  $x, y$ , и число полуволн, уложившихся на оси  $z$ .

**8.56**

Какой тип колебаний является основным для прямоугольного резонатора при  $b < a$  и  $b < L$ ?

Ответы:

1.  $E_{110}$ ; 2.  $E_{111}$ ; 3.  $H_{011}$ ;
4.  $H_{101}$ , 5.  $H_{111}$ .

### 8.57

Какой формулой определяется резонансная длина волны колебаний типа  $E_{mnp}$  ( $p > 0$ ) в цилиндрическом резонаторе, заполненном диэлектриком?

$$1. \lambda_{0mnp} = \frac{2\sqrt{\varepsilon_r \cdot \mu_r}}{\sqrt{\left(\frac{p}{L}\right)^2 + \left(\frac{v_{mn}}{\pi a}\right)^2}}, \quad 2. \lambda_{0mnp} = \frac{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{p}{L}\right)^2 + \left(\frac{v_{mn}}{\pi a}\right)^2},$$

$$3. \lambda_{0mnp} = \frac{2}{\sqrt{\varepsilon_r \cdot \mu_r}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p}{L}\right)^2 + \left(\frac{v_{mn}^2}{\pi a}\right)}.$$

### 8.58

Какой формулой определяется резонансная длина волны колебаний типа  $H_{mnp}$  ( $p > 1$ ) в цилиндрическом резонаторе, заполненном диэлектриком?

Ответы:

$$1. \lambda_{0mnp} = \frac{2\sqrt{\varepsilon_r \cdot \mu_r}}{\sqrt{\left(\frac{p}{L}\right)^2 + \left(\frac{\mu_{mn}}{\pi a}\right)^2}}, \quad 2. \lambda_{0mnp} = \frac{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{p}{L}\right)^2 + \left(\frac{\mu_{mn}}{\pi a}\right)^2},$$

$$3. \lambda_{0mp} = \frac{2}{\sqrt{\varepsilon_r \cdot \mu_r}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p}{L}\right)^2 + \left(\frac{\mu_{mn}^2}{\pi a}\right)^2}.$$

### 8.59

Какова резонансная частота основного колебания типа  $E_{010}$  в цилиндрическом резонаторе?

Ответы:

$$1. \omega_p^A = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} \sqrt{\left(\frac{3,83}{a}\right)^2},$$

$$2. \omega_p^A = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_a \mu_a}} \sqrt{\left(\frac{2,405}{a}\right)^2},$$

$$3. \omega_p^A = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_a \mu_a}} \sqrt{\left(\frac{1,84}{a}\right)^2}.$$

### 8.60

При каком отношении длины цилиндрического объемного резонатора к его радиусу ( $a$ ) резонансные частоты колебаний типов  $E_{010}$  и  $H_{111}$  будут одинаковыми?

Ответы:

$$1. L/a = 2,03;$$

$$2. L/a = 1,63;$$

$$3. L/a = 3,12;$$

$$4. L/a = 0,96.$$

### 8.61

Резонансная частота колебания типа  $E_{010}$  в цилиндрическом резонаторе равна 4 ГГц, резонансная частота колебания типа  $H_{111}$ —5 ГГц.

Определить размеры резонатора.

Ответы:

1.  $a = 2,871$  см,  $L = 3,795$  см;
2.  $a = 3,795$  см,  $L = 2,871$  см;
3.  $a = 1,877$  см,  $L = 4,797$  см;
4.  $a = 5,71$  см,  $L = 3,95$  см;

### 8.62

Прямоугольный объемный резонатор с резонансной длиной волны 3 см на колебании типа  $H_{103}$  образован отрезком стандартного прямоугольного волновода сечением  $a \times b = 23 \times 10$  мм. Определить длину резонатора.

Ответы:

1.  $L = 3,957$  см;    2.  $L = 2,967$  см;    3.  $L = 4,57$  см;
4.  $L = 3,57$  см;    5.  $L = 2,75$  см

### 8.63

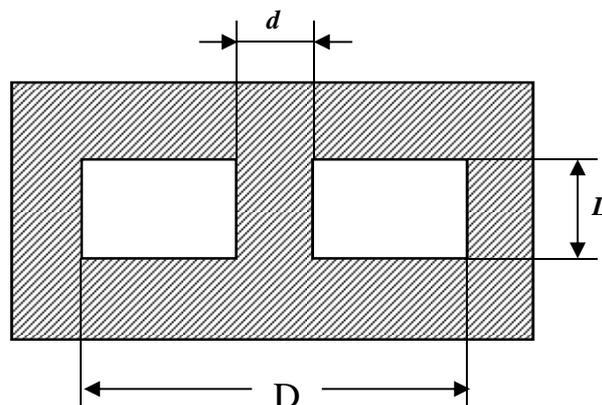
Найти резонансную частоту коаксиального резонатора, работающего на основном типе колебаний Т, при котором  $\omega_\delta = \frac{\pi}{\sqrt{\mu_a \epsilon_a} \cdot L}$ .

Размеры резонатора:

$D = 60$  мм,  $d = 30$  мм,  $L = 20$  мм.

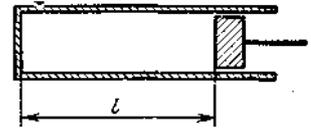
Ответы:

1. 17,5 ГГц;    2. 7,5 ГГц;    3. 10,5 ГГц;
4. 9,52 ГГц.



**8.64**

Перестраиваемый резонатор образован отрезком прямоугольного волновода сечением 23x10 мм, внутри которого перемещается поршень



(см. рисунок). Определить пределы перемещения поршня для перестройки резонатора в пределах 8—12 ГГц. Тип колебания  $H_{101}$ .

Ответы:

1.  $14,89 \text{ мм} < l < 32,37 \text{ мм};$
2.  $4,9 \text{ мм} < l < 12,37 \text{ мм};$
3.  $5,59 \text{ мм} < l < 9,37 \text{ мм};$
2.  $4,89 \text{ мм} < l < 8,37 \text{ мм};$

**8.65**

Какой тип колебаний является основным (колебание с минимальной резонансной частотой) в прямоугольном резонаторе с размерами  $a * b * L = 2 * 4 * 3 \text{ см}^3$ ?

Ответы:

1. Тип колебания с одним нулевым индексом в обозначении ;
2. С нулевым индексом, но он относится к минимальному размеру стороны резонатора;
3. С нулевым индексом, но он относится к максимальному размеру стороны резонатора;
4. Тип колебания, у которого два индекса равны нулю.

**8.66**

Сколько компонент электромагнитного поля будет у колебания  $E_{010}$  в цилиндрическом резонаторе?

Ответы:

1. Две компоненты;

2. Три компоненты;
3. Пять компонент;
4. Четыре компоненты.

### **8.67**

Какие компоненты электромагнитного поля будут у колебания  $H_{011}$  в прямоугольном резонаторе?

Ответы:

1.  $E_y, H_x, H_z$ ;    2.  $E_y, E_x, H_z$ ;    3.  $E_y, E_x, H_x, H_z$ ;
4.  $E_x, H_y, H_z$ ;    5.  $E_y, E_x, H_x, H_y, H_z$ ;

### **8.68**

На каком типе колебаний должен работать перестраиваемый цилиндрический резонатор, чтобы при перемещении вдоль координаты  $Z$  поршень не вносил бы дополнительные собственные потери?

Ответы:

1. Через контакт резонатор - поршень токи СВЧ не должны течь;
2. Такой тип колебаний, при котором в стенках резонатора текут кольцевые токи, т.е. по углу  $\varphi$ ;
3. Тип колебания  $H_{011}$ ;
4. Любой тип колебания  $H$ , имеющий у стенок резонатора продольное магнитное поле ;
5. Тип колебаний  $E_{010}$ .

### **8.69**

От каких осей координат будут зависеть амплитуды компонент векторов  $E$  и  $H$  в прямоугольном резонаторе на колебании типа  $H_{102}$ ?

Ответы:

1. От осей  $x$  и  $z$ ;    2. От осей  $x$  и  $y$ ;    3. От осей  $y$  и  $z$ ;
4. От всех осей прямоугольной системы координат.

**8.70**

Какие компоненты электромагнитного поля будут присутствовать у колебания типа  $E_{110}$  в прямоугольном резонаторе?

Ответы:

1.  $E_z, E_x, H_z, H_y, H_x;$
2.  $E_y, E_x, H_z, H_x;$
3.  $E_z, E_x, E_y, H_x;$
4.  $E_z, H_y, H_x;$
5.  $E_z, E_x, H_y, H_x;$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б.М. Петров Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. - М.: Горячая линия- Телеком, 2007.-558 с.
2. Л.А.Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель Электродинамика и распространение радиоволн: Уч. пособие. - Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники - Томск: ТУСУР, 2013. – 410 с.
3. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн: –М.:Наука.1989.–544 с.
4. Баскаков С.Н. Электродинамика и распространение радиоволн.– М.: Высш.шк.,1992.-416с.
5. Сборник задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн»/ Под ред. С.И. Баскакова.- М.: Высшая школа, 1981, 208с.

**Учебное издание**

**А.Е. Мандель, Соколова Ж.М., Шангина Л.И.**

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ВОЛНЫ  
(Сборник тестовых задач и вопросов)**

Учебно-методическое пособие для бакалавров направлений подготовки  
210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»,  
210400.62 «Радиотехника», специалистов направления подготовки  
210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л.-----.

Тираж 50 экз. Заказ-----.

Отпечатано в Томском государственном университете  
систем управления и радиоэлектроники.

634050, Томск, пр. Ленина, 40. Тел. (3822) 533018.