**2. Электромагнитные волны. Волновое уравнение для электромагнитной волны. Плоская монохроматическая электромагнитная волна**

Одним из важнейших следствий уравнений Максвелла является существование ЭМВ. Можно показать, что для однородной и изотопной среды вдали от зарядов и токов, создающих электромагнитное поле, из уравнений Максвелла следует, что *векторы напряженности*  *и*  *электромагнитного поля удовлетворяют волновым уравнениям типа*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | и     . | (6.2.1) |  |

      Всякая функция, удовлетворяющая уравнениям (6.2.1), описывает некоторую волну. Следовательно, электромагнитные поля действительно могут существовать в виде ЭМВ.

      Фазовая скорость ЭМВ определяется выражением

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | , | (6.2.2) |  |

      где  – скорость света в вакууме;  и  –электрическая и магнитная постоянные; ε и μ – соответственно, электрическая и магнитная проницаемость среды.

      Если подставить в выражение для *с* известные значения электрической и магнитной постоянных , , находим  – ***скорость распространения электромагнитного поля в вакууме***, ***которая равна скорости света***. Причем электромагнитное поле распространяется в виде периодических изменений векторов  и , которые взаимно перпендикулярны и перпендикулярны вектору скорости  распространения электромагнитного поля.

      Полученные Максвеллом результаты показали, что в вакууме *электромагнитное возмущение* распространяется со скоростью света и *представляет поперечные колебания*. В веществе скорость распространения электромагнитных возмущений меньше в  раз. Все это позволило Максвеллу сделать фундаментальный вывод об электромагнитной природе света.

      Скорость распространения электромагнитных волн в среде зависит от ее электрической и магнитной проницаемости. Величину  называют ***абсолютным показателем преломления***. С учетом последнего имеем:

   и   .

      Следовательно, ***показатель преломления*** есть *физическая величина, равная отношению скорости электромагнитных волн в вакууме к их скорости в среде.*

      Векторы ,  и  образуют правовинтовую систему (рис. 6.3).

      Из уравнений Максвелла следует также, что в электромагнитной волне векторы  и  всегда колеблются в одинаковых фазах, причем мгновенные значения *Е* и *H* в любой точке связаны соотношением

.

      Следовательно *E* и *H* одновременно достигают максимума, одновременно обращаются в нуль и т. д.

      От уравнений (6.2.1) можно перейти к уравнениям

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | и , | (6.2.3) |  |

      где, *y* и *z* при *E* и *H* подчеркивают лишь то, что векторы  и  направлены вдоль взаимно перпендикулярных осей *y* и *z*.

      Уравнениям (6.2.3) удовлетворяют, в частности, плоские монохроматические электромагнитные волны (ЭМВ одной строго определенной частоты), описываемые уравнениями

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | и , | (6.2.4) |  |

      где  и  – соответственно, амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей волны, ω – круговая частота,  – волновое число, φ – начальная фаза колебаний в точках с координатой . В уравнениях (6.2.3) начальные фазы одинаковы, т.е. колебания электрического и магнитного векторов в ЭМВ происходят в одинаковых фазах.

      Из всего вышеизложенного можно сделать следующие заключения:

       ·      векторы ,  и  взаимно перпендикулярны, так как  и  направлены одинаково;

       ·      электромагнитная волна является поперечной;

       ·      электрическая и магнитная составляющие распространяются в одном направлении;

       ·      векторы  и  колеблются в одинаковых фазах.