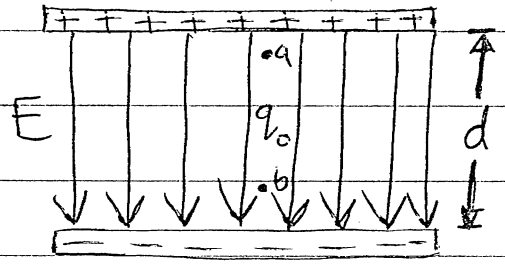
الطاقة الكامنة : Potential Energy

إذا استجابت شحنة كهربائية لتأثير مجال كهربائي فإنها سوف تتحرك في اتجاهه وينجز عن هذا التحريك شغل مبذول. أما إذا تحركت في عكس اتجاه المجال فلابد من وجود مصدر خارجي يقوم بإنجاز شغل معين وبهذا الشغل تكتسب الشحنة طاقة كامنة «طاقة وضع» كما هو موضح بالشكل التالي :



من الشكل السابق يتبين أن الشحنة النقطية (q_o) واقعة في مجال كهربائي (E) يؤثر عليها بقوة قدرها :

$$F = q_o E \qquad (N)$$

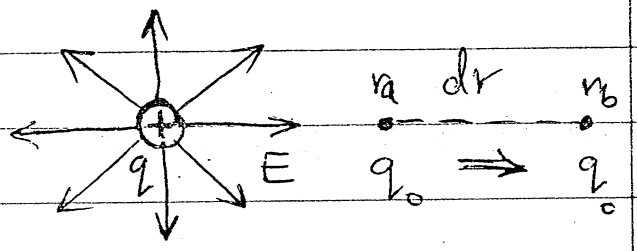
فلو تحركت بين النقطتين (a) ، (b) فإن الشغل المبذول يساوي :

$$W_{ab} = Fd = q_o E d \qquad (Joule)\ (\text{جول})$$

وأن هذا الشغل المنجز يمكن اعتباره طاقة كامنة (طاقة وضع)

$$W_{ab} = U_{ab} = U_a - U_b$$

← كما يمكن إيجاد الشغل المبذول لشحنة اختبارية وحساب الطاقة الكامنة لها وذلك في وجود مجال كهربائي مصدره شحنة نقطية (q).



الشغل المبذول للتحرك من النقطة (r_a) إلى النقطة (r_b) :

$$W_{ab} = \int_{r_a}^{r_b} F\,dr = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \cdot \frac{qq_o}{r^2}\,dr$$

$$W_{ab} = \frac{qq_o}{4\pi\epsilon_o}\left[\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b}\right] \longrightarrow (Joule)$$

ومنها تكون الطاقة الكامنة لهذه الشحنة :

$$U_a = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{qq_o}{r_a}\,,\quad U_b = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{qq_o}{r_b}$$

ومنها نستنتج أنه إذا أثرت أكثر من شحنة نقطية على شحنة اختبارية ولتكن : $(q_1 \,،\, q_2 \,،\, q_3)$
وعلى أبعاد على التوالي $(r_1 \,،\, r_2 \,،\, r_3)$
فإن الطاقة الكامنة الكلية تكون :

$$U = \frac{q_o}{4\pi\epsilon_o}\left[\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3}\right] \quad (Joule)$$

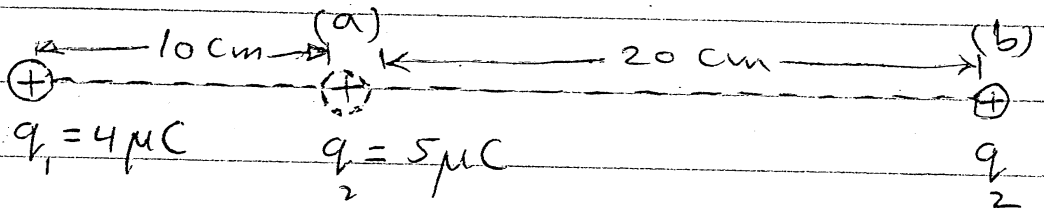
ولذلك تعتبر الطاقة الكامنة كمية "غير متجهة".

مثال ① : شحنة مستقرة $(q_1 = 4\mu C)$ وضعت في مجالها شحنة أخرى $(q_2 = 5\mu C)$ على بعد $(10\ cm)$ ثم أزيحت مسافة قدرها $(20\ cm)$ من موقعها الأول . احسب :

(3)

أ- الطاقة الكامنة في الوضع الأول والثاني .

ب- الشغل المبذول للتحرك من الوضع الأول إلى الوضع الثاني.



- الحل: أ) طاقة الوضع عند النقطة (a):

$$U_a = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_1} = 9\times10^9 \frac{4\times5\times10^{-12}}{10\times10^{-2}} = 1.8\ J$$

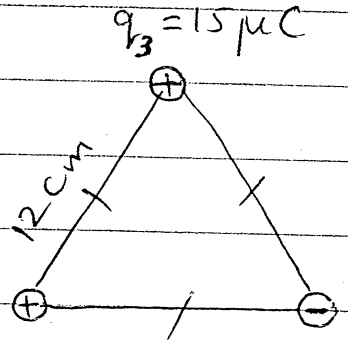
← طاقة الوضع عند النقطة (b):

$$U_b = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_2} = 9\times10^9 \frac{4\times5\times10^{-12}}{30\times10^{-2}} = 0.6\ J$$

ب) الشغل المبذول للتحرك من النقطة (a) إلى النقطة (b):

$$W_{ab} = U_a - U_b = 1.8 - 0.6 = 1.2\ J.$$

- مثال (2): أوجد الطاقة الكامنة الكلية للشحنات الموضحة في الشكل التالي:



- الحل:

$$U_T = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{q_1 q_2}{r} + \frac{q_1 q_3}{r} + \frac{q_2 q_3}{r}\right]$$

$$= \frac{9\times10^{9}\times10^{-12}}{12\times10^{-2}}\left[(20)(-40) + (20)(15) + (-40)(15)\right]$$

$$U_{total} = -82.5 \quad J$$

- مثال (3): إذا كانت طاقة الوضع للشحنة (q_2) تساوي $(0.288\ J)$. فأوجد مقدار شحنتها إذا كان موقعها عن شحنة أخرى $(q_1 = 8\mu C)$ يساوي $(1m)$.

- الحل:

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r}$$

$$0.288 = 9\times10^{9}\ \frac{(8\times10^{-6})\,q_2}{(1)}$$

$$q_2 = \frac{0.288}{9\times10^{9}\times8\times10^{-6}} = 4\mu C$$

- مثال (4): كرة من البلاستيك كتلتها $(2g)$ شحنتها $(0.2\mu C)$ تم تحريكها باتجاه كرة أخرى ثابتة شحنتها $(2\mu C)$ فاندفعت بسرعة $(10\ m/s)$ عندما كانت المسافة بينهما $(10cm)$ أوجد سرعتها عندما تصبح على بعد $(40cm)$. [اعتبر الاحتكاك صفر].

(5)

• **الحل:** من قانون بقاء الطاقة [حفظ الطاقة] فإن:

طاقة الوضع الأول + طاقة الحركة في الوضع الأول

= طاقة الوضع الثاني + طاقة الحركة في الوضع الثاني.

وبالتالي:

$$\Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2$$

$$U_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{q_1 q_2}{r_1} = 9\times10^9\ \frac{(0.2)(2)\times10^{-12}}{10\times10^{-2}} = 0.036\,J$$

$$K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(2\times10^{-3})(10)^2 = 0.1\ J$$

$$U_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{q_1 q_2}{r_2} = 9\times10^9\ \frac{(0.2)(2)\times10^{-12}}{40\times10^{-2}} = 0.009\,J$$

$$K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}(2\times10^{-3})v_2^2 = 0.001\,v_2^2$$

$$\text{أي } 0.036 + 0.1 = 0.009 + 0.001\,v_2^2$$

$$0.001\,v_2^2 = 0.136 - 0.009 = 0.127$$

$$v_2^2 = \frac{0.127}{0.001} = 127$$

$$\therefore v_2 = 11.27\ m/s$$