

(٢-١) الجهد الكهربائي:

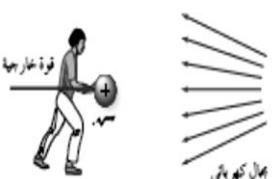
مهم جداً:

في المجال الكهربائي اصطلاح ان اللانهاية (∞) هي النقطة المرجعية التي تكون طاقة الوضع عندما صفرًا ($\text{ط}^{\infty} = 0$)

✓ مقدمة (معلومات وحقائق):



اتجاه القوة الخارجية في الشكلين عكس اتجاه المجال



- ثُدِّيَ الأرض في الحيز المحيط بها مجالاً يُسمى مجال الجاذبية الأرضية.
- تشكل الأرض مع أي جسم يقع ضمن مجالها نظاماً، يُعرف بنظام (الجسم - الأرض) ويظهر فيه: شكل من اشكال الطاقة ويسمى طاقة الوضع، وهذا النوع من الطاقة يرتبط بقوى المجال عموماً (بغض النظر عن مصدر المجال).

- وبالمثل، إذا وضعت شحنة كهربائية في مجال كهربائي خارجي فإن الشحنة والمجال يشكلان نظاماً، يسمى: نظام (الشحنة الكهربائية - المجال الكهربائي).
- تخزن في نظام (الشحنة الكهربائية - المجال الكهربائي) طاقة تسمى: طاقة وضع كهربائية.
- لحساب طاقة الوضع عند موقع ما، نحتاج إلى موقع مرجعي تكون طاقة الوضع عند صفرًا، وعليه يمكن القول أنَّ: في مجال الجاذبية الأرضية، فرض أنَّ سطح الأرض يمثل الموقع المرجعي، لذلك الجسم يخزن طاقة وضع نتيجة وجوده على ارتفاع ما عن سطح الأرض.

في المجال الكهربائي، اصطلاح أنَّ اللانهاية (∞) هي النقطة المرجعية التي تكون طاقة الوضع عند صفرًا ($\text{ط}^{\infty} = 0$).

[مهم: اللانهاية هنا يقصدُ بها مكان خارج منطقة المجال الكهربائي المؤثر]

لفترض أنَّ الشحنة الكهربائية (-) موجودة في اللانهاية (∞)، ونقل الشحنة إلى نقطة ضمن المجال الكهربائي بسرعة ثابتة نؤثِّر فيها بقوة خارجية على أن تكون محققة لشرطين:

- 1- القوة الخارجية متساوية إلى القوة الكهربائية في المقدار.
 - 2- القوة الخارجية معاكسة في الاتجاه للقوة الكهربائية.
- عندما فإنَّ القوة الخارجية تبذل شغلاً يخزن في الشحنة الكهربائية على شكل طاقة وضع كهربائية (ط ، حيث تبقى طاقتها الحركية ثابتة أي أنها لا تتغير ($\Delta \text{ط} = 0$))

- الجهد الكهربائي كمية قياسية ويفسَّر بوحدة: (جول/كولوم) وتكافئ (فولت)

سؤال: عَرَّفْ الجهد الكهربائي عند نقطة؟

الإجابة:

الجهد الكهربائي عند نقطة: مقدار طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة موضوعة عند نقطة في المجال الكهربائي.

- يُعطى الجهد الكهربائي عند نقطة ضمن المجال الكهربائي بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$\text{ج} = \frac{\text{ط}}{\text{س}}$$

سؤال: ماذا نعني عندما نقول أن الجهد الكهربائي عند نقطة يساوي (١) فولت؟

الإجابة: هذا يعني أنه إذا وضعت شحنة كهربائية مقدارها (١) كولوم عند تلك النقطة، فإنها ستختزن طاقة وضع كهربائية مقدارها (١) جول.

معلومة مهمة:

- يكون للجهد الكهربائي عند نقطة ما قيمة محددة، ولا يعتمد على (٣) الموضع في تلك النقطة. فإن تغيير الشحنة الموضع عند النقطة المدرosa فإن طاقة الوضع (ط) تتغير بحيث تبقى النسبة بينهما ثابتة.

سؤال: متى يوجد فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين ضمن المجال الكهربائي؟

الإجابة: يوجد فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين إذا تغيرت طاقة الوضع الكهربائية للشحنة عند انتقالها من نقطة إلى أخرى ضمن المجال الكهربائي.

سؤال: عرّف فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين؟

فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين: التغير في طاقة الوضع الكهربائي لكل وحدة شحنة عند انتقالها بين نقطتين في مجال كهربائي.

- يعطى فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين بالعلاقة الرياضية الآتية: $\Delta \text{ ج} = \frac{\Delta \text{ ط}}{\text{س}}$.

حيث $\Delta \text{ ج} = \text{ج}_\text{نهاية} - \text{ج}_\text{ابتدائية}$ و $(\text{ج}_\text{نهاية})$: جهد النقطة النهاية التي نقلت إليها الشحنة، و $(\text{ج}_\text{ابتدائية})$: جهد النقطة الابتدائية التي نقلت منها الشحنة.

فإذا أثرت قوة خارجية في شحنة، ونقلتها بسرعة ثابتة من نقطة (أ) إلى النقطة (ب) ضمن مجال كهربائي كما في الشكل، فإن الشغل الذي تبذله القوة الخارجية (شخ) يظهر على شكل تغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة ، أي أن:

$$\text{(شخ)} \rightarrow \text{ب} = \Delta \text{ ط}$$

(الكتاب ص ٣٣+٣٤) ←

$$\text{شخ} = \frac{\Delta \text{ ط}}{\text{س}} = \frac{\Delta \text{ ج}}{\text{س}}$$

ومنه:

$$\text{شخ} = \text{س} \cdot (\text{ج}_\text{نهاية} - \text{ج}_\text{ابتدائية})$$

وبذلك يمكن كتابة شغل القوة الخارجية على صورة العلاقة الآتية:

سؤال: ماذا نعني بأن الجهد عند نقطة (٥ فولت)؟

الإجابة: هذا يعني أنه إذا وضعت شحنة كهربائية مقدارها (١) كولوم عند تلك النقطة، فإنها ستختزن طاقة وضع كهربائية مقدارها (٥) جول.

سؤال: ماذا نعني بقولنا أن فرق الجهد بين نقطتين يساوي (١٢) فولت؟

الإجابة: هذا يعني أن التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات عند انتقالها بين نقطتين يساوي (١٢) جول.

سؤال: مَاذَا نعني بقولنا أَنَّ فرْقَ الْجَهْدِ بَيْنَ نقطَتَيْن يُسَاوِي (-٤٠) فولت؟

الإجابة: هَذَا يَعْنِي أَنَّ التَّغْيِيرَ فِي طَاقَةِ الوضِعِ الكَهْرَبَائِيَّةِ لَوْحَدةِ الشَّحْنَاتِ عِنْدِ انتِقالِهَا بَيْنَ النَّقطَتَيْن يُسَاوِي (-٤٠) جُول.

مثلاً (توضيحي): يَبْيَنُ الشَّكْلُ شَحْنَتَيْن كَهْرَبَائِيَّتَيْن إِحْدَاهُمَا مُوجَّةٌ وَالْأُخْرَى سَالِبَة، بَيْنَهُمَا شَحْنَةُ اِختِبَارٍ مُوجَّةٌ، اِعْتِدَاداً عَلَى الشَّكْل أَجَبَ عَمَّا يَأْتِي:



١) حَدَّد اِتِّجَاهَ المَجَالِ الْكَهْرَبَائِيِّ.

٢) حَدَّد اِتِّجَاهَ الْقُوَّةِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ الْمُؤَثِّرَةِ فِي شَحْنَةِ الاِختِبَارِ.

٣) قَارَنَ بَيْنَ جَ_اَبْ وَ جَ_بْ.

٤) مَا هِي اِشَارةُ التَّغْيِيرِ فِي طَاقَةِ الوضِعِ عِنْدِ الانتِقالِ مِنْ أَ إِلَى بَ؟

٥) كَيْفَ يَمْكُنُ نَقْلُ شَحْنَةِ الاِختِبَارِ فِي اِتِّجَاهِ مِنْ بَ إِلَى أَ؟

الحل:

١) يَتِّجَهُ المَجَالُ الْكَهْرَبَائِيُّ مِنْ (بَ) إِلَى (أَ)

٢) تَنْتَجُ الْقُوَّةُ بِنَفْسِ اِتِّجَاهِ المَجَالِ

... (تَذَكَّرُ أَنَّ شَحْنَةَ الاِختِبَارِ مُوجَّةٌ)

٣) جَ_اَبْ = جَ_ا - جَ_ب

= جَهْدٌ قَلِيلٌ - جَهْدٌ عَالٍ = قِيمَةٌ سَالِبَةٌ

جَ_بْ = جَ_ب - جَ_ا

= جَهْدٌ عَالٍ - جَهْدٌ قَلِيلٌ = قِيمَةٌ مُوجَّةٌ

٤) بَمَا أَنَّ طَاقَةَ الوضِعِ عِنْدِ الانتِقالِ مِنْ (أَ) إِلَى (بَ) تَزَدَّدُ فَالتَّغْيِيرُ فِي طَاقَةِ الوضِعِ عِنْدَ هَذِهِ الْحَالَةِ يَكُونُ مُوجَّباً.

٥) بَمَا أَنَّ النَّقْلَ مِنْ (بَ) إِلَى (أَ) بِاتِّجَاهِ المَجَالِ الْكَهْرَبَائِيِّ فَإِنَّهُ يَتَمُّ منْ خَلَالِ بَذْلِ شَغْلِ كَهْرَبَائِيٍّ عَلَى شَحْنَةِ الاِختِبَارِ، بِفَعْلِ الْقُوَّةِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ لِلنَّظَامِ.

مَعْلُومَاتٌ:

١) يَكُونُ الشَّغْلُ مُوجَّباً عِنْدَمَا نَنْقُلُ الشَّحْنَةَ بِفَعْلِ الْقُوَّةِ خَارِجِيَّةٍ، وَتَزَدَّدُ طَاقَةُ الوضِعِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ الْمُخْتَرِنَةُ فِي الشَّحْنَةِ الْمُنْقُولَةِ.

يَكُونُ الشَّغْلُ سَالِبًا عِنْدَمَا نَنْقُلُ الشَّحْنَةَ بِفَعْلِ الْقُوَّةِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ، وَتَقْلُ طَاقَةُ الوضِعِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ الْمُخْتَرِنَةُ فِي الشَّحْنَةِ الْمُنْقُولَةِ.

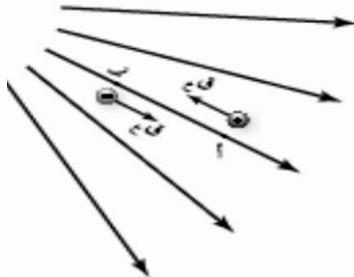
٢) دَائِمًا تَتَحرَّكُ الشَّحْنَةُ الْمُوجَّةُ مِنْ مَنْطَقَةِ الْجَهْدِ الْعَالِيِّ إِلَى مَنْطَقَةِ الْجَهْدِ الْمُنْخَفِضِ بِفَعْلِ الْقُوَّةِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ.

٢) دَائِمًا تَتَحرَّكُ الشَّحْنَاتُ السَّالِبَةُ مِنْ مَنْاطِقِ الْجَهْدِ الْمُنْخَفِضِ إِلَى مَنْاطِقِ الْجَهْدِ الْعَالِيِّ بِفَعْلِ الْقُوَّةِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ.

٣) يَزَدَّ الجَهْدُ الْكَهْرَبَائِيُّ بِالاقْتِرَابِ مِنِ الشَّحْنَاتِ الْمُوجَّةِ، وَيَقْلُ الجَهْدُ الْكَهْرَبَائِيُّ بِالاقْتِرَابِ مِنِ الشَّحْنَاتِ السَّالِبَةِ.

عَنْدِ الْحَرْكَةِ بِاتِّجَاهِ خَطُوطِ المَجَالِ يَنْخَفِضُ الْجَهْدُ، وَالْعَكْسُ صَحِيحٌ. وَهَذَا يَعْرُفُ بـ (مَمَالِ الْجَهْدِ).

مثال: شحنة نقطية $(+3 \times 10^{-9})$ كولوم نقلت من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) في مجال كهربائي بسرعة ثابتة كما في الشكل، إذا بذلك القوة الخارجية شغلا (4×10^{-10}) جول، فاحسب:



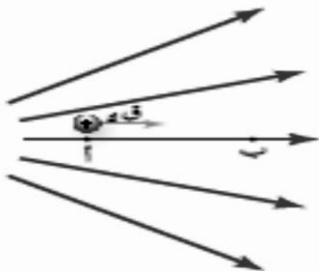
$$(1) \text{ فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين ب و أ } (ج_ب - ج_أ)$$

$$(2) \text{ الشغل الذي تبذله القوة الخارجية لنقل شحنة } (-2 \times 10^{-9}) \text{ كولوم من (ب) إلى (أ)} \text{ بسرعة ثابتة.}$$

الحل:



لاحظ أنه في هذا المثال نتحدث عن حركة الشحنة تحت تأثير القوة الخارجية



سؤال: ما المقصود من أن الشحنة تتحرك حرة في المجال الكهربائي؟

الإجابة: نقصد أن الشحنة تتحرك بفعل القوة الكهربائية المؤثرة عليها من هذا المجال الكهربائي، وليس بفعل قوة خارجية. (انظر الشكل المجاور)

سؤال: ماذا نعني بأن النظام (الشحنة الكهربائية – المجال الكهربائي) نظام محافظ؟

الإجابة: أي أن الطاقة الكلية الميكانيكية للنظام محفوظة: $\Delta طم = \Delta طر + \Delta طح = صفر \Leftrightarrow \Delta طح = -\Delta طر$

معلومات وحقائق:

✓ تؤدي حركة الشحنة الحرة الموجبة تحت تأثير القوة الكهربائية فقط إلى نقصان طاقة الوضع الكهربائية المخزنة فيها ، ويعاد ذلك زيادة مساوية في الطاقة الحركية ، فالقوة الكهربائية تبذل شغلا (شك) على الشحنة تحول طاقة الوضع الكهربائية المخزنة فيها إلى طاقة حركية أي أن: $شك = -\Delta طر = \Delta طح$

✓ يحدث الأمر نفسه عندما تتحرك شحنة سالبة في المجال الكهربائي من النقطة (ب) إلى النقطة (أ) [عكس اتجاه المجال المؤثر] تحت تأثير القوة الكهربائية فقط.

✓ حركة الشحنة الحرة (موجبة أو سالبة) باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيها يؤدي إلى نقصان طاقة الوضع الكهربائية المخزنة فيها، ويعاد ذلك زيادة مساوية في طاقتها الحركية.

وبالتالي للمعلومات السابقة فإن:

$$\frac{\Delta طح}{شك} = \frac{شم}{شم}$$

وبذلك يمكن حساب شغل القوة الكهربائية مباشرةً باستخدام العلاقة الآتية: $شك = -شم$ (جـ نهائية - جـ ابتدائية)

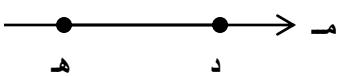
مثال: بين الشكل المجاور بروتونا يتحرك في مجال كهربائي تحت تأثير القوة الكهربائية فقط من النقطة (س) إلى النقطة (ص)، فإذا بذلت القوة الكهربائية عليه شغلا ($10 \times 8 \text{ جول}$ ، فاحسب فرق الجهد (ج ص س).

الحل:



سؤال: نقطتان (د) و (ه) ضمن مجال كهربائي. انظر الشكل، إذا كان ($\text{ج}_d = -4$) فولت و ($\text{ج}_h = 8$) فولت، فاحسب:

أ) شغل القوة الكهربائية المبذول لنقل الإلكترون من النقطة (د) إلى النقطة (ه).



ب) شغل القوة الخارجية المبذول لنقل بروتون من الانهاية إلى النقطة (د) بسرعة ثابتة.

ج) مقدار التغير في طاقة الوضع الكهربائي للإلكترون والبروتون في الفرعين السابقين.

الحل:

(٢) الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية:

يكون للجهد الكهربائي عند نقطة ما في المجال الكهربائي قيمة محددة، فإذا كان مصدر المجال الكهربائي شحنة نقطية، فإنَّ الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية ($\frac{1}{r}$)، موضوعة في الهواء، عند نقطة على بعد (f) من هذه الشحنة يُعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$E = \frac{1}{r}$$

سؤال ١١: ما العوامل التي يعتمد عليها الجهد الكهربائي عند نقطة واقعة في مجال شحنة نقطية؟

الإجابة: العوامل هي:

- ١) مقدار الشحنة المولدة للمجال الكهربائي (المصدر). ↪ {علاقة طردية}
- ٢) نوع الشحنة الكهربائية المولدة للمجال. ← "موجبة أو سالبة"
- ٣) بعد النقطة عن الشحنة المولدة للمجال الكهربائي. ↪ {علاقة عكسية}
- ٤) السماحية الكهربائية للهواء(٤).

معلومات: قد يكون هذا الجهد الكهربائي موجباً أو سالباً تبعاً لنوع الشحنة (\pm) المولدة للمجال الكهربائي.

سؤال ١٢: لماذا تساعد إشارة الجهد الكهربائي؟

الإجابة: إشارة الجهد تساعده على ترتيب النقاط من الأقل جهداً إلى الأعلى جهداً.

معلومات: إنَّ اتجاه المجال الكهربائي يكون دائماً باتجاه تناقص الجهد الكهربائي "تذَكَّر مفهوم ممَالِ الجهد"

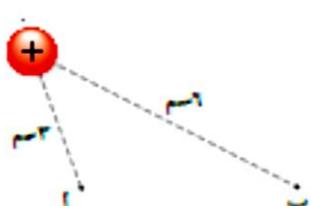
انظر الشكل . . .



مثال ٤: بين الشكل شحنة نقطية (+٣) نانوكيلوم، ونقطتان (أ) و(ب) تبعدان عن الشحنة مسافة (٣) سم و(٦) سم على الترتيب ، جد: (١) فرق الجهد (جأب)

(٢) فرق الجهد (جأب) اذا كانت (-٣) نانوكيلوم.

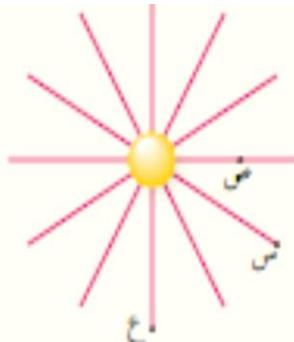
الحل:



سؤال ١٣: خطيرًا.. مكينز!! بين الشكل ثلث نقاط (س،ص،ع) تقع ضمن المجال الكهربائي لشحنة نقطية، بعد النقطة (س) عن الشحنة يساوي بُعد النقطة (ع). و(ج = ٣ فولت). أجب عما يأتي:

- أ- أي النقطتين (س، ص) يكون الجهد عندها أعلى؟ ولماذا؟ ب- ما نوع الشحنة المولدة للمجال الكهربائي؟ ووضح إجابتك.
ج- حدد اتجاه المجال الكهربائي. د- قارن بين (J_{ss}) و(J_{sc}). هـ- ما قيمة (J_{sc})؟

الحل:



سؤال ٤: ماذا يحدث لجهد النقطة اذا وقعت في مجال شحنات نقطية عدّة؟

الإجابة: سوفَ يتَأثَّرُ بِمَجَالاتِ الشَّحْنَاتِ النَّقْطِيَّةِ الَّتِي تَقْعُدُ النَّقْطَةُ فِيهَا، وَبِمَا أَنَّ الجَهَدَ الْكَهْرَبَائِيَّ كَمِيَّةً فِيَاسِيَّةً فَإِنَّ الجَهَدَ الْكَهْرَبَائِيَّ عَنْ نَقْطَةٍ مُثْلِـ (هـ) فِي الشَّكْلِ الْمُجَاوِّرِ يَسْاُـي: 

المجموع الجبري للجهود الناشئة عن كل هذه الشحنات، أي أنَّ :

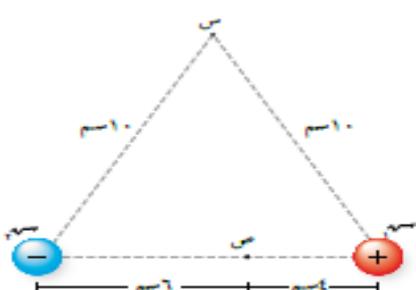
$$\dots \rightarrow + \rightarrow + \rightarrow = \rightarrow$$

وَهُذَا يَعْنِي أَنَّهُ يُمْكِن حِسابَ الْجَهَدِ عِنْدَ نَقْطَةٍ تَقْعُدُ فِي مَجَالِ شَحْنَاتِ نَقْطِيَّةٍ مِّنَ الْعَلَاقَةِ.

$$\left(\dots + \frac{\frac{m}{n}}{q} + \frac{\frac{m}{n}}{q} + \frac{\frac{m}{n}}{q}\right) = \frac{m}{q}$$

مثال٥: بين الشكل شحتنين نقطتين موضوعتين في الهواء (٤، -٤) ميكروكولوم على الترتيب، معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل احسب جهد كل من النقطتين (س) و(ص).

الحل:



سؤال ١٥: ببين الشكل نقطة (س) على الخط الواصل بين شحتتين نقطتين، اذا كانت الأولى موجبة و(ج س = صفر) فأجب
عما يأتي: أ- ما نوع الشحنة الثانية؟ موضحاً إجابتك. ب- أيهما أكبر مقدار الشحنة الأولى أم الثانية؟ ولماذا؟

الإجابة



(٣-٢) طاقة الوضع الكهربائية لنظام يتألف من شحنتين نقطتين:

تذكرة أن:

- وَضْعُ شحنة في مجال كهربائي خارجي
فإِنَّهُ ينْتَجُ عن ذلِكِ ((نظام)).

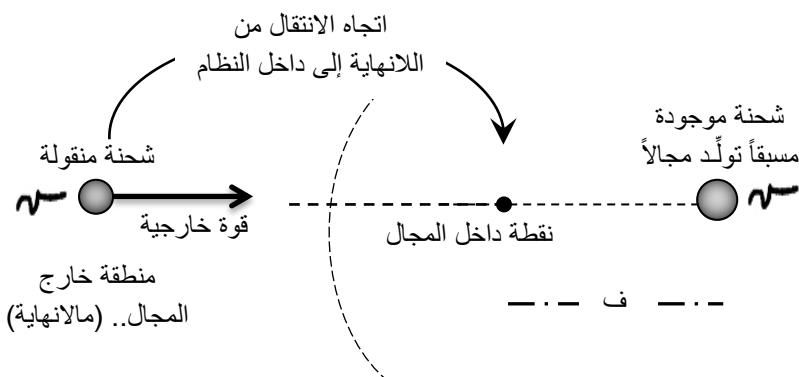
☒ معلومة:

✓ يُمكِّنا حساب طاقة الوضع الكهربائية لأي نظام يتألف من توزيع من الشحنات، ولكن تستقر دراستنا على حساب طاقة الوضع الكهربائي لنظام مكون من شحنتين نقطتين فقط.

- مناقشة:

لتشكيل نظام مكون من شحنتين موجبتين (٢٧٣، ١٧٣) بعيدتين جدًا عن بعضها؛ فإِنَّهُ يتَّمُ نقل كل من الشحنات من الـانهاية إلى منطقة يكون عندها البُعد بينهما (ف).

((وهذا يعني أننا نقوم بنقل الشحنة الثانية من منطقة خارج مجال الأولى))...!!



سؤال ١٦: عَلَى: في الشكل المجاور، ومن أجل نقل الشحنة الثانية إلى داخل مجال الأولى
فإِنَّا نحتاج إلى قوة خارجية؟

التعليق: ذلك بسبب أن الشحنة المنقولة كانت خارج منطقة مجال الشحنة الثانية فلم تكن تتأثر بالقوة الكهربائية. (سواء لجذبها أو تنافرها).. ☺☺☺☺☺☺☺☺

- خلاصة:

إنَّ نقل شحنة من الـانهاية إلى نقطة على بُعد (ف) من شحنة أخرى بسرعة ثابتة يتطلب التأثير بـقوة خارجية تبذل شغلاً لأنها ستدخل مجالاً كهربائياً، ويحسب هذا الشغل من العلاقة

$$\text{شغ} = \frac{1}{2} (\text{ج}_\infty - \text{ج}_0) \text{ منقولة}$$

وبما ان الشحنة الثانية نقلت من اللـانهاية حيث ($\text{ج}_\infty = 0$) إلى نقطة في المجال الكهربائي للـشحنة الأولى، فإنَّ

$$\text{شغ} = \frac{1}{2} \text{ منقولة} \times (\text{ج}_0 - \text{ج}_\infty) = \frac{1}{2} \text{ منقولة} \times \text{نقطة}$$

حيث (ج_∞ نقطه) : جهد نقطة في المجال الشحنة الأولى (صاحبة المجال المؤثر)، ومن علاقة الجهد عند نقطة في المجال شحنة نجد أنَّ:

$$\text{شغ} = \frac{1}{2} \text{ ف}$$

ويتمثل الشغل في هذه الحالة طاقة الوضع الكهربائية المنقولة إلى النظام، ويمكننا القول أنَّ طاقة الوضع الكهربائية لنظام يتتألف من شحنتين موضوعتين في الهواء، وتفصل بينهما مسافة (ف) يعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

لاحظ: في نظام مكون من شحنتين طاقة وضع أي من الشحنتين مساوية لطاقة وضع الشحنة الثانية.

$$\text{ط} = \frac{1}{2} \text{ ف}$$

أظن أن هاتين الحالتين هما أهم حالتين يجب حفظهما وفهمها

لأنهما تمثلان مصدراً للأستهلاك الـوزاريـة

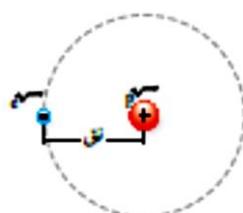
ومن العلاقة الأخيرة لدينا حالتان مهمتان، هما:

حالة ١ - إذا كانت الشحنـتان متشابهـتين في النوع فإن طـاقة الوضـع للنـظام تكون موجـبة، عـلـى؟؟!!

الـتـعلـيل: ذلك لأنـ الشـحنـتين كـانـتا بـعيـديـتين جـداً وـتـقـرـيـبـهما عـلـى بـعـد (f) مـن بـعـضـهـما بـسـرـعـة ثـابـتـة يـتـطـلـب التـأـثـير بـقـوـة خـارـجـية فـي إـحـدـاهـما قـبـلـ شـغـلـ لـلـتـغلـبـ عـلـى قـوـة التـنـافـرـ الكـهـربـائـيةـ، وـهـذـا الشـغـلـ يـظـهـرـ عـلـى شـكـلـ زـيـادـةـ فـي طـاقـة الوضـعـ الكـهـربـائـيةـ المـخـتـزـنـةـ فـيـ النـظـامـ.

حـالـة ٢ - إذا كانت الشـحنـتان مـخـتـلـفتـينـ فـيـ النـوعـ فإنـ طـاقـة الوضـعـ الكـهـربـائـيةـ لـلـنـظـامـ تكونـ سـالـبةـ، عـلـى؟؟!!

الـتـعلـيل: ذلك لأنـ الشـحنـتين كـانـتا بـعيـديـتين جـداً وـتـقـرـيـبـهما عـلـى بـعـد (f) مـن بـعـضـهـما بـسـرـعـة ثـابـتـة يـتـطـلـب التـأـثـير بـقـوـة خـارـجـية فـي إـحـدـاهـما بـعـكـسـ اـتـجـاهـ قـوـةـ التـجـاذـبـ الكـهـربـائـيةـ، فـقـبـلـ القـوـةـ الـخـارـجـيةـ شـغـلـ يـسـحبـ طـاقـةـ مـنـ النـظـامـ، فـتـصـبـحـ طـاقـةـ الـوضـعـ الـكـهـربـائـيةـ لـلـنـظـامـ سـالـبةـ.



مثال ٦: يـفـصـلـ بـيـنـ الإـلـكـتروـنـ وـالـبـروـتونـ فـيـ ذـرـةـ الـهـيـدـرـوـجيـنـ مـسـافـةـ (٥,٢٩ × ١٠^-١١) مـ تـقـرـيـباـ، اـنـظـرـ الشـكـلـ، اـحـسـ طـاقـةـ الـوضـعـ الـكـهـربـائـيةـ لـذـرـةـ الـهـيـدـرـوـجيـنـ.

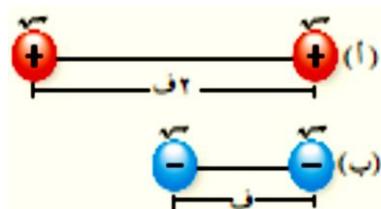
الـحـلـ: (((((لاـحـظـ هـنـاـ أـنـ الـمـطـلـوبـ طـاقـةـ الـوضـعـ لـذـرـةـ حـيـثـ أـنـ ذـرـةـ الـهـيـدـرـوـجيـنـ تـعـتـبـرـ نـظـامـ مـكـوـنـ مـنـ شـحنـتـيـنـ فـيـ هـذـهـ الـحـالـةـ))))

(مـهمـ جـداـ جـداـ)

سؤال ٦: نـظـامـ يـتـأـلـفـ مـنـ شـحنـتـيـنـ سـالـبـيـتـيـنـ طـاقـةـ وـضـعـهـ الـكـهـربـائـيةـ مـوجـبةـ، فـماـ تـفـسـيرـ ذـلـكـ؟

التـفـسـيرـ:

سؤال ٧: مـعـتمـدـاـ عـلـىـ الـبـيـانـاتـ المـثـبـتـةـ فـيـ الشـكـلـ، وـالـذـيـ يـبـيـّـنـ نـظـامـيـنـ لـلـشـحنـاتـ (أـ،ـ بـ) قـارـنـ بـيـنـ مـقـدـارـ طـاقـةـ الـوضـعـ الـكـهـربـائـيةـ الـمـخـتـزـنـةـ فـيـ كـلـ نـظـامـ.



الـإـجـابةـ:

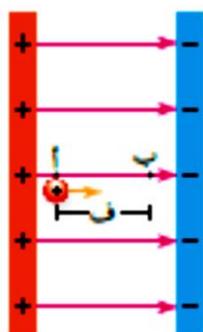
(٤) فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم:

☒ ماذا يحدث إذا أصبح مصدر المجال الكهربائي صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين إحدهما موجبة والأخرى سالبة؟

الإجابة: سنحصل عندئذ على مجال كهربائي منتظم بإهمال تأثير الأطراف.

- توصل إلى علاقة تمكنا من حساب فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم؟

الإجابة: يبين الشكل المجاور، شحنة موجبة وضعت ضمن مجال كهربائي منتظم (م)، فتحركت بفعل القوة الكهربائية (ق)، وقطعت إزاحة (ف) من النقطة (أ) إلى النقطة (ب)؛ فإن القوة الكهربائية تبذل شغلاً يمكن أن نعبر عنه بالعلاقة:



$$\text{شحنة} = \text{ق} \cdot \text{مسافة}$$

وبطبيعة (ق) = $\frac{\text{شحنة}}{\text{مسافة}}$ فإن:

$$\begin{aligned} \text{شحنة} &= \text{مسافة} \cdot \text{ق} \\ &= \text{مسافة} \cdot \text{مفعول جهاز} \theta \end{aligned}$$

ويمكن أن نعبر عن شغل القوة الكهربائية كما يلي:

$$\text{فرق جهد} = -\text{مسافة}(\text{جـ}_B - \text{جـ}_A)$$

أي أن:

$$-\text{مسافة}(\text{جـ}_B - \text{جـ}_A) = \text{مسافة} \cdot \text{جهاز} \theta$$

وباختصار (مسافة) من الطرفين: $-(\text{جـ}_B - \text{جـ}_A) = \text{مسافة} \cdot \text{جهاز} \theta$

أي أن:

$$\text{جـ}_B = \text{مسافة} \cdot \text{جهاز} \theta$$

تستخدم هذه العلاقة لحساب فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم.

حيث (م): مقدار المجال الكهربائي المنتظم، (ف أب): الإزاحة من (أ) إلى (ب)، (θ): الزاوية محصورة بين اتجاهي المجال الكهربائي والإزاحة؛ $0 \leq \theta \leq 180$.

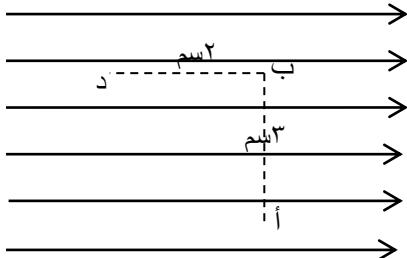
معلومة مهمة في مسائل الوزارة: يمكننا حساب فرق الجهد بين صفيحتين مشحونتين، فإذا كان البعد بين الصفيحتين (ف)، وكانت (أ) نقطة تقع على الصفيحة الموجبة و(ب) نقطة تقع على الصفيحة السالبة، فإن $(\text{جـ}_B - \text{جـ}_A)$: في هذه الحالة يساوي فرق الجهد بين صفيحتين، ويرمز له بالرمز (ج). أي أن: $\text{جـ}_B = \text{مسافة} \cdot \text{جهاز} \theta$ وعند الحركة باتجاه خط المجال فإن:

$$\text{جـ} = \text{مسافة} \cdot \text{جـ} \Leftrightarrow \text{جـ} = \text{مسافة}$$

وبالاعتماد على هذه العلاقة يمكن القول أن المجال الكهربائي ($M = \frac{F}{V}$) مقياس للتغير في الجهد مع تغير الموضع.

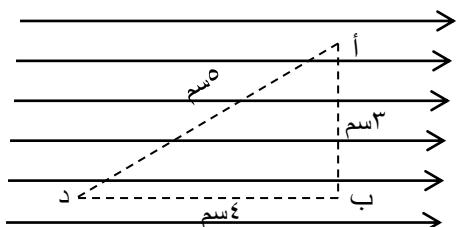
لاحظ: "العلاقة عكسية بين المجال والمسافة بين اللوحين بثبات فرق جهد اللوحين"

مثال ٧: يبين الشكل ثلات نقاط (أ ، ب ، د) ضمن مجال كهربائي منتظم مقداره (10^3) نيوتن/كولوم. معتمداً على الشكل، احسب: (جـ بـ دـ) ، (جـ أـ بـ).



الحل:

مثال ٨: يبين الشكل (أ) ثلات نقاط (أ ، ب ، د) في مجال كهربائي منتظم مقداره (10×10^3) نيوتن/كولوم. معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل احسب (جـ أـ دـ) في حالتين:



١) عبر المسار (أ → ب) ٢) عبر المسار (أ ← ب ← د)

الحل:

سؤال ١٨: فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم يكون ثابتاً ولا يعتمد على المسار، علّ؟!

التعليق: هذا بسبب أنَّ القوة الكهربائية قوَّة محافظة وشغليها لا يعتمد على المسار.

مرجعی ممه جدما

مثال ٩: يتحرك بروتون شحنته (٣٧) وكتلته (ك) من السكون من النقطة (أ) عند الصفيحة الموجبة الى النقطة (ب) عند الصفيحة السالبة في الحيز بين صفيحتين. إذا كان فرق الجهد (ج) بين النقطتين (أ ، ب)، فأثبت أن سرعة البروتون بعد قطعه الإزاحة بين صفيحتين تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\frac{z - \sqrt{2}}{2} = y$$

الحل:

٦) بتطبيق العلاقة الواردة في المثال السابق يمكن حساب سرعة الجسيمات الذيرية المتحركة عبر فرق جهد كهربائي عال حيث تتحرك هذه الجسيمات بسرعة يصعب قياسها عملياً.

سؤال ١٩: (وزارة) يقاس مجال الكهربائي بوحدة (نيوتن/كولوم) وتتبين المعادلة ($M = J/F$) أنَّ وحدة قياس المجال الكهربائي هي (فولت . م)، أثبت أن الوحدتين متكافئتان.

الإثبات:

سؤال ٢٠: تحرك إلكترون وبروتون من السكون داخل مجال كهربائي منتظم باتجاهين متعاكسين بالتوالي مع خطوط المجال الأفقي المؤثر، قطع كل منهما الإزاحة نفسها. إذا علمت أن كتلة الإلكترون تعادل $(1/1840)$ من كتلة البروتون تقريباً، فقارن بين كل مما يأتي في نهاية الإزاحة:
 أ- سرعة الإلكترون وسرعة البروتون ب- الطاقة الحرارية لكل منهما

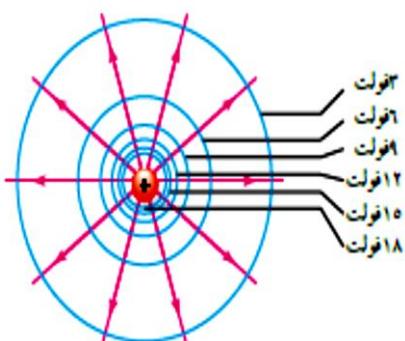
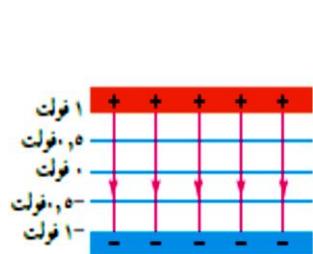
الإجابة:

(٢-٥) سطوح تساوي الجهد:

☒ سطح تساوي الجهد: السطح الذي يكون الجهد عند نقاطه جميعها متساوياً ويتساوى قيمة ثابتة.

سؤال ٢١ : (وزارة) ما الفهم أو التصور الذي تُسهم فيه سطوح تساوي الجهد؟

الإجابة: تُسهم سطوح تساوي الجهد في فهم توزيع قيم الجهد وتتصورها حول شحنة كهربائية أو توزيع من الشحنات.



(الكتاب ٤٩+٤٨)

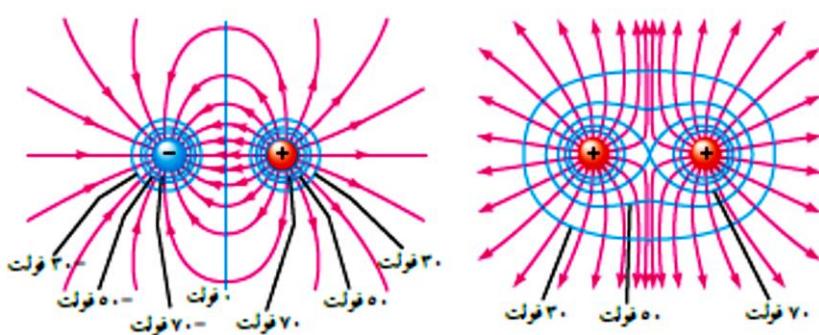
☒ لاحظ أنَّ:

- سطوح تساوي الجهد للشحنة النقطية تبدو كروية الشكل، وتكون أكثر تقاربًا بالقرب من الشحنة ، علل؟! لأنَّ المجال الكهربائي للشحنة النقطية مجال غير منتظم، يقل كلما ابتعدنا عن الشحنة وحيث ما تقارب سطوح تساوي الجهد دلَّ ذلك على قيمة كبيرة في المجال الكهربائي. ((مهم .. حفظ))

- سطوح تساوي الجهد في الحيز بين صفيحتين فتظهر متوازية والمسافات بينها متساوية، علل؟!

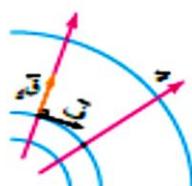
للدلالة على أنَّ المجال الكهربائي منتظم.

- يمكن رسم سطوح تساوي الجهد لأي توزيع من الشحنات الكهربائية، كما في الشكلين الآتيين:



سؤال ٢٢ : (وزارة) علل: لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة على سطح تساوي الجهد؟

التعليق: ذلك لأنَّ لا يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين أي نقطتين واقعتين على سطح تساوي الجهد.



سؤال ٢٣ : (وزارة) بيِّن أنَّ سطوح تساوي الجهد تكون دائمًا عمودية على خطوط المجال الكهربائي، انظر الشكل؛ مستخدماً العلاقة الآتية: $ش = ق \cdot ف \cdot جتا \theta$.

الإجابة: بما أنَّ $ش = 0$ ، فإنَّ $جتا \theta = 0$ ، ويكون ذلك صحيحًا عندما $(\theta = 90^\circ)$ ؛ أي عندما يتَعَامِد اتجاه الإزاحة مع اتجاه القوة الكهربائية التي تكون باتجاه المجال الكهربائي.

الشكل (٢٥-٢): سطوح تساوي الجهد عمودية على خطوط المجال.

☒ معلومة وزارئية مهمة: عندما يتصل موصل بالأرض فإنّ:

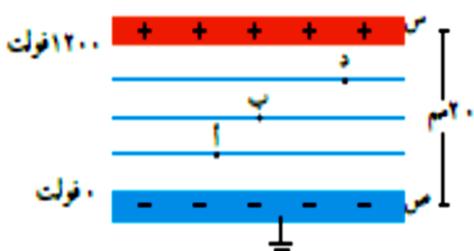
جهد الكُلّي يساوي صفرًا . وإذا كان هذا الموصل واقعًا في مجال شحنة أخرى فإنَّ الموصل المتصل بالأرض يحمل شحنة مخالفة لنوع شحنة المؤثِّر عليه "تنكِّر مفهوم الشحن بالحق الذي درسته في الصف العاشر".

مثال ١٠ : صفيحتان موصلتان متوازيتان شحنت الصفيحة (س) بشحنة موجبة، ووصلت الصفيحة (ص) بالأرض فشحنت بالحق بشحنة سالبة، وبين الشكل سطوح تساوي الجهد في الحيز بين الصفيحتين. أحسب:

١) المجال الكهربائي بين الصفيحتين مقداراً واتجاهها.

٢) الجهد الكهربائي عند النقاط (أ ، ب ، د)

الحل:

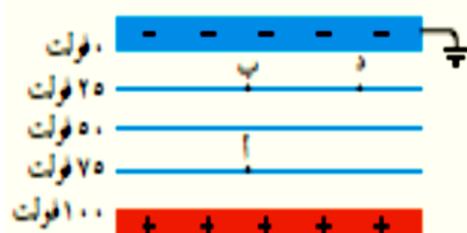


سؤال ٤: بين الشكل سطوح تساوي الجهد في الحيز بين صفيحتين موصلتين متوازيتين. أحسب:

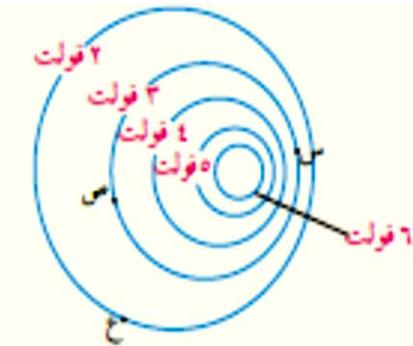
أ) فرق الجهد الكهربائي (جـ أـ بـ)

بـ) شغل القوة الكهربائية المبذول عند نقل شحنة (٢) نانوكولوم من (بـ) إلى (دـ).

الحل: ((فكرة السؤال مصدر لأسئلة وزارة))



سؤال ٢٥: يبين الشكل بعض سطوح تساوي الجهد لتوزيع من الشحنات الكهربائية. معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل اجب عما يأتي:



- أ) هل الجهد عند النقطة (س) يساوي الجهد عند النقطة (ص)? فسر إجابتك.
- ب) قارن بين مقدار المجال الكهربائي عند نقطتين (س) و (ص) مفسراً إجابتك.
- ج) احسب شغل القوة الخارجية اللازم لنقل بروتون من النقطة (ع) الى النقطة (ص) بسرعة ثابتة.

الإجابة:

(٦) الجهد الكهربائي طوبى مثلىون:

حَقَّ الْأَئِمَّةِ

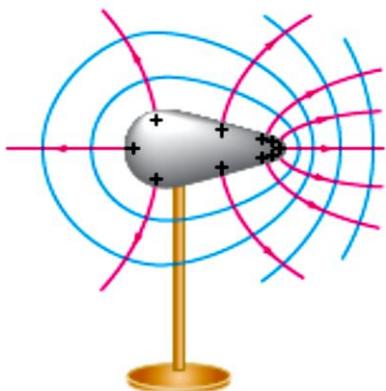
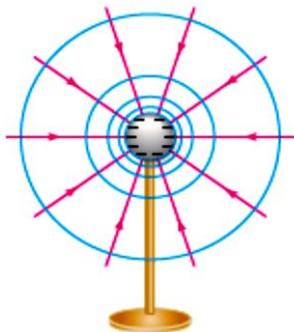
- تمتاز المواد الموصولة بسهولة حركة الشحنات فيها.
 - عند شحن موصل (كرة مثلا) فإن الشحنات تتنافر وتتباعد، ويسمح لها الموصل بالانتقال **ل تستقر على سطحه الخارجي فقط**. علل؟!

العليل: لأن الشحنات (الفائضة) تنشأ بينها قوى تناقض فتبتعد، وتكون متباينة أكثر مما يمكن على السطح الخارجي للموصل.

- إن الشحنات تتوزع على سطح الموصل الكروي بانتظام، والسبب أن سطحه منتظم.

• الموصل الذي يكون سطحه غير منتظم يكون توزيع الشحنات على سطحه غير منتظم.

- بما أنَّ الشحنات على الموصلات تتباعد عن بعضها قدر المتاح، فقد وُجِدَ تجريبًا أنَّ الكثافة السطحية للشحنة تكون أكبر عند الرؤوس المدببة مقارنة بالمناطق الأخرى الأقل تحدبًا على الموصل نفسه.



سؤال ٢٦: وضح الفائدة العلمية من حقيقة أن الشحنات تكون مستقرة وساكنة على سطح الموصل؟

الإجابة: بما أن الشحنة على سطح الموصل مستقرة وساكنة، فإنَّه

١) بالنسبة لسطح الموصل: الشحنات تكون في حالة اتزان

☞ ☞ أي أنَّ القوة المحصلة المؤثرة في كل شحنة تكون صفرًا

يكون فرق الجهد الكهربائي بين أي نقطتين صفرًا ، وبالتالي

• يكون فرق الجهد الكهربائي بين أي نقطتين صفرًا ، وبالتالي جمع النقاط الماقمة على سطح الموصل متساوية في الجهد

٢) بالنسبة لمقدار الجهد داخل الموصل وهل يوجد فرق في الجهد بين داخل الموصل وسطحه:

المجال الكهربائي داخل الموصل المشحون يكون صفرأ ((بسبب أن الشحنات مستقرة على سطحه))

و عليه ← ← ← لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة بين نقطتين داخل الموصل

وبالتالي \Leftrightarrow الجهد عن أي نقطة داخل الموصل ثابت ويساوي قيمة جهد سطح الموصل.

سؤال ٢٧: عَلَّ: يُعَد سطح الموصل المشحون سطح تساوي جهد؟!

العليل: لأن الشحنات على سطحه مستقرة (متزنة) وفرق الجهد بين أي نقطتين صفر، وجميع النقاط على سطحه متساوية في الجهد.

- أثبت العالم غاوس أن الشحنات تستقر على السطح الخارجي للموصل، وعليه:
- المجال داخل الموصل صفر.
 - سطح الموصل سطح تساوي جهد.
 - جهد نقطة داخل الموصل تساوي جهد سطحه.

سؤال ٢٨: في الشكل الآتي موصل مشحون والنقطة (أ) داخله والنقطة (ب) على سطحه، أثبت أنه لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة من النقطة (أ) إلى النقطة (ب).

الإثبات:

نفرض نقل شحنة من النقطة (أ) إلى النقطة (ب):

$$\text{ش } A \rightarrow B = Q \text{ ف جتا } \theta$$

$$\text{ش } A \rightarrow B = -m \text{ ف جتا } \theta$$

وبما أن المجال داخل الموصل المشحون معدوم ($m = 0$) فإن: $\text{ش } A \rightarrow B = \text{صفر جول}$.

سؤال ٢٩: موصل مشحون والنقطة (أ) داخله والنقطة (ب) على سطحه، أثبت أن الجهد عند النقطة (أ) يساوي الجهد عن النقطة (ب).

الإثبات: نفرض نقل شحنة بين النقطتين (أ) و (ب) وعليه:

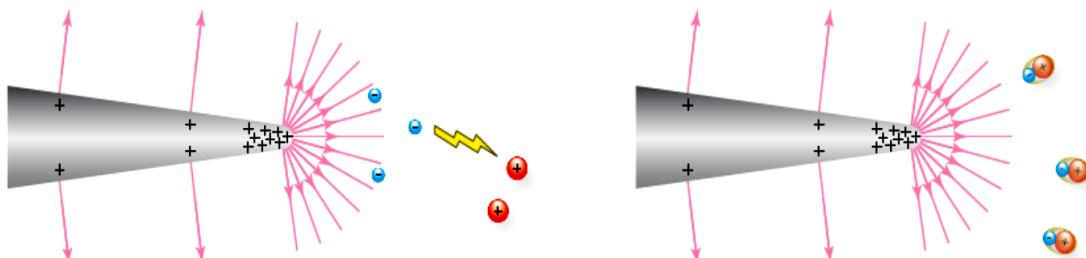
$$\text{ش } A \rightarrow B = q \times \text{ج } B - \text{ج } A \text{ جتا } \theta$$

وبما أن الشغف معدوم فإن: $\text{ج } B - \text{ج } A = \text{صفر} \leftarrow \text{ج } B = \text{ج } A$

✓ معلومة خطيرة:

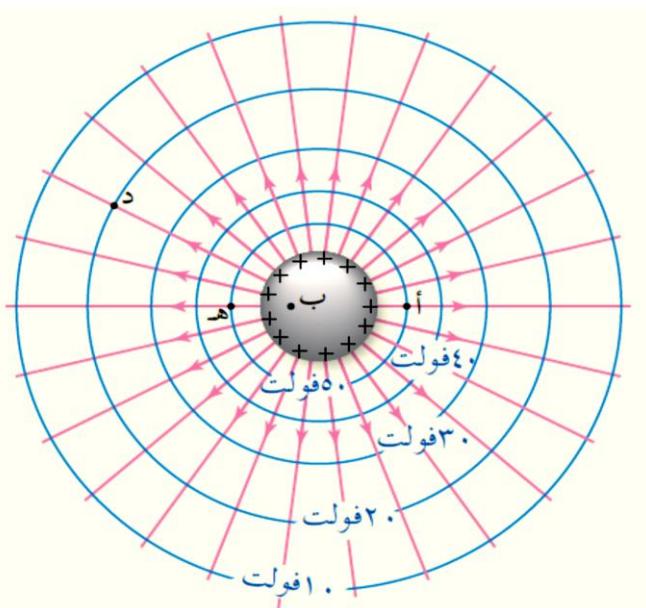
تحدث ظاهرة بالقرب من الموصلات ذات الجهد الكهربائي العالي أو بالقرب من الرؤوس المدببة، بحيث يتولد حول الرأس المدبب مجال كهربائي قوي يعمل على تأمين جزيئات الهواء في تلك المنطقة، وعليه: يصبح الهواء موصلًا، ويحدث تفريغ كهربائي للشحنات في الهواء؛ أي ينشأ تيار كهربائي، فتظهر شرارة تشبه البرق.

شكل توضيحي لتأمين جزيئات الهواء، والشرارة الناتجة عن التفريغ الكهربائي للشحنات في الهواء بالقرب من الرأس المدبب:



الكتاب صفحة ٥٣

سؤال ٣٠: معتمداً على الشكل، الذي يبيّن سطوح تساوي الجهد وخطوط المجال الكهربائي لموصل كروي مشحون أجب عما يأتي:



أ) رتب النقاط (أ ، ب ، هـ ، د) تصاعدياً وفق قيم المجال الكهربائي عندها.

ب) رتب النقاط (أ ، ب ، هـ ، د) تصاعدياً وفق قيم الجهد عندها.

ج) هل تتغير طاقة الوضع الكهربائية للكترون عند انتقاله من النقطة (ب) داخل الموصل إلى سطح الموصل؟ فسر إجابتك.

الإجابة:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

سؤال ٣١: لماذا يجب الحذر من الرؤوس المدببة عند التعامل مع أجسام فلزية ذات جهد كهربائي عالٍ؟

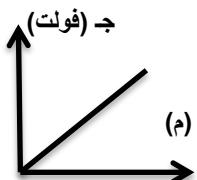
الإجابة:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

مهما حَصَلْ لَا تكتب نهايتك بيِدِكَ،
وتذَكَّرْ أَنَّ الزَّمْنَ لَا يَعُودُ إِلَى الْوَرَاءِ
وأنَّ هَذَا الْوَقْتَ سَيَمْضِي، كُنْ
إِيجَابِيًّا وَلَا تَسْتَسْلِمْ وَلَا نَّ الطَّرِيقَ
فِي أَضِيقِ أَمَاكِنِهِ يُعْلِئُنَّ عَنْ نَهَايِتِهِ
وَمَا بَعْدَ الضِيقِ إِلَّا الْفَرْجُ.

حَرَبَشَانُ فِكْرٍ

أسئلة إضافية:

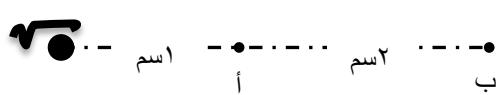


س١: في الشكل البياني المجاور و الذي يمثل العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي في مجال منتظم و المسافة بين نقطتين، ما هي دالة الميل؟

س٢: شحتنات نقطيتان موضوعتان في الفراغ، مقدارهما (-٤ ، ٦) ميكروكولوم، المسافة بينهما (٤ سم)، احسب:

١) جهد نقطة تقع في منتصف المسافة بينهما. ٢) طاقة الوضع للشحنة الأولى. ٣) طاقة الوضع للشحنة الثانية.

س٣: تبعاً للشكل المجاور و البيانات المثبتة عليه، إذا علمت أن جهد النقطة (أ) يساوي (٣٠ فولت)، احسب:



١) فرق الجهد بين النقطتين (أ) و (ب) على الترتيب.

٢) المجال الكهربائي عند النقطة (ب).

٣) التغير في طاقة وضع شحنة (+١ نانوكولوم) وضعت عند (أ)، فوصلت إلى (ب)، بفعل القوة الكهربائية.

س٤: إذا علمت أن الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد (١١) عن شحنة نقطية قدره (٢٠ فولت)، احسب المجال الكهربائي عند تلك النقطة.

س٥: شحنة نقطية مقدار المجال عند نقطة على مقربة منها يساوي (٥٠٠ نيوتن/كولوم)، و الجهد الكهربائي عند نفس النقطة يساوي (١٠٠٠ فولت)، احسب:

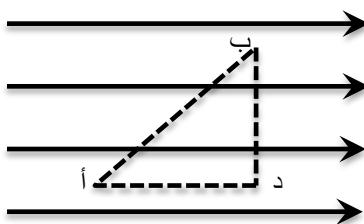
١) بعد النقطة عن الشحنة النقطية. ٢) مقدار الشحنة النقطية المنسوبة للمجال.

س٦: شحتنات الأولى (٢ ميكروكولوم) و الثانية (٤ ميكروكولوم)، المسافة بينهما في الفراغ (٤ سم)، احسب الشغل اللازم لجعل المسافة بينهما (١٠ سم).

س٧: مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه (٤ سم)، وضعت على رؤوسه ثلات شحنات نقطية مقدار كل منها (٤ نانوكولوم)، احسب:

١) الجهد الكهربائي عند كل رأس من رؤوسه. ٢) الشغل اللازم لنقل الإلكترون من المAlanهاية إلى نقطة تنصب قاعدة المثلث.

٣) طاقة وضع الإلكترون عندما يصل إلى تلك النقطة. ٤)** الشغل اللازم لنقل إحدى الشحنات إلى المAlanهاية. [مهم !!]



س٨: في الشكل المجاور، احسب فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (أ) و (ب)، علماً أن المجال قدره (٢٠٠ فولت/م)، اعتبر طول الضلع (أ د) يساوي (٣ سم).

معلومات:

- حساب الجهد عند نقطة، نبحث عن شحنة بعيدة مجاها يؤثر عند هذه النقطة، لذا نقول: لا جهد لنقطة على نفسها.

- الشحنة المتنقلة خرجها من حسابات الجهد المؤثر على نقطة، حيث أنها نعيد حساب الجهد من جديد حتى لو كان محسوباً في فرع سابق.

- تذكر أنه في النظام المحافظ فإن التقص في طاقة الوضع يساوي الزيادة في طاقة الحركة؛ حيث: $\Delta \text{ ط ح} = -\Delta \text{ ط و}$ ، والعكس صحيح.