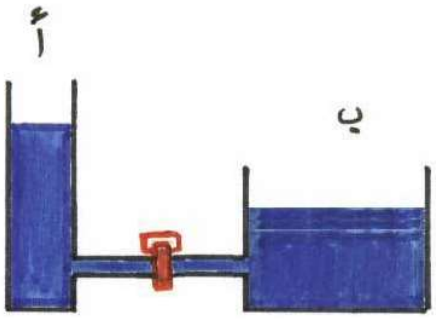
**الجهد الكهربائي :**

لنفرض أن لدينا كرتين من المعدن مشحونتين كهربائياً ولكن مقدار شحنة أحدهما أكبر من الأخرى، إذا حدث بينها تلامس فإن الشحنات الكهربائية تبدأ بالانتقال من الكرة ذات الجهد الكهربي المرتفع (التي لها مقدار أكبر من الشحنات ) إلى الكرة ذات الجهد المنخفض ، ويستمر هذا الانتقال حتى يتساوى الجهد الكهربائي في كلا الكرتين .

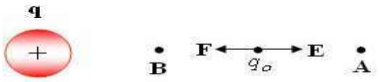
إن انتقال الشحنات الكهربائية بين الأجسام أو من نقطة إلى أخرى ضمن المجال الكهربائي يشبه تماما بعض الظواهر الطبيعية الأخرى التي نلاحظها في حياتنا اليومية ، فمثلاً تنتقل الحرارة بين الأجسام عند تلامسها من الجسم الساخن إلى الجسم البارد وكذلك ينتقل الماء من الضغط العالي في الإناء ( أ) إلى الضغط المنخفض في الإناء ( ب ) كما في الشكل (5-5 ) حتى يتساوى ضغط الماء في الإناءين أي عندما يتساوى سطح الماء في الإناءين .




الشكل( 5-5 )

السؤال الآن : ما هو المقصود بالجهد الكهربائي وكيف يمكن قياس فرق الجهد الكهربائي .

للإجابة عن هذين السؤالين ، ندرس المفاهيم الفيزيائية التالية مع الاستعانة بالشكل ( 5-6 ) :




الشكل ( 5-6 )

تعلمنا سابقاً أن شحنة كهربائية موجبة $q$ تولد حولها مجالاً كهربائياً . بحيث لو وضعنا شحنة اختبار موجبة $q_{\circ}$ عند النقطة (B) فإن المجال سيدفع الشحنة $q_{\circ}$ إلى النقطة ( A) مثلاً. لإعادة الشحنة $q_{\circ}$ من ( A) إلى ( B) نؤثر عليها بقوة مقدارها $\vec{F}$ أي أننا سنبذل شغلاً على الشحنة $q_{\circ}$ مقدارها $W_{AB}$ ويخزن هذا الشغل على شكل طاقة تسمى طاقة وضع كهربائية مقدارها $\Delta PE$

$$W_{AB} = \Delta PE = PE_B - PE_A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5-5)$$

ولو تركنا للشحنة $q_{\circ}$ حرية الحركة فإنها تستهلك طاقة الوضع الكهربائية على هيئة طاقة حركية للانتقال من B إلى A

دعنا الآن نقسم طرفي المعادلة ( 5 – 5) على $q_{\circ}$ لنحصل على كمية جديدة على النحو الآتي :-

$$\frac{PE_B - PE_A}{q_{\circ}} = \frac{W_{AB}}{q_{\circ}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5\text{-}6)$$

إذاً الكمية الجديدة هي $PE/q$ وتسمى بالجهد الكهربي ويرمز لها بالرمز V و نكتب ذلك رياضياً كما يلي :

$$\boxed{V = \frac{PE}{q}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5\text{-}7)$$

$PE$ طاقة الوضع الكهربائية بوحدة الجول ( $J$ )

$q$ مقدار الشحنة ( c)

V الجهد الكهربائي ويقاس بوحدة الطاقة مقسومة على وحدة الشحنة أي أن : جول /كولوم ( J / c ) تعرف هذه الوحدة بأسم فولت ( V)

ومن العلاقتين (5-6 ) و (5-7) نستنتج أن التغير في طاقة الوضع الكهربائي مقسوماً على الشحنة المنقولة تساوي فرق الجهد بين نقطتين $\Delta V = V_B - V_A$ أي أن :

$$\Delta V_{BA} = \frac{PE_B \quad PE_A}{q} \qquad \text{..... (5-8)}$$

إذاً نعرف فرق الجهد بين نقطتين بأنه : الطاقة المفقودة من وحدة الشحنات الكهربائية عند انتقالها بين هاتين النقطتين .

وأما وحدة القياس " الفولت " فنعرفها على النحو التالي :

هو فرق الجهد بين نقطتين عندما يفقد الكولوم الواحد طاقة قدرها (1 J ) بين هاتين النقطتين .

مثال (5-5) :

شحنة كهربائية مقدارها $5 \times 10^{-8} C$ موضوعة عند نقطة ( A) التي جهدها 3V

احسب ما يلي :

أ ـ طاقة الوضع الكهربائية للشحنة .

ب ـ التغير في طاقة موضع الشحنة عند انتقالها من A إلى B والتي جهدها 15 V

الحل :

$$V_A = 3V \, , \, q = 5 \times 10^{\ 8} C$$

$$V_B = 15V$$

أ )
$$V_A = \frac{PE_A}{q}$$

$$\Rightarrow PE_A = Vq$$

$$= 3 \times 5 \times 10^{-8} = 15 \times 10^{-8} J$$

ب)

$$\Delta PE = \Delta V q$$

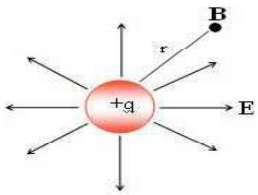
$$\Rightarrow \Delta PE = (V_B - V_A)q$$

$$\Delta PE = (15-3)\times 5\times 10^{-8}$$

$$= 6\times 10^{-7}\ J$$

**الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة كهربائية :**

لحساب قيمة الجهد الكهربائي في نقطة عند (B) مثلاً تبعد مسافة r . عن الشحنة $q$ كما في الشكل (5-7) :




شكل ( 7 – 5)

لا بد من اختيار نقطة مرجعية يكون الجهد عندها يساوي صفراً . وقد اصطلح على اعتبار الجهد عند ما لا نهاية يساوي صفراً . لذلك عندما نحسب الجهد الكهربائي عند النقطة B فإننا نحسب فرق الجهد بين تلك النقطة و الما لا نهاية . ويعرف الجهد الكهربائي V في نقطة ما بأنه:

الشغل المبذول في تحريك وحدة الشحنات الكهربائية من ما لا نهاية إلى تلك النقطة دون احداث تغير في طاقتها الحركية .

ورياضياً على النحو التالي :

$$V = \frac{W}{q_{\circ}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5-9)$$

ولكن :

$$W = \frac{kqq_{\circ}}{r} \qquad (5 - 10)$$

وبالتعويض عن الشغل W من المعادلة ( 10 – 5) في المعادلة ( 9 – 5) نحصل على الآتي :

$$\boxed{V = \frac{k\ q}{r}} \qquad .....(5- 11)$$

فإذا كانت النقطة (B) واقعة في مجال عدد من الشحنات فإن جهدها يساوي المجموع الجبري للجهود الناشئة عن كل شحنة على حدة في تلك النقطة أي أن :

$$\boxed{V = k \Sigma \frac{q}{r}} \qquad ..... \ (5 - 12)$$

تنبيهات :-

1- الجهد الكهربائي كمية قياسية ، لذلك فإن الجمع في العلاقة ( 12 – 5) جمع جبري .

2 - يكون الجهد موجباً أو سالباً تبعاً للشحنة المولدة للمجال لذلك يجب التعويض عن قيمة الشحنة في المعادلة (5 -12) بإشارتها وفي الجواب النهائي إذا ظهرت إشارة الجهد موجبة دل ذلك على أنه موجب وإذا ظهرت سالبة دل ذلك على أنه جهد سالب .

مثال ( 6 - 5) :

احسب الجهد الكهربائي عند نقطة تقع على بعد 30 cm من شحنة مقدارها $6 \times 10^{-6} C$ علماً أن:

$$k = 9 \times 10^{9} \text{N.m}^2/\text{C}^2$$

الحل :

$$q = 6 \times 10^{-6} C$$

$$r = 30\, cm = 0.3 m$$

$$V = k \frac{q}{r}$$

$$V = \frac{9 \times 10^{9} \times 6 \times 10^{-6}}{0.3} = 1.8 \times 10^{5} \text{V}$$

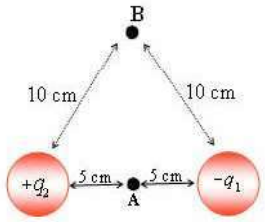
مثال : ( 7 - 5)

في الشكل ( 8 - 5) شحنتان نقطيتان $q_1 = -5\times10^{-9}c$ $q_2 = 6\times10^{-9}c$ احسب ما يلي بحسب المسافات الموضحة في الرسم :

1 - الجهد عند النقطة A

2 - الجهد عند النقطة B

3 - الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها 8 × 10 $^{-9}$ C من (B) إلى (A)




الشكل ( 8 - 5)

1 ـ الجهد عند النقطة ( A)

$$V = K(\frac{6\times10^{-9}}{0.05} + \frac{-5\times10^{-9}}{0.05})$$

$$V = 9\times10^{9}(\frac{(6-5)\times10^{-9}}{0.05})$$

$$V = 1.80V$$

2 ـ الجهد عند النقطة (B)

$$V = 9\times10^{9} = (\frac{6\times10^{-9}}{0.1} + \frac{-5\times10^{-9}}{0.1})$$

$$V = 90 \quad V$$

3 ـ الشغل اللازم لنقل الشحنة $8\times10^{-9}C$ من B إلى A

$$V_A - V_B = W_{BA}$$

$$\Rightarrow W_{BA}(V_A - V_B)q$$

$$W_{BA} = (180 - 90) \times 8 \times 10^{-9}$$

$$W_{BA} = 7.2 \times 10^{-7} J$$

**مفهوم السعة الكهربائية :**

إذا ملأنا إناءين مختلفين في الحجم بالماء إلى الارتفاع نفسه فإن كمية الماء فيها غير متساوية ونقول أن كمية الماء في ذلك الإناء أنه ذو سعة أكبر.

وكذلك في الكهرباء إذا شحنا موصلين مختلفين إلى الجهد نفسه فإن شحنة أحد الموصلين أكبر من شحنة الآخر ونقول لذلك الموصل أنه ذو شحنة كهربائية أكبر .

ومن خلال دراستنا السابقة عن الجهد نجد أن مقدار الجهد الكهربائي لموصل يتناسب طردياً مع شحنة هذا الموصل أي أن :

$$q \ \alpha \ V$$

وعلاقة التناسب $\alpha$ عبارة عن قيمة ثابتة تعرف بالسعة الكهربائية لذلك الموصل ونرمز لها بالرمز C ، أي أن :

$$\boxed{C = \frac{q}{V}} \qquad (5 - 13)$$

وتعرف السعة الكهربائية بأنها : النسبة الثابتة بين شحنة الموصل ومقدار جهده الكهربائي ووحدة قياس السعة الكهربائية هي وحدة قياس الشحنة (C) مقسومة على وحدة قياس الجهد الكهربائي (V) أي أن: C / V وتعرف هذه الوحدة باسم فاراد (F)

ويعرف الفاراد بأنه : سعة الموصل الذي إذا أعطي شحنة مقدارها كولوم واحد فإن جهده فولت واحد أي أن :

$$F = 1\ C / 1\ V\ 1$$

والفاراد كمية كبيرة جداً من السعة، والقيم المتداولة في الأجهزة العلمية هي أجزاء الفاراد من رتبة المايكرو فاراد ($\mu F$)أو أقل وعلاقة التحويل فيما بينها على النحو الآتي :

| | | | |
|---|---|---|---|
| مايكروفاراد | $1F = 10^{6}\mu F$ | 1 | |
| نانوفراد | $1F = 10^{9} nF$ | 2 | |
| بيكوفاراد | $1F = 10^{12} pF$ | 3 | |

مثال : ( 8 - 5)

احسب السعة الكهربائية لموصل اكتسب شحنة مقدارها $4.5 \times 10^{-4} C$ فأصبح جهده الكهربائي $160 V$

الحل :

$$C = \frac{q}{V}$$

$$\therefore C = \frac{4.5\times10^{-4}}{160} = 2.8\times10^{-6} F$$
$$= 2.8 \mu F$$

مثال ( 9 -5 ) :

احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي يكتسبها موصل سعته لكهربائية $4 \mu F$ لكي يصبح جهده $220 V$

الحل :-

$$C = \frac{q}{V}$$
$$\Rightarrow q = CV$$
$$\therefore q = 4 \times 10^{-6} \times 220 = 8.8 \times 10^{-4} C$$