كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثانية**

المادة : كهرباء ومغناطيسية١

المحاضرة : الخامسة /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z



2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

# المحاضرة الخامسة

## العوازل الكهربائية Dielectrics :

- معلومات عامة عن العوازل :

- تتكون العوازل الكهربائية إما من جزيئات معتدلة كهربائياً مثل جميع العوازل الكهربائية الغازية ، السائلة ، وبعض العوازل الصلبة ، وإما من شوارد مشبكة في الشبكة البلورية مثلاً . تقسم شبكات البلورات الشاردية إلى خلايا أولية تحوي كل منها عدداً متساوياً من الشوارد السالبة والشوارد الموجبة فتبدو الخلية كوحدة متكاملة معتدلة كهربائياً .

- تتصف العوازل بشكل عام بخاصية عدم احتوائها على الإلكترونات ضعيفة الارتباط التي نسميها بالإلكترونات الحرة أو الإلكترونات الناقلية كالتي في المعادن ، ويعود ذلك إلى طبيعة الترابط بين ذراتها أو بشكل أدق إلى طبيعة الترابط بين الإلكترونات الذرات المكونة لهذه المواد وبين الذرات نفسها ، حيث يكون هذا الترابط قوياً لدرجة أنه لا يسمح للإلكترونات بالتحرر والتنقل بسهولة بين الذرات كما هو الحال في المواد الناقلة كهربائياً .

- تفسير ظواهر الاستقطاب في العوازل كما يلي :

- عندما نطبق حقلاً كهربائياً على المواد العازلة فلا يمكننا تحريك حوامل الشحنة ذات الترابط القوي فيما بينها ، وإنما تحدث تغيراً في أو ضمن البنية ، فيستقطب حينئذٍ العازل . ويمكن تفسير آلية الاستقطاب هذه وفق طريقتين ، وذلك حسب وضع العازل قبل تطبيق الحقل الكهربائي عليه .

- الحالة الأولى :

تملك ذرات العازل بنية إلكترونية معينة ، بحيث ينطبق مركز ثقل الشحنات السالبة على مركز ثقل الشحنات الموجبة ، وذلك عندما لا يطبق عليها أي حقل كهربائي ، كما هو الحال في ذرات الغازات النادرة : الأرغون ، النيون ، الكزينون ، الكربون ، والهيليوم . فعند تطبيق حقل كهربائي عليها فإن المدارات الإلكترونية داخل الذرات تنزاح باتجاه معاكس لاتجاه الحقل الكهربائي ، وبالتالي يتزاح مركز ثقل الشحنات السالبة عن مركز ثقل الشحنات الموجبة مسافة صغيرة $l$ . فإذا رمزنا بـ $q$ لمجموع الشحنات الموجبة أو السالبة ، فإننا نحصل على عزم كهربائي مقداره $q.l$ .

## الحالة الثانية:

هي حالة عدم انطباق مركز الشحنات السالبة على مركز ثقل الشحنات الموجبة في جزيئات بعض المواد العازلة، رغم عدم وجود حقل كهربائي خارجي.

تعد هذه الجزيئات جزيئات قطبية أو مستقطبة مثل: جزيئات الماء وبخار الماء وكلور الهيدروجين السائل. وبما أن هذه الجزيئات مستقطبة فإنه يوجد لها عزم كهربائي، لهذا موجهة بطريقة عشوائية في جميع الاتجاهات عند عدم تطبيق حقل كهربائي خارجي عليها، وبالتالي تكون محصلة العزوم الكهربائية في واحدة الحجم معدومة. ولكن عندما نطبق عليها حقلاً كهربائياً، فتخضع كل جزيئة مستقطبة لمزدوجة تعمل لتوجيهها بحيث تصبح موازية لخطوطه. ويزداد هذا التأثير كلما ازدادت شدة الحقل الكهربائي، وهكذا نحصل على قيمة وسطية للعزم الكهربائي في كل عنصر حجمي من المادة العازلة والمستقطبة.

- لذلك فإنه من الجدير أن نصف كمية مادة عازلة كهربائياً ومستقطبة بما يسمى العزم الكهربائي لهذه المادة. ونعلم أنه نظراً لصغر أبعاد الذرات فإن تأثير الالكترونات يكافئ تأثير مجموع شحنات الموضعة في نقطة ما داخل الجزيئة يسمى هذه النقطة مركز الشحنات السالبة وبهذه الطريقة إن تأثير النوى يكافئ تأثير شحنة موضعة في مركز الشحنات الموجبة. أما مركز ثقل الشحنات فإنه يحدد بطريقة سابقة لتحديد مركز ثقل الكتل إلا أننا يجب أن نستبدل هنا الكتلة بالشحنة الكهربائية.

- يتعين نصف القطر المتجه لمركز الشحنات الموجبة بالعلاقة التالية:

$$\vec{r}^{+} = \frac{\sum \vec{q_i^{+}} \cdot \vec{r_i^{+}}}{\sum q_i^{+}} = \frac{\sum_i q_i^{+} \cdot \vec{r_i^{+}}}{q^{+}} \qquad (1-5)$$

حيث $\vec{r_i^{+}}$: نصف القطر المتجه للنقطة التي توجد فيها الشحنة الموجبة ذات الرقم (i).

$q^{+}$: مجموع الشحنات الموجبة للجزيئة.

• أما نصف القطر المتجه لمركز الشحنات السالبة فهو:

$$\vec{r} = \frac{\sum_j q_j \cdot \vec{r}_j}{\sum_j q_j} = \frac{\sum_j q_j \cdot \vec{r}_j}{q} \qquad (2-5)$$

سالبة

حيث $\vec{r}_j$ : هو عبارة عن القيمة الوسطية للزمن لنصف القطر الشعاعي لموضع الشحنة السالبة ذات الرقم (j).

وبما أن الذرات بصورة عامة تكون معتدلة كهربائياً، فإن مجموع الشحنات السالبة يساوي مجموع الشحنات الموجبة بالقيمة المطلقة.

• في حال غياب الحقل الكهربائي الساكن الخارجي، فإن مركزي ثقل الشحنات الموجبة والسالبة إما أن يكونا منطبقين على بعضهما البعض أو غير منطبقين كما ذكرنا سابقاً وفي هذه الحالة الأخيرة نقول: إن الذرة مستقطبة أو قطبية، أي إنها أكسبت كهربائياً ثانياً، وهي بالتالي تكافئ ثنائي أقطاب كهربائي.

• أما في حالة تطبيق حقل كهربائي ساكن خارجي على مادة عازلة كهربائياً من المواد التي ينطبق فيها مركز الشحنة الموجبة على مركز الشحنة السالبة فإن الحقل الكهربائي يعمل على استقطاب جزيئات هذه المادة، مما يؤدي إلى ظهور قطبين: موجب وسالب للجزيء الواحد، ويؤدي هذا الظهور لعزم ثنائي أقطاب كهربائي مؤقت لجزيئات المادة يزول بزوال الحقل الكهربائي الساكن الخارجي، والذي يؤدي أيضاً إلى ترتيب ثنائيات الأقطاب باتجاه واحد.

• يعطى عبق العزم الكهربائي لمادة عازلة مستقطبة بالعلاقة التالية:

$$\vec{M} = \sum_i q_i \cdot \vec{r}_i \qquad (3-5)$$

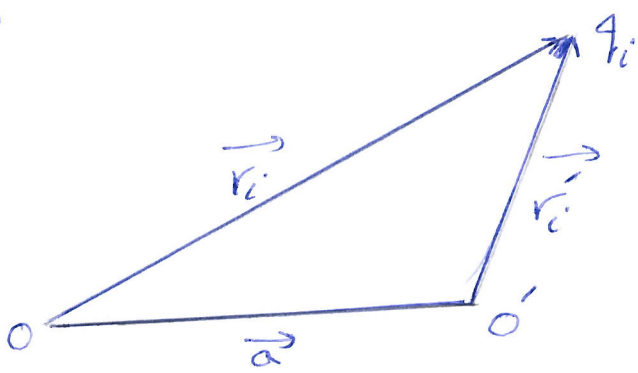
حيث يعبر الجمع على جميع الشحنات الأولية، الموجبة والسالبة الداخلة في تركيب المادة العازلة كهربائياً، و $\vec{r}_i$ نصف القطر المتجه المرسوم من نقطة اختيارية O إلى الشحنة $q_i$. نفترض أن العازل الكهربائي معتدل كهربائياً، أي إن مجموع الشحنات الموجبة يساوي مجموع الشحنات السالبة

ونعبر عن ذلك بالعلاقة التالية:

$$\vec{M} = \sum_i q_i = 0 \qquad (4-5)$$

وهكذا فإن توزع الشحنات يحدد عزم الاهرباني $\vec{M}$ بالنسبة لمبدأ إحداثيات معين واذا نقلنا مبدأ الاحداثيات O إلى نقطة أخرى مثل O' تبعد عنه مسافة تحدد بالمتجه $\vec{a}$ كما في الشكل (1-5) فإن جميع أنصاف الأقطار المتجهة تتغير حسب العبارة

$$\vec{r_i} = \vec{r_i'} + \vec{a}$$



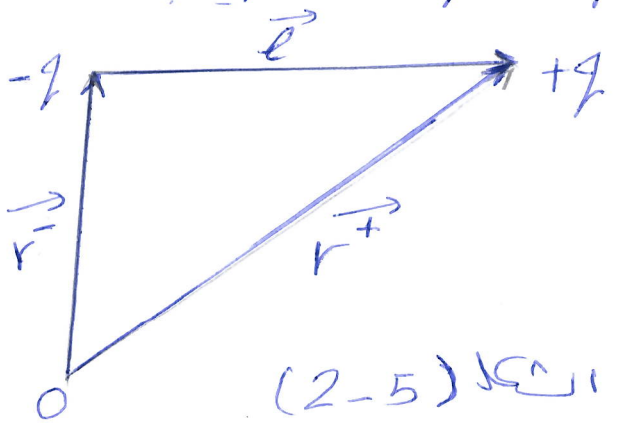

الشكل (1-5)

بالتعويض في عبارة عزم الاهرباني نجد:

$$\vec{M} = \sum_i q_i \cdot \vec{r_i} = \sum_i q_i \cdot \vec{r_i'} + \vec{a} \sum_i q_i = \sum_i q_i \cdot \vec{r_i'} \qquad (5-5)$$

وذلك بالاعتماد على العلاقة (4-5).

• إن أبسط الجمل المعتدلة كهربائياً هي الجملة المؤلفة من شحنتين متساويتين بالقيمة ومختلفتين بالإشارة كالشحنتين $+q$ و $-q$ كما هو مبين بالشكل (2-5)




الشكل (2-5)

ويصبح العزم الكهربائي لهذه المجلبة كما يلي:

$$\vec{M} = \sum_i q_i \cdot \vec{r_i} = q\,(\vec{r_+} - \vec{r_-}) = q \cdot \vec{\ell} \qquad (6-5)$$

حيث $\vec{\ell}$ متجه طول الثنائية المكونة من الشحنتين، بعدؤه الشحنة السالبة وزاويته الشحنة الموجبة. أما اتجاه العزم الكهربائي $\vec{M}$ محمول على $\vec{\ell}$ ووجهه من الشحنة السالبة إلى الشحنة الموجبة.

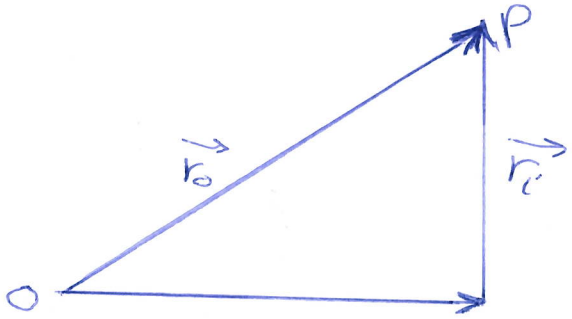
- **حساب الكمون المتولد عن عازل مستقطب في نقطة خارجه:**

كما وجدنا سابقاً، يعطى الكمون الكهربائي المتولد عن مجموعة من الشحنات الكهربائية في نقطة كيفية P، بالعلاقة التالية:

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i} \qquad ;$$

$r_i$: بعد النقطة P عن الشحنة $q_i$

نفترض الآن أن عينة الأجسام تقع ضمن المنطقة المشغولة بالشحنات، ولتكن $\vec{r_0}$ و $\vec{r_i}$ بعدي النقطة P والشحنة $q$ عنه كما في الشكل (3-5).




الشكل (3-5)

فيكون لدينا:

$$\vec{r_i'} = \vec{r_0} - \vec{r_i} \Rightarrow r_i'^2 = r_0^2 - 2\vec{r_0}\vec{r_i} + r_i^2 \qquad (8-5)$$

بأخذ الجذر التربيعي للطرفين نصبح العلاقة السابقة من الشكل:

$$r_i' = (r_0^2 - 2\vec{r_0}\vec{r_i} + r_i^2)^{\frac{1}{2}}$$

وبالتالي:

$$\frac{1}{r_i'} = (r_o^2 - 2\vec{r}_o\vec{r}_i + r_i^2)^{-\frac{1}{2}}$$

أو كما يلي:

$$\frac{1}{r_i'} = \frac{1}{r_o}\left[1 - 2\frac{\vec{r}_o\vec{r}_i}{r_o^2} + \frac{r_i^2}{r_o^2}\right]^{-\frac{1}{2}}$$

نشر العلاقة الأخيرة حسب سلسلة تايلور نجد:

$$\frac{1}{r_i'} = \frac{1}{r_o}\left[1 + \frac{\vec{r}_o\cdot\vec{r}_i}{r_o^2} + \cdots\right] \quad (9-5)$$

حيث اكتفينا بحدين فقط من مفكوك سلسلة تايلور وذلك على افتراض أن $r_i \ll r_o$ بالتعويض في العلاقة (7-5) مع الأخذ بعين الاعتبار (4-5) نجد أن الكمون المتولد عن توزع شحنات هو:

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\cdot\frac{\vec{r}_o}{r_o^3}\sum_i q_i\vec{r}_i \quad (10-5)$$

بالاستفادة من العلاقة (3-5) يمكن كتابة العلاقة الأخيرة كما يلي:

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\cdot\frac{\vec{M}\vec{r}_o}{r_o^3} \quad (11-5)$$

- **الانزياح الكهربائي: Electric shift**

- يمكن تعريف نوعين من الشحنات الكهربائية: الشحنات الظاهرية أو الموقتة بأنها الشحنات الموجبة على سطح العازل الموجود ضمن حقل كهربائي والتي تزول بزوال هذا الحقل، الشحنات الحرة أو الطليقة، وسنعنى أحياناً بالشحنات الحقيقية ونقصد بها الشحنات مثل الشحنات التي تستطيع تحت تأثير الحقل الكهربائي أن تنتقل مسافات ماكروسكوبية كالالكترونات في المعادن والخلاء والأيونات في الغازات أو الشحنات الموجودة على البوسين مثلاً.

- لنعتبر حقلاً كهربائياً في عازل بين لبوسين مشحونين بشحنة سطحية، يتولد الحقل الكهربائي من الشحنات على لبوسي المكثفة، وإن ازدياد الشحنات على لبوسي المكثفة يعني زيادة الكثافة السطحية من الشحنات عليهما، وإذا رمزنا بـ $Q$ للشحنة الكهربائية

على كل من لبوسيط و د S لسطح كل منهما فإن:

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

• كيفية إيجاد العلاقة الرياضية التي تربط الكثافة وشدة الحقل $\sigma$ و $E$ أحدهما بالآخر نعلم أن سعة المكثفة تعطى بالعلاقة:

$$C = \frac{Q}{V}$$

هذا في كون الخلاء يفصل بين لبوسي المكثفة.

كما أن سعة المكثفة المستوية تعطى بالعلاقة التالية:

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

نستنتج من هاتين العلاقتين أن:

$$\frac{Q}{S} = \varepsilon_0 \cdot \frac{V}{d} \quad \text{أو} \quad Q = \frac{\varepsilon_0 . S . V}{d} \qquad (12-5)$$

ونعلم من جهة أخرى أن:

$$E = \frac{V}{d} \quad ; \quad \sigma = \frac{Q}{S}$$

وبالتالي نجد أن:

$$\sigma = \varepsilon_0 E \qquad (13-5)$$

عندما يكون الوسط الفاصل بين لبوسي المكثفة الخلاء، وإذا كان ذو ثابتة عازلة نسبية $\varepsilon_r$ فإن العلاقة الأخيرة تكتب بالشكل:

$$\sigma' = \varepsilon_r . \varepsilon_0 E' \qquad (14-5)$$

أي إن الكثافة $\sigma$ قيمة جبرية (غير مجبرة) وترتبط بقيمة الحقل وفق العلاقتين (13-5) و (14-5).

وذلك عندما يكون الخلاء هو الفاصل بين لوحي المكثفة وعندما يكون العازل هو الفاصل بين لوحي (ع) المكثف وعند كتابة الحقل الكهربي $\vec{E}$ في كل من العلاقتين المذكورتين نستبدل كلاً من $\varepsilon_0$ و $\varepsilon$ بقيمتين مختلفتين في المادة العازلة ونرمز لهما بالترتيب بـ $\vec{D}$ و $\vec{D}'$ ونسميها بمتجهتي الانزياح الكهربائي ونكتب العلاقتين (13-5) و(14-5) كما يلي:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} \qquad (15-5)$$

$$\vec{D}' = \varepsilon_r \varepsilon_0 \vec{E}' \qquad (16-5)$$

يعرف الانزياح الكهربائي بأنه كمية متجهة لها اتجاه الحقل الكهربائي فله $\vec{E}$ أو طويلة مساوي طولية الحقل الكهربائي ومضروبة بثابتة العازلية للوسط، وذلك باعتبار أن $\varepsilon_r = 1$ عندما يكون الوسط هو الخلاء كما أن طوليتها تساوي أيضاً كثافة التوزع السطحي الشحنات المولدة الحقل الكهربائي.

• واحدة الانزياح الكهربائي في الجملة الدولية كما يلي:

$$[D] = [\sigma] = \frac{coul}{m^2}$$

إن قياس $\varepsilon_r$ يمكننا من حساب قيمة $D$ وبالتالي قيمة الحقل الكهربائي في الخلاء

$$E = \frac{D}{\varepsilon_0}$$

## معادلات الكهرباء الساكنة في العوازل:

## Electrostatic Equation in a Dielectrics:

تبقى المعادلات التي رأيناها عند دراسة حقل التحريض الكهراكدي في الخلاء صحيحة في المادة العازلة، بشرط أن نبدل الشحنات الحقيقية بالشحنات الكلية أي الحقيقية والوهمية. فالحقل الكهراكدي يتكون من نمطين:

$$\overrightarrow{rot}\,\vec{E} = 0 \quad \text{أو} \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = 0 \quad \text{و} \quad \vec{E} = -\vec{\nabla} V$$

أما معادلة بواسون فتصبح على الشكل التالي:

$$\nabla^2 V = -\frac{\rho + \rho'}{\varepsilon_0}$$

وتعرف الحقل الكهربائي في المادة العازلة.

$$\text{div}\,\vec{E} = \frac{\rho + \rho'}{\varepsilon_0} \quad ; \quad \text{div}\,\vec{E} = \vec{\nabla}.\vec{E}$$

حيث $\rho$ هي الكثافة الحجمية للشحنات الاستقطابية والتي تسمى أحياناً (الشحنات الوهمية) يمكن كتابة المعادلة الأخيرة على الشكل التالي:

$$\text{div}\,\varepsilon_0 \vec{E} = \rho + \rho'$$

فإذا بدلنا $\rho'$ بالقيمة $\rho' = -\text{div}\,\vec{M}$ حصلنا على العلاقة التالية

$$\rho = \text{div}\,\varepsilon_0 \vec{E} + \text{div}\,\vec{M} \qquad (24-5)$$

لحساب أيضاً سابقاً تعرف شعاع التحريض الكهربائي $\vec{D}_0 = \varepsilon_0 . \vec{E}_0$ الذي يحقق العلاقة التالية: $\text{div}\,\vec{D}_0 = \rho$ ويمكن تعريف شعاع التحريض الكهربائي $\vec{D}$ في المادة العازلة الذي يحقق العلاقة التالية

$$\text{div}\,\vec{D} = \rho \qquad (25-5)$$

حيث $\rho$ الكثافة الحجمية للشحنات الحقيقية.

إذا بدلنا $\rho$ بقيمتها في العلاقة (24-5) حصلنا على المعادلة التالية:

$$\text{div}\,\vec{D} = \text{div}\,\varepsilon_0 \vec{E} + \text{div}\,\vec{M}$$

وبالتالي نحصل على العلاقة الأساسية التالية في الأوساط العازلة بين الأشعة الثلاث $\vec{D}$ و $\vec{E}$ و $\vec{M}$:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{M} \qquad (26-5)$$

فإذا كان الوسط العازل هو الخلاء $\vec{M}=0$ نحصل على قيمة حقل التحريض الكهربائي في الخلاء وهي القيمة التي رأيناها سابقاً.

• يتضح من العلاقة السابقة أن واحدة الشعاع $\vec{M}$ هي نفس واحدة الشعاع $\vec{D}$ $(Coul/m^2)$ وهي واحدة كثافة سطحية للشحنات الكهربائية، لذلك يعرف $M_n$ بأنه عبارة عن كثافة سطحية للشحنات الكهربائية.

• الحقل الكهربائي لشحنة نقطية وقانون كولون في وسط عازل:

إذا افترضنا أن $q$ شحنة نقطية محاطة بوسط عازل (الزيت مثلاً) فإن شدة الحقل الكهربائي المتولد عن هذه الشحنة تعطى بالعلاقة التالية:

$$\vec{E}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\cdot\frac{q}{r^2}\cdot\vec{u} \qquad (27-5)$$

$\frac{1}{\varepsilon_r}$ معامل تناقص شدة الحقل الكهربائي.

• إذا افترضنا أن لدينا شحنتين نقطيتين $q_1$ و $q_2$ تقعان في وسط عازل فإن قوة التأثير المتبادل بين الشحنتين تعطى بالعلاقة

القوة المؤثرة على الشحنة $q_2$ بتأثير الشحنة $q_1$ هي: $\vec{F}=q\cdot\vec{E}$ وبالتالي نحصل على القوة

$$\vec{F}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\cdot\frac{q_1\cdot q_2}{r^2}\vec{u}$$

أي أن القوة المؤثرة على الشحنة $q_2$ تحت تأثير الشحنة $q_1$ في وسط عازل تتناقص بالمقدار $\frac{1}{\varepsilon_r}$ عما لو كانت الشحنات في الخلاء.

• الخاصية الأساسية والطواعية العازلة للمواد العازلة الكاملة:

المواد العازلة الكاملة (أو المثالية) هي المواد التي يوجد فيها علاقة تناسب بين الحقل الكهربائي وشعاع الاستقطاب وتتميز بالآتي:

1- لا تحوي المادة العازلة الكاملة أي إلكترون حر أي أنها عازلة كهربائية مثالية.

2- يكون الشعاعان $\vec{M}$ و $\vec{E}$ على نحو واحد ومتناسبين وتكتب العلاقة التناسبية بينهما كما يلي:

$$\vec{M} = \varepsilon_0 X \vec{E} \quad (29-5)$$

حيث X ثابت التناسب يتعلق بطبيعة العازل وحالته الفيزيائية وسيء الطواعية العازلية.

فإذا طبقنا العلاقة الأساسية للمواد العازلة على المواد الكاملة وحصلنا بتعويض $\vec{M}$ بقيمتها في العلاقة (26-5) نحصل على العلاقة التالية:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} + \vec{M} \quad (26-5)$$

$$\vec{D} = \varepsilon (1+X) \vec{E} \quad (30-5)$$

نستنتج من العلاقة الأخيرة أن X هو عدد مجرد ليس له أبعاد وهو موجب دوماً لأن $\vec{D}$ و $\vec{E}$ لهما دوماً نفس الاتجاه.

وتدل التجربة على أنه يمكن اعتبار العدد الكبير من المواد العازلة كاملة، أي يمكن كتابة المعادلة الأخيرة على الشكل التالي:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \quad (31-5)$$

أي أن حقل التحريض الكهربائي في المادة العازلة الكاملة تناسبي مع الحقل الكهربائي ويدعى ثابت التناسب بالمعرف بالعلاقة التالية:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 (1+X) \quad (32-5)$$

ثابت العزل الكهربائي للمادة أو سماحيتها، تعرف السماحية النسبية $\varepsilon_r$ أو ثابت العزل الكهربائي النسبي) للمادة العازلة بالعلاقة:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = 1 + X \qquad (33-5)$$

أي إذا النسبة بين ثابتة العزل الكهربائي للمادة العازلة $\varepsilon$ وثابتة العزل الكهربائي الخلاء $\varepsilon_0$.

## • المكثفات الكهربائية Electrical capacitors

• سعة ناقل معزول في الخلاء:

### capacitance of a conductor in vacuum:

• إذا أخذنا ناقلاً معزولاً ومشحوناً بشحنة كهربائية ولتكن $Q_1$ فيكون كمونه $V_1$ وإذا أصبح كمون هذا الناقل ولتكن $V_2$، بوصله لمنبع كهربائي فإننا سوف نحصل على انتقال للشحنات عبر المنبع إلى أن نصل إلى حالة توازن جديدة أي يصبح الناقل مشحوناً بشحنة $Q_2$ وهكذا...

• بحيث أن النسب التالية تكون ثابتة أي أن:

$$\frac{Q_1}{V_1} = \frac{Q_2}{V_2} = \cdots = \frac{Q}{V} = cte$$

نسمي هذه الثابتة سعة الناقل ونرمز لها بالرمز $C$ إذن تصبح العلاقة السابقة كما يلي:

$$Q = C \cdot V \qquad (1-6)$$

وهذه السعة $C$ تصف قدرة الناقل عندما يشحن إلى كمون معين على اختزان الشحنة الكهربائية أي أن السعة الكهربائية للناقل هي النسبة بين الشحنة الكهربائية التي تملأ هذا الناقل وكمونه.

• من التعريف السابق نستطيع إيجاد السعة الكهربائية لناقل كروي في الخلاء وهي:

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{R} \Rightarrow Q = 4\pi\varepsilon_0 \cdot R \cdot V \Rightarrow C = 4\pi\varepsilon_0 R$$

أي أن السعة تتعلق بنصف القطر R المقدر على السطح الخارجي للناقل، وواحدتها (Farad)

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow [C] = \frac{Coul}{Volt} = Farad$$

مكتبة A to Z