

طاقة الوضع لشحنة كهربائية في مجال كهروساكن منتظم
Energie potentielle d'une charge électrique
dans un champ électrostatique uniforme

I - شغل قوة كهروساكنة في مجال كهروساكن منتظم

1 - نشاط وثائقي 1

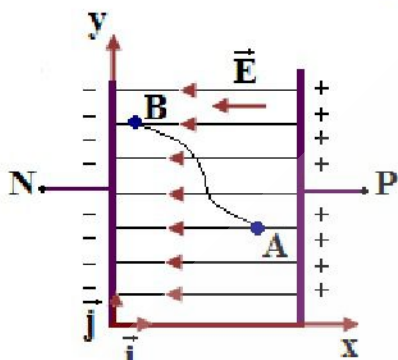
الهدف: إثبات تعبير شغل القوة الكهروساكنة.

تتحرك شحنة q من نقطة A إلى نقطة B داخل حيز من الفضاء يعم فيه مجال

كهروساكن منتظم متجهته $\vec{E}$ (انظر الشكل 1)

لدراسة حركة الشحنة q نختار معلما متعامدا $(O, \vec{i}, \vec{j})$ حيث $\vec{i}$ و $\vec{E}$ لهما نفس

الاتجاه ومنحيان متعاكسان (انظر الشكل 2).



$$\vec{E} \begin{vmatrix} -E \\ 0 \end{vmatrix} \quad \overrightarrow{AB} \begin{vmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{vmatrix}$$

$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = -qE(x_B - x_A)$$

$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} \quad : \vec{F} \text{ شغل القوة الكهروساكنة}$$

$$= qE(x_A - x_B)$$

$$= q\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$$

شغل القوة الكهروساكنة المطبقة على شحنة كهربائية في مجال كهروساكن منتظم مستقل عن المسار المتبع للانتقال من

الموضع البدئي إلى الموضع النهائي، نقول إن القوة الكهروساكنة قوة محافظة.

$$W(\vec{F})_{i \rightarrow f} = qE(x_i - x_f)$$

C V/m m

II - الجهد وفرق الجهد

1 - نشاط وثائقي 2: الجهد الكهروساكن

الهدف: ربط تعبير شغل قوة كهروساكنة بفرق الجهد.

نظرا للتشابه الكبير بين قوة كولوم وقوة التجاذب الكوني،

تم نقل العديد من المفاهيم والتصورات من الميكانيك إلى الكهروساكنة.

لذا نُقرن كل نقطة من نقط المجال الكهروساكن بمقدار يميز المجال وموضع هذه النقطة

نسيه الجهد وتعبيره في نقطة M أفصولها x من مجال كهروساكن منتظم هو:

$$V = E \cdot x + V_0$$

V_0 : ثابتة نحددها باختيار حالة مرجعية.

$$V_A = E \cdot x_A + V_0 \quad \checkmark \text{ تعبير الجهد في النقطة } A$$

$$V_B = E \cdot x_B + V_0 \quad \checkmark \text{ تعبير الجهد في النقطة } B$$

2 - فرق الجهد الكهروساكن

نسمي فرق الجهد الكهروساكن بين النقطتين A و B المقدار $(V_A - V_B)$ وتعبيره حسب ما سبق هو:

$$V_A - V_B = E \cdot (x_A - x_B)$$

$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = qE(x_A - x_B) \quad \text{أي: شغل القوة الكهروساكنة } \vec{F} \text{ يُكتب على الشكل التالي:}$$

بصفة عامة:

شغل القوة الكهروساكنة المطبقة على شحنة q أثناء الانتقال من نقطة A إلى نقطة B ، من مجال كهروساكن، يساوي

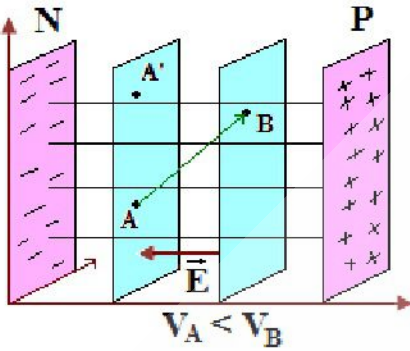
حاصل جداء الشحنة q وفرق الجهد بين هاتين النقطتين.

$$\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} = V_A - V_B = U_{AB} \quad \left\{ \begin{array}{l} W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} \\ W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = q\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} \end{array} \right.$$

U_{AB} : التوتر بين النقطتين A و B .

تعميم:

يساوي فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين A و B توجدان في حيز من الفضاء به مجال كهرساكن منتظم الجداء السلمي



لمتجهة المجال الكهرساكن $\vec{E}$ في متجهة الانتقال $\overrightarrow{AB}$.

3 - المستوى المتساوي الجهد

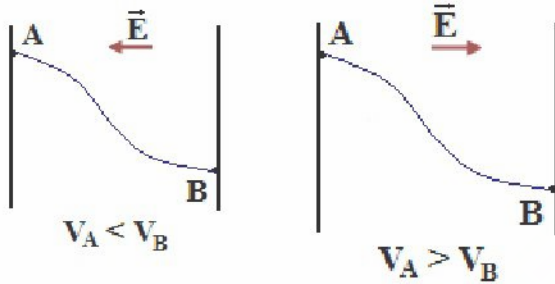
يكون فرق الجهد بين نقطتين توجدان على نفس المسافة من الصفيحتين وفي نفس المستوى **منعدما**، وكل النقط الموجودة في نفس المستوى العمودي على خطوط المجال لها نفس الجهد، ويسمى هذا المستوى بمستوى **متساوي الجهد**.

4 - الجهد الكهربائي ومتجهة المجال الكهرساكن

نعتبر النقطتين A و B :

➤ في حالة $V_A > V_B$ يكون $\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} > 0$ يعني منحى $\vec{E}$ من A في اتجاه B ، أي نحو الجهود التناقصية.

➤ في حالة $V_A < V_B$ يكون $\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} < 0$ يعني منحى $\vec{E}$ من B في اتجاه A ، أي نحو الجهود التناقصية.



خلاصة:

منحى متجهة المجال الكهرساكن هو منحى الجهود التناقصية. تبقى هذه النتيجة صالحة في حالة مجال كهرساكن غير منتظم.

III - طاقة الوضع الكهرساكنة

1 - تعريف طاقة الوضع الكهرساكنة

طاقة الوضع الكهرساكنة لشحنة q توجد في نقطة M ، أفصولها x من مجال كهرساكن منتظم متجهته $\vec{E}$ هي:

$$E_{pe} = qE \cdot x + C$$

وبما أن: $V = E \cdot x$

$$E_{pe} = q \cdot V + C \quad \text{فإن:}$$

C : ثابتة نحددها باختيار حالة مرجعية اعتباطية (أصل الجهود الكهربائية).

2 - العلاقة بين طاقة الوضع وشغل القوة الكهرساكنة

تعبير طاقة الوضع الكهرساكنة للشحنة q :

$$E_{pe}(A) = qE \cdot x_A + C \quad \checkmark \quad \text{عند النقطة A}$$

$$E_{pe}(B) = qE \cdot x_B + C \quad \checkmark \quad \text{عند النقطة B}$$

تغير طاقة الوضع الكهرساكنة بين النقطتين A و B : $\Delta E_{pe} = E_{pe}(B) - E_{pe}(A)$

$$\Delta E_{pe} = qE (x_B - x_A) \quad \text{يعني:}$$

$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = qE(x_A - x_B) \quad \text{ونعلم أن شغل القوة الكهرساكنة هو:}$$

A → B

$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = -\Delta E_{pe}$$

ومنه فإن:

تعميم:

يساوي شغل القوة الكهرساكنة أثناء الانتقال من النقطة A إلى النقطة B تغير طاقة الوضع الكهرساكنة بين هاتين النقطتين.

وتبقى هذه العلاقة صالحة بالنسبة للمجال الكهرساكن المنتظم أو غير المنتظم.

3 - انحفاظ الطاقة الكلية

نعتبر دقيقة شحنتها q كتلتها m تدخل مجالا كهروساكنيا متجهته $\vec{E}$ (مجال منتظم).
بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية بين A و B ، وبإهمال شغل وزن الدقيقة وكذا شغل قوى الاحتكاكات أمام شغل القوة الكهروساكنة نجد:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta E_C = W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) \\ W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = -\Delta E_{Pe} \\ = E_{Pe}(A) - E_{Pe}(B) \\ \Delta E_C = E_C(B) - E_C(A) \end{array} \right. \Rightarrow E_C(B) + E_{Pe}(B) = E_C(A) + E_{Pe}(A)$$

يسمى المجموع $E = E_C + E_{Pe}$ الطاقة الكلية للدقيقة المشحونة التي تخضع فقط لقوة كهروساكنة $\vec{F}$.

$$E = \frac{1}{2} mV^2 + qV = \text{cte} \quad \text{وبالتالي نكتب:}$$

ملحوظة:

هناك وحدة أخرى للتعبير عن شغل القوة الكهروساكنة المطبقة على شحنة وهي: الإلكترون - فولت رمزها: eV بحيث:

$$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$