

Теория Максвелла для электромагнитных полей

Джеймс Клерк Максвелл
1831 - 1879г.

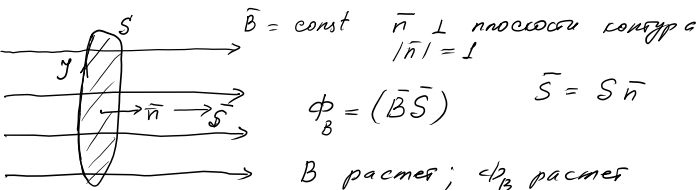
Эл. поле и магн. поле взаимосвязаны друг с другом
и могут превращаться друг в друга.

1. Всякое изменение магн. поля приводит к появлению в окружающем пространстве электр. поля.
2. Всякое изменение электр. поля приводит к появлению в окружающем пространстве магн. поля.

Электр. и магн. поле - частные случаи общего электромагнитного поля

Теория Максвелла - теория десятилетия.

Первое уравнение Максвелла. Вихревое электрическое поле.



1 случай - В окружающ. пространстве возникает электрическое поле, вихревое электр. поле

Контур проводящий - датчик появления эл. вихревого поля.

Закон эл. магн. индукции

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Три признака появления индукционного тока

1. Меняется магн. поле по величине, B меняется

2. Меняется площадь контура S меняется

3. Меняется ориентация контура по отношению к магн. полю
Меняется угол $\alpha = (\vec{B} \vec{n})$

2 и 3 случая - Признаки появления индукц. тока - сила Лоренца

7.2.С. индукция $\underline{\underline{\mathcal{E}_i}} = \oint_L (\bar{E}_b d\bar{e})$

Закон Фарадея

$\underline{\underline{\mathcal{E}_i}} = - \frac{d\phi}{dt} = - \frac{d}{dt} \int_S (\bar{B} d\bar{s})$; S - площадь контура L
 $\bar{B} = \bar{B}(x, y, z, t)$

Контур не подвижен

$\frac{d}{dt} \int_S (\bar{B} d\bar{s}) = \int_S \left(\frac{d\bar{B}}{dt} d\bar{s} \right) = \int_S \left(\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} d\bar{s} \right)$

$$\oint_L (\bar{E}_b d\bar{e}) = - \int_S \left(\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} d\bar{s} \right)$$

Изменение магн. поля приводит к появлению эл. поля.

Электрическое поле создается двумя способами:

1) Изменяющееся магн. поле $\bar{E}_b$

2) Электрические заряды, создающие эл. ст. поле (если неподвижные заряды)
 $\bar{E}_q$

$$\oint_L (\vec{E}_q \cdot d\vec{e}) = 0 \quad \vec{E}_q - \text{поле потенциальное}$$

$$\oint_L (\vec{E}_B \cdot d\vec{e}) \neq 0 \quad \text{Результирующее поле } \vec{E} = \vec{E}_q + \vec{E}_B$$

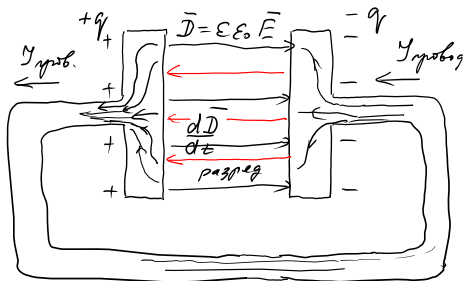
$$\oint_L (\vec{E}_q \cdot d\vec{e}) + \oint_L (\vec{E}_B \cdot d\vec{e}) = - \int_S \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \right)$$

$$\oint_L (\vec{E} \cdot d\vec{e}) = - \int_S \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \right) \quad \text{Первое уравнение Максвелла.}$$

$$\vec{E}_B \perp \vec{B}$$

Второе уравнение Максвелла. Ток смещения

Максвелл ввел понятие "ток смещения" $\equiv$ меняющееся эл. поле



Соединим обкладки, заряженные, проводником, возникнет электрический ток в проводнике, происходит уменьшение зарядов на обкладках, эл. поле между обкладками уменьшается и возникает магнитное поле.

$\frac{d\vec{D}}{dt}$ - вектор

Линии тока проводимости замыкаются поперек линии тока смещения ($\frac{d\vec{D}}{dt}$)

Для обкладок конденсатора, S - площадь обкладок конденсатора; $\sigma = \frac{q}{S}$

$$j_p = \frac{I_p}{S} = \frac{1}{S} \left(\frac{dq}{dt} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{q}{S} \right) = \frac{d\sigma}{dt} = j_{cu} \quad \vec{D} = \vec{D}(x, y, z, t) \quad \sigma - \text{плотность электрических зарядов}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} ; \quad D = \sigma \quad j_{cu} = \frac{dD}{dt} ; \quad \vec{j}_{cu} = \frac{d\vec{D}}{dt} \rightarrow \text{меняющееся эл. поле создает магнитное поле}$$

Меняющееся эл. поле (ток смещения) создает магн. поле

1) Магнитное возникает такое по величине, что и магн. поле, создаваемое током проводимости

$$\frac{d\vec{D}}{dt} = \vec{j}_{см} = \vec{j}_{пр}$$

Две причины возникновения магн. поля

1. Ток проводимости

Полный ток $\vec{j} = \vec{j}_{пр} + \vec{j}_{см} = \vec{j}_{пр} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

2. Ток смещения

Теорема о циркуляции вектора $\vec{B}$ или $\vec{H}$

$$\oint_L (\vec{H} d\vec{e}) = \gamma = \int_S \left(\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j}_{пр} \right) d\vec{S}$$

Второе уравнение Максвелла.

$$\vec{D} \perp \vec{H} \text{ или } \vec{E} \perp \vec{B}$$

$$\oint_L (\vec{H} d\vec{e}) = \int_S \left(\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j}_{пр} \right) d\vec{S}$$

Система уравнений Максвелла

1. $\oint_L (\vec{E} d\vec{e}) = - \int_S \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{s} \right); \vec{E} = \vec{E}_q + \vec{E}_B$
2. $\oint_L (\vec{H} d\vec{e}) = \int_S \left(\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j}_{np} \right) \cdot d\vec{s}$
3. $\oint_S (\vec{D} d\vec{s}) = q$
4. $\oint_S (\vec{B} d\vec{s}) = 0$ нет магнитных зарядов
5. $\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$
6. $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$
7. $\vec{j} = \gamma \vec{E}$



Система уравнений Максвелла для стационарных полей

Если $\vec{E} = \text{const}$ ($\vec{D} = \text{const}$); $\vec{B} = \text{const}$ ($\vec{H} = \text{const}$)

1. $\oint_L (\vec{E}_q d\vec{e}) = 0$
2. $\oint_L (\vec{H} d\vec{e}) = j_{np}$
3. $\oint_S (\vec{D} d\vec{s}) = q$
4. $\oint_S (\vec{B} d\vec{s}) = 0$

I

II

5. $\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$ Эл. и магн. поля описываются независимыми уравнениями I и II
 6. $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$
 7. $\vec{j} = \gamma \vec{E}_q$ Эл. и магн. поля частей цепи
- общего Эл. магн. полей!