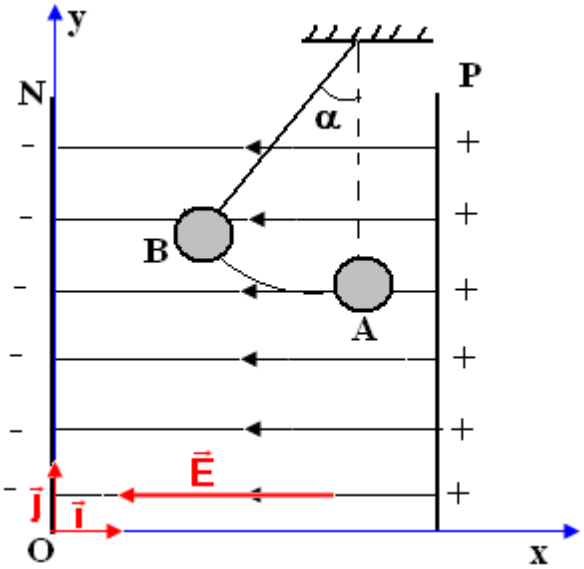
Energie potentielle électrostatique طاقة الوضع الكهرساكنة

I ـ شغل قوة كهرساكنة في مجال كهرساكن منتظم

نعتبر نواسا كهربائيا شحنته q موجبة ، موضوعا بين صفيحتين N و P مستويتين ومتوازيتين .

عند تطبيق توتر كهربائي بين الصفيحتين ، يحدث مجال كهرساكن منتظم $\vec{E}$.



مميزات متجهة المجال $\vec{E}$:

* المنحى من P نحو N .

* الاتجاه متطابق مع خطوط المجال وهي مستقيمية ومتعامدة مع الصفيحتين .

تخضع الكرية إلى قوة كهرساكنة $\vec{F}=q\vec{E}$ مما يؤدي إلى انتقالها من النقطة A إلى النقطة B .

$\vec{F}$ قوة ثابتة لكون $\vec{E}$ ثابتة .

شغل القوة $\vec{F}$ عند انتقال الكرية من A إلى B :

$$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=\vec{F}.\overrightarrow{AB}=q\vec{E}.\overrightarrow{AB}$$

نختار نظمة محورين : $\left(O,\vec{i},\vec{j}\right)$

$$\overrightarrow{AB}=\left(x_B-x_A\right)\vec{i}+\left(y_B-y_A\right)\vec{j} \quad \text{و} \quad \vec{E}=-E\vec{i}$$

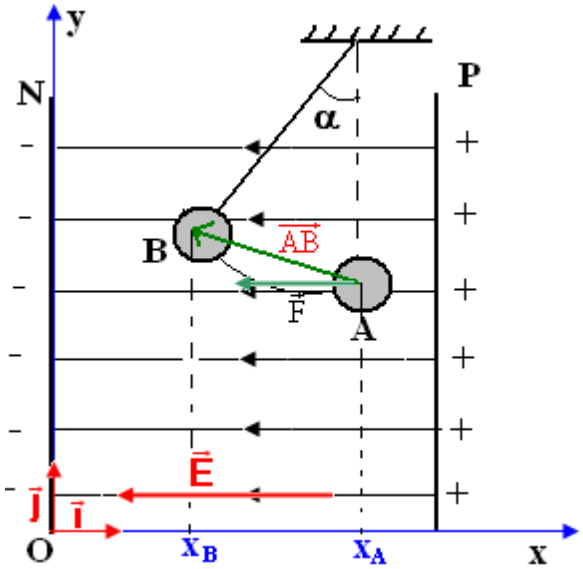
$$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=q\vec{E}.\overrightarrow{AB}=qE\left(x_A-x_B\right)$$

شغل القوة الكهرساكنة المطبقة على شحنة في مجال كهرساكن منتظم مستقل عن المسار الذي تسلكه للانتقال من الموضع البدئي إلى الموضع النهائي ، نقول أن القوة الكهرساكنة محافظية .

II ـ الجهد الكهربائي .

1 ـ تعريف بفرق الجهد الكهربائي

يساوي فرق الجهد الكهربائي (التوتر) بين نقطتين A و B توجدان في حيز من الفضاء به مجال كهرساكن منتظم ، الجداء السلمي لمتجهة المجال $\vec{E}$ و المتجهة $\overrightarrow{AB}$.



$$V_A-V_B=\vec{E}.\overrightarrow{AB}$$

ملحوظة : تطبق هذه العلاقة إلا في المجال الكهرساكن المنتظم .

2 ـ الجهد الكهربائي

في المعلم $\left(O,\vec{i},\vec{j}\right)$ لدينا :

$$V_A-V_B=\vec{E}.\overrightarrow{AB}=E\left(x_A-x_B\right)=E.x_A-E.x_B$$

يتبين من هذه العلاقة أن $V_A=E.x_A$ و $V_B=E.x_B$

نسمي V_A الجهد الكهربائي في النقطة A و V_B الجهد الكهربائي في النقطة B .

الجهد الكهربائي هو مقدار فيزيائي يميز الحالة الكهربائية لكل نقطة من نقط المجال الكهرساكن . وحدته هي الفولط (V) .

تعبير شغل القوة الكهرساكنة هو كالتالي :

$$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=qE\left(x_A-x_B\right)=q\left(V_A-V_B\right)$$

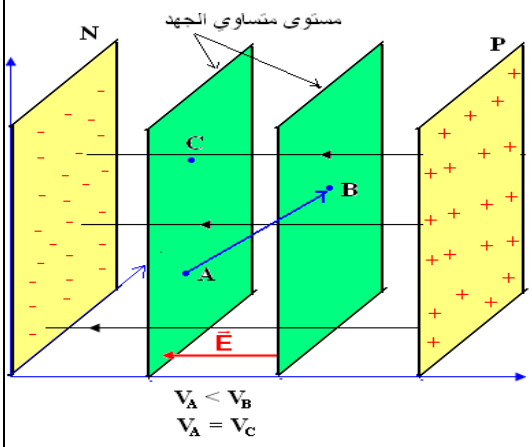
ملحوظة : تطبق هذه العلاقة سواء كان المجال الكهرساكن منتظما أم لا .

شغل القوة $\vec{F}$ محرك أي أن $V_A-V_B>0\Rightarrow V_A>V_B$ ومنحى القوة $\vec{F}$ نحو الصفيحة ذات الجهد الأصغر . ومنه :

منحى متجهة المجال الكهرساكن يكون دائما نحو الجهود التناقصية .

3 ـ المستوى المتساوي الجهد plan equipotentiel

أ ـ تعريف



المستوى المتساوي الجهد هو مستوى كل نقاطه لها نفس الجهد الكهربائي .

إذا كانت النقطة C لها نفس الجهد للنقطة A فإن العلاقة التالية

$$V_A - V_C = \vec{E}.\overrightarrow{AC} = 0 \left(\vec{E} \neq \vec{0}, \overrightarrow{AC} \neq \vec{0}\right) \Rightarrow \vec{E} \perp \overrightarrow{AC}$$

وبالتالي ف A و C تنتميان إلى نفس المستوى وهو عمودي على $\vec{E}$.

المستويات المتساوية الجهد لمجال كهرساكن منتظم هي مستويات متوازية فيما بينها وعمودية على خطوط هذا المجال .

تمرين تطبيقي : 1 ـ حدد المستويات المتساوية الجهد لشحنة نقطية .

2 ـ أحسب شغل القوة الكهرساكنة المطبقة على شحنة q أثناء انتقالها من A إلى C تنتميان إلى مستوى متساوي الجهد .

ب ـ العلاقة بين شدة المجال الكهرساكن والتوتر الكهربائي .

رأينا في السنة جدع علمي أن $V_A - V_B = U_{AB}$ أي أنها تمثل كذلك التوتر الكهربائي بين النقطتين A و B .

حسب العلاقة السابقة لدينا :

$$V_A - V_B = U_{AB} = \vec{E}.\overrightarrow{AB} = E.AB \Rightarrow E = \frac{|U_{AB}|}{AB}$$

III ـ طاقة الوضع الكهرساكنة

1 ـ تعريف

بالمماثلة لطاقة الوضع الثقالية : $E_{pp} = mgz + C$ ، نعرف طاقة الوضع الكهرساكنة لشحنة q توجد في نقطة M في المجال الكهرساكن $\vec{E}$ بالعلاقة التالية : $E_{pe} = qE.x + C$ وبما أن $E.x = V$ فإن

$$E_{pe} = qV + C$$.

C ثابتة تتعلق باختيار أصل الجهود الكهربائية .

2 ـ العلاقة بين طاقة الوضع الكهرساكنة وشغل القوة الكهرساكنة .

لذينا شغل القوة الكهرساكنة عند انتقال شحنة من A إلى B هو : $W_{A\to B}\left(\vec{F}\right) = q\left(V_A - V_B\right)$ (1)

تغير طاقة الوضع الكهرساكن بين A و B هو :

$$E_{pe}(B) - E_{pe}(A) = q.V_B - q.V_A = -q\left(V_A - V_B\right) \quad (2)$$

من العلاقتين (1) و (2) نستنتج أن

$$\Delta E_{pe} = E_{pe}(B) - E_{pe}(A) = -W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)$$

$$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right) = -\Delta E_{pe}$$

تبقى هذه العلاقة صحيحة سواء كان المجال منتظما أم لا .

VI ـ انحفاظ الطاقة الكلية لدقيقة مشحونة خاضعة لقوة كهرساكنة .

نعتبر دقيقة شحنتها q وكتلتها m ، تنتقل في مجال كهرساكن منتظم $\vec{E}$ من نقطة A إلى نقطة B .

نطبق مبرهنة الطاقة الحركية بين A و B ، نهمل شغل وزن الدقيقة وشغل قوى الاحتكاك أمام شغل القوة الكهرساكنة $\vec{F}$ ، نجد : $E_C(B) - E_C(A) = W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)$

حسب الفقرة السابقة لدينا $\Delta E_{pe} = -W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)$ أي أن

$$\Delta E_C = -\Delta E_{pe} \Rightarrow E_C(B) + E_{pe}(B) = E_C(A) + E_{pe}(A)$$

نضع : $E = E_C + E_{pe}$ بحيث أن ***E*** الطاقة الكلية للدقيقة وهي تمثل كذلك الطاقة الميكانيكية للدقيقة .

إذن عندنا $E(A)=E(B)$ أي أن هناك انحفاظ الطاقة الكلية للدقيقة . وبالتالي نكتب :

$$E=\frac{1}{2}mv^2+q.V$$

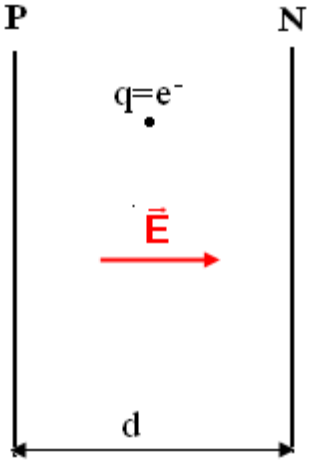
v سرعة الدقيقة المشحونة في المجال $\vec{E}$

تنحفظ الطاقة الكلية لدقيقة مشحونة خاضعة لقوة كهرساكنة $\vec{F}$

V ـ الإلكترون ـ فولط وحدة أخرى للطاقة .

حسب العلاقة التي تعبر عن شغل القوة الكهرساكنة عند انتقال الشحنة من A إلى B :

$$W_{A\to B}(\vec{F})=q(V_A-V_B)$$



$$q=1,6.10^{-19}C$$

$$(V_A-V_B)=1V$$

$$W_{A\to B}(\vec{F})=1,6.10^{-19}J$$

نأخذ أن $q=1e$ بحيث أن e الشحنة الابتدائية $W_{A\to B}(\vec{F})=1e.V$

ومن خلال العلاقتين نستنتج أن $1e.V=1,6.10^{-19}J$

هذه الوحدة تسمى بالإلكترون ـ فولط .

بعض مضاعفات الإلكترون ـ فولط

$$1keV=10^3eV$$

$$1MeV=10^6eV$$

$$1GeV=10^9eV$$

تمارين تطبيقية :

تمرين 1

يوجد بين صفيحتين متوازنتين تفصل بينهما مسافة $d=10cm$ مجال كهرساكن شدته $E=3.10^4V/m$

1 ـ أحسب التوتر الكهربائي المطبق بين الصفيحتين .

2 ـ أوجد شغل القوة الكهرساكنة المطبقة على إلكترون عند انتقاله من الصفيحة السالبة إلى الصفيحة الموجبة .

تمرين 2

يوجد مجال كهرساكن منتظم شدته $E=10^3V/m$ في حيز من الفضاء نقرنه بمعلم متعامد وممنظم $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$. نعطي تعبير المجال في المعلم $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ هو : $\vec{E}=E\vec{i}$

1 ـ أحسب شغل القوة الكهرساكنة المطبقة على نواة من الهيليوم He^{2+} عند انتقالها من النقطة $A(2,0,0)$ إلى النقطة $B(4,2,0)$. وحدة الطول بالسنتمتر .

2 ـ علما أن طاقة الوضع للنواة في النقطة A تكون منعدمة ، احسب طاقة الوضع في النقطة B .

أجوبة : 1 ـ $W_{A\to B}(\vec{F})=6,4.10^{-18}J$

2 ـ $E_{pe}(B)=-6,4.10^{-18}J$

تمرين 3

نطبق بين الأنود A والكاتود C لمدفع لإلكترونات توتر $U_{AC}=3000V$ ، احسب سرعة وصول الإلكترونات إلى الأنود A ، علما أن سرعة انبعاثها من الكاتود C منعدمة .

الجواب : $v=3,25.10^7m/s$

تمرين 4

أحسب ب MeV الطاقة المكتسبة من طرف دقيقة α (أيون الهيليوم He^{2+}) عند تسريعها بالتوتر : $U=10^6V$.

الجواب : $W=2MeV$