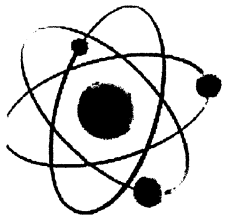
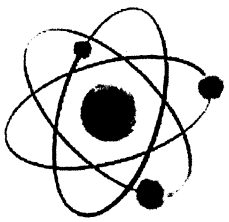
سلسلة الإمبراطور

في الفيزياء





الجهد الكهربائي

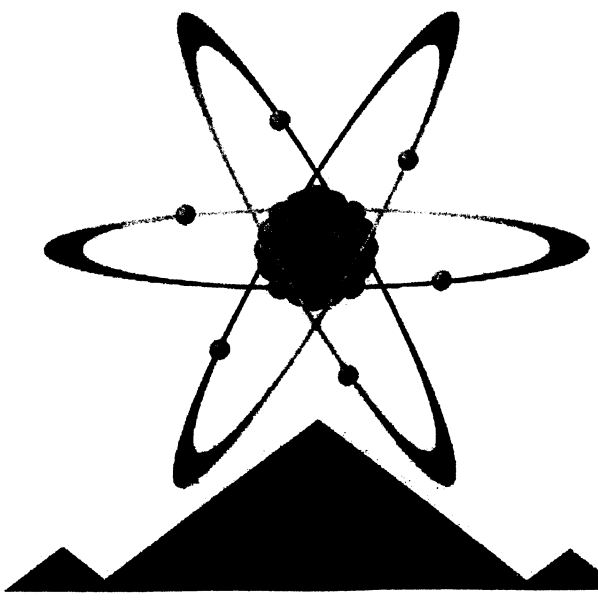
إعداد الأستاذ : أمجد الأحمد

مركز اولى القبلتين
ياجوز _ الجبل الشمالي
ت: 0788344860

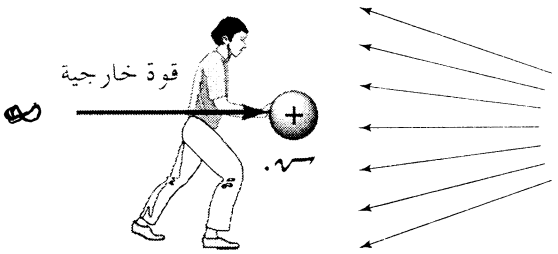
مركز المعين الثقافي
طبربور
ت:0795777278

اكاديمية احمد الزير
ضاحية الياسمين
ت : 0787411147

اكاديمية النجم الساطع الثقافية
شارع المدينة المنورة
ت : 0780909020



طاقة الوضع الكهربائية هي طاقة ترتبط بقوى المجال عمومًا. إذا وضعت شحنة كهربائية في مجال كهربائي خارجي فإن الشحنة والمجال يشكلان نظامًا، يسمى نظام (الشحنة الكهربائية – المجال الكهربائي)، وتختزن في النظام طاقة تسمى طاقة وضع كهربائية



- في المجال الكهربائي اصطلح على أن اللانهاية(∞) هي النقطة المرجعية التي تكون طاقة الوضع عندها صفرًا؛ (طو∞=0). ولبناء النظام المبين في الشكل نفترض أن الشحنة الكهربائية في اللانهاية، ولنقلها إلى نقطة ضمن المجال الكهربائي بسرعة ثابتة نؤثر فيها بقوة خارجية تساوي القوة الكهربائية في المقدار وتعاكسها في التجاه، وعندئذ تبذل القوة الخارجية شغلًا يختزن في الشحنة الكهربائية على شكل طاقة وضع كهربائية (طو)، حيث تبقى طاقتها الحركية ثابتة(Δطح=0).

تعريف طاقة الوضع الكهربائية : هو الشغل الذي تبذله القوه الخارجية لنقل الشحنة من اللانهاية إلى تلك النقطة في المجال الكهربائي دون تغيير طاقتها الحركية .

تعريف الجهد الكهربائي: طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة موضوعة عند نقطة في مجال كهربائي

$$\text{جـ} = \frac{\text{ط}_{\text{و}}}{\text{شـ}}$$

حيث :

شـ . : هي الشحنة الموضوعة عند النقطة داخل المجال الكهربائي .

جـ : الجهد الكلي عند تلك النقطة

ط و : طاقه الوضع التي تكتسبها الشحنة (شـ .) الموضوعة عند تلك النقطة

- الجهد الكهربائي عند نقطه لا يعتمد على الشحنة الموضوعة عند تلك النقطة و انما تعتمد على الشحنة المولدة للمجال الكهربائي (مصدر المجال الكهربائي)
- الشحنة المولدة للمجال الكهربائي هي نفسها التي تولد الجهد الكهربائي
- الجهد كمية قياسية ولذلك **نعوض الإشارة السالبة** للشحنات
- **من القانون وحده الجهد جول \ كولوم و تكافئ فولت**
- **مهم جدا :- الشحنة النقطية تكون جهدا كهربائيا حولها ولا تكون جهدها داخلها لأنها لا تولد مجالا داخلها**
- **وضح المقصود بأن الجهد الكهربائي عند نقطة يساوي ٥ فولت ؟**

إذا وضعت شحنة كهربائية مقدارها(1) كولوم عند تلك النقطة، فإنها ستختزن طاقة وضع كهربائية مقدارها(5) جول.

- **وضح المقصود بأن الجهد الكهربائي عند نقطة يساوي ١ فولت ؟**

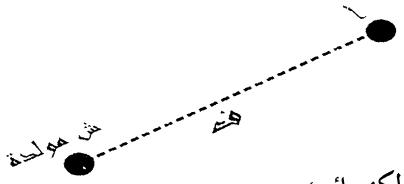
إذا وضعت شحنة كهربائية مقدارها(1) كولوم عند تلك النقطة، فإنها ستختزن طاقة وضع كهربائية مقدارها(1) جول.

- **يتخذ الجهد الكهربائي عند نقطة ما قيمة محددة (ثابته) و لا يعتمد على (شـ .) الشحنة الموضوعة في المجال الكهربائي (علل) ؟**

اذا تغير مقدار الشحنة (شـ.) الموضوعة عند النقطة يتغير مقدار طاقة الوضع الكهربائية بحيث تبقى النسبة ثابته (ط ، ١شـ .)

(الجهد الناتج عن شحنات نقطية)

لإيجاد الجهد الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية (مصدر المجال الكهربائي شحنة نقطية) وذلك عند نقطة:



$$جـ = أ \frac{ش}{ف}$$

حيث: شـ : مقدار الشحنة المولدة للمجال الكهربائي (مصدر المجال الكهربائي) .

ف: بعد النقطة المراد حساب الجهد عندها عن الشحنة المولدة .

مثال (١):- شحنة نقطية مقدارها ٤ ميكروكولوم موضوعة في الهواء احسب:

١)الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد عن الشحنة ٣ سم

٢) الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد عن الشحنة ٦ سم

٣) طاقة الوضع المختزنة في شحنة مقدارها ٢ ميكرو كولوم موضوعه عند ب

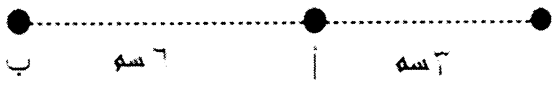
١) جـ أ = ش مولده / ف = ٩ ١٠ × ٤ × ٦ ١٠ / ٢ ١٠ × ٣ = ٥ ١٠ × ١٢ فولت

٢) جـ ب = ش مولده / ف = ٩ ١٠ × ٤ × ٦ ١٠ / ٢ ١٠ × ٦ = ٥ ١٠ × ٦ فولت

٣) ط ب = جـ ب . شـ ب = ٥ ١٠ × ٦ × ٢ × ٦ ١٠ = ١٢ جول

- لاحظ انه كلما تحركنا باتجاه المجال الكهربائي يقل الجهد الكهربائي

مثال (٢) واجب : شحنة نقطية مقدارها -٩ ميكروكولوم موضوعة في الهواء احسب:



١)الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد عن الشحنة ٣ سم

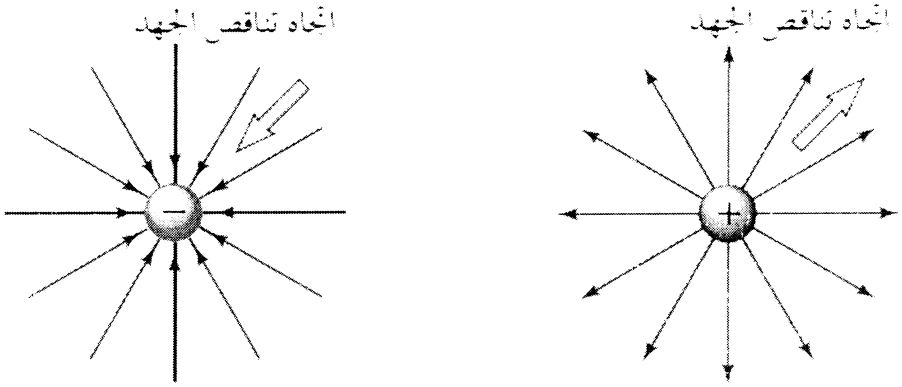
٢) الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد عن الشحنة ٩ سم

٣) طاقة الوضع المختزنة في شحنة مقدارها ٢ ميكرو كولوم موضوعه عند ب

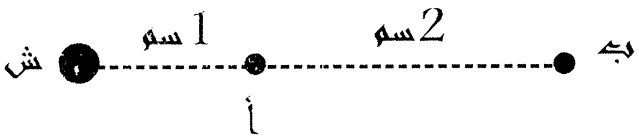
الجواب:- ١) -٧ ١٠ × ٢ فولت ٢) -٩ ١٠ × ٩ فولت ٣) -١٨ جول .

ملاحظة مهمة : اتجاه المجال الكهربائي يكون دائمًا باتجاه تناقص الجهد الكهربائي

(كلما تحركنا باتجاه المجال الكهربائي يقل الجهد)



مثال (٣) : في الشكل إذا كان الجهد الكهربائي عند النقطة أ يساوي ٣٠ فولت فإن جـ ب يساوي ؟



جـ م = ثابت × شحنة مولده / ف م

٣٠ = ٩ × ١٠ × ثابت / ١٠ × ١٠^-١

ثابت = ٣٠ × ١٠ × ١٠ / ٩ × ١٠ = ١٠/٣ × ١٠^+١١ كولوم .

جـ ب = ثابت × شحنة مولده / ف ب

= ١٠/٣ × ١٠ × ٩ × ١٠ / ٣ × ١٠^-٢ = ١٠ فولت

طريقة المقارنة

جـ م = ثابت × شحنة مولده / ف

جـ ب = ثابت × شحنة مولده / ٣ ف

جـ ب = ١/٣ جـ م = ١٠ فولت

طريقة القسمة :-

جـ م = ثابت × شحنة مولده / ف م

جـ ب = ثابت × شحنة مولده / ف ب

جـ م / جـ ب = ١/ف م / ١/ف ب ← جـ م / جـ ب = ف ب / ف م

٣٠ / جـ ب = ٣/١ ← جـ ب = ١٠ فولت .

مثال (٤) واجب :إذا كان الجهد الكهربائي عند نقطة على بعد ٣ م من شحنة نقطية في الهواء ١٨ فولت فإن المجال الكهربائي عند تلك النقطة يساوي ؟ (م = ٦ نيوتن/كولوم)

مثال (٥) واجب : إذا علمت أن الجهد الكهربائي في نقطة معينة تبعد مسافة معينة عن شحنة نقطية تساوي ٦٠٠ فولت وأن المجال الكهربائي عند تلك النقطة يساوي ٢٠٠ نيوتن/كولوم فإن مقدار هذه الشحنة النقطية ؟

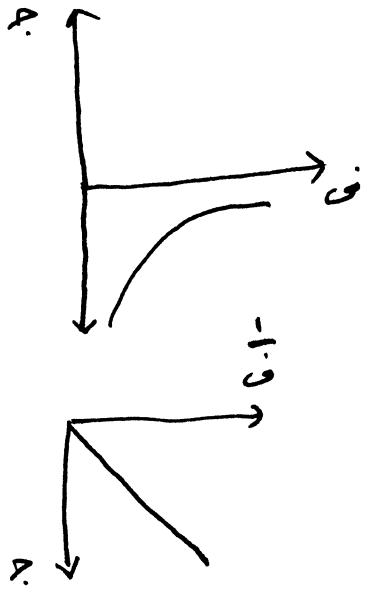
الجواب :- شحنة = ٢ × ١٠^-٧ كولوم .

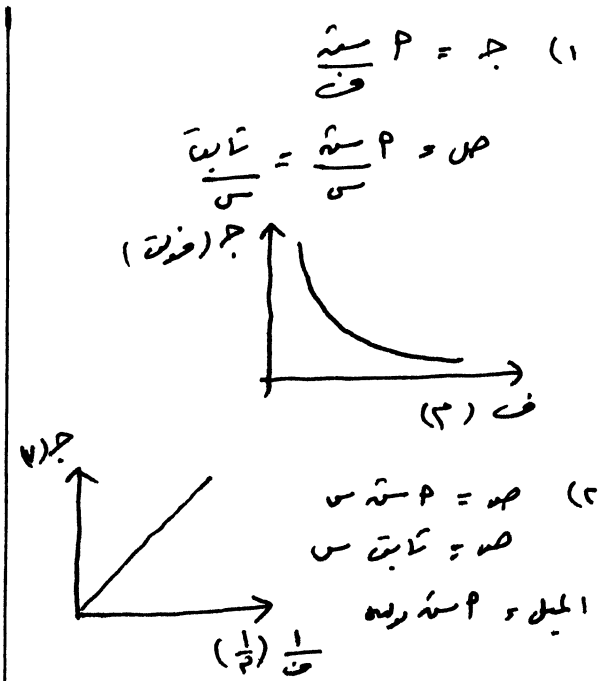
مثال (٦) : الجهد الكهربائي لشحنة نقطية موجبة يعطي بالعلاقة $جـ = \frac{ش}{ف}$ أ

١)أرسم العلاقة (جـ و ف)

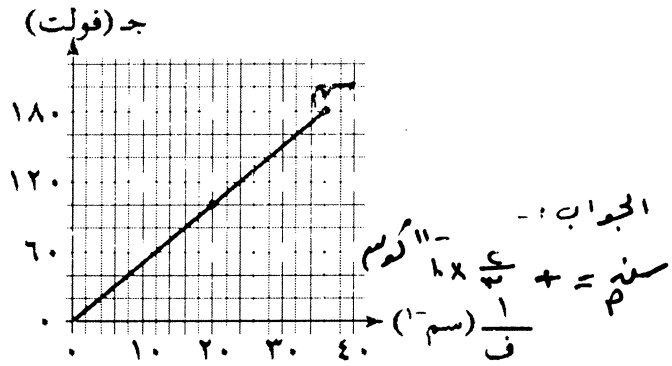
٢)أرسم العلاقة بين(جـ و ١/ف) وحدد ميل المنحنى

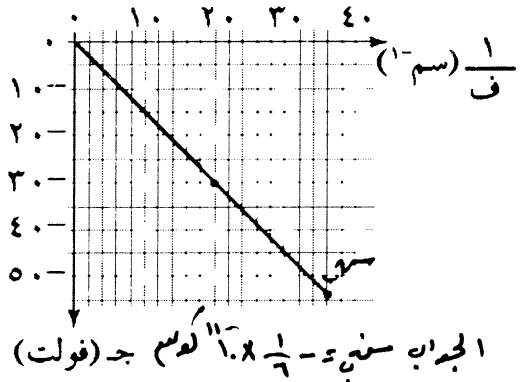
٣) ارسم العلاقات السابقة اذا كانت الشحنة سالبة



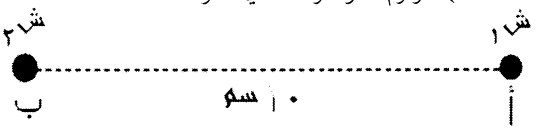


مثال (٧) واجب : يبين الشكل تمثيلًا بيانيًا للعلاقة بين الجهد الناشئ عن كل من شحنتين نقطيتين (سـ١ ، سـ٢) ومقلوب البعد عن كل منهما، اعتمادًا على البيانات جد مقدار كل من الشحنتين ونوعهما .





مثال (٨) واجب: شحنتان نقطيتان مقدارهما (٨ × ١٠ $^{-٩}$) كولوم (-٤ × ١٠ $^{-٩}$) كولوم موضوعتان في الهواء عند النقطتين (أ ، ب) على الترتيب حيث أ ب = ١٠ سم ،احسب :



١) الجهد الكهربائي عند النقطة أ ٢)شدة المجال الكهربائي عند أ

٣)طاقة الوضع الكهربائية الكامنة في الشحنة الموجبة ٤)القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة الموجبة

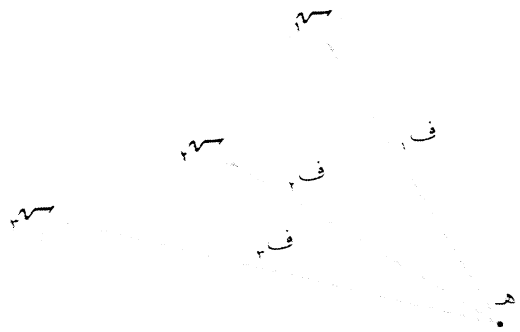
الجواب :- ١) 9×10^{-9} فولت ٢) 6×10^{-9} نيوتن/كولوم (سـ)

٣) -880×10^{-9} جول ٤) 88×10^{-7} نيوتن (سـ)

((الجهد الكهربائي عند نقطة تقع في مجال أكثر من شحنة نقطية))

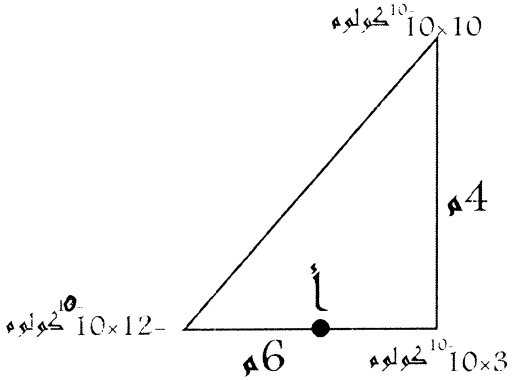
بما أن الجهد الكهربائي كمية قياسية فإن الجهد الكهربائي عند نقطة مثل (هـ) يساوي المجموع الجبري للجهود الناشئة عن كل هذه الشحنات ،أي أن:

$$جـ_{هـ} = جـ_1 + جـ_2 + جـ_3$$



$$جـ_{م} = أ\left(\frac{ش_1}{ف_1} + \frac{ش_2}{ف_2} + \frac{ش_3}{ف_3} + \cdots\right)$$

مثال (٩): في الشكل المرسوم أوجد الجهد الكهربائي عند النقطة أ والتي تنصف قاعدة المثلث



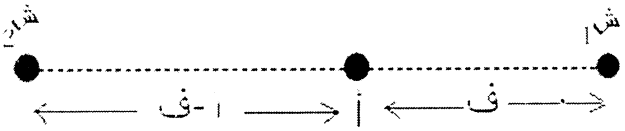
$$جـ_م = م\left(\frac{ش_1}{ف_1} + \frac{ش_2}{ف_2} + \frac{ش_3}{ف_3}\right)$$

$$= ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{١٠\times١٠^{-١٠}}{٥} + \frac{٢\times١٠^{-١٠}}{٣} - \frac{١٢\times١٠^{-١٠}}{٣}\right)$$

$$= ٩\times١٠^{-١٠}(٤ - ١ + ٣)$$

$$= ٩٠ \text{ فولت}$$

مثال (١٠) :- وضعت شحنة نقطية مقدارها ١×١٠^{-٩} كولوم على بعد ١ م من شحنة نقطية أخرى مقدارها ٢٥×١٠^{-٩} كولوم أوجد الجهد الكهربائي عند النقطة (أ) ثم احسب المجال الكهربائي عند (أ) علما بان ف = ١ \ ٦ م؟



$$جـ_م = م\left(\frac{ش_1}{ف_1} + \frac{ش_2}{ف_2}\right)$$

$$= ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{١\times١٠^{-٩}}{\frac{١}{٦}} + \frac{٢٥\times١٠^{-٩}}{\frac{٥}{٦}}\right)$$

$$= ٩\times١٠^{٩}(٦ + ٢٠)$$

$$= ٩ \times ٣٦$$

$$= ٣٢٤ \text{ فولت}$$

$$م_{محلم} = م_1 - م_2$$

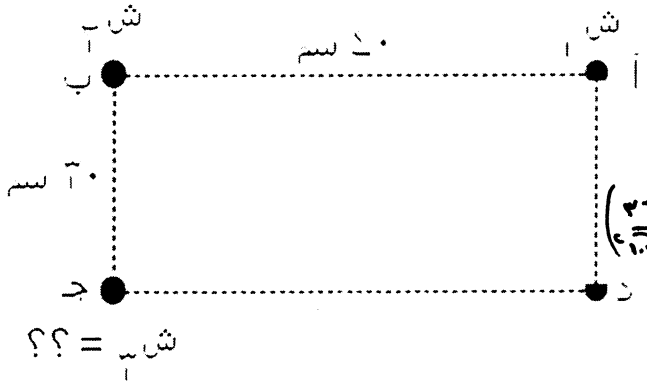
$$= \frac{ش_2}{ف_2} - \frac{ش_1}{ف_1}$$

$$= \frac{٩\times١٠^{٩}\times٢٥\times١٠^{-٩}}{(\frac{٥}{٦})} - \frac{٩\times١٠^{٩}\times١\times١٠^{-٩}}{(\frac{١}{٦})}$$

$$= ٢٦٠ - ٢٦$$

$$= ٢٣٤ \text{ فولت}$$

مثال (١١): (أ ب جـ د) رؤوس مستطيل طول ضلعه أ ب= ٤٠ سم ، ب جـ = ٣٠ سم وضع عند رأسيه (أ ، ب) الشحنات ١٢٠ ميكروكولوم – ١٠٠ ميكروكولوم على الترتيب أوجد مقدار الشحنة التي يجب أن توضع عند جـ حتى يصبح الجهد الكهربائي عند د يساوي صفر ؟



$$جـ_د = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-١٠٠ \times ١٠^{-٦}}{٥٠ \times ١٠^{-٢}} + \frac{١٢٠ \times ١٠^{-٦}}{٣٠ \times ١٠^{-٢}} + \frac{ش_ب}{٤٠ \times ١٠^{-٢}} \right)$$

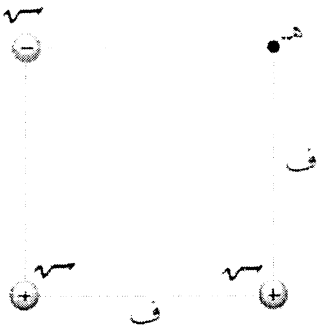
$$\therefore \frac{ش_ب}{٤٠ \times ١٠^{-٢}} + ٣ \times ١٠^{-٤} - ٤ \times ١٠^{-٤} = ٠$$

$$ش_ب = -٨٠ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

مثال (١٢) : – إذا كان الجهد الكهربائي عند نقطة ما يساوي صفر فهل يعني ذلك أنه لا توجد شحنات بالقرب من النقطة ؟

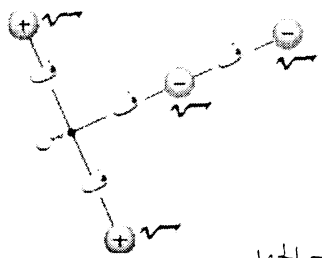
لا ليس بالضرورة يمكن أن يكون هناك شحنات موجبة وسالبة حول الشحنة ومجموع جهودها يساوي صفر

مثال (١٣) واجب : عند وضع ثلاث شحنات نقطية متساوية في المقدار عند رؤوس مربع، كما يبين الشكل اوجد الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ) بدلاله (شـ) و (ف) ؟



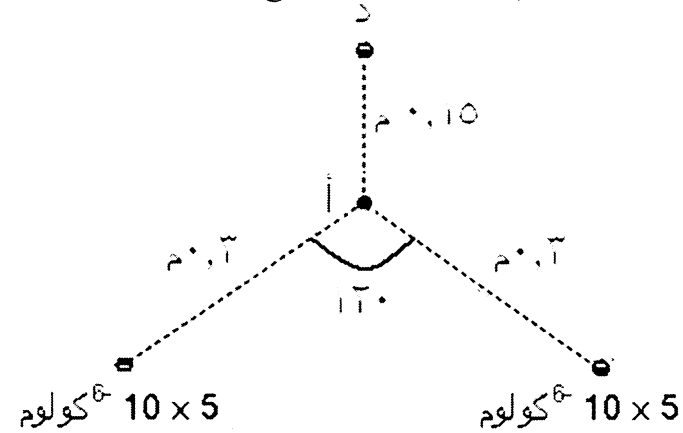
الجواب :- $جـ_هـ = ٣ \frac{ش}{ف}$

مثال (١٤) واجب : في الشكل اذا كانت (ف = ٤) سم و (شـ = ٥) ميكروكولوم اوجد الجهد الكهربائي عند النقطة (س)



الجواب :- $جـ_س = + \frac{٩ ش}{ف}$

مثال(١٥)واجب: في الشكل المرسوم إذا وضعت شحنة عند (د)كم مقدار الشحنة حتى يصبح الجهد عند (أ) يساوي صفر ؟



الجواب :- $ش_د = -٥ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

(نقطة انعدام الجهد لنظام مكون من شحنتين نقطيتين)

نقطة انعدام الجهد لا تظهر إلا إذا كانت الشحنتين مختلفتين في النوع

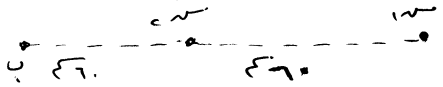
١) تكون نقطة انعدام الجهد بين الشحنتين و خارجهما و اقرب للشحنة الصغرى مقدارا (أي تظهر عند نقطتين)

٢) إذا كانت الشحنتين مختلفتين في النوع متساويتين في المقدار تكون نقطة انعدام الجهد في منتصف المسافة بين الشحنتين

مثال (١٥) :شحنتان نقطيتان الأولى -٨×١٠^{-٩} كولوم والثانية ٤×١٠^{-٩} كولوم موضوعتان في الهواء على بعد ٦٠ سم من بعضهما اوجد:

١) الجهد الكهربائي عند نقطه تبعد عن الاولى ٤٠ سم و تقع بين الشحنتين

٢) الجهد الكهربائي عند نقطه تبعد عن الثانية ٦٠ سم و تقع خارج الشحنتين



$$جـ_ب = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-٨ \times ١٠^{-٩}}{(٦٠ \times ١٠^{-٢})} + \frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{(١٠ \times ١٤٠)} \right)$$

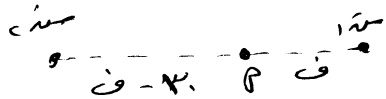
$$= \text{صفر}$$

$$جـ_م = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-٨ \times ١٠^{-٩}}{(٤٠ \times ١٠^{-٢})} + \frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{(١٠ \times ٤٠)} \right)$$

$$= \text{صفر}$$

مثال (١٦) :شحنتان نقطيتان الأولى -٦×١٠^{-٩} كولوم والثانية ١٢×١٠^{-٩} كولوم موضوعتان في الهواء على بعد ٣٠ سم من بعضهما حدد موضع النقطة التي يكون عندها الجهد الكهربائي صفر

أولاً: بين الشحنتين



$$جـ_م = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-٦ \times ١٠^{-٩}}{ف} + \frac{١٢ \times ١٠^{-٩}}{٣٠ - ف} \right)$$

$$\therefore \frac{٦}{ف} = \frac{١٢}{٣٠ - ف}$$

$$٢ف = ٣٠ - ف \leftarrow ف = ١٠ \text{ سم}$$

ثانياً: خارج الشحنتين

$$جـ_ب = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-٦ \times ١٠^{-٩}}{ف} + \frac{١٢ \times ١٠^{-٩}}{ف + ٣٠} \right)$$

$$\therefore \frac{٦}{ف} = \frac{١٢}{ف + ٣٠}$$

$$ف = ٢ف + ٣٠ \leftarrow ف = ٣٠ \text{ سم}$$

مثال (١٧)واجب : يبين الشكل نقطة (س) تقع على الخط الواصل بين شحنتين نقطيتين ،إذا كانت(شـ 1) موجبة و (جـ س = صفر). فأجب عما يأتي:

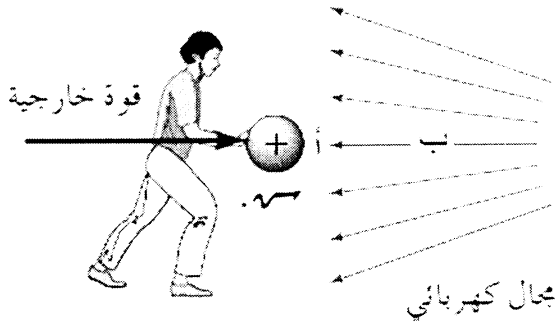
١) ما نوع الشحنة(شـ 2)؟

٢) أيهما أكبر مقدارًا(شـ 1) أم (شـ 2)؟

ملاحظة :- اذا كانت الجهد الكهربائي عند نقطه صفر هذا يعني أنه لا يلزم شغل في نقل شحنة من اللانهاية الى تلك النقطه

(فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي)

عند انتقال شحنه من نقطة إلى أخرى ضمن المجال الكهربائي فاذا تغيرت طاقة الوضع الكهربائية للشحنة فهذا يعني أنه يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين النقطتين .



_ فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (أ و ب)

$$جـ_{أ ب} = جـ_{أ} - جـ_{ب}$$

_ فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (ب و أ)

$$جـ_{ب أ} = جـ_{ب} - جـ_{أ}$$

_ علما بان

$$جـ_{ب أ} = -جـ_{أ ب}$$

التغير في الجهد الكهربائي بين نقطتين :

$$\Delta جـ = جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية}$$

حيث :-

جـ أ : الجهد الكلي عند النقطة أ جـ ب :- الجهد الكلي عند النقطة ب

تعريف فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين : هو التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة عند انتقالها بين هاتين النقطتين في مجال كهربائي.

سؤال : وضح المقصود بأن فرق الجهد بين نقطتين يساوي (١٢) فولت ؟

أي ان التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات عند انتقالها بين النقطتين يساوي (١٢) جول

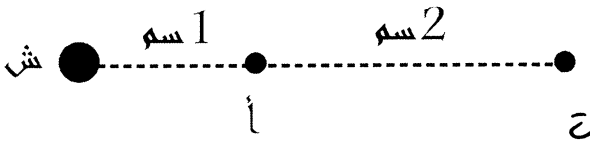
_ **تعريف الفولت** :- هو فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي تتغير فيه طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات عند انتقالها بين النقطتين بمقدار (١) جول .

ملاحظات :

١) **اذا كان** $جـ_{س ص}$ **= موجب هذا يعني ان** $جـ_{س} > جـ_{ص}$

٢) **اذا كان** $جـ_{س ص}$ **= سالب هذا يعني ان** $جـ_{س} < جـ_{ص}$

مثال (١٨) :في الشكل إذا كانت (شـ) تساوي ١ ميكروكولوم فأوجد جـ أ ب ؟

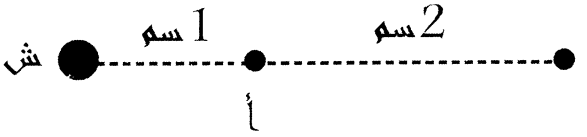


جـ م = م $\frac{\text{شـ}}{\text{ف}}$ = $\frac{\text{١٠ × ١ × ٩ ١٠}^{-٦}}{\text{٢ ١٠ × ١}^{-٢}}$ = ٩ ١٠ × ٩ فولت

جـ ب = م $\frac{\text{شـ}}{\text{ف}}$ = $\frac{\text{١٠ × ١ × ٩ ١٠}^{-٦}}{\text{٢ ١٠ × ٣}^{-٢}}$ = ٩ ١٠ × ٣ فولت

جـ أ ب = جـ م − جـ ب = ٩ ١٠ × ٩ − ٩ ١٠ × ٣ = ٩ ١٠ × ٦ فولت .

مثال (١٩) : في الشكل إذا كان الجهد الكهربائي عند النقطة أ يساوي ٣٠ فولت فأوجد جـ أ ب ؟



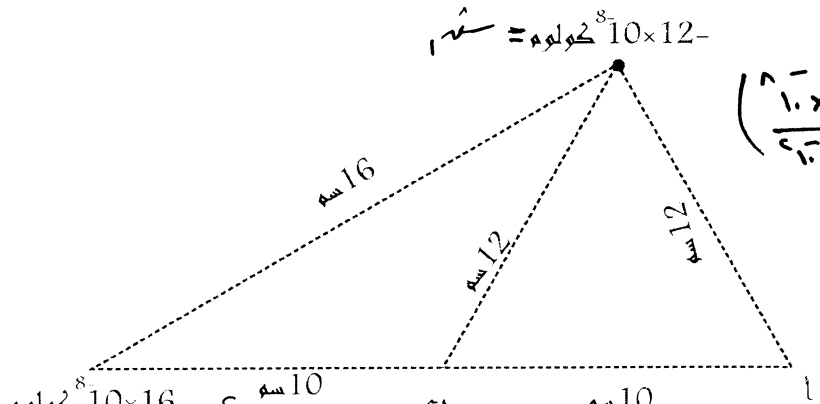
جـ م = م $\frac{\text{شـ وليه}}{\text{٢ ف م}}$

جـ ب = م $\frac{\text{شـ وليه}}{\text{٣ ف م}}$

جـ ب = $\frac{١}{٣}$ جـ م = $\frac{١}{٣}$ × ٢٠ = ١٠ فولت

جـ أ ب = جـ م − جـ ب = ٢٠ − ١٠ = ١٠ فولت .

مثال (٢٠) :في الشكل المرسوم احسب جـ أ ب ؟



جـ م = م ($\frac{\text{شـ١}}{\text{ف ١ ج}}$ + $\frac{\text{شـ٢}}{\text{ف ٢ ج}}$)

= ٩ ١٠ × ٩ ($\frac{\text{١٠ × ١٦}^{-٨}}{\text{١٠ × ٢٠}^{-٢}}$ + $\frac{\text{١٠ × ١٢}^{-٨}-}{\text{١٠ × ١٢}^{-٢}}$)

= ٣ ١٠ × ٩ (٠,٨ + ١-)

= ٣ ١٠ × ١,٨ − فولت .

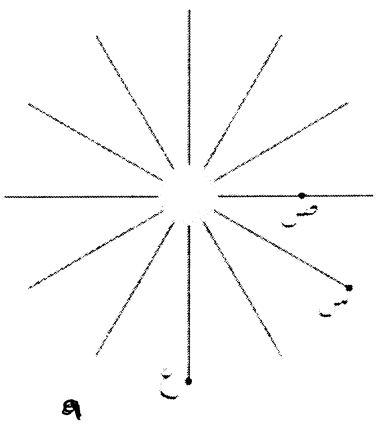
جـ ب = م ($\frac{\text{شـ١}}{\text{ف ١ ج}}$ + $\frac{\text{شـ٢}}{\text{ف ٢ ج}}$)

= ٩ ١٠ × ٩ ($\frac{\text{١٠ × ١٦}^{-٨}}{\text{١٠ × ١٠}^{-٢}}$ + $\frac{\text{١٠ × ١٢}^{-٨}-}{\text{١٠ × ١٢}^{-٢}}$)

= ٣ ١٠ × ٥,٤ فولت

← جـ أ ب = جـ م − جـ ب = − ٣ ١٠ × ١,٨ − ٣+ ١٠ × ٥,٤ = ٢ ١٠ × ٣,٦ فولت .

مثال (٢١) : يبين الشكل ثلاث نقاط (س ،ص، ع) تقع ضمن المجال الكهربائي لشحنة نقطية، بُعد النقطة (س) عن الشحنة يساوي بُعد النقطة (ع). و(جـ س ص = 3 فولت) .أجب عما يأتي:



١) أي النقطتين (س ،ص) يكون الجهد عندها أعلى؟ جـ س > جـ ص

٢) ما نوع الشحنة المولدة للمجال الكهربائي؟ سالبة

٣) حدد اتجاه المجال الكهربائي داخل في الشحنة

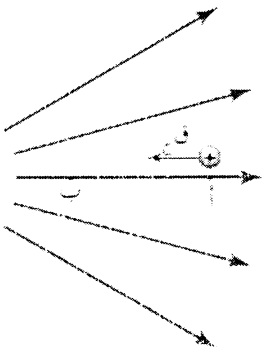
٤) قارن بين (جـ س ص) و(جـ ص ع)

جـ س ص = − جـ ص ع

(الشغل المبذول في نقل شحنة بين نقطتين)

عند انتقال شحنه بين نقطتين فلا بد من قوة تعمل على نقل الشحنة بين النقطتين و يمكن ان تكون هذه القوة قوة خارجية تعمل على تحريك الشحنة او تكون القوة الكهربائية هي التي تعمل على نقل الشحنة

اولا : الشغل التي تبذله القوة الخارجية في نقل (تحريك) شحنة داخل مجال كهربائي :



اذا اثرت قوة خارجية مساويه للقوة الكهربائية و معاكسه لها فان الجسم المشحون سيتحرك بسرعه ثابتة لان محصله القوى عليه صفر ، و بالتالي فان القوة الخارجية سوف تبذل شغل يظهر على الشحنة على شكل زيادة في طاقه الوضع للشحنة وتبقى الطاقة الحركية ثابته للجسم

و شغل القوة الخارجية يعطى بالعلاقة :

$$(\text{شغ})_{أ \leftarrow ب} = ش . (جـ_{ب} - جـ_{أ})$$

وهذا الشغل يتحول الى طاقة وضع كهربائية مختزن في الشحنة :

$$(\text{شغ})_{أ \leftarrow ب} = \Delta \text{طو}$$

ملاحظات:

١) القوة الخارجية دائما عكس القوة الكهربائية و مساويه لها
٢) شغل القوة الخارجية دائما موجب
٣) شغل القوة الخارجية دائما يكون مساويا للتغير في طاقة الوضع للشحنة وبالتالي طاقة الوضع تزداد
٤) لا تتغير الطاقة الحركية للجسم لان افتراضنا ان القوة الخارجية مساوية للقوة الكهربائية و معاكسه لها
٥) الجهد الكهربائي في اللانهاية صفر
٦) الشحنة (شـــ .) هي الشحنة المنقولة و نلغي جهدها عند حساب جهد النقاط التي انتقلت بينها

القوة الخارجية تعمل على نقل الشحنة الكهربائية :

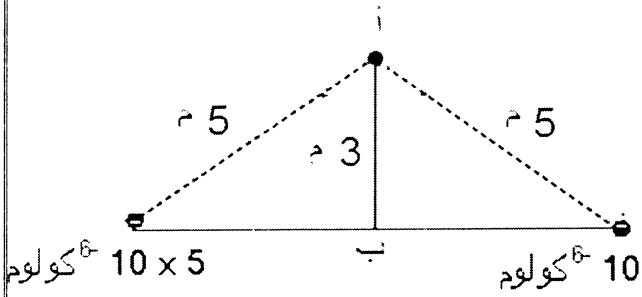
١) الشحنة الموجبة من نقطه جهدها اقل الى نقطه جهدها اعلى أي (عكس المجال الكهربائي)
٢) الشحنة السالبة من نقطة جهدها اكبر الى نقطة جهدها اقل أي (مع المجال الكهربائي)

مثال (٢٢) : في الشكل المرسوم عند نقل الكترون و بروتون داخل المجال الكهربائي ، بين أي النقاط تعمل القوة الخارجية على نقل كل من :

١) البروتون
٢) الالكترون
٣) أي النقطتين جهدها اكبر

١) من د ← هـ
٢) من هـ ← د
٣) جـ د > جـ هـ

مثال (٢٣) : في الشكل المرسوم شحنتان نقطيتين اوجد :



١) جـ أ ب

٢) اذا اثرنا على شحنة مقدارها ٢ ميكروكولوم لنقلها بين النقطتين فان القوه الخارجية تعمل على نقل الشحنة بين (أ وب) ام (ب و أ)

٣) اوجد شغل القوة الخارجية

٤) اوجد التغير في طاقة الوضع نتيجة نقل الشحنة

١) $جـ_م = ك \left(\frac{س_ء}{ف_ء} + \frac{س_ء}{ف_ا} \right)$

$= ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٥} + \frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٥} \right)$

$= ١٨ \times ١٠^{٣}$ فولت

$جـ_ب = ك \left(\frac{س_ء}{ف_ا} + \frac{س_ء}{ف_ء} \right)$

$= ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٤} + \frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٤} \right)$

$= \frac{٩}{٤} \times ١٠^{٣} = ٢٢,٥ \times ١٠^{٣}$ فولت

$جـ_{ا ب} = جـ_م - جـ_ب$

$= ١٨ \times ١٠^{٣} - ٢٢,٥ \times ١٠^{٣}$

$= -٤,٥ \times ١٠^{٣}$ فولت

$جـ_ب > جـ_م$

٢) من م ← ب

٣) شغل(خ) = (جـ ب - جـ م) × شحنة منتقلة.
م ← ب

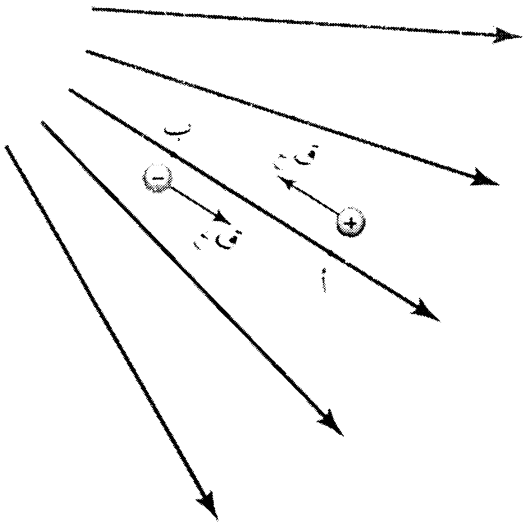
$= ٤,٥ \times ١٠^{٣} \times ٢ \times ١٠^{-٦}$

$= ٩ \times ١٠^{-٣}$ جول .

٤) $\Delta ط_و$ = شغل(خ)
م ← ب ب ← م

$= ٩ \times ١٠^{-٣}$ جول .

مثال (٢٤) : شحنة نقطية (2×10^{-9}) كولوم نقلت من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) في مجال كهربائي بسرعة ثابتة كما يبين الشكل، إذا بذلت القوة الخارجية شغلًا (14×10^{-9}) جول فاحسب:



١) فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين ب و أ (جـ ب-جـ ا)

٢) الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل شحنة(-2×10^{-9}) كولوم من (ب) إلى (أ) بسرعة ثابتة.

١) شغل(خ) = (جـ ب - جـ م) × شحنة منتقلة
م ← ب

$= ٢ \times جـ_{م ب} = ١٤ \times ١٠^{-٩}$

$جـ_{م ب} = ٧$ فولت .

٢) الشغل (خ) = جـ م ب × شحنة منتقلة
ب ← م

$= -٧ \times -٢ \times ١٠^{-٩}$

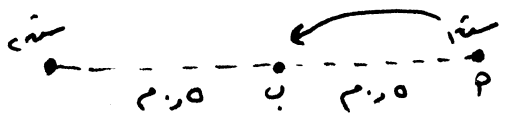
$= ١٤ \times ١٠^{-٩}$ جول .

مثال (٢٥):- شحنتان نقطيتان الأولى ١ × ١٠ $^{-٧}$ كولوم ، والثانية ٢ × ١٠ $^{-٧}$ كولوم موضوعتان في الهواء على بعد ١ م من بعضهما لجعل المسافة بينهما ٥٠م :

١) هل تحتاج الشحنتين لقوة خارجية
٢) احسب شغل القوة الخارجية
٣) احسب التغير في طاقة الوضع للنظام

١) نعم وذلك للتغلب على قوى التنافر بين الشحنتين

٢) لتقريب الشحنتين نجعل احداهما ثابتة والأخرى منقولة .



$جـ_م = \frac{م\ سنهـ_٢}{ف} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٧}}{١}$

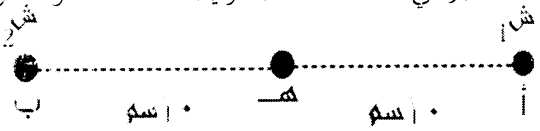
$جـ_م = ١٨ \times ١٠^{٢}$ فولت .

$جـ_ب = \frac{م\ سنهـ_٢}{ف} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٧}}{\frac{١}{٢}} = ٣٦ \times ١٠^{٢}$ فولت .

شغل(خ) $_{م \leftarrow ب}$ = (جـ$_ب$ - جـ$_م$) سنهـ$_١$ = $(٣٦ \times ١٠^{٢} - ١٨ \times ١٠^{٢}) \times ١ \times ١٠^{-٧} = ١٨ \times ١٠^{-٥}$ جول.

٣) $\Delta ط_{و}$ = شغل(خ) $_{ب \leftarrow م}$ = ١٨×١٠^{-٥} جول.

مثال (٢٦) واجب:- في الشكل المرسوم إذا كان الجهد الكهربائي عند النقطة د يساوي ٩ × ١٠ ^{٥} فولت أوجد :-



١) مقدار وإشارة(شـ١)

٢) شدة المجال عند (هـ)

٣) الشغل الذي تبذله القوة الخارجية نتيجة انتقال الشحنة شـ١ من (أ) الى (هـ) بسرعه ثابته

١) $جـ_هـ = م\left(\frac{سنهـ_١}{ف_١} + \frac{سنهـ_٢}{ف_٢}\right)$

$\left(\frac{١ \times ١٠^{-٦}}{١٠ \times ١٠^{-٢}} + \frac{سنهـ_١}{١٠ \times ١٠^{-٢}}\right) ٩ \times ١٠^{٩} = ٩ \times ١٠^{٥}$

$١ \times ١٠^{٤} = ٠,٢ \times ١٠^{٤} + \frac{سنهـ_١}{١٠ \times ١٠^{-٢}}$

$\frac{سنهـ_١}{١٠ \times ١٠^{-٢}} = ٠,٨ \times ١٠^{٤}$

سنهـ$_١$ = ٨ × ١٠ $^{-٦}$ كولوم .

٢) $\frac{سنهـ_١ - سنهـ_٠}{م_١ - م_٠} = \frac{سنهـ_١ - سنهـ_٠}{١٥ - ٠}$

مجـ$_هـ$ = م$_١$ - م$_٠$

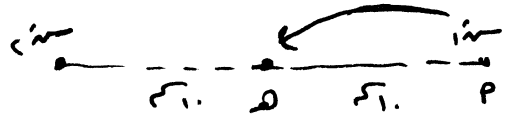
$= م\frac{سنهـ_١}{ف_١} - م\frac{سنهـ_٠}{ف_٠}$

$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٦}}{(١٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}} - \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٦}}{(١٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$

$= ١٨ \times ١٠^{٥} - ٧٢ \times ١٠^{٥}$

$= ٥٤ \times ١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم (سنـ)

٣)



$جـ_م = م\frac{سنهـ_٢}{ف} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٦}}{٢٠ \times ١٠^{-٢}}$

$= ٠,٩ \times ١٠^{٥}$ فولت .

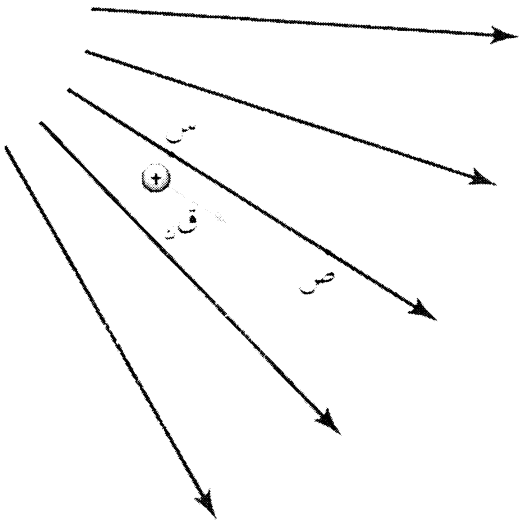
$جـ_هـ = م\frac{سنهـ_٢}{ف} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٦}}{١٠ \times ١٠^{-٢}}$

$= ١,٨ \times ١٠^{٥}$ فولت

شغل(خ) $_{م \leftarrow هـ}$ = $(٠,٩ \times ١٠^{٥} - ١,٨ \times ١٠^{٥}) \times ٨ \times ١٠^{-٦} = ٧,٢$ جول

ثانيا : الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية في نقل (تحريك) شحنة بين نقطتين في مجال كهربائي :

عند تحريك جسم مشحون في مجال كهربائي بتأثير القوة الكهربائية فقط فان نظام (الشحنة الكهربائية – المجال الكهربائي) نظام محافظ فالقوة الكهربائية تبذل شغل في نقل الشحنة يظهر على شكل زيادة في الطاقة الحركية (تزداد السرعة) للشحنة بسبب نقصان طاقة الوضع الكهربائية للشحنة ، اي تتحول طاقة الوضع الكهربائية المختزنة فيها الى طاقة حركية



$$\text{ش}_{\text{ك}} = -\Delta \text{ط}_{\text{و}} = \Delta \text{ط}_{\text{ح}}$$

و يمكن حساب شغل القوة الخارجية من القانون :

$$\text{ش}_{\text{خ}\,\text{س} \to \text{ص}} = -\text{ش}_{\text{ك}} = (\text{جـ}_{\text{ص}} - \text{جـ}_{\text{س}})$$

ملاحظات :

١) شغل القوة الكهربائية دائما موجب
٢) شغل القوة الكهربائية دائما يكون مساويا للتغير في الطاقة الحركية للشحنة وبالتالي الطاقة الحركية تزداد والوضع تقل
٣) الجهد الكهربائي في اللانهاية صفر
٤) الشحنة (شـــ .) هي الشحنة المنقولة و نلغي جهدها عند حساب جهد النقاط التي انتقلت بينها

القوة الكهربائية تعمل على نقل الشحنة الكهربائية :

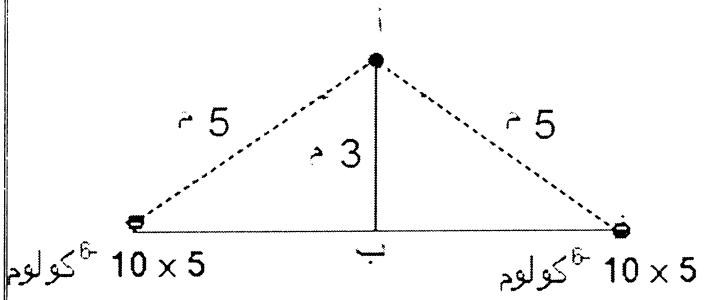
١) الشحنة السالبة من نقطه جهدها اقل الى نقطه جهدها اعلى أي (عكس المجال الكهربائي)
٢) الشحنة الموجبة من نقطة جهدها اكبر الى نقطة جهدها اقل أي (مع المجال الكهربائي)

مثال (٢٧) : في الشكل المرسوم عند نقل الكترون و بروتون داخل المجال الكهربائي ، بين أي النقاط تعمل القوة الكهربائية على نقل كل من :

١) البروتون
٢) الالكترون
٣) أي النقطتين جهدها اكبر

١) من هـ ← د
٢) من د ← هـ
٣) جـ هـ > جـ د

مثال (٢٨) : في الشكل المرسوم شحنتان نقطيتين اوجد :



١) جـ أ ب

٢) بتأثير القوة الكهربائي على شحنة مقدارها ٢ ميكروكولوم لنقلها بين النقطتين فان القوه الكهربائية تعمل على نقل الشحنة بين (أ و ب) ام (ب و أ)

٣) اوجد شغل القوة الكهربائية

٤) اوجد التغير في طاقة الوضع نتيجة نقل الشحنة

١) $جـ م = م \left(\frac{سعة_1}{ف_1} + \frac{سعة_2}{ف_2} \right)$

$= \left(\frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٥} + \frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٥} \right) ٩ \times ١٠^{٩}$

$= ١٨ \times ١٠^{٣}$ فولت .

$جـ ب = م \left(\frac{سعة_1}{ف_1} + \frac{سعة_2}{ف_2} \right)$

$= \left(\frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٤} + \frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٤} \right) ٩ \times ١٠^{٩}$

$= ٢٢,٥ \times ١٠^{٣}$ فولت .

$جـ م ب = ١٨ \times ١٠^{٣} - ٢٢,٥ \times ١٠^{٣}$

$= -٤,٥ \times ١٠^{٣}$ فولت .

٢) من ب ← م

٣) شغل ك = - (جـ م - جـ ب) سعة مقدرة .
ب ← م

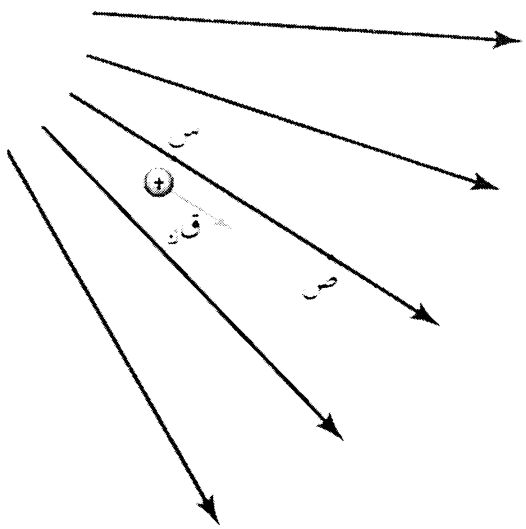
$= - (-٤,٥ \times ١٠^{٣}) \times ٢ \times ١٠^{-٦}$

$= ٩ \times ١٠^{-٣}$ جول .

٤) تغير طاقة الوضع (ك) = - شغل ك
ب ← م

$= - ٩ \times ١٠^{-٣}$ جول .

مثال (٢٩) : يبين الشكل بروتونًا يتحرك في مجال كهربائي تحت تأثير القوة الكهربائية فقط من النقطة (س) إلى النقطة (ص)، فإذا بذلت القوة الكهربائية عليه شغلًا (8×10^{-19} جول) فاحسب فرق الجهد (جـ ص س).



شغل (ك) = - جـ ص س × سعة مقدرة .
س ← ص

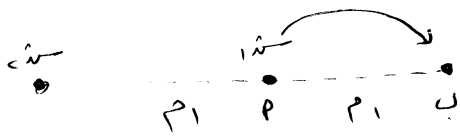
$٨ \times ١٠^{-١٩} = جـ ص س \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

$جـ ص س = \frac{٨ \times ١٠^{-١٩}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ٥$ فولت .

$جـ ص س = -٥$ فولت

مثال (٣٠):- شحنتان نقطيتان الأولى ١ × ١٠ $^{-٧}$ كولوم ، والثانية ٢ × ١٠ $^{-٧}$ كولوم موضوعتان في الهواء على بعد ١ م من بعضهما لجعل المسافة بينهما ٣م :

١) هل نحتاج الشحنتين لقوة خارجية ام قوة كهربائية لزيادة المسافة بينهما
٢) احسب شغل القوة التي قامت بتحريك الشحنة
٣) احسب التغير في طاقة الوضع للنظام



١) قوة كهربائية فقط

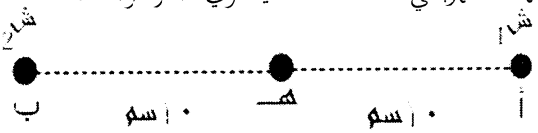
٢) جـ م = م سـ / ف = ٩ × ١٠ × ٢ × ١٠ $^{-٧}$ / ١ = ١٨ × ١٠ ^{٢} فولت

جـ ب = م سـ / ف = ٩ × ١٠ × ٢ × ١٠ $^{-٧}$ / ٢ = ٩ × ١٠ ^{٢} فولت .

شغل (ك) $_{م \leftarrow ب}$ = - (جـ ب - جـ م) سـ١ = - (٩ × ١٠ ^{٢} - ١٨ × ١٠ ^{٢}) × ١٠ $^{-٧}$ = ٩ × ١٠ $^{-٥}$ جول

٣) شغل (ك) $_{م \leftarrow ب}$ = - Δط و ← Δط و = - ٩ × ١٠ $^{-٥}$ جول .

مثال (٣١) واجب:- في الشكل المرسوم إذا كان الجهد الكهربائي عند النقطة د يساوي صفر أوجد :-



١) مقدار وإشارة(ش١)

٢) شدة المجال عند (هـ)

٣) الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية نتيجة انتقال الشحنة ش ١ من (أ) الى (هـ) بسرعه ثابتة

الجواب :- ١) سـ١ = - ٢ × ١٠ $^{-٦}$ كولوم ٢) ٩ × ١٠ ^{٢} نيوتن/كولوم (+) ٣) ١٨ جول.

ملخص مهم :

١) اذا انتقلت شحنة موجبه من جهد اعلى الى اقل (مع المجال) فان القوة الكهربائية هي التي بذلت الشغل في نقل الشحنة و اذا انتقلت من جهد اقل الى اعلى (عكس المجال) فان القوة الخارجية هي التي تبذل الشغل في نقل الشحنة

٢) اذا انتقلت شحنة سالبة من جهد اعلى الى اقل (مع المجال) فان القوة الخارجية هي التي بذلت الشغل في نقل الشحنة و اذا انتقلت من جهد اقل الى اعلى (عكس المجال) فان القوة الكهربائية هي التي تبذل الشغل في نقل الشحنة

اذا لم يحدد السؤال القوة التي بذلت الشغل نحسب التغير في طاقة الوضع من القانون :

$$\Delta ط_{و} = سـ (جـ_{ص} - جـ_{س})$$
$$س \rightarrow ص$$

$\Delta ط_{و}$ (+)	$\Delta ط_{و}$ (-)
الشغل بذل من القوة الخارجية	الشغل بذل من القوة الكهربائية
$\Delta ط_{و}$ = شغل الخارجية	$\Delta ط_{و}$ = - شغل الكهربائية

مثال (٣٢) واجب : نقطتان (د)، (هـ) ضمن مجال كهربائي. إذا كان (جـ هـ = -4) فولت و(جـ د = 8) فولت فاحسب:

١) شغل القوة الكهربائية المبذول لنقل إلكترون من النقطة (د) إلى النقطة (هـ)

٢) شغل القوة الخارجية المبذول لنقل بروتون من اللانهاية إلى النقطة (د) بسرعة ثابتة.

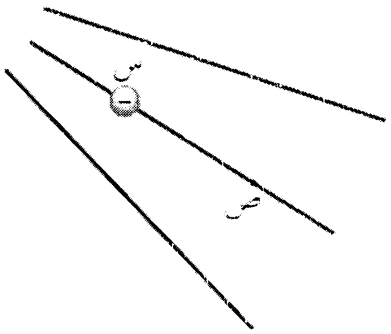
٣) مقدار التغير في طاقة الوضع الكهربائية للإلكترون والبروتون في الفرعين السابقين.

الجواب :- ١) $٦,٤ \times ١٠^{-١٩}$ جول.

٢) $٦,٤ \times ١٠^{-١٩}$ جول.

٣) Δط (للإلكترون) = $-٦,٤ \times ١٠^{-١٩}$ جول Δط (للبروتون) = $٦,٤ \times ١٠^{-١٩}$ جول.

مثال (٣٣) : يبين الشكل نقطتين (س ،ص) في مجال كهربائي، وضعت شحنة سالبة عند النقطة (س) فتحركت بتأثير القوة الكهربائية نحو النقطة (ص)، ادرس الشكل وأجب عما يأتي:



١) حدد اتجاه المجال الكهربائي.

٢) هل تزداد طاقة الوضع الكهربائية للشحنة أم تقل؟

٣) هل (جـ س ص) موجب أم سالب؟

الجواب :- ١) ص الى س

٢) تقل

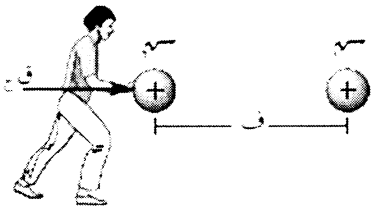
٣) سالب

(طاقة الوضع الكهربائية لنظام يتكون من شحنتين نقطيتين)

لتكوين نظام يتألف من شحنتين بعيدتين عن بعضهما فيجب نقلهما من اللانهاية الي مسافة بين الشحنتين مثلا (ف)

اولا : اذا كانت الشحنتين من نفس النوع :

ان نقل الشحنة الاولى لا يتطلب بذل شغل لأنها انتقلت الى منطقه تخلوا من المجال الكهربائي اما الشحنة الثانية فنقلها يتطلب بذل شغل من قوة خارجيه مساوية للقوة الكهربائية و معاكسة لها لأنها انتقلت الى منطقة داخل المجال الكهربائي للشحنة الاولى و حتى تتحرك بسرعه ثابته



$$\text{ش}_{\text{ح}} \xrightarrow{\infty \leftarrow \text{النقطة}} = \text{ش}_{\text{ح}_2} \left(\text{جـ}_{\text{النقطة}} - \text{جـ}_{\infty} \right)$$

و لكن جهد النقطة ناتج عن (ش١) أي ان (ش١) هي مصدر الجهد و بالتالي :

$$\text{ش}_{\text{ح}} = \text{أ} \frac{\text{ش}_1}{\text{ف}} \text{ش}_{\text{ح}_2}$$

و هذا الشغل يختزن في الشحنتين على شكل طاقة وضع كهربائية للنظام و بالتالي :

$$\text{ط}_{\text{و}} = \text{أ} \frac{\text{ش}_1}{\text{ف}} \text{ش}_{\text{ح}_2}$$

ملاحظات :

١) يستخدم القانون لحساب طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في النظام اي ان الطاقه المختزنة في الشحنة الاولى تساوي الطاقة المختزنة في الثانية
٢) القانون السابق يصلح لحساب طاقة الوضع لشحنتين من نفس النوع و ايضا لمختلفتين في النوع
٣) نعوض الاشارة السالبة في القانون لان الطاقة كمية قياسية
٤) في نظام مكون من شحنتين من نفس النوع تكون الطاقة موجبه (علل) :
وذلك لأن الشحنتين كانتا بعيدتين جدًا، وتقريبهما على بعد (ف) من بعضهما بسرعة ثابتة يتطلّب التأثير بقوة خارجية في إحداهما فتبذل شغلًا للتغلب على قوة التنافر الكهربائية، وهذا الشغل يظهر على شكل زيادة في طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في النظام.

ثانيا : اذا كانت الشحنتين مختلفتين في النوع :

تكون طاقة الوضع المختزنة في النظام سالبة (علل):

وذلك لأن الشحنتين كانتا بعيدتين جدًا، وتقريبهما على بعد (ف) من بعضهما بسرعة ثابتة يتطلّب التأثير بقوة خارجية في إحداهما بعكس اتجاه قوة التجاذب الكهربائية، فتبذل القوة الخارجية شغلًا يسحب طاقة من النظام، فتصبح طاقة الوضع الكهربائية للنظام سالبة .

مثال (٣٤) : نظام يتألف من شحنتين نقطيتين سالبتين طاقة وضعه الكهربائية موجبة، فما تفسير ذلك؟

وذلك لأن الشحنتين كانتا بعيدتين جدًا، وتقريبهما على بعد (ف) من بعضهما بسرعة ثابتة يتطلّب التأثير بقوة خارجية في إحداهما فتبذل شغلًا للتغلب على قوة التنافر الكهربائية، وهذا الشغل يظهر على شكل زيادة في طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في النظام.

مثال (٣٤): شحنتان نقطيتان الاولى ٥ ميكروكولوم و الثانية ٤ ميكروكولوم موضوعتان في الهواء على بعد ٥ سم اوجد

١) طاقة الوضع التي تكتسبها الشحنة الاولى
٢) طاقة الوضع التي تكتسبها الشحنة الثانية
٣) طاقة الوضع التي يكتسبها النظام
٤) ما اشارة طاقة الوضع للنظام و ما دلالتها

١) $ط_1 = \frac{م \, سئ_1 \, سئ_2}{ف}$

$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٦} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{٥ \times ١٠^{-٢}}$

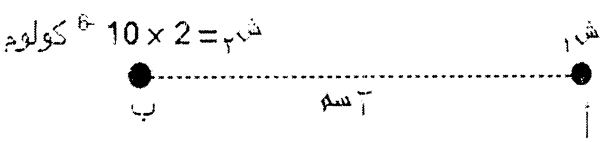
$= ٣٦ \times ١٠^{-١} = ٣,٦$ جول

٢) $ط_2 = ٣,٦$ جول

٣) $ط_3 = ٣,٦$ جول

٤) موجب

مثال (٣٥) : في الشكل المرسوم اذا علمت، ان طاقة الوضع الكهربائية الكامنة في الشحنة (ش٢) الموضوعة عند (ب) تساوي (– ١٫٨ جول) اوجد



١) الجهد الكهربائي عند (ب)
٢) الشحنة (ش١)
٣) الجهد الكهربائي عند (أ)

١) $ط_ب = جـ_ب \, سئ_ب$

$-١,٨ = جـ_ب \times ٢ \times ١٠^{-٦}$

$جـ_ب = -٠,٩ \times ١٠^{٦}$ فولت

٢) $ط = \frac{م \, سئ_1 \, سئ_2}{ف}$

$-١,٨ = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times سئ_1 \times ٢ \times ١٠^{-٦}}{٢ \times ١٠^{-٢}}$

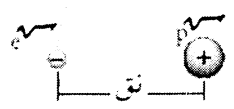
$سئ_1 = -٢ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

٣) $ط_أ = جـ_أ \cdot سئ_أ$

$-١,٨ = جـ_أ \times -٢ \times ١٠^{-٦}$

$جـ_أ = ٠,٩ \times ١٠^{٦}$ فولت .

مثال (٣٦) واجب : يفصل بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين مسافة (5.92×10^{-11}) م تقريبًا. احسب طاقة الوضع الكهربائية لذرة الهيدروجين

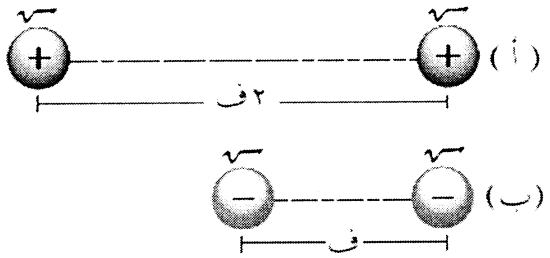


الجواب : $ط = -٢,٩ \times ١٠^{-١٨}$ جول .

مثال (٣٧) واجب : اجب عما يلي :

١ نظام يتألف من شحنتين نقطيتين سالبتين طاقة وضعه الكهربائية موجبة، فما تفسير ذلك؟

٢ معتمدًا على البيانات المثبتة في والذي يبين نظامين للشحنات(أ، ب)، قارن بين مقدار طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في كل نظام.



مثال (٣٨) : شحنتان نقطيتان متماثلتان في النوع موضوعتان في الهواء، والمسافة بينهما (١٠) سم، كما في الشكل إذا كانت طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في النظام المكون منهما(27×10^{-2}) جول. فاحسب:

١) مقدار كل من الشحنتين.

٢) الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل الشحنة (شـــ) من موقعها إلى اللانهاية؟

١) $جـ = \frac{ك شـ^2}{ف}$

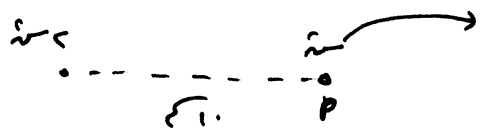
$\frac{ك شـ^2 \times ٩ \times ١٠^{٩}}{١٠ \times ١٠^{-٢}} = ٢٧ \times ١٠^{-٢}$

$شـ^2 = \frac{٣}{ك} \times ١٠^{-١٢}$

$شـ = \pm \sqrt{\frac{٣}{ك}} \times ١٠^{-٦}$ كولوم.

$شـ_{١} = + \sqrt{\frac{٣}{ك}} \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$شـ_{٢} = - \sqrt{\frac{٣}{ك}} \times ١٠^{-٦}$ كولوم

٢) 

شغل(ك) $= -(جـ_{\infty} - جـ_{م}) شـ$

$م \leftarrow \infty$

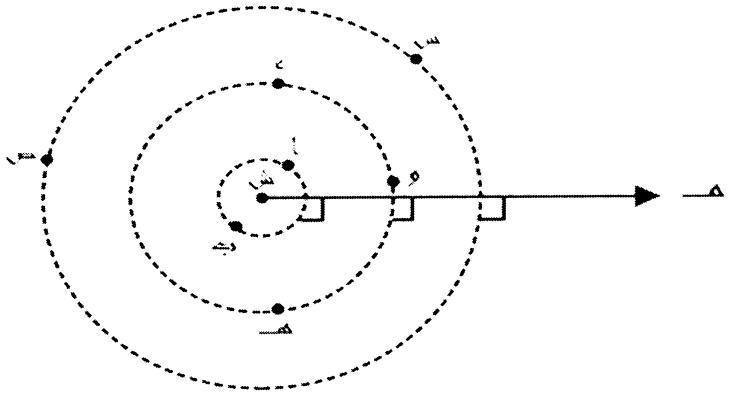
$= جـ_{م} شـ$

$= \frac{ك شـ^2}{ف} \times ٩ \times ١٠^{٩}$

$= جـ_{و}$

$= ٢٧ \times ١٠^{-٢}$ جول.

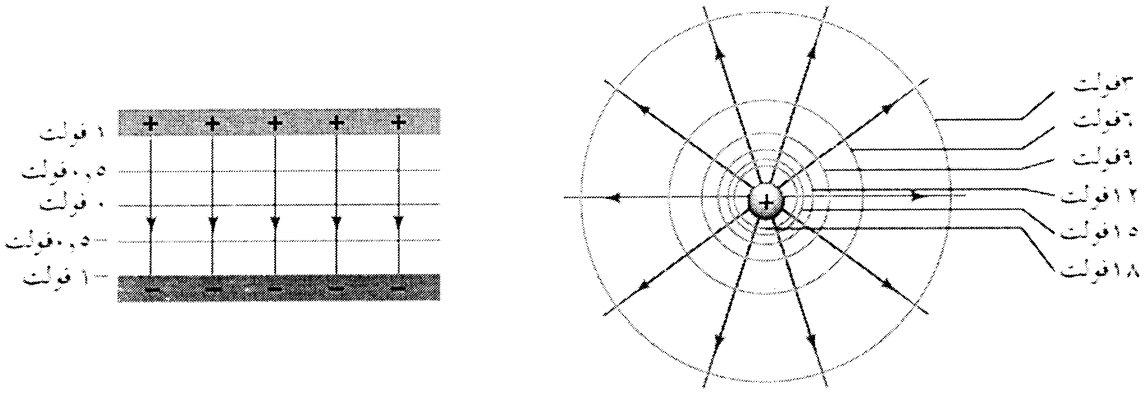
((سطوح تساوي الجهد))



سطوح تساوي الجهد الناتجة عن شحنة نقطية

تعريف سطح تساوي الجهد : السطح الذي يكون الجهد عند نقاطه جميعها متساوياً ويساوي قيمة ثابتة

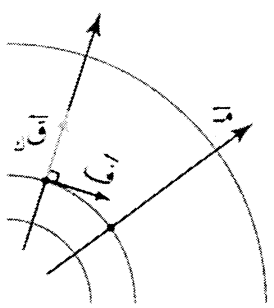
فائدة سطوح تساوي الجهد : تساعد في فهم توزيع قيم الجهود وتصورها حول شحنة او توزيع من الشحنات



سطوح تساوي الجهد الناتجة عن شحنة نقطية شكلها كروي و صفيحتين متوازيتين شكلها صفائح

خصائص سطوح تساوي الجهد :

١) لا يوجد فرق في الجهد بين أي نقطتين واقعتين على سطح تساوي الجهد و لذلك لا يلزم شغل لنقل شحنة عليه
٢) تتقارب سطوح تساوي الجهد عند النقاط التي يزداد عنها المجال الكهربائي و تتباعد عن النقاط التي يكون عندها المجال الكهربائي اقل ولذلك تكون متوازية و المسافة بينها متساوية في المجال الكهربائي المنتظم لان المجال الكهربائي المنتظم ثابت
٣) سطوح تساوي الجهد عمودية دائما على خطوط المجال الكهربائي (الاثبات)



$$ش = ق \times ف \times جتا\theta$$

لنقل شحنة على سطح تساوي الجهد كما في الشكل القوة الكهربائية لا تبذل شغل

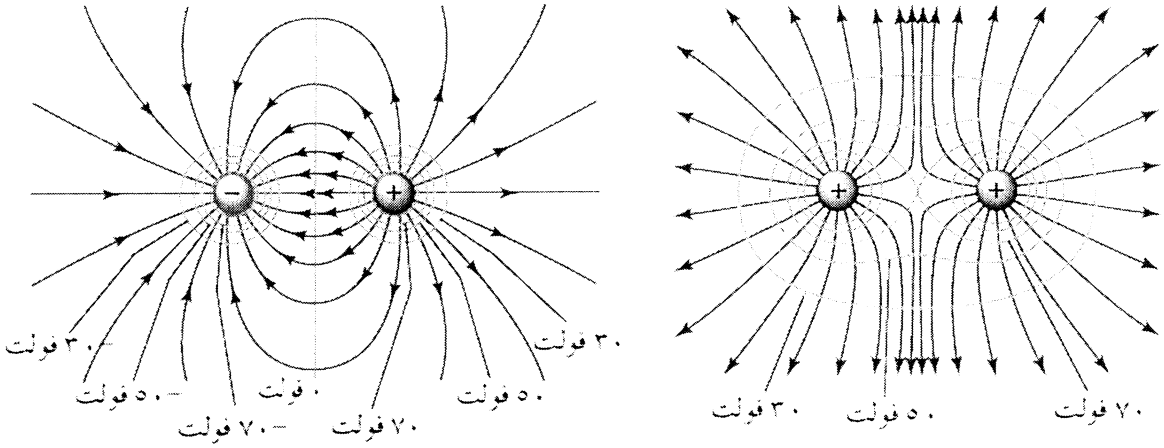
و بالتالي

$$ش = صفر$$

ويكون ذلك عندما تكون

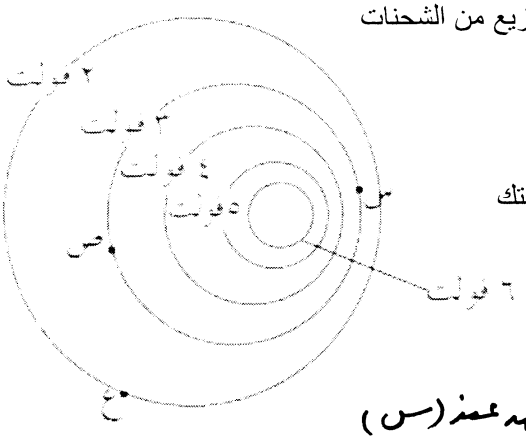
$$جتا\theta = صفر \qquad (\theta = ٩٠^\circ)$$

سطوح تساوي الجهد لتوزيع من الشحنات النقطية



مثال (٣٩) : يمثل الشكل المرسوم بعض سطوح تساوي الجهد لتوزيع من الشحنات

اجب عما يلي:



١) هل الجهد عند س يساوي الجهد عند ص ؟ فسر اجابتك
٢) قارن بين قيمه المجال الكهربائي عند س و ص مفسرا اجابتك
٣) احسب شغل القوة الخارجية اللازم لنقل بروتون من ع الى النقطة ص بسرعة ثابتة

١) نعم ، على نفس سطح تساوي الجهد

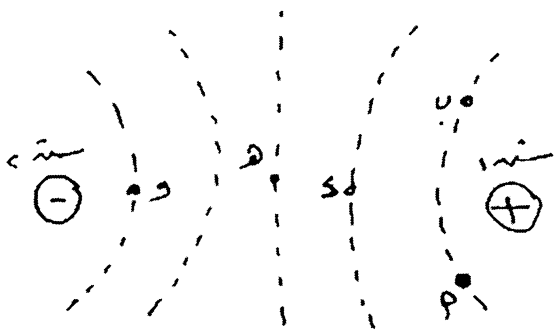
٢) مـ س > مـ ص لتزاحم سطوح تساوي الجهد عند (س)

٣) شغل(خ) = (جـ ص − جـ ع) × شحنة بروتون = (٢ − ٤) × ١٫٦ × 10^{-19}

ع ← ص

= ١٫٦ × 10^{-19} جول.

مثال (٤٠) واجب : يمثل الشكل المرسوم سطوح تساوي الجهد لشحنتين



مختلفتين في النوع اجب عما يلي :

١) أي النقاط لها نفس الجهد

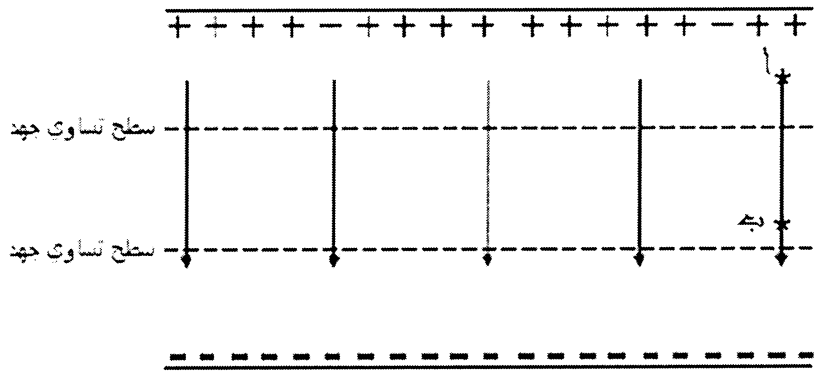
٢) أي النقاط لا تبذل القوه الكهربائيه شغل في نقل شحنه بينها

٣) أي النقاط لها اقل جهد

٤) اذا علمت ان الجهد الكهربائي عند (د) قيمته موجبه و ان الجهد الكهربائي عند (و) قيمته سالبه أي النقاط يمكن ان يكون الجهد الكهربائي عندها مساويا للصفر

٥) اذا علمت ان الجهد الكهربائي عند(أ) ٥ فولت و ان الجهد الكهربائي عند (و) − ٥ فولت احسب الشغل اللازم لنقل شحنه مقدارها ٢ ميكروكولوم من (ب) الى (و) (شغل القوه الكهربائيه)

(فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم)

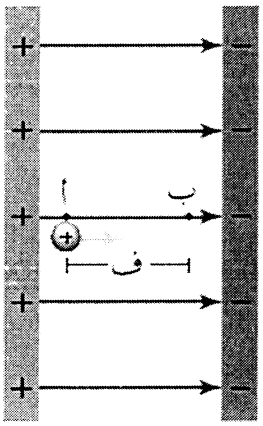


$$جـ_أ > جـ_ب$$

$$مـ_أ = مـ_ب$$

اثبات قانون حساب فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم

عند وضع جسم مشحون بين صفيحتين فان القوة الكهربائية تعمل على نقلة فتبذل شغلا يساوي :



$$ش_{أ ← ب} = \overleftarrow{ق_ك} \cdot \overleftarrow{ف}_{أ ← ب} \text{ جتا } \theta$$

وبتعويض $(\overleftarrow{ق_ك} = \overleftarrow{مـ} \times)$

$$ش_{أ ← ب} = \times \cdot مـ \cdot ف_{أ ← ب} \text{ جتا } \theta$$

و لكن $ش_{أ ← ب} = - \times (جـ_ب - جـ_أ)$

$$- \times (جـ_ب - جـ_أ) = \times \cdot مـ \cdot ف_{أ ← ب} \text{ جتا } \theta$$

$$- (جـ_ب - جـ_أ) = مـ \cdot ف_{أ ← ب} \text{ جتا } \theta$$

و بالتالي يصبح القانون :

$$\boxed{جـ_{أب} = مـ \cdot ف_{أ ← ب} \text{ جتا } \theta}$$

يستخدم القانون لحساب فرق الجهد بين نقطتين في مجال منتظم حيث :

جـ أب : فرق الجهد بين النقطتين أ و ب او فرق الجهد بين الصفيحتين

ف أب : الازاحة بين النقطتين أ و ب و اتجاهها دائما من النقطة الاولى الى الثانية

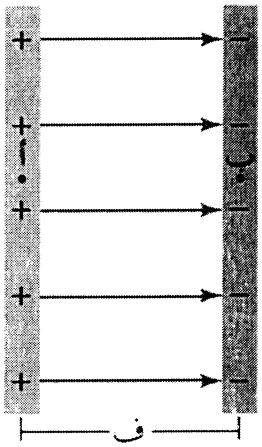
مـ : المجال الكهربائي المنتظم بين الصفيحتين و اتجاهه من الصفيحة الموجبة الى السالبة

θ : الزاوية المحصورة بين اتجاه سهم المجال الكهربائي و اتجاه سهم الازاحة $(٠ \leq \theta \leq ١٨٠)$

مهم جدا : فرق الجهد لا يعتمد على المسار ،أي انه يمكن حساب فرق الجهد بين النقطتين بأخذ أي مسار يصل بين النقطتين وذلك لان القوة الكهربائية قوة محافظة و شغلها لا يعتمد على المسار

- اذا كان جـ أ ب = + فان جتا Θ = + اي ان الزاوية يجب ان تكون حادة (اقل من ٩٠)
- اذا كان جـ أ ب = - فان جتا Θ = - اي ان الزاوية يجب ان تكون منفرجه (اكبر من ٩٠)
- اذا كان جـ أ ب = ٠ فان جتا Θ = ٠ اي ان الزاوية يجب ان تكون قائمه (تساوي ٩٠) سطح تساوي جهد

حالة خاصة لحساب فرق الجهد بين الصفيحتين :



جـ أ ب = م ف أ ب جتا Θ

جـ = م ف جتا ٠

جـ = م ف

- من القانون السابق وحدة المجال الكهربائي [م] = فولت / م

- من القانون السابق يمكن القول ان المجال الكهربائي مقياس للتغير في الجهد الكهربائي مع تغير الموقع

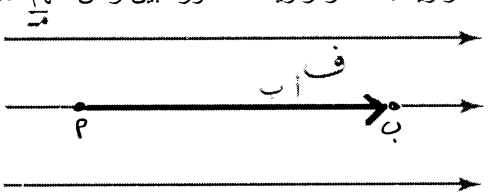
سؤال : اثبت ان فولت / م تساوي نيوتن / كولوم استخدم قوانين المجال الكهربائي المنتظم ؟

من القانون
$جـ = م \times ف$
$م = \frac{جـ}{ف}$ --①

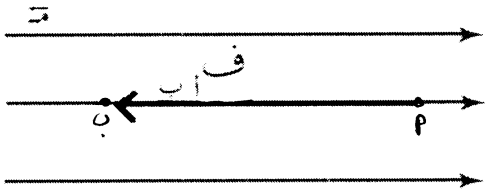
ومن القانون
$جـ = م ف$
$م = \frac{جـ}{ف}$ --①

بمساواه المعادلتين
$\frac{جـ}{ف} = \frac{جـ}{ف}$
$\frac{نيوتن}{كولوم} = \frac{فولت}{م}$

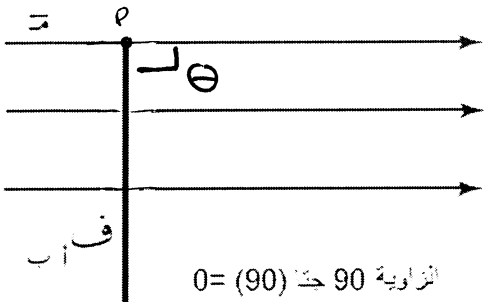
حالات الزاوية : اصغر زاوية محصورة بين رأس سهم الازاحة و رأس سهم المجال الكهربائي



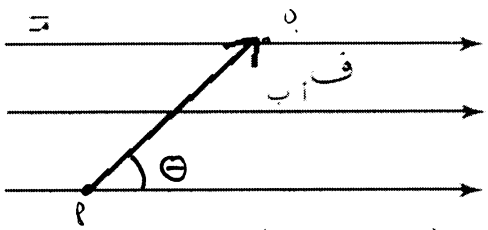
الزاوية صفر جتا(0)= 1



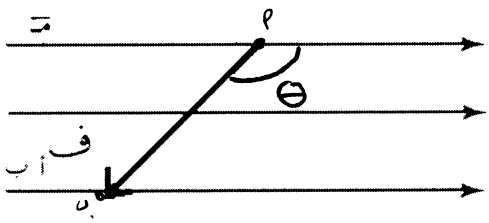
الزاوية 180 جتا (180) = -1



الزاوية 90 جتا (90) =0

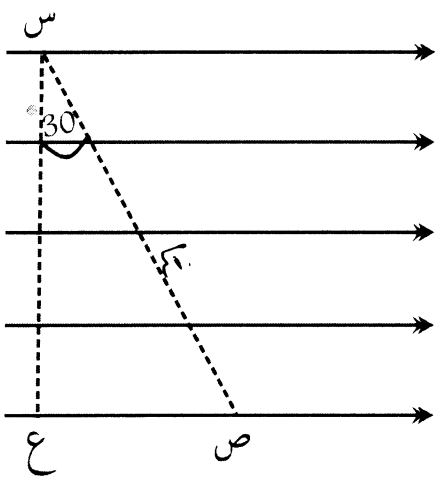


الزاويه حادة جتا(الزاوية)= موجب



الزاوية منفرجة جتا(الزاوية)= سالبة

مثال(٤١) : في الشكل المرسوم مجال كهربائي منتظم شدته ١٠٠٠ فولت / م إذا كانت المسافة بين النقطتين س،ص تساوي ١٠ سم ، أوجد :



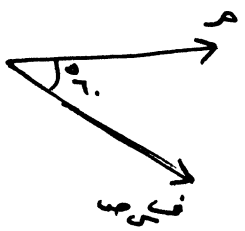
١) جـ س ص ٢) جـ س ع ٣) جـ ع ص ٤) جـ ص ع

٥) الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة مقدارها ٢ميكروكولوم من س إلى ص بسرعة ثابتة .

٦) الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة مقدارها ٢ميكروكولوم من س إلى ع بسرعة ثابتة .

٧) أي النقاط لها نفس الجهد

١) مسار مباشر س ← ص .

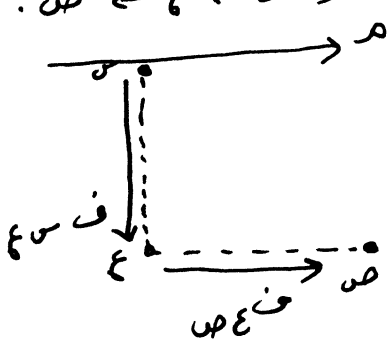


$جـ_{س ص} = م \times ف_{س ص} \times جتا \theta$

$= ١٠٠٠ \times ١٠ \times ١٠^{-٢} \times جتا ٦٠$

$= ٥٠$ فولت .

تحرك المسار س ← ع ← ص .



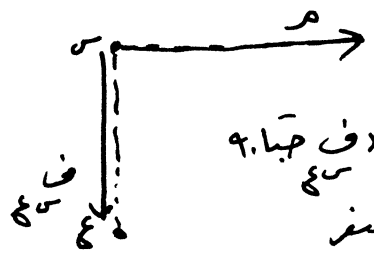
$جـ_{س ص} = جـ_{س ع} + جـ_{ع ص}$

$= م \times ف_{س ع} \times جتا ٩٠ + م \times ف_{ع ص} \times جتا ٠$

$= ٠ + ١٠^{-٢} \times ٥ \times ١٠٠٠$

$= ٥٠$ فولت .

٢)



$جـ_{س ع} = م \times ف_{س ع} \times جتا ٩٠$

$= صفر$

٣) $جـ_{ع ص} = م \times ف_{ع ص} \times جتا ٠$:.

$= ١٠٠٠ \times ٥ \times ١٠^{-٢} = ٥٠$ فولت .

٤) $جـ_{ص ع} = -جـ_{ع ص} = -٥٠$ فولت .

٥) شغل (ك) $_{س ← ص} = -$ ($جـ_{ص س}$) ـــ مستقر .

$= -(-٥٠) \times ٢ \times ١٠^{-٦}$

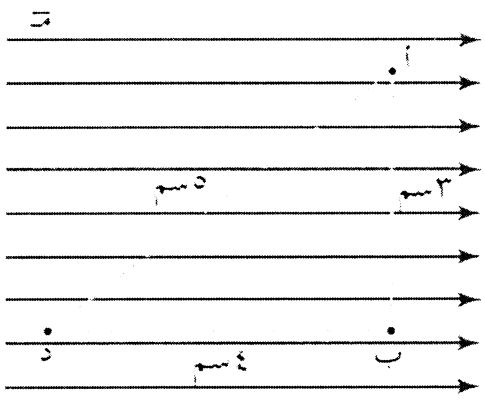
$= ١٠٠ \times ١٠^{-٦}$ جول .

٦) شغل (ك) $_{س ← ع} = -$ ($جـ_{ع س}$) ـــ

$= صفر$

٧) س و ع .

مثال (٤٢) : يبين الشكل ثلاث نقاط(أ، ب، د) في مجال كهربائي منتظم مقداره(2×10^{2}) نيوتن/كولوم. معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل احسب (جـ أ د) في حالتين:



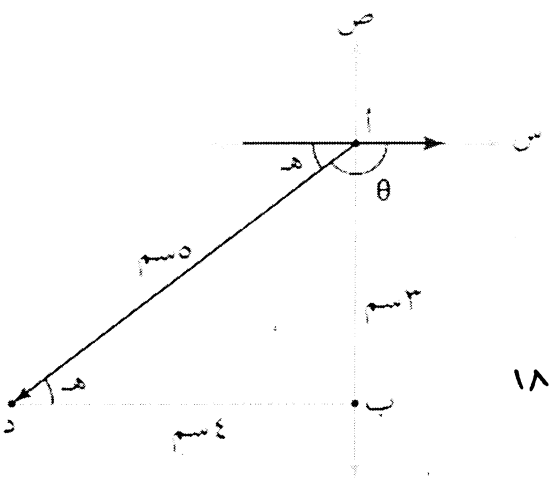
١) عبر المسار(أ ، د).
٢) عبر المسار(أ ،ب ،د).

١) $جـ_{أد} = م \times ف_{أد} \times جتا\theta$

$\because$ $جتا\theta = -جتا(180-\theta) = -\frac{4}{5}$

$جـ_{أد} = 2\times10^{2} \times 5 \times 2\times10^{2} \times (-\frac{4}{5})$

$= -8$ فولت .



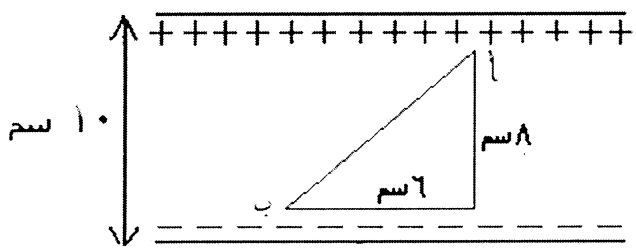
٢) $جـ_{أد} = جـ_{أب} + جـ_{بد}$

$= م \times ف_{أب} جتا 90 + م \times ف_{بد} جتا 180$

$= 2\times10^{2} \times 4\times10^{-2} \times 1 + \because$

$= -8$ فولت .

مثال (٤٣): في الشكل إذا علمت القوه المؤثرة على شحنه مقدارها ٢ ميكروكولوم موضوعه في المجال تساوي ٣٢ نيوتن احسب



١) المجال بين اللوحين .
٢) $جـ_{أب}$
٣) فرق الجهد بين اللوحين
٤) احسب الكثافه السطحيه للشحنه على اللوح

١) $جـ = م \times س$

$32 = م \times 2\times10^{-6}$

$م = 16\times10^{6}$ نيوتن/كولوم

٢) مسار مباشر $أ \leftarrow ب$

$جـ_{أب} = م \times ف_{أب} جتا\theta$

$= 16\times10^{6} \times 2\times10^{-2} \times \frac{8}{10}$

$= 128\times10^{4}$ فولت .

٣) $جـ_{-+} = م \times ف_{-+}$

$= 16\times10^{6} \times 1\times10^{-2}$

$= 160\times10^{4}$ فولت .

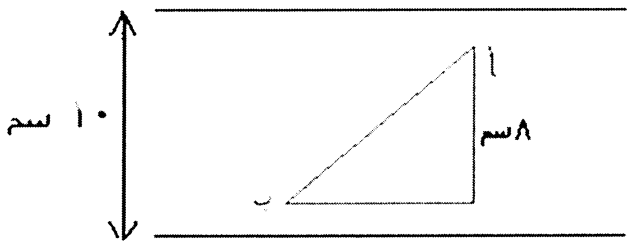
٤) $م = \frac{\delta}{\varepsilon}$

$16\times10^{6} = \frac{\delta}{8.85\times10^{-12}}$ $\leftarrow$ $\delta = 16\times8.85\times10^{-6}$ كولوم/م^2

مثال (٤٤) : إذا علمت أن التغير في طاقة الوضع الكهربائية في نقل شحنة مقدارها ٢ ميكروكولوم من ب إلى أ يساوي 2×10^{-4} جول احسب:

١) المجال بين اللوحين و حدد اتجاهه

٢) اوجد فرق الجهد بين اللوحين



١) $\Delta ط_و = (ج_م - ج_ب) \times$ شحنة

ب ← م

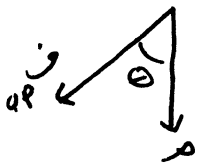
$2 \times 10^{-4} = ج_{ام} \times 2 \times 10^{-6}$

$ج_{ام} = 100$ فولت

مسار مباشر م ← ب

$ج_{ام} = م \times ف_{ام} \times \cos\theta$

$100 = م \times ف_{ام} \times 8 \times 10^{-2}$



$100 = م \times 8 \times 10^{-2}$

$م = \frac{1}{8} \times 10^{4}$ ن/ك

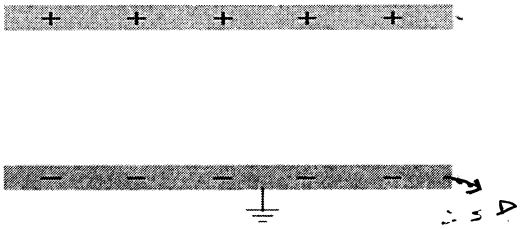
وبما أن $ج_م > ج_ب$ اذن المجال (ص ـ)

٢) $ج_{+-} = م \times ف_{+-} = \frac{1}{8} \times 10^{4} \times 10 \times 10^{-2}$

$= \frac{10}{8} \times 10^{2}$ فولت.

ملاحظة : يمكن حساب جهد نقطة في مجال منتظم و ذلك بمعرفة جهد نقطة اخرى

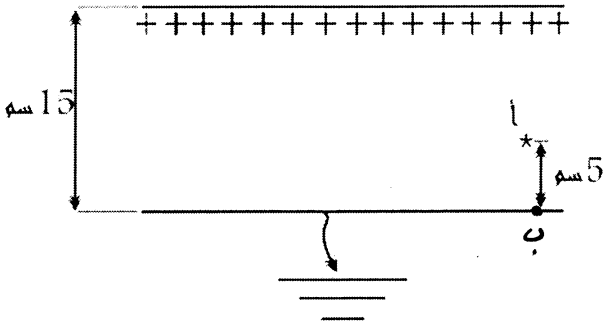
*** **ملاحظة مهمة** :- عند وصل صفيحه بالأرض يصبح جهدها مساويا لجهد الأرض (جهد الأرض = صفر) ولكن هذا لا يعني أن شحنتها صفر فإذا كانت بالقرب من موصلات أخرى سوف يكون جهده الكلي صفر ولكن مشحون بشحنة مخالفة لشحنة المؤثر حيث أن الموصلات حوله تشحنه بالحث كما في الشكل



مثال (٤٥) :- في الشكل المرسوم مجال كهربائي منتظم شدته ١٠٠ فولت/ م أوجد :-

١) جهد النقطة أ

٢) جهد اللوح الموجب



١) $ج_{ام} = م \times ف_{ام} \times \cos\theta$

$= 100 \times 5 \times 10^{-2} \times \cos\theta$ ∴

$= 5$ فولت

ولكنه $ج_م - ج_ب = 5$

$ج_م - 0 = 5$ ∴

$ج_م = 5$ فولت

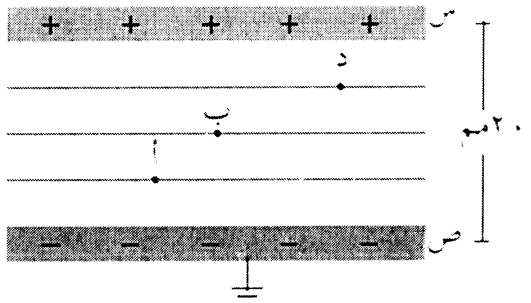
٢) $ج_{+-} = م \times ف_{+-}$

$= 100 \times 15 \times 10^{-2} = 15$ فولت

ولكنه $ج_{(+)} - ج_{(-)} = 15$

$ج_{(+)} - 0 = 15$ ∴ $ج_{+} = 15$ فولت.

مثال (٤٦): صفيحتان موصلتان متوازيتان شحنت الصفيحة (س) بشحنة موجبة، ووصلت الصفيحة (ص) بالأرض فشحنت بالحث بشحنة سالبة، ويبين الشكل سطوح تساوي الجهد في الحيز بين الصفيحتين.



احسب:

١) المجال الكهربائي بين الصفيحتين مقدارًا واتجاهًا

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

١) جـ = م × ف

م = ١٢٠٠ / ٠.٠٢ = ٦٠٠٠ فولت/م

٢) المسافة بين سطوح متساوي الجهد متساوية لأن المجال منتظم

ف بين الصفيحتين = ف كلية / ٤

= ٠.٠٢ / ٤ = ٠.٠٠٥ م

جـ س = م × ف جتا ٠

جـ س - جـ د = ٦٠٠٠ × ٠.٠٠٥ × جتا ٠

١٢٠٠ - جـ د = ٣٠٠

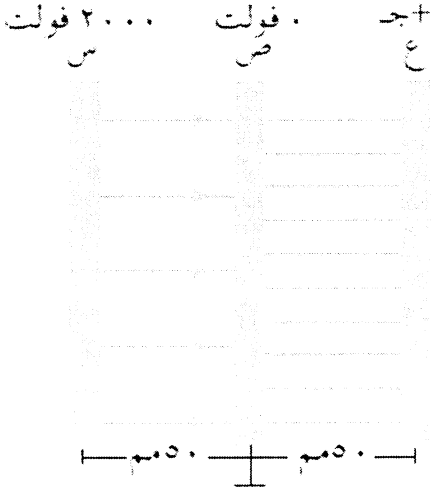
جـ د = ٩٠٠ فولت

جـ س - جـ ب = م × ف جتا ٠

١٢٠٠ - جـ ب = ٦٠٠٠ × ٠.٠١ × جتا ٠

١٢٠٠ - جـ ب = ٦٠ ← جـ ب = ٦٠٠ فولت

مثال (٤٧): معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل، والذي يبين ثلاث صفائح موصلة مختلفة في الجهد .أجب عن الأسئلة الآتية:



أ) كيف يتناسب عدد خطوط المجال الكهربائي مع كثافة الشحنة السطحية؟

ب) احسب:

١ مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين (س) و(ص).

٢ المجال الكهربائي بين الصفيحتين(س) و(ع) مقدارًا واتجاهًا.

٣ جهد الصفيحة (ع)

أ) تناسبًا طرديًا

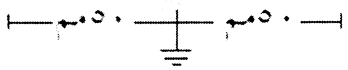
ب) ١) جـ ص = م × ف جتا ٠

-٢٠٠٠ = ٠ - م × ٠.٠٥ × جتا ٠

م = ٤٠ × ١٠^٣ فولت/م (س ← ص)

٢) ١د / ٢د = ١ع / ٢ع

م١ / م٢ = ١ع / ٢ع



م١ / م٢ = ١٠ / ٥ ← ١ / ٢ = ك

م١ = ٨٠ × ١٠^٣ ن/ك (س)

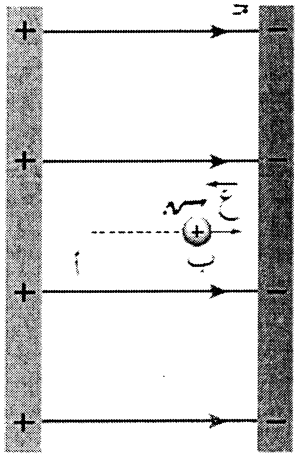
٣) جـ ع = م × ف جتا ٥

جـ ع - جـ ص = ٨٠ × ١٠^٣ × ٠.٠٥ × جتا ٠

جـ ع - ٠ = ٤٠٠٠

جـ ع = ٤٠٠٠ فولت

ملاحظة مهمه : عند تحريك جسم من السكون داخل مجال كهربائي منتظم تحت تأثير القوة الكهربائية فقط (للأجسام الذرية) فان القوة الكهربائية تبذل شغلا في نقل الشحنة يعمل على زيادة طاقته الجسميات الحركية و بما ان النظام محافظ فان طاقة الوضع للجسيمات سوف تقل و بالتالي :



$$\text{ش}_{\text{ك}} = -\Delta \text{ط}_{\text{و}} = \Delta \text{ط}_{\text{ح}}$$

$$\text{ش}_{\text{ك}} = \Delta \text{ط}_{\text{ح}} = \text{ط}_{\text{ح}_{\text{ب}}} - \text{ط}_{\text{ح}_{\text{أ}}}$$

$$-\text{ش}\,.\,(\text{جـ}_{\text{ب}} - \text{جـ}_{\text{أ}}) = \text{ط}_{\text{ح}_{\text{ب}}} - 0$$

ولكن

$$\text{ط}_{\text{ح}} = \frac{1}{2}\,\text{ك}\,\text{ع}^2$$

$$\text{ش}\,.\,(\text{جـ}_{\text{أ}} - \text{جـ}_{\text{ب}}) = \frac{1}{2}\,\text{ك}\,\text{ع}_{\text{ب}}^2$$

$$\text{ع}_{\text{ب}}^2 = \frac{2\,\text{ش}\,.\,\text{جـ}_{\text{أ ب}}}{\text{ك}}$$

$$\text{ع} = \sqrt{\frac{2\,\text{ش}\,.\,\text{جـ}}{\text{ك}}}$$

حيث جـ : فرق الجهد بين النقطتين التي انتقل بينهما الجسم

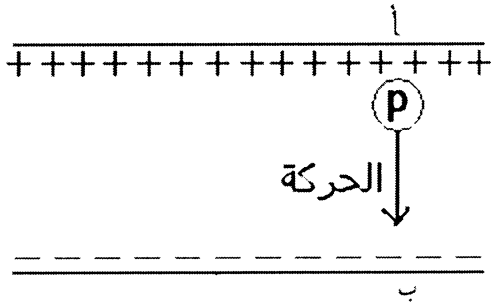
شـ . : شحنة الجسم الذي يتحرك في المجال الكهربائي

حاصل ضرب (شـ X جـ) دائما موجب

يستخدم القانون السابق لحساب سرعة الاجسام الذرية التي تتحرك عبر فرق جهد مرتفع بسرعة عالية يصعب قياسها عمليا

ملاحظه : اذا كانت حركة الجسم المشحون تحت تأثير قوة خارجية فان طاقة الوضع سوف تزداد

مثال (٤٨):- يتحرك بروتون من السكون من النقطة أ عند اللوح الموجب إلى النقطة ب عند اللوح السالب بين لوحين متوازيين مشحونين بشحنتين متساويتين مقدارا مختلفتين نوعا ، تفصل بينهما مسافة ٤ سم إذا كان المجال بين اللوحين ٦٢٥ نيوتن / كولوم احسب :-



١) فرق الجهد بين النقطتين (أ ، ب)

٢) سرعة البروتون بعد قطعه الازاحة .

٣) طاقته الحركية بعد قطع الازاحة (واجبي)

١) جـ أ ب = هـ × ف جتا θ

= ٦٢٥ × ٤ × ١٠^-٢ × جتا ٠

= ٢٥ فولت

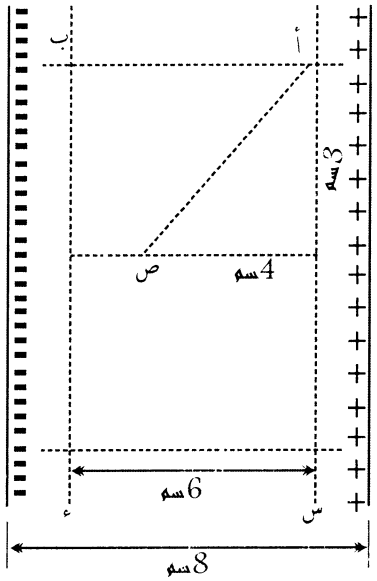
٢) ع = √(٢ شـ جـ أ ب / ك)

= √(٢ × ١٠^-١٩ × ١٫٦ × ٢٥ / ١٠^-٢٧ × ١٫٦)

= ٥٫٠ × ١٠^٦ م/ث

اسئلة متنوعة على فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم:

مثال (٤٩):- في الشكل المرسوم أوجد ، علما بأن الكثافة السطحية للشحنة تساوي ٨.٨٥ × ١٠ $^{-8}$ كولوم/م^{2} :-



١)أي النقاط لها نفس الجهد

٢) جـ أ ص

٣) الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة مقدارها ٤ ميكروكولوم من أ إلى ص

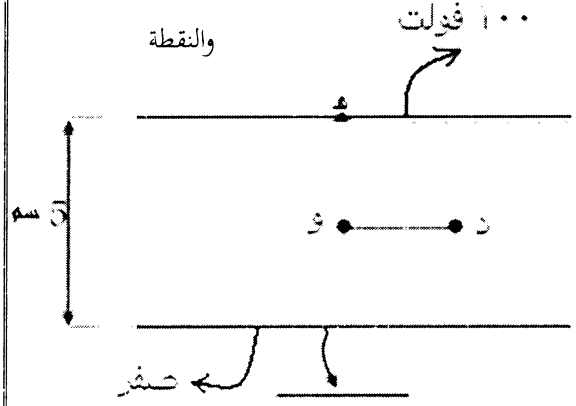
٤) جـ أ د

٥) فرق الجهد بين اللوحين

الجواب :- ١) (ص ، س) ، (ب ، د) ٢) ٤ × ١٠^{٢} فولت ٣) ١٦ × ١٠$^{-٤}$ جول .

٤) ٦ × ١٠^{٢} فولت ٥) ٨ × ١٠^{٢} فولت .

مثال(٥٠):- الشكل المرسوم يمثل لوحين متوازيين فرق الجهد بينهما ١٠٠ فولت ، وتفصل بينهما مسافة ٥ سم ، إذا كانت النقطة (و) في منتصف المسافة بين اللوحين والنقطة (د) تبعد عنها ١ سم احسب:-



١) المجال الكهربائي مقدارا عند النقطة (هـ) و (و)

٢) شحنة كل لوح علما بأن مساحة اللوح ٢ ملم^{٢}

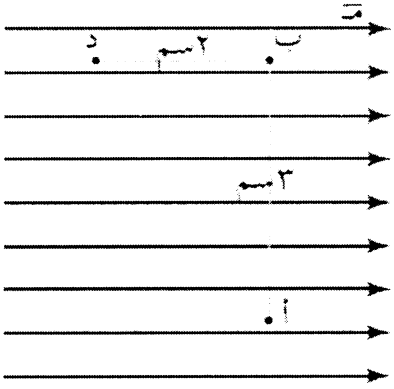
٣) القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها -٢ ميكروكولوم عند (د)

٤) فرق الجهد :- جـ هـ و

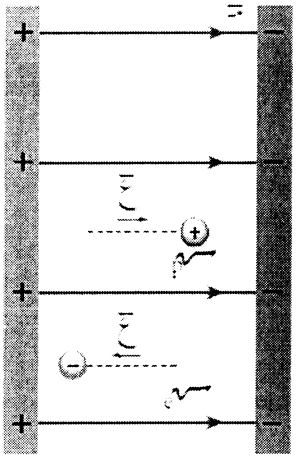
الجواب :- ١) هـ هـ = هـ و = ٢٠ × ١٠^{٢} فولت/ ٢) ٤ × ١٠$^{-١٥}$ كولوم

٣) ٤٠ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن (ص$^{+}$) ٤) ٥٠ فولت .

مثال (٥١) يبين الشكل ثلاث نقاط (أ، ب، د) ضمن مجال كهربائي منتظم مقداره(10^{3}) نيوتن/ كولوم. معتمدًا على الشكل، احسب: (جـ ب د)، (جـ أ ب).



الجواب :- جـ ب د = - ٢٠ فولت ، جـ أ ب = صفر



مثال (٥٢) : تحرك إلكترون وبروتون من السكون داخل مجال كهربائي منتظم باتجاهين متعاكسين كما هو مبين في الشكل، فقطع كل منهما الإزاحة نفسها .إذا علمت أن كتلة الإلكترون تعادل (١٨٤٠/١)من كتلة البروتون تقريبًا، فقارن بين كل مما يأتي في نهاية الإزاحة:

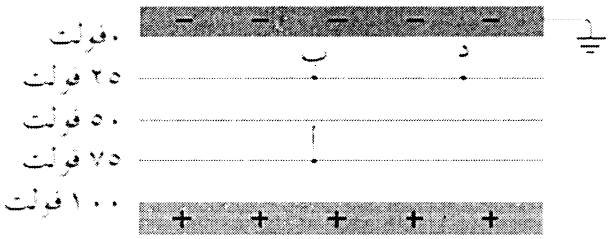
١) سرعة الإلكترون وسرعة البروتون .

٢) الطاقة الحركية لكل منهما .

الجواب :- ١) $\frac{ع_{ب}}{ع_{إ}} = \sqrt{١٨٤٠}$

٢) $\frac{ط ح_{ب}}{ط ح_{إ}} = ١$

مثال (٥٣) : يبين الشكل سطوح تساوي الجهد في الحيز بين صفيحتين



احسب :

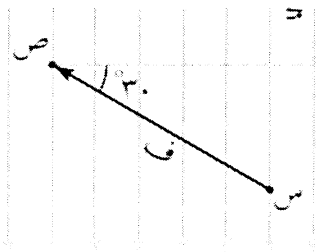
١) جـ أب

٢) شغل القوة الكهربائية في نقل شحنة ٢ نانوكولوم من ب الى د

٣) المجال المنتظم بين اللوحين علما بان المسافة بين كل سطحين متتالين من سطوح تساوي الجهد ٢ سم

الجواب :- ١) ٥٠ فولت ٢) صفر ٣) ١٢٥٠ نيوتن/كولوم (ص$^{-١}$)

مثال (٥٤): تقع النقطتان (س ،ص) في مجال كهربائي منتظم مقداره (مـ) ،والبعد بينهما (ف) كما في الشكل. وعليه فإن (جـ س ص):



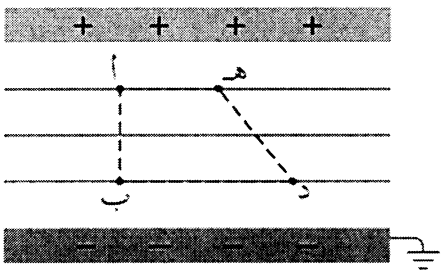
أ مـ ف جتا 180

ب مـ ف جتا 120

ج مـ ف جتا 30

د مـ ف جتا 60

مثال (٥٥) :يبين الشكل صفيحتين موصلتين متوازيتين ،(أ، ب، د ،هـ) أربع نقاط تقع في المجال الكهربائي بين الصفيحتين. تزداد طاقة الوضع الكهربائية لشحنة نقطية موجبة عند انتقالها من:



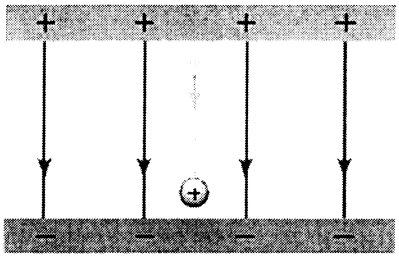
أ النقطة (د) إلى النقطة(هـ)

ب النقطة (د) إلى النقطة (ب)

ج النقطة(أ) إلى النقطة (ب)

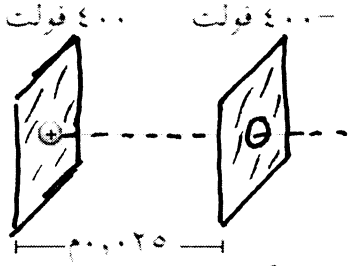
د النقطة(أ) إلى النقطة(هـ)

مثال (٥٦) : عندما تتحرك شحنة موجبة حرة في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل فإن القوة الكهربائية تبذل عليها شغلًا:



أ موجبًا، فتزداد طاقة الوضع الكهربائية للنظام.
ب سالبًا، فتقل طاقة الوضع الكهربائية للنظام.
ج موجبًا، فتقل طاقة الوضع الكهربائية للنظام.
د سالبًا، فتزداد طاقة الوضع الكهربائية للنظام .

مثال (٥٧) : يبين الشكل بروتونًا أطلق من السكون في الحيز بين صفيحتين مشحونتين متوازيتين



معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل احسب:

أ) المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين مقدارًا واتجاهًا.

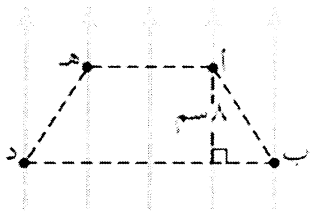
ب) القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون مقدارًا واتجاهًا.

ج) سرعة البروتون لحظة خروجه من الثقب في الصفيحة السالبة.

د) الكثافة السطحية للشحنة على كل لوح

الجواب :- أ) ١٦٠٠٠ نيوتن/كولوم (من +) ب) $٢,٥٦ \times ١٠^{-١٦}$ نيوتن (نحو +) ج) $٨,٥٨ \times ١٠^{٦}$ م/ث د) $٧,٠٨٨ \times ١٠^{-٧}$ كولوم/م^٢

مثال (٥٨) : يبين الشكل أربع نقاط(أ، ب، د، هـ) تقع في مجال كهربائي منتظم مقداره(10^3) فولت/م. احسب:

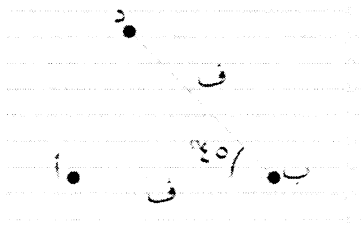


أ) فرق الجهد (جـ هـ د).

ب) شغل القوة الكهربائية عند نقل شحنة(1×10^{-6}) كولوم من (ب) إلى (هـ) عبر المسار (ب أ هـ)

الجواب :- أ) ٨٠ فولت ب) ٨٠×١٠^{-٦} جول.

مثال (٥٩) :يبين الشكل ثلاث نقاط(أ، ب، د) في مجال كهربائي منتظم مقداره(600) فولت/م . إذا كانت (ف=5) سم. فاحسب:



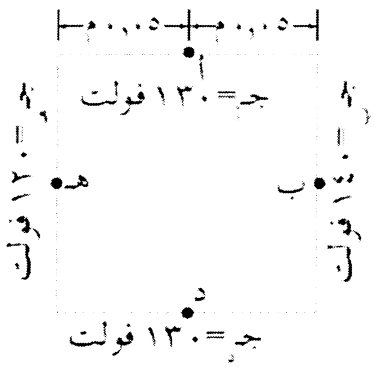
أ) جـ أ ب .

ب) جـ ب د .

ج) (جـ أ د) عبر المسار(أ ب د)

الجواب :- أ) ٣٠ فولت ب) -٢١ فولت ج) ٩ فولت .

مثال (٦٠) : تقع أربع نقاط (أ، ب، د، هـ) في منطقة مجال كهربائي منتظم. معتمدًا على القيم المثبتة في الشكل المجاور أجب عما يأتي:



أ) ما المقصود بسطح تساوي الجهد؟

ب) ارسم واحدًا من سطوح تساوي الجهد الكهربائي، وثلاثة من خطوط المجال الكهربائي محدّدًا على هذه الخطوط اتجاه المجال.

ج) احسب مقدار المجال الكهربائي المنتظم .

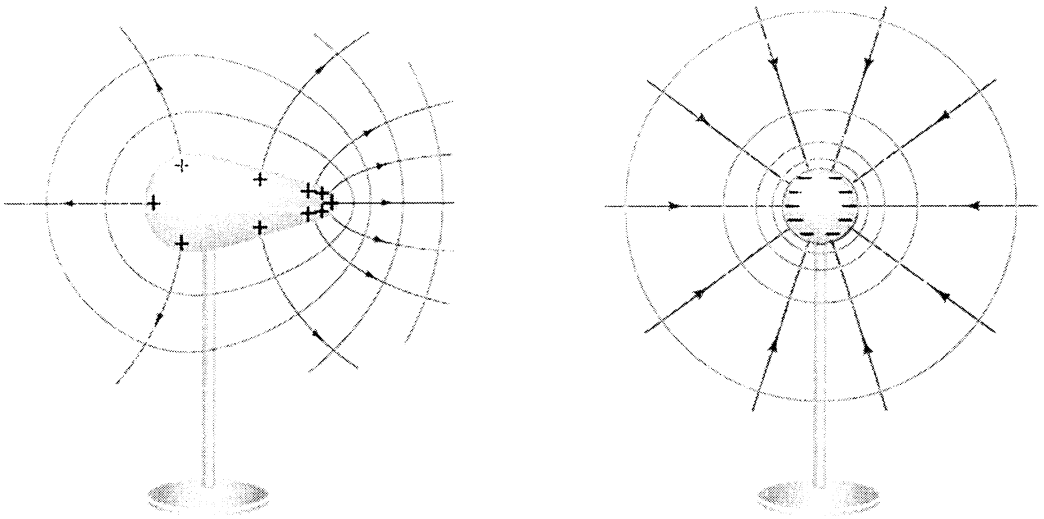
الجواب :- ج) ٢٠٠٠ نيوتن/كولوم (من +)

(الجهد الكهربائي لموصل مشحون)

*عندما يشحن الموصل الكروي بشحنة كهربائية فإنها تتوزع على سطحه الخارجي بفعل قوى التنافر ((السطوح الخارجية تتيح أكبر أبعاد هندسية أي تكون متباعدة اكثر ما يمكن)) فتستقر على السطح الخارجي أي أن محصلة القوى المؤثرة على الشحنات تساوي صفر

* يكون توزيع الشحنات على سطح الموصل الكروي منتظما لأن سطحه منتظم ويسمى مقدار الشحنة الموجودة على كل وحدة مساحة من سطحه الكثافة السطحية للشحنة .

– اما توزيع الشحنات على الاشكال الغير منتظمة يكون غير منتظم بحيث تكون الكثافة السطحية للشحنة اكبر عند الرؤوس المدببة مقارنة بالمناطق الاقل تحدبا

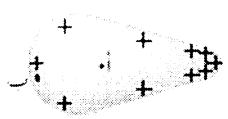


- يعد سطح الموصل المشحون سطح تساوي جهد (علل)؟

بما أن الشحنات على سطح الموصل مستقرة وساكنة، فإنها تكون في حالة اتزان ،أي أن القوة المحصلة المؤثرة في كل شحنة تكون صفرًا، وبذلك يكون فرق الجهد الكهربائي بين أي نقطتين صفرًا، وجميع النقاط الواقعة على سطح الموصل متساوية في الجهد

- الجهد عند أي نقطة داخل الموصل ثابت، ويساوي قيمة جهد سطح الموصل(علل)؟

أثبت العالم غاوس أن الشحنات تستقر على السطح الخارجي للموصل؛ ما يجعل المجال الكهربائي داخله صفرًا، وإذا كان المجال الكهربائي في منطقة ما صفرًا (مـ=0)، فإنه لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة بين نقطتين ضمن تلك المنطقة، ففي الشكل إذا كانت (أ) نقطة داخل الموصل و(ب) نقطة على سطحه فإن (ش = ٠)؛ لذلك يكون فرق الجهد بين النقطتين صفرًا

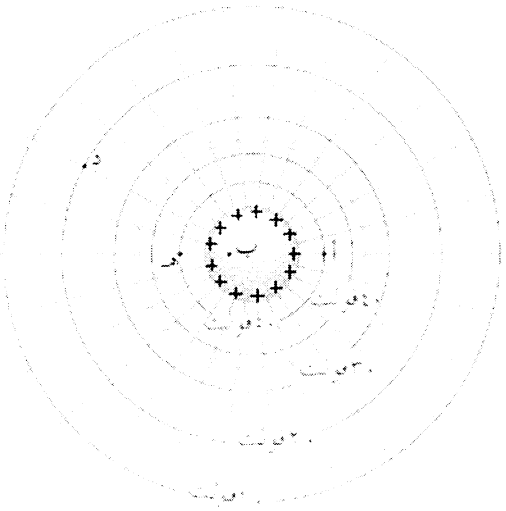


- تظهر شرارة تشبه البرق بالقرب من الموصلات ذات الجهد الكهربائي العالي أو بالقرب من الرؤوس المدببة (علل)؟

يتولد حول الرأس المدبب مجال كهربائي قوي يعمل على تأيين جزيئات الهواء في تلك المنطقة ، فيصبح الهواء موصلًا، ويحدث تفريغ كهربائي للشحنات في الهواء؛ أي ينشأ تيار كهربائي، فتظهر شرارة تشبه البرق.

مثال(٦١) : معتمدا على الشكل الذي يبين سطح تساوي الجهد و خطوط المجال الكهربائي لموصل كروي مشحون اجب عما يلي :

١) رتب النقاط (أ ، ب ، هـ ، د) تصاعديا وفق قيم المجال الكهربائي عندها
٢) رتب النقاط (أ ، ب ، هـ ، د) تصاعديا وفق قيم الجهد الكهربائي عندها
٣) هل تتغير طاقة الوضع الكهربائية لإلكترون عند انتقاله من النقطة (ب) داخل الموصل الى سطح الموصل ؟ فسر اجابتك
٤) لماذا يجب الحذر من الرؤوس المدببة عند التعامل مع اجسام فلزية ذات جهد كهربائي عال ؟



١) ب > د > هـ = أ

٢) د > أ = هـ > ب

٣) لا تتغير لأنه الجهد داخل الموصل متساوي

٤) لأنه يتولد حول الرأس المدبب مجال كهربائي قوي يعمل على تأيين جزيئات الهواء في تلك المنطقة ، فيصبح الهواء موصل و يحدث تفريغ كهربائي للشحنة ، فتظهر شراره .