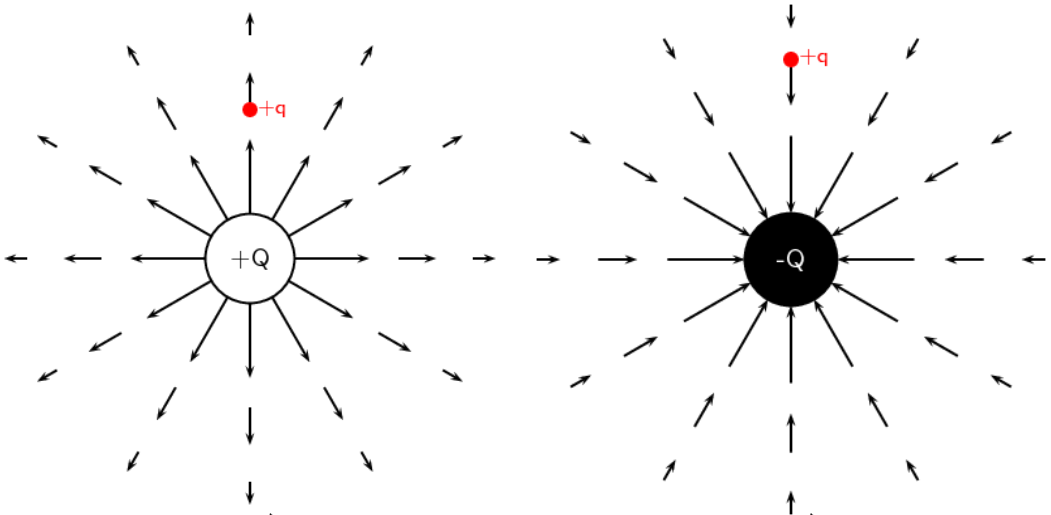
1.1- المجال الكهربائي (Electric Field)

في مطلع القرن التاسع عشر جاء العالم **ميشيل فراداي** بمفهوم المجال الكهربائي حيث صور فراداي التاثير المتبادل بين الاجسام المشحونة بانه يحدث بطريقة ما في الفضاء الذي يفصل بين الجسمين .



شكل (3a) شكل (3b)

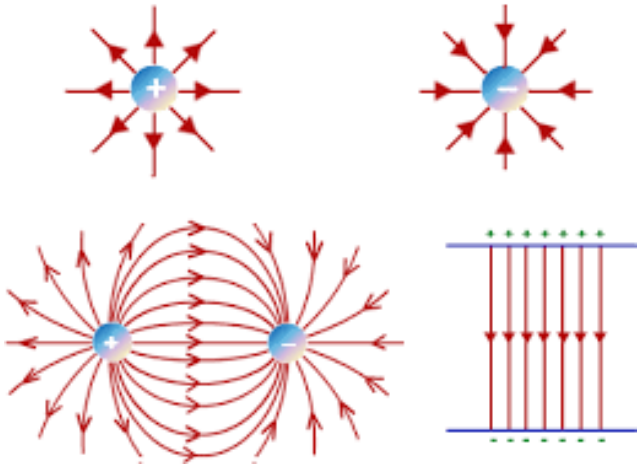
في الشكلين (3a , 3b) نلاحظ الشحنة ($+Q$, $-Q$) كيف تحدث مجالاً كهربائياً في الحيز المحيط بها وهذا المجال بدوره يؤثر على الشحنة ($+q$) بقوة ($F^{\rightarrow}$) . مما تقدم يتضح انه بالامكان عملياً التاكد من وجود مجال كهربائي في نقطة ما وبالتالي قياسه. وذلك بوضع جسم صغير يحمل شحنة اختبار مقدارها ($+q$) (وقد اتفق على ان تكون موجبة للسهولة) في الموضع المراد اختبار المجال عنده. وبقياس القوة الكهربائية ($F^{\rightarrow}$) (ان وجدت) المؤثرة على هذا الجسم يمكننا ان نتعرف على وجود المجال وشدته. وعلى هذا الاساس نستطيع ان نعرف **شدة المجال الكهربائي** ورمزها ($E^{\rightarrow}$) عند نقطة ما. **بأنها القوة المؤثرة لوحدة الشحنة على شحنة الاختبار الموجبة الموضوعه عند هذه النقطة.** اي ان :

$$\boldsymbol{E^{\rightarrow} = \frac{F^{\rightarrow}}{+q}} \qquad \text{.....} \qquad (3)$$

حيث ان ($E^{\rightarrow}$) تمثل شدة المجال الكهربائي وهي كمية متجهة واتجاهها هو نفس اتجاه ($F^{\rightarrow}$) ومن المعادلة (3) يتضح ان وحداة شدة المجال الكهربائي هي وحدة القوة مقسومة على وحدة الشحنة اي ان نيوتن/كولوم. ان وضع شحنة الاختبار في النقطة المراد اختبار المجال عندها يجب ان لا يؤثر على هذا المجال الاصلي ويغير من مقداره واتجاهه. وهذا يقتضي ان تكون شحنة الاختباراصغر ما يمكن . لذا فالتعريف الدقيق لشدة المجال الكهربائي يكون كالاتي :

$$\boldsymbol{E^{\rightarrow} = \lim_{+q\to 0} \frac{F^{\rightarrow}}{+q}} \quad \text{.....} \quad (4)$$

كما ادخل فراداي مفهوم خطوط القوة الكهربائية وعدها طريقة سهلة لتصور نماذج المجال الكهربائي (وكذلك المجال المغناطيسي) . **خط القوة هذا هو المسار الذي تسلكة شحنة اختبارية موجبة موضوعة عند نقطة ما في المجال الكهربائي .**فلو تركت هذه الشحنة طليقة لتحركت باتجاه محصلة القوى الكهربائية المؤثرة عليها $(F = +qE)$ والناتجة عن محصلة شدة المجال عند تلك النقطة. والشكل (3) يرينا خطوط القوة لمجال كهربائي ناشيء عن شحنة نقطية معزولة (او كرة مشحونة) في مستوى الشحنة. ففي هذه الحالة البسيطة تكون خطوط القوة مستقيمة ومنبعثة من الشحنة بشكل شعاعي ومتجهة اما نحو الخارج ان كانت الشحنة النقطية موجبة كما مبين في الشكل (3a) او متجة نحوالداخل ان كانت الشحنة النقطية سالبة كما مبين في الشكل(3b) فمن الواضح اذن ان اتجاه خط القوة هو نفس الاتجاه الذي تتسارع بة الشحنة الاختبارية الموجبة والحرة $+q$. وغالباً لا تكون خطوط القوة مستقيمة بل بشكل منحنيات شكل(4) يوضح ذلك.



شكل (4)

كما يمكن اعتبار كثافة خطوط القوة بمثابة قياس لمقدار شدة المجال .والمقصود بكثافة الخطوط هنا هي عدد الخطوط التي تقطع وحدة المساحة العمودية على اتجاه المجالعند النقطة المعينة . مما تقدم نستطيع ان نستخلص خاصيتين لخطوط القوة الكهربائية .تتجلى اهميتها قي حل المسائل المتعلقة بالحالات التي يكون فيها المجال متناظراً وذلك بطريقة سهلة (عند تطبيق قانون كاوس).

1- ان المماس لخط القوة عند اي نقطة في المجال يمثل اتجاه شدة المجال E في تلك النقطة.
2- ان عدد خطوط القوة لوحدة المساحة التي تقطع مساحة صغيرة عمودية على المجال عند نقطة معينة تمثل مقدار شدة المجال في تلك النقطة.

1.2- حساب شدة المجال الكهربائي (Calculation of E)

لايجاد شدة المجال الكهربائي لشحنة نقطية معزولة مقدارها q في النقطة p في الفضاء المحيط بالشحنة نفترض وجود شحنة اختبارية +q في تلك النقطة عندئذ تكون القوة F المؤثرة على $+q$ استناداً لقانون كولوم مساوية للكمية.

$$F^{\rightarrow} = k\frac{+qq}{r^2}\, r^{\rightarrow} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

حيث يمثل الرمز $r^{\rightarrow}$ وحدة المتجة بالاتجاة من q الى p كما مبين في الشكل (5) وبالتعويض عن F في المعادلة (3) نجد شدة المجال E .

$$E^{\rightarrow} = \frac{F^{\rightarrow}}{+q} = k\frac{q}{r^2}\, r^{\rightarrow} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

ان اتجاه E يكون بنفس اتجاه $r^{\rightarrow}$ (اي بعيداً عن q) على فرض ان الشحنة q هي شحنة موجبة كما مبين في الشكل (5) . اما اذا كانت q شحنة سالبة فان اتجاه E يكون بعكس اتجاه $r^{\rightarrow}$ (اي نحو q) .

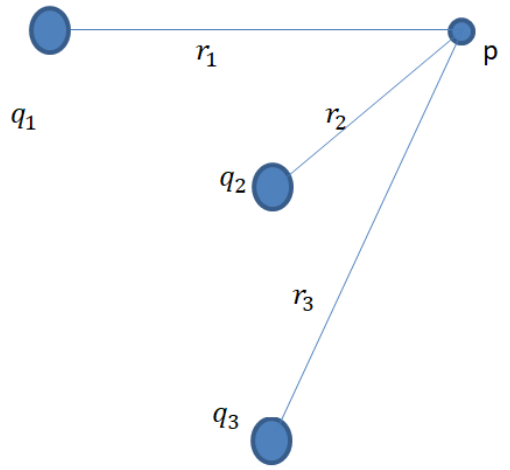
شكل(5)

ولايجاد E لعدد من الشحنات النقطية q_1 , q_2 , q_3 .....الخ التي تقع على بعد r_1 , r_2 , r_3 .....الخ من النقطة p كما في الشكل (6) . نحسب E_1 , E_2 , E_3 .....الخ لكل شحنة على حدة عند النقطة p كما لو كانت الشحنة الوحيدة الموجودة اي ان :

$$E_1^{\rightarrow} = k\frac{q_1}{r_1^2}\, r_1^{\rightarrow} \quad , \quad E_2^{\rightarrow} = k\frac{q_2}{r_2^2}\, r_2^{\rightarrow}, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

ثم نجمع هذه المجالات المحسوبة لجميع الشحنات جمعاً اتجاهياً لنحصل على المجال الكلي E عند تلك النقطة.

$$E^{\rightarrow} = E_1^{\rightarrow} + E_2^{\rightarrow} + E_3^{\rightarrow} + \dots\dots\dots = \sum E_n^{\rightarrow} \quad \dots\dots\dots\dots\dots \quad (7)$$



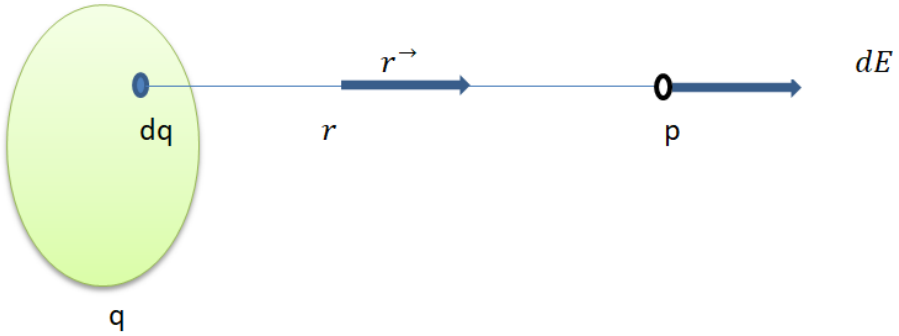
شكل (6)

اما اذا كان توزيع الشحنة متصلاً كأن تكون الشحنة موزعة على سطح جسم موصل ، او موزعة ضمن حجم معين بشكل متصل ، فبالامكان ايجاد شدة المجال الناشيء عنها عند النقطة p مثلاً ،وذلك بتقسيم الشحنة الى عدد كبير من العناصر المتناهية في الصغر كل منها يدعى dq . ثم يحسب المجال dE الناشيء عن كل عنصر عند النقطة p . وذلك بأن يعد كل عنصر وكأنه شحنة نقطية . اي

$$dE^{\rightarrow} = k\frac{dq}{r^2}\, r^{\rightarrow} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (8)$$

حيث تمثل r البعد من dq الى النقطة p كما مبين في الشكل (7) ثم يحسب المجال الكلي E باخذ التكامل الاتجاهي لجميع المجالات الناشئة من هذا العنصر اي ان

$$E^{\rightarrow} = \int dE^{\rightarrow} = k\int \frac{dq}{r^2}\, r^{\rightarrow} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (9)$$



شكل (7)

1.3- الجهد الكهربائي (The Electric Potential)

من المعلوم انة لو وضعت شحنة كهربائية في مجال كهربائي لتاثرت بقوة. وهذا يعني ان تحريك هذة الشحنة من نقطة الى اخرى يتطلب انجاز شغل وبدلالة هذا الشغل سنعرف الجهد الكهربائي (ونرمز لة بالحرف V) ليساعدنا في وصف ودراسة المجالات الكهربائية جنبا الى جنب مع شدة المجال الكهربائي E . والجهد هو كمية عددية وهذا يجعل التعامل معه رياضيا اسهل بكثير من التعامل مع الكمية الاتجاهية E . وبذلك يمكن لنا تمثيل فرق الجهد بين نقطتين (A & B)هو الشغل الخارجي(W_{AB}) المنجز لتحريك الشحنة الاختبارية q_0 بين تلك النقطتين.

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \quad \text{.....(10)}$$

وقد اصطلح ان يكون الجهد عند نقطة بعيدة بعداً كبيراً(لانهائيا) عن كل الشحنات صفراً. وعلى هذا الاساس لو اخترنا النقطة A في المالانهاية لاصبح الجهد V_A صفراً. وبالتعويض في المعادلة (8) نحصل على الجهد الكهربائي عند نقطة B . وبصورة عامة نعرف الجهد عند اية نقطة واقعة في المجال الكهربائي حسب المعادلة التالية .

$$V(volt) = \frac{W(joule)}{q_0(coulomb)} \quad \text{.....} \qquad (11)$$

اي ان **الجهد الكهربائي** عند اي نقطة **هو الشغل لوحدة الشحنة الواجب انجازة لنقل شحنة موجبة اختبارية صغيرة من المالانهاية الى تلك النقطة.**

مع التاكيد على نقطتين

- اولاً: ان تكون الشحنة الاختبارية صغيرة بحيث يكون تحريكها من نقطة لاخرى لا يغير من المجال الكهربائي الاصلي.

- ثانيا: هو اختيار نقطة مرجع (reference point) يتفق على قيمة الجهد عندها مسبقاً . وفي تعريفنا للجهد اخترنا النقطة المالانهاية واعتبرنا الجهد عندها صفراً. ففي كثير من مسائل الدوائر الكهربائية يتخذ جهد الارض مرجعا لقياس الجهد ويعتبر جهدها مساوياً للصفر.