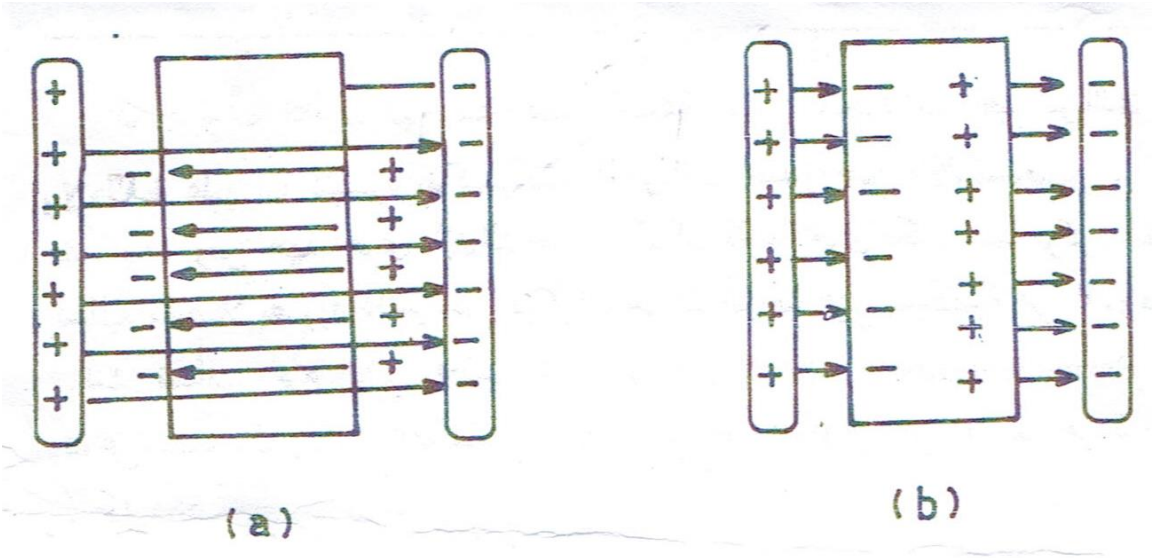
المحاضرةالخامسة : العوازل

 # تأثير المجال الكهربائي المنتظم على المواد العازلة :

اذا وضع جسم ما غير مشحون ، موصلا كان ام عازلا ، في مجال كهربائي فسينتج عن ذلك اعادة تنظيم الشحنات في الجسم .

- فاذا كان الجسم موصلا فان الالكترونات الطليقة سوف تتحرك باتجاه معاكس للمجال بفعل القوى التي يولدها هذا المجال على هذه الالكترونات وتستمر حركة الالكترونات هذه الى ان تتجمع عند احد طرفي الموصل تاركة بذلك فائضا من الشحنات الموجنة عند الطرف الآخر ، بعدها يصل الجسم الى حالة من الاتزان الكهروستاتيكي (electrostatic equilibrium) بحيث ان المجال الكهربائي الناشئ عن هذه الشحنات المحتثة المتجمعة على طرفي الموصل يساوي ويعاكس تماما المجال الخارجي . وبذلك تصبح محصلة المجال الكهربائي داخل الموصل صفرا . في الشكل (٢) جسم موصل غير مشحون وضع في المجال الكهربائي للمتسعة ذات اللوحين المتوازيين من دون ان يلامس أي من اللوحين ، ان الشحنات الحرة سوف تعيد تنظيم نفسها حال وضع الموصل داخل المجال . ان خطوط المجال الكهربائي سوف تخترق الموصل وتحت تأثير هذا المجال فان الالكترونات الحرة في الموصل سوف تتحرك باتجاه السطح الايسر تاركة بذلك الشحنات الموجبة على السطح الايمن ، هذه الحركة سوف تستمر حتى يصبح المجال الكهربائي عند كل النقاط داخل الموصل والناشئ عن هذه الشحنات السطحية يساوي ويعاكس المجال الخارجي وبذلك تصبح محصلة المجال الكهربائي داخل الموصل صفرا وعندها تتوقف الشحنات عن الحركة .

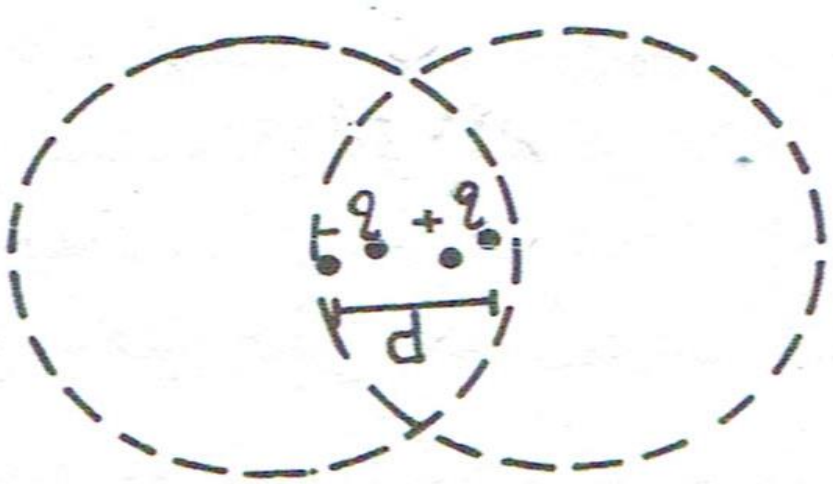


الشكل (٢) : جسم موصل غير مشحون في المجال الكهربائي

a- الشحنات المحتثة والمجال المرافق لها

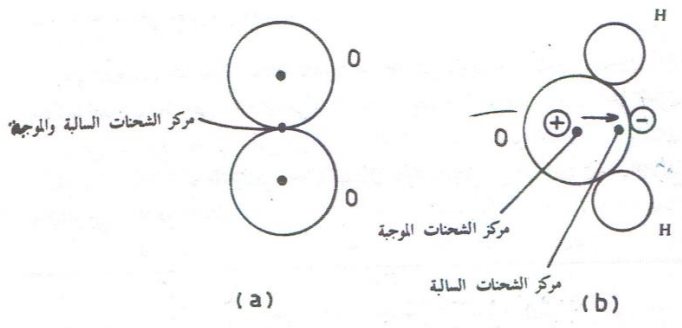
b- محصلة المجال

والآن كيف يكون سلوك جسم عازل لو وضع في نفس المجال الكهربائي ؟ . المعروف ان جزيئات العازل تتكون من شحنات موجبة وأخرى سالبة وعادة ما يكون مركز الشحنات السالبة منطبقا على مركز الشحنات الموجبة لهذه الجزيئات ، ولكن عندما تقع هذه الجزيئات تحت تأثير مجال كهربائي خارجي فان الشحنات الموجبة سوف تنزاح باتجاه المجال بينما تنزاح الشحنات السالبة لهذه الجزيئات في الاتجاه المعاكس كما في الشكل (٣) ونتيجة لذلك فان مركز الشحنات الموجبة لم يعد منطبقا على مركز الشحنات السالبة بل تفصلها مسافة صغيرة وعندئذ تصبح الجزيئة مستقطبة بالحث polarized by induction وانها اكتسبت عزم ثنائي قطبي محتث induced dipole moment ويرمز له ب μ. ان هذا العزم المحتث سوف يزول بزوال المجال الكهربائي الخارجي ويعود مركز الشحنات السالبة لينطبق من جديد مع مركز الشحنات الموجبة .



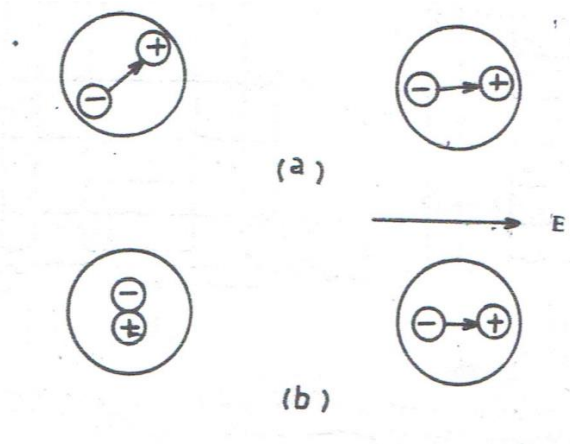
الشكل (٣) : ثنائي قطب محتث لجزيئة العازل

ان جزيئات العازل التي تمتلك هذه الصفة تدعى بالجزيئات الغير قطبية ومثال عليها جزيئات الهيدروجين والاوكسجين ،الشكل(٤a).ومن جهة اخرى هناك جزيئات لمواد عازلة اخرى يكون فيها مركز الشحنات السالبة منفصلا بصورة دائمية عن مركز الشحنات الموجبة فهذه الجزيئات مستقطبة على الدوام وهي لذلك تمتلك عزم ثنائي قطب دائم وتدعى بالجزيئات القطبية (polar molecules) ومن امثلتها جزيئة الماء ،الشكل (٤b).



شكل (٤): a - جزيئة غير قطبية O_2 ، b - جزيئة قطبية H_2O

بالرغم من ان الجزيئات القطبية تمتلك عزوما دائمية الا ان اتجاهات هذه العزوم في الاحوال الاعتيادية تكون عشوائية بحيث ان محصلة العزوم الكلية تساوي صفرا . اما اذا وقعت هذه الجزيئات تحت تأثيرمجال كهربائي خارجي فان هذا المجال سوف يعمل على تدوير هذه العزوم باتجاه المجال ،الشكل(٥a) وتزداد درجة تراصف هذه الجزيئات باتجاه المجال كلما زادت شدة المجال الكهربائي وكذلك عند انخفاض درجة الحرارة .

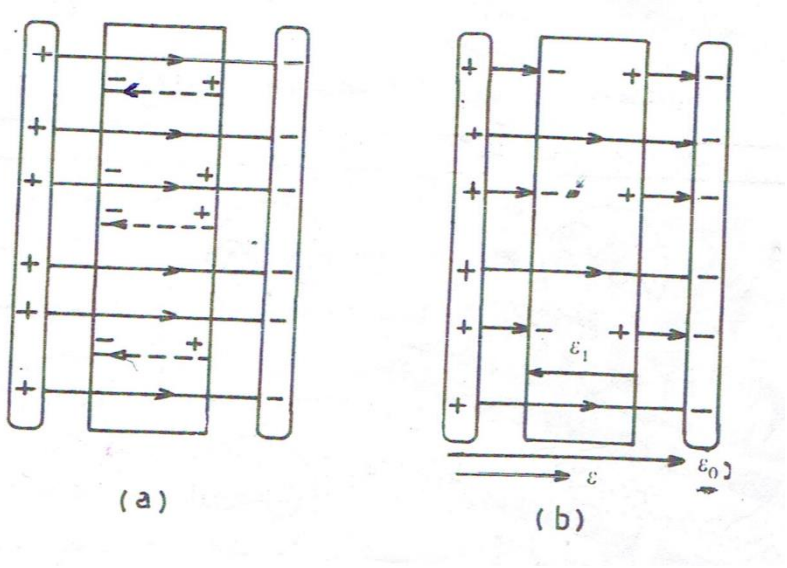


الشكل (٥): -a جزيئة قطبية او ثنائية قطب دائم يدور باتجاه المجال

-b جزيئة غير قطبية تصبح ثنائي قطب محتث عند تسليط مجال خارجي

وسواء امتلكت الجزيئة عزم ثنائي قطب دائم أم لم تمتلكه فانها سوف تكتسبه عن طريق الحث عند وضعها داخل مجال كهربائي خارجي ، وبهذا فان العازل ككل او جزيئة العازل المنفردة تصبح مستقطبة (بالرغم من كونها متعادلة كهربائيا) ، الشكل(٥b). ومن المهم ان نتذكر هنا انه في عملية الاستقطاب لا تحدث عملية نقل للشحنات كما يحدث في الموصل انما هي ازاحة الالكترونات عن مواقع اتزانها بمسافة اقل بكثيرمن القطر الذري .

ان الشحنات الشطحية المحتثة تظهر دائما بطريقة يكون معها المجال المحتث E_1 معاكسا للمجال الخارجي E_0 ،الشكل(٦) و بهذا فان محصلة المجال داخل العازل E هي المجموع الجبري لكل من E_0 و E_1 وبنفس اتجاه E_0 ولكنها اصغر منه ، لذا فان وضع العازل في مجال كهربائي سوف يعمل على اضعاف المجال الاصلي (الخارجي) داخل العازل .



الشكل (٦): جسم عازل في المجال الكهربائي لصفيحتين متوازيتين

a- الشحنات السطحية المحتثة والمجال المرافق لها

b- محصلة المجال $E = E_0 + E_1$

 # تأثير العوازل على سعة المتسعة :

لاحظنا ان وضع مادة عازلة بين لوحي المتسعة يؤدي الى اضعاف المجال الكهربائي لا الى الغائه ، وبهذا فأنه يسبب تناقصا في فرق الجهد بالرغم من بقاء الشحنة ثابتة لا تتغير وذلك استنادا الى العلاقة

($V = Ed$) . فاذا فرضنا ان فرق الجهد بين اللوحين عند عدم وجود العازل هو(V_0) فان فرق الجهد (V) بعد وضع العازل يكون

$$V = E_0 / \epsilon_r = V_0 / \epsilon_r \quad \text{..... (١٧a)}$$

أو أن :

$$\epsilon_r = V_0 / V \quad \text{.....(١٧b)}$$

حيث تدعى ϵ_r ثابت العازل النسبي وهو عدد مجرد من الوحدات وتكون قيمته مساوية للسماحية أو بصورة عامة ل ثابت العازل . وبالرجوع الى العلاقة ($C = q / V$) يتضح تأثير وضع العازل بين لوحي

المتسعة على قيمة السعة حيث تزداد الاخيرة ب ϵ_r من المرات طالما ان شحنة المتسعة لا تتغير بادخال العازل .

فاذا فرضنا ان $C_.$ تمثل سعة المتسعة ذات اللوحين المتوازيين عندما يكون الوسط بينهما هو الهواء فان مقدارها سيكون بعد وضع العازل هو :

$$C = \epsilon_r C_. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٨)$$

ويمكن كتابة المعادلة ١٨ بالشكل التالي :

$$C = \epsilon_r C_. L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٩)$$

حيث يعتمد L على شكل المتسعة وتكون وحداته وحدات طول فمثلا يكون :

$L = A / d$ للمتسعة ذات اللوحين المتوازيين ، ويكون :

$L = ٢\pi l / \ln (b/a)$ للمتسعة الاسطوانية .