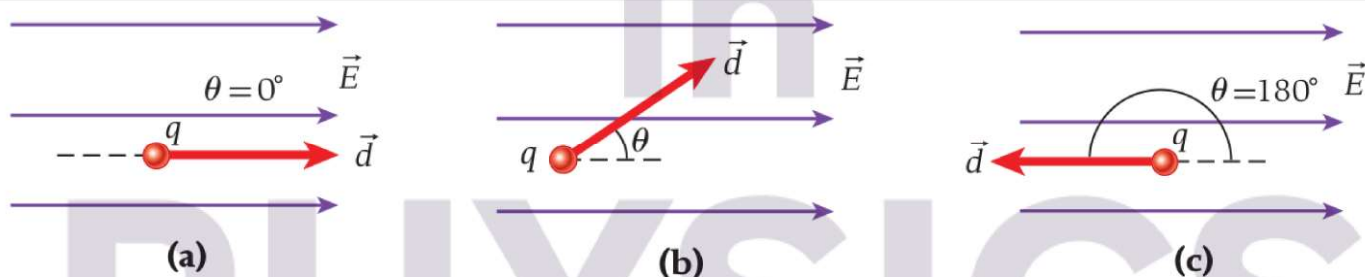


Unit 3

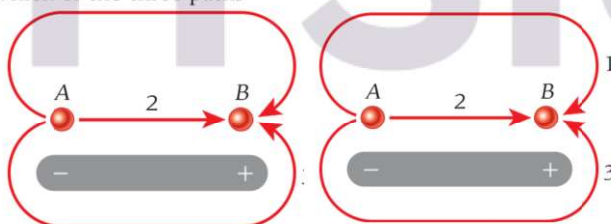
Solve problems involving electric potential energy

Calculate the potential energy of a system of pair of charged particles



3.8 A positive point charge is to be moved from point A to point B in the vicinity of an electric dipole. Which of the three paths shown in the figure will result in the most work being done by the dipole's electric field on the point charge?

- path 1
- path 2
- path 3
- The work is the same on all three paths.

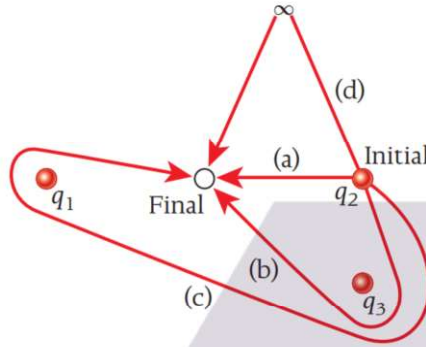


3.8 شحنة نقطية موجبة يراد تحريكها من النقطة A إلى النقطة B بالقرب من ثنائي قطب كهربائي. أي من المسارات الثلاثة المبينة في الشكل سيؤدي إلى بذل المجال الكهربائي لثنائي القطب أكبر شغل على الشحنة النقطية؟

- المسار 1
- المسار 2
- المسار 3

(d) الشغل واحد في المسارات الثلاثة.

Three identical positive point charges are located at fixed points in space. Then charge q_2 is moved from its initial location to a final location as shown in the figure. Four different paths, marked (a) through (d), are shown. Path (a) follows the shortest line; path (b) takes q_2 around q_3 ; path (c) takes q_2 around q_3 and q_1 ; path (d) takes q_2 out to infinity and then to the final location. Which path requires the least work?



وضعت ثلاث شحنات نقطية موجبة متماثلة تماماً عند نقاط ثابتة في الفضاء. ثم حركت الشحنة q_2 من موقعها الابتدائي إلى موقع نهائي كما هو موضح في الشكل. وموضح أربعة مسارات مختلفة مميزة بالترقيم (a) إلى (d). يتبع المسار (a) أقصر خط؛ وينقل المسار (b) الشحنة q_2 مروراً بالشحنة q_3 ؛ وينقل المسار (c) الشحنة q_2 مروراً بالشحنة q_3 و q_1 ؛ وينقل المسار (d) الشحنة q_2 إلى ما لا نهاية ثم إلى الموقع النهائي. ما المسار الذي يتطلب أقل شغل؟

- a) path (a) d) path (d)
b) path (b) e) The work is the same for all the paths.
c) path (c)

- (a) المسار (a) (d) المسار (d)
(b) المسار (b) (e) الشغل واحد في المسارات كلها.
(c) المسار (c)

3.24 في جزيئات كلوريد الصوديوم الغازي، يحتوي أيون الكلوريد على إلكترون واحد أكثر من عدد البروتونات، ويحتوي أيون الصوديوم على بروتون واحد أكثر من عدد الإلكترونات. ويفصل بين هذه الأيونات مسافة 0.236 nm تقريباً. ما مقدار الشغل اللازم بذله لزيادة المسافة بين الأيونين إلى 1.00 cm ؟

3.24 In molecules of gaseous sodium chloride, the chloride ion has one more electron than proton, and the sodium ion has one more proton than electron. These ions are separated by about 0.236 nm . How much work would be required to increase the distance between these ions to 1.00 cm ?

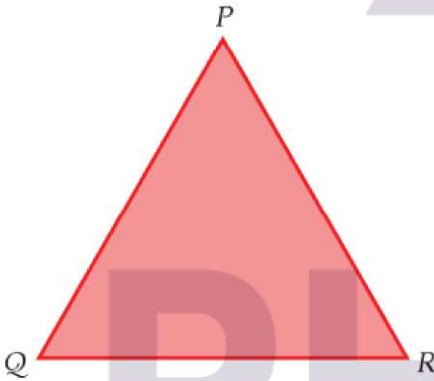
PHYSICS

If the electric potential energy of a system of two negative point charges is (24.0J). What is the electric potential energy of the system when the distance between the two charges is tripled?

إذا كانت طاقة الوضع الكهربائية لنظام مكون من شحنتين نقطيتين سالبتين تساوي (24.0J). ما طاقة الوضع الكهربائية للنظام عندما تتضاعف المسافة بين الشحنتين ثلاث مرات؟

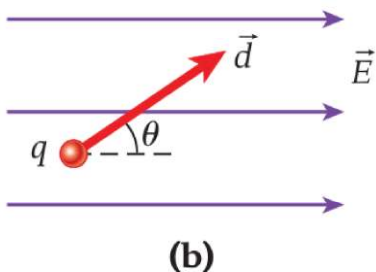
What is the potential energy of a system of three $2 \mu\text{C}$ charges arranged in an equilateral triangle of side 20 cm?

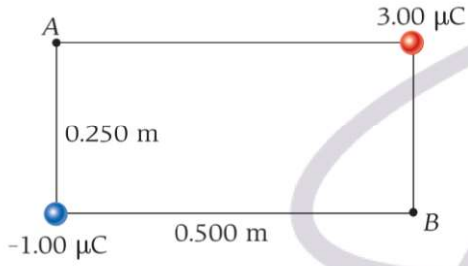
ما مقدار طاقة الوضع الكهربائية لنظام مكون من ثلاث شحنات مقدار كلاً منها $2 \mu\text{C}$ على زوايا مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه 20 cm ؟



A proton is released from rest in electric field 300.0 N/C pointing to positive x-direction. Calculate the change in electric potential energy if it moved 10.0 cm making an angle 60.0° with the electric field.

تحرّر بروتون من السكون في مجال كهربائي 300.0 N/C يشير إلى الاتجاه الموجب x. احسب التغير في طاقة الوضع الكهربائي إذا تحرك 10.0 cm مكوّنًا زاوية 60.0° درجة مع المجال الكهربائي.





3.33 توجد شحنتان نقطيتان في زاويتي مستطيل، كما هو مبين في الشكل.

(a) ما مقدار الجهد الكهربائي عند النقطة A ؟

(b) ما مقدار فرق الجهد بين النقطتين A و B ؟

3.33 Two point charges are located at two corners of a rectangle, as shown in the figure.

a) What is the electric potential at point A?

b) What is the potential difference between points A and B?

PHYSICS

Concept Check 3.4

What is the electric potential 45.5 cm away from a point charge of 12.5 pC?

- a) 0.247 V
- b) 1.45 V
- c) 4.22 V
- d) 10.2 V
- e) 25.7 V

مراجعة المفاهيم 3.4

ما قيمة الجهد الكهربائي على بُعد 45.5 cm من شحنة نقطية مقدارها 12.5 pC؟

- a) 0.247 V
- b) 1.45 V
- c) 4.22 V
- d) 10.2 V
- e) 25.7 V

A **negative** electric charge of $q = -20\mu\text{C}$ is placed on the x – axis at point $x = 2.0\text{ m}$. Find the **electric potential** at $x = 5.0\text{ m}$.

(Use $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$, $1.0\mu = 1.0 \times 10^{-6}$).

وُضعت شحنة كهربائية **سالبة** مقدارها $q = -20\mu\text{C}$ على المحور الأفقي (محور- x) عند نقطة $x = 2.0\text{ m}$. أوجد **الجهد الكهربائي** الناتج عن الشحنة عند النقطة $x = 5.0\text{ m}$.

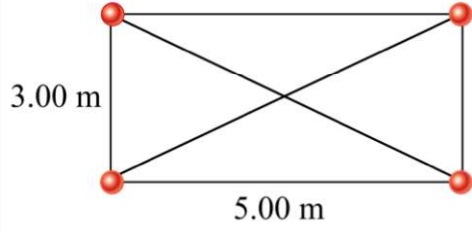
(استخدم $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$ ، $1.0\mu = 1.0 \times 10^{-6}$).

$$+1.2 \times 10^5\text{ V}$$

$$-1.2 \times 10^5\text{ V}$$

$$+6.0 \times 10^4\text{ V}$$

$$-6.0 \times 10^4\text{ V}$$



3.34 تم وضع أربع شحنات نقطية متطابقة ($+1.61 \text{ nC}$) في زوايا مستطيل، أبعاده 3.00 m و 5.00 m . إذا كان قياس الجهد الكهربائي صفراً عند مالانهاية، فما مقدار الجهد في المركز الهندسي لهذا المستطيل؟

3.34 Four identical point charges ($+1.61 \text{ nC}$) are placed at the corners of a rectangle, which measures 3.00 m by 5.00 m . If the electric potential is taken to be zero at infinity, what is the potential at the geometric center of this rectangle?

3.77• تم وضع شحنة مقدارها 0.681 nC عند $x = 0$. وتم وضع شحنة أخرى 0.167 nC عند $x_1 = 10.9 \text{ cm}$ على المحور x .

(a) ما مجموع فرق الجهد لهاتين الشحنتين عند $x = 20.1 \text{ cm}$. على المحور x أيضاً؟
(b) عند أي نقطة (نقاط) على المحور x . يكون لهذا الجهد أدنى قيمة؟

3.77 A charge of 0.681 nC is placed at $x = 0$. Another charge of 0.167 nC is placed at $x_1 = 10.9 \text{ cm}$ on the x -axis.

- What is the combined electric potential of these two charges at $x = 20.1 \text{ cm}$, also on the x -axis?
- At which point(s) on the x -axis does this potential have a minimum?

PHYSICS

•3.78 توجد شحنة نقطية مقدارها $+2.00 \mu\text{C}$ عند $(2.50 \text{ m}, 3.20 \text{ m})$. وتوجد شحنة نقطية أخرى مقدارها $-3.10 \mu\text{C}$ عند $(-2.10 \text{ m}, 1.00 \text{ m})$.

(a) ما قيمة الجهد الكهربائي عند نقطة الأصل؟

(b) عند أي نقطة (نقاط) على طول الخط الذي يمر بالشحنتين النقطيتين، يكون الجهد الكهربائي مساوياً للصفر؟

•3.78 A point charge of $+2.00 \mu\text{C}$ is located at $(2.50 \text{ m}, 3.20 \text{ m})$. A second point charge of $-3.10 \mu\text{C}$ is located at $(-2.10 \text{ m}, 1.00 \text{ m})$.

a) What is the electric potential at the origin?

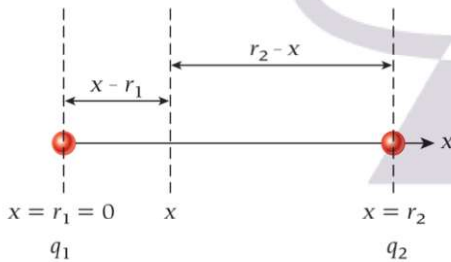
b) Along a line passing through both point charges, at what point(s) is (are) the electric potential(s) equal to zero?

in
PHYSICS

3.81• شحنتان نقطيتان ثابتتان على المحور x . شحنة مقدارها -3.00 mC عند $x = +2.00 \text{ m}$ وشحنة مقدارها $+5.00 \text{ mC}$ عند $x = -4.00 \text{ m}$.

عند أي موقع (مواقع) على المحور x يكون $V(x) = 0$ ؟

•3.81 Two fixed point charges are on the x -axis. A charge of -3.00 mC is located at $x = +2.00 \text{ m}$ and a charge of $+5.00 \text{ mC}$ is located at $x = -4.00 \text{ m}$.
At what position(s) on the x -axis is $V(x) = 0$?



الحد الأدنى للجهد

مسألة محلولة 3.3

المسألة

توجد شحنة $q_1 = 0.829 \text{ nC}$ عند $r_1 = 0$ على المحور x . وتوجد شحنة أخرى $q_2 = 0.275 \text{ nC}$ عند $r_2 = 11.9 \text{ cm}$ على المحور x . عند أي نقطة على طول المحور x بين الشحنتين، يكون الجهد الكهربائي الناتج منهما أدنى ما يمكن؟

PROBLEM

A charge of $q_1 = 0.829 \text{ nC}$ is placed at $r_1 = 0$ on the x -axis. Another charge of $q_2 = 0.275 \text{ nC}$ is placed at $r_2 = 11.9 \text{ cm}$ on the x -axis. At which point along the x -axis between the two charges does the electric potential resulting from both of them have a minimum?

PHYSICS

تم وضع بروتون بين لوحين موصلين متوازيين في الفراغ (الشكل 3.6). وكان فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين 450 V. وتم تحرير البروتون من السكون بالقرب من اللوح الموجب.

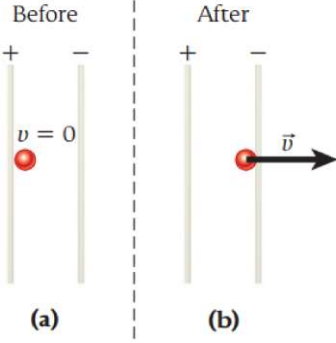
المسألة

ما الطاقة الحركية للبروتون عندما يصل إلى اللوح السالب؟

A proton is placed between two parallel conducting plates in a vacuum (Figure 3.6). The difference in electric potential between the two plates is 450 V. The proton is released from rest close to the positive plate.

PROBLEM

What is the kinetic energy of the proton when it reaches the negative plate?



3.25• كرة معدنية كتلتها 3.00×10^{-6} kg وشحنتها $+5.00$ mC وطاقتها

الحركية 6.00×10^8 J. وتتحرك مباشرة في مستوى لانهاضي من الشحنات وتوزيع الشحنة $+4.00$ C/m². فإذا كانت حالياً على بعد 1.00 m عن مستوى الشحنة، فإلى أي حد ستقترب من المستوى قبل أن تتوقف؟

•3.25 A metal ball with a mass of 3.00×10^{-6} kg and a charge of $+5.00$ mC has a kinetic energy of 6.00×10^8 J. It is traveling directly at an infinite plane of charge with a charge distribution of $+4.00$ C/m². If it is currently 1.00 m away from the plane of charge, how close will it come to the plane before stopping?

PHYSICS

3.27 ما مقدار الشغل الذي سيبذله مجال كهربائي لتحريك بروتون من نقطة جهدها $+180 \text{ V}$ إلى نقطة جهدها -60.0 V ؟

3.27 How much work would be done by an electric field in moving a proton from a point at a potential of $+180. \text{ V}$ to a point at a potential of -60.0 V ?

3.28 ما فرق الجهد اللازم لتزويد جسيم ألفا (يتكون من بروتونين ونيوترونين) بطاقة حركية مقدارها $200. \text{ keV}$ ؟

3.28 What potential difference is needed to give an alpha particle (composed of 2 protons and 2 neutrons) $200. \text{ keV}$ of kinetic energy?

PHYSICS

3.48 لوحان متوازيان جهدهما $+200.0\text{ V}$ و -100.0 V . ويفصل بين اللوحين 1.00 cm .

- (a) أوجد المجال الكهربائي بين اللوحين.
(b) إلكترون موقعه الابتدائي في منتصف المسافة بين اللوحين. أوجد طاقته الحركية عندما يصطدم باللوح الموجب.

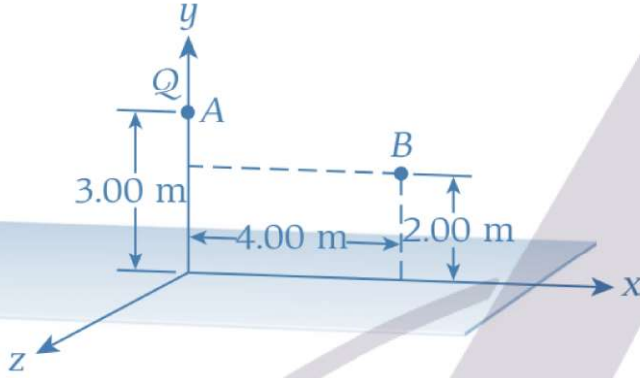
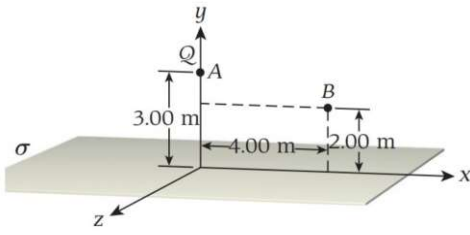
3.48 Two parallel plates are held at potentials of $+200.0\text{ V}$ and -100.0 V . The plates are separated by 1.00 cm .

- a) Find the electric field between the plates.
b) An electron is initially placed halfway between the plates. Find its kinetic energy when it hits the positive plate.

in
PHYSICS

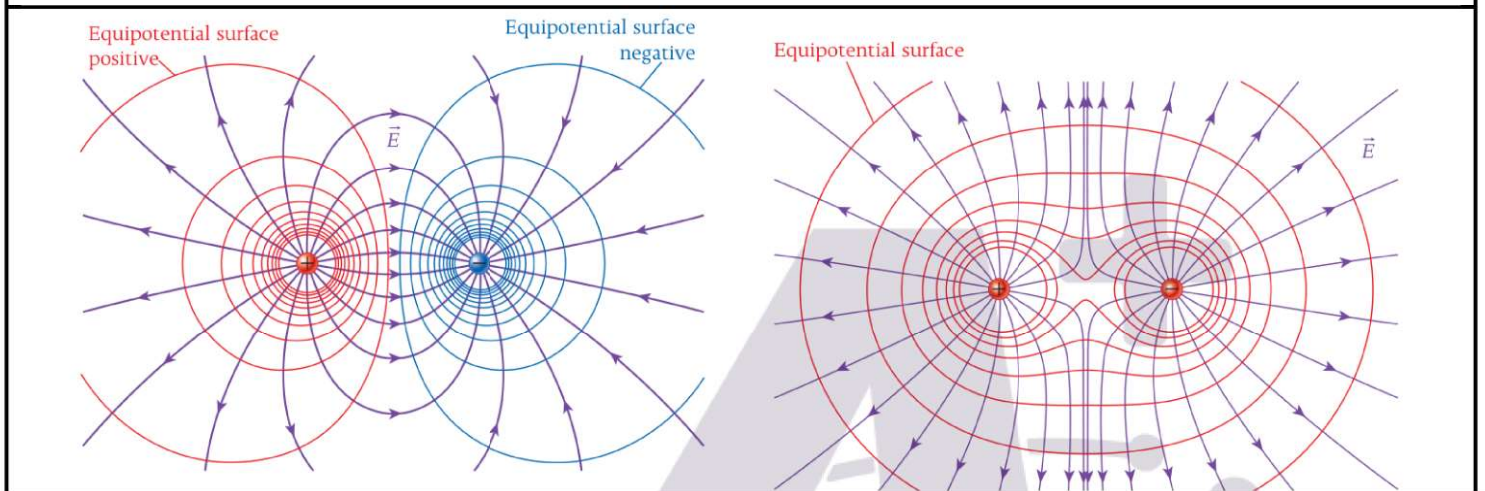
3.65 صفيحة عازلة في المستوى xz شحنتها موزعة بانتظام $\sigma = 3.50 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$. ما مقدار التغير في الجهد عند تحريك شحنة $Q = 1.25 \mu\text{C}$ من الموقع A إلى الموقع B في الشكل؟

3.65 An insulating sheet in the xz -plane is uniformly charged with a charge distribution $\sigma = 3.50 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$. What is the change in potential when a charge of $Q = 1.25 \mu\text{C}$ is moved from position A to position B in the figure?



PHYSICS

Develop a method such as schematic representations to compare the equipotential surfaces due to a point charge, two identical charges, and two different charges



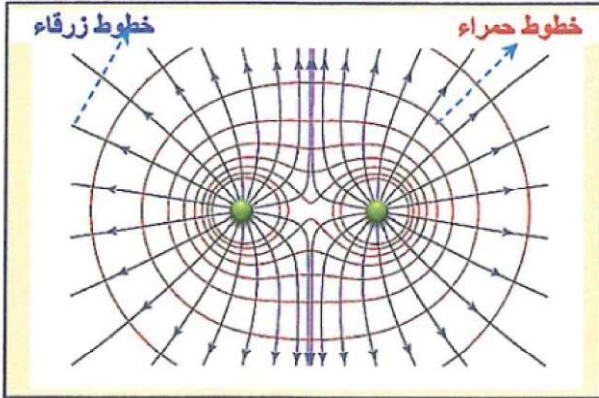
3.5 يكون مقدار الشغل المبذول لتحريك شحنة نقطية موجبة q على سطح تساوي الجهد الذي قيمته 1000 V بالنسبة إلى الشغل المبذول لتحريك هذه الشحنة على سطح تساوي الجهد الذي قيمته 10 V

- (a) متساويًا. (b) أقل. (c) أكبر. (d) معتمدًا على المسافة التي تتحركها الشحنة.

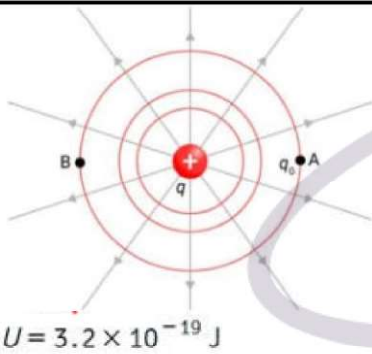
3.5 The amount of work done to move a positive point charge q on an equipotential surface of 1000 V relative to that done to move the charge on an equipotential surface of 10 V is

- a) the same. b) less. c) more. d) dependent on the distance the charge moves.

10- يظهر الشكل المجاور خطوط المجال الكهربائي وأسطح تساوي الجهد الكهربائي لشحنتين نقطيتين ، اعتمادا على الشكل، أي الآتية صحيح للخطوط الحمراء و الشحنتين؟



نوع الشحنتين	الخطوط الحمراء	
متماثلتين وموجبتين	خطوط المجال الكهربائي	☐
متماثلتين وموجبتين	أسطح تساوي الجهد	☐
متماثلتين و سالبتين	خطوط المجال الكهربائي	☐
متماثلتين و سالبتين	أسطح تساوي الجهد	☐



في الشكل المقابل يتم نقل الشحنة $q_0 = 1 \text{ nC}$ من النقطة A الى النقطة B اوجد الشغل المبذول ؟

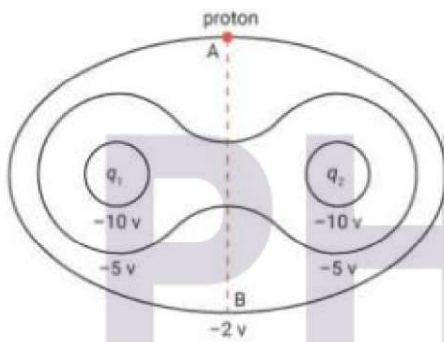
In the opposite figure a charge $q_0 = 1 \text{ nC}$ is transfred from point A to point B find the work done

☐ $\Delta U = 3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$

☐ $\Delta U = -2.72 \times 10^{-18} \text{ J}$

☐ $\Delta U = 0$

☐ $\Delta U = -3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$



في الشكل المقابل يتم نقل بروتون من النقطة A الى النقطة B اوجد الشغل المبذول ؟

In the opposite figure a proton is transfred from point A to point B find the work done

☐ $\Delta U = 3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$

☐ $\Delta U = -2.72 \times 10^{-18} \text{ J}$

☐ $\Delta U = 0$

☐ $\Delta U = -3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$

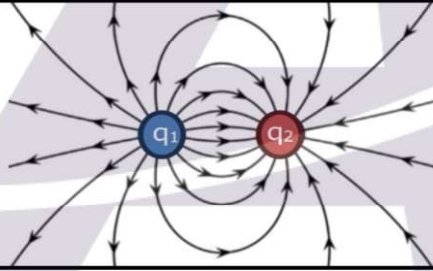
3.13 أي العبارات التالية غير صحيحة؟

- (a) خطوط تساوي الجهد موازية لخطوط المجال الكهربائي.
- (b) خطوط تساوي الجهد لشحنة نقطية تكون دائرية.
- (c) توجد أسطح تساوي الجهد لأي توزيع للشحنات.
- (d) عندما تتحرك شحنة على أحد أسطح تساوي الجهد، تكون قيمة الشغل المبذول على الشحنة صفرًا.

3.13 Which one of the following statements is not true?

- a) Equipotential lines are parallel to the electric field lines.
- b) Equipotential lines for a point charge are circular.
- c) Equipotential surfaces exist for any charge distribution.
- d) When a charge moves on an equipotential surface, the work done on the charge is zero.

Figure shows the electric field lines of two point charges



يظهر الشكل خطوط المجال الكهربائي لشحنتين نقطيتين

What is the types of the charges q_1 , q_2 ?

ما إشارتا الشحنتين q_1 ، q_2 ؟

If the magnitude of charge q_2 is equal to $(6.0\mu C)$. What is the magnitude of charge of the q_1 charge?

إذا كان مقدار الشحنة q_2 تساوي $(6.0\mu C)$ ما مقدار الشحنة q_1 ؟

Draw two lines on the figure that are equipotential surfaces, one around charge q_1 and the other around charge q_2

ارسم خطين على الشكل يمثلان سطحي جهد متساويين، أحدهما حول الشحنة q_1 والآخر حول الشحنة q_2

Relate the component of the electric field along a certain direction E_s to the change in the electric potential along that direction ($E_s = -dV/ds$) and use this relation to solve problems

Concept Check 3.7

Suppose an electric potential is described by $V(x, y, z) = -(5x^2 + y + z)$ in volts. Which of the following expressions describes the associated electric field, in units of volts per meter?

- a) $\vec{E} = 5\hat{x} + 2\hat{y} + 2\hat{z}$
- b) $\vec{E} = 10x\hat{x}$
- c) $\vec{E} = 5x\hat{x} + 2\hat{y}$
- d) $\vec{E} = 10x\hat{x} + \hat{y} + \hat{z}$
- e) $\vec{E} = 0$

مراجعة المفاهيم 3.7

افترض أن الجهد الكهربائي يوضح بالعلاقة
 $V(x, y, z) = -(5x^2 + y + z)$
بالفولت. أي من التعبيرات التالية يصف
المجال الكهربائي المقترن بوحدة فولت
للمتر؟

- a) $\vec{E} = 5x\hat{x} + 2\hat{y} + 2\hat{z}$
- b) $\vec{E} = 10x\hat{x}$
- c) $\vec{E} = 5x\hat{x} + 2\hat{y}$
- d) $\vec{E} = 10x\hat{x} + \hat{y} + \hat{z}$
- e) $\vec{E} = 0$

PHYSICS

The **electric potential** in some region is given by $V(x, y) = 3x - 2y^2$. Find the **y – component of the electric field** associated with this potential at **point (1,2)** in space. Note: SI – units are used in this problem.

يعبر عن **الجهد الكهربائي** في منطقة ما بالمعادلة $V(x, y) = 3x - 2y^2$. أوجد **مركبة y للمجال الكهربائي** المرتبط بهذا الجهد الكهربائي عند **النقطة (1,2)**. الوحدات المستخدمة هي وحدات النظام الدولي (SI – units).

3.49 جسيم غبار كتلته 2.50 mg وشحنته $1.00 \mu\text{C}$ يسقط على نقطة $x = 2.00 \text{ m}$ في منطقة يختلف فيها الجهد الكهربائي وفق العلاقة $V(x) = (2.00 \text{ V/m}^2)x^2 - (3.00 \text{ V/m}^3)x^3$. ما العجلة التي سيبدأ الجسيم في التحرك بها بعد أن يهبط؟

3.49 A 2.50-mg dust particle with a charge of $1.00 \mu\text{C}$ falls at a point $x = 2.00 \text{ m}$ in a region where the electric potential varies according to $V(x) = (2.00 \text{ V/m}^2)x^2 - (3.00 \text{ V/m}^3)x^3$. With what acceleration will the particle start moving after it touches down?

PHYSICS

3.50 يتحدد الجهد الكهربائي لحيز من الفضاء من العلاقة $V(x,y,z) = x^2 + xy^2 + yz$. حدد المجال الكهربائي في هذه المنطقة عند الإحداثي (3,4,5).

3.50 The electric potential in a volume of space is given by $V(x,y,z) = x^2 + xy^2 + yz$. Determine the electric field in this region at the coordinate (3,4,5).

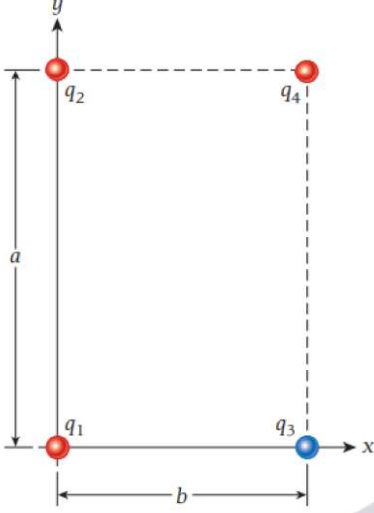
Suppose that the voltage at a point is given by the equation $(V(x,y,z) = 8x - 9y + 5z^2)$ in volts. Which of the dimensions (x,y,z) determines the magnitude of the electric field at this point?

افترض ان الجهد الكهربائي عند نقطة يعطى بالعلاقة $(V(x,y,z) = 8x - 9y + 5z^2)$ بوحدة الفولت. اي من الابعاد (x,y,z) يحدد قيمة المجال الكهربائي عند تلك النقطة؟

PHYSICS

الورقي

Develop a mathematical equation to describe the electric potential of a point charge or many point charges or distributions of different charges



أربع شحنات نقطية

مثال 3.7

لنحسب U وهي طاقة الوضع الكهربائية لنظام مكون من أربع شحنات نقطية، المبين في الشكل 3.31. وقيم الشحنات النقطية الأربعة هي $q_1 = +1.0 \mu\text{C}$ ، $q_2 = +2.0 \mu\text{C}$ ، $q_3 = -3.0 \mu\text{C}$ ، و $q_4 = +4.0 \mu\text{C}$. تم وضع الشحنات عند المسافات $a = 6.0 \text{ m}$ و $b = 4.0 \text{ m}$.

المسألة

ما طاقة الوضع الكهربائية لهذا النظام المكوّن من أربع شحنات نقطية؟

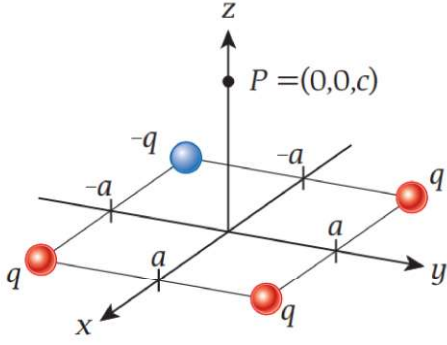
Let's calculate the electric potential energy of a system of four point charges, shown in Figure 3.31. The four point charges have the values $q_1 = +1.0 \mu\text{C}$ ، $q_2 = +2.0 \mu\text{C}$ ، $q_3 = -3.0 \mu\text{C}$ ، and $q_4 = +4.0 \mu\text{C}$. The charges are placed with $a = 6.0 \text{ m}$ and $b = 4.0 \text{ m}$.

PROBLEM

What is the electric potential energy of this system of four point charges?

in

PHYSICS



• **3.43** أربع شحنات نقطية مرتبة على شكل مربع طول ضلعه $2a$. حيث $a = 2.70 \text{ cm}$. والشحنات لها المقدار نفسه 1.50 nC ; ثلاثة منها موجبة وواحدة سالبة كما هو مبين في الشكل. ما قيمة الجهد الكهربائي الناتج عن هذه الشحنات النقطية الأربعة عند النقطة $P = (0, 0, c)$. حيث $c = 4.10 \text{ cm}$ ؟

• **3.43** Four point charges are arranged in a square with side length $2a$, where $a = 2.70 \text{ cm}$. The charges have the same magnitude, 1.50 nC ; three of them are positive and one is negative as shown in the figure. What is the value of the electric potential generated by these four point charges at point $P = (0, 0, c)$, where $c = 4.10 \text{ cm}$?

in
PHYSICS

3.85 كرة موصّلة مصمتة نصف قطرها $R_1 = 1.206 \text{ m}$ وشحنتها $Q = 1.953 \mu\text{C}$

موزعة بالتساوي على سطحها. وكرة أخرى موصّلة ومصمتة نصف قطرها $R_2 = 0.6115 \text{ m}$ غير مشحونة في البداية وعلى بُعد 10.00 m من الكرة الأولى.

تم توصيل الكرتين للحظة بسلك، ثم تمت إزالته. ما مقدار الشحنة على الكرة الثانية؟

3.85 A solid conducting sphere of radius $R_1 = 1.206 \text{ m}$ has a charge of $Q = 1.953 \mu\text{C}$ evenly distributed over its surface. A second solid conducting sphere of radius $R_2 = 0.6115 \text{ m}$ is initially uncharged and at a distance of 10.00 m from the first sphere. The two spheres are momentarily connected with a wire, which is then removed. What is the charge on the second sphere?

in
PHYSICS

3.71 كرتان معدنيتان نصفاً قطريهما $r_1 = 10.0 \text{ cm}$ و $r_2 = 20.0 \text{ cm}$ ، على التوالي، وشحنتهما موجبة بحيث يكون إجمالي شحنتيهما $100 \mu\text{C}$.

(a) ما نسبة توزيع شحنتي سطحيهما؟

(b) إذا كانت الكرتان متصلتين بسلك نحاسي، فما مقدار الشحنة التي تتدفق عبر السلك قبل أن يصل النظام إلى حالة الاتزان؟

3.71 Two metal spheres of radii $r_1 = 10.0 \text{ cm}$ and $r_2 = 20.0 \text{ cm}$, respectively, have been positively charged so that both have a total charge of $100. \mu\text{C}$.

a) What is the ratio of their surface charge distributions?

b) If the two spheres are connected by a copper wire, how much charge flows through the wire before the system reaches equilibrium?

in
PHYSICS