

## المجال الكهروستاتيكي Le champ électrostatique

### I - تكهرب المادة

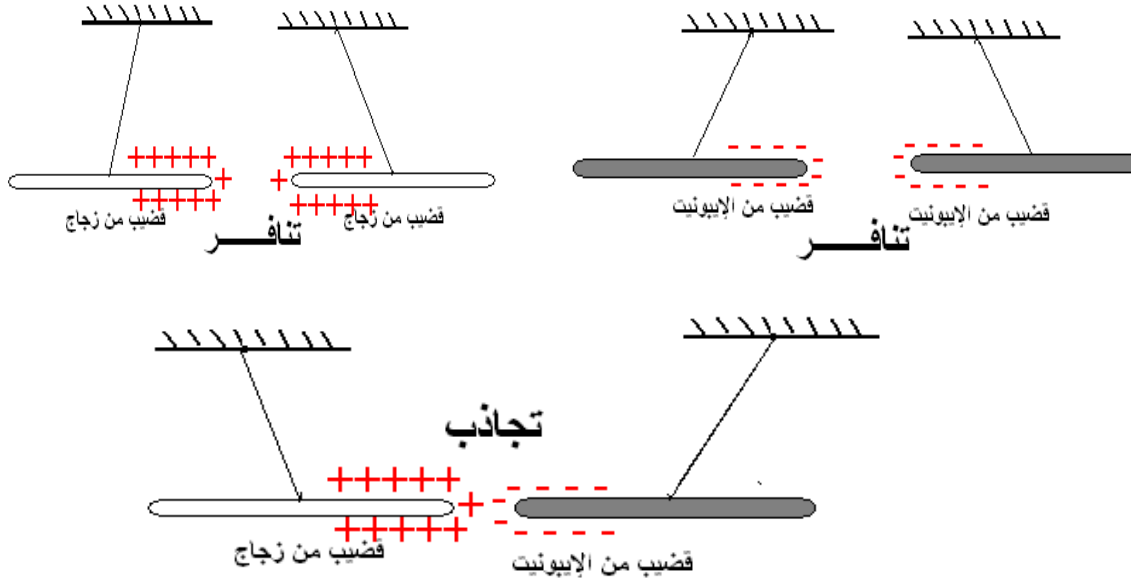
#### 1 - التكهرب بالاحتكاك

**تجربة:** عند حك قضيب من البلاستيك ، نلاحظ أنه يجذب الأجسام الخفيفة ( ورقة )  
نقول أن القضيب تكهرب بالاحتكاك أي أنه اكتسب شحنا كهربائية ويصبح جسما مكهربا.

#### 2 - نوعا الكهرباء وتأثيرهما السني .

**تجربة :**

عند حك قضيبين من الزجاج وتقريبهما ، نلاحظ : يتنافر قضيبا الزجاج فيما بينهما كما يتنافر قضيبا الإيونيت ، بينما يتجاذب قضيب الزجاج مع قضيب الإيونيت .  
نستنتج أن نوع الكهرباء الذي يظهر على الزجاج يختلف عن النوع الذي يظهر على الإيونيت .  
أصطلح على أن الكهرباء التي تظهر على قضيب الزجاج كهرباء موجبة وأن تلك التي تظهر على قضيب الإيونيت كهرباء سالبة .  
يحدث تأثير بيني بين الأجسام المكهربة .  
تتجاذب الأجسام التي تحمل شحنا كهربائية مختلفة الإشارة، بينما تتنافر تلك التي تحمل شحنا كهربائية لها نفس الإشارة.



#### 3 - تعليل التكهرب بالاحتكاك .

رأينا في الجدد العلمي أن المادة تتكون من ذرات محايدة كهربائيا، وتتكون كل ذرة من نواة موجبة الشحنة، حولها سحابة من الإلكترونات سالبة الشحنة. عند حك جسم بقماش، تنتقل الإلكترونات من أحدهما إلى الآخر، مما ينتج عنه تكهرب الجسمين ( أحدهما سيكتسب إلكترونات والآخر سيفقدها )

#### 4 - التكهرب بأساليب أخرى

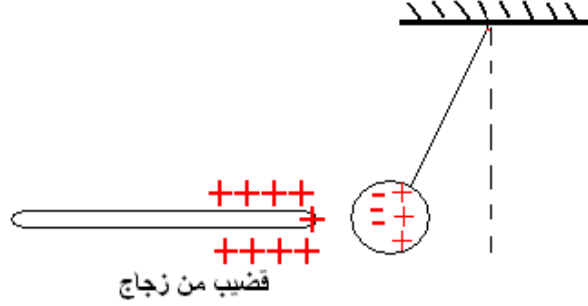
##### أ - التكهرب بالتماس

يمكن لجسم أن يتكهرب بالتماس عند لمسه لجسم آخر مكهرب، إذ تنتقل خلال التماس، الإلكترونات من أحد الجسمين إلى الآخر.  
مثال : عند تماس قضيب من الإيونيت المشحون سالبًا ، وكرة النحاس الكهروستاتيكي ، تنتقل الإلكترونات من قضيب الإيونيت إلى الكرة ، فتكتسب هذه الأخيرة شحنة سالبة ، الشيء الذي يؤدي إلى تنافرها .

##### ب - التكهرب بالتأثير

التكهرب بالتأثير هو شحن جسم عن بعد ، بواسطة جسم آخر مشحون.  
مثال:

عند تقرب قضيب الإيونييت المكهرب بكهرباء سالبة من كرة محايدة كهربائيا ، فإن هذه الأخيرة تنجذب نحو القضيب .  
نفس ذلك يكون أن تأثير شحن القضيب المكهرب يؤدي إلى انتقال الإلكترونات الحرة للكرة إلى الجانب المقابل للقضيب مما يؤدي إلى تجاذب الكرة والقضيب المكهرب . ( الكرة تبقى دائما محايدة كهربائيا )



## الكهرساكن

## II - التأثير البيئي

### Interaction électrostatique

#### 1 - قانون كولوم Loi de coulomb

يعزى تنافر الجسام المكهربة وتجاذبها إلى وجود قوى كهرساكنة بين هذه الأجسام نتيجة الشحن الكهربائية الساكنة التي يحملها كل جسم حيث نعبر عن هذه التأثيرات بالقانون التالي :  
إن شدة قوتي التأثير البيئي الكهرساكن بين شحنتين كهربائيتين نقطيتين ساكنتين ، تتناسب عكسيا مع مربع المسافة التي تفصل بينهما ، وتتناسب اطرادا مع كمية الكهرباء لشحنة كل من النقطتين .

#### 2 - الصيغة الرياضية لقانون كولوم

نعتبر جسمين نقطيين (A) و (B) يحملان على التوالي شحنتين كهربائيتين  $q_A$  و  $q_B$  وتفصل بينهما المسافة AB. يحدث بين هاتين الشحنتين الكهربائيتين تأثير بيئي كهرساكن ، لقوته المميزات التالية :

- منحيان متعاكسان

- نفس خط التأثير : وهو المستقيم AB .

- نفس الشدة وهي :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = K \cdot \frac{|q_A| |q_B|}{(AB)^2}$$

K ثابتة وقيمتها في النظام العالمي للوحدات هي :

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.10^9 \text{ m}^3 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{C}^{-2}$$

$\epsilon_0$  ثابتة العزل الكهربائي في الفراغ وقيمتها في

النظام العالمي للوحدات هي :

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9} \text{ (SI)}$$

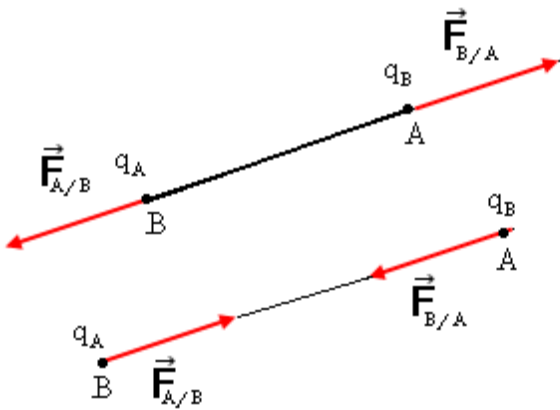
$q_A$  و  $q_B$  بالكولوم (C)

(AB) بالمتر .

$F_{A/B}$  بالنيوتن (N)

#### 3 - مقارنة القوة الكهرساكنة وقوة التجاذب الكوني .

**تمرين تطبيقي :** قارن بين شدتي قوة التأثير البيئي الكهرساكن وقوة التأثير البيئي التجاذبي لنواة الهيدروجين والإلكترونات .



نعطي :  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ، شحنة لبروتون  $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ، كتلة الإلكترون :  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ، كتلة البروتون  $m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  والمسافة بين البروتون والإلكترون  $d = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  و ثابتة التجاذب الكوني (SI)  $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$  .

الجواب :  $F_e = 8,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$  و  $F_G = 3,6 \cdot 10^{-47} \text{ N}$

مما يبين أن قوة التجاذب الكوني على مستوى الذرة مهملة بالنسبة للقوة الكهروستاتيكية  $\frac{F_e}{F_G} = 2,3 \cdot 10^{39}$

### III - المجال الكهروستاتيكي

#### 1 - تعريف

يوجد مجال كهروستاتيكي في حيز من الفضاء ، إذا لوحظ أن شحنة كهربائية  $q$  تخضع لقوة كهروستاتيكية إثر وضعها في نقطة من هذا الحيز .  
أمثلة : تقريب قضيب الإيونيت المكهرب من نواص كهروستاتيكي . انحراف حزمة الإلكترونات عند دخولها الحيز بين الصفيحتين .

#### 2 - متجهة المجال الكهروستاتيكي

##### أ - المجال الكهروستاتيكي المحدد من طرف شحنة نقطية .

يحدث ، جسم نعتبره نقطياً ، شحنته  $q$  موضوع في نقطة  $A$  ، مجالاً كهروستاتيكياً في الحيز المحيط به .  
نضع على التوالي في نقطة  $P$  من هذا الحيز حيث  $\vec{AP} = r\vec{u}$  شحنة كهربائية ،  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_i$  .  
تخضع هذه الشحنات للقوى الكهروستاتيكية التالية :

$$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_1}{r^2} \vec{u}, \dots, \vec{F}_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_3}{r^2} \vec{u}, \vec{F}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_2}{r^2} \vec{u}, \vec{F}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_i}{r^2} \vec{u}$$

$\vec{u}$  متجهة واحدة .

$$(1) \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \vec{u} \text{ نضع } \frac{\vec{F}_1}{q_1} = \dots = \frac{\vec{F}_3}{q_3} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \frac{\vec{F}_i}{q_i} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \vec{u}$$

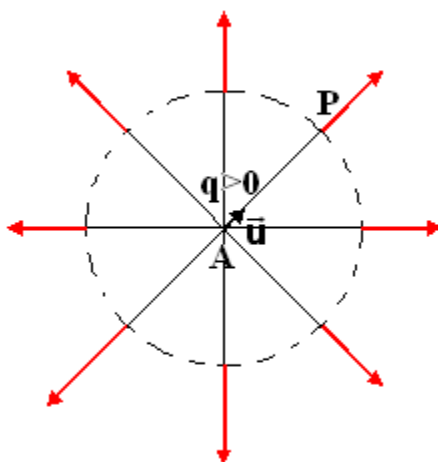
نسمي  $\vec{E}$  متجهة المجال الكهروستاتيكي الذي تحدده شحنة نقطية  $q$  في النقطة  $P$  . وهو مقدار متجهي يعبر عن الخاصية الذاتية للحيز المحيط بالشحنة  $q$  .

من خلال العلاقة يتبين أن متجهة المجال الكهروستاتيكي  $\vec{E}$  في نقطة ما ، بمصدر المجال أي الشحنة  $q$  ، وبوضع هذه النقطة .

من العلاقة (1) يتبين أن :

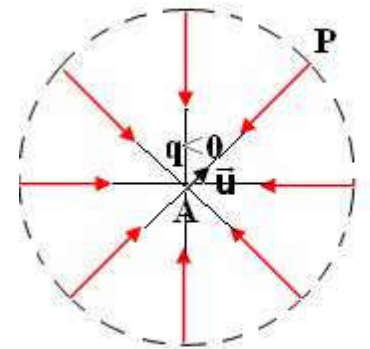
$q < 0$  أي أن  $\vec{E}$  والمتجهة الواحدة  $\vec{u}$  لهما منحنيان متعاكسان أي أن  $\vec{E}$  انجذابية مركزية (centripède) (الشكل 1)

الشكل 2



مجال كهروستاتيكي لشحنة موجبة

الشكل 1

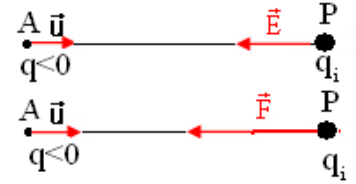
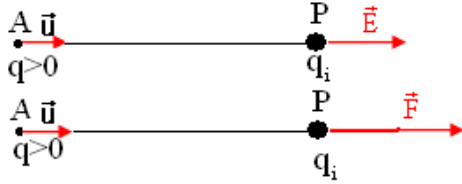


مجال كهروستاتيكي لشحنة سالبة

$q > 0$  أي أن  $\vec{E}$  والمتجهة الواحدية  $\vec{u}$  لهما نفس المنحى أي أن  $\vec{E}$  نابذة centrifuge (الشكل 2) يلاحظ أن خطوط المجال للمتجهة  $\vec{E}$  تتقاطع في نفس النقطة ، نقول إن المجال  $\vec{E}$  الذي تحدثه شحنة نقطية  $q$  هو مجال شعاعي . champ radial

\* العلاقة بين متجهة المجال الكهروساكن  $\vec{E}$  ومتجهة القوة الكهروساكنة  $\vec{F}$  هي :

$$\vec{F} = q\vec{E}$$



وحدة  $\vec{E}$  هي N/C أو كذلك ب V/m

ب - متجهة المجال الكهروساكن المحدث من طرف شحنتين نقطيتين .

نعتبر شحنتين  $q_A > 0$  و  $q_B < 0$  ، ونعتبر شحنة كهربائية  $q$  توجد في النقطة M .

تحدث  $q_A$  في النقطة M مجالاً كهروساكناً متجهته  $\vec{E}_A$  حيث  $\vec{F}_A = q \cdot \vec{E}_A$

تحدث  $q_B$  في النقطة M مجالاً كهروساكناً متجهته  $\vec{E}_B$  حيث  $\vec{F}_B = q \cdot \vec{E}_B$

تخضع الشحنة  $q$  للقوة  $\vec{F} = \vec{F}_A + \vec{F}_B = q(\vec{E}_A + \vec{E}_B) = q\vec{E}$  وبالتالي :

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

يمكن تعميم هذه النتيجة على مجموعة من الشحن الكهربائية :

تساوي المتجهة  $\vec{E}$  ، الممثلة للمجال الكهروساكن الذي تحدثه مجموعة  $i$  من الشحن الكهربائية في نقطة M ، مجموع المتجهات  $\vec{E}_i$  الممثلة للمجال الكهروساكن الذي تحدثه كل شحنة كهربائية  $i$  على حدة .

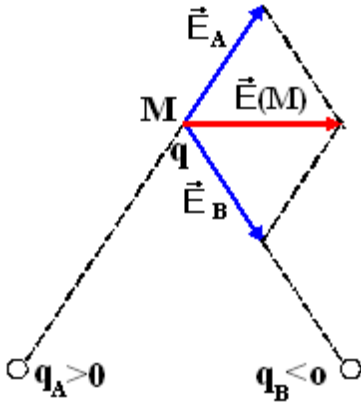
$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

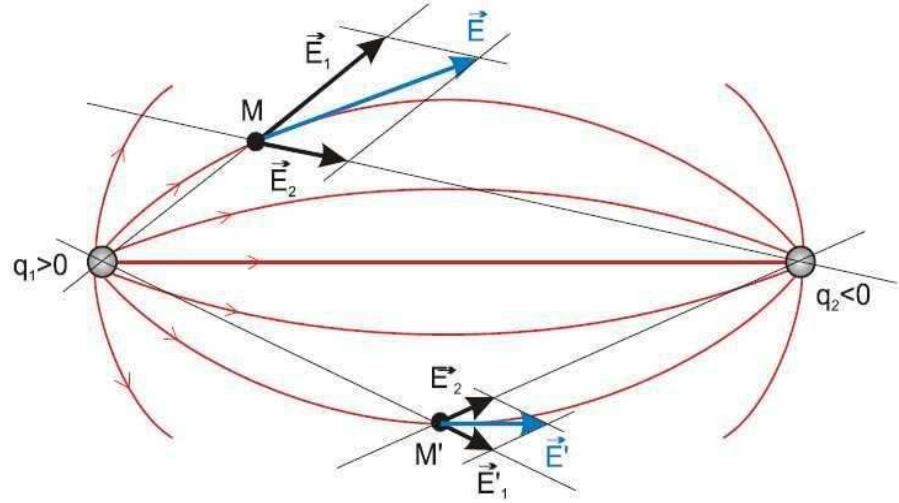
## VI - خطوط المجال

### 1 - تعريف

نسمي خط المجال الكهروساكن كل منحى ( أو مستقيم ) تكون متجهة المجال مماسة له في كل نقطة من نقطه.

أمثلة : خطوط المجال الكهروساكن المحدث من طرف شحنتين مختلفتين  $q_1 > 0$  و  $q_2 < 0$



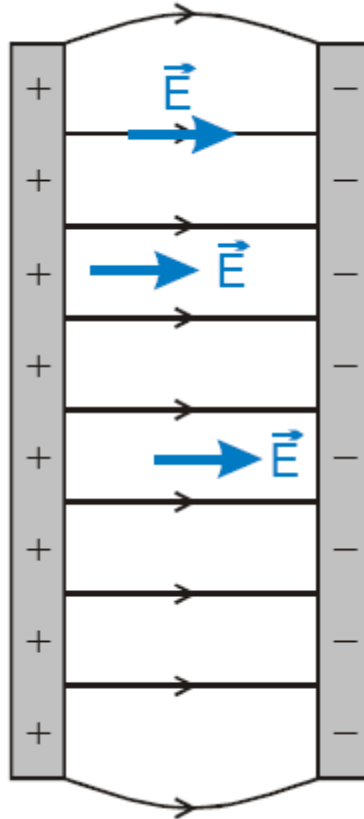


أصطلح على توجيه خط المجال الكهروستاتيكي في منحنى متجه المجال الكهروستاتيكي  $\vec{E}$ .  
تسمى الصورة المكونة من جميع خطوط المجال الكهروستاتيكي بالطيف الكهروستاتيكي.

### V \_ المجال الكهروستاتيكي المنتظم

#### تعريف :

يكون المجال الكهروستاتيكي منتظما إذا كانت لمتجهته  $\vec{E}$  نفس المميزات في كل نقطة من نقطه ، أي أن  $\vec{E}$  تحتفظ بنفس الاتجاه ونفس المنحنى ونفس المنظم  
مثال : المجال المحدث من طرف صفيحتين فليزيتين ، طبق بينهما توتر كهربائي ، هو مجال كهروستاتيكي منتظم .



## تمارين تطبيقية

### تمرين 1

أحسب شدة المجال الكهروساكن المحدث من طرف بروتون في نقطة M تبعد عنها ب  $10^{-10}$  m .

### تمرين 2

شحنة نقطية q أحدث مجالا كهروساكنا  $\vec{E}$  شدته  $E = 10 \text{ N/C}$  في نقطة M تبعد عن هذه الشحنة ب 1cm .

1 - أحسب قيمة الشحنة q .

2 - ما هي قيم المجال الكهروساكن E المحدث في المسافات التالية 5cm, 4cm, 3cm, 2cm ؟ مثل

مبانيا تغيرات المجال  $E = f(x)$  بحيث x المسافة التي تبعد النقطة M عن الشحنة q .

### تمرين 3

شحنتين كهربائيتين +q و -q توجدان في النقطتين A و B بحيث أن  $AB = 2a$  .

1 - أوجد ، بدلالة a, ε, q مميزات المجال الكهروساكن في النقطة O منتصف AB .

2 - حدد شدة المجال الكهروساكن  $E_M$  المحدث في النقطة M بحيث أن  $MA = MB = 2a$

### تمرين 4

توجد شحنتين +q على القمتين المتقابلتين لمربع ضلعه a . القمة الثالثة تحمل الشحنة -q .

أوجد تعبير شدة المجال الكهروساكن المحدث من طرف الشحن الثلاث في القمة الرابعة للمربع .