

Электродинамика и распространение радиоволн

Семинар 3

Русов Юрий Сергеевич

ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

План работы на семинаре:

1. Изучить формулы и материалы лекции.
2. Изучить примеры решения задач.
3. Решить предлагаемые задачи.

Задача

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

$$(\varepsilon_r) = \begin{pmatrix} 6,5 & 0 & 0 \\ 0 & 6,5 & 0 \\ 0 & 0 & 6,65 \end{pmatrix}.$$

В диэлектрике создано равномерное электрическое поле напряженностью

$$\mathbf{E} = 2,5\mathbf{x}_0 + 1,7\mathbf{y}_0 + 9,2\mathbf{z}_0.$$

Определите вектор электрической индукции \mathbf{D} .

Вычислите угол в пространстве между векторами \mathbf{E} и \mathbf{D} .

Решение

Найдем вектор **D**.

$$\mathbf{D} = \varepsilon_r \varepsilon_0 \mathbf{E} = \varepsilon_0 \begin{pmatrix} 6,5 & 0 & 0 \\ 0 & 6,5 & 0 \\ 0 & 0 & 6,65 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2,5 \\ 1,7 \\ 9,2 \end{pmatrix} =$$

$$= \varepsilon_0 \begin{pmatrix} 16,25 \\ 11,05 \\ 61,18 \end{pmatrix} = \varepsilon_0 (16,25 \mathbf{x}_0 + 11,05 \mathbf{y}_0 + 61,181 \mathbf{z}_0).$$

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 (16,25 \mathbf{x}_0 + 11,05 \mathbf{y}_0 + 61,181 \mathbf{z}_0).$$

Решение

Найдем угол между векторами **E** и **D**.

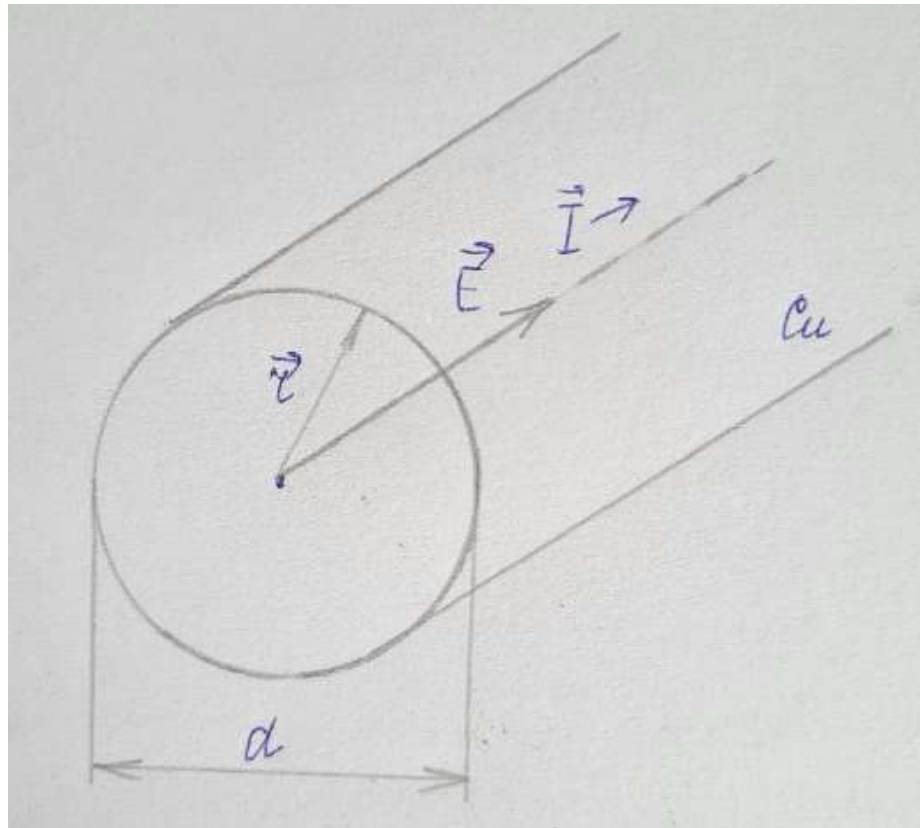
$$\cos \alpha = \frac{2,5 \cdot 16,25 + 1,7 \cdot 11,05 + 9,2 \cdot 61,181}{\sqrt{2,5^2 + 1,7^2 + 9,2^2} \cdot \sqrt{16,25^2 + 11,05^2 + 61,18^2}} .$$

$$\cos \alpha = \frac{622,266}{622,279} \approx 0,99 .$$

$$\alpha = \arccos(0,99) = 6,59 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$$

Задача

В круглом цилиндрическом проводнике диаметром 2 мм существует постоянный ток величиной 7,5 А. Провод выполнен из меди. Определите тангенциальную составляющую вектора напряженности электрического поля на поверхности провода.



Решение

Запишем закон Ома в дифференциальной форме:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}.$$

Для тангенциальной составляющей верно равенство:

$$J = \sigma E_{\tau}.$$

Решение

Выразим из приведенного выше равенства тангенциальную составляющую вектора напряженности электрического поля:

$$E_{\tau} = \frac{J}{\sigma} = \frac{4I}{\pi d^2 \sigma} = \frac{4 \cdot 7,5}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 57 \cdot 10^6} = 0,042 \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

Задача

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

Решение

Система Земля-туча условно представляет из себя плоский конденсатор. С учетом этого запишем формулу для емкости конденсатора:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} = \frac{1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 10^6}{2000} = 2,21 \cdot 10^{-8} \text{ Ф.}$$

Решение

Напряжение:

$$U = Ed = 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^3 = 4 \cdot 10^8 \text{ В.}$$

Тогда энергия электрического поля вычисляется по формуле:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{2,21 \cdot 10^{-8} \cdot 16 \cdot 10^{16}}{2} = 1,77 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

Задание для самостоятельного решения

Решение должно быть выслано в день проведения семинара, только в этом случае учитывается присутствие студента. В решении обязательно должна быть показана подстановка исходных данных в формулы и учтены размерности величин.

Решение необходимо формировать в виде одного файла. Файл с решением должен иметь название в следующем формате:

Год_месяц_день_ЭДиРРВ_Семинар_2_группа_ФамилияИО

Например:

2022_03_23_ЭДиРРВ_Семинар_2_РЛ1-41_ИвановИИ

Основная литература по дисциплине

1. Голубева Н.С., Митрохин В.Н. Основы радиоэлектроники сверхвысоких частот: учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 486 с. ISBN 5-7038-2740-X. Режим доступа: <http://ebooks.bmstu.ru/catalog/205/book1163.html>
2. Кугушев А.М., Голубева Н.С., Митрохин В.Н. Основы радиоэлектроники. Электродинамика и распространение радиоволн. Учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 368 с.

Дополнительные учебные материалы

1. Сборник задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн»: учеб. пособие / Баскаков С.И., Карташев В.Г., Лобов Г.Д., Филатова Е.А., Штыков В.В.; Под ред. С.И. Баскакова. М.: Высшая школа, 1981. 208 с.