المحاضرة الاولى

Chapter one

Maxwell's equations and their empirical basis معادلات ماكسويل -

These relations consist of four expressions: one derived from (Ampere's law), one from (Faraday's law) and two derived from (Gauss's law).

معادلات ماكسويل : هي اربعة علاقات احداها مشتقة من قانون أمبير و اخرى مشتقة من قانون فارادي و اثنتان مشتقتان من قانون كَاوس. وكل معادلة من هذه المعادلات تمثل تعميما لمشاهدات تجريبية محددة. وكنتيجة لعمل تجريبي مكثف فأن معادلات ماكسويل تطبق لمعظم الحالات العينية (الماكروسكوبية) وانها تستخدم كقاعدة يسترشد بها في الدراسات المتعلقة بهذا الموضوع. وهذه المعادلات هي:

1) $\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$ 1

2) $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$ 2

3) $\nabla \cdot D = \boldsymbol{\rho}$ 3

4) $\nabla \cdot B = \mathbf{0}$ 4

Equation (1): it is the differential form of Maxwell's equation as derived from (Ampere's law).

المعادلة (1) تمثل صيغة تفاضلية لمعادلة ماكسويل المشتقة من قانون أمبير.

Equation (2): it is the differential form of Maxwell's equation as derived from (Faraday's law).

المعادلة (2) تمثل صيغة تفاضلية لمعادلة ماكسويل المشتقة من قانون فارادي.

Equation (3): it is the differential form of Maxwell's equation electric field equation as derived from (Gauss's law).

المعادلة (3) تمثل صيغة تفاضلية لمعادلة ماكسويل المشتقة من قانون كَاوس للمجال الكهربائي.

Equation (4): it is the differential form of Maxwell's equation magnetic field equation as derived from (Gauss's law).

المعادلة (4) تمثل صيغة تفاضلية لمعادلة ماكسويل المشتقة من قانون كَاوس للمجال المغناطيسي. او بعبارة اخرى المعادلة (4) تمثل (حقيقة عدم امكانية الحصول على قطب مغناطيسي منفرد مطلقا).

Where: حيث

$\vec{B}$: The magnetic flux density vector in (ω/m^2) or T.

متجه كثافة الفيض المغناطيسي بوحدات ويبر/ متر ٢ او تسلا.

$\vec{H}$: The magnetic field intensity vector in (A/m).

متجه شدة المجال المغناطيسي بوحدات أمبير/ متر.

$\vec{E}$: The electric field intensity vector in (V/m).

متجه شدة المجال الكهربائي بوحدات فولت / متر.

$\vec{D}$: The electric flux density vector in (c/m^2) or (electric displacement vector).

متجه كثافة الفيض الكهربائي بوحدات (كولوم/ متر ٢) او متجه الازاحة الكهربائية.

---

* For electrostatic model the fundamental differential equations are given by:

بحسب نموذج الكهربائية المستقرة (الكهروستاتيكية), المعادلات التفاضلية الاساسية تعطى بالعلاقات:

$\vec{\nabla} \times \vec{E} = \mathbf{0} \ldots\ldots (1)$

$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \boldsymbol{\rho} \ldots\ldots (2)$

- For linear خطي and isotropic متساوي الاتجاه media. E and D are related by the relation:

للاوساط الخطية ومتساوية الاتجاه ترتبط D و E بالعلاقة الاتية:

$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \ \ldots\ldots\ldots (3)$

Where:

$\varepsilon =$ permittivity of medium (F/m). سماحية الوسط بوحدات فاراد/متر

* For magneto static model the fundamental differential equations are given by:

$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = \mathbf{0} \ \ldots\ldots (4)$

$\vec{\nabla} \times \vec{H} = J \ldots\ldots\ldots (5)$

- For linear and isotropic media. B and H are related by the relation:

$\vec{B} = \mu \vec{H} \ \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$

Where:

$\boldsymbol{\rho}$: is the density of free charge in (c/m^2)

$\boldsymbol{\rho}$: كثافة الشحنة الحرة بوحدات (كولوم/ متر٢).

J: is the density of free current in (A/m^2).

J: . أمبير/ متر٢ كثافة التيار الحر بوحدات

∇: is the operator and define in Cartesian coordinates.

∇ : معامل يعرف وفق الاحداثيات الكارتيزية، يعطى بالعلاقة:

$$\vec{\nabla}: \frac{\partial}{\partial x} i + \frac{\partial}{\partial y} j + \frac{\partial}{\partial z} k \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

- When applied on U is defined (gradient potential) and written as:

عند تطبيق المؤثر $\vec{\nabla}$ على الجهد U ينتج (انحدار الجهد) ويكتب بالشكل التالي:

$$\nabla U = \frac{\partial u}{\partial x} i + \frac{\partial u}{\partial y} j + \frac{\partial u}{\partial z} k \ldots\ldots \quad (8)$$

- The gradient potential in negative sign represents the electric field and given by:

انحدار الجهد بأشارة سالبة يمثل المجال الكهربائي و يعطى بالعلاقة:

$$E = -\nabla U \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

- The divergence of $\vec{E}$ is given by:

تباعد المتجه $\vec{E}$ يعطى بالعلاقة:

$$\vec{\nabla} . \vec{E} = \frac{\partial Ex}{\partial x} + \frac{\partial Ey}{\partial x} + \frac{\partial Ez}{\partial x} \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

*** Drive the second of Maxwell's equation:**

Faraday experiment law has been used to obtain the second of Maxwell's equation in differential form.

- من قانون فاراداي التجريبي بالامكان ايجاد الصيغة التفاضلية لمعادلة ماكسويل الثانية:

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad *$$

- From Faraday law we have:

$$\varepsilon = \frac{\partial \emptyset}{\partial t} \ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

المعادلة (1) تعني ان التغير الحاصل في الفيض المغناطيسي خلال دائرة كهربائية يكون مصحوبا بقوة دافعة كهربائية.

But

$$\varepsilon = \oint_c E \cdot d\ell \ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

$$\emptyset = \int_s B \cdot ds \ldots\ldots\ldots\ldots 3$$

Ø: الفيض المغناطيسي

Sub. (3) In (1):

- اذا كانت الدائرة الكهربائية ثابتة في موضعها فان المشتقة بالنسبة للزمن يمكن نقلها داخل التكامل و تصبح مشتقة جزئية:

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}\int_s B \cdot ds \Rightarrow \varepsilon = -\int_s \frac{\partial B}{\partial t} \cdot ds \ldots\ldots\ldots\ldots 4$$

By equal equation (4) and equation (2) we get:

بمساواة المعادلة (4)، (2) نحصل على :

$$\oint_c E \cdot d\ell = -\int_s \frac{\partial B}{\partial t} \cdot ds \ldots\ldots\ldots 5$$

By using stokes theorem:

بأستخدام نظرية ستوكس:

$$\oint_c E \cdot d\ell = \int_s \nabla \times E \cdot ds \ldots\ldots\ldots 6$$

بمساواة المعادلة (5)، (6) نحصل

$$\cancel{\int_s} \nabla \times E \cdot ds = -\cancel{\int_s} \frac{\partial B}{\partial t} \cdot \cancel{d} s$$

$$\boxed{\therefore \nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}}$$

* This equation is the differential form of (Faraday's law).