

ПОЙНТИНГА ТЕОРЕМА

Авторы: В. С. Булыгин

ПОЙНТИНГА ТЕОРЕМА, выражает закон сохранения энергии в физич. процессах с участием электромагнитного поля. П. т. доказана англ. физиком Дж. Г. Пойнтингом в 1884 с помощью [Максвелла уравнений](#). Для объёма

V , ограниченного замкнутой неподвижной поверхностью

S , П. т. записывается в виде:

$$\oint_S \mathbf{P} n dS + \int_V \left(\mathbf{E} \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{H} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) dV + \int_V \mathbf{j} \mathbf{E} dV = 0,$$

где

\mathbf{P} – [Пойнтинга вектор](#),

\mathbf{n} – единичный вектор, направленный по нормали к элементу поверхности

dS изнутри объёма

V наружу,

\mathbf{E} и

\mathbf{D} – напряжённость и индукция электрич. поля,

\mathbf{H} и

\mathbf{B} – напряжённость и индукция магнитного поля,

\mathbf{j} – плотность электрич. тока,

dV – элемент объёма, к которому относятся макроскопич. (усреднённые) значения

векторов электромагнитного поля и плотности тока. Первый интеграл в выражении (*)

определяет энергию электромагнитного поля, выносимую из объёма

V в единицу времени; второй – скорость изменения полной энергии

электромагнитного поля, ограниченного объёмом

V ; третий – работу, затрачиваемую в единицу времени электромагнитным полем на создание токов проводимости в объёме

V . Этот член также ответствен за превращение в объёме

V электромагнитной энергии в тепловую (см. [Джоуля – Ленца закон](#)).

Подынтегральное выражение во втором интеграле имеет физич. смысл скоростей изменения объёмных плотностей электрич. и магнитного полей (первое и второе слагаемое соответственно). Т. о., энергия электромагнитного поля, находящегося в ограниченном объёме, может изменяться только из-за создания в этом объёме джоулева тепла и за счёт потока энергии электромагнитного поля через поверхность, ограничивающую рассматриваемый объём.

Если энергия электромагнитного поля, находящегося в объёме

V , может переходить в др. виды энергии (механич., химич. и др.) или возникать из них,

П. т. обобщается добавлением в формулу (*) объёмных интегралов от плотностей, а также потоков через поверхность

S соответствующих видов энергии.

Литература

Лит.: Новожилов Ю. В., Яппа Ю. А. Электродинамика. М., 1978; Тамм И. Е. Основы теории электричества. 11-е изд. М., 2003; Сивухин Д. В. Общий курс физики. 5-е изд. М., 2009. Т. 3: Электричество.

Processing math: 100%