

17. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Энергия электромагнитного поля. Поток энергии (вектор Пойтинга)

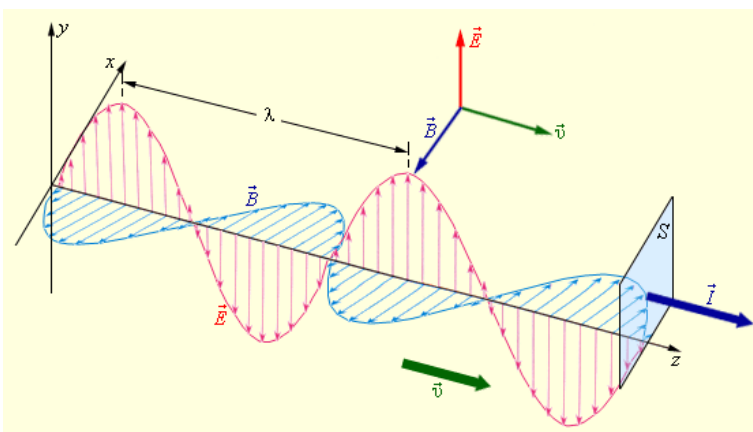
Как следует из уравнений Максвелла, электромагнитное поле состоит из электрического и магнитного полей, которые неразрывно связаны и способны превращаться друг в друга. Поскольку электромагнитное поле является материальным объектом, оно обладает энергией. Формулу для объёмной плотности энергии электромагнитного поля можно получить путём сложения плотности энергии электрического и магнитного полей: $w = w_{эл.} + w_{м.}$

Объёмная плотность энергии электромагнитного поля равна

$$w = \frac{ED}{2} + \frac{HB}{2}$$

– плотность электромагнитной энергии

При распространении электромагнитных волн в пространстве и времени они несут с собой энергию. Она заключена во взаимно превращающихся электрическом и магнитном полях.



Энергию, переносимую электромагнитной волной в единицу времени через единичную площадку, называют плотностью потока электромагнитной энергии.

Вектор \vec{S} называется вектором Пойтинга (вектором плотности потока электромагнитной энергии) и определяет количество электромагнитной энергии, переносимой через единицу площади в единицу времени.

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$$

– *вектор Пойтинга* (плотность потока энергии)

Направление вектора Пойтинга \vec{S} совпадает с направлением распространения электромагнитной волны, то есть с направлением переноса энергии. Скорость переноса энергии (групповая скорость) равна фазовой скорости этой волны.

Электромагнитное поле может совершать работу по перемещению заряжённых частиц в пространстве. Объёмная плотность мощности, то есть работа, совершаемая полем в единицу времени в единичном объеме пространства, равна

$$\frac{dP}{dV} = \mathbf{jE}$$

– объемная мощность сил электромагнитного поля

, где \vec{j} - плотность тока.

Закон сохранения энергии электромагнитного поля

$$\frac{d}{dt} \int_V w dV = - \oint_A S dA - \int_V \mathbf{jE} dV$$

$W = \int_{(V)} w dV$ - полная энергия электромагнитного поля в пределах области (V);

$$\int_V \mathbf{jE} dV$$

- полная мощность, развиваемая полем при перемещении заряженных частиц в области (V).

Закон сохранения энергии показывает, что энергия электромагнитного поля в любой области (V) может измениться либо в результате переноса энергии через границу области, либо в результате совершения полем работы при перемещении заряженных частиц в этой области. Знаки минус в правой части соотношения показывают, что при переносе энергии наружу через границу области, а также при ускорении зарядов полем энергия электромагнитного поля в области (V) уменьшается.