**Министерство образования Российской Федерации**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**им. Н.Э. БАУМАНА**

**Домашнее задание №4:**

Электромагнитные волны.

Вариант №17

Москва

**Условие:**

Плоская гармоническая электромагнитная волна распространяется в вакууме в положительном направлении оси *Oz*. Вектор плотности потока электромагнитной энергии *S* имеет вид:  *.* Считая волновое число *k* и амплитудное значение вектора известными действительными величинами, что допустимо для однородной изотропнойсреды без эффектов поглощения, найти:

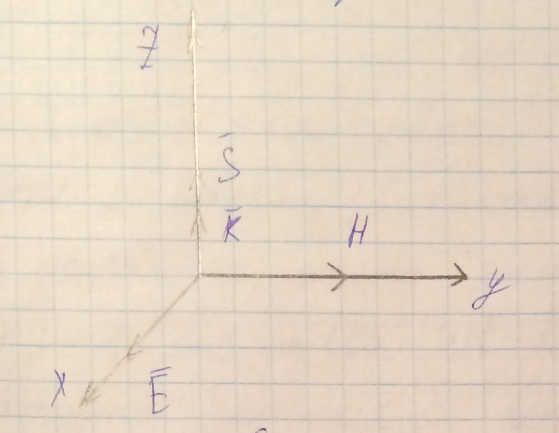
1. вектор напряжённости электрического поля *E* этой волны как функцию времени *t* и координат точки наблюдения;
2. вектор напряжённости магнитного поля *H* этой волны как функцию времени *t* и координат точки наблюдения;
3. объёмную плотность энергии *w*;
4. средний вектор Пойнтинга *S*
5. среднее значение *S*плотности потока энергии, переносимой этой волной;
6. вектор плотности тока смещения
7. среднее за период колебаний значение модуля плотности тока смещения

8) величину импульса *K ед* (в единице объёма).

9) записать волновое уравнение для магнитной и электрической компонент рассматриваемой электромагнитной волны и изобразить схематично мгновенную фотографию этой волны.

**Решение:**

1. Так как по условию волна распространяется по оси Oz, а тройки векторов и являются правыми. То векторы и сонаправлены Oz; положительное направление оси Oy направим вдоль вектора , а оси Ox вдоль вектора .



Представим векторы напряжённости электрического поля и магнитного поля плоской гармонической электромагнитной волной в комплексной форме:

(1)

где и амплитудные колебания.

Представим скалярное произведение волнового вектора и радиус-вектора точки наблюдения в координатной форме, учитывая, что эти векторы направлены вдоль оси Oz:

Подставим полученное в (1):

(2)

Из уравнения Максвелла в дифференциальной форме, связывающее между собой изменение в пространстве и во времени электрического и магнитного полей (выражение закона электромагнитной индукции Фарадея) и условий распространения волны в вакууме получаем:

(3)

В нашем случае , следовательно:

– представление ротора векторного поля в декартовых координатах с помощью символического определителя третьего порядка; , - единичный орты осей декартовой системы координат.

Подставим полученное в (3):

(4)

Из (2) и (4) получим:

(5)

Между волновым числом и круговой частотой справедливы соотношения:

, где - скорость света в вакууме

тогда

Подставим полученное в (5):

(6)

Из условия задачи, нам известно, что *,* а так же мы знаем, что . Используя (2) и (6) и то, что :

Из вида последнего равенства можно предположить, что = 0, т.к. это равенство должно быть равно при любом значении фазы колебаний, то обе части можно сократить на косинус в квадрате.

(7)

Вектор направлен вдоль оси Oz, следовательно, получаем:

(8)

Подставляя известные величины:

1. Найдём , воспользовавшись (2), (6) и (7):

*H(x,t)* = cos( cos( cos(

Вектор направлен вдоль оси Ox, следовательно:

cos( (9)

Подставляя известные значения:

cos(

1. Найдём объёмную плотность энергии электромагнитного поля

Объёмная плотность энергии электромагнитного поля может быть рассчитана по следующей зависимости:

*(10)*

где первое слагаемое представляет собой объёмную плотность энергии электрического поля, а второе объёмную плотность энергии магнитного поля.

(11)

Подставляя известные значения:

1. Найдём средний за период колебаний вектор Пойнтинга <> плоской гармонической электромагнитной волны.

(12)

*{ т.к. <*

*=*

*Последний интеграл распадается на два интеграла, причём первый равен T, а второй обращается в 0, т.к.*

*}*

Следовательно (учитывая, что T = :

(13)

Подставляя известные значения:

1. Найдём среднее значение <s> плотности потока энергии, переносимой рассматриваемой волной.

Среднее за период колебаний значение плотности потока энергии:

(17)

где s – модуль вектора Пойнтинга

(14)

Подставляя известные величины:

1. Найдём вектор плотности тока смещения :

(15)

где - вектор электрического смещения. В соответствии с материальными уравнениями , а в рассматриваемой задаче электромагнитная волна распространяется в вакууме, поэтому , тогда

(16)

(17)

Подставляя известные величины:

1. Найдём среднее за период колебаний значение модуля плотности тока смещения <|>:

<|> =

<|> = (18)

Подставляя известное:

1. Определим модуль импульса электромагнитной волны:

Плоская электромагнитная волна с объёмной плотностью энергии имеет в единице объёма отличный от нуля импульс. Соотношение между плотностью потока энергии s и импульсом в единице объёма электромагнитной волны в векторной форме имеет вид:

(19)

Модуль этой величины можно рассчитать по следующей зависимости:

(20)

Используя (11) получим:

(21)

Подставляя известное:

1. Запишем волновое уравнение для магнитной и электрической компонент рассматриваемой волны и изобразим схематически мгновенную фотографию этой волны.

В общем виде:

где

В нашем случае:

(8) и (9) этим условиям удовлетворяют:

cos(

cos(

cos(

Чтобы изобразить мгновенную фотографию волны, зафиксируем какой-нибудь момент времени, пусть t = 0:

cos(

