قسم الفيزياء المادة : صلبة ٢
المرحلة الرابعة أ.م.د.احمد حماد الفلاحي

المحاضرةالرابعة : العوازل

مقدمة : تشكل المتسعات احد أهم العناصر الكهربائية التي تستخدم في الدوائر الكهربائية وتكون بانواع مختلفة تبعا لنوع العازل بين صفيحتيها وكذلك تبعا لشكلها الهندسي .

ابسط انواع المتسعات هي المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين والتي يعبرعن سعتها بالمعادلة

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

حيث تمثل ϵ ثابت العازل ، او سماحية الوسط العازل ب كولوم ^{٢} .نيوتن . م^{٢}

وA مساحة الصفيحة ب م^{٢} و d المسافة الفاصلة بين الصفيحتين ب م .

يلاحظ من العادلة اعلاه ان سعة المتسعة تعتمد على ابعاد الصفيحتين المتوازيتين ، وكذلك على المسافة الفاصلة بينهما وتتغير قيمة C عند تغير أي من A أو d أو كليهما معا ، كذلك يتضح من المعادلة انه في حالة كون A و d ثابتتين فان سعة المتسعة تتغير تبعا ل ϵ التي هي خاصية للوسط العازل ذلك هو ان $\epsilon = \epsilon_r . \epsilon$ وان ϵ_r تمثل ثابت العازل النسبي وتساوي واحد للفراغ ، وتتغير السعة طرديا مع ϵ_r لذا فان اي تغير في ϵ_r بسبب من تغير الحرارة او الضغط او تردد الفولتية المسلطة سوف يؤثر على عمل المتسعة كعنصر في الدائرة الكهربائية .

ان الزيادة في الحاصلة في سعة المتسعات التي تستخدم المادة العازلة كوسط ظمن تركيبها يعود الى قدرة المواد العازلة على خزن الشحنات الكهربائية ومن هنا فان دراسة المواد العازلة وتركيبها وخواصها وتصنيفها على اساس قوة تحملها وقيمة ثابت العازل الخاص بها ، ينبع من

الحاجة العملية والطلب المتزايد والمستمرالى تصنيع متسعات ذات قوة تحمل كبيرة وسعة عالية

وكذلك حجم صغير نظرا لاستعمالاتها الواسعة في الصناعات الكهربائية المختلفة في مجالات الضغط العالي والاتصالات ولثبات خواصها مع تغير درجات الحرارة في نقل وتحويل الطاقة الكهربائية .

عند دراسة خواص المواد فان ما يعنينا هو الكترونات المدارات الخارجية والتي تسمى الكترونات التكافؤ (valence electrons) لان هذه الالكترونات تدخل في التفاعلات الكيميائية الاعتيادية وكذلك في التوصيل الكهربائي . ان الكترونات المدارات الداخلية لذرات المادة تكون مرتبطة بقوة الى النواة وبهذا فانها لا تشارك الكترونات المدارات الخارجية في التوصيل الكهربائي لان الطاقة اللازمة للتغلب على القوة التي تربط هذه الالكترونات تكون عادة كبيرة جدا .

بعض المواد تكون المدارات الخارجية لذراتها مملوءة تماما بالألكترونات ، اي انها تحتوي على عدد كافي من الالكترونات يساوي $2n^2$ حيث يمثل n رقم المدار . اما في معظم المواد فان هذه المدارات تكون مملوءة جزئيا ما يجعل الذرات تبدي ميلا لاكتساب او فقدان الالكترونات في حين الذرات التي تكون مداراتها الخارجية مملوءة تماما فانها لا تظهر مثل هذا الميل لكونها مستقرة كيميائيا ولذلك فانها غير قادرة على التوصيل الكهربائي وبهذا فانها تدعى بالمواد العازلة (Insulators) . من جهة اخرى هناك مواد تحتوي الدارات الخارجية لذراتها على الكترونين أو الكترون واحد فقط وبهذا فان هذه الالكترونات تكون ضعيفة الارتباط بالنواة مما يسهل عملية فصلها وتحريرها للقبام بعملية التوصيل الكهربائي ، مثل هذه المواد تدعى كهربائي منتظم كالمجال بين لوحي متسعة ذات اللوحين المتوازيين مثلا ؟

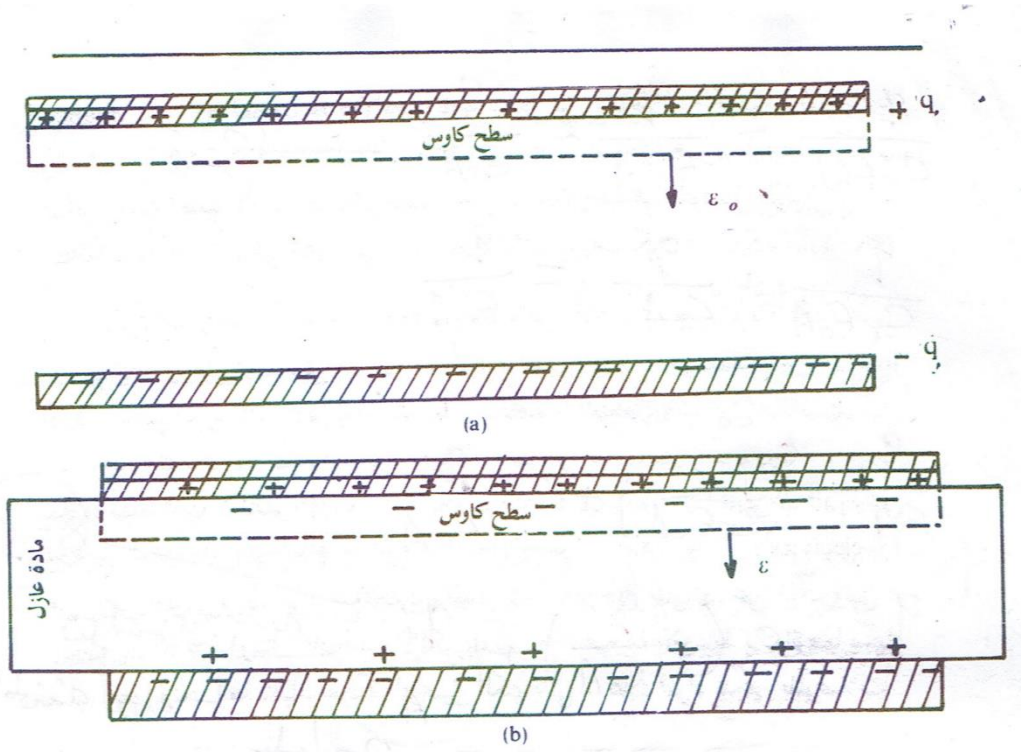
 # المتجهات الكهربائية الثلاث :

استخدام قانون كاوس في الحالات التي تتظمن وجود مادة عازلة بين لوحي المتسعة ذات اللوحين المتوازيين كما في الشكل (١) .والصيغة الرياضية الآتية :

$$\epsilon . \int E \, ds = q \quad .....(٢)$$

وحيث ان $E = E_n$ ولذا فان قانون كاوس للحالةالاولى من الشكل (١) هو

$$\epsilon . \int E_n . ds = \epsilon . E_n . A = q \quad .....(٣)$$



الشكل (١):المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين

a- من غير وجود العازل

b- مع وجود اعازل

أو ان :

$$\epsilon = q / \epsilon A \ldots\ldots\ldots (٤)$$

اما في حالة وجود المادة العازلة كما في الشكل(١ ب) فان قانون كاوس يصبح :

$$\epsilon . \int E . ds = \epsilon . E A = q - q_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٥)$$

او ان

$$E = ١ / \epsilon . A (q - q_i) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٦)$$

حيث تمثل q_i الشحنات السطحية المحتثة بينما q تمثل الشحنات الحرة على الصفيحتين . هذان النوعان

من الشحنات يقع في سطح كاوس . وبما انهما يختلفان في الاشارة لذا فان

$q - q_i$ تمثل محصلة الشحنات داخل سطح كاوس .

وبتعويض القيمة ($E = E_\circ / \epsilon_r$) في المعادلة (٤) نحصل على :

$$E = E_\circ / \epsilon_r = q / \epsilon_r \epsilon_\circ A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٧)$$

وعند التعويض عن قيمة E من معادلة (٧) في معادلة (٦) نحصل على :

$$q / \epsilon_r \epsilon_\circ A = q / \epsilon_\circ A - q_i / \epsilon_\circ A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٨)$$

$$q_i = q \{ ١ - ١ / \epsilon_r \} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٩)$$

المعادلة (٨)تشير الى ان الشحنات السطحية المحتثة q_i هي دائما اقل من الشحنات الحرة وانها تساوي الصفر في حالة الفراغ (اي عندما تكون $\epsilon_r = ١$)

والآن نعيد كتابة المعادلة (٨) بالصيغة الآتية :

$$q / A = \epsilon_\circ \{ q / \epsilon_r \epsilon_\circ A \} + q_i / A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (١٠)$$

الحد الثاني في معادلة (١٠) يمثل الشحنات السطحية المحتثة لوحدة المساحات وهذا ما يدعىبالاستقطاب الكهربائي (p) Electrical poloraization اي :

$$P = q_i / A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١١)$$

كذلك يمكن تعريف الاستقطاب بطريقة مكافئة وذلك بضرب كل من البسط والمقام في معادلة (١١) بالمسافة بين اللوحين d فيكون :

$$P = q_i d / Ad \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٢)$$

في هذه المعادلة البسط يكافئ عزم ثنائي قطب شحنتاه تساوي E والمسافة الفاصلة بينهما d .اما المقام

فيمثل حجم الوسط بين اللوحين . وبهذا يصبح بالامكان تعريف الاستقطاب : بانه عزم ثنائي القطب المحتث لوحدة الحجوم . واتجاه p يكون من الشحنات المحتثة السالبة الى الشحنات المحتثة الموجبة ، وعليه فان المعادلة (١٠) يمكن كتابتها بالصيغة التالية :

$$q/A = \epsilon_0 E + p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٣)$$

حيث يعرف الحد q / A بالازاحة الكهربائية electric displacement ويرمز لها ب D لذا فان المعادلة (١٣) تصبح بالصيغة :

$$D = \epsilon_0 E + p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٤)$$

وحيث ان كلا من p و E هما متجهان لذا فان D هو الآخر سيكون بالضرورة كمية متجهة ، وهذه هي المتجهات الثلاث : D وp و E .

مما جاء اعلاه ومن التعاريف التي ذكرت نستطيع الاستنتاج :

١- ان الازاحة الكهربائية D ترتبط فقط مع الشحنات الحرة .
٢- ان الاستقطاب الكهربائي P مرتبط بالشحنات المقيدة (المستقطبة) فقط .
٣- المجال الكهربائي داخل العازل E يرتبط مع كلا الشحنات الحرة والمقيدة .
٤- بينما تكون وحدات E بالنيوتن / كولوم تكون وحدات كل من P أو D بالكولوم /م^{٢}

ويمكن وضع العلاقة لك من D او P بدلالة E فقط كما في الآتي :

$$D = \epsilon_r \epsilon_0 E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٥)$$

$$P = \epsilon_0 (\epsilon_r - ١) E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٦)$$

مطلوب من الطلبة اشتقاق المعادلتين ١٥ و ١٦ .