

الفصل الدراسي الاول

الوحدة الثالثة

الجهد الكهربائي

فيزياء ثاني عشر متقدم

2024/2023

اعداد

د / وائل عزازي

رئيس قسم العلوم

مدرسة ابن خلدون الخاصة

0521150195

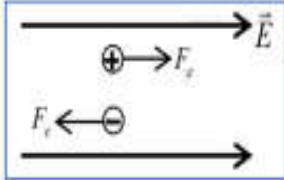
طاقة الوضع الكهربائية 3.1

❖ طاقة الوضع الكهربائية (U) :- الطاقة التي يكتسبها جسم مشحون نتيجة وجوده في مجال كهربائي .

❖ التغير في طاقة الوضع الكهربائية (ΔU) : الزيادة أو النقصان في طاقة الوضع الكهربائية لجسم مشحون نتيجة لحركته في مجال كهربائي

طاقة الوضع الكهربائية لشحنة في مجال كهربائي منتظم :

❖ المجال الكهربائي المنتظم يؤثر بقوة كهربائية (F_e) على كل من الشحنة الموجبة والشحنة السالبة الموضوعة فيه ، كما في الشكل المجاور .



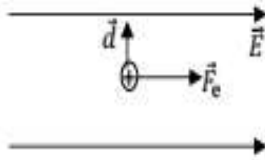
العلاقة بين الشغل الذي يبذله المجال الكهربائي (W_e) والتغير في طاقة الوضع الكهربائية (ΔU) :-

$$\Delta U = U_f - U_i = -(W_e)$$

الشغل الذي يبذله المجال الكهربائي على الشحنة يحدد بالعلاقة :-

$$W_e = \vec{F}_e \cdot \vec{d} = qEd\cos\theta$$

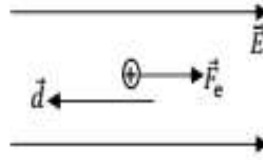
(θ) الزاوية بين اتجاه المجال ($\vec{E}$) والازاحة ($\vec{d}$) التي تتحركها الشحنة داخل المجال.



$$W_e = qEd\cos 90^\circ = 0$$

$$0 = \Delta U = -(W_e)$$

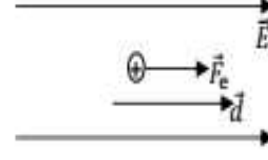
طاقة الوضع الكهربائية تبقى ثابتة



$$W_e = qEd\cos 180^\circ = -$$

$$\Delta U = -(-W_e) = +$$

طاقة الوضع الكهربائية سوف تزداد



$$W_e = qEd\cos 0^\circ = +$$

$$\Delta U = -(+W_e) = -$$

طاقة الوضع الكهربائية سوف تنقص

ملاحظة مهمة:

(١) الشحنة (الموجبة أو السالبة) عندما تتحرك بنفس اتجاه القوة الكهربائية (F_e) فإن طاقة وضعها الكهربائية سوف تنقص ، (والعكس بالعكس) .

(٢) الشحنة (الموجبة أو السالبة) عندما تتحرك عمودياً على اتجاه القوة الكهربائية (F_e) فإن طاقة وضعها الكهربائية تبقى ثابتة . $\Delta U = 0$

السؤال (١): اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يلي :

(١) في الشكل المجاور انتقل بروتون من الموضع (a) إلى الموضع (b) داخل المجال الكهربائي المنتظم ، فإن طاقة وضعه الكهربائية سوف (تزداد ، تنقص ، تبقى ثابتة) .



(٢) في الشكل المجاور انتقل بروتون من الموضع (b) إلى الموضع (a) داخل المجال الكهربائي المنتظم ، فإن طاقة وضعه الكهربائية سوف (تزداد ، تنقص ، تبقى ثابتة) .



(٣) في الشكل المجاور انتقل إلكترون من الموضع (a) إلى الموضع (b) داخل المجال الكهربائي المنتظم ، فإن طاقة وضعه الكهربائية سوف (تزداد ، تنقص ، تبقى ثابتة) .



(٤) في الشكل المجاور انتقل إلكترون من الموضع (b) إلى الموضع (a) داخل المجال الكهربائي المنتظم ، فإن طاقة وضعه الكهربائية سوف (تزداد ، تنقص ، تبقى ثابتة) .



(٥) في الشكل المجاور انتقل إلكترون من الموضع (a) إلى الموضع (b) داخل المجال الكهربائي المنتظم ، فإن طاقة وضعه الكهربائية سوف (تزداد ، تنقص ، تبقى ثابتة) .



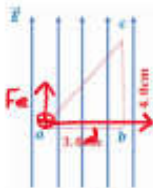
(٦) في الشكل المجاور انتقل بروتون من الموضع (a) إلى الموضع (b) داخل المجال الكهربائي المنتظم ، فإن طاقة وضعه الكهربائية سوف (تزداد ، تنقص ، تبقى ثابتة) .



السؤال (٢): يتحرك بروتون في مجال كهربائي منتظم مقداره (250N/C) كما بالشكل المجاور .
 $q_p = 1.6 \times 10^{-19}$

احسب التغير في طاقة وضع البروتون في الحالات التالية:

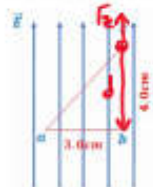
١- عندما ينتقل من الموضع a إلى الموضع b .



$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \cos 90^\circ = 0$$

$$\Delta U = -qE d \cos \theta \Rightarrow \Delta U = 0 \text{ J}$$

٢- عندما ينتقل من الموضع c إلى الموضع b .

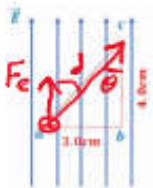


$$\theta = 180^\circ$$

$$\Delta U = -qE d \cos \theta$$

$$\Delta U = -1.6 \times 10^{-19} \times 250 \times 0.04 \times \cos 180^\circ = 1.6 \times 10^{-18} \text{ J}$$

٣- عندما ينتقل من الموضع a إلى الموضع c



$$\cos \theta = \frac{0.04}{0.04} \Rightarrow 0.04 = d \cos \theta$$

$$\Delta U = -qE d \cos \theta \Rightarrow \Delta U = -1.6 \times 10^{-19} \times 250 \times 0.04 = -1.6 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$\Delta U = -1.6 \times 10^{-18} \text{ J}$$

3.2 تعريف الجهد الكهربائي Definition of Electric Potential

* الجهد الكهربائي عند نقطة (V) :- هو الشغل المبذول من المجال الكهربائي على الشحنة عند نقلها من اللانهاية الى نقطة معينة .

$$V = -\frac{W_{e \rightarrow \infty}}{q}$$

* الجهد الكهربائي عند نقطة (V) :- هو طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في الشحنة الموجودة عند موضع معين .

$$V = \frac{U}{q} = -\frac{qEd\cos\theta}{q} = -Ed\cos\theta$$

ملاحظات

- ١- الجهد الكهربائي لا يعتمد على الشحنة الموجودة في النقطة ، أي أنه مستقل عن الشحنة (q) . (أنظر المعادلة أعلاه) .
- ٢- الجهد الكهربائي كمية قياسية جبرية ليس له اتجاه ، وإنما له قيمة موجبة أو سالبة أو صفرية .
مثال إذا كان ($V_a = -12\text{v}$ ، $V_b = -5\text{v}$ ، $V_c = 3\text{v}$ ، $V_d = 0$) فيكون ترتيب النقاط من حيث مقدار الجهد الكهربائي كالاتي:- $(V_c > V_d > V_b > V_a)$
 $u = k \frac{q_1 q_2}{r}$ ، $v = k \frac{q}{r}$
 $r \rightarrow \infty \Rightarrow u = 0$ ، $v = 0$
- ٣- تعتبر المالا نهاية كنقطة مرجعية (مستوى صفر) لكل من طاقة الوضع والجهد الكهربائي ، حيث $[U_\infty = 0$ ، $V_\infty = 0]$.

* فرق الجهد الكهربائي (ΔV) :- هو التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة عند نقلها من نقطة ابتدائية الى نقطة نهائية .

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{\Delta U}{q} = -\frac{W_e}{q} = -\frac{qEd\cos\theta}{q} = -Ed\cos\theta$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-W_e \rightarrow J}{q} = \frac{N \cdot m}{C} = \frac{\frac{kg \cdot m}{s^2} \cdot m}{A \cdot s} = \frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^2}$$

(q) الشحنة المنقولة بين موضعين.

- وحدة قياس الجهد أو التغير في الجهد الكهربائي هي الفولت (V) والتي تكافئ $[V = \frac{J}{C}]$

الفرق بين طاقة الوضع الكهربائية وفرق الجهد

طاقة الوضع الكهربائية : تتغير عندما يبذل شغل لنقل شحنة معينة في مجال كهربائي، وتعتمد على كمية الشحنة المنقول.

فرق الجهد الكهربائي : الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات في مجال كهربائي، ولا يعتمد على كمية الشحنة المنقولة

$$\Delta V = -Ed \cos \theta$$

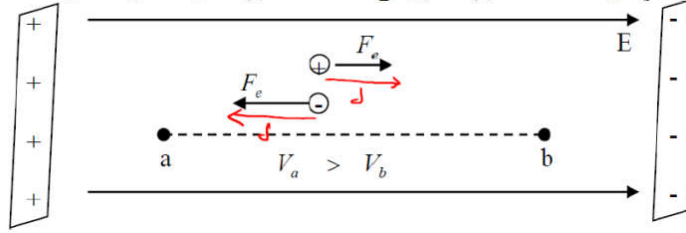
الجهد الكهربائي في المجال المنتظم

(١) المجال الكهربائي دائما يتجه من الشحنة الموجبة الى الشحنة السالبة ، أي أنه يتجه من منطقة الجهد الكهربائي الأكبر نحو منطقة الجهد الكهربائي الأقل .

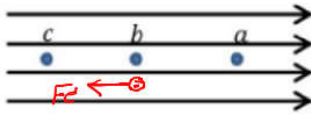
(٢) عند وضع الكترون داخل مجال كهربائي منتظم فانه يتأثر بقوة كهربائية يكون اتجاهها عكس اتجاه المجال ، ويبذل عليه المجال شغلا موجبا فيتحرك الالكترون عكس اتجاه المجال أي من النقطة ذات الجهد الأقل الى النقطة ذات الجهد الأكبر فتتقص طاقة وضعه الكهربائية .

(٣) عند وضع بروتون داخل مجال كهربائي منتظم فانه يتأثر بقوة كهربائية يكون اتجاهها باتجاه المجال ، ويبذل عليه المجال شغلا موجبا فيتحرك البروتون باتجاه المجال أي من النقطة ذات الجهد الأكبر الى النقطة ذات الجهد الأقل فتتقص طاقة وضعه الكهربائية .

بروتون ترك م
 $\Delta U = - \Delta V = \frac{\Delta U}{+q}$
 $\Delta U = - \Delta V = \frac{\Delta U}{-q}$



1- مجال كهربائي منتظم كما في الشكل المجاور. إذا وضع إلكترون عند النقطة (b) ثم ترك حراً من السكون فإنه:



- ☐ سيتحرك باتجاه (a) وتزداد طاقة وضعه الكهربائية. ~~مجهول~~
- ☐ سيتحرك باتجاه (c) وتزداد طاقة وضعه الكهربائية. ~~مجهول~~
- ☐ سيتحرك باتجاه (a) وتقل طاقة وضعه الكهربائية. ~~مجهول~~
- ☒ سيتحرك باتجاه (c) وتقل طاقة وضعه الكهربائية. ~~مجهول~~

2- مجال كهربائي منتظم كما في الشكل المجاور. تُرك بروتون من السكون حراً عند النقطة (b) فتسارع نحو النقطة (a) وبهذا نستطيع أن نصف التغير في طاقة وضع البروتون والتغير في الجهد من (b) إلى (a):



- ☐ تقل طاقة وضع البروتون ويزداد الجهد عند (a). ~~X~~
- ☒ تقل طاقة وضع البروتون ويقل الجهد عند (a). ~~X~~
- ☐ تزداد طاقة وضع البروتون ويزداد الجهد عند (a). ~~X~~
- ☐ تزداد طاقة وضع البروتون ويقل الجهد عند (a). ~~X~~

استخدام قانون حفظ الطاقة في حل المسائل :-

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

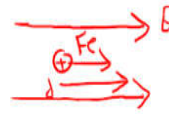
$$\Delta K = -q\Delta V \quad \text{إذا اعتبرنا أن الشحنة تبدأ حركتها من السكون ، أي أن } (K_i = 0) \text{ فإن}$$

$$K = -q\Delta V \quad \text{لا تنسى أن } (K = \frac{1}{2}mv^2)$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = -q\Delta V$$

انظر الكتاب الصفحة 81

3.1 تحررت شحنة موجبة وتحركت على طول خط مجال كهربائي. ستتحرك هذه الشحنة إلى موقع



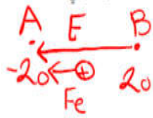
(a) أقل في الجهد وأقل في طاقة الوضع.

(b) أقل في الجهد وأعلى في طاقة الوضع.

(c) أعلى في الجهد وأقل في طاقة الوضع.

(d) أعلى في الجهد وأعلى في طاقة الوضع.

3.2 يوجد بروتون في منتصف المسافة بين نقطتين A و B. فإذا كان الجهد عند النقطة A يساوي 20 V -، وعند النقطة B يساوي 20 V +، وعند نقطة المنتصف يساوي 0 V. فإن البروتون سوف



(a) يظل ساكنًا.

(b) يتحرك تجاه النقطة B بسرعة متجهة ثابتة.

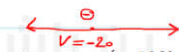
(c) يتسارع تجاه النقطة A.

(d) يتسارع تجاه النقطة B.

(e) يتحرك تجاه النقطة A بسرعة متجهة ثابتة.

انظر الكتاب الصفحة 63

مراجعة المفاهيم 3.1



ثم وضع الإلكترون على المحور x ثم إطلاقه ليتحرك عليه، وكانت قيمة الجهد الكهربائي 20 V -، أي العبارات التالية تصف الحركة التالية للإلكترون؟

- (a) سيتحرك الإلكترون تجاه اليسار (اتجاه x السالب) لأنه ذو شحنة سالبة.
(b) سيتحرك الإلكترون تجاه اليمين (اتجاه x الموجب) لأنه ذو شحنة سالبة.
(c) سيتحرك الإلكترون تجاه اليسار (اتجاه x السالب) لأن الجهد الكهربائي سالب.
(d) سيتحرك الإلكترون تجاه اليمين (اتجاه x الموجب) لأن الجهد الكهربائي سالب.
(e) لا توجد معلومات كافية لتوقع حركة الإلكترون.

انظر الكتاب الصفحة 81

3.3 ما نتيجة مساواة الجهد بقيمة 100 V + في النهاية، بدلاً من مساواته بالصفر؟

- (a) لا شيء، سيبقى قيم المجال والجهد ثابتة عند أي نقطة محددة.
(b) سيبقى الجهد الكهربائي غير محدود عند كل نقطة محددة، ولن يمكن تحديد المجال الكهربائي.
(c) سيبقى الجهد الكهربائي أعلى بقيمة 100 V في كل مكان، بينما يبقى المجال الكهربائي كما هو.
(d) سيعتمد الأمر على الموقف، على سبيل المثال، سينخفض الجهد الناتج عن شحنة نقطية موجبة ببطء أكثر مع زيادة المسافة، ومن ثم سينخفض مقدار المجال الكهربائي.

انظر الكتاب الصفحة 63

اكتساب البروتون للطاقة

مثال 3.1

ثم 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.

$$K_i = 0$$

$$U_i = -5V$$

المسألة

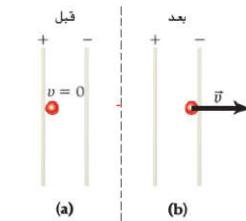
ما الطاقة الحركية للبروتون عندما يصل إلى اللوح السالب؟

احس سرعة البروتون عند اللوح السالب

$$\Delta K + \Delta U = 0 \Rightarrow \Delta K = -\Delta U = -(-5V) = 5V \Rightarrow K_f - K_i = 5V \Rightarrow K_f = 5V$$

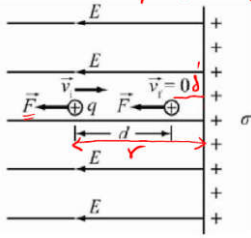
$$K_f = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27} \times v^2 = 5 \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow v^2 = \frac{5 \times 1.6 \times 10^{-19}}{\frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27}} \Rightarrow v = 2.93 \times 10^5 \text{ m/s}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 7.2 \times 10^{-17} = \frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27} \times v^2 \Rightarrow v = 2.93 \times 10^5 \text{ m/s}$$



$$\Delta K = -\Delta U = -q\Delta V = -(-W_e)$$

انظر الكتاب الصفحة 83

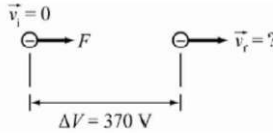


$$\Delta K = -(-W_e) \Rightarrow K_f - K_i = +qEd \cos 0 \Rightarrow K_f = qEd \cos 0$$

$$= 6 \times 10^{-8} = 5 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^6 \times 1 \Rightarrow d = 0.254 \text{ m}$$

$$d = r - d = 1 - 0.254 \Rightarrow d = 0.746 \text{ m}$$

3.26 إلكترون يتسارع من السكون عبر فرق جهد 370 V. فما سرعته النهائية؟



$$\Delta K = -q\Delta V \Rightarrow \frac{1}{2}mv_f^2 = -q\Delta V$$

$$\frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times v^2 = -(-1.6 \times 10^{-19}) \times 370 \Rightarrow$$

$$v = 1.14 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$\Delta K = -\Delta U$$

انظر الكتاب الصفحة 83

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

$$\Delta U = q\Delta V = -W_e \Rightarrow W_e = -q\Delta V = -1.6 \times 10^{-19} \times (-60 - 180)$$

$$W_e = 3.84 \times 10^{-17} \text{ J}$$

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

$$\Delta K = -q\Delta V \Rightarrow 2.00 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} = -2 \times 1.6 \times 10^{-19} \Delta V \Rightarrow$$

$$\Delta V = -1.0 \times 10^5 \text{ Volt}$$

3.29 إلكترون بروتون. يبدأ من موضع السكون. عبر فرق جهد يبلغ 500 V. فما سرعته المتجهة النهائية؟

$$\Delta K = -q\Delta V \Rightarrow K_f - K_i = -q\Delta V \Rightarrow \frac{1}{2}mv_f^2 = -q\Delta V$$

$$\frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times v^2 = -1.6 \times 10^{-19} \times (-500) \Rightarrow v = 3.1 \times 10^5 \text{ m/s}$$

انظر الكتاب الصفحة 83

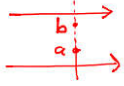
3.30 بطارية 10.0V متصلة بلوحي فلزيين متوازيين موضوعين في الفراغ. يتسارع إلكترون من وضع السكون من اللوح السالب تجاه اللوح الموجب.

- (a) ما مقدار الطاقة الحركية للإلكترون عند وصوله إلى اللوح الموجب؟
(b) ما سرعة الإلكترون عند وصوله إلى اللوح الموجب؟

$$\Delta K = -q\Delta V \Rightarrow K_f - K_i = -q\Delta V \Rightarrow K_f = -(-1.6 \times 10^{-19}) \times 10 = 1.6 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow$$

$$1.6 \times 10^{-18} = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times v^2 \Rightarrow v = 1.87 \times 10^6 \text{ m/s}$$



3.3 أسطح وخطوط تساوي الجهد

Equipotential Surfaces and Lines

أسطح تساوي الجهد : هي نقاط واقعة داخل المجال الكهربائي والتي يكون فرق الجهد بينها يساوي الصفر بمعنى آخر هي نقاط داخل المجال الكهربائي يكون الجهد فيها متساوياً $V_a = V_b$

خصائص أسطح تساوي الجهد:

❖ سطوح وهمية .

❖ لا تتقاطع سطوح تساوي الجهد مطلقاً ؟ لأنه لو تقاطع سطحي تساوي الجهد في نقطة فهذا يعني وجود قيمتين



للجهد في نفس النقطة في آن واحد وهذا يتنافى مع طبيعة تساوي الجهد على السطح .

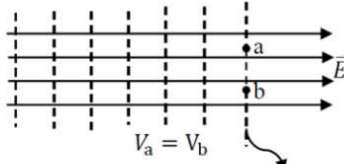
❖ لا يتطلب بذل شغل في نقل شحنة بين نقطتين على سطح تساوي الجهد. لماذا ؟ لأن الجهد متساوي على هذا السطح $w_e = -q \cdot \Delta V = -q \cdot 0 = 0$

أو فرق الجهد بين أي نقطتين عليه تساوي الصفر .

❖ سطوح تساوي الجهد عمودية على خطوط المجال الكهربائي . علل؟ لو لم تكن خطوط المجال عمودية سيكون لها

مركبة توازي السطح. مما يعني وجود شغل يبذل في نقل شحنة على سطح تساوي الجهد وهذا سينفي خاصية

تساوي الجهد على السطح .



خط تساوي الجهد وهو الخط العمودي على المجال

$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = 0.0$$

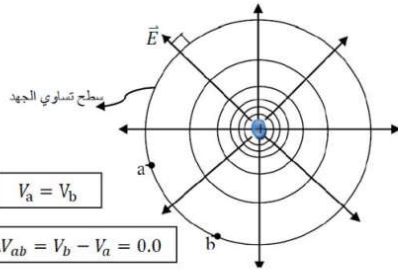
أسطح تساوي الجهد في المجال المنتظم :

❖ عبارة عن مستقيمات متوازية عمودية على المجال الكهربائي المسافات بينها متساوية

❖ فرق الجهد بين أي نقطتين واقعيتين على نفس السطح يساوي الصفر $\Delta V = 0$

❖ الشغل الكهربائي المبذول في نقل شحنة بين أي نقطتين على نفس السطح يساوي الصفر

$$w_e = -(q\Delta V_{ab}) = 0.0$$



$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = 0.0$$

أسطح تساوي الجهد في المجال الغير منتظم :

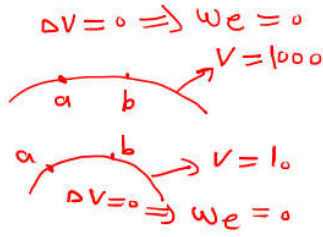
❖ عبارة عن دوائر متحد المركز عمودية على المجال الكهربائي المسافات بينها تزداد

كلما ابتعدنا عن الشحنة النقطية

❖ فرق الجهد بين أي نقطتين واقعيتين على نفس السطح يساوي الصفر $\Delta V = 0$

❖ الشغل الكهربائي المبذول في نقل شحنة بين أي نقطتين على نفس السطح يساوي الصفر

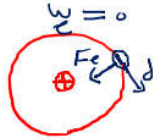
$$w_e = -(q\Delta V_{ab}) = 0.0$$



انظر الكتاب الصفحة 82

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 تحركها الشحنة.

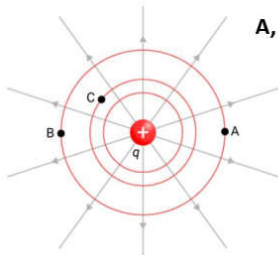
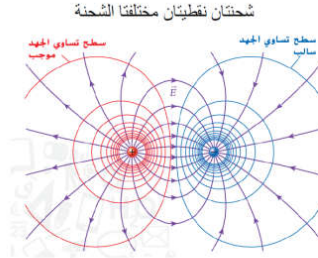
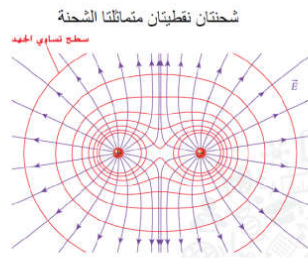


3.10 جسيم سالب الشحنة يدور في اتجاه عقارب الساعة حول كرة موجبة الشحنة. يكون الشغل الذي يبذله المجال الكهربائي للكرة على الجسيم سالب الشحنة

(a) موجبًا. (b) سالبًا. (c) صفرًا.

3.13 أي العبارات التالية غير صحيحة؟

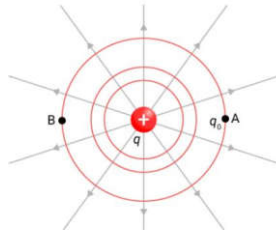
- (a) خطوط تساوي الجهد موازية لخطوط المجال الكهربائي. (b) خطوط تساوي الجهد لشحنة نقطية تكون دائرية. (c) توجد أسطح تساوي الجهد لأي توزيع للشحنات. (d) عندما تتحرك شحنة على أحد أسطح تساوي الجهد، تكون قيمة الشغل المبذول على الشحنة صفرًا.



(١) يوضح الشكل الموجود جانباً ثلاث نقاط A , B , C حول شحنة نقطية موجبة قارن الجهود اكهربية عند النقاط A , B , C

☒ $V_A = V_B > V_C$	☒ $V_A = V_B = V_C$
☒ $V_A < V_B < V_C$	☒ $V_A = V_B < V_C$

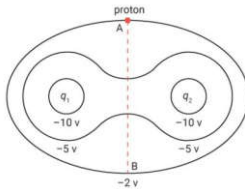
٢ (في الشكل المجاور يتم نقل شحنة اختبار $q_0 = 1\text{nc}$ من النقطة A إلى النقطة B حول الشحنة النقطية q أوجد التغير في طاقة الوضع الكهربائية الناتجة عن هذه الزاحة



$$\Delta V_{AB} = 0 \Rightarrow W_e = 0 \Rightarrow \Delta U = -W_e = 0$$

- ☐ $\Delta U = 1.8 \times 10^{-7} \text{ J}$ ☐ $\Delta U = 5 \times 10^{-12} \text{ J}$
- ☐ $\Delta U = 1.8 \times 10^9 \text{ J}$ ☒ $\Delta U = 0$

٣ يتحرك البروتون على طول المسار الموضح بالشكل المجاور من النقطة A إلى النقطة B بين شحنتين كهربائيتين سالبتين أوجد التغير في طاقة الوضع الكهربائية نتيجة هذه الزاحة

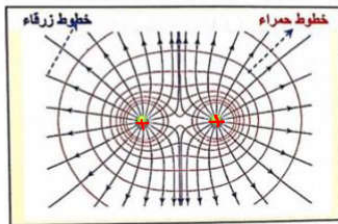


$$\Delta V_{AB} = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$$

- ☐ $\Delta U = 3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$ ☐ $\Delta U = -2.72 \times 10^{-18} \text{ J}$
- ☒ $\Delta U = 0$ ☐ $\Delta U = -3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$

٥ أي الآتية صحيح لخطوط المجال الكهربائي وأسطح تساوي الجهد الكهربائي لشحنتين نقطيتين متماثلتين

- (أ) خطوط المجال متوازية مع أسطح تساوي الجهد. ☒
- (ب) كلاهما دوائر متحدة المركز مركزها الشحنتين. ☒
- (ج) خطوط المجال متعامدة مع أسطح تساوي الجهد. ☒
- (د) كلاهما دوائر متحدة المركز مركزها إحدى الشحنتين. ☒



٦ يظهر الشكل المجاور خطوط المجال الكهربائي وأسطح تساوي الجهد الكهربائي لشحنتين نقطيتين ، اعتماداً 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 وسالبتين	أسطح تساوي الجهد	☐

3.4 الجهد الكهربائي للتوزيعات المختلفة للشحنة
Electric Potential of Various Charge Distributions

3.4

أولاً العلاقة بين التغير في الجهد الكهربائي (ΔV) والمجال الكهربائي (E):

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} \longrightarrow dW = q\vec{E} \cdot d\vec{s}$$

لتحديد الجهد الكهربائي من المجال الكهربائي. بدأ بتعريف الشغل المبذول على جسيم شحنته q بقوة $\vec{F}$ عبر إزاحة $d\vec{s}$

$$W = W_e = \int_1^f q\vec{E} \cdot d\vec{s} = q \int_1^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$W_e = q \int_1^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

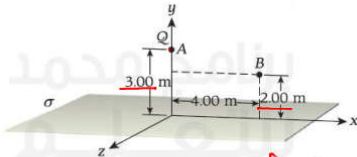
$$\Delta V = V_f - V_i = -\frac{W_e}{q} = - \int_1^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$\Delta V = -\frac{W_e}{q} = - \int_1^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

*السؤال (٢٠١٨-٢٠١٩) تقع صفيحة رقيقة عازلة في المستوى (x, y) وينطبق مركز الصفيحة على نقطة الأصل ($0, 0, 0$) تتوزع على الصفيحة شحنة بانتظام كثافتها ($+7.0 \mu C/m^2$) ، إذا تحرك جسيم مشحون على المحور (y) من النقطة ($y_1 = +35 \text{ cm}$) إلى النقطة ($y_2 = +15 \text{ cm}$) ، احسب التغير في الجهد الكهربائي بين النقطتين ؟

مساعدة
 $\Delta V = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$

$$\Delta V = - \int_{0.35}^{0.15} \frac{\sigma}{2\epsilon_0} dy = - \int_{0.35}^{0.15} \frac{7.0 \times 10^{-6}}{2 \times 8.85 \times 10^{-12}} dy = 7.9 \times 10^4 \text{ V}$$



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 $Q = 1.25 \mu C$ من الموقع A إلى الموقع B

$$\Delta V = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \int_{-3}^2 \frac{3.50 \times 10^{-6}}{2 \times 8.85 \times 10^{-12}} dz = 1.9 \times 10^5 \text{ V}$$

صفحة رقيقة موصلة لانتهائية تقع في المستوى (x, z) وتتوزع عليها شحنة بانتظام كثافتها ($+7.0 \mu C/m^2$) تحركت شحنة ($-2.0 \mu C$) على المحور y باتجاه الصفيحة من النقطة ($y_1 = 21 \text{ cm}$) إلى النقطة ($y_2 = 6.0 \text{ cm}$) ، ما مقدار الشغل المبذول من المجال الكهربائي على الشحنة لتحريكها بين النقطتين؟

$$W_e = q \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s} \Rightarrow W_e = q \int_{0.21}^{0.06} \frac{\sigma}{\epsilon_0} dy = -2 \times 10^{-6} \int_{0.21}^{0.06} \frac{7 \times 10^{-6}}{8.85 \times 10^{-12}} dy = 0.43 \text{ J}$$

0.12 J ☐

0.24 J ☒

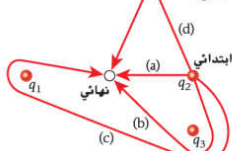
0.34 J ☐

0.43 J ☐

انظر الكتاب الصفحة 73

مراجعة المفاهيم 3.6

وضعت ثلاث شحنات نقطية موجبة متماثلة تماماً عند نقاط ثابتة في الفضاء. ثم تحركت 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، وينتقل المسار (b) الشحنة q_2 مروراً بالشحنة q_3 ، وينتقل المسار (c) الشحنة q_2 مروراً بالشحنة q_1 ، وينتقل المسار (d) الشحنة q_2 من موقعها الابتدائي إلى ما لا نهاية ثم إلى الموقع النهائي، ما المسار الذي يتطلب أقل شغل؟



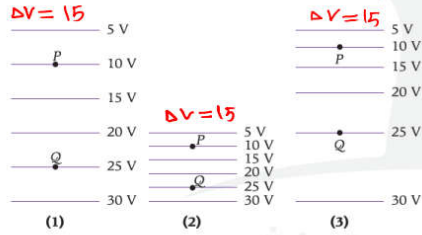
- (a) المسار (a)
(b) المسار (b)
(c) المسار (c)
(d) المسار (d)
(e) شغل واحد في المسارات كلها.

$$W_e = -q \cdot \Delta V$$

انظر الكتاب الصفحة 70

مراجعة المفاهيم 3.3

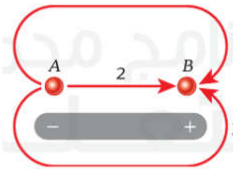
في الشكل الموضح، تمثل الخطوط خطوطاً متساوية الجهد. تحرك جسم مشحون من النقطة P إلى النقطة Q. فابن بين مقدار الشغل المبذول على الجسم في الحالات الثلاث.



- (a) اكتبين جميع الحالات الثلاث مقدار الشغل نفسه.
(b) الشغل الأكبر مبذول في الحالة 1.
(c) الشغل الأكبر مبذول في الحالة 2.
(d) الشغل الأكبر مبذول في الحالة 3.
(e) الحالتان 1 و 3 بهما مقدار الشغل نفسه، وهو أكبر من الشغل في الحالة 2.

انظر الكتاب الصفحة 82

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



- (a) المسار 1
(b) المسار 2
(c) المسار 3
(d) الشغل واحد في المسارات الثلاثة.

ملاحظة هامة: القوة الكهربائية (F_e) تعتبر قوة محافظة فالشغل الذي تبذله هو نفسه حتى ولو اختلف شكل المسار الذي تتخذه الشحنة عند انتقالها بين موضعين داخل المجال.

ثانياً | حساب الجهد الكهربائي (V) عند نقطة تبعد مسافة (r) عن شحنة نقطية (q) :-

الشحنة الموجبة $\rightarrow$ موجب كولوم

$$V = \frac{kq}{r}$$

الشحنة السالبة $\rightarrow$ سالب كولوم

المسافة $\rightarrow$ المسافة بين الشحنة والنقطة

نعوض عن الشحنة (q) مع اشارتها الموجبة أو السالبة.

انظر الكتاب الصفحة 71

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

$$V = \frac{kq}{r} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 12.5 \times 10^{-12}}{0.455} = 2.47 \text{ V}$$



وُضعت شحنة كهربائية سالبة مقدارها $q = -40\mu C$ على المحور العمودي عند نقطة $y = 2.0\text{ m}$. أوجد الجهد الكهربائي الناتج عن الشحنة عند النقطة $y = 5.0\text{ m}$.

$$V = \frac{kq}{r} = \frac{9 \times 10^9 \times (-40 \times 10^{-6})}{3}$$

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

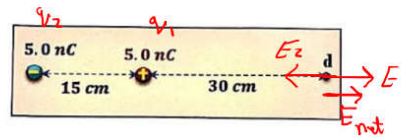
- $+4.0 \times 10^4\text{ V}$ ☐ $-4.0 \times 10^4\text{ V}$ ☐
 $+1.2 \times 10^5\text{ V}$ ☐ $-1.2 \times 10^5\text{ V}$ ☒

*السؤال (٢٠١٩/٢٠١٨) في النظام الموضح في الشكل المجاور، أي الآتية صحيح لكل من الجهد الكهربائي والمجال الكهربائي عند

النقطة (d) ؟

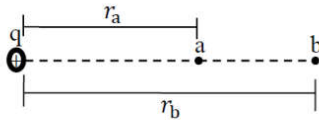
$$E = \frac{kq}{r^2}$$

$$V = \frac{kq}{r}$$

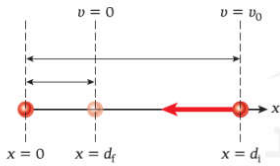


المجال الكهربائي	الجهد الكهربائي	
اتجاهه الى اليمين	سالِب	(أ)
اتجاهه الى اليمين	موجب	(ب) ☒
اتجاهه الى اليسار	موجب	(ج)
اتجاهه الى اليسار	سالِب	(د)

ثالثاً حساب فرق الجهد الكهربائي (ΔV_{ab}) بين نقطتين :-



$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = Kq \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right)$$



الشحنات الموجبة الثابتة والمتحركة

انظر الكتاب الصفحة 71

مسألة محلولة 3.2

المسألة

شحنة موجبة مقدارها $4.50\mu C$ ثابتة في مكانها. وأطلق جسيم كتلته 6.00 g وشحنته $+3.00\mu C$ بسرعة ابتدائية مقدارها 66.0 m/s مباشرة باتجاه الشحنة الثابتة من مسافة تبعد 4.20 cm إلى أي مدى تقترب الشحنة المتحركة من الشحنة الثابتة قبل أن تصل إلى وضع السكون وتبدأ في الابتعاد عن الشحنة الثابتة؟

$$Kq_1q_2 = -q_2 \cdot \Delta V \Rightarrow Kq_1q_2 = -q_2 \cdot kq_1 \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

$$-\frac{1}{2} m v_i^2 = -q_2 \cdot kq_1 \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

$$-\frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-3} \times 66^2 = -3 \times 10^{-6} \times 8.99 \times 10^9 \times 4.5 \times 10^{-6} \times \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{0.042} \right)$$

$$r_2 = 7.6 \times 10^{-3} \text{ m}$$

19- وضع جسيم مشحون شحنته $(+3.0\mu C)$ على المحور x عند النقطة $(x = +5.0\text{ cm})$ ، يبدأ الجسيم في الحركة من السكون بسبب وجود شحنة $(+8.0\mu C)$ ثابتة عند نقطة الأصل $(x = 0.0)$.



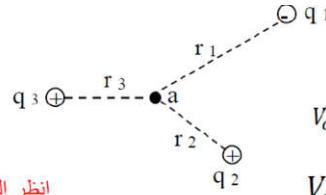
- احسب الطاقة الحركية للجسيم لحظة مروره بالنقطة $(x = +12\text{ cm})$.

$$Kq_1q_2 = -q_2 \cdot \Delta V \Rightarrow Kq_1q_2 = -q_2 \cdot kq_1 \left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i} \right)$$

$$K = -3 \times 10^{-6} \times 8.99 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-6} \times \left(\frac{1}{0.12} - \frac{1}{0.05} \right)$$

$$K = 2.51 \text{ J}$$

رابعا] حساب الجهد الكهربائي عند نقطة في نظام عدة شحنات نقطية :-



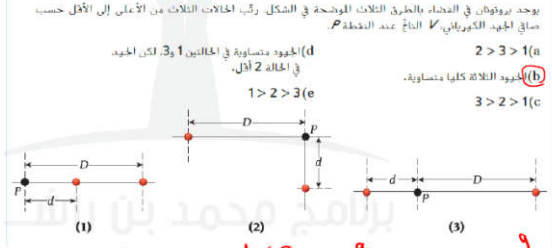
$$V_a = V_1 + V_2 + V_3$$

* لاتنسى التعويض عن الشحنة مع اشارتها .

$$V_a = K \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} \right)$$

انظر الكتاب الصفحة 73

مراجعة المفاهيم 3.5



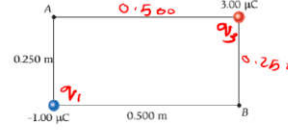
انظر الكتاب الصفحة 83

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؟

$$V_a = V_1 + V_2 = k \left(\frac{q_1}{r_{1a}} + \frac{q_2}{r_{2a}} \right) = 8.99 \times 10^9 \times \left(\frac{-1.0 \times 10^{-6}}{0.250} + \frac{3 \times 10^{-6}}{0.500} \right) = 1.79 \times 10^4 \text{ Volt}$$

$$V_b = V_1 + V_2 = k \left(\frac{q_1}{r_{1b}} + \frac{q_2}{r_{2b}} \right) = 8.99 \times 10^9 \times \left(\frac{-1.0 \times 10^{-6}}{0.500} + \frac{3 \times 10^{-6}}{0.250} \right) = 8.99 \times 10^4 \text{ Volt}$$

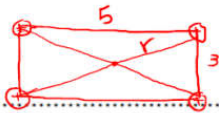
$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = 8.99 \times 10^4 - 1.79 \times 10^4 = 7.2 \times 10^4 \text{ Volt}$$

انظر الكتاب الصفحة 83

3.34 تم وضع أربع شحنات نقطية متطابقة (+1.61 nC) في زوايا مستطيل، أبعاده

3.00 m و 5.00 m. إذا كان قياس الجهد الكهربائي صفراً عند ما لانهاية، فما مقدار

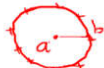
الجهد في المركز الهندسي لهذا المستطيل؟



$$\text{المقدار} = \sqrt{5^2 + 3^2} = 5.83 \text{ m} \Rightarrow r = \frac{5.83}{2} = 2.91 \text{ m}$$

$$V = 4V_1 = 4 \times \frac{kq}{r} = 4 \times 8.99 \times 10^9 \times \frac{1.61 \times 10^{-9}}{2.91} = 19.8 \text{ V}$$

الجهد الكهربائي الناتج عن كرة موصلة مشحونة (مجوفة أو مصمتة)



* جميع نقاط الكرة الموصلة متساوية في الجهد بدءاً من المركز وحتى السطح، ولحساب جهد أية نقطة داخل الكرة نحسب جهد السطح.

$$\epsilon_{in} = 0 \Rightarrow F_e = 0 \Rightarrow W_e = 0 \Rightarrow$$

$$V_{\text{المركز}} = V_{\text{الداخل}} = V_{\text{السطح}} = K \frac{q}{R}$$

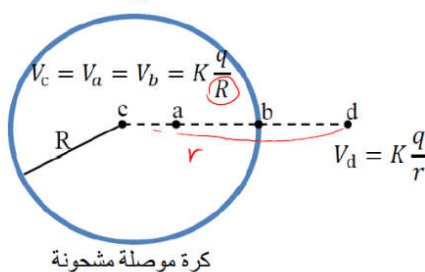
(R) نصف قطر الكرة

** الجهد خارج الكرة يختلف من نقطة الى اخرى ولحسابه نستخدم قانون الجهد للشحنة النقطية

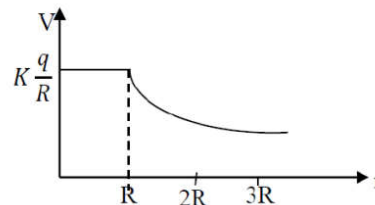
$$V_b = V_a$$

$$V_{\text{خارج}} = K \frac{q}{r}$$

(r) بعد النقطة عن مركز الكرة.



كرة موصلة مشحونة



انظر الكتاب الصفحة 83

3.38 موّبل كروي مجوّف نصف قطره 5.00 cm وشحنة سطحه 8.00 nC

(a) ما قيمة الجهد على بُعد $r > R$ من مركز الكرة؟

$$V = \frac{kq}{r} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 8.00 \times 10^{-9}}{0.05} = 1.44 \times 10^3 \text{ volt}$$

(b) ما قيمة الجهد على بُعد $r < R$ من مركز الكرة؟

$$V_c = V_s = V = \frac{kq}{R} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 8.00 \times 10^{-9}}{0.05} = 1.44 \times 10^3 \text{ volt}$$

(c) ما قيمة الجهد في مركز الكرة؟

$$V_c = V_s = 1.44 \times 10^3 \text{ volt}$$

انظر الكتاب الصفحة 85

3.64 كرة بعبونية محصنة نصف قطرها 3.00 m وشحنتها 4.00 mC . إذا كان الجهد الكهربائي على مسافة بعيدة عن الكرة يساوي صفر، فما الجهد الكهربائي عند كل من المواقع التالية؟

- (a) عند $r = 0 \text{ m}$ ، مركز الكرة
(b) عند $r = 3.00 \text{ m}$ ، على سطح الكرة
(c) عند $r = 5.00 \text{ m}$ على المركز

$$\text{a) } r < R \Rightarrow V_{\text{int}} = V_c = V_s = \frac{kq}{R} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 4.00 \times 10^{-3}}{3} = 1.19 \times 10^7 \text{ volt}$$

$$\text{b) } V_s = V_c = 1.19 \times 10^7 \text{ volt}$$

$$\text{c) } V_{\text{out}} = \frac{kq}{r} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 4.00 \times 10^{-3}}{5} = 7.19 \times 10^6 \text{ volt}$$

87 - 86
انظر الكتاب الصفحة 86



3.85 كرة موصلة مصمتة نصف قطرها $R_1 = 1.206 \text{ m}$ وشحنتها $Q = 1.953 \mu\text{C}$ موزعة بالتساوي على سطحها. وكرة أخرى موصلة ومصمتة نصف قطرها $R_2 = 0.6115 \text{ m}$ غير مشحونة في البداية وعلى بُعد 10.00 m من الكرة الأولى. ثم توصيل الكرتين للحظة بسلك، ثم تمت إزالته. ما مقدار الشحنة على الكرة الثانية؟ $q_2 = ?$

عند توصيل الكرتين مع بعضها سلك تستقر الشحنات من الكرة ذات الجهد الكهربائي الأعلى على الكرة ذات الجهد الكهربائي الأقل.

وبسبب هذا يتساوى الجهد على الكرتين $V_1 = V_2$

$$\frac{kq_1}{R_1} = \frac{kq_2}{R_2}$$

$$\frac{q_1}{R_1} = \frac{q_2}{R_2} \Rightarrow \frac{Q - q_2}{R_1} = \frac{q_2}{R_2} \Rightarrow \frac{1.953 \times 10^{-6} - q_2}{1.206} = \frac{q_2}{0.6115}$$

$$q_2 = 5.57 \times 10^{-7}$$

$$q_1 = Q - q_2 = 1.953 \times 10^{-6} - 5.57 \times 10^{-7} = 1.29 \times 10^{-6} \text{ C}$$

انظر الكتاب الصفحة 86

3.88 كرة موصلة ومصمتة نصف قطرها $R = 1.895 \text{ m}$ وبها شحنة، ومقدار المجال الكهربائي عند سطح الكرة هو $3.165 \times 10^5 \text{ V/m}$ ما قيمة الجهد الكهربائي على بُعد 29.81 m من سطح الكرة؟

$$E = \frac{kq}{R^2} \Rightarrow 3.165 \times 10^5 = \frac{8.99 \times 10^9 \times q}{(1.895)^2} \Rightarrow q = 1.26 \times 10^{-4} \text{ C}$$

$$V = \frac{kq}{r} = \frac{kq}{(h+R)} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 1.26 \times 10^{-4}}{(29.81 + 1.895)} = 3.57 \times 10^4 \text{ V}$$

انظر الكتاب الصفحة 82

3.11 كرة مجوفة موصلة للكهرباء نصف قطرها R وتتركز حول نقطة الأصل للنظام الإحداثي xyz . وتم توزيع شحنة كلية Q بانتظام على سطح الكرة. بافتراض أن الجهد الكهربائي يساوي صفراً عند مسافة لا نهائية، ما قيمة الجهد الكهربائي عند مركز الكرة؟

$$V_c = V_s = \frac{kq}{R}$$

- (a) صفر
(b) $2kQ/R$
(c) kQ/R
(d) $kQ/2R$
(e) $kQ/4R$

3.6 كرة مصمتة موصلة للكهرباء نصف قطرها R وتتركز حول نقطة الأصل للنظام الإحداثي xyz . وتم توزيع شحنة كلية Q بانتظام على سطح الكرة. بافتراض أن الجهد الكهربائي يساوي صفراً عند مسافة لا نهائية، ما قيمة الجهد الكهربائي عند مركز الكرة الموصلة للكهرباء؟

$$V_c = V_s = \frac{kq}{R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} \text{ (c)}$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \text{ (d)}$$

- (a) صفر
(b) $Q/\epsilon_0 R$

3.14 إذا تسارع بروتون وجسيم ألفا (يتكون من بروتونين ونيوترونين) من حالة السكون خلال فرق الجهد نفسه، فما العلاقة بين سرعتيهما الناتجة؟

$$q_p = 2q_\alpha$$

- (a) سرعة البروتون ضعف سرعة جسيم ألفا.
(b) سرعة البروتون هي نفسها سرعة جسيم ألفا.
(c) سرعة البروتون نصف سرعة جسيم ألفا.
(d) سرعة البروتون $\sqrt{2}$ أضعاف سرعة جسيم ألفا.
(e) سرعة جسيم ألفا $\sqrt{2}$ أضعاف سرعة البروتون.

$$\frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 = -q_\alpha \Delta V = -q_p \Delta V = -\frac{1}{2} m_p v_p^2$$

$$\frac{m_\alpha v_\alpha^2}{m_p v_p^2} = \frac{q_\alpha}{q_p} \Rightarrow \frac{4m_p v_\alpha^2}{m_p v_p^2} = \frac{2e}{e} \Rightarrow 2v_\alpha^2 = v_p^2 \Rightarrow v_p = \sqrt{2} v_\alpha$$

3.12 كرة مصمتة موصلة للكهرباء نصف قطرها R ولها شحنة Q موزعة بالتساوي على سطحها، وينتج عنها جهد كهربائي V_0 على السطح. ما مقدار الشحنة التي يجب إضافتها للكرة لزيادة الجهد على السطح إلى $2V_0$ ؟

$$V = \frac{kq}{R}$$

$$V \propto q$$

- (a) $Q/2$
(b) $2Q$
(c) Q
(d) Q^2
(e) $2Q^2$

إيجاد المجال الكهربائي من الجهد الكهربائي
Finding the Electric Field from the Electric Potential

3.5

$$\Delta V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

إيجاد المجال الكهربائي من الجهد الكهربائي

* يمكن إيجاد مركبات المجال الكهربائي بدلالة المشتقات الجزئية للجهد :-
 $E_s = - \frac{\partial V}{\partial s}$

$$E_x = - \frac{\partial V}{\partial x} , \quad E_y = - \frac{\partial V}{\partial y} , \quad E_z = - \frac{\partial V}{\partial z}$$

*السؤال (٢٠١٨-٢٠١٩) يتغير الجهد الكهربائي في فضاء ثلاثي الأبعاد (x,y,z) بوحدة الفولت وفقاً للمعادلة :-

$$V(x, y, z) = 3x^2 + 2y^2 - 4yz$$

احسب مقدار مركبات المجال الكهربائي [E_x, E_y, E_z] عند نقطة في الفضاء موقعها (x = +2.0m, y = +3.0m, z = -4.0m)

مساعدة

$$E_s = - \frac{\partial V}{\partial s}$$

$$E_x = - \frac{\partial V}{\partial x} = - (6x + 0 - 0) = -6x = -6(2) = -12 \text{ N/C}$$

$$E_y = - \frac{\partial V}{\partial y} = - (0 + 4y - 4z) = 4y - 4z = 4(3) - 4(-4) = -28 \text{ N/C}$$

$$E_z = - \frac{\partial V}{\partial z} = - (0 + 0 - 4y) = 4y = 4(3) = 12 \text{ N/C}$$

$$\vec{E} = -12\hat{x} - 28\hat{y} + 12\hat{z}$$

$$E = \sqrt{(-12)^2 + (-28)^2 + (12)^2} = 32.74 \text{ N/C}$$

يتغير الجهد الكهربائي في فضاء ثلاثي الأبعاد (x,y,z) بوحدة الفولت وفق المعادلة:

$$V(x, y, z) = 3x^2 + 2y - 5z$$

ما مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (+4.0 m, -2.0 m, -1.0 m) ؟

$$E_x = - (6x + 0 - 0) = -6x = -6(4) = -24 \quad 8.16 \text{ V/m} \quad \square$$

$$E_y = - (0 + 2 - 0) = -2 \quad 24.6 \text{ V/m} \quad \square$$

$$E_z = - (0 + 0 - 5) = +5 \quad 21.0 \text{ V/m} \quad \square$$

$$E = \sqrt{(-24)^2 + (-2)^2 + (5)^2} = 24.6 \text{ V/m} \quad 31.0 \text{ V/m} \quad \square$$

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

$$E_x = - (4x - 0) = -4x = -4(1) = -4 \text{ V/m} \quad 5 \text{ V/m} \quad \square$$

$$-8 \text{ V/m} \quad \square$$

$$6 \text{ V/m} \quad \square$$

$$-4 \text{ V/m} \quad \square$$

3.10 مراجعة المفاهيم

في الشكل الموضح، تمثل الخطوط خطوطاً متساوية الجهد. ما اتجاه المجال الكهربائي عند النقطة P؟

(a) إلى أعلى
(b) إلى أسفل
(c) إلى اليسار
(d) إلى اليمين
(e) المجال الكهربائي عند النقطة P يساوي صفراً.

3.8 مراجعة المفاهيم

في الشكل الموضح، تمثل الخطوط خطوطاً متساوية الجهد. قارن بين مقدار المجال الكهربائي، E ، عند النقطة P في الحالات الثلاث.

a) $E_1 = E_2 = E_3$
b) $E_1 > E_2 > E_3$
c) $E_1 < E_2 < E_3$
d) $E_3 > E_1 > E_2$
e) $E_3 < E_1 < E_2$

الصفحة 77

3.7 مراجعة المفاهيم

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

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

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} = -(-10x - 0 - 0)$$

$$E_x = 10x$$

$$E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} = -(0 - 1 - 0)$$

$$E_y = 1$$

$$E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} = -(0 - 0 - 1)$$

$$E_z = 1$$

$$\vec{E} = 10x\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}$$

3.11 مراجعة المفاهيم

ثلاثة أزواج من الألواح المتوازية بين كل زوج المسافة الفاصلة نفسها وجهد كل لوح موضح في الرسم. والمجال الكهربائي، E ، منتظم بين كل زوج من الألواح وعمودي عليه. رتب مقدار E بين الألواح، من الأعلى إلى الأقل.

(1) -50 V $+150 \text{ V}$
(2) -20 V $+200 \text{ V}$
(3) -300 V -500 V

(a) $1 > 2 > 3$
(b) $3 > 2 > 1$
(c) مقدار 3 و 2 متساوية وأكبر من مقدار 1.
(d) المقدار الثلاثة متساوية.
(e) مقدار 2 أكبر من مقدار 1 و 3 وهما متساويان.

$$E \propto \Delta V$$

$$\Delta V_1 = 150 - (-50) = 200$$

$$\Delta V_2 = 200 - (-20) = 220$$

$$\Delta V_3 = -500 - (-300) = -200$$

$$E_2 > E_1 = E_3$$

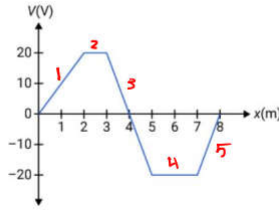
3.9 مراجعة المفاهيم

في الشكل الموضح، تمثل الخطوط خطوطاً متساوية الجهد، وضعت شحنة موجبة عند النقطة P، ثم وضعت شحنة موجبة أخرى عند النقطة Q. ما مجموعة المتجهات التي تعد أفضل تمثيل للمقادير النسبية واتجاهات قوى المجال الكهربائي المبدولة على الشحنات الموجبة عند النقطتين P و Q؟

a) $\vec{PQ}$
b) $\vec{PQ}$
c) $\vec{QP}$
d) $\vec{QP}$
e) $\vec{PQ}$

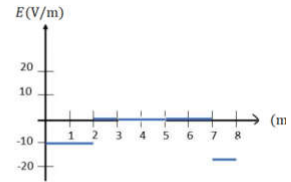
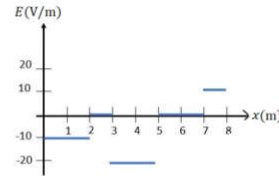
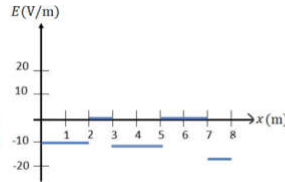
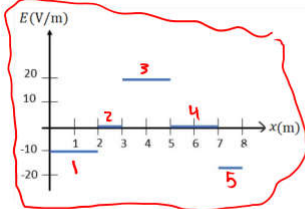
$F_e = qE$

يوضح الرسم البياني المجاور تغير الجهد الكهربائي كدالة تابعة للمسافة في مجال كهربائي . أي الرسوم السابقة أدناه للمحاور الكهربية كدالة للمسافة يتوافق مع التمثيل البياني المعطى ؟



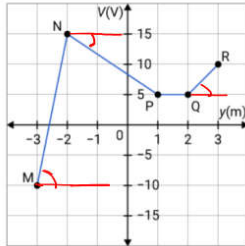
$$\text{الميل} = \frac{\Delta V}{\Delta x} = \frac{\Delta V}{\Delta s} = -E$$

الميل هو مشتقة الجهد بالنسبة للمسافة



الرسم البياني يوضح العلاقة بين تغير الجهد الكهربائي كدالة تابعة للمسافة على المحور y في مجال كهربائي ، في أي جزء من الرسم البياني يوجد

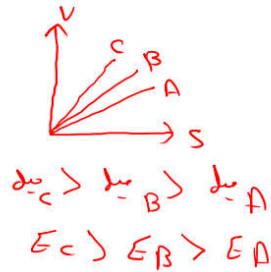
أقصى مقدار للمجال الكهربائي ؟



$$E = \left| -\frac{\Delta V}{\Delta s} \right| = \text{الميل}$$

أكبر ميل خط بياني له أكبر مجال كهربائي

☐ PQ	☒ MN
☐ QR	☐ NP



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؟

$$a = \frac{qE}{m} \quad E = -\frac{\partial V}{\partial x} = -(4x - 9x^2) = -4x + 9x^2 = -4(2) + 9(2)^2 = 28 \text{ V/m}$$

$$a = \frac{1.0 \times 10^{-6} \times 28}{2.50 \times 10^{-6}} = 11.2 \text{ m/s}^2$$

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

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} = -(2x + y^2 + z) = -2x - y^2 - z = -2(3) - (4)^2 - 5 = -29$$

$$E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} = -(0 + 2xy + z) = -2xy - z = -2(3)(4) - 5 = -29$$

$$E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} = -(0 + 0 + y) = -y = -4$$

$$\vec{E} = -29\hat{x} - 29\hat{y} - 4\hat{z}$$

$$E = \sqrt{(-29)^2 + (-29)^2 + (-4)^2} = 36.62$$



$x = 0 \text{ m}$ $x = 4.00 \text{ m}$ $x = 10.0 \text{ m}$

3.51 يتحدد الجهد الكهربائي داخل مُعجِّل جسيمات خطي طوله 10.0 m من العلاقة $V = (3000 - 5x^2/\text{m}^2) \text{ V}$ حيث x هي البعد عن اللوح الأيسر على طول أنبوب المُعجِّل، كما هو مبين في الشكل.

(a) حدد التعبير الذي يصف المجال الكهربائي على طول أنبوب المُعجِّل.

$$E = -\frac{\partial V}{\partial x} = -(0 - 10x) = +10x$$

(b) يتطلق بروتون (من حالة السكون) على مسافة $x = 4.00 \text{ m}$ احسب عجلة البروتون بعد انطلاقه مباشرة.

$$a = \frac{qE}{m} \Rightarrow E = 10(4) = 40 \text{ V/m} \Rightarrow a = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 40}{1.67 \times 10^{-27}} = 3.83 \times 10^9 \text{ m/s}^2$$

(c) ما سرعة تصادم البروتون إذا اصطدم باللوح؟

$$V_1 = 3000 - 5(4)^2 = 2920 \text{ V} \quad V_2 = 3000 - 5(10)^2 = 2500 \text{ V} \Rightarrow$$

$$qV = -\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow q(V_1 - V_2) = -\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = q(V_2 - V_1)$$

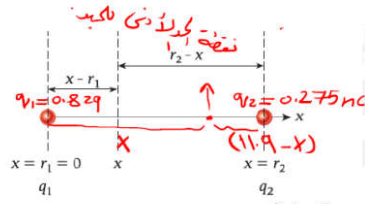
$$\frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27} \times v^2 = 1.6 \times 10^{-19} \times (2500 - 2920) \Rightarrow v = 2.84 \times 10^5 \text{ m/s}$$

$$E_s = -\frac{\Delta V}{\Delta s}$$

الحد الأدنى للجهد :- وهو الموقع الذي تكون عنده مشتقة الجهد بالنسبة للمسافة تساوي صفر $\left[\frac{dV}{dx} = 0.0 \right]$ ، وهو الموقع نفسه

الموقع

الذي ينعقد فيه المجال ($E_{net} = 0.0$) . موضح الاتزان



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؟ موضح الاتزان

$$E = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k q_1}{r_1^2} = \frac{k q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{0.829}{x^2} = \frac{0.275}{(11.9 - x)^2} \Rightarrow x = 7.55 \text{ cm}$$

$$\Delta U = -W_e$$

$$\Delta U = W$$

طاقة الوضع الكهربائية لنظام من الشحنات النقطية (المجال الغير منتظم) 3.6

يمكن حساب طاقة الوضع الكهربائية لنظام مكون من شحنتين نقطيتين باستخدام القانون التالي:

$$U = K \frac{q_1 q_2}{r}$$

تعويض بالشحنة مع اشارتها

ملاحظات مهمة:

(1) عند نقل شحنة موجبة الى موضع قريب من شحنة موجبة أخرى ، فإن طاقة الوضع الكهربائية للنظام (U) سوف تزداد ، حيث الشغل الذي يبذله المجال يكون سالب .

(2) عند نقل شحنة سالبة الى موضع قريب من شحنة موجبة أخرى ، فإن طاقة الوضع الكهربائية للنظام (U) سوف تنقص ، حيث الشغل الذي يبذله المجال يكون موجب .

$$\Delta U = -(-W_e) = +$$

$$\Delta U = -(+W_e) = -$$

(2) عند نقل شحنة سالبة الى موضع قريب من شحنة موجبة أخرى ، فإن طاقة الوضع الكهربائية للنظام (U) سوف تنقص ، حيث الشغل الذي يبذله المجال يكون موجب .

السؤال (٢٠٢١/٢٠٢٠): افترض وجود شحنتين متماثلتين مقدار كل منهما $q = 5.0 \mu C$ وتفصل بينهما مسافة 5.0 cm أوجد طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في هذا النظام .

$U = \frac{k q^2}{r} = \frac{8.99 \times 10^9 \times (5.0 \times 10^{-6})^2}{0.05} = 4.5 \text{ J}$

0.9 J (أ) 4.5 J (ب) 0.2 J (ج) 2.5 J (د)

السؤال (٢٠٢٠/٢٠١٩): شحنتان نقطيتان كل منهما $(5.0 \mu C)$ موضوعتان على زاويتي مربع طول ضلعه (10 cm) كما في الشكل المجاور ما مقدار طاقة الوضع الكهربائية للنظام المكون من الشحنتين؟

$U = \frac{k q^2}{r} \Rightarrow U = \frac{8.99 \times 10^9 \times (5.0 \times 10^{-6})^2}{0.1414} = 1.6 \text{ J}$

0.0 J (أ) 2.3 J (ب) 1.6 J (ج) 0.80 J (د)

السؤال (٢٠١٩/٢٠١٨): ما مقدار طاقة الوضع الكهربائية لنظام مكون من ثلاث شحنتان نقطية كل منها $(+4.0 \mu C)$ مرتبة على زوايا مثلث متساوي الاضلاع طول ضلعه (15 cm) ؟

$U = U_{12} + U_{13} + U_{23} \Rightarrow U = 3 \times \frac{k q^2}{r} = 2.9 \text{ J}$

0.0 J (أ) 0.96 J (ب) 1.9 J (ج) 2.9 J (د)

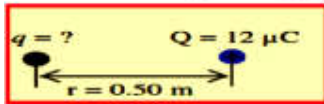
السؤال (٢٠١٩/٢٠١٨): شحنة نقطية $(+3.0 \mu C)$ ثابتة موضوعة عند الموقع $(0, 0)$ في المستوى (x, y) ، ما الشغل اللازم لتحريك شحنة $(+2.0 \mu C)$ من الموقع $(x = 5.0 \text{ cm}, y = 0.0 \text{ cm})$ الى الموقع $(x = 0.0 \text{ cm}, y = 2.0 \text{ cm})$ ؟

$U_i = \frac{k q_1 q_2}{r_i} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0.05} = 1.078 \text{ J}$

$U_f = \frac{k q_1 q_2}{r_f} = \frac{8.99 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0.0424} = 2.077 \text{ J}$

$W = \Delta U = U_f - U_i = 1.6 \text{ J}$

1.1 J (أ) 1.6 J (ب) 2.7 J (ج) 3.8 J (د)



بما ان طاقة الوضع سالبة ، الشحنة موجبة ف q سالبة

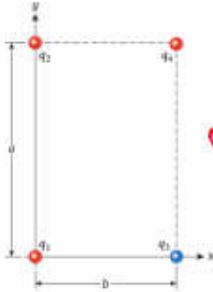
$$U = \frac{k q Q}{r} \Rightarrow -4.8 \times 10^{-6} = \frac{8.99 \times 10^9 \times q \times 12 \times 10^{-6}}{0.50}$$

$$q = -2.2 \times 10^{-11} \text{ C}$$

إذا زادت المسافة بين الشحنتين لتصبح (0.60 m) فكم يكون التغير في طاقة الوضع الشحنة (q)

$$\Delta U = U_f - U_i \quad ; \quad U_f = \frac{k q_1 q_2}{r_f} = \frac{8.99 \times 10^9 \times (-2.2 \times 10^{-6}) \times 1.2 \times 10^{-6}}{0.60} = -3.95 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$\Delta U = -3.95 \times 10^{-2} - (-4.8 \times 10^{-2}) = 8.5 \times 10^{-3} \text{ J}$$



مثال 3.7 أربع شحنات نقطية

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

$$U = U_{12} + U_{13} + U_{14} + U_{23} + U_{24} + U_{34}$$

المسألة

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

$$U = \frac{kq_1q_2}{a} + \frac{kq_1q_3}{b} + \frac{kq_2q_3}{\sqrt{a^2 + b^2}} + \frac{kq_1q_4}{\sqrt{a^2 + b^2}} + \frac{kq_2q_4}{b} + \frac{kq_3q_4}{a}$$

$$U = (3.0 \times 10^{-3} \text{ J}) + (-6.7 \times 10^{-3} \text{ J}) + (-7.5 \times 10^{-3} \text{ J}) + (5.0 \times 10^{-3} \text{ J}) + (1.8 \times 10^{-2} \text{ J}) + (-1.8 \times 10^{-2} \text{ J}) = -6.2 \times 10^{-3} \text{ J}$$

3.9 إذا كانت المسافة الفاصلة بين كل زوج من أزواج الشحنات التالية هي d .

فما الزوج الذي له أعلى طاقة وضع؟

(a) $+3 \text{ C}$ و $+5 \text{ C}$	$+15 \text{ kJ}$
(b) -3 C و $+5 \text{ C}$	-15 kJ
(c) $+3 \text{ C}$ و -5 C	-15 kJ

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. ويصل بين هذه الأيونات مسافة 0.236 nm تقريبًا. ما مقدار الشغل اللازم بذله لزيادة المسافة بين الأيونين إلى 1.00 cm ؟

$$W = \Delta U = U_f - U_i \Rightarrow$$

$$U_f = \frac{k q_1 q_2}{r_f} = \frac{8.99 \times 10^9 \times (4.6 \times 10^{-19}) \times (1.6 \times 10^{-19})}{1 \times 10^{-2}} = -2.3 \times 10^{-26} \text{ J}$$

$$U_i = \frac{k q_1 q_2}{r_i} = \frac{8.99 \times 10^9 \times (-1.6 \times 10^{-19}) \times (1.6 \times 10^{-19})}{0.236 \times 10^{-9}} = -9.75 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$W = -2.3 \times 10^{-26} - (-9.75 \times 10^{-19}) = 9.74 \times 10^{-19} \text{ J}$$

تدريبات عامة على الجهد الكهربائي

3.47 تم توليد مجال كهربائي في ساق غير منتظمة . واستخدم فولتميتر لقياس فرق الجهد بين الطرف الأيسر للساق ونقطة تقع على بعد x من الطرف الأيسر . تكررت هذه العملية ووجد البيانات تتحدد من

العلاقة $\Delta V = 270 x^2$ حيث يقاس فرق الجهد بوحدات V/m^2 ما مركبة x للمجال

الكهربائي عند نقطة تبعد 13.00 cm عن الطرف الأيسر ؟

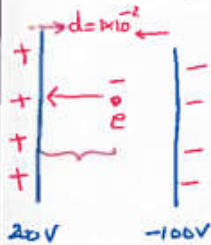
$$E_x = -\frac{dV}{dx} =$$

$$-(2 \times 270 x) \Rightarrow -2 \times 270 (0.13) = -70.2 \text{ V/m}$$

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) الكترون موقعه الابتدائي في منتصف المسافة بين اللوحين . أوجد طاقته الحركية عندما يصطدم باللوح الموجب .



$$a) E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{200 - (-100)}{1 \times 10^{-2}} = 30,000 = 3 \times 10^4 \text{ V/m}$$

$$b) \Delta K = -q \Delta V = -1.6 \times 10^{-19} \times 150 = 2.4 \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$\Delta V = 200 - (-100) = 300 \text{ V}$$

عند منتصف المسافة

$$\Delta V = \frac{300}{2} = 150 \text{ V}$$

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 .

$$m = 2.5 \text{ mg} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ g} = 2.5 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \text{ kg} = 2.5 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$V(x) = (2.00 \text{ V/m}^2)x^2 - (3.00 \text{ V/m}^3)x^3$$

ما العجلة التي سيبدأ الجسيم في التحرك بها بعد أن يهبط ؟

$$V = 2x^2 - 3x^3$$

$$E = -\frac{dV}{dx} = -(4x - 9x^2) = -(4 \times 2 - 9(2)^2) = 28 \text{ V/m}$$

$$F = ma = qE$$

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{1 \times 10^{-6} \times 28}{2.5 \times 10^{-6}} = 11.2 \text{ m/s}^2$$

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 الاحداثي $(3, 4, 5)$

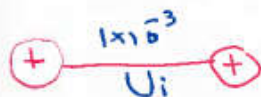
$$E_x = -\frac{dv}{dx} = -[2x + y^2] = -[2 \times 3 + 4^2] = -22 \hat{x}$$

$$E_y = -\frac{dv}{dy} = -[2xy + z] = -[2 \times 3 \times 4 + 5] = -29 \hat{y}$$

$$E_z = -\frac{dv}{dz} = -[0 + 0 + y] = -4 \hat{z}$$

$$E = -22 \hat{x} - 29 \hat{y} - 4 \hat{z}$$

3.62 تم إطلاق بروتونين من السكون في وقت واحد وكانت المسافة الفاصلة بينهما 1.00 mm . ما سرعة K_f أي منهما عندما تكون المسافة الفاصلة بينهما 10.00 mm .



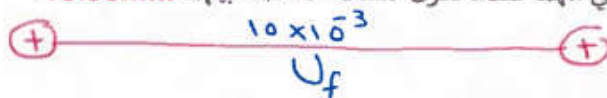
$$\Delta K = -\Delta U$$

$$K_f - K_i = -(U_f - U_i)$$

$$K_f = -U_f + U_i = U_i - U_f$$

$$K_f = \frac{k q_1 q_2}{r_i} - \frac{k q_1 q_2}{r_f}$$

$$= k q_1 q_2 \left[\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_f} \right]$$



$$K_f = 9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2 \left[\frac{1}{1 \times 10^{-3}} - \frac{1}{10 \times 10^{-3}} \right]$$

$$K_f = 2.1 \times 10^{-25} \text{ J}$$

$$K_f = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 K_f}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.1 \times 10^{-25}}{2 \times 1.67 \times 10^{-27}}} = 11.2 \text{ m/s}$$

3.63 بطارية 12 V متصلة بين كرة معدنية مجوفة نصف قطرها 1 m والأرض. كما هو مبين في الشكل.



ما قيمة المجال الكهربائي والجهد الكهربائي داخل الكرة المعدنية المجوفة؟

المجال الكهربائي

$$V = 12 \text{ V}$$

المجال داخل الموصل

$$= 0$$

3.66 افترض أن الكتروناً يدخل أنبوب أشعة الكاثود بدأ من السكون وتسارع تحت تأثير فولتية الأنبوب البالغة 21.9 KV ما سرعة تصادم الإلكترون بشاشة الأنبوب (بوحدة Km/s) ؟

$$\Delta K = -q\Delta V$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = -q\Delta V$$

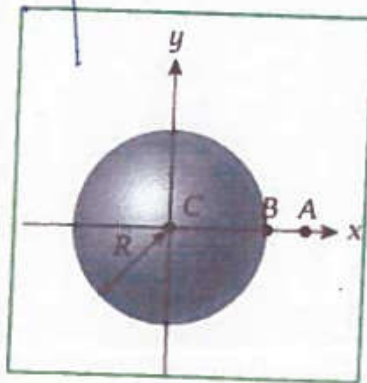
$$v = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{-2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 21.9 \times 10^3}{9.11 \times 10^{-31}}}$$

$$= 8.78 \times 10^7 \text{ m/s} \Rightarrow v = 8.78 \times 10^4 \text{ Km/s}$$

3.67 كرة مصمتة موصلة للكهرباء (نصف قطرها $R = 18.0 \text{ cm}$ وشحنتها $q = 6.10 \times 10^{-6}$) كما هو مبين في الشكل .

أحسب الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد 24.0 cm عن المركز النقطة (A) (1)



ونقطة تقع على السطح (النقطة B) وعند مركز الكرة (النقطة C) (2)

افترض أن الجهد الكهربائي يساوي صفراً عند النقاط الموجودة على بعد لا نهائي من نقطة الأصل للنظام الإحداثي .

$$V_A = \frac{kq}{r} = \frac{9 \times 10^9 \times 6.1 \times 10^{-6}}{24 \times 10^{-2}} = 2.28 \times 10^5 \text{ V}$$

$$V_B = \frac{kq}{R} = \frac{9 \times 10^9 \times 6.1 \times 10^{-6}}{18 \times 10^{-2}} = 3.1 \times 10^5 \text{ V}$$

الجهد في الداخل يساوي الجهد على السطح (3)

$$V_C = V_B = 3.1 \times 10^5 \text{ V}$$

3.70 بروتون سرعته $1.23 \times 10^4 \text{ m/s}$ يتحرك من مالا نهاية مباشرة تجاه بروتون آخر. بافتراض أن البروتون الثاني ثابت في مكانه. أوجد الموقع r الذي يتوقف فيه البروتون المتحرك للحظة قبل أن يستدير. سيتوقف البروتون المتحرك عند مسافة من البروتون الثابت حيث تتحول جميع طاقته الحركية إلى طاقة وضع.

$$\Delta K = \Delta U$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{kq_1q_2}{r}$$

$$r = \frac{kq_1q_2}{0.5mv^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{0.5 \times 1.67 \times 10^{-27} \times (1.23 \times 10^4)^2}$$

$$= 1.82 \times 10^{-9} \text{ m.}$$

3.57 تتطلب تفاعلات الاندماج النووي تقريبا الأنوية موجبة الشحنة، للتغلب على التنافر الكهروستاتيكي. من الأمثلة البسيطة على ذلك، افترض أن بروتونا أطلق على بروتون ثابت آخر من مسافة بعيدة. ما الطاقة الحركية اللازم توفيرها للبروتون المتحرك ليكون على بُعد $1.00 \times 10^{-15} \text{ m}$ من الهدف؟ افترض وجود تصادم من الأمام وأن الهدف ثابت.

$$\Delta U = \Delta K$$

$$\Delta K = \frac{kq_1q_2}{r}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{1 \times 10^{-15}} = 2.3 \times 10^{-13} \text{ J}$$

3.69 يحتوي مولد فان دي جرايف على موصل كروي نصف قطره 25.0 cm يمكنه إنتاج مجال كهربائي مقداره $2.00 \times 10^6 \text{ v/m}$ بحد أقصى. ما أقصى فولتية وشحنة يمكن أن يتحملها؟

$$q = \frac{2 \times 10^6 \times (25 \times 10^{-2})^2}{9 \times 10^9}$$

$$= 1.39 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$V_{\max} = E \times R$$

$$= 2 \times 10^6 \times 25 \times 10^{-2}$$

$$= 5 \times 10^5 \text{ V}$$

طسااب الشحنة

$$E = \frac{kq}{R^2}$$

$$q = \frac{E \times R^2}{k}$$

$$V_{\max} = \frac{kq}{R}$$

بالاستعانة على R للفرضين

$$\frac{V_{\max}}{R} = \frac{kq}{R^2}$$

$$\frac{V_{\max}}{R} = E$$

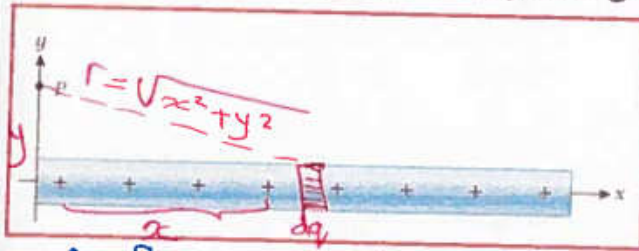
3.58 ينتج عن الاشطار النووي لنواة يورانيوم (تحتوي على 92 بروتونًا) نواة باريوم (56 بروتونًا) ونواة كريبتون (36 بروتونًا). وتتطابق الشظايا بعيدًا نتيجة التناثر الكهروستاتيكي؛ ثم تتكوّن في النهاية بإجمالي طاقة حركية مقدارها 200. MeV. استخدم هذه المعلومات لتقدير حجم نواة اليورانيوم؛ أي تعامل مع نواتي الباريوم والكريبتون على أنها شحنات نقطية واحسب المسافة الفاصلة بينهما في بداية العملية.

$$\Delta K = \Delta U = \frac{kq_1q_2}{r}$$

$$r = \frac{kq_1q_2}{\Delta K} = \frac{9 \times 10^9 \times (56 \times 1.6 \times 10^{-19}) (36 \times 1.6 \times 10^{-19})}{200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= 1.45 \times 10^{-14} \text{ m.}$$

3.44. الساق البلاستيكية الموضحة في الشكل طولها L وذات توزيع خطي غير منتظم للشحنات $\lambda = cx$. حيث c ثابت موجب. أوجد التعبير الذي يصف الجهد الكهربائي عند النقطة P على المحور y ومسافة y من أحد طرفي القضيب.



$$\lambda = \frac{q}{L}$$

$$q = \lambda L = \lambda dx$$

$$= cx dx$$

$$V = \int \frac{kq}{r}$$

$$= \int \frac{kcx dx}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$= kc \int_0^L \frac{x dx}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$= kc \left[\sqrt{x^2 + y^2} \right]_0^L$$

$$= kc [\sqrt{L^2 + y^2} - y]$$