

المحاضرة الرابعة

Electric Potential الجهد الكهربى

مقدمة

في هذا الجزء سوف ندرس التأثير الكهربى المحيط بشحنة أو أكثر فى الفراغ بواسطة الجهد الكهربى **The electric potential**. وحيث أن الجهد الكهربى كمية قياسية وبالتالى فسيكون التعامل معه أسهل فى التعبير عن التأثير الكهربى من المجال الكهربى.

فى هذا الموضوع سندرس المواضيع التالية:-

- (1) ماهية الجهد الكهربى.
- (2) علاقة الجهد الكهربى بالمجال الكهربى.
- (3) السطوح متساوية الجهد.
- (4) حركة الشحنات فى المجال الكهربائى.

بداية سوف نبدأ بتعريف الجهد الكهربى أو بمعنى أصح فرق الجهد الكهربى بين نقطتين فى مجال شحنة فى الفراغ.

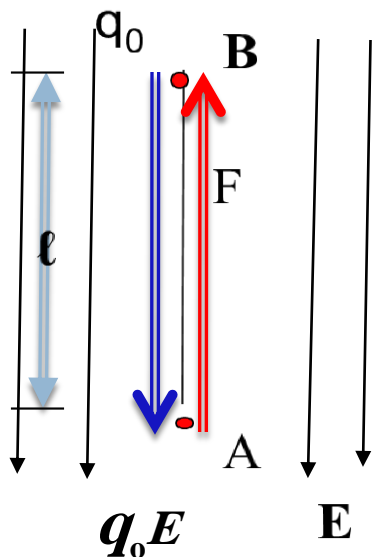
الجهد وفرق الجهد

1- عند رفع جسم فوق سطح الأرض A مسافة B فإنه سيبدل شغلا خارجيا (موجبا) لكي يتحرك ، وهذا الشغل سوف يتحول إلى طاقة وضع مخزنة في الجسم (potential energy). وطاقة الوضع هذه تزداد بازدياد البعد عن سطح الأرض لأنه بالطبع سيزداد الشغل المبذول حتى النقطة B. وإذا زال تأثير الشغل المبذول على الجسم فإنه سوف يسقط سقوطا حرا عائدا إلى وضعه الابتدائي A وبذا تقل طاقة الوضع بالتدريج إلى أن تتحول كاملة إلى طاقة حركة عند وصول الجسم الى سطح الأرض

هناك حالة مشابهة تماما . وهي الكهربائية، حيث أن كل جسيم مشحون موجود في مجال كهربائي له طاقة كهربائية تنتج عن الشغل المبذول واللازم لتحريك الجسم. مثال: فصل شحنتين متجاذبتين أو تقريب شحنتين متباعدتين في عكس المجالات الكهربائية وهذا الشغل يتحول إلى طاقة حركة لو ترك الجسيم المشحون حراً.

إذا وضعت شحنة اختبار q_0 في مجال كهربائي شدته E فإنها سوف تتحرك من نقطة قريبة من الشحنة إلى نقطة أكثر بعداً أي من B إلى A مثلاً . وفيزيائياً نقول أن الشحنة q_0 تحركت من مناطق ذات جهد كهربائي مرتفع إلى مناطق ذات جهد كهربائي منخفض. بحساب الشغل المبذول بواسطة قوة خارجية (F_{ex}) ضد القوى الكهربائية ($q_0 E$) لتحريك شحنة اختبار q_0 من A إلى B بحيث تكون دائماً في حالة اتزان أي أن :

$$F_{ex} = -q_0 E \quad (1)$$

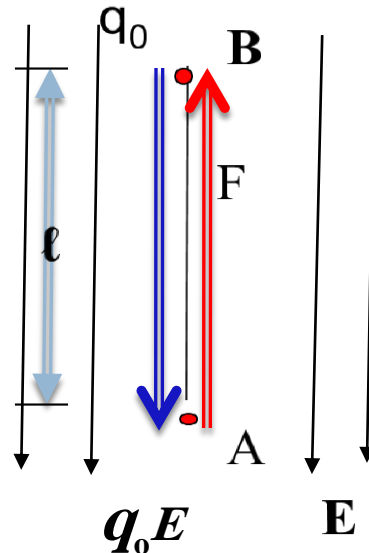


إذا فرضنا أن l تمثل مقدار الإزاحة الحادثة للشحنة فإن الشغل المبذول لعمل هذه الإزاحة يكون:

$$W_{AB} \equiv l \cdot F_{EX} \equiv -l \cdot q_0 E \quad (2)$$

ولذلك يمكن تعريف فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين A, B واقعيتين في مجال كهربائي شدة E بـ:
بأنه الشغل اللازم لنقل وحدة الشحنات الموجبة بين هاتين النقطتين عكس المجال الكهربائي.

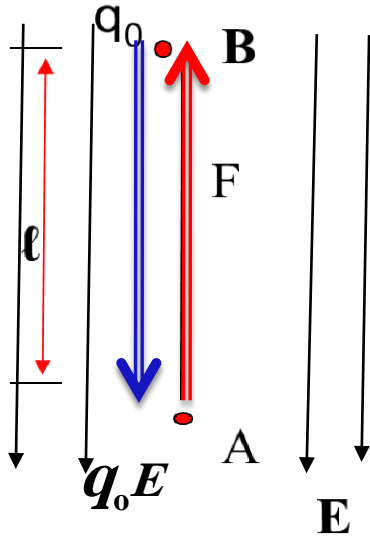
$$V_B - V_A = -W_{AB} / q_0 \quad (3)$$



د. شذى الدغفق

العلاقة بين فرق الجهد والمجال الكهربى

العلاقة فى حالة وجود مجال منتظم كحالة خاصة



كما قلنا سابقاً عند وجود شحنة اختبار q_0 فإنها سوف تتأثر بقوة المجال $q_0 E$.

****ولتحريك الشحنة من A الى B . لابد من وجود قوة خارجية لها نفس مقدار قوة المجال لكن فى الاتجاه المعاكس. وعليه فإن الشغل المبذول بتأثير هذه القوة يساوى :**

$$V_B - V_A = - W_{AB}/q_0$$

$$W_{AB} = -q_0 E \cdot \ell$$

$$V_B - V_A = -(-q_0 E \cdot \ell)/q_0 = E \cdot \ell$$

$$V_B - V_A = - W_{AB}/q_0$$

$$W_{AB} = -q_0 E \cdot \ell$$

$$V_B - V_A = -(-q_0 E \cdot \ell)/q_0 = E \cdot \ell$$

وهذه المعادلة تبين العلاقة بين فرق الجهد والمجال الكهربائي كحالة خاصة في حالة وجود مجال كهربائي منتظم .

ووحدة الجهد الكهربائي هي الفولت وتمثل وحدة شغل / وحدة شحنة $v = \text{joule/coulomb}$

أما وحدة قياس المجال هنا (فولت / متر) وهى تساوي (نيوتن لكل كولوم)

العلاقة بين طاقة الجهد والجهد الكهربائي

الشغل المبذول على الشحنة الاختبارية الموجبة ضد اتجاه المجال الكهربائي المتغلب على قوة التنافر التي بينها وبين الجسم المشحون Q

$$W_{ab} = F dr$$

$$W_{ab} = -F \int_a^b dr$$

وضعنا التكامل لأننا لم نأخذ كل المسار, وإنما جزء منه والسالب لأن الشغل المبذول عكس اتجاه قوة التنافر.

$$W_{ab} = -\frac{KqQ}{r^2} \int_a^b dr$$

$$W_{ab} = KqQ - \int_a^b \frac{dr}{r^2}$$

$$W_{ab} = KqQ - \left[\frac{1}{r} \right]_a^b$$

$$W_{ab} = KqQ \left[-\frac{1}{r_a} + \frac{1}{r_b} \right]$$

دب شدى الدفع

$$W_{ab} = KqQ \left[\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right]$$

$$W_{ab} = \frac{KqQ}{r_b} - \frac{KqQ}{r_a}$$

إذاً الشغل المبذول على الشحنة الاختبارية لكي تنتقل الشحنة من النقطة a إلى b تماثل التغير في طاقة الوضع للجسم المتحرك تحت تأثير الجاذبية الأرضية أي الشغل المبذول على الشحنة يساوي التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة أو طاقة الجهد الكهربائي للشحنة

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

$$U = \frac{KqQ}{r}$$

إذاً طاقة الجهد الكهربائي للشحنة

د. شذى الدغفق

ونتوصل إلى أن (وحيث أن من تعريف الجهد الكهربائي):

هذا التغير في طاقة الجهد الكهربائي للشحنة الاختبارية

$$V = \frac{U}{q} = \frac{KqQ}{rq} = \frac{KQ}{r}$$

وهذه النتيجة نفسها نتوصل إليها بدلالة تعريف الجهد بدلالة التغير في الشغل بالنسبة للشحنة الاختبارية

$$V_b - V_a = \frac{W_{ab}}{q} = \frac{KqQ}{q} \left[\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right]$$

$$V_b - V_a = KQ \left[\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right]$$

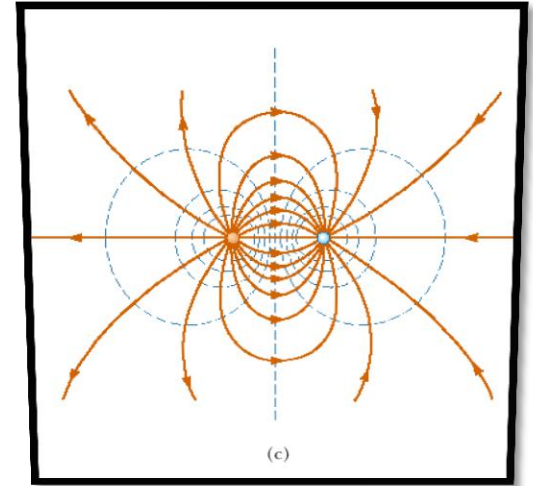
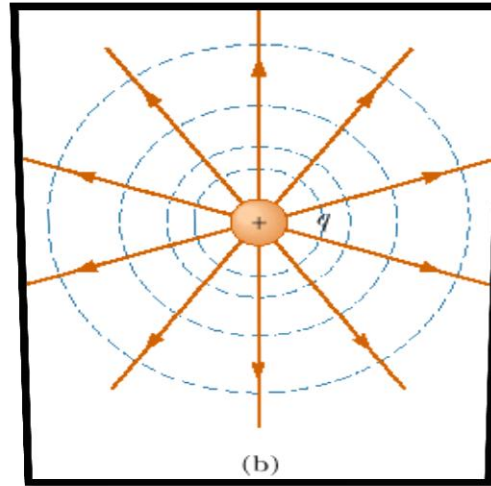
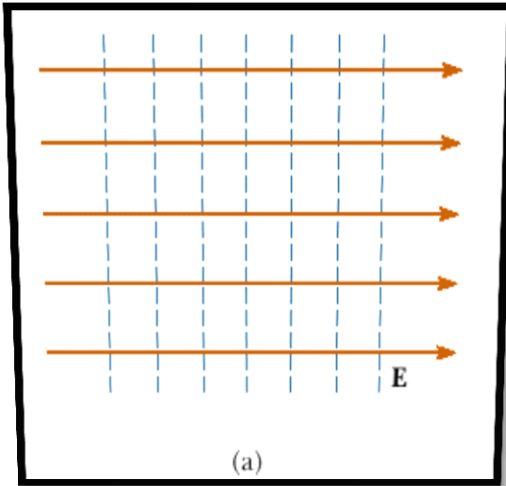
أما إذا كانت النقطة a بعيداً جداً في مالا نهاية فإن المعادلة السابقة تؤول $V_b = \frac{KQ}{r_b}$

أي أن الجهد الكهربائي لنقطة ما:

هو الشغل اللازم لنقل وحدة شحنة الاختبار الموجبة من مالانهاية إلى تلك النقطة ضد اتجاه المجال الكهربائي

الأسطح المتساوية الجهد *The equipotential surface*

هي تلك الأسطح التي يكون فيها الجهد له نفس القيمة عند كل نقطة على السطح أي أن:
 $V_B - V_A = \text{zero}$ لأي نقطة على السطح .



الأسطح المتساوية الجهد تمثل بالخطوط المتقطعة شكل A يمثل مجال كهربائي منتظم والشكل B مجال كهربائي نتيجة شحنة موجبة والشكل C يمثل ذي القطبين. وفي كل الحالات الأسطح المتساوية الجهد تكون عمودية على المجال الكهربائي.