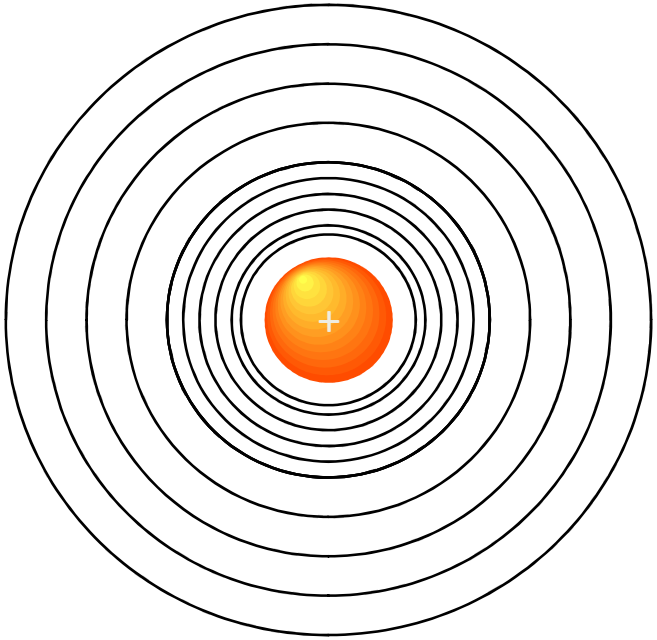
The Electric Field المجال الكهربي



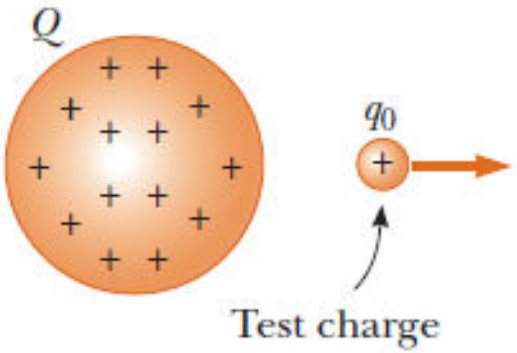
المجال الكهربي هو المجال المتكون حول جسم مشحون.

يؤثر المجال الكهربي بقوة كهربية على أي جسم مشحون يتواجد في هذا المجال.

هل هذه القوة هي نفس القوة المعبر عنها في قانون كولوم؟

This differs from the Coulomb's law concept of a force exerted at a distance, in that the force is now exerted by something—the field—that is in the same location as the charged object.

The Electric Field المجال الكهربي



ما هي قيمة المجال الكهربي الناتج عن الشحنة Q عند شحنة الاختبار q_0؟

يعَرف المجال الكهربي $\boldsymbol{E}$ المتكون عند شحنة الاختبار q_0 والناتج عن الشحنة Q، بالقوة الكهربية $\boldsymbol{F}$ التي تؤثر بها الشحنة Q على الشحنة q_0 مقسوماً على قيمة الشحنة q_0.

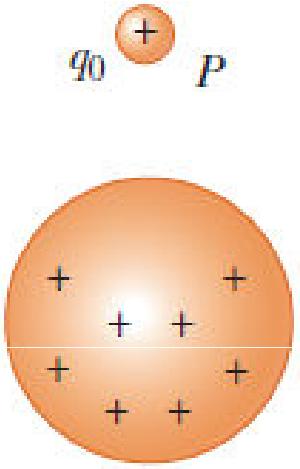
$$\boldsymbol{E} = \frac{\boldsymbol{F}}{q_0}$$

SI Unit: newton per coulomb N/C

The Electric Field المجال الكهربي

عملياً يجب أن تكون الشحنة q_0 صغيرة جداً بحيث لا تؤثر على المجال المتكون $\boldsymbol{E}$.

رياضياً حجم شحنة الاختبار q_0 لا يؤثر ولا يحدث فرقاً.

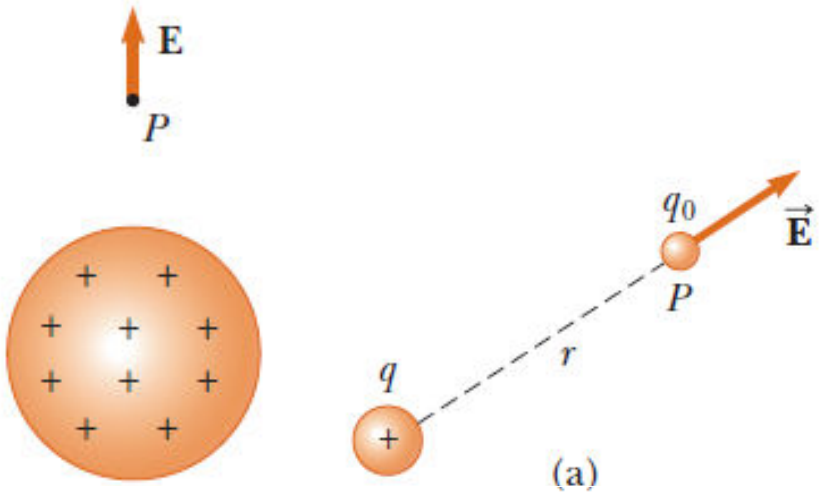


A test charge q_0 placed at P will cause a rearrangement of charge on the sphere, unless q_0 is very small compared with the charge on the sphere

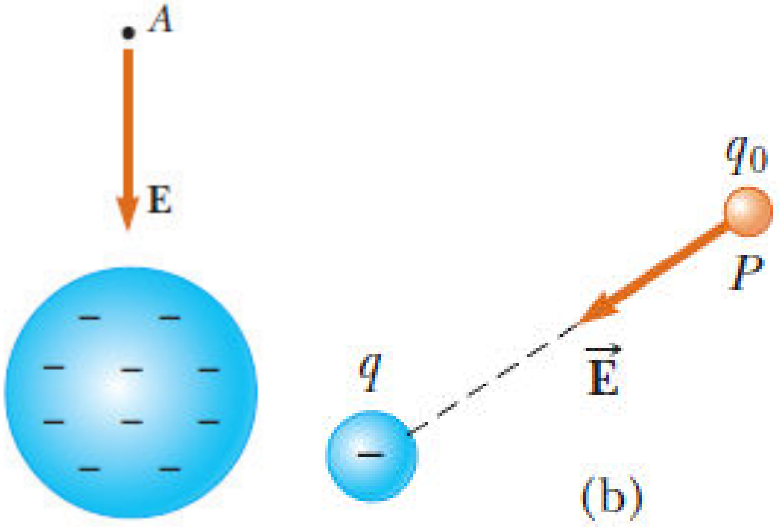
المجال الكهربي كمية متجهة فما هو اتجاهه؟

The Electric Field المجال الكهربي

اتجاه المجال الكهربي



The electric field at *P* due to the positively charged sphere is outward, away from the positive charge.



The electric field at *A due to the negatively charged* sphere is inward, toward the negative charge.

The Electric Field المجال الكهربي

أين يتواجد المجال الكهربي

An electric field exists at a point if a test charge at that point is subject to an electric force there.

يتواجد المجال الكهربي عند نقطة ما إذا كانت شحنة الاختبار q_0 عند تلك النقطة خاضعة لقوة كهربية هناك.

باعتبار شحنة نقطية q تتواجد على مسافة r من شحنة الاختبار q_0 .

حسب قانون كولوم، فإن قيمة القوة المؤثرة

$$F = k_e \frac{|q||q_0|}{r^2}$$

The Electric Field المجال الكهربي

$$F = k_e \frac{|q||q_0|}{r^2}$$

وبالتالي فإن المجال الكهربي المتكون بواسطة الشحنة q عند الشحنة q_o:

$$E = k_e \frac{|q|}{r^2}$$

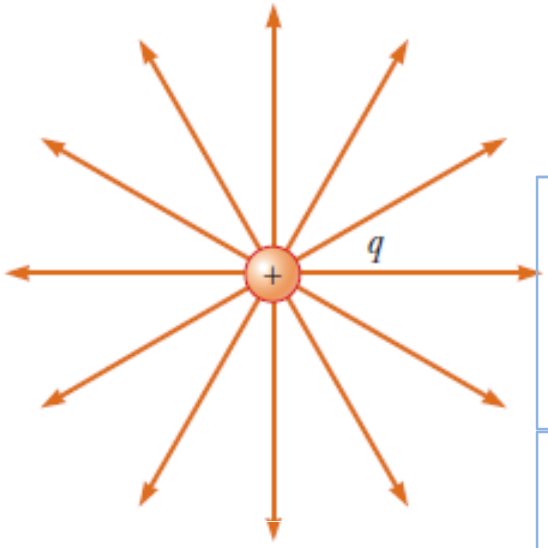
ماذا تعني هذه المعادلة

we can say that an electric field exists at point *P* whether or not there is a test charge at *P.*

It's also important to exploit any symmetry of the charge distribution. For example, if equal charges are placed at *x = a and at x = - a, the electric field is zero* at the origin, by symmetry.

The Electric Field Lines خطوط المجال الكهربي

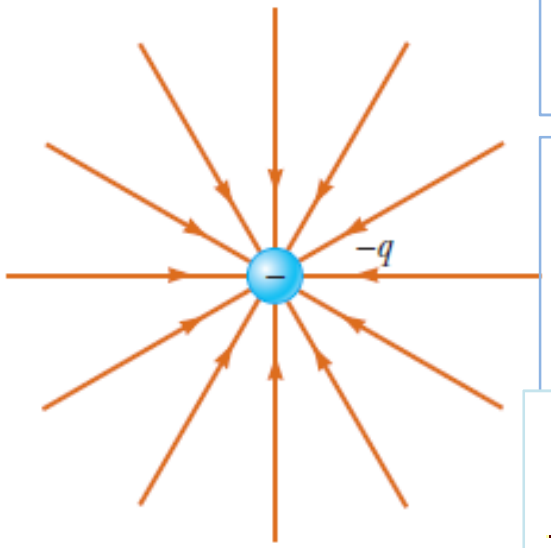
كيف يمثَل المجال الكهربي؟



اقترح فارادي رسم خطوط متجهة تمثل المجال الكهربي

تسمى خطوط المجال الكهربي **The electric field lines**

تتناسب كثافة خطوط المجال خلال سطح عمودي عليها على شدة المجال.



كلما اقتربنا من الشحنة كلما كانت الخطوط متقاربة مما يدل على زيادة شدة المجال.

$$E = k_e \frac{|q|}{r^2}$$

The Electric Field Lines خطوط المجال الكهربي

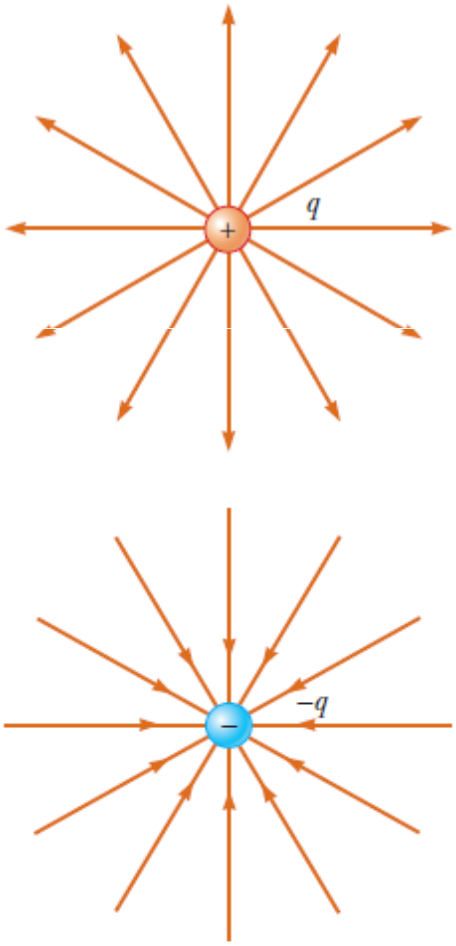
قواعد رسم خطوط المجال الكهربي

The lines must begin on positive charges (or infinity).

The lines must end on negative charges (or infinity).

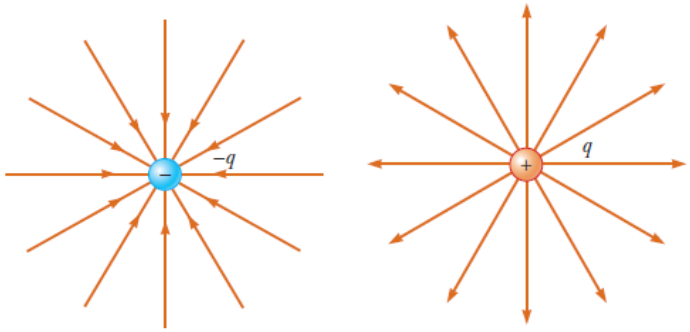
The number of lines leaving a +ve charge (or approaching a −ve charge) is proportional to the magnitude of the charge.

Electric field lines cannot cross



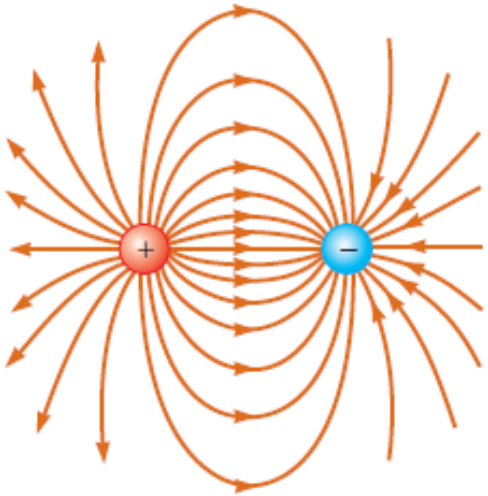
The Electric Field Lines خطوط المجال الكهربي

بعض نماذج خطوط المجال الكهربي



١ – الشحنة النقطية

٢ – ثنائي الاستقطاب الكهربي



عدد الخطوط التي تبدأ من الشحنة الموجبة تساوي العدد الذي يصل للشحنة السالبة.

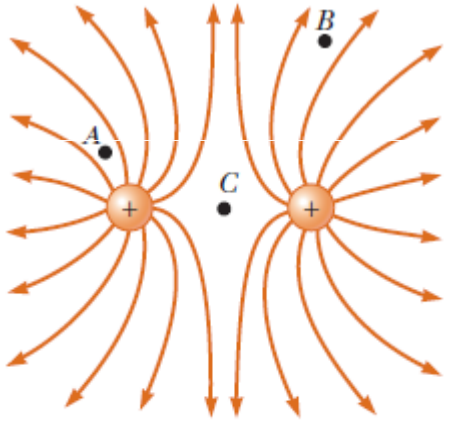
كلما اقتربنا من الشحنة كلما كانت الخطوط radial

ماذا تعني الكثافة العالية للخطوط في المنطقة بين الشحنتين؟

The Electric Field Lines خطوط المجال الكهربي

بعض نماذج خطوط المجال الكهربي

٣- شحنتان موجبتان متساويتان



Close to either charge the lines are nearly radial.

The same number of lines emerges from each charge because the charges are equal in magnitude.

At great distances from the charges, the field is approximately equal to that of a single point charge of magnitude $2q$.

The bulging out *of the electric field* lines between the charges reflects the repulsive nature of the electric force between like charges.

Also, the low density of field lines between the charges indicates a weak field in this region, unlike the dipole.

The Electric Field Lines خطوط المجال الكهربي

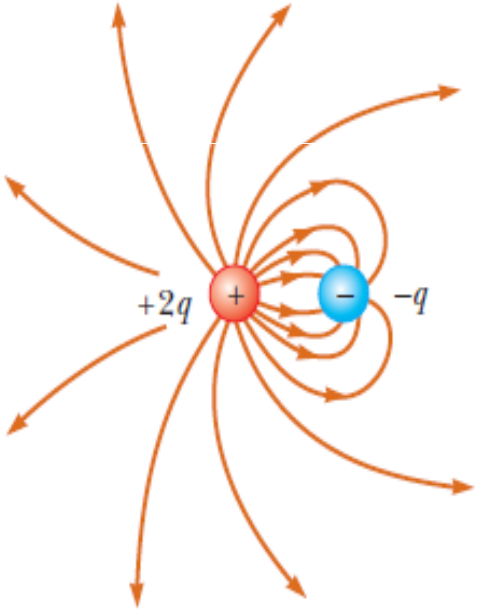
بعض نماذج خطوط المجال الكهربي

٤ – شحنة موجبة 2q+ وشحنة سالبة q-

The number of lines leaving charge +2q is twice the number terminating on charge -q.

Hence, only half of the lines that leave the positive charge end at the negative charge.

The remaining half terminate on negative charges that we assume to be located at infinity.

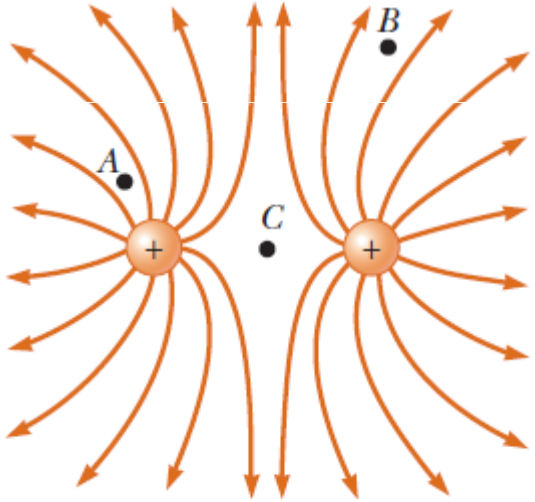


The Electric Field Lines خطوط المجال الكهربي

Quick Quiz 15.6

Rank the magnitudes of the electric field at points *A*, *B*, and *C* in Figure 15.15, with the largest magnitude first.

(a) *A*, *B*, *C* (b) *A*, *C*, *B* (c) *C*, *A*, *B* (d) Can't be determined by visual inspection



الوحدة الأولى

الفيض الكهربي وقانون جاوس Electric Flux and Gauss's Law

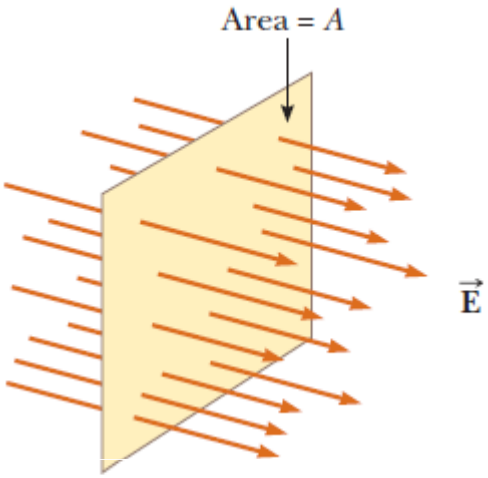
ما هو الفيض الكهربي؟

ماذا يحسب قانون جاوس؟

الفيض الكهربي هو مقياس عدد خطوط المجال التي تخترق السطح.

يربط قانون جاوس بين الفيض الكهربي خلال سطح مغلق و الشحنة الكلية داخل السطح.

الفيض الكهربائي ELECTRIC FLUX



نفرض

مجال كهربائي **E** منتظم في المقدار و الاتجاه.

خطوط المجال تخترق سطح مساحته A عمودياً على المجال.

يتناسب عدد خطوط المجال بالنسبة للمساحة N/A مع المجال **E**

$$E \alpha N/A$$

$$N \alpha EA$$

نتيجة

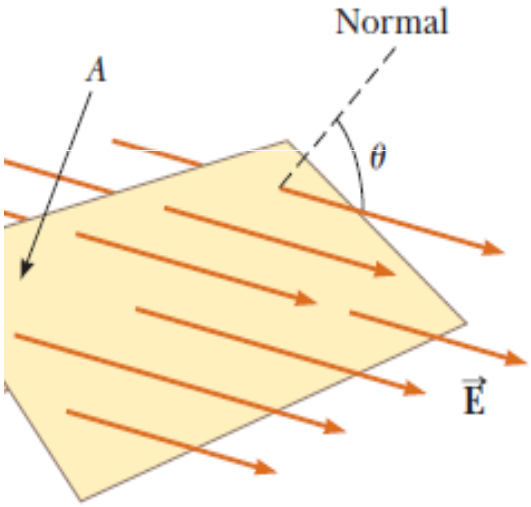
عدد خطوط المجال تتناسب مع حاصل الضرب EA

يسمى هذا المقدار الفيض الكهربائي

إذا الفيض الكهربي هو حاصل الضرب القياسي لمتجه المجال و المساحة التي تمر فيها خطوط المجال.

$$\Phi_E = E \,.\, A$$

$$\Phi_E = E\, A \cos\theta$$



الزاوية بين متجه المجال والعمودي على المساحة التي تمر فيها الخطوط

$$\Phi_E \rightarrow \frac{N.m^2}{C}$$

يقاس الفيض الكهربائي بوحدة نيوتن.متر٢/كولوم

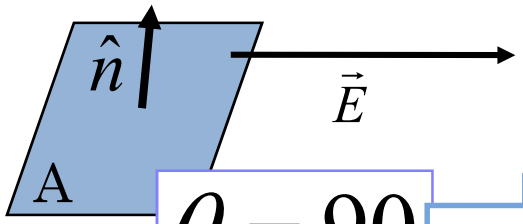
$$\Phi_E = E\ A\cos\theta$$

من المعادلة يمكن استنتاج الآتي:

تحدد قيمة الفيض الكهربي من قيم: E, A, θ

متى تكون قيمة الفيض الكهربي صفراً؟

إذا كانت خطوط المجال تمس السطح عند كل النقاط أي لا تخترقه فإن الفيض يساوي صفر.



$\theta = 90$ ⇒ $\Phi_E = E\ A\cos 90 = 0$

$$\Phi_E = E\ A \cos\theta$$

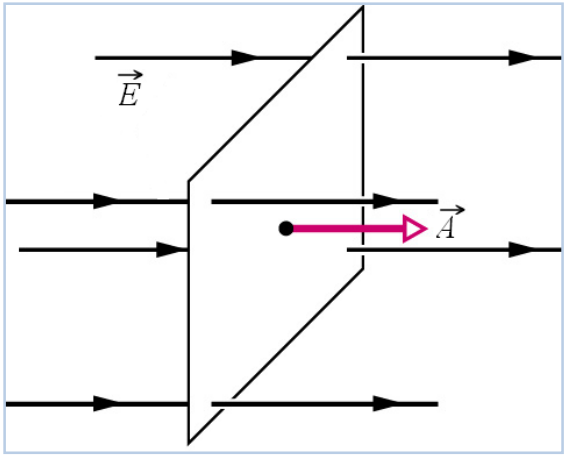
ما هي أكبر قيمة للفيض الكهربي؟

$$\Phi_E = E\ A$$

متى تكون قيمة الفيض الكهربي أكبر ما يمكن؟

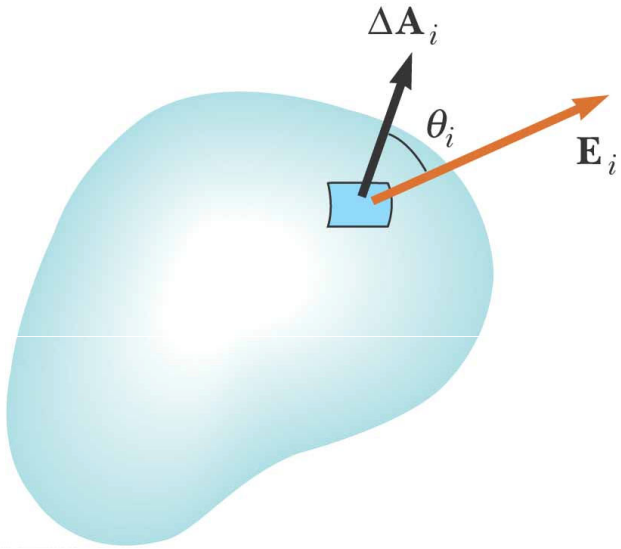
$\theta = 0$

أي إذا كان المجال الكهربي عمودي على المساحة



الفيض الكهربائي *ELECTRIC FLUX*

ما قيمة الفيض الكهربي المار خلال مساحة مغلقة غير منتظمة؟



الفيض الكهربي خلال المساحة ΔA

$$\Delta\Phi_i = E_i A_i \cos\theta$$

الفيض الكهربي الكلي خلال المساحة A

$$\Phi_E = E_i \int E.dA$$

ملاحظة ١

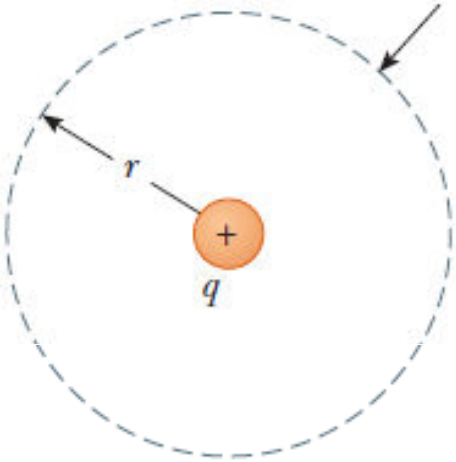
الفيض الكهربي الناتج عن مجال كهربي منتظم يمر خلال مساحة مغلقة لا تحتوي أي شحنة يساوي الصفر.

ملاحظة ٢

اصطلح اعتبار خطوط الفيض الخارجة من داخل السطح المغلق موجبة و اعتبار خطوط الفيض الداخلة له سالبة.

تساؤل

ما هو الفيض الكهربي خلال سطح كروي مغلق يحيط بشحنة q ؟



قيمة المجال الكهربي في أي نقطة على سطح الكرة:

$$E = k_e \frac{q}{r^2}$$

المجال الكهربي عمودياً على أي نقطة في سطح الكرة

لماذا؟

الفيض الكهربي خلال سطح الكرة

$$\Phi_E = EA = k_e \frac{q}{r^2} 4\pi r^2$$

الفيض الكهربائي *ELECTRIC FLUX*

$$\Phi_E = EA = k_e \frac{q}{r^2} 4\pi r^2 \Rightarrow \Phi_E = 4\pi\, k_e q$$

عادةً يُعبر عن الثابت k_e بدلالة ثابت آخر هو نفاذية الفراغ الحر ε_0

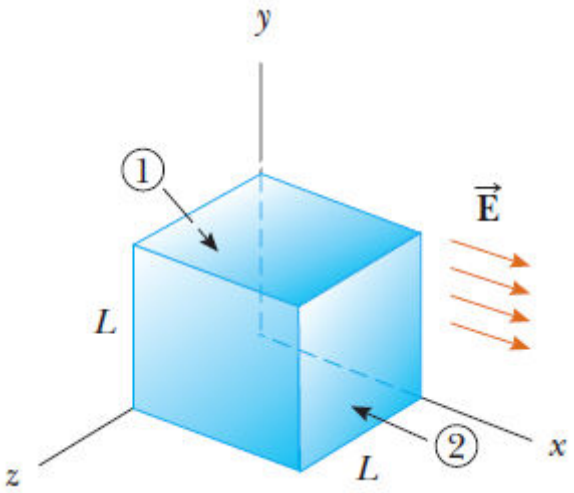
permittivity of free space

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k_e} = 8.85 \times 10^{-12}\ \mathrm{C^2/N \cdot m^2}$$

إذاً يمكن التعبير عن الفيض الكهربي الكلي خلال سطح كري بدلالة ε_0

$$\Phi_E = 4\pi\, k_e q = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

هل يمكن تعميم هذه المعادلة لحساب الفيض الكهربي الكلي خلال سطح مغلق غير منتظم؟



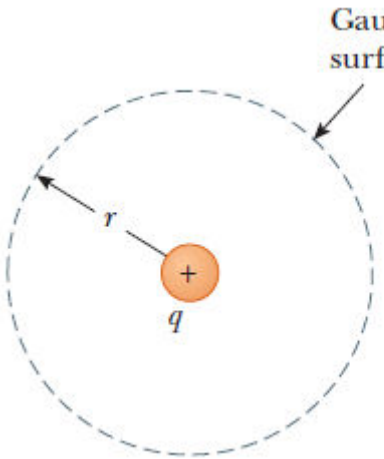
باعتبار المجال الكهربي باتجاه المحور x.
ما قيمة الفيض الكهربي المار خلال كل وجه من أوجه المكعب؟ وما قيمة الفيض الكلي؟

Strategy:

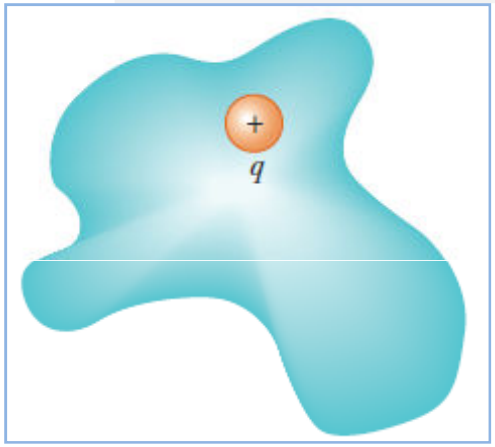
This problem involves substituting into the definition of electric flux.

E and $A = L^2$ *are the same in each case; the only difference* is the angle that the electric field makes with respect to a vector perpendicular to a given surface and pointing outward (the normal vector to the surface). The angles can be determined by inspection. The flux through a surface parallel to the *xy-plane* will be labeled *xy and further designated by position (front, back); others will be labeled* similarly: *xz top or bottom, and y z left or right.*

قانون جاوس *Gauss's Law*



نعم يمكن تعميم هذه المعادلة لحساب الفيض الكهربي الكلي خلال سطح مغلق غير منتظم؟



قانون جاوس

Gauss's Law

الفيض الكهربي Φ_E خلال أي سطح مغلق يساوي الشحنة الكلية الموجودة داخله مقسومة على الثابت ε_0

$$EA = \Phi_E = \frac{Q_{\text{inside}}}{\epsilon_0}$$