أسئلة وتمارين

Quizzes, Examples, Exercises, Problems

A suspended object A is attracted to a neutral wall. It's also attracted to a positively charged object B. Which of the following is true about object A? (1) it is uncharged, (2) It has a negative charge, (3) it has a positive charge, (4) it may be either charged or uncharged.	جسم A معلق خاضع لجذب حائط معدوم الشحنة. وهو أيضاً خاضع لجذب شحنة موجبة B. ما هو الوضع الصحيح للجسم A؟ (١ غير مشحون، (٢) مشحون سلبياً، (٣) مشحون إيجابياً، (٤) يمكن أن يكون لا مشحون ولا غير مشحون.

جواب: ٢

Object A has a charged $2\mu C$, and object B has a charge of $6\mu C$. which statement is true? (١) $\vec{F}_{AB} = -3\vec{F}_{BA}$، (٢) $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$، (٣) $3\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$.	جسم A شحنته $2\mu C$، وجسم B شحنته $6\mu C$. ما هو الوضع الصحيح: (١) $\vec{F}_{AB} = -3\vec{F}_{BA}$، (٢) $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$، (٣) $3\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$.

جواب: ٢

مثال: ذرة الهيدروجين: The Hydrogen Atom

The electron and proton of a hydrogen atom are separated (on the average) by a distance of approximately 5.3×10^{-11} m. Find the magnitudes of the electric force and the gravitational force between the two particles.

إن المسافة الفاصلة بين إلكترون وبروتون ذرة الهيدروجين تساوي تقريباً $5,3x10^{-11}$ m. المطلوب إيجاد القوة الكهربائية والقوة التجاذبية بين الجسيمين.

الحل: باستخدام قانون كولون نجد قيمة القوة الكهربائية:

Use Coulomb's law to find the magnitude of the electric force:

$$F_e = k_e \frac{|e||-e|}{r^2} = (8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$$

$$= 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

احسب تسارع الإلكترون الناتج عن القوة الكهربائية. كرر السؤال من أجل القوة التجاذبية.

(b) Compute the acceleration of the electron caused by the electric force. Repeat for the gravitational acceleration.

Use Newton's second law and the electric force found in part (a):

باستخدام قانون نيوتن الثاني والقوة الكهربائية نجد:

$$m_e a_e = F_e \rightarrow a_e = \frac{F_e}{m_e} = \frac{8.2 \times 10^{-8}\,\text{N}}{9.11 \times 10^{-31}\,\text{kg}} = 9.0 \times 10^{22}\,\text{m/s}^2$$

Use Newton's second law and the gravitational force found in part (a):

باستخدام قانون نيوتن الثاني نجد القوة التجاذبية :

$$m_e a_g = F_g \rightarrow a_g = \frac{F_g}{m_e} = \frac{3.6 \times 10^{-47}\,\text{N}}{9.11 \times 10^{-31}\,\text{kg}} = 4.0 \times 10^{-17}\,\text{m/s}^2$$

ماذا نستنتج؟

سؤال ١ : إذ تضاعفت المسافة بين الشحنتين، بأي عامل يجب أن تتغير قيمة القوة الكهربائية؟ جواب السؤال $\frac{1}{4}$

QUESTION 15.1 If the distance between two charges is doubled, by what factor is the magnitude of the electric force changed?

سؤال ٢ : (١) أوجد قيمة القوة الكهربائية بين بروتونين المسافة بينهما (1 femtometer = 10^{-15} m) تقريباً (المسافة بين بروتونين في نواة ذرة الهيليوم). (٢) إذا كان البروتونين لا يؤثر عليهما القوة النووية القوية، ماذا يجب أن يكون تسارعهما البدائي التي تسببه القوة الكهربائية المؤثرة عليهما؟

EXERCISE 15.1 (a) Find the magnitude of the electric force between two protons separated by 1 femtometer (10^{-15} m), approximately the distance between two protons in the nucleus of a helium atom. (b) If the protons were not held together by the strong nuclear force, what would be their initial acceleration due to the electric force between them?

ANSWERS (a) 2×10^{2} N (b) 1×10^{29} m/s^2

$$F_e = k\frac{e^2}{r^2}$$

$$= 8,99 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2} \frac{\left(1,6 \times 10^{-19}\right)^2}{(1 \times 10^{-15})^2} \frac{C^2}{m^2}$$

$$= 2,3 \times 10^2 N \approx 2 \times 10^2 N$$

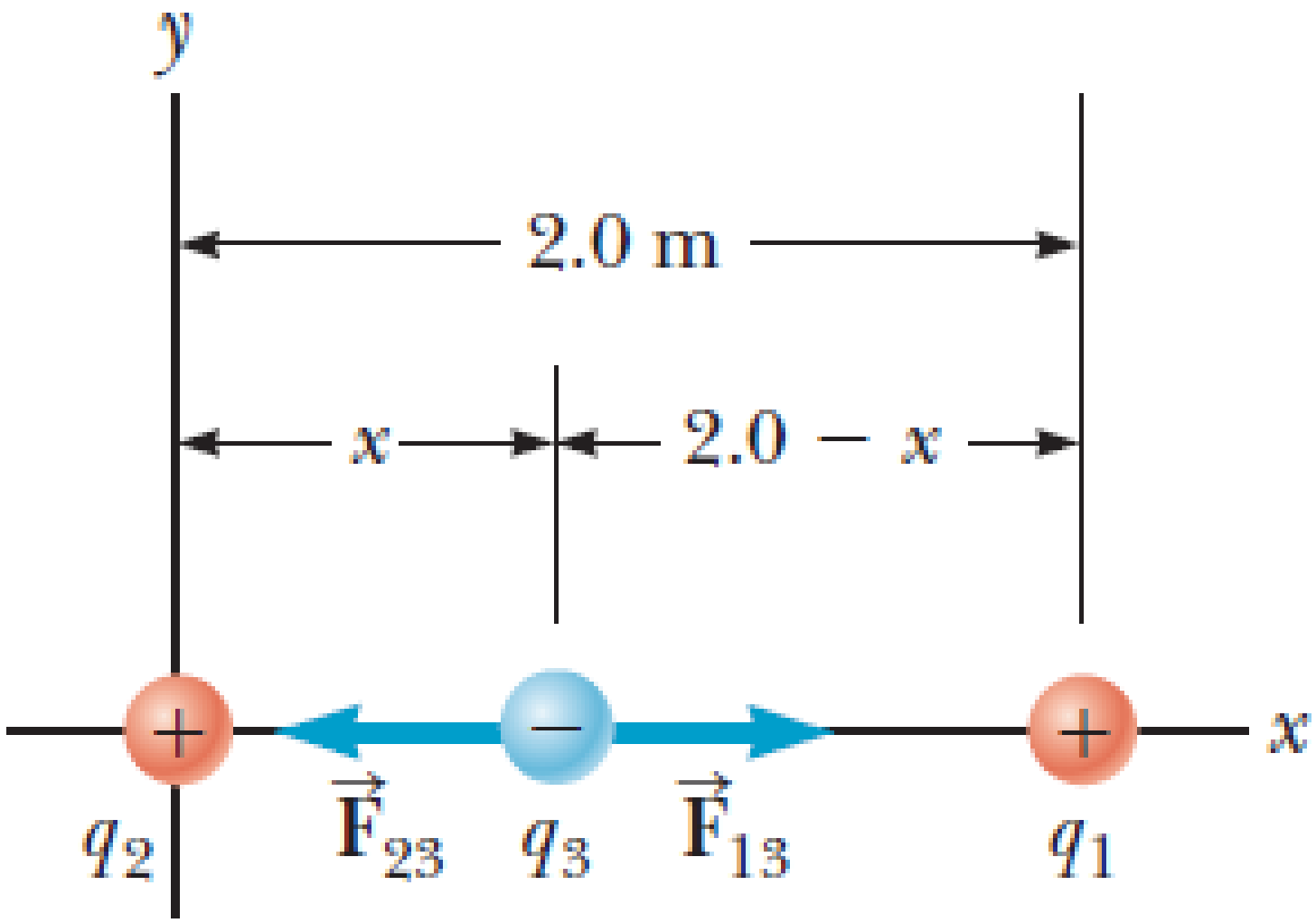
$$F_e = m_p.a_p \rightarrow a_p = \frac{F_e}{m_p}$$

$$= \frac{2 \times 10^2 N}{1,67262 \times 10^{-27} kg}$$

$$= 1,2 \times 10^{29}\left(m/s^2\right) \approx 1 \times 10^{29}\left(m/s^2\right)$$

مثال ٢ : ثلاث شحن متواجدة على استقامة واحدة كما هو موضح في الشكل المرفق. الشحنة الموجبة $q1 = 15\ \mu C$ على مسافة $x = 2{,}0\ m$ والشحنة الموجبة $q2 = 6{,}0\ \mu C$ في المبدأ. أين يجب وضع الشحنة الثالثة السالبة q3 على المحور x لكي تكون القوة المحصلة الكهربائية تساوي الصفر؟

PROBLEM Three charges lie along the *x*-axis as in Figure 15.7. The positive charge $q_1 = 15\ \mu C$ is at $x = 2.0$ m, and the positive charge $q_2 = 6.0\ \mu C$ is at the origin. Where must a *negative* charge q_3 be placed on the *x*-axis so that the resultant electric force on it is zero?


y
2.0 m
x
2.0 − x
+
−
+
x
q_2
$\vec{F}_{23}$
q_3
$\vec{F}_{13}$
q_1

حساب القوة $\vec{F}_{13}$:

$$F_{13x} = +k_e \frac{(15 \times 10^{-6}\,\mathrm{C})|q_3|}{(2.0\,\mathrm{m} - x)^2}$$

حساب القوة $\vec{F}_{23}$:

$$F_{23x} = -k_e \frac{(6.0 \times 10^{-6}\,\mathrm{C})|q_3|}{x^2}$$

بوضع المجموع مساوياً للصفر نجد أن:

$$k_e \frac{(15 \times 10^{-6}\,\mathrm{C})|q_3|}{(2.0\,\mathrm{m} - x)^2} - k_e \frac{(6.0 \times 10^{-6}\,\mathrm{C})|q_3|}{x^2} = 0$$

نضع المعادلة السابقة بالشكل:

$$6(2-x)^2 = 15x^2$$

فنحصل على المعادلة التالية:

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$6(4 - 4x + x^2) = 15x^2 \quad \rightarrow \quad 2(4 - 4x + x^2) = 5x^2$$

$$3x^2 + 8x - 8 = 0$$

$$x = \frac{-8 \pm \sqrt{64 - (4)(3)(-8)}}{2 \cdot 3} = \frac{-4 \pm 2\sqrt{10}}{3}$$

$$x = 0.77\ \text{m}$$

سؤال ١ : إذا كانت الشحنة q1 لها نفس القيمة السابقة ولكن سالبة، ما هو مجال المنطقة على طول المحور x التي يجب أن تتواجد فيها الشحنة q3 لكي تكون القوة المحصلة معدومة؟

a) x < 0 b) 0 < x < 2m c) 2m < x

سؤال 2: ثلاث شحن متواجدة على استقامة واحدة. الشحنة الموجبة $q1 = 10{,}0\mu C$ على مسافة $x = 1{,}0\ m$
والشحنة السالبة $q2 = -2{,}0\ \mu C$ موضوعة في المبدأ.
أين يجب وضع الشحنة الثالثة الموجبة $q3$ على المحور x لكي تكون القوة المحصلة الكهربائية تساوي الصفر؟

الجواب: x = - 0,809 m

سؤال ١ : رتب قيمة الحقل الكهربائي في النقط (A,B,C) كما هو مبين في الشكل ابتداءً بالقيمة الأكبر؟

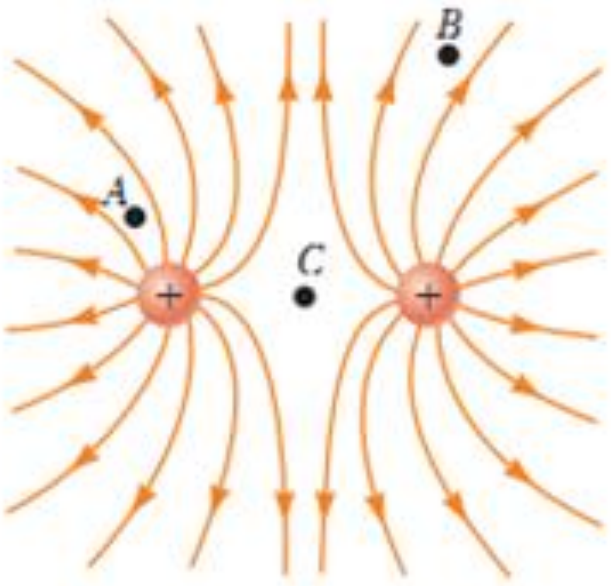
(a) A, B, C (b) A, C, B (c) C, A, B

(d) الجواب لا يمكن تحديده بالرؤية

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) The answer can't be determined by visual inspection.



قانون غوص
Gauss's Law

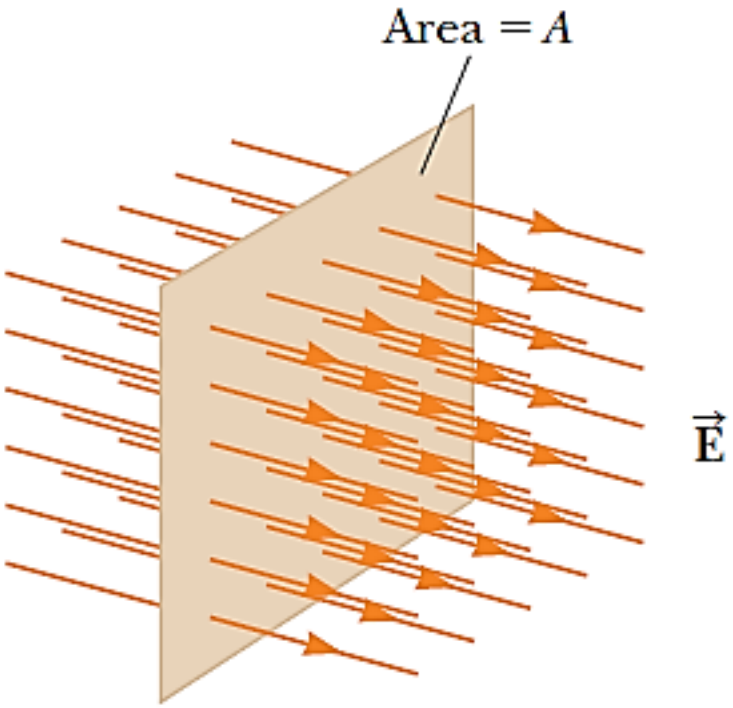
١- مقدمة: Introduction

تم، في الفقرات السابقة، حساب الحقل الكهربائي المتولد عن توزع معطى للشحنة بآلية المجموع أو التكامل على هذا التوزع. الآن سيتم وصف وشرح قانون غوص الذي يُعتبر آلية بديلة لحساب الحقول الكهربائية. يعتمد قانون غوص على خاصية مقلوب مربع البعد للقوة الكهربائية بين الشحن النقطية. وقانون غوص هو نتيجة مباشرة لقانون كولون، وهو مهم لفهم التحقق من خصائص النواقل في التوازن الكهراكدي أو التوازن الكهربائي الساكنة.

2- التدفق الكهربائي: Electric Flux

Field lines representing a uniform electric field penetrating a plane of area A perpendicular to the field.

خطوط الحقل تُمثل حقل كهربائي منتظم يعبر سطح مستوي A عمودي على الحقل.



$$\Phi_E = E.A$$

يُقدر التدفق، بالجملة الدولية (SI)، بوحدة النيوتن مضروباً بالمتر المربع مقسوماً على الكولون ($N.m^2/C$). إن تدفق الحقل الكهربائي يتناسب مع عدد خطوط الحقل الكهربائي التي تعبر السطح المعتبر.

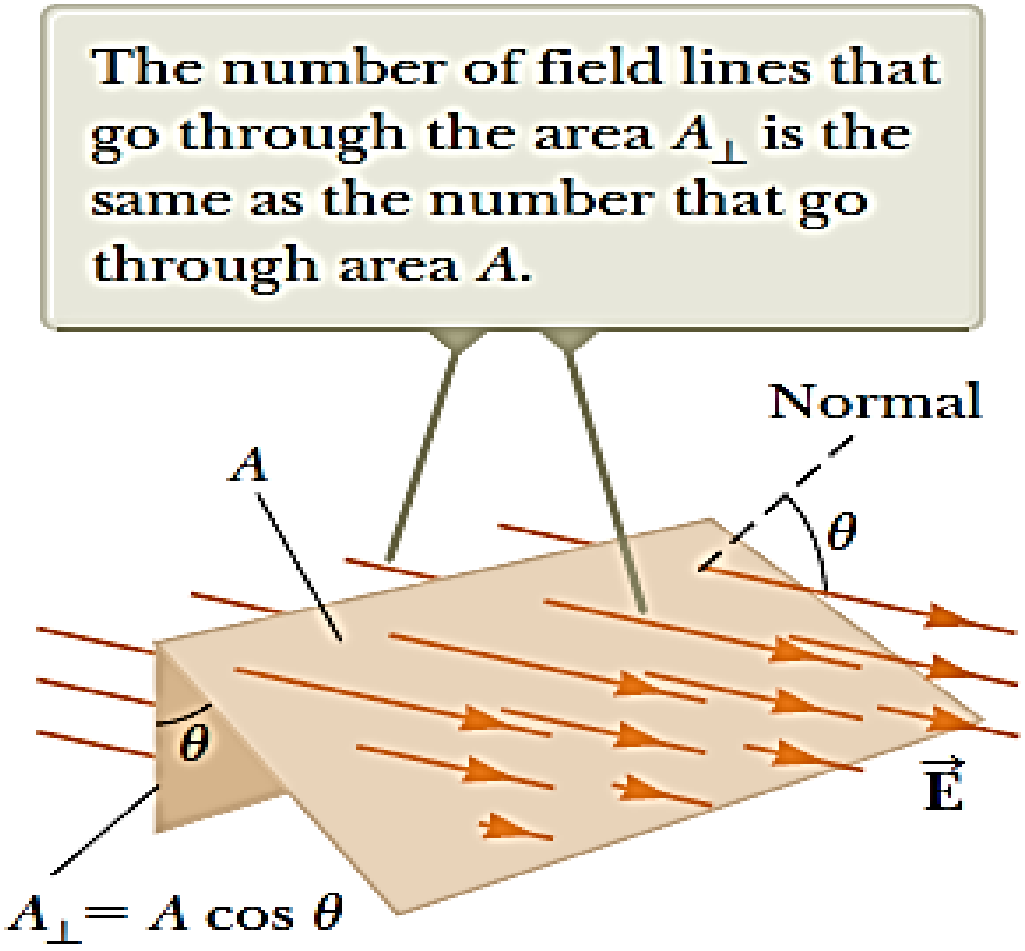
Field lines representing a uniform electric field penetrating an area A that is at angle θ to the field.

خطوط الحقل تُمثل حقل كهربائي منتظم يعبر سطح A يصنع زاوية قدرها θ بالنسبة للحقل.

$$\Phi_E = E.A_{\perp} = E.A.cos\theta$$

$$\theta = 0^o \rightarrow \Phi_E = E.A$$

$$\theta = 90^o \rightarrow \Phi_E = 0$$


The number of field lines that go through the area $A_\perp$ is the same as the number that go through area A.
Normal
A
θ
θ
$\vec{E}$
$A_\perp = A \cos \theta$

Summary

Definition

Electric flux is proportional to the number of electric field lines that penetrate a surface. If the electric field is uniform and makes an angle θ with the normal to a surface of area A, the electric flux through the surface is

$$\Phi_E = EA\cos\theta \qquad (24.2)$$

In general, the electric flux through a surface is

$$\Phi_E = \int_{\text{surface}} \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} \qquad (24.3)$$

تعريف:

التدفق الكهربائي يتناسب مع عدد خطوط الحقل الكهربائي التي تدخل سطح ما. إذا كان الحقل الكهربائي منتظم ويصنع زاوية θ مع الناظم على السطح A، فالتدفق الكهربائي عبر السطح يساوي:

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

بشكل عام، التدفق الكهربائي عبر سطح يساوي:

$$\Phi_E = \int_{surface} \vec{E}.d\vec{A}$$

Concepts and Principles

Gauss's law says that the net electric flux Φ_E through any closed gaussian surface is equal to the *net* charge q_{in} inside the surface divided by ϵ_0:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \qquad (24.6)$$

Using Gauss's law, you can calculate the electric field due to various symmetric charge distributions.

يـنص قـانون غـوص علـى أن التـدفق الكهربائي

Φ_E

عبـر سـطح غوصـي مغلـق يسـاوي إلـى الشـحنـة الصـافية الموجودة داخل q_{in} السطح مقسوماً على ε_0:

$$\Phi_E = \int_{surface} \vec{E}.d\vec{A} = q_{in}/\varepsilon_0$$

A conductor in **electrostatic equilibrium** has the following properties:

1. The electric field is zero everywhere inside the conductor, whether the conductor is solid or hollow.
2. If the conductor is isolated and carries a charge, the charge resides on its surface.
3. The electric field at a point just outside a charged conductor is perpendicular to the surface of the conductor and has a magnitude σ/ϵ_0, where σ is the surface charge density at that point.
4. On an irregularly shaped conductor, the surface charge density is greatest at locations where the radius of curvature of the surface is smallest.

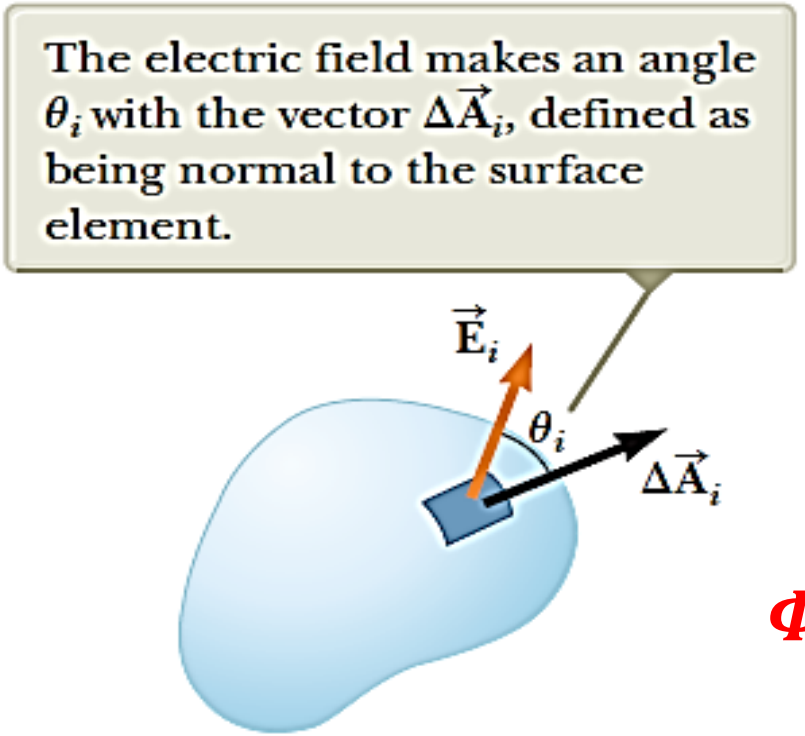
يتمتع الناقل في حالة التوازن الكهربائي الساكن (الكهراكدي) بالخواص التالية:

١- الحقل الكهربائي معدوم داخل الناقل، إذا كان الناقل مصمت أو أجوف (مجوف).

٢- إذا كان الناقل معزول ويحمل شحنة، فالشحنة ستبقى على السطح.

٣- إن الحقل الكهربائي في نقطة خارج الناقل المشحون عمودي على سطح الناقل وقيمته تساوي σ/ε_0 حيث σ كثافة الشحنة السطحية في تلك النقطة.

٤- في الناقل غير المنتظم، فإن كثافة الشحنة السطحية أكبر في المواضع حيث نصف قطر الانحناء للسطح أصغر.



$$\Phi_{E,i} = E_i . \Delta A_i cos\theta_i = \vec{E}_i . \Delta\vec{A}_i$$

يتعلق التدفق بشكل الحقل وبالسطح

$$\Phi_E = \int_{surface} \vec{E} . d\vec{A}$$

Definition of electric flux

A closed surface in an electric field. The area vectors are, by convention, normal to the surface and point outward

سطح مغلق في حقل كهربائي. شعاع السطح، اصطلاحاً، عمودي على السطح عند نقطة الخروج.

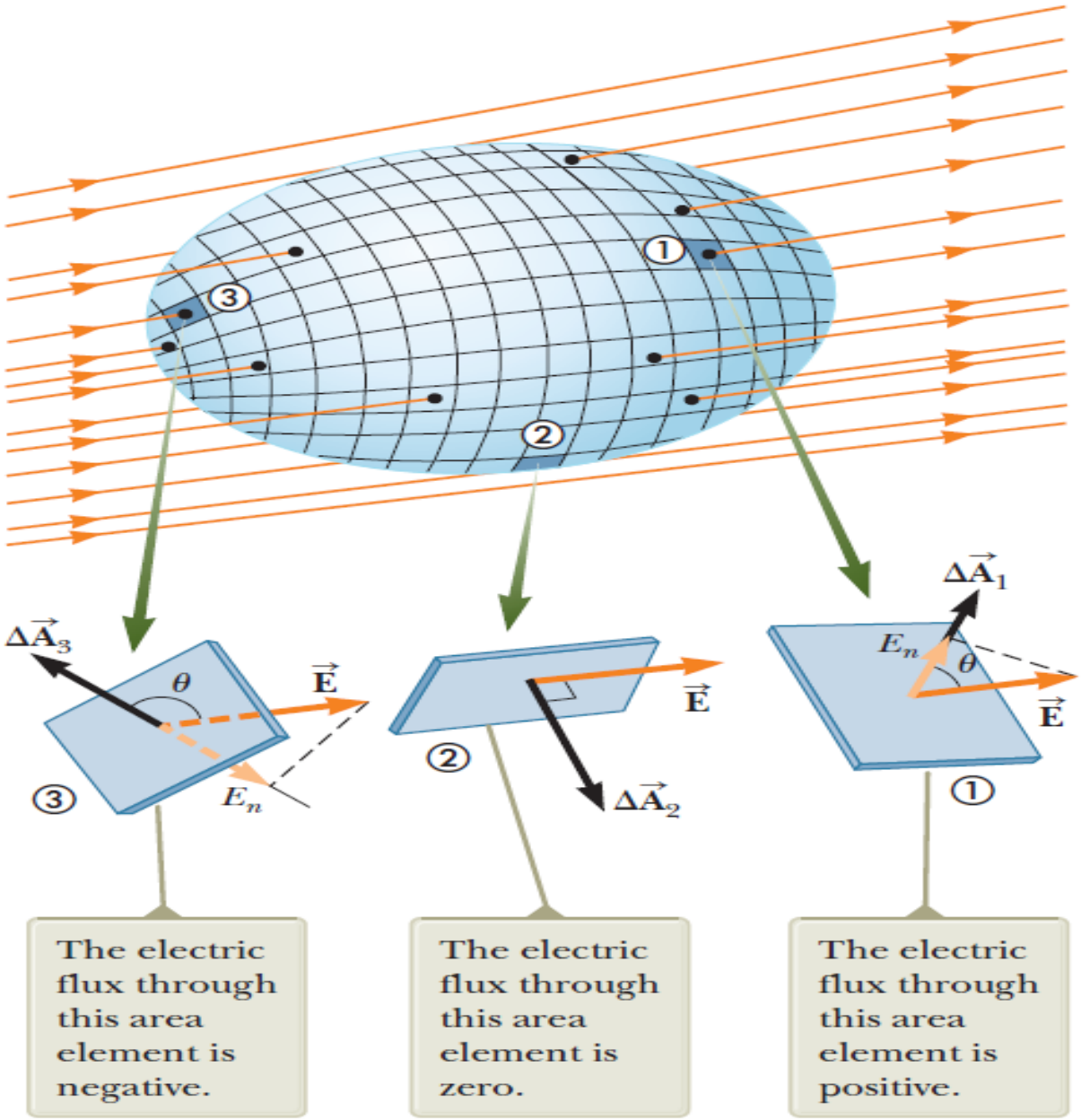
(1) $\theta < 90^o$

(2) $\theta = 90^o$

(3) $180^o > \theta > 90^o$

$$\Phi_E = \oint \vec{E}.d\vec{A} = \oint E_n.dA \qquad (4)$$

حيث E_n **المركبة الناظمية للحقل الكهربائي على السطح.**



سالب معدوم موجب

مثال (١): التدفق عبر مكعب: Flux Through a Cube

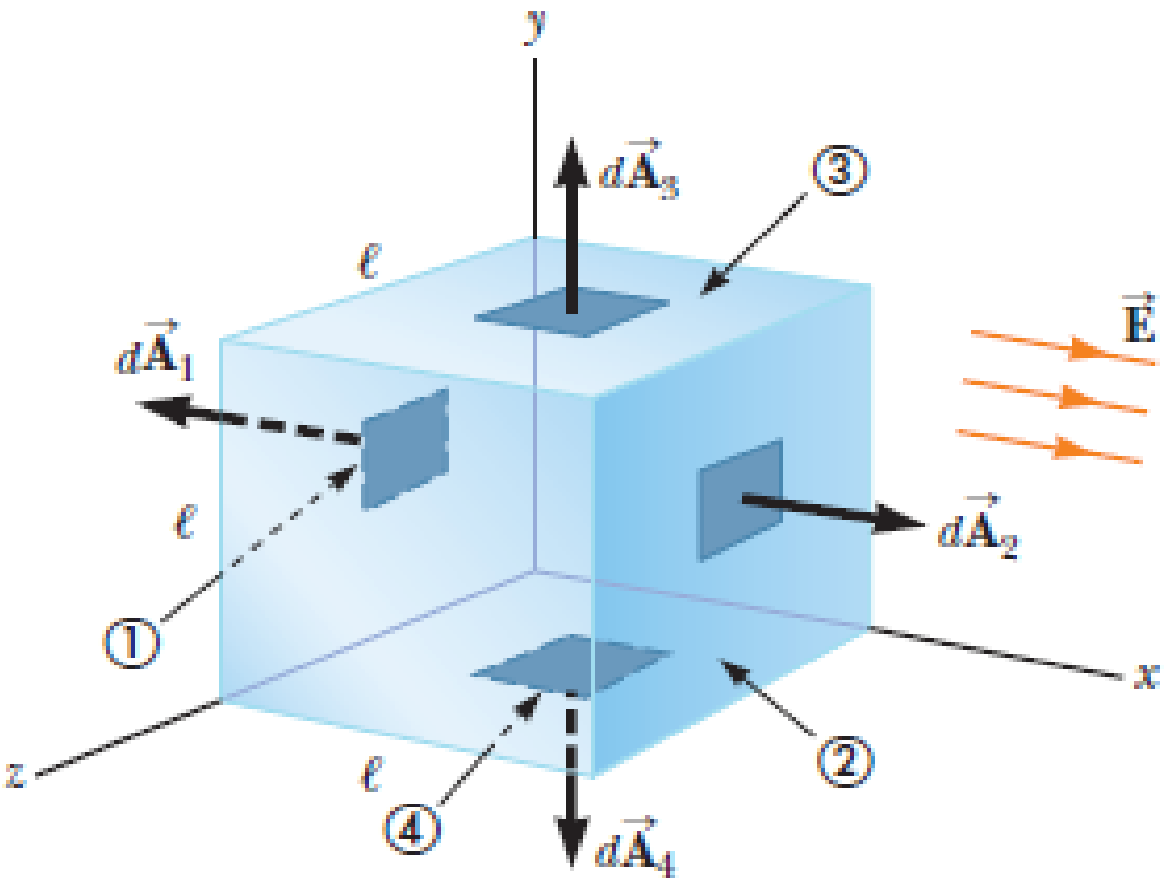


Figure 24.5 (Example 24.1) A closed surface in the shape of a cube in a uniform electric field oriented parallel to the *x* axis. Side ④ is the bottom of the cube, and side ① is opposite side ②.

مثال (١): التدفق عبر مكعب: Flux Through a Cube

$$\Phi_E = \int_1 \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} + \int_2 \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

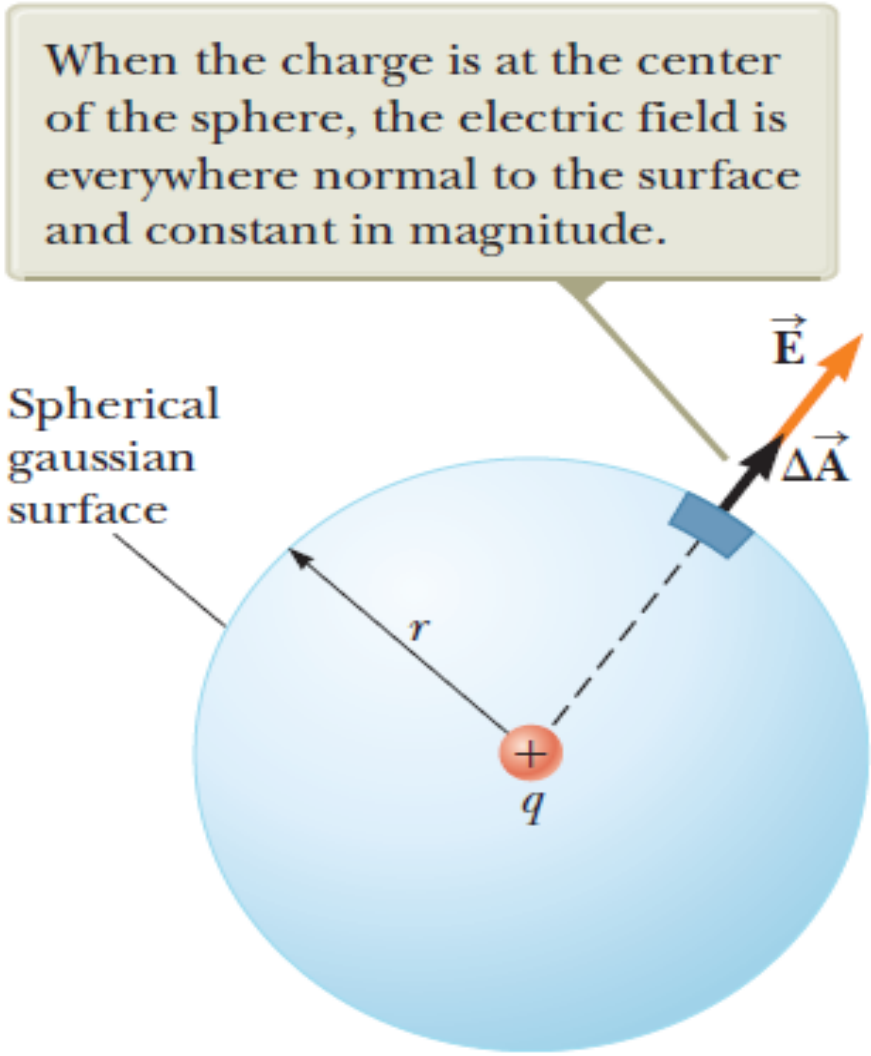
$$\int_1 \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \int_1 E(\cos 180°)\, dA = -E\int_1 dA = -EA = -E\ell^2$$

$$\int_2 \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{A}} = \int_2 E(\cos 0°)\, dA = E\int_2 dA = +EA = E\ell^2$$

$$\Phi_E = -E\ell^2 + E\ell^2 + 0 + 0 + 0 + 0 = \boxed{0}$$

مثال (٢): التدفق عبر سطح كروي:

Flux Through a spherical Gaussian surface



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

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

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

$$\Phi_E = 4\pi k_e q = \frac{q}{\epsilon_0}$$

A spherical Gaussian surface of radius r surrounding a positive point charge q.

سطح غوصي كروي الشكل نصف قطره r يحيط بشحنة نقطية q.

$$\vec{E}_i . \Delta\vec{A}_i = E_i . \Delta A_i cos\theta = E_i . \Delta A_i$$

$$\Phi_E = \oint \vec{E} . d\vec{A} = \oint E\, dA = E \oint dA$$

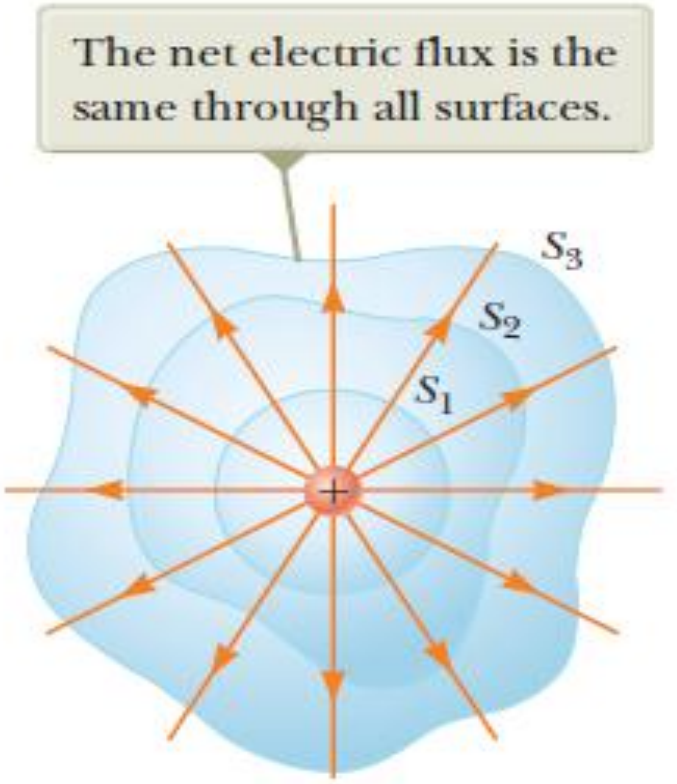
$$E = k_e \frac{q}{r^2} \quad , \qquad \oint dA = 4\pi r^2$$

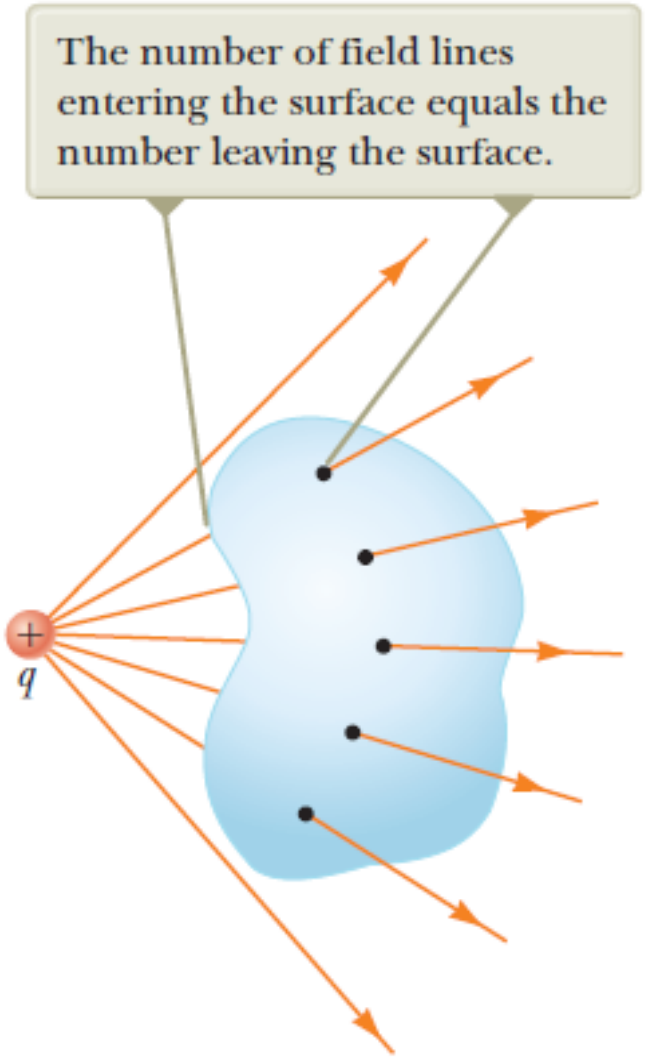
$$\Phi_E = k_e \frac{q}{r^2} \left(4\pi r^2\right) = 4\pi k_e q$$

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \rightarrow \Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Closed surfaces of various shapes surrounding a positive charge.

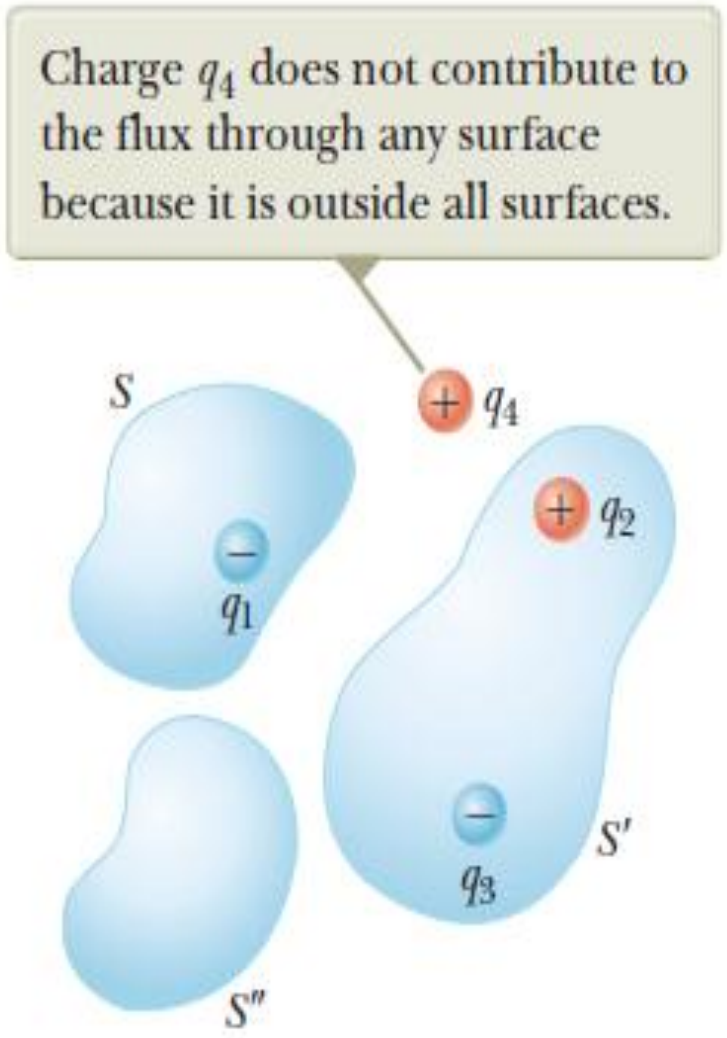
سطوح متنوعة مغلقة تحيط بشحنة موجبة.





A point charge located outside a closed surface.

شحنة نقطية خارج سطح مغلق.
إن خط الحقل الذي يدخل السطح بنقطة، يخرج من هذا السطح بنقطة أخرى، أي أن عدد خطوط الحقل الداخلة يساوي إلى عدد الخطوط الخارجة. أي أن تدفق الحقل الكهربائي عبر سطح غير مغلق يساوي الصفر.



The net electric flux through any closed surface depends only on the charge inside that surface. The net flux through surface S is $\frac{q_1}{\epsilon_0}$, the net flux through surface S' is $\frac{(q_2+q_3)}{\epsilon_0}$, and the net flux through S'' is zero.

إن التدفق الصافي للحقل الكهربائي عبر سطح مغلق يتعلق فقط بالشحنة الموجودة داخل السطح. التدفق الصافي للحقل عبر السطح S هو $\frac{q_1}{\epsilon_0}$ ، وعبر السطح S'' هو صفر.

The electric flux Φ_E through any closed surface is equal to the net charge inside the surface, Q_{inside}, divided by ϵ_0:

$$\Phi_E = \frac{Q_{\text{inside}}}{\epsilon_0} \qquad [15.11]$$

التدفق الكهربائي Φ_E عبر سطح مغلق يساوي إلى الشحنة داخل السطح Q_{inside} مقسوماً على ε_0 :

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