

السكونية (مادة الحفظ فقط)

فصل السكونية/ الفيزياء – الفرع العلمي

الله
يُحِبُّ الْمُحَبِّينَ

* ملاحظة هامة : هذه المادة تعتمد بشكل أساسى على (الفهم) ،، وقد تم وضعها فى هذا الملف من باب ترتيب بعض المعلومات فقط ،،

الكهرباء السكونية

مادة الحفظ – مقدمة

❖ تمهيد

- أجرى بنجامين فرانكلين تجربة الطائرة الورقية الشهيرة ، فقد طير الطائرة بعد ربط خيطها بمقاتح في أثناء اقتراب عاصفة رعدية ، فلاحظ أن الخيوط الطلقة في ذيل الطائرة الورقية تناصرت وعندما قرب أصبعه من المفتاح واجه شرارة كهربائية ، فاستنتج أن تلك " النار الكهربائية " – ويقصد الشرارة – يمكن الحصول عليها من قيمة .
- دراسة تفاعل الشحنات بعضها مع بعض في حالة السكون هو ما يسمى بمجال " الكهرباء السكونية "

- عند الحديث عن الشحن من المهم أن نذكر أن المواد تصنف من حيث سهولة حركة الشحنات فيها إلى :

- ١- مواد موصلة : وهي المواد التي يمكن للإلكترونات أن تتحرك من خلالها بسهولة مثل الفلزات.
- ٢- مواد عازلة : وهي المواد التي لا يمكن للإلكترونات أن تتحرك خلالها بسهولة مثل البلاستيك والمطاط.
- ٣- مواد شبه موصلة : وهي المواد التي تقع بين المواد الموصلة والعزلة فهي تنقل الشحنات تحت ظروف معينة مثل السيليكون والجرمانيوم.

- النموذج الذري الحديث : تتكون المادة من ذرات والذرة تتكون من :

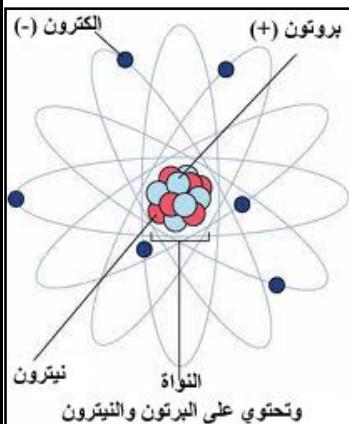
- ١- نواة : تحتوي على نيوترونات متعادلة الشحنة وبروتونات موجبة الشحنة ، وبهذا تعتبر النواة موجبة الشحنة
- ٢- الكترونات : تتوزع في مدارات حول النواة وتحمل شحنة سالبة وترتبط الإلكترونات بالنواة بقوة تجاذب ، تقل كلما ابتعدت الإلكترونات عن النواة .

$$e^+ = e^- \quad \text{حيث أن} \quad e^+ > e^-$$

- الذرة في الوضع الطبيعي تكون متعادلة كهربائياً ; إذ تحوي عدداً متساوياً من الشحنات السالبة (الإلكترونات) والشحنات الموجبة (البروتونات).

- اذا فقد الجسم الكترونات ← تصبح شحنته موجبة
- اذا كسب الجسم الكترونات ← تصبح شحنته سالبة

*** ملاحظة هامة : الخصيصة التي يكتسبها الجسم نتيجة شحنه تسمى بعملية التكهرب



☒ طرق شحن الأجسام :

يتم شحن الأجسام من خلال عملية التكهرب (الشحن) نتيجة انتقال الإلكترونات سالبة الشحنة من جسم إلى آخر ويوجد يوجد ثلاثة طرق للشحن :

- الشحن بالدلك : عند ذلك مادتين مختلفتين تصبح ذرات المادتين قريبة من بعضها فتتهيا الفرصة لانتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى ، وبذلك تصبح المادة التي فقدت الإلكترونات مشحونة بشحنة موجبة والتي اكتسبت الإلكترونات مشحونة بشحنة سالبة ، مثل ذلك قطعة مطاط بقطعة صوف . ويعتمد انتقال (فقدان) الإلكترونات من مادة إلى أخرى عند دلكهما على قوة ارتباط الإلكترونات بنواة الذرة ، والمواد تتفاوت في ميلها لفقد الإلكترونات .
- عند ذلك قطعة مطاط بقطعة صوف مثلاً فإن كمّاً من الشحنات السالبة ، أي عدداً صحيحاً (n) من الإلكترونات ينتقل من ذرات الصوف إلى ذرات المطاط ، فتزداد الشحنة السالبة للمطاط بمقدار (n \times ١٠^{-٩}) مما يجعله سالب الشحنة ، وبالنسبة لنفسه تنقص الشحنة السالبة من الصوف مما يجعله موجب الشحنة بمقدار (n \times ١٠^{-٩}) حسب مبدأ حفظ الشحنة .
- ملاحظة :: بعد عملية الدلك (يصبح عدد الشحنات على الجسمين متساوياً في المقدار ومختلفاً في النوع)

٢ - الشحن بالتوصيل :

* عند تلامس جسمان متماثلين (نق ١ = نق ٢) فإن الجسمين يتصفان الشحنة ويصبحان مشحونين بشحتان متساوين في المقدار من النوع نفسه .

$$\frac{\text{ش}^1 + \text{ش}^2}{2} = \text{الشحنة النهائية (ش')}$$

٣ - الشحن بالحث : عندما يتم تقريب جسم متعادل من قضيب مشحون ، يشحن الجسم المتعادل بالحث وتسمى الشحنة القريبة المقيدة والشحنة البعيدة بالشحنة الحرة التي يتم تفريغها بالأرض .

طريقة الشحن بالحث

- ١ - جسم متعادل غير مشحون
- ٢ - نقرب من الكرة المعدنية ساق من البلاستيك مشحون بشحنة سالبة دون أن يلامسها فتنافر الشحنات السالبة مع شحنة ساق البلاستيك وتتحرك إلى الطرف بعيد الكرة تاركة ورائها شحنات موجبة على الطرف القريب
- ٣ - نصل الطرف البعيد للكرة بالأرض فتقفر الشحنات الحرة السالبة في الأرض ويبقى على الكرة الشحنة المقيدة الموجبة
- ٤ - وبعد ساق البلاستيك عن الكرة بعد فصلها عن الأرض فتتوزع عليها الشحنات الموجبة بانتظام على سطحها الخارجي بسبب قوى التناحر بينها
- ٥ - إذ شحنت الكرة المعدنية بشحنة مخالفة لشحنة الجسم المؤثر بسبب تفريغ الشحنة الحرة البعيدة وبقاء الشحنة المقيدة على الكرة

مبدأ حفظ الشحنة

في نظام معزول عن تأثير شحنات أخرى يكون المجموع الكلي للشحنة ثابتاً خلال عملية الشحن.

$$\text{مجموع الشحنات قبل} = \text{مجموع الشحنات بعد}$$

مادة الحفظ - الدرس الأول (الشحنة الكهربائية)

- عرف الإغريق منذ زمن طاليس قبل الميلاد أن ذلك **حجر العنبر (الكهرمان)** **بالفراء** يجعله قادرًا على جذب **أجزاء القش الصغيرة** ، وقد بقيت قوة الجذب هذه سرًا من أسرار الطبيعة لأكثر من (٢٠٠٠) سنة .
- حاول الفيزيائي الانجليزي **وليام غلبرت** وضع تفسير لهذه الظاهرة ؛ اذا اعتقد أن الدلك يجعل بعض المواد مثل العنبر تمتلئ بالكهرباء كما يملأ المائع الكوب ومن هنا ورد التعبير "شحنة" للمرة الأولى لوحظ في القرن السابع عشر أن بعض الأجسام المشحونة يتجاذب وبعضها يتناهى
- اقترح الفيزيائي **شارل دو فاي** وجود نوعين من الكهرباء
- سمى العالم الأمريكي **بنيامين فرانكلين** نوعين الكهرباء إلى "موجبة" و "سالبة" للتمييز بينهما .
- اكتشف **الإلكترون** على يد **جوزيف طومسون** في عام (١٨٩٧)
- **الشحنة المتشابهة تتناهى والشحنة المختلفة تتجاذب**
- تمكّن **روبرت ميلikan** من قياس شحنة الإلكترون بعد اجراءه تجربة قطرة الزيت و سميت بالشحنة الأساسية ويرمز لها بالرمز C_{e} ومقدارها 1.6×10^{-19} كولوم، لأنها أصغر شحنة حرة في الطبيعة .
- **الشحنة الأساسية** : هي أصغر شحنة في الطبيعة وهي شحنة الإلكترون ويرمز لها بالرمز C_{e} وهي تساوي 1.6×10^{-19} كولوم .
- **الكولوم** : هي الوحدة الأساسية التي تُقاس بها الشحنة في النظام العالمي للوحدات (SI) .

❖ مبدأ تكميم الشحنة (كتابة)

أي جسم مشحون يجب أن تكون شحنته عدداً صحيحاً من مضاعفات شحنة الإلكترون (أو البروتون) ، فلما يوجد جسم حراً في الطبيعة شحنته $\frac{1}{2}$ أو $\frac{3}{4}$ أو $\frac{5}{6}$... شحنة الإلكترون ويقال عن ذلك إن الشحنة مكممة .

❖ مبدأ تكميم الشحنة (القانون – التعبير عنه رياضياً)

$$\text{الشحنة} = \text{عدداً صحيحاً} \times \text{شحنة الإلكترون}$$

$$\text{ وبالرموز : } Q = n \times C_e$$

* ملاحظة : لا تضع إشارة الشحنة في القانون

C_e : شحنة الجسم

C_e شحنة الإلكترون وهي مقدار ثابت حيث $C_e = 1.6 \times 10^{-19}$

ن : يدل على عدد الإلكترونات التي فقدتها الجسم أو التي اكتسبتها الجسم حتى الشحن

☒ ملاحظة هامة : شروط العدد ن أن يكون أ- عدداً صحيحاً بـ موجباً

☒ ملاحظة هامة : نسبة شحنة الجسم إلى شحنة الإلكترون هي (ن) وهي عدد الإلكترونات التي فقدتها الجسم أو التي اكتسبتها الجسم حيث أن

$$n = \frac{Q}{C_e}$$

- الشحنات الكهربائية المتشابهة تتناقض و الشحنات المختلفة تجاذب وتسمى قوة التناقض أو التجاذب "القوة الكهربائية"
- منشأ القوة الكهربائية هو الشحنات نفسها
- استخدم العالم كولوم جهاز ميزان إلى لتحديد العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية بين "شحتين نقطيتين".
- استخدم في تجاربه كرات صغيرة مشحونة جعل البعد بينها أكبر بكثير من أنصاف قطراتها بحيث يمكن إهمال أبعاد الكرات وكأنما تتركز الشحنة في مركزها وبذلك تعامل الكرات "كشحتين نقطيتين".
- قانون كولوم (نصاً) :
- ينص قانون كولوم (قانون التربيع العكسي) على أن القوة المتبادلة بين شحتين نقطيتين $\propto \frac{1}{r^2}$ بينهما مسافة (ف) تتناسب طردياً مع مقدار كل من الشحتين وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما .
- قانون كولوم (رياضيًّا)

ويمكن التعبير عنه رياضياً :

$$F = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

(ف)

* الوحدة : تفاس القوة بوحدة (نيوتون)

* ملاحظة : لا نضع اشارة الشحنة في القانون

- ـ الشحنة الأولى ، r : الشحنة الثانية ، ف : المسافة بالметр ثابت : يعبر عن هذا الثابت بالمقدار $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ حيث ع. السماحية الكهربائية للهواء وتساوي $8,85 \times 10^{-10}$ كولوم²/نيوتون.م² وعليه تصبح قيمة الثابت 9×10^9 .
- ـ تفاس الشحنة بوحدة الكولوم وتفاس المسافة بالمتر للحصول على القوة بوحدة نيوتن . وهذا يعني أن $[F] = \left[\frac{\text{كولوم} \times \text{كولوم}}{\text{متر}^2} \right]$ هذه الوحدة هي نفسها وحدة الـ نيوتن

- شرح وتوضيح (مهم):

- تعتمد قيمة الثابت (أ) الوارد في القانون على ((طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات)) وذلك عند قياسه بالنظام العالمي للوحدات .
- إذا كان الوسط

فراغاً أو هواءاً فيعبر عن هذا الثابت بالمقادير $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$.

للوسط وتساوي 8.85×10^{-12} كولوم²/نيوتون.م² وعليه تصبح قيمة الثابت

$$= \frac{1}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 9 \times 10^9} \text{ نيوتن.م}^2/\text{كولوم}^2$$

أ

وبالتعويض في القانون تصبح العلاقة كالتالي :

$$Q = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{s_1 s_2}{r^2}$$

ب

غير الفراغ أو الهواء فيعبر عن الثابت بالمقادير $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

حيث تكون السماحية الكهربائية لـذلك الوسط وتكون أكبر من 4.

و سنقتصر في دراستنا في هذه المرحلة على الشحنات الكهرباء

الموضوعة في الهواء.

تقاس السماحية الكهربائية للوسط بوحدة (كولوم²/نيوتون.م²)

العوامل التي يعتمد عليها قانون كولوم :

$$Q = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{s_1 s_2}{r^2}$$

1- سماحية الوسط الكهربائية " علاقة عكسية "

كلما قلت سماحية الوسط الكهربائية تزداد القوة الكهربائية والعكس صحيح .

2- مقدار كل من الشحنتين s₁, s₂ " علاقة طردية "

كلما زاد مقدار الشحنتين زادت القوة الكهربائية المتبادلة بينهما

3- مربع المسافة الفاصلة بين الشحنتين " علاقة عكسية "

كلما زاد مربع المسافة قلت القوة المتبادلة بين الشحنتين .

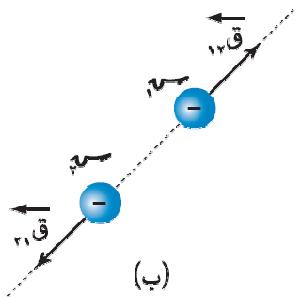
- القوة كمية متوجهة (لها مقدار واتجاه) نحسب المقدار من القانون ، والإتجاه يكون دائماً على امتداد الخط الواصل بين الشحتين .

- تكون القوة متبادلة بين الشحتين والسبب : حسب قانون نيوتن الثالث أن لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه فالقوىتين متساويتان مقداراً ومتعاكستان اتجاهًا ، لذا فتشكلان زوجاً من القوى المتبادلة

$$\text{المتبادلة} = \text{ـ ق} = \text{ـ ق} \quad ٢١$$

- من الجدير بالذكر أن الكولوم وحدة قياس ((كبيرة نسبياً))؛ لذلك نستخدم أجزاء هذه الشحنة ومن أشهرها :

ملي كولوم	10^{-3} كولوم
ميكروكولوم	10^{-6} كولوم
نانوكولوم	10^{-9} كولوم
بيكوكولوم	10^{-12} كولوم

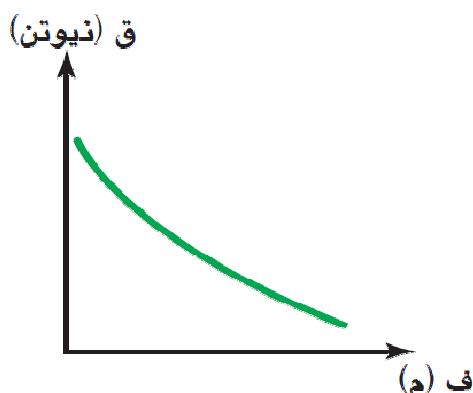


- إن قوة الجذب الكتلي بين جسمين تُعطى بالعلاقة $Q = \frac{k_e}{r^2}$ ، حيث Q : ثابت الجذب العام ويساوي $6,7 \times 10^{-11} \text{ نيوتن}\cdot\text{م}^2/\text{كغ}^2$ ، (k_e : كتلة الجسمين) ، r : المسافة الفاصلة بينهما .

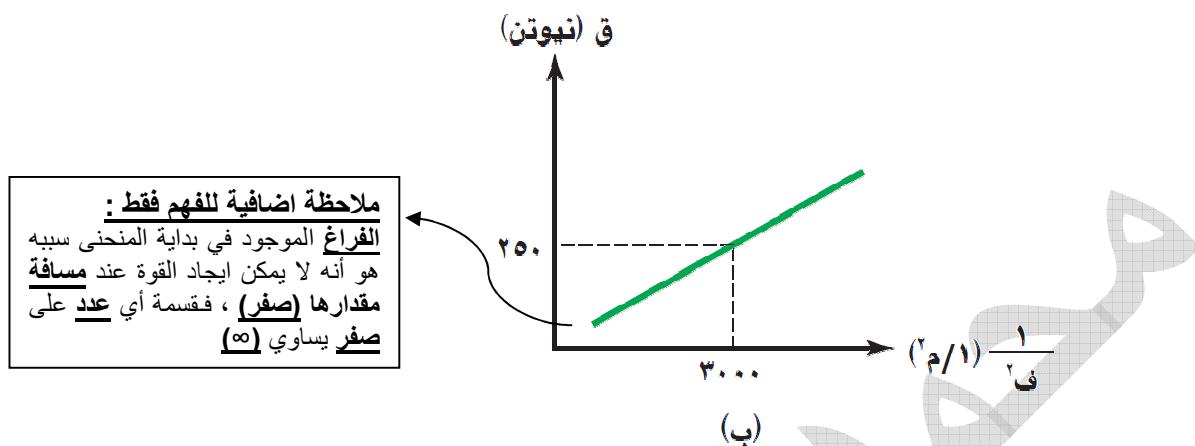
- إن القوة الكهربائية أكبر بحوالي (10^{39}) مرة من قوة الجذب الكتلي بين البروتون والإلكترون ، لذلك يكفي بالقوة الكهربائية وتحمّل قوة الجذب الكتلي عند حساب القوى المتبادلة بين الجسيمات الذرية المشحونة كالبروتونات والإلكترونات.

- كما لاحظنا سابقاً يوجد قوتين تطبع قانون التربيع العكسي : ١- القوة الكهربائية ٢- قوة الجذب الكتلي

- العلاقة بين القوة (Q) وبين شحتين نقطيتين والمسافة (r) علاقة غير خطية كما في المنحنى التالي :



- وعند تمثيل العلاقة بين القوة (Q) و مقلوب مربع المسافة ($\frac{1}{F}$) بيانياً نحصل على علاقة خطية ، وهذا يدل على أن القوة تتناسب طردياً مع مقلوب مربع المسافة (F^{-2}) وهو نفسه ($\frac{1}{F^2}$).



الشكل (٢-١): العلاقة بين القوة الكهربائية المتبادلة بين شحتين نقطتين والمسافة الفاصلة بينهما.

الله
الحمد لله

مادة الحفظ - المجال الكهربائي

* القوة الكهربائية ، قوة تأثير عن بعد مثل قوة الجذب الكتلي والقوة المغناطيسية

- طور مایکل فارادای مفهوماً یُعرف بالالمجال الكهربائي لفهم كيفية تأثير جسم بجسم آخر بقوة من غير أن يلامسه وحسب فارادای ؛ فإن الشحنة الكهربائية تحدث في الحيز المحيط بها مجالاً كهربائياً يظهر تأثيره عند وضع شحنة أخرى في هذا الحيز ؛ اذ تتفاعل الشحنات معًا بفعل قوة كهربائية متبادلة بينهما.
- تعريف المجال الكهربائي : هو الحيز المحيط بالشحنة الكهربائية الذي إن وضعت فيه شحنة أخرى تأثرت بقوة كهربائية .

- تُستخدم شحنة نقطية موجبة (شحنة الاختبار) للكشف عن المجال الكهربائي و قياسه

- تعريف شحنة الاختبار (س) : هي شحنة نقطية موجبة وتكون صغيرة جداً تُستخدم للكشف عن المجال الكهربائي وقياسه ، بحيث أنها لا تحدث تغييراً يُذكر في المجال المراد قياسه .

* تعريف المجال الكهربائي في نقطة: هو القوة المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة موجبة موضوعة في تلك النقطة مقسوماً على شحنة الاختبار .

$$\frac{q}{s} = \text{م}$$

م : المجال الكهربائي المسبب للقوة الكهربائية

ق : القوة المؤثرة في شحنة الإختبار (س)

س : شحنة الإختبار

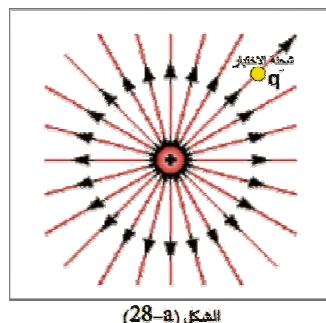
** هذه العلاقة تمكنا من معرفة المجال الكهربائي دون معرفة الشحنة أو الشحنات المسببة له

- وحدة المجال الكهربائي هي [نيوتون / كولوم] .

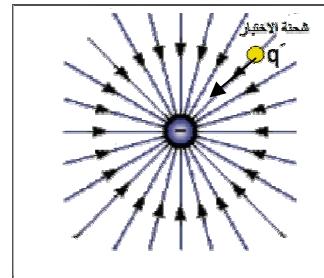
- المجال الكهربائي كمية متوجهة ، السبب لأن القوة متوجهة وذلك من خصائص المتجهات

* يكون اتجاه المجال الكهربائي باتجاه القوة نفسها مادامت شحنة الإختبار موجبة وذلك من خصائص المتجهات.

* يكون اتجاه المجال الكهربائي عكس اتجاه القوة نفسها مادامت شحنة الإختبار سالبة وذلك من خصائص المتجهات.



الشكل (28-a)



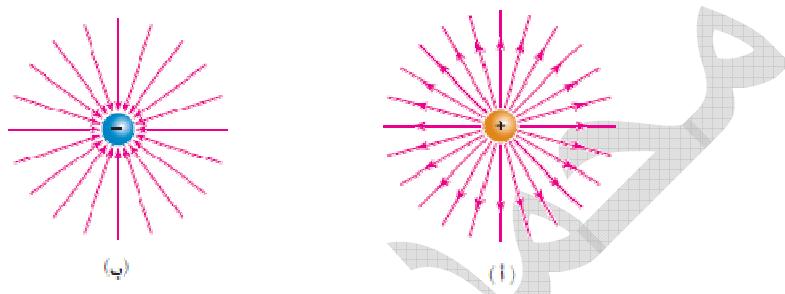
الشكل (28-b)

مادة الحفظ - خطوط المجال الكهربائي

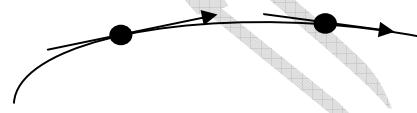
- **تعريف خطوط المجال الكهربائي :** هو المسار الوهمي الذي تسلكه شحنة الاختبار الموجبة حرة الحركة عند وشعها في المجال الكهربائي .

* خصائص خطوط المجال الكهربائي :

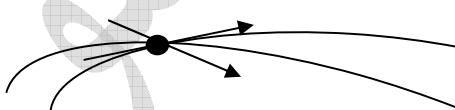
١- تبدأ الخطوط من الشحنة الموجبة وتنتهي بالسالبة



٢- يكون اتجاه المجال عند أي نقطة على خط المجال باتجاه المماس لخط المجال عند تلك النقطة .



٣- **خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع** لأنه لو تقاطع خطين من خطوط المجال لأصبح عند نقطة التقاطع اتجاهين للمماس الكهربائي وهذا ينافق مفهوم الكمية المتجهة.



٤- يتاسب **عدد خطوط المجال الكهربائي** التي تعبر عامودياً **وحدة المساحة** من سطح ما مع **مقدار المجال الكهربائي عند ذلك السطح** ، وبذلك يكون مقدار المجال كبيراً في المنطقة التي تقارب فيها خطوط المجال بينما يكون مقداره صغيراً في المنطقة التي تبتعد فيها الخطوط .

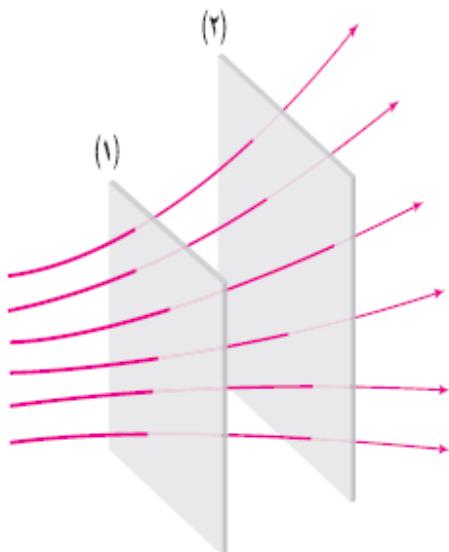
***للتوسيع أكثر :** تدل كثافة خطوط المجال عند نقطة على شدة المجال عند تلك النقطة أي أن:

- مقدار المجال الكهربائي يكون كبيراً في المناطق التي تكون فيها خطوط المجال متزاحمة وقريبة من بعضها البعض ،

- مقدار المجال الكهربائي صغيراً في المناطق التي تكون خطوط المجال الكهربائي متباينة عن بعضها البعض

* ملاحظة ١ : ** يمكن ملاحظة الشكل التالي

إذ تبدو خطوط المجال متقاربة عند عبورها السطح (١) أكثر من تقاربها عند السطح (٢) لذا يكون مقدار المجال عند السطح (١) أكبر منه عند السطح (٢)



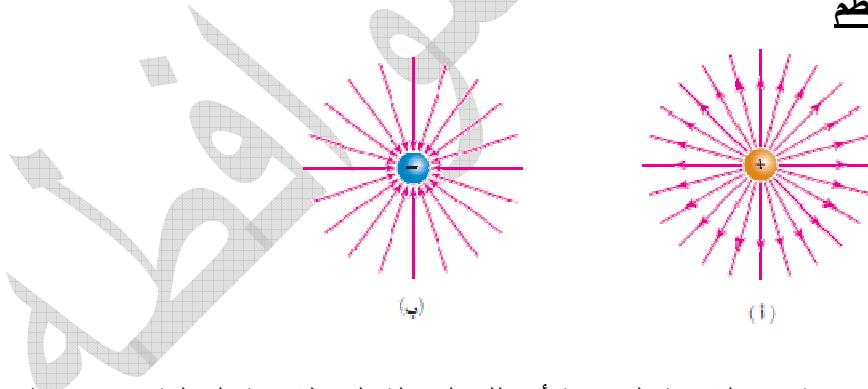
ملاحظة ٢ :

بما أن مقدار المجال عند السطح (١) أكبر منه عند السطح (٢) فهذا يعني أن مقدار المجال المرسوم يتغير من موقع إلى آخر فهو مجال غير ثابت المقدار وكذلك خطوط المجال المرسوم تشير في اتجاهات مختلفة مما يعني أن اتجاهه غير ثابت

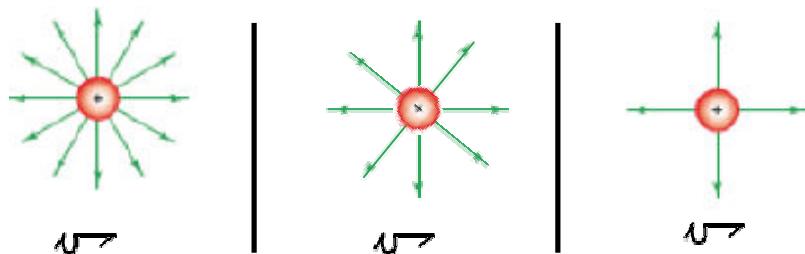
* إذن تعريف المجال الكهربائي الغير منتظم : هو المجال الغير ثابت في المقدار والاتجاه.

بينما إذا كانت خطوط المجال مستقيمة ومتوازية وتشير بالاتجاه نفسه والمسافة بين خطوطه تكون متساوية فهذا يدل على أن مقدار المجال واتجاهه ثابتان ويسمى المجال في هذه الحالة (مجالاً كهربائياً منتظاماً) كما سنتعرف لاحقاً.

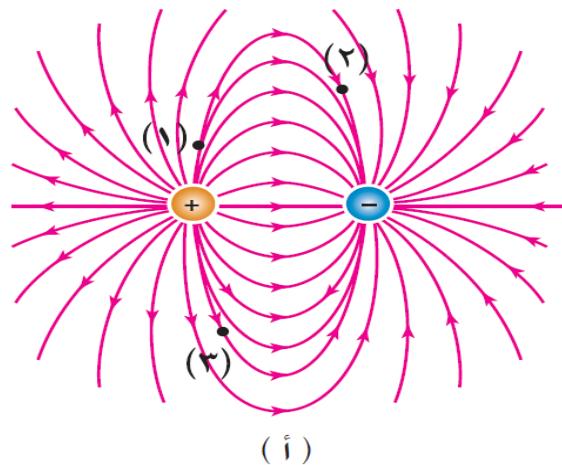
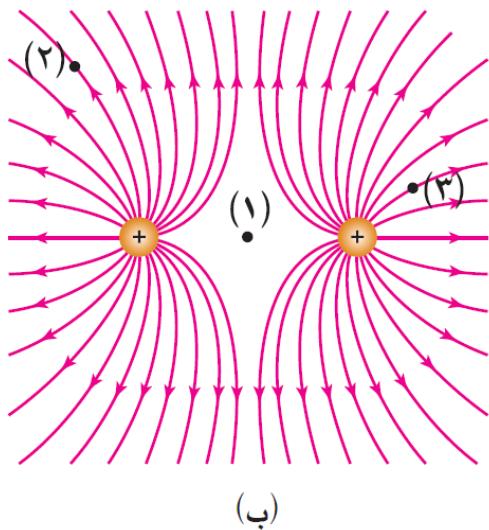
وذلك الأمر في خطوط المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة وأخرى سالبة ، لاحظ أن الخطوط تتبع في كل الاتجاهات كلما ابتعدنا عن الشحنة ؛ مما يدل على تناسب مقدار المجال كلما ابتعدنا عن الشحنة وبالتالي هو مجال غير منتظم



٥ - عدد خطوط المجال الخارجة من الشحنة الموجبة أو تلك الداخلة إلى الشحنة السالبة يتتناسب طردياً مع مقدار الشحنة



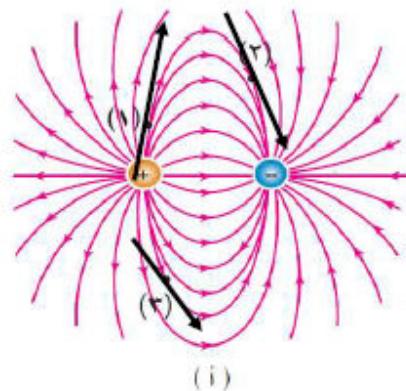
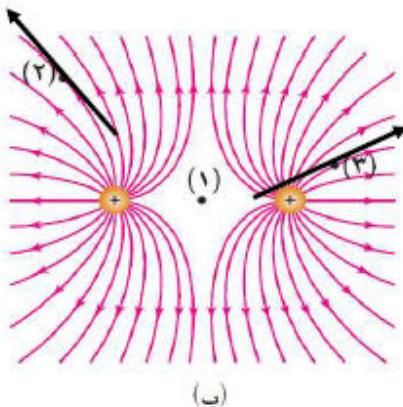
يبين الشكل (أ) خطوط المجال لشحتين متساويتين مختلفتين والشكل (ب) لشحتين متساويتين متماثلتين

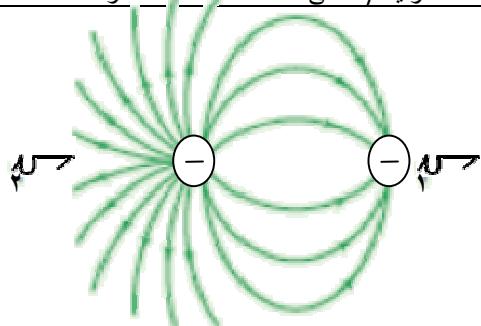


* في الشكل (أ) النقطة التي يكون مقدار المجال الكهربائي عندها أكبر ماممكن عند النقطة (١) لأن خطوط المجال متقاربة فهى أقرب للشحنة

* ينعدم المجال الكهربائي في الشكل (ب) عند النقطة (١) لأنه لا يمر أي خط مجال في النقطة

* اتجاه المجال الكهربائي في الشكل (ب) عند النقاط (١ ، ٢ ، ٣)





$$\text{النسبة بين الشحنة الأولى إلى الشحنة الثانية هو } \frac{\frac{1}{3}}{\frac{6}{18}} = \frac{\text{عدد خطوط الشحنة ۱}}{\text{عدد خطوط الشحنة ۲}} = \frac{1}{3}$$

قواعد رسم خطوط المجال الكهربائي

- ١ - تبدأ الخطوط من الشحنة الموجبة وتنتهي في الشحنة السالبة (حسب حركة شحنة الإختبار)
- ٢ - عدد خطوط المجال الخارجية من الشحنة الموجبة أو تلك الدالة في الشحنة السالبة يتناسب مع مقدار الشحنة.
- ٣ - خطوط المجال الكهربائي لاتتقاطع

أنواع المجال الكهربائي:

- ١ - مجال كهربائي غير منتظم و هو مجال متغير المقدار والإتجاه عند كل نقطة ونحصل عليه من الشحنات النقطية.
- ٢ - مجال كهربائي منتظم هو مجال ثابت المقدار والإتجاه عند كل نقطة فيه ونحصل عليه من المواسعات الكهربائية.

لأنك
أنت

* كما لاحظنا سابقاً يرتبط المجال الكهربائي وخطوط المجال الكهربائي بعضهما البعض من حيث المقدار
والاتجاه :

أ- المقدار: حيث تدل كثافة الخطوط الكهربائية على مقدار المجال الكهربائي .
ب- الاتجاه: يدل اتجاه المماس لخط المجال الكهربائي عند أي نقطة على اتجاه المجال عند تلك النقطة .

ملاحظات هامة ✓

* * عندما نقول ان شدة المجال الكهربائي عند نقطة ما يساوى (٨ نيوتن / كيلومتر) ; فهذا يعني أن المجال الكهربائي يؤثر بقوة مقدارها ٨ نيوتن على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة في تلك النقطة .

فماذا نعني بقولنا أن شدة المجال الكهربائي عند نقطة يساوي ٥ نيوتن/ كولوم ???

* العوامل التي يعتمد عليها شدة المجال الكهربائي عند نقطة ما

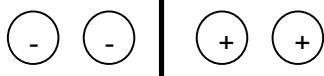
- ١- مربع المسافة (بعد النقطة عن الشحنة المسببة) – علاقة عكسية
 - ٢- سماحية الوسط – علاقة عكسية
 - ٣- مقدار الشحنة المسببة للمجال (سم) – علاقة طردية

*** هام جداً جداً : المجال الكهربائي لا يعتمد على الشحنة الموضوعة فيه (سه) بل يعتمد على الشحنة المسببة له (سه)

مادة الحفظ – نقطة التعادل الكهربائي

نقطة التعادل : هي النقطة التي ينعدم عندها المجال الكهربائي لوجود مجالين متساوين ومتناكسين في تلك النقطة (حيث لا تلتقي فيها خطوط المجال)

حالات نقطة التعادل



أ. شحنتان متشابهتين نوعاً (موجبتين أو سالبتين)

- متساوين مقداراً : تقع نقطة التعادل في منتصف المسافة بينهما
- غير متساوين مقداراً : تقع نقطة التعادل بينهما وأقرب للشحنة الصغرى



بـ. شحنتان مختلفتين نوعاً (موجبة وسالبة)

- متساوين مقداراً : لا يوجد لنقطة التعادل
- غير متساوين مقداراً : تقع خارجها وأقرب للشحنة الصغرى

مادة الفهم والحفظ – الجهد الكهربائي

- درست في الميكانيكا أنه عند قيامك برفع كتلة ما عن سطح الأرض إلى ارتفاع معين بسرعة ثابتة (دون تغيير الطاقة الحركية) ، فإنك بحاجة إلى بذل قوة خارجية تساوي الوزن في المقدار وتعاكسه في الإتجاه . (حسب قانون نيوتن الأول)

- تُنجز هذه القوة شعلاً يخزن في نظام (الكتلة - الأرض) على شكل طاقة وضع

$$\Delta \text{ ط}_\omega = \text{ ط}_2 - \text{ ط}_1 = \text{ الشغل}_2 - \text{ الشغل}_1$$

فعندما يسقط الجسم باتجاه الأرض فان طاقة الوضع المختزنة فيه سوف تحول إلى طاقة حركية .

* بالمثل يمكن أن تخزن طاقة وضع في نظام مكون من جسمين مشحونين كما في الشكل التالي حيث تقوم قوة خارجية تساوي قوة التناقض الكهربائية في المقدار وتعاكسها في الإتجاه بنقل (سم). من (أ) إلى الموضع (ب) بسرعة ثابتة، فتبذل القوة الخارجية شعلاً (كهربائياً) يخزن في النظام (سم - سم). على شكل طاقة وضع تسمى طاقة الوضع الكهربائية .

تعريف فرق الجهد الكهربائي :

هو التغيير في طاقة الوضع الكهربائية ($\Delta \text{ ط}_\omega$) كهربائية لكل وحدة شحنة (سم).

$$\frac{\Delta \text{ ط}_\omega}{\text{ سم}} = \frac{\Delta \text{ ج}}{\text{ سم}}$$

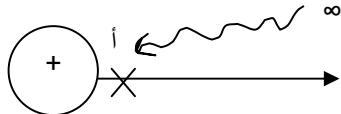
$$\Delta \text{ ج} = \frac{\Delta \text{ ج}_\omega}{\text{ سم}} = \frac{\text{ ج}_2 - \text{ ج}_1}{\text{ سم}} = \frac{\text{ ج}_\omega - (\text{ ج}_2 - \text{ ج}_1)}{\text{ سم}}$$

$$\Delta \text{ ج} = \text{ ج}_2 - \text{ ج}_1 = \text{ ج}_\omega - \text{ ج}_1$$

- عند إيقاف تأثير القوة الخارجية تعود الشحنة إلى موقعها عند (أ) بفعل القوة الكهربائية ، إذ تحرر طاقة الوضع المخزنة فيها على شكل طاقة حركية .

- تعريف الجهد الكهربائي عند نقطة :

هو الشغل المبذول من قبل قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من المalanهاية إلى تلك النقطة بسرعة ثابتة ؛ بحيث لا تتغير الطاقة الحركية للشحنة . (هذا يعني أن القوة الخارجية يجب أن تساوي في المقدار وتعاكس في الإتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات)



$$\text{الشغل } \text{-->} \text{ A = ش منقوطة } (ج_ا - ج_\infty)$$

$$\text{الشغل } \text{-->} \text{ A = ش منقوطة } (ج_A)$$

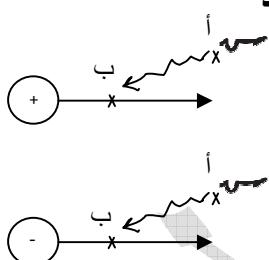
- جهد المalanهاية صفر ، لأنها بعيدة عن تأثير المجال الكهربائي .

- الجهد كمية قياسية (تُعرض إشارة الشحنة) ، لذلك الشحنة الموجبة جهدها موجب الشحنة السالبة جهدتها سالبة

- وحدة الجهد [جول / كولوم] وتسمى هذه الوحدة بالفولت نسبة إلى العالم كونت اليساندرو فولتا

- أسهم العالم كونت اليساندرو فولتا في اختراع الخلية الكهربائية (البطارية)

* عند اقتراب شحنة الموجبة من شحنة الموجبة تزداد طاقة وضعها لأن قوة التناحر تزداد ملاحظة: جهد النقطة (أ) أقل من جهد النقطة (ب) ، لأنه يلزم بذل شغل



* عند اقتراب شحنة السالبة من شحنة السالبة تقل طاقة وضعها لأن قوة التناحر تقل ملاحظة: جهد النقطة (ب) أقل من جهد النقطة (أ) لأنه لا يلزم بذل شغل

* ما زالت نعني بقولنا أن الجهد عند نقطة هو ٥ فولت ؟؟

هذا يعني أن شغلاً مقداره ٥ جول يُبذل من قبل قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من المalanهاية إلى تلك النقطة بسرعة ثابتة .

* ما زلت نعني بقولنا أن الجهد عند نقطة هو - ٥ فولت ؟؟

هذا يعني أن شغلاً مقداره ٥ جول يُبذل من قبل قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من تلك النقطة إلى المalanهاية بسرعة ثابتة .

* ما زلت نعني بقولنا أن فرق الجهد بين نقطتين ٦٠ فولت ؟؟

أي أن التغير في طاقة الوضع الكهربائية بين النقطتين لكل وحدة شحنة كهربائية (٦٠ جول) أو يلزم شغل مقداره ٦٠ جول لتحريك وحدة الشحنة الموجبة عكس اتجاه المجال الكهربائي .

* ماذا نعني بقولنا أن فرق الجهد بين نقطتين - ٦٠ فولت ??
يلزم شغل مقداره ٦٠ جول لتحريك وحدة الشحنة الموجبة مع اتجاه المجال الكهربائي بين النقطتين.

** ماذا نعني بأن طاقة الوضع لشحنة عند نقطة تساوي ٩ جول ؟
عند انتقال الشحنة من الملايين إلى تلك النقطة يخترن بها طاقة وضع كهربائية بمقدار ٩ جول .

** ماذا نعني أن طاقة الوضع لشحنة عند نقطة تساوي - ٩ جول ؟
أي أنه عند زوال القوة الخارجية سوف تخسر الشحنة طاقة مقدارها (٩) جول وتتحول إلى طاقة حركية .

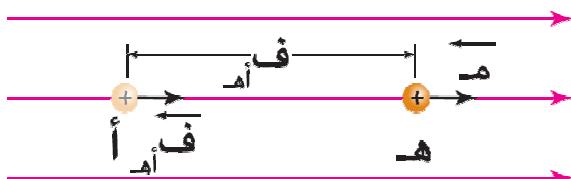
** ملاحظة : قد يكون الشغل الناتج وطاقة الوضع موجباً أو سالباً
الحالة ١ : في حال كان الشغل الناتج موجباً مثل (١٦-١) ص ٣٨

الشغل ١ - ب
الإشارة الموجبة تعني أن الشحنة الكهربائية انتقلت من النقطة (أ) ذات الجهد المنخفض إلى النقطة (ب) التي جهدها أعلى بفعل قوة خارجية تؤثر في الشحنة ، أي أن طاقة الوضع الكهربائية للشحنة ازدادت عند انتقالها إلى الجهد الكهربائي العالي.(يلزم بذل شغل)

الحالة ٢ : في حال كان الشغل الناتج سالباً
الإشارة السالبة تعني أن الشحنة الكهربائية انتقلت من نقطة جهدها مرتفع إلى نقطة جهدها منخفض ، أي هناك نقصان في طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في الشحنة يتتحول إلى طاقة حركية (لا يلزم بذل شغل)

فرق الجهد الكهربائي في مجال منتظم

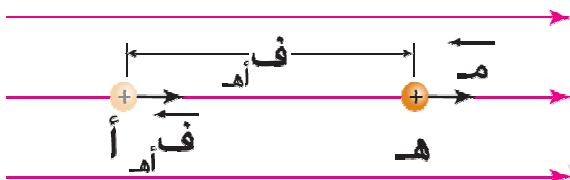
* إذا وضعت شحنة كهربائية في مجال منتظم فإنها تتجز شغل بفعل القوة الكهربائية وبالتالي تسارع الشحنة. أما إذا أردنا تحرك الشحنة بسرعة ثابتة فلا بد من التأثير فيها بقوة خارجية تساوي في المقدار وتعاكس في الإتجاه القوة الكهربائية (يعني نحتاج شغل ضد القوة الكهربائية)



* لو أردنا نقل شحنة من ب \rightarrow أ
الشغل $E \cdot d =$ ش ج A
الشغل $E \cdot d =$ ق ح ف A جتا A

ولكن $Q_{\text{خارج}} = Q_{\text{كهربائية}}$
ش ج $=$ م ش ف جتا A
إذن $J_A = -E f A$ جتا A

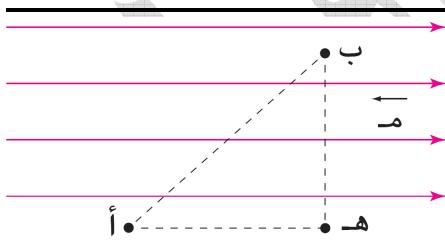
حيث J : فرق الجهد (فولت) ، E : المجال الكهربائي (نيوتون/كولوم) ، f : المسافة الفاصلة بين النقطتين(متر) ، θ : الزاوية بين المجال (E) والإزاحة (F)



* إذا كان المجال والإزاحة متوازيان والإزاحة مع خطوط المجال (E) و (F) فإن $\theta = 0$ = صفر وبالتالي

$$J_A = J_B - J_H = -E f A$$

- دائمًا الشحنة الموجبة تتحرك على نحو حر في المجال الكهربائي المنتظم من الجهد العالي (J_A) إلى الجهد المنخفض (J_B)



أما إذا كان المجال يُعَادِل الإزاحة ($\theta = 90^\circ$) ، فإن
 $J_H =$ صفر
أي أن $J_H - J_B =$ صفر
وبالتالي $J_H = J_B$

وهذا يعني أن النقاط جميعها الواقعة على السطح الواسط بين (B) و (H) متساوية في الجهد ، لذا يُدعى سطحًا متساوي الجهد ، وبما أنه لا يوجد فرق في الجهد بين النقاط الواقعة على سطح متساوي الجهد ، لذا لا يوجد تغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة إذا تحركت عبر هذا السطح ؛ أي أن القوة الكهربائية لا تتبدل شغلاً عند انتقال الشحنة عبر هذا السطح.

* * ثبات وحدة قياس المجال بأنها تكافىء (فولت / متر)

تبين المعادلة التالية ($J_{ab} = M_{ab} \theta_{ab}$) العلاقة بين المجال والجهد عندما يكون المجال منتظماً، استعن بهذه المعادلة لثبت أن وحدة قياس المجال : (نيوتون / كيلوم) تكافىء (فولت / م) .

الحل :

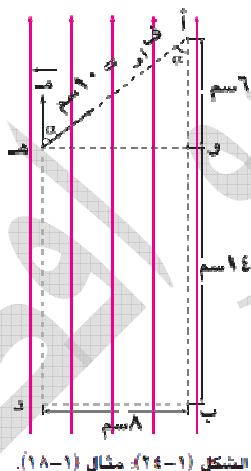
$$\text{وحدة المجال} = \frac{\text{نيوتون}}{\text{متر}} = \frac{\text{نيوتون} \cdot \text{متر}}{\text{كيلوم} \cdot \text{متر}} = \frac{\text{جول}}{\text{كيلوم متر}} = \frac{\text{جول}}{\text{متر}} = \frac{\text{فولت}}{\text{متر}}$$

- يستخدم المجال الكهربائي في المسارعات النووية لتسريع الجسيمات الصغيرة مثل الإلكترون والبروتون وذلك لأن سرعة البروتون تزداد على نحو كبير في المجال الكهربائي المنظم

* * ملاحظة هامة: تزداد طاقة الوضع عند الانتقال إلى الجهد العالي (+)

مثال في الكتاب

يؤثر مجال كهربائي منظم 10^3 فولت / م في اتجاه الصادات الموجب، كما في الشكل (٢٤-١)، مستعيناً بالبيانات المبينة على الشكل، احسب:



الحل

بتطبيق المعادلة (١٢-١)، نجد أن:

$$J_{ab} = J_1 - J_2 - J_3 - M_{ab} \theta_{ab} = 10^3 \times 0.2 \times 10^3 \times 180^\circ - 200 = 10^3 \text{ فولت.}$$

(لاحظ أن اتجاه الإزاحة في يصنع زاوية 180°

مع اتجاه المجال).

$$J_{ab} = J_1 - J_2 - J_3 - J_4 - J_5 - M_{ab} \theta_{ab} = 10^3 \times 0.8 \times 10^3 \times 180^\circ - 0^\circ = 10^3 \text{ فولت.}$$

$$J_{ab} = J_1 - J_2 - J_3 - J_4 - J_5 - (J_6 + J_7) = J_1 - J_2 - J_3 - J_4 - J_5 - (M_{ab} \theta_{ab})$$

$$= (M_{ab} \theta_{ab}) + (M_{ab} \theta_{ab}) = 2(M_{ab} \theta_{ab})$$

ملاحظة: لو أردنا حساب الشغل من (هـ) إلى (أـ) مثلاً هو نفس الشغل عند نقلها من (هـ) إلى (وـ) لأن الشغل لا يعتمد على المسار بل يعتمد على نقطتي البداية والنهاية.

العلاقة بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع

كما تعلمنا سابقاً بأن الطاقة محفوظة ، من قانون حفظ الطاقة

$$\Delta \text{H} + \Delta \text{E} = 0$$

أمثلة :

مثال (١)

تحرك بروتون شحنته (1.6×10^{-19}) كولوم، وكلته (1.67×10^{-37}) كغ من السكون من نقطة (أ) عند اللوح الموجب إلى نقطة (ب) عند اللوح السادس في الحيز بين لوحين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين تفصل بينهما مسافة (٤ سم)، إذا كان المجال الكهربائي بين اللوحين (٦٢٥ نيوتن/ كولوم)، فجد ما يأتي:

- ١- فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين.
- ٢- التغير في طاقة وضع البروتون عند التقائه بين اللوحين.
- ٣- سرعة البروتون بعد قطعه هذه الإزاحة.

الحل

$$1 - \Delta \text{H}_b - \Delta \text{H}_a = \text{مكثف جتنا صفر}^0 - 625 \times 4 \times 10^{-3} - 1 \times 20 = 20 \text{ فولت.}$$

$$2 - \Delta \text{H} = (\text{ط}_b - \text{ط}_a) = \frac{1}{2} \times (ج_b - ج_a) = (20 - 625 \times 10^{-3}) \times 1.6 = 4 \times 10^{-18} \text{ جول.}$$

أين تكون طاقة وضع البروتون أعلى، عند (أ) أم (ب)؟

٣- من قانون حفظ الطاقة: $(\text{ط}_a + \Delta \text{H}_a) = (\text{ط}_b + \Delta \text{H}_b)$

$$\Leftrightarrow (\text{ط}_b - \Delta \text{H}_b) + (\text{ط}_a - \Delta \text{H}_a) = 0$$

$$-\text{صفر}^0 + 4 \times 10^{-18} = 4 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} \text{ كع}^2 = 4 \times 10^{-18} \text{ جول، حيث ع}^2 : \text{سرعة البروتون عند (ب).}$$

$$\Leftrightarrow \text{ع}^2 = \sqrt{\frac{(10 \times 4) \times 2}{10 \times 1.67}} = \sqrt{6.9 \times 10^4 \text{ م/ث.}}$$

مثال (٢)

انطلقت شحنة كهربائية موجبة مقدارها (١ ميكروكولوم) بين نقطتين في مجال كهربائي مما أدى إلى زيادة في الطاقة الحركية للشحنة بين هاتين النقطتين بمقدار (50×10^{-18} جول). إذا كان الجهد الكهربائي للنقطة التي انطلقت منها الشحنة (٨٠ فولت) أحسب الجهد الكهربائي للنقطة الأخرى.

الحل :

بما أن سرعة الشحنة تزداد (تشارخ)، فإن المجال الكهربائي يحرر طاقة وضع الشحنة على شكل طاقة حركية بعد إزالة القوة الخارجية . (أي أن الشحنة تنتقل من جهد مرتفع إلى جهد منخفض)

$$\Delta \text{H} = \Delta \text{H}_b - \Delta \text{H}_a \quad \Leftrightarrow \Delta \text{H}_b = \Delta \text{H}_a + \Delta \text{H}$$

$$\Delta \text{H} = \text{ج}_b - \text{ج}_a \quad \Leftrightarrow \text{ج}_b = \text{ج}_a + \Delta \text{H}$$

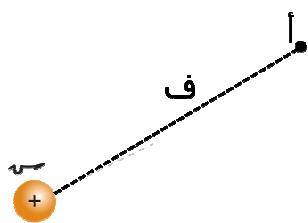
الجهد الناشئ عن شحنات نقطية عدّة

* الجهد الكهربائي عند نقطة ما مرتبط بوجود المجال في تلك النقطة

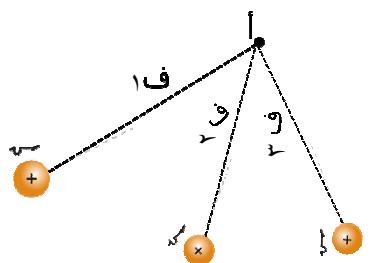
فالجهد الكهربائي عند النقطة (أ) الناشئ عن شحنة نقطية واحدة موضوعة في الفراغ أو الهواء يُحسب من العلاقة التالية

$$J_1 = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r^2}$$

** نعرض اشارة الشحنة في القانون لأن الجهد كمية قياسية



* إذا كانت النقطة (أ) المراد حساب الجهد عندها ، واقعة بالقرب من القرب من شحنات نقطية عدّة فإن جهدها الكهربائي هو المجموع الجبرى للجهود الناجمة عن كل من هذه الشحنات



$$J_1 = \frac{q_1}{4\pi \epsilon_0 r_1^2} + \frac{q_2}{4\pi \epsilon_0 r_2^2} + \frac{q_3}{4\pi \epsilon_0 r_3^2}$$

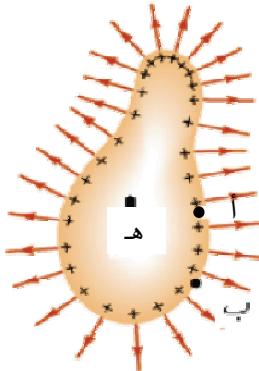
أي أن

* ملاحظة هامة للحل: الجهد ينشأ من الشحنات الساكنة فقط وليس المتحركة
من نقطة إلى أخرى

لأن

الجهد الكهربائي لموصل مشحون

* المجال الكهربائي داخل الموصى يساوى صفر لأنه عند شحن موصى تستقر الشحنات على سطحه الخارجي فقط



* مقدار المجال على سطح الموصى يساوى $\frac{\sigma}{\epsilon}$ واتجاهه عمودياً على سطح الموصى السبب في كون خطوط المجال عمودية على سطح الموصى هو أنه لوجدت للمجال مركبة أفقية عند سطح الموصى فإنها تتسبب بحركة الشحنات ، وهو ما يتعارض مع حقيقة كون الشحنات مستقرة (ساكنة) على السطح .

* ملاحظة: الشحنات على سطح الموصى مستقرة ولا تتحرك لذلك فإن $\mathbf{J}_a - \mathbf{J}_b = صفر$ وبالتالي $\mathbf{J}_a = \mathbf{J}_b$ وهذا يعني النقاط الواقعة على سطح الموصى متساوية في الجهد لذلك يُعد سطح الموصى سطح متساوي الجهد

*
أثبتت ذلك
أثبتت أن $\mathbf{J}_b = \mathbf{J}_a$ ؟؟
الحل :

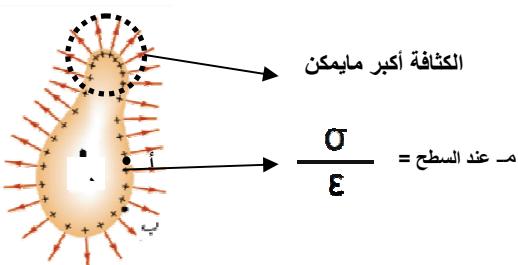
$$\begin{aligned} \text{الشغل} &= صفر لأن الشحنات ساكنة \\ \Delta \text{الشغل} &= \frac{1}{2} \times \Delta \mathbf{J}_b \text{ لكن } \mathbf{J}_a = \mathbf{J}_b = صفر \\ \mathbf{J}_b - \mathbf{J}_a &= صفر \quad \leftarrow \mathbf{J}_b = \mathbf{J}_a \end{aligned}$$

** ملاحظة: أما بالنسبة للجهد داخل الموصى عند هـ ، إن الجهد عند أي نقطة داخل الموصى ثابت ويساوي قيمته عند سطح الموصى فمثلاً الجهد عند (أ) هو نفسه الجهد عند (هـ)

*
أثبتت ذلك
أثبتت أن $\mathbf{J}_a = \mathbf{J}_h$ ؟؟
الحل :

$$\begin{aligned} \text{الشغل} &= \mathbf{Q} \cdot \mathbf{V}_{جـ} \quad \leftarrow \text{الشغل} = \frac{1}{2} \mathbf{Q} \cdot \mathbf{V}_{جـ} \\ \text{لكن } \mathbf{Q} &= صفر (داخل الموصى) \\ \text{وبالتالي} \quad \Delta \text{الشغل} &= صفر = \frac{1}{2} \Delta \mathbf{J}_h \quad \leftarrow \mathbf{J}_a = \mathbf{J}_h \end{aligned}$$

- في الشكل السابق توزيع الشحنات على سطح الموصى غير منتظم ؛ لأن السطح غير منتظم ، فالشحنات تبتعد عن بعضها البعض قدر المحتاج وتكون الكثافة السطحية للشحنة عند الرؤوس المدببة أكبر ما يمكن .



* علل ما يلي:

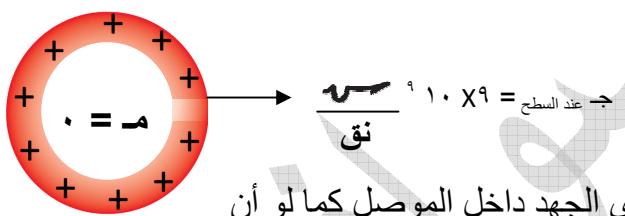
- لا يلزم بذل شغل لتحريك شحنة بين نقطتين على سطح الموصل الكروي . لأن الجهد عند أي نقطتين على سطح الموصل متساوٍ ، وبالتالي فإن فرق الجهد بينهما = صفر ، وبالتالي فإن الشغل = صفر .
- يطلق على سطح الموصل الكروي سطح تساوي جهد . لأن الجهد عند جميع النقاط الواقعة على سطح الموصل تكون متساوية .

* ملاحظات هامة:

- تؤخذ المسافة بين الموصلات من مراكزها .
- جهد الأرض = صفر .
- إذا وصل جسم بالأرض فإن الشحنات تنتقل من الجسم وتفرغ في الأرض ، حتى يتساوى جهد الجسم مع جهد الأرض ويتساوي صفر .
- ليس من الضروري أن تكون شحنة الموصل الموصول بالأرض = صفر ، لأنه من الممكن أن تكون الشحنة مقيدة .

* تمتاز الموصلات بأنها تحتوي على شحنات حرة الحركة ، يمكن الحصول على توزيع منتظم للشحنات إذا قمنا بشحن موصل كروي ، فالشحنات تتوزع على سطحه الخارجي بانتظام ؛ إذ ان سطحه منتظم .

* يكون المجال الكهربائي داخل الموصل يساوي صفر



- يكون الجهد الكهربائي على سطح الموصل ثابتاً ويساوي الجهد داخل الموصل كما لو أن الشحنة النقطية تتركز في مركزه ويعطي بالعلاقة التالية

$$\boxed{ج عند السطح = 10^9 \frac{صـ}{نق}}$$

- أما على بعد (f) من مركز الموصل بحيث $f < r$ ، فإن الجهد الناجم عن الشحنة النقطية المتركزة في مركز الموصل الكروي تساوي

$$\boxed{\frac{صـ}{f} \rightarrow على بعد (f) = 10^9}$$

* انتبه : دائمًا المسافة تؤخذ من المراكز

* تتوزع الشحنات على السطح الخارجي للموصل بتوزيع سطحي (σ)

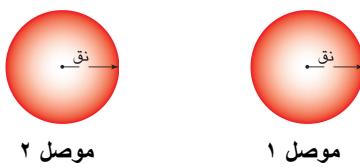
* التوزيع السطحي (σ) : هي كمية الشحنة لكل وحدة مساحة

$$\sigma = \frac{شحنة}{مساحة} \quad [كولوم / متر^2]$$

\sim : شحنة الموصل الكروي ، A : مساحة الموصل الكروي $= 4\pi r^2$

- راجع مثال (٢١-١) ص ٤ في الكتاب

* في حال وجود موصل كروي مشحون بالقرب من موصل كروي آخر مشحون ، فإن المجال الناجم عن الشحنات الموجودة على سطح أحد الموصلين يؤثر في الشحنات الموجودة على السطح الآخر ، والعكس صحيح.



* يكون الجهد عند نقطة على سطح أحد الموصلين هو

$$ج_كلي = ج_مطلق + ج_حثي$$

حيث أن الجهد المطلق ناتج من الشحنات الموجودة على سطحه
الجهد الحثي ناتج من الشحنات الموجودة على سطح الموصل الآخر

** نقطة انعدام الجهد الكهربائي

نقطة إنعدام الجهد الكهربائي : هي النقطة التي تكون جهدها الكلي = صفر.

حيث تكون:

أ- بينهما وأقرب للصغير إذا كانت الشحتين مختلفتين نوعاً ومقداراً.

ب- بينهما وفي منتصف المسافة إذا كانتا مختلفتين نوعاً ومتساويتين مقداراً.

* ملاحظة هامة : قد يكون الموصل موجبة وبنفس الوقت جده سالب والسبب في ذلك وجود موصلات أخرى بجانبه شحنته سالبة أكبر من شحنته وبالتالي تؤثر عليه بجهد حتى سالب أكبر من جده المطلق الموجب.

ملاحظة هامة على جهد الموصلات :

يكون الجهد الكلي للموصل يساوى صبرا في ٣ حالات وهي :

١- أن يكون الموصل الكروي غير مشحون ($ج_مطلق = صفر$) وغير محاط بشحنات كهربائية

٢- أن يكون للموصل الكروي جهدان : جهد مطلق وحثي بشرط أن يكون الجهد المطلق = - الجهد الحثي

٣- أن يكون الموصل الكروي موصلاً بالأرض

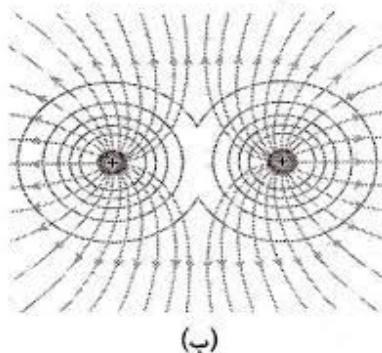
سطح تساوي الجهد

سطح تساوي الجهد هو سطح وهي تكون للجهد عند أي نقطة واقعة عليه قيمة ثابتة أي أن :

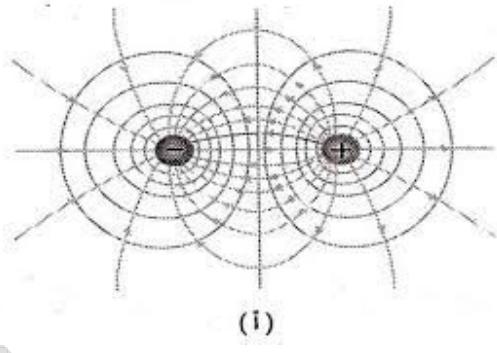
Δ = صفرًا بين أي نقطتين على السطح ، وكذلك الشغل = صفرًا .

أو يمكن تعريف سطح تساوي الجهد بأنه السطح الذي لا تحتاج القوة الكهربائية إلى بذل شغل لنقل الشحنة عليه .

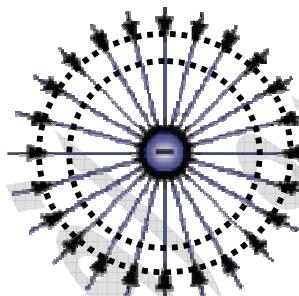
* أهمية سطح تساوي الجهد : تُسهم في فهم وتصور توزيع قيم الجهد حول شحنة نقطية أو توزيع من الشحنات كما هو موضح بالأشكال التالي



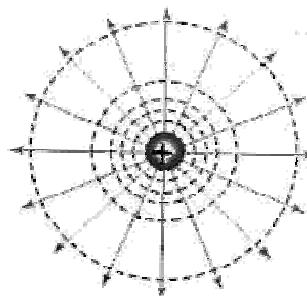
سطح تساوي الجهد لشحتين متشابهتين



سطح تساوي الجهد لشحتين مختلفتين



سطح تساوي الجهد لشحنة نقطية سالبة



سطح تساوي الجهد لشحنة نقطية موجبة

كما لاحظنا سابقًا تبدو سطوح تساوي الجهد سطوحًا كروية تحيط بشحنة نقطية أو موصل كروي ولها عدة خصائص منها

* خصائص سطح تساوي الجهد :

١- سطح وهمية على شكل سطوح كروية تحيط بالشحنة وجميع النقاط الواقعة على سطح تساوي الجهد تمتلك نفس قيمة الجهد .

٢- سطوح تساوي الجهد عمودية مع خطوط المجال الكهربائي ، واثبات ذلك كالتالي :

بما أن الشغل اللازم لنقل شحنة على سطح متساوي الجهد = صفرًا

فإن الشغل = $ش X - م X ف X جتا ٥ = صفر$

وبما أن $ش$ و $- م$ و $ف$ لا يساوي صفرًا فإن $جتا ٥ = صفرًا$

وهذا يعني أن $٥ = ٩٠$

٣- سطوح وهمية لا تتقاطع ؛ لأنها لو تقاطعت لكان للجهد أكثر من قيمة عند نقطة التقاطع وهو ما يخالف الواقع ، والسبب الثاني أن سطوح تساوي الجهد عمودية على خطوط المجال وبما أن خطوط المجال لا تتقاطع فإن سطوح تساوي الجهد لا تتقاطع أيضاً

* ملاحظة هامة: سطح أي موصل مشحون هو سطح تساوي جهد لأنه لو كان سطحه ليس سطح تساوي جهد ، لحدث انتقال للشحنات الكهربائية على سطح الموصل ، " ولكن هذا لا يحدث لأن الشحنة مستقرة"



المواسعة الكهربائية و المواسع الكهربائي

* **تعريف المواسعة الكهربائية :** هي النسبة الثابتة بين شحنة الموصى وجده ، وهو مقياس لقدرة الجسم على تخزين الشحنات

$$\text{س} = \frac{\text{شحنة}}{\text{جهد}}$$

وحدة : [فاراد]

شحنة المواسعة [بالكولوم] \sim
جهد المواسعة [بالفولت] \rightarrow

توضيح فكرة المواسعة الكهربائية

عندما ترتفع كتاباً عن سطح الأرض إلى ارتفاع ما ، فإنك تزيد من طاقة وضعه ؛ ويمكن النظر إلى ذلك على أنه تخزين للطاقة في مجال الجاذبية الأرضية.
وبالمثل يمكن تخزين الطاقة في المجال الكهربائي ، فإذا قمت بشحن موصى كروي فإنك ستزداد طاقة سطحه بمقدار \rightarrow عند السطح $= 10^9 \text{ نـق}$ وبالنالي تخزن شحنة وتخزن طاقة وضع كهربائية $(\text{طر} = \sim \times \rightarrow)$.
* كلما شحننا الموصى ازداد جده وازدادت الطاقة التي يخزنها.

* ملاحظة هامة جداً : المواسعة للموصى الكروي لا تعتمد على مقدار الشحنة على الموصى الكروي، وإنما على

- ١- الوسط الموجود فيه الموصى (ع.)
- ٢- أبعاده الهندسية (نق) ، الموصى الأكبر حجماً (نق أكبر) يخزن شحنات أكثر
- ٣- وجود المواسع الكروي بالقرب من موصى آخر

وتعتمد فقط على العوامل السابقة والسبب في ذلك أن النسبة $(\frac{\sim}{\rightarrow})$ ثابتة وتساوي $4\pi \times 10^9$. نق فمواسعة الموصى الكروي (س) تساوي

$$س = \frac{\sim}{\rightarrow} = 4\pi \times 10^9 \cdot نق$$

- تقاس المواسعة بوحدة [كولوم / فولت] وتسمى هذه الوحدة بالـ فاراد نسبة إلى العالم فارادي .
- تعريف وحدة الفاراد : مواسعة موصى يحتاج إلى ١ كولوم ، لرفع جده ١ فولت .

* ماذا نعني بقولنا أن مواسعة مواسع تساوى ٤ فاراد ؟

هذا يعني أن المواسع لموصى يحتاج لشحنة مقدارها ٤ كولوم لرفع جده الكهربائي وحدة جهد واحدة .

* **الفاراد وحدة قياس كبيرة لذلك تفاص عادة بأجزاء وحدة الفاراد مثل :**

٣-١٠	ملي فاراد
٦-١٠	ميكروفاراد
٩-١٠	نانوفاراد
١٢-١٠	بيكوفاراد

* تبقى قيمة المواسع الكهربائي ثابتة حيث أنه إذا ازدادت قيمة الشحنة على المواسع تزداد قيمة فرق الجهد الكهربائي بين الموصلين فتبقي النسبة بين الموصلين ثابتة.

* **أشكال المosasعات**

- ١- مosasعات كروية ٢- مosasعات اسطوانية ٣- المosasع ذو اللوحين

* **استخدامات وأهمية المosasعات**

تستخدم في تخزين الشحنة الكهربائية مدة من الزمن فمثلاً تستخدم في دارات الإرسال والاستقبال في الإذاعة والتلفزيون ، وتستخدم في العديد من الدارات الكهربائية لغايات البحث العلمي وغيرها .

* **الموسوع الكهربائي**

- تمكن الفيزيائي بيتر فان موسشنبروك من اختراع جهاز يمكنه من تخزين الشحنة الكهربائية ، ثم استخدمه بنيامين فرانكلين في مابعد لتخزين الشحنة في تجارب أجراها ، ثم تطور الجهاز من حيث الشكل والأداء وأصبح يعرف باسم المosasع.

* **تعريف المosasع** هو جهاز يستطيع تخزين الشحنة الكهربائية مدة من الزمن ويكون من موصلين تفصل بينهما مادة عازلة (هواء ، بلاستيك ، ورق)

* **استخدامات المosasع الكهربائي**

تستخدم المosasعات في دارات الإرسال والاستقبال في الإذاعة والتلفزيون .

المواسع الكهربائي ذو اللوحين المتوازيين

يتتألف المواسع من لوحين متوازيين مساحة كل منها (أ)، احدهما مشحون بشحنة موجبة (+ سـ) والآخر مشحون بشحنة سالبة (- سـ) وتفصل بينهما مسافة (ف) صغيرة مقارنة بأبعاد اللوحين.

* وقد عرفنا أن المجال الكهربائي ثابت المقدار ($\frac{\sigma}{d}$) والإتجاه في الحيز بين لوحي المواسع ذي اللوحين المتوازيين ، و فرق الجهد بين لوحيه كما تعلمنا سابقاً ($V = \sigma d$) فلذلك تكون مواسعته حسب التعبير التالي :

$$\frac{V}{d} = \frac{\sigma}{\frac{\sigma}{d}} = \frac{\sigma}{\frac{V}{\sigma}} = \frac{V}{\frac{V}{\sigma}} = \sigma$$

لكن $\sigma = \frac{A}{d}$

* العوامل التي يعتمد عليها المواسع الكهربائي ذو اللوحين المتوازيين

تعتمد المواسعة ذو اللوحين المتوازيين على أبعاد المواسع الهندسية ؛

- ١- تزداد مساحة المواسع (أ) علاقة طردية
- ٢- المسافة (ف) بين اللوحين علاقة عكسية
- ٣- تعتمد على طبيعة الوسط (ع)

* رموز المواسعات في الدارة الكهربائية

١-  رمز المواسعة الثابتة

٢-  رمز المواسعة المتغيرة

* ملاحظة هامة : تكون المسافة الفاصلة بين لوحين المواسع صغيرة جداً مقارنة بأبعاد اللوحين حتى تكون سعة المواسع كبيرة ، حيث أن العلاقة بين المواسعة والمسافة الفاصلة بين لوحي المواسع عكسية

*توصيل المواسعات

- يتم ربط المواسعات بطرق عدّة منها :

أ- الطريقة الأولى التوصيل على التوالي :

في التوصيل على التوالي تقوم البطارية بشحن اللوح الأيسر للمواسع الأول ب什حنة موجبة وبشحنة الأيمن للمواسع الثاني بشحنة سالبة مماثلة ، وبذلك يكون قد وصل اللوح السالب للمواسع الأول باللوح الموجب للمواسع الثاني مما يجعل الشحنة على كلا المواسعين متساوية

* في التوصيل على التوالي تبقى الشحنة ثابتة

$$ش_{كلي} = ش_1 + ش_2$$

* في التوصيل على التوالي الجهد لكلا المواسعين مختلف عن الآخر

$$ج_{كلي} = ج_1 + ج_2$$

* المواسعة المكافئة للتوصيل على التوالي تكون قيمتها

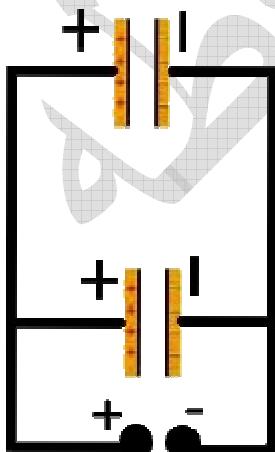
$$\frac{1}{ش_{مكافئ}} = \frac{1}{ش_1} + \frac{1}{ش_2}$$

كيف حصلنا على هذه العلاقة؟ (تم شرحه في الحصة)

*ملاحظة هامة : تُستخدم طريقة التوصيل على التوالي للحصول على مواسعة مكافئة

ب- الطريقة الثانية : التوصيل على التوازي

تقوم البطارية بشحن اللوح الأيسر لكلا المواسعين بشحنة موجبة واللوح الأيمن لكليهما بشحنة سالبة مماثلة ، وبذلك يكون قد وصل اللوحان الموجبان معًا واللوحان السالبان معًا ، مما يجعل الجهد على كلا المواسعين متساوياً .



* في التوصيل على التوازي تبقى الشحنة ثابتة

$$ش_{كلي} = ش_1 + ش_2$$

* في التوصيل على التوازي الجهد لكلا المواسعين متساوي

$$ج_{كلي} = ج_1 = ج_2$$

* المواسعة المكافئة للتوصيل على التوازي تكون قيمتها

$$ش_{مكافئ} = ش_1 + ش_2$$

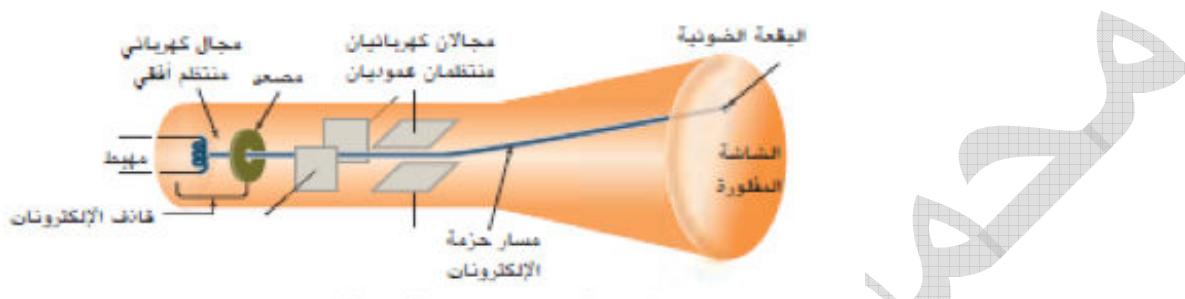
*ملاحظة هامة : تُستخدم طريقة التوصيل على التوازي للحصول على مواسعة مكافئة كبيرة

* ماتبقى من مادة الحفظ (أنبوب أشعة المهبط)

للمجال الكهربائي تطبيقات عدّة منها :

١- المسارعات النووية لتسريع الجسيمات المشحونة

٢- تستخدم في أنبوب أشعة المهبط المستخدمة في شاشة الحاسوب و جهاز راسم الذبذبات



١. المهبط : يقذف الإلكترونات من الفتيل.
٢. قاذف الإلكترونات: يقوم بتسريع الإلكترونات في مجال كهربائي منتظم أفقى فتتبعث من خلال ثقب صغير جداً على شكل حزمة مثل الرصاصات المنطلقة من البنادقية .
٣. المجالين الكهربائيين : يعملان على توجيه حزمة الإلكترونات لتحرّف لأعلى وأسفل والى اليسار واليمين. (التوجيه حزمة الإلكترونات نحو الشاشة المفلورة)
٤. شاشة مفلورة : تصطدم بها الإلكترونات لتترك بقع ضوئية عليها