المحاضرةالسادسة : العوازل

 # الاستقطاب والاستقطابية : ذكرنا سابقا ان درجة تراصف عزوم الثنائيات القطبية في المواد العازلة تزداد بزيادة شدة المجال الكهربائي الخارجي المسلط على هذه المواد لذا فيمكن افتراض ان عزم الجزيئة يتناسب مع شدة المجال الكهربائي المسلط ، أي ان :

$$\mu = \alpha E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢٠)$$

حيث يدعى ثابت التناس α استقطابية الجزيئة ، فاذا كان عدد الجزيئات في وحدة الحجوم هو N ، وان كلا من هذه الجزيئات تمتلك عزما جزيئيا قدره μ فان الاستقطاب P الذي هو محصلة عزوم الثنائيات القطبية لوحدة الحجوم سيكون :

$$P = N\mu \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢١)$$

أو ان :

$$P = N \alpha E \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢٢)$$

وبالتعويض عن قيمة p من المعادلة ٢٢ في معادلة ١٤ لكي تصبح :

$$D = \epsilon_. E + N \alpha E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢٣)$$

وعند التعويض عن قيمة D من المعادلة ١٥ في المعادلة ٢٣ فنحصل على :

$$\epsilon_r = \{ ١ + N\alpha / \epsilon_. \} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢٤)$$

نلاحظ من المعادلة ٢٤ انه في حالة كون($\alpha = ٠$) فان ($\epsilon_r = ١$) وهي قيمة السماحية النسبية للفراغ ،

وبهذا فان الاستقطاب لايمكن ان يحدث بدون وجود الوسط العازل .

عند التعويض عن ($N = \rho N_A / M$) في المعادلة ٢٤ ، (حيث ρ هي كثافة المادة العازلة و N_A عدد افوكادر و M الكتلة الجزيئية) فاننا نحصل على :

$$\epsilon_r = ١ + \{ \rho N_A / M \epsilon_. \} \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢٥)$$

يتضح من المعادلة ٢٥ ان ϵ_r تزداد خطيا مع ازدياد الكثافة ρ ، هذا التغير ل ϵ_r مع ρ يصح فقط في الغازات ، كما بينت ذلك النتائج العملية ، حيث ان كثافة الغازات تتغير على مدى واسع وبهذا فان المعادلة ٢٥ اعلاه لا تصلح لحساب ϵ_r في حالة المواد الصلبة او السوائل ذات الكثافة العالية .

ان الاختلاف بين النتائج العملية ل ϵ_r وتلك المحسوبة من المعادلة ٢٥ للمواد الصلبة يعود اساسا الى ان المجال الكهربائي المؤثر على الجزيئات في المعادلة ٢٢ هو ليس بالضرورة E دائما وانما يجب ان يستبدل بمجال آخر يدعى المجال المحلي E_{loc} او المجال الاستقطابي .

 # المجال المحلي :

لقد افترضنا سابقا وبتقريب جيد ان المجال المؤثر على الجزيئات في الغازات هو المجال الخارجي $E_.$. في المواد الصلبة وكذلك في بعض السوائل تكون المسافات البينية الفاصلة بين الذرات من مرتبة بعض الانكستروميات ، وبذلك فان الذرات في هذه المواد لا تتأثر بالمجال الخارجي فقط وانما تتأثر ايظا بالمجالات الكهربائية الاخرى المتولدة بفعل الثنائيات القطبية المجاورة وكنتيجة للمدى الطويل لقوى كولوم فان هذه التأثيرات الاخرى لا يمكن اهمالها . ان المشكلة الاساسية في نظرية العوازل السائلة منها والصلبة هي حساب المجال الكهربائي المؤثر عند مواقع هذه الذرات . هذا المجال يدعى المجال المحلي (local field E_{loc}) والذي يختلف عن المجال الخارجي $E_.$.

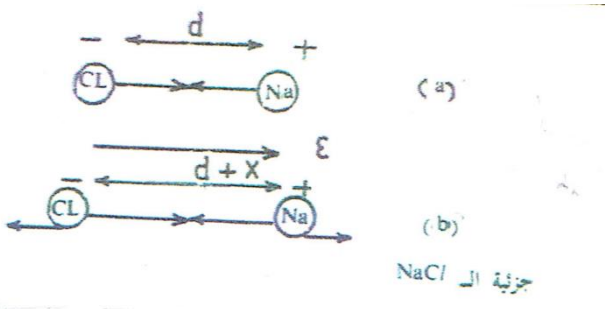
يتضح مما جاء اعلاه ان حساب المجال المحلي الذي يؤثر على ثنائي قطب معين في وسط عازل يمكن ان يتم من خلال حساب التأثير الكلي للاستقطاب في الوسط العازل كله على هذا الثنائي القطبي .

 # مصادر (انواع) الاستقطاب

يحدث الاستقطاب في كل المواد وهو يرتبط بوجود الجزيئات التي تتكون منها هذه المواد . فعندما يؤثر المجال الكهربائي على مثل هذه الجزيئات فان الشحنات الموجبة (النوى) سوف تنحاز باتجاه المجال بينما تنحاز الشحنات السالبة (الالكترونات) بالاتجاه المعاكس لاتجاه المجال ، وبهذا فان النتيجة هي فصل الشحنات المتعاكسة عن بعضها أي استقطاب الجزيئة . ان الاستقطاب يعتمد على بناء الجزيئات نفسها وبهذا نستطيع القول ان هناك انواع مختلفة من الاستقطاب تبعا لتركيب الجزيئات المستقطبة في المواد : -

١- فاذا امتلكت الجزيئات عزما دائميا حتى في حالة غياب المجال الكهربائي فتدعى بالجزيئات الثنائية القطبية او المواد الثنائية القطبية . في هذه المواد وبالرغم من حقيقة ان الجزيئات المنفردة فيها تمتلك عزوما دائمية فان صافي الاستقطاب يكون صفرا بسبب ان العزوم الجزيئية تكون عشوائية الاتجاهات مما يؤدي الى الغاء عزوم بعضها البعض الاخر . اما عند تسليط المجال على هذه المواد فان الثنائيات القطبية سوف تميل باتجاه المجال مؤدية الى بروز استقطابية تدعى باستقطابية الثنائيات القطبية او الاتجاهية (α_d) .

٢- اما في حالة امتلاك الجزيئة على اواصر أيونية فان المجال يعمل عندئذ على زيادة اطوال هذه الأواصر وذلك عن طريق ازاحة الايون الموجب Na^+ (كما في حالة جزيئة NaCl) الى اليمين والايون السالب Cl^- الى اليسار ، كما في الشكل ٧ ، مؤديا بذلك الى زيادة طول الاصرة الايونية . ان النتيجة لهذا التغير هو توليد عزم ثنائي قطبي صافي في الجزيئة لم يكن موجودا في السابق . وحيث ان الاستقطاب هنا هو بسبب الازاحة النسبية للايونات ذات الشحنات المتعاكسة وتدعى هذه العملية بالاستقطابية الايونية (αi) .



الشكل (٧): جزيئة Na Cl : -a قبل تسليط المجال ، -b بعد تسليط المجال وحصول الاستقطاب الايوني

٣-النوع الثالث من الاستقطاب يحدث بسبب من الاستقطاب الذاتي للجزيئات او الذرات نفسها بواسطة المجال وذلك هو ان الالكترونات في المدارات الذرية سوف تنزاح الى اليسار بالنسبة الى النواة كما في شكل ٨ ، هذا النوع يدعى الاستقطابية الالكترونية(α_e) .

ومما جاء اعلاه يصح القول ان الاستقطابية الكلية للمادة α هي مجموع الانواع الثلاث التي تم ذكرها :

$$\alpha = \alpha_e + \alpha_i + \alpha_d \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢٦)$$

الشكل (٨) : الاستقطاب الالكتروني : a- ذرة غير مستقطبة ، b – ذرة مستقطبة بفعل المجال

مع ان الاستقطابية الالكترونية تصاحب كل المواد الا ان حضور الاستقطابية الايونية او الثنائية القطبية (الاتجاهية) يعتمد على نوع المادة الواقعة تحت تأثير المجال فالاستقطابية الايونية تتواجد عادة في المواد الايونية ، بينما تتواجد الاستقطابية الثنائية في المواد الثنائية القطبية .

من جهة اخرى في البلورات التساهمية ، مثل السليكون والجرمانيوم ، والتي هي ليست أيونية أو ثنائية القطبية فان الاستقطاب في هذه المواد هو استقطاب الكتروني .