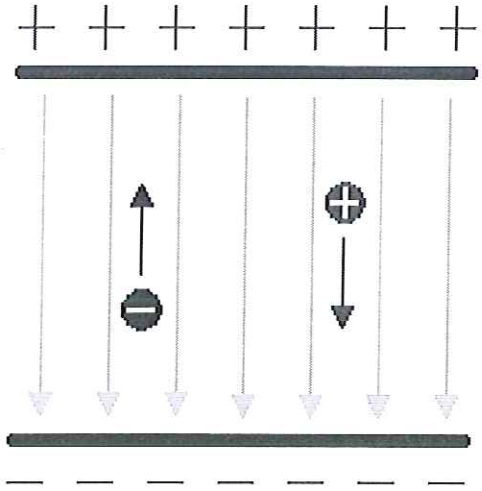
الفيزيـــــاء

الجهد الكهربـــائي



إعداد الاستاذ: أحمد شقبوعة

... مقدمة ...

اذا إنتقل نظام من حالة لبدائية الى حالة نهائية ، فان :

① Δ (التغير) = نهاية - بداية .
② (الفرق) = بداية - نهاية .

* اذا وضع جسيم عند نقطة في مجال الجاذبية الارضية على ارتفاع معين من سطح الارض (ن) فانه يختزن فيه طاقة وضع (طو = ك ج ف) ... تسمى طاقة الوضع عند الجاذبية الارضية .

* وبالمثل اذا وضعت شحنة عند نقطة في مجال كهربائي فانه يختزن فيها طاقة وضع كهربائية (طو) ، تعتمد هذه الطاقة على مقدار الشحنة ومقدار الجهد الكهربائي عند تلك النقطة حيث نقول :-

الجهد الكهربائي عند نقطة = طاقة الوضع الكهربائية المخزونة في شحنة ما توضع عند تلك النقطة / مقدار الشحنة الموضوعة ما

$$\text{جهد نقطة} = \frac{\text{طو}}{\text{ما}} \quad \Leftarrow \quad \text{فولت} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}}$$

* ومن الجدير بالذكر أن الجهد كمية قياسية لان الطاقة والشحنة أصلاً كميات قياسية لذلك قد يكون الجهد الكهربائي سالباً أو موجب حسب إشارة الطاقة والشحنة .

س : ما المقصود بالجهد عند نقطة ؟
الجواب : هو طاقة الوضع الكهربائية المخزونة في وحدة شحنة (+1 كولوم) موضوعة عند تلك النقطة .

س : ما المقصود بالفولت ؟ ← فولت = جول / كولوم .
الجواب : هو جهد نقطة اذا وضعت فيها شحنة (+1 كولوم) فان ستختزن طاقة وضع كهربائية مقدارها (1 جول) .

س٣ : ما المقصود بأن الجهد الكهربائي عند نقطة يساوي ٥ فولت ؟ ← ٥ فولت = ٥ جول / كولوم

الجواب: اي أنه اذا وضعت شحنة (+١ كولوم) عند تلك النقطة فانه سيختزن فيها طاقة وضع كهربائية (٥ جول) .
أو [تزداد طاقة وضعها بمقدار ٥ جول] .

س٤ : ما المقصود بانه الجهد عند نقطة يساوي - ٥ فولت ؟ ← - ٥ فولت = - ٥ جول / كولوم

الجواب : اي أنه اذا وضعت شحنة (+١ كولوم) عند تلك النقطة فان طاقة الوضع الكهربائية لها ستقل بمقدار ٥ جول .

ملاحظات :

① يتخذ الجهد عند نقطة ما قيمة محددة (واحدة أو ثابتة) لا تعتمد على قيمة الشحنة الموضوعة عند تلك النقطة (سـ) .
هذا يعني أنه اذا تغيرت الشحنة الموضوعة (سـ) فانه طاقة الوضع (طو) تتغير بحيث تبقى قيمة النسبة (طو / سـ) - اي الجهد - ثابتة .

وبعبارة أخرى : الجهد عند النقطة الواحدة ثابت وقد يختلف من نقطة الى أخرى حسب موقع النقطة ضمن المجال .

اذا أعدنا كتابة العلاقة جـ = طو / سـ على الشكل :-

طو = سـ × جـ

- طو : طاقة الوضع المخزونة في الشحنة (سـ) الموضوعة عند نقطة ما
- سـ : الشحنة الموضوعة (المراد حساب طاقتها)
- جـ : الجهد عند تلك النقطة

← تصبح العلاقة لحساب طاقة الوضع المخزونة في شحنة توضع عند نقطة جهدها معلوم .

(٣) اذا تغيّرت طاقة الشحنة عند إنتقالها من نقطة الى أخرى ضمن المجال الكهربائي فهذا يعني وجود فرق في الجهد الكهربائي بين النقطتين

وبما أن $\Delta = \frac{\Delta طـ}{شـ}$ ← فإن $\Delta جـ = \frac{\Delta طـ}{شـ}$

س٥: ما المقصود بفرق الجهد بين نقطتين ؟ ← $\Delta جـ = \frac{\Delta طـ}{+١ كولوم}$

الجواب: هو التغيّر في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة (+١ كولوم) عند انتقالها بين هاتين النقطتين في المجال الكهربائي .

س٦: ماذا نعني بقولنا أنه فرق الجهد بين نقطتين ٥ فولت ؟←

الجواب: اي أنه اذا انتقلت شحنة (+١ كولوم) بين هاتين النقطتين تزداد طاقة الوضع الكهربائية لها بمقدار ٥ جول . ($٥ فولت = \frac{٥ جول}{١ كولوم}$).

س٧: ماذا نعني بقولنا أنه فرق الجهد بين نقطتين يساوي (- ٥ فولت) ؟

الجواب: اى أنه اذا إنتقلت شحنة (+١ كولوم) بين هاتين النقطتين تقل طاقة الوضع الكهربائية لها بمقدار ٥ جول .

معلومات ورموز :-

جـم : الجهد عند النقطة م و جـب : الجهد عند النقطة ب

$\Delta جـ_{ب م} = جـ_ب - جـ_م$ ← جـ ب م : فرق الجهد بين (ب ، م)

$\Delta جـ_{م ب} = جـ_م - جـ_ب$ ← جـ م ب : فرق الجهد بين (م ، ب)

وعليه نلاحظ ← $\Delta جـ_{ب م} = - \Delta جـ_{م ب}$

تمرين: اذا كانت $\Delta جـ_{ب م} = ١٠$ فولت فإن $\Delta جـ_{م ب} = -١٠$ فولت .

مثال: شحنة مقدارها ٢×١٠^{-٨} كولوم وضعت بالنقطة (P) التي جهدها ($جـ_P = ٨$ فولت) ثم إنتقلت الى النقطة (ب) التي جهدها ($جـ_ب = ٥$ فولت).

① احسب طاقة الوضع المخزونة في الشحنة عند P ، ثم عند ب.
② التغيّر في طاقة الوضع لدى الانتقال من P الى ب.
③ إحسب فرق الجهد بينهما (P ، ب).

الجواب: ① $طو_P = ش_P \times جـ_P = (٢\times١٠^{-٨})(٨) = ١٦\times١٠^{-٨}$ جول.

$طو_ب = ش \times جـ_ب = (٢\times١٠^{-٨})(٥) = ١٠\times١٠^{-٨}$ جول.

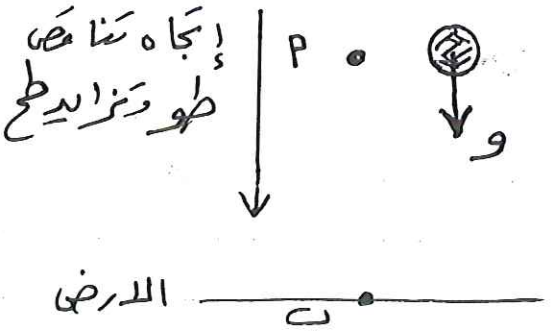
② $\Delta طو_{P\leftarrow ب} = طو_ب - طو_P = ١٠\times١٠^{-٨} - ١٦\times١٠^{-٨} = -٦\times١٠^{-٨}$ جول.

③ $جـ_{P,ب} = جـ_P - جـ_ب = ٨ - ٥ = ٣$ فولت.

الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية على شحنة حرة الحركة في المجال الكهربائي.

* من المعلوم أنه قوى المجال مثل الوزنة والقوة الكهربائية هي قوى محافظة لا تغيّر الطاقة الكلية للأجسام وهي تعمل على تحويل الاجسام باتجاه تناقص طاقة الوضع وتزايد الطاقة الحركية .....

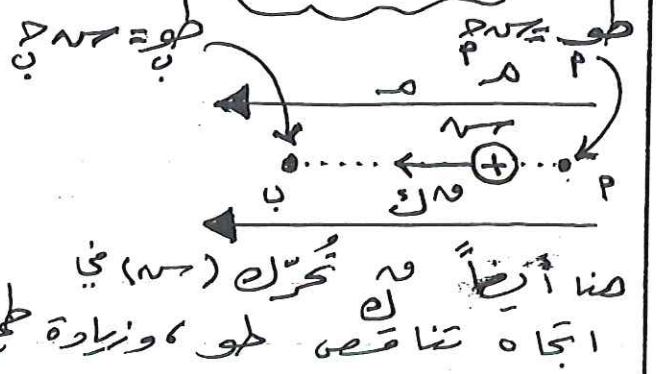
جسيم يتحرك حراً في مجال الجاذبية الارضية



الوزنة (و) تحرك في اتجاه تناقص طو

$ش_{P\leftarrow ب}(و) = -\Delta طو_{P,ب}$.

شحنة موجبة حرة الحركة في مجال كهربائي



هنا أيضاً فـ تحرك (ش) في اتجاه تناقص طو وزيادة طح.

$ش_{P\leftarrow ب}(ك) = -\Delta طو_{P,ب}$

$$ش(ك) = -(ط_ب - ط_أ) = -(ش ج - ش ج) = -ش(ج_ب - ج_أ)$$
$$أ \leftarrow ب$$

$$= -ش(ج_ب - ج_أ)$$

$$= -ش \frac{د ج}{د ف} \quad \text{المنقولة}$$

$$\therefore ش(ك) = -ش \frac{د ج}{د ف} = -\Delta ط$$
$$أ \leftarrow ب \quad \text{منقولة} \quad أ ب$$

← حساب الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية على شحنة تتحرك حرة في المجال الكهربائي والذي يساوي مقدار النقص في (ط) والزيادة في (ط حـ).

توضيح: القوة الكهربائية قوة محافظة بالتالي الطاقة لا تتغير بتأثير ش ك

$$ط م = ط + ط حـ = ثابت$$

$$\Delta ط م = \Delta ط + \Delta ط حـ = صفر$$

$$\Rightarrow \Delta ط حـ = -\Delta ط$$
$$أ ب \quad أ ب$$

هذا يعني أن النقص في طاقة الوضع يظهر على شكل زيادة في الطاقة الحركية.

الخلاصة:

بالنسبة لجسيم مشحون يتحرك حراً في مجال كهربائي بتأثير ش ك.

* $ش(ك) = -ش \frac{د ج}{د ف} \times$ المنقولة $أ ب$

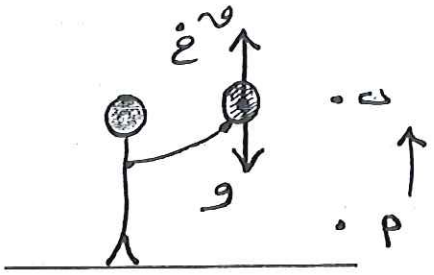
* $ش(ك) = -\Delta ط$
$أ \leftarrow ب \quad أ ب$

* $ش(ك) = +\Delta ط حـ$
$أ \leftarrow ب \quad أ ب$

* $\Delta ط حـ = -\Delta ط$
$أ ب \quad أ ب$

الشغل الذي تبذله قوة خارجية للتغلب على قوة المجال ع.

لتحريك جسم للاعلى ضد الجاذبية الارضية (الوزن) وبسرعة ثابتة نخناج قوة خارجية تساوي الوزن وتعاكسه.



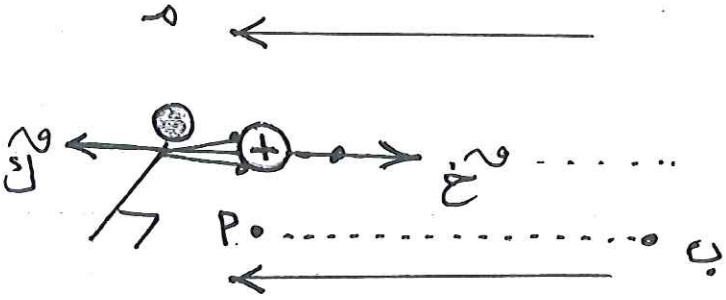
هنا تعمل ق غ على زيادة طاقة الوضع:

$$ش_{P \to ب}(غ) = +\Delta ط_{P \to ب}$$

لكن $\Delta ط_{ح} =$ صفر

لان ع ثابتة.

لتحريك شحنة موجبة (+ش) ضد المجال الكهربائي وبسرعة ثابتة نخناج قوة خارجية تساوي ق ك وتعاكسها في الاتجاه.



هنا تعمل ق غ على زيادة طاقة الوضع الكهربائية:

$$ش_{P \to ب}(غ) = +\Delta ط_{P \to ب} = ط_{ب} - ط_{P}$$

$$= (س_{ب} ص_{ب} - س_{P} ص_{P})$$

$$ش_{P \to ب}(غ) = \text{ثابت}_{\text{منقولة}} (ص_{ب} - ص_{P})$$

$$= \text{ثابت}_{\text{منقولة}} \times \Delta ص_{P ب}$$

$$ش_{P \to ب}(غ) = \Delta ط_{P \to ب} = \text{ثابت}_{\text{منقولة}} \times \Delta ص_{P ب}$$

↳ الشغل المبذول منه قبل (ق غ) تحرك الشحنة بسرعة ثابتة عكس اتجاه القوة الكهربائية.

* هنا $\Delta ط_{ح} =$ صفر

* لو طلب السؤال حساب شغل القوة الكهربائية أثناء الحركة بسرعة ثابتة

$$ش_{P \to ب}(ك) = - ش_{P \to ب}(غ)$$

ملخص :

① $\Delta طو = - ش \times \Delta ف$

② $ش(ك) = - \frac{\text{شغل}}{\text{متجه}} \times جـ_{ب}^{أ}$

③ $ش(غ) = \frac{\text{شغل}}{\text{متجه}} \times جـ_{ب}^{أ}$

④ $جـ_{ب}^{أ} = جـ_{ب} - جـ_{أ}$.

⑤ $جـ_{ب}^{أ} = - جـ_{ب}^{أ}$

⑥ اذا تحرك الجسم المشحون بتأثير $ق_ك$ ... هـ الحركة في المجال

هنا :-

- $ش(ك) = - \frac{\Delta طو}{أ \to ب}$ ← عندما يطلب $\Delta طو$ نجد $ش(ك)$ ثم نعوض للايجاد $\Delta طح$ و $\Delta طو$
- $ش(ك) = \frac{\Delta طح}{أ \to ب}$
- $\Delta طح = - \Delta طو$ ← لانه بطاقة محفوظة

⑦ اذا تحرك جسم مشحون بسرعة ثابتة هذا لايتم الا بتأثير قوة غ .

وهنا :- $\Delta طح =$ صفر

- $ش(غ) = \frac{\Delta طو}{أ \to ب}$ ... عندما يطلب $\Delta طو$ نجد $ش(غ)$ ثم نعوض
- $\Delta طح \neq - \Delta طو$ ← لانه الطاقة غير محفوظة ← لانه قوة غير محافظة

ملاحظة :

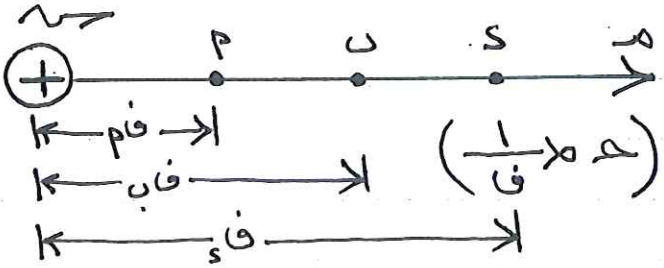
① عندما تتحرك شحنة بتأثير ($ق_ك$) يسأل فقط عن $ش(ك)$

② عندما تتحرك شحنة بسرعة ثابتة نجعل قوة غ فانه يعني أنه يسأل عن شغلين $ش(غ)$ ، $ش(ك)$

وهنا $[ش(ك) = - ش(غ)]$.

⑧ الشغل والجهد والطاقات كلها كميات قياسية لذلك نعوض اشارة الشحنة والجهد في القوانين .

ملاحظات حول الجهد



① تتناقص قيمة الجهد الكهربائي عند الابتعاد عن الشحنة الموجبة ..

أو تتناقص قيمة الجهد لدى الحركة مع اتجاه المجال ...

أو اتجاه المجال يكون باتجاه تناقص الجهد .

② حسب الشكل أعلاه :

$جـ_أ > جـ_ب > جـ_ء$

لاحظ :

$جـ_{ب}^{أ} = جـ_أ - جـ_ب =$ (موجب)

الفرق الموجب = كبير - صغير ← $جـ_أ > جـ_ب$

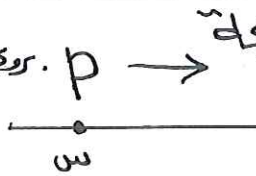
$جـ_{ء}^{ب} = جـ_ء - جـ_ب =$ (سالب)

الفرق السالب = صغير - كبير ← $جـ_ء < جـ_ب$

③ ∵ $جـ \propto \frac{1}{ف}$ ← $جـ_\infty \propto \frac{1}{\infty}$ = ∴

لذلك $جـ_\infty =$ صفر دائماً

س١ :



في الشكل وضع بروتون ليتحرك حراً في مجال كهربائي فاذا بُذل عليه شغلاً مقداره ١٠×٨^{-١٩} جول لتحريكه من س الى ص

① ما هي القوة التي حركت البروتون
② ما مقدار الزيادة في طاقة حركه له
③ ما مقدار النقص في طو له .
④ احسب Δجـ س ص .
⑤ احسب Δجـ ص س .
⑥ أيهما أكبر جـ س أم جـ ص .

الحل :-

① ق ك هي التي حركت البروتون لانه هو الحركة .

② Δ طح = ش(ك) = ١٠×٨^{-١٩} جول
س ص

③ Δ طو = $-\Delta$ طح = $-$ ش(ك) = -١٠×٨^{-١٩} جول.
س ص س ص
لانه هو الحركة

④ ش(ك) = $-$ ش(ق ك) = $-$ م (جـ ص $-$ جـ س)
س ص

$١٠\times٨^{-١٩} = -١٠\times١,٦^{-١٩}$ (جـ ص $-$ جـ س)

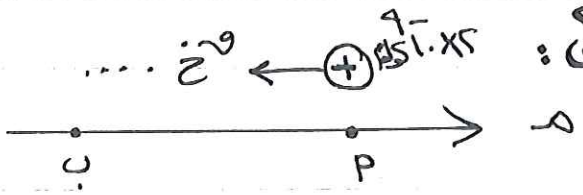
جـ س = -٥ فولت .

⑤ جـ ص = $-$ جـ س = $-(-٥) = ٥$ فولت

⑥ جـ س $-$ جـ ص = $-٥ + ٠ =$ جـ س < جـ ص

أو الحركة مع المجال تقلل الجهد ⇐ جـ ص > جـ س
∴ جـ س < جـ ص

س٢ :



في الشكل شحنة نقطية (١٠×٢^{-٩} كولوم) نُقلت بسرعة ثابتة من p الى ب اذا بذلت قوة خارجية شغلاً ١٠×١٤^{-٩} جول في ذلك النقل ...

① ما مقدار الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية خلال هذا النقل ؟

② أوجد جـ ب م

② أوجد شغل القوة الخارجية اللازم لنقل شحنة (-١٠×٥^{-٩} كولوم) من ب الى p بسرعة ثابتة .

الحل :-

① أثناء الحركة بسرعة ثابتة

ش(ك) = $-$ ش(غ) = -١٠×١٤^{-٩} جول
p ← ب ب p

② ش(غ) = $-$ ش(ك)
ب p p ب

$١٠\times١٤^{-٩} = ١٠\times٢^{-٩} \times$ جـ ب p

جـ ب p = ٧ فولت .

③ ش(غ) = $-$ ش(ك) = $-$ ش(ق ك)
ب ← p p ب p ب

$= (-١٠\times٥^{-٩})(-٧)$

$= +١٠\times٣٥^{-٩}$ جول

س٣ :- ⊖ e ← الحركة

(s ، هـ) نقطتان ضمن مجال كهربائي اذا كان ($جـ_{هـs}$ = -٤ فولت) وكان $جـ_{هـ}$ = ٩ فولت . ... أوجد :

(أ) الشغل المبذول لنقل الكترون من الحركة من s الى هـ .

(١) شغل القوة الخارجية اللازم لنقل بروتون من السكون الى s وبسرعة ثابتة .

(٢) مقدار التغير في طاقة الوضع الكهربائية للالكترون والبروتون في الفرعين أ ، ب .

الحل :-

(أ) الالكترون حر الحركة هذا يعني أنه م هي التي تبذل الشغل

$$ش_{s \leftarrow هـ}(ك) = -ش_{e}(جـ_{هـs})$$

$$= -(-١٩ \times ١,٦ \times ١٠)(+٤)$$

$$= ٦,٤ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول} .$$

(١) $ش_{s \leftarrow \infty}(خ) = ش_{p}(جـ_{sم} - جـ_{\infty م})$

نجد ($جـ_{s}$) $\Leftarrow$ $جـ_{هـ} = جـ_{s} - جـ_{هـ}$

$-٤ = جـ_{s} - ٩$

$جـ_{s} = ٥$ فولت

$\therefore ش_{s \leftarrow \infty}(خ) = (١٩-١٠ \times ١,٦)(٥ - ٠)$

$= ٨ \times ١٠^{-١٩}$ جول .

(٢)

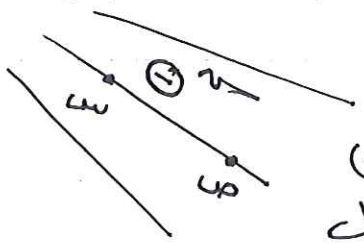
$$\Delta طو_{s}(e) = -ش_{هـ s}(ك)$$

$$= -(-١٩) \times ١٠ \times ٦,٤ \text{ جول}$$

$$\Delta طو_{s}(p) = ش_{s \infty}(غ)$$

$$= ٨ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

س٤ :



في الشكل (س ، ص) نقطتان في مجال كهربائي ، وضعت شحنة سالبة عند النقطة (س) فتحركت بتأثير القوة الكهربائية نحو (ص) ادرس الشكل وأجب عما يلي :-

(١) حدد اتجاه المجال .

(٢) هل تزداد طاقة الوضع للشحنة أم تقل .

(٣) هل $\Delta جـ_{صم}$ موجبة أم سالبة

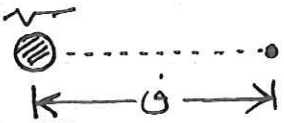
الجواب : (١) الشحنة سالبة وعليه من س الى ص بالتالي المجال من ص ← س .

(٢) م تتحرك دائماً في اتجاه تناقص طاقة الوضع لذلك تقل طو .

(٢) المجال دائماً باتجاه تناقص الجهد

$\therefore جـ_{ص} < جـ_{س} \Rightarrow \Delta جـ_{صم}$ (سالب)

الجهد الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية



يمكن اثبات أنه الجهد الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية (س) على بعد (ف) يعطى بالعلاقة :

س١ : ما العوامل التي تعتمد عليها قيمة الجهد عند نقطة في مجال شحنة نقطية ؟

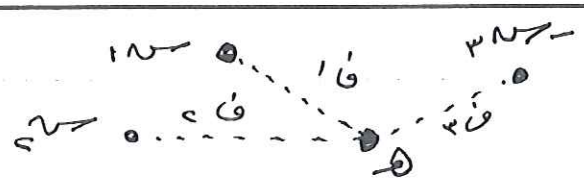
الجواب : تعتمد على

① مقدار الشحنة المولّدة للمجال.
② نوع الشحنة المولدة للمجال.
③ بعد النقطة عن الشحنة المولدة.
④ سماحية الوسط المحيط بالشحنة.

ملاحظات حول الجهد الناتج عن شحنة نقطية

① الجهد كمية قياسية لذلك نعوّض اشارة الشحنة فالجهد الموجب ناتج عن شحنة موجبة والجهد السالب ناتج عن شحنة سالبة.

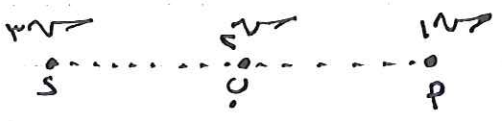
② اذا وقعت نقطة في مجال عدة شحنات فإن الجهد الكلي عند هذه النقطة يساوي المجموع الجبري للجهود الناتجة عن كل الشحنات



$$د_{عند\ هـ} = د_{عن\ س_1} + د_{عن\ س_2} + د_{عند\ ٣س}$$

$$= \frac{ك\ ١س}{ف_1} + \frac{ك\ ٢س}{ف_2} + \frac{ك\ ٣س}{ف_3}$$

③ الشحنة النقطية لا تولد جهداً في موقعها ....



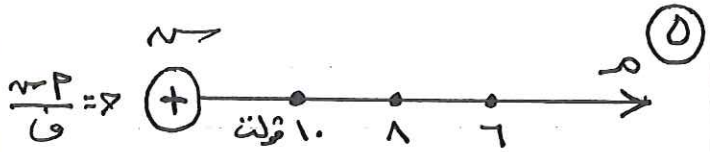
مثلاً :

$$د_{عند\ ﻫ} = د_{عن\ ٢س} + د_{عن\ ٣س}$$

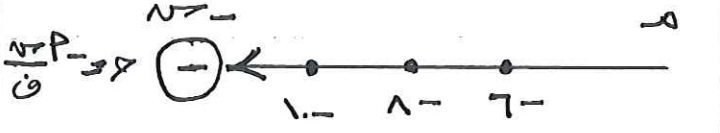
$$د_{عند\ ب} = د_{عن\ ١س} + د_{عند\ ٣س}$$

④ عند حساب الشغل المبذول لنقل شحنة فإن الشحنة المنقولة لا تدخل في حساب الجهد .....

أو ⑤ نحسب الجهد الناتج عند كل الشحنات في المسألة عدا المنقولة.



$$د = \frac{ك\ س}{ف}$$



$$د = \frac{ك\ س}{ف}$$

نلاحظ ما يلي :

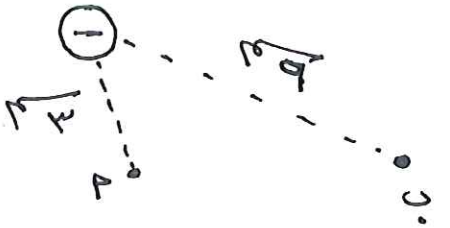
* لدى الابتعاد عن الشحنة الموجبة يقل الجهد وعند الاقتراب منها يزداد الجهد

* لدى الابتعاد عن الشحنة السالبة يزداد الجهد ولدى الاقتراب منها يقل.

* (تذكر) دائماً الحركة مع اتجاه المجال تؤدي الى تناقص الجهد سواء كانت الشحنة المولّدة للمجال سالبة أو موجبة ....
أو كما ذكرنا سابقاً :
تُشير اتجاه المجال الى اتجاه تناقص الجهد.

* * * * * *

مثال : $q = -3$ نانوكولوم



بالاعتماد على القيم المثبتة على الشكل أوجد :
① $V_{أم}$ ② $V_{ب}$.

الجواب : ① نجد $V_م$ ، $V_ب$

$$V_م = \frac{K\,q}{r_{أم}} = \frac{9\times10^{9}\times(-3\times10^{-9})}{3\times10^{-2}} = -900 \text{ فولت}$$

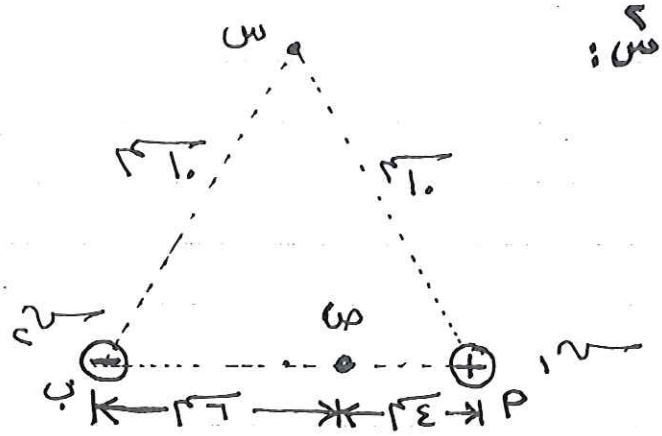
$$V_ب = \frac{9\times10^{9}\times(-3\times10^{-9})}{9\times10^{-2}} = -300 \text{ فولت}$$

لأنه $V_{أب} = V_أ - V_ب = -900 - (-300)$
$= -600$ فولت

$V_{أب}$ = سالب ← تعني $V_م > V_ب$

② $V_{بم} = -V_{أب} = -(-600)$
$= 600$ فولت .

س٢ :



بالاعتماد على الشكل اذا كانت
$q_1 = 4$ ميكروكولوم ، $q_2 = -4$ ميكروكولوم

① أوجد $V_س$ ، $V_ص$

② الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل شحنة 1.0×10^{-9} كولوم من س الى ص .

③ الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة 1.0×10^{-9} كولوم من (ص) الى (∞).

④ التغيّر (أو النقص) في طاقة الوضع للشحنة المنقولة في الفرع السابق

⑤ الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل q_1 من P الى ص .

⑥ الشغل الذي تبذله قوة خارجية لجعل المسافة بين الشحنتين ١٢ سم

⑦ احسب مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند (ص) .

⑧ احسب مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة -1.0×10^{-9} كولوم توضع عند (ص) .

الحل: ① $جـ_{عند\ س} = جـ_{من\ ①} + جـ_{من\ ②} \ldots جـ_{من\ ن} = \frac{ك\ شـ}{ف}$

$جـ_س = 9\times10^{9} \frac{4\times10^{-6}}{10\times10^{-2}} + 9\times10^{9} \frac{-4\times10^{-6}}{10\times10^{-2}}$

$= 3.6\times10^{4} + -3.6\times10^{4} = صفر$

$جـ_س = صفر$ ..... ماذا يعني ذلك؟؟

أي أن طاقة الوضع المخزونة في الشحنة (+1 كولوم) توضع عند (س) تساوي صفر

$جـ_ص = جـ_{من\ ①} + جـ_{من\ ②}$

$= 9\times10^{9} \frac{4\times10^{-6}}{4\times10^{-2}} + 9\times10^{9} \frac{-4\times10^{-6}}{6\times10^{-2}}$

$جـ_ص = 9\times10^{5} + -6\times10^{5} = 3\times10^{5}$ جول.

② $شـ(غ) = -سـ (جـ_ص - جـ_س)$ $س \leftarrow ص$

$= (2\times10^{-9})(0 - -2\times10^{5})$

$= 6\times10^{-4}$ جول.

③ $شـ(ك) = -سـ (جـ_ص - جـ_ص)$ $ص \leftarrow ص$

$= -(3\times10^{-9})(-2\times10^{5})$

$= 9\times10^{-4}$ جول.

④ $شـ(ك) = -\Delta طـ$ $ص \leftarrow ص$

$9\times10^{-4} = -\Delta طـ$ $ص \leftarrow ص$

$\therefore \Delta طـ = -9\times10^{-4}$ جول $ص \leftarrow ص$

← نقصت طاقة الشحنة بمقدار 9×10^{-4} جول.

⑤ $شـ(ك) = -سـ (جـ_ص - جـ_م)$ $م \leftarrow ص$

لانه $جـ_ص$ فقط ناتج عن سـ لان سـ منفولة .. يعني $(جـ_ص \neq 0)$

$جـ_{عند\ ص}$ = جـ من سـ فقط.

$= 9\times10^{9} \frac{-4\times10^{-6}}{6\times10^{-2}} = -6\times10^{5}$ فولت

$جـ_{عند\ م}$ = جـ من سـ فقط.

$= 9\times10^{9} \frac{-4\times10^{-6}}{10\times10^{-2}} = -2.6\times10^{5}$ فولت

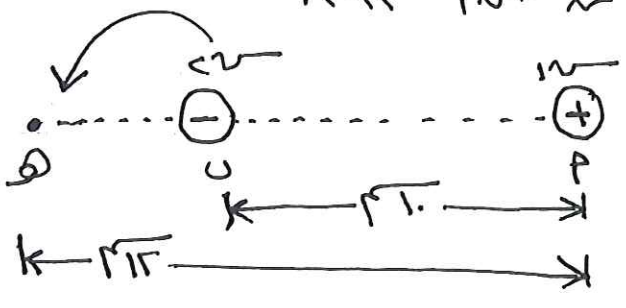
$\therefore شـ(ك) = (-4\times10^{-6})(-6\times10^{5} - -2.6\times10^{5})$ $م \leftarrow ص$

$= -(-4\times10^{-6})(-3.4\times10^{5})$

$= +1.96\times10^{-1} = 0.196$ جول

⑥ لجعل المسافة 12 سم يمكنه أن ننقل أي شحنة عند مغازل الى اي موقع جديد يبعد عنه الشحنة الأخرى 12 سم.

على سبيل المثال لنقل سـ من مغازل الى نقطة جديده لتكن (هـ) تبعد عن سـ 12 سم.



المطلوب نقل سـ من ب الى هـ ⇐

$ش د غ) = حـ_{نـ} (حـ_{هـ} - حـ_{ب})$

ب ← هـ

$حـ_{هـ}$ ، $حـ_{ب}$ نأخذهم فقط عند $سـ_{ن}$ لأنه $سـ_{ن}$ منقولة لا تدخل في حساب الجهد.

$حـ_{هـ} = حـ_{نـ}(1) = 1.X9^{9} \frac{1.X4^{-6}}{1.X12^{-9}}$

$= 1.X3^{5}$ فولت.

$حـ_{ب} = حـ_{نـ}(1) = 1.X9^{9} \frac{1.X4^{-6}}{1.X10^{-9}}$

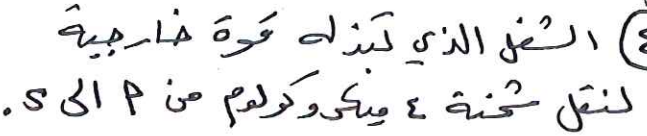
$= 1.X3,6^{5}$ فولت

$\therefore ش د غ) = (-1.X4^{-6})(1.X3^{5} - 1.X3,6^{5})$

ب ← هـ

$= +1.X4,4^{-1} = 0.44$ جول.

(٧)



$م_{١} = \frac{ف_{١}}{ب} = \frac{1.X9^{9} \times 1.X4^{-6}}{1.X16^{-9}} = 1.X2,25^{7}$ نيوتن/كولوم

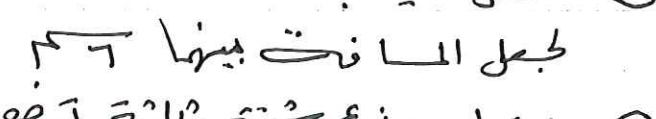
$م_{٢} = \frac{ف_{٢}}{ب} = \frac{1.X9^{9} \times 1.X4^{-6}}{1.X36^{-9}} = 1.X1^{7}$ نيوتن/كولوم

$م_{ع}(ص) = م_{١} + م_{٢}$

$= 1.X2,25^{7} + 1.X1^{7}$

$= 1.X3,25^{7}$ نيوتن/كولوم (يسار)

(٨)

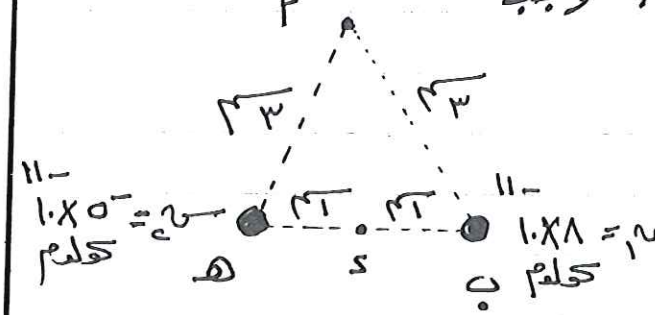


$م_{ع} = 1.X2,25^{7}$ نيوتن/كولوم

$ق_{ع} = سـ \times م_{ع} = 2.X10^{-9} \times 1.X2,25^{7}$

$= 4.5 \times 1.X10^{-2}$ نيوتن (+)

س٣: واجب



وعتمداً على الشكل المجاور والبيانات المثبتة عليه ... إحسب:

(١) الجهد عند النقطة P

(٢) طاقة الوضع المخزونة في الشحنة ح ميكروكولوم توضع عند P.

(٣) الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة ٣ ميكروكولوم من P الى اللانهاية.

(٤) الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل شحنة ٤ ميكروكولوم من P الى S.

(٥) التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة $سـ_{ن}$ عند نقلها من هـ الى P بفعل القوة الخارجية.

(٦) الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لجعل المسافة بين الشحنتين ٢سم

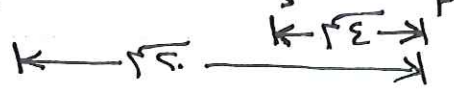
(٧) الشغل الذي تبذله قوة خارجية لجعل المسافة بينهما ٦سم

(٨) فاقد ونوع شحنة ثالثة توضع على بعد ٤سم من P حتى يصبح الجهد عند P مساوياً للصفر

إجابات س٣ :

① ٩ فولت ② ١.٨×١٠^{-٦} جول
③ ١.٢٧×١٠^{-٦} جول ④ ١.٧٢×١٠^{-٦} جول
⑤ ٦٠×١٠^{-١١} جول ⑥ ١٨٠×١٠^{-١١} جول
⑦ ١٤٠×١٠^{-١١} جول ⑧ $س_{ع} = -٢.٤ \times ١٠^{-١١}$ كولوم

س٤ : $س_{ع} = ٢.٤ \times ١٠^{-٩}$ كولوم $س_{ع}$ ؟!



بالاعتماد على الشكل اذا كان ($ج_{ع}$ = صفر)
أوجد مايلي :-

① مقدار ونوع $س_{ع}$
② الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل $س_{ع}$ من P الى S .

الحل : ①
$ج_{عند(S)} = ج_{من ①} + ج_{من ②} = صفر$

$$\frac{٩ \times ١.٢٧ \times P}{٤ \times ١٠^{-٢}} + \frac{س_{ع} \times P}{١٦ \times ١٠^{-٢}} = صفر$$

$$\frac{٩ \times ١.٢٧ \times P}{٤ \times ١٠^{-٢}} = -\frac{س_{ع} \times P}{١٦ \times ١٠^{-٢}}$$

$س_{ع} = -١.٨ \times ١٠^{-٩}$ كولوم .

لم نوعط سالب

② $ش_{(ك)}_{P \leftarrow S} = -س_{ع}(ج_S - ج_P)$

$ج_S \neq ج_P$ لأنها تحسب عند $س_{ع}$ فقط لأنه $س_{ع}$ منقولة لذلك ($ج \neq$ صفر ∴)

$$ج_{عند(S)} = ج_{من ②} = \frac{٩ \times ١.٨ \times -٩}{١٦ \times ١٠^{-٢}} \times ٩ \times ١.٩$$

$= -٤٥٠$ فولت

$ج_{عند(P)} = ج_{من ②} = \frac{٩ \times ١.٨ \times -٩}{٤٠ \times ١٠^{-٢}} \times ٩ \times ١.٩$

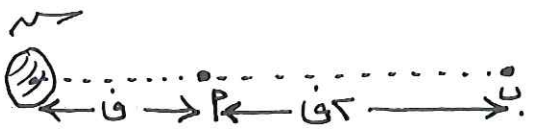
$= -٣٦٠$ فولت .

∴ $ش_{(ك)} = -(٩ \times ١.٢٧ \times ١٠^{-٩})(-٤٥٠ - -٣٦٠)$

$= ١.٨٠ \times ١٠^{-٩}$ جول .

* * * *

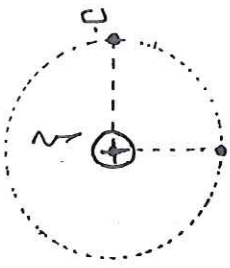
س٥ :



في الشكل المجاور اذا كان جهد النقطة (P) يساوي ٦٠ فولت فاحسب التغير في طاقة الوضع لشحنة (س = ٥ ميكروكولوم) عندما تتحرك بفعل القوة الكهربائية من P الى ب

الجواب (-٤٠٠×١٠^{-٦} جول)

س٦ : في الشكل المجاور شحنة (سـ) موضوعة في مركز كرة فإذا علمت أن $جـ_{P} = ٥$ فولت فان :



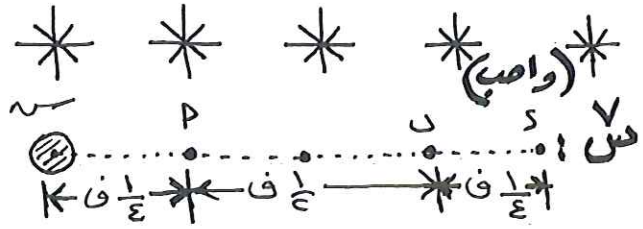
① $م_{P} جـ_{ب} = ٥$ فولت $م_{P} جـ_{ب} = ٥$ فولت

② $م_{P} \neq م_{ب}$ $م_{P} جـ_{ب} =$ صفر .

③ هل يلزم بذل شغل من قبل القوة الكهربائية لنقل الكترونة من P الى ب؟

الجواب:

④ ماذا نسمي مثل هذا السطح ؟



س٧ :

اذا كان $جـ_{P} = ٢٤$ فولت

اوجد : $جـ_{ب}$ ؟؟

الجواب : $جـ_{ب} = ٢$ فولت .

نقطة انعدام الجهد :

هي النقطة التي يكون مجموع الجهود عندها مساوياً للصفر .

.. وتقع :

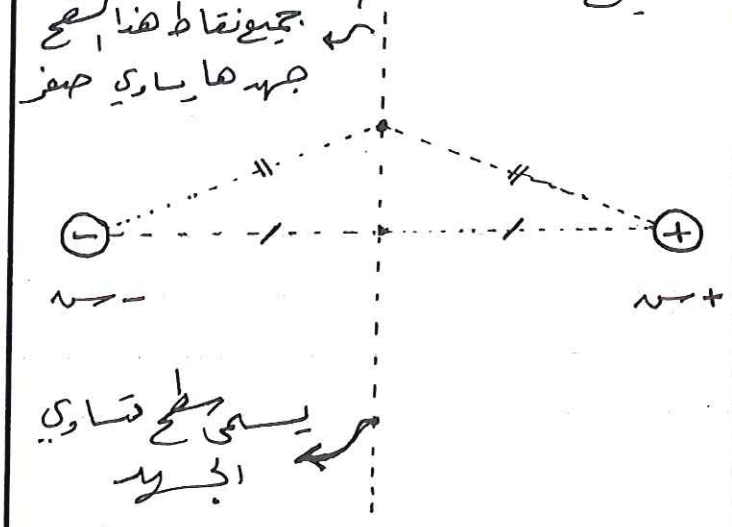
① بين الشحنتين المختلفتين في النوع على الخط الواصل بينهما .

② خارج الشحنتين المختلفتين في النوع على امتداد الخط الواصل بينهما .

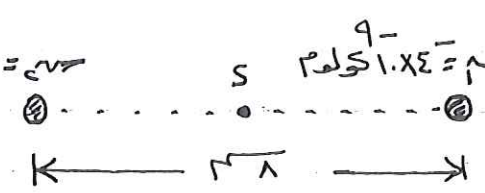
* ودائماً أقرب للشحنة الصغرى .

حالة خاصة : اذا كان لدينا شحنتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في النوع فان نقطة انعدام الجهد تقع في المنتصف وجميع النقاط التي تقع على العمود المنصف للمسافة بينهما هي نقاط انعدام جهد .

توضيح للحالة الخاصة :



س ٨ :



بالاعتماد على القيم المثبتة على الشكل:

① إحسب الشغل الذي تبذله قوة خارجية لوضع بروتون عند النقطة (s) في منتصف المسافة بين الشحنتين.

② حدد موقع نقطة ليتعدم عندها المجهد بين الشحنتين على الخط الواصل بينهما.

③ حدد موقع نقطة على إمتداد الخط الواصل بينهما ينعدم عندها المجهد.

الحل :- ① الشغل اللازم لوضع وتكوين عند (s) يعني الشغل المبذول لنقلة من ∞ الى s.

$ش(خ) = -ك ش_{∞ \to s}$ (منقولة) $= -ك (ج_s - ج_∞)$

$ج_{عند(s)} = ج_{عن ①} + ج_{عن ②}$

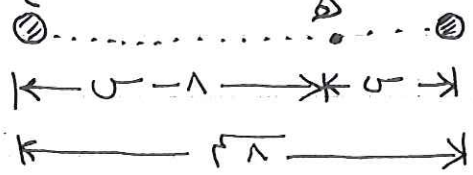
$= 1.9 \times 10^{9} \frac{-1.6 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-2}} + 1.9 \times 10^{9} \frac{8 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-2}}$

$= -900 + 1800 = 900$ فولت

$\therefore ش(خ) = (1.6 \times 10^{-19})(-900) \quad (\because -ك = -1.6 \times 10^{-19})$

$= -1440 \times 10^{-19}$ جول.

② يسأل عن نقطة انعدام المجهد بين الشحنتين



$\therefore ج_{(هـ)} = ج_1 + ج_2 = 0$

$\frac{-4 \times 10^{-9}}{س} + \frac{8 \times 10^{-9}}{8 - س} = 0$

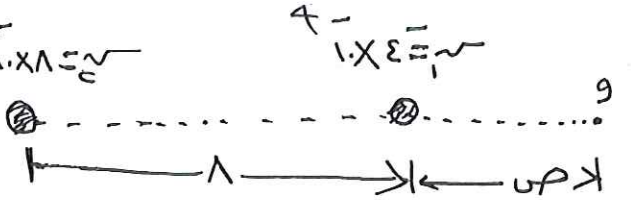
$\Leftarrow \frac{-4 \times 10^{-9}}{س} = -\frac{8 \times 10^{-9}}{8 - س}$

$\frac{1}{س} = \frac{2}{8 - س}$

$2س = 8 - س$

$3س = 8 \Leftarrow \left(س = \frac{8}{3}\right)$

③ يسأل عن نقطة لانعدام لكي خارجها ⇐ وأقرب للصغرى.



$\therefore ج_{(و)} = ج_1 + ج_2 = 0$

$\frac{-4 \times 10^{-9}}{ص} + \frac{8 \times 10^{-9}}{8 + ص} = 0$

$\frac{-4 \times 10^{-9}}{ص} = -\frac{8 \times 10^{-9}}{8 + ص}$

$\frac{1}{ص} = \frac{2}{8 + ص}$

$\Leftarrow 2ص = 8 + ص \leftarrow ص = 8$ سم

س٩ : ما هو التمثيل البياني لكل علاقة من العلاقات التالية :

① $(ف \overset{س}{،} جـ \overset{ص}{})$ لشحنة موجبة أو سالبة

② $(\frac{1}{ف}، جـ)$ لشحنة موجبة أو سالبة

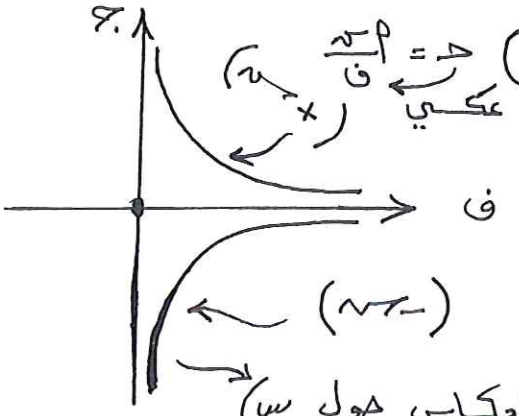
الحل : للكشف عن نوع التناسب:

* دائماً الرمز موضوع القانون هو (ص)
والكمية الأخرى توضع على محور (س).

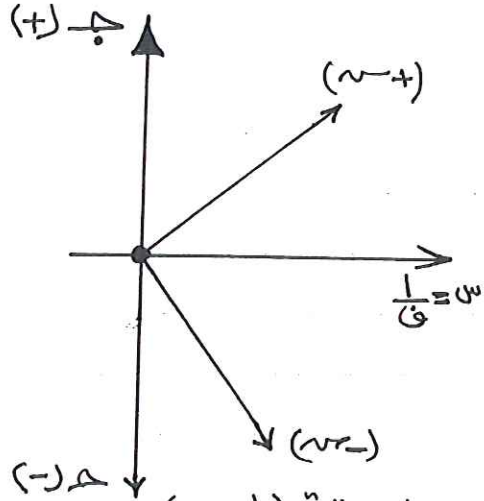
* نفرض س = المتغير والباقي ثوابت
* نكتب ص بدلالة س .

ومن طبيعة التناسب بين ص، س نقرر التمثيل

① $ص = \frac{م}{س}$ عكسي



② $ص = م س$ طردي

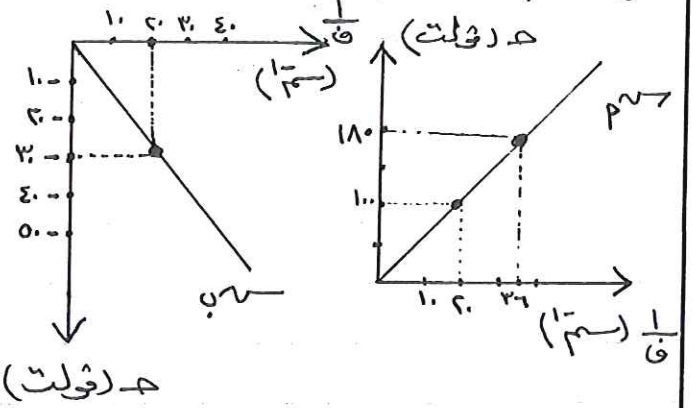


لرسم العلاقة $(\frac{1}{ف}، جـ)$

$س = \frac{1}{ف} \Leftarrow ص = م س = م \times \frac{1}{ف}$

ص = ثابت × س ... علاقة طردية

س١٠ : الشكل يمثل العلاقة بين الجهد الناتج عن كل من شحنتين نقطيتين $(س_م، س_ب)$ والمطلوب البعد عن كل منهما ثم إيجاد مقدار ونوع كل شحنة



بالنسبة للشحنة $س_م$:-

من الشكل عندما $\frac{1}{ف} = ٢٠$ $سم^{-1} \Leftarrow جـ = ١٠٠$ فولت

$م = \frac{1}{ف} = \frac{1}{٢٠} \times ١٠^{-٢}$ م $\Leftarrow \frac{1}{ف} = ٢٠$

$\frac{م س_م}{\frac{1}{ف}} = جـ \Leftarrow \frac{م س_م}{\frac{1}{٢٠} \times ١٠^{-٢}} = ١٠٠ = ٩ \times ١٠^{٩}$

وعنه $م س_م = ٥ \times ١٠^{-٢} \times ٩ \times ١٠^{٩}$

$\therefore م س_م = \frac{٥}{٩} \times ١٠^{-١١}$ كولوم

(موجبة)

بالنسبة للشحنة $س_ب$:-

عند $\frac{1}{ف} = ٢٠$ $سم^{-1} \Leftarrow جـ = -٣٠$ فولت

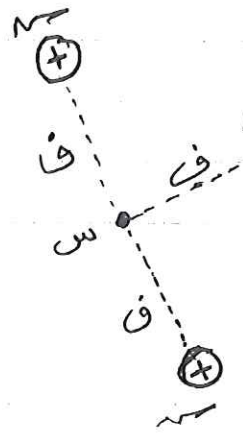
$\because ف = \frac{1}{٢٠}$ سم .

$\therefore جـ = \frac{م س_ب}{ف} \Leftarrow -٣٠ = \frac{م س_ب}{\frac{1}{٢٠} \times ١٠^{-٢}} \times ٩ \times ١٠^{٩}$

وعنه $م س_ب = -\frac{٣}{٢٠} \times ١٠^{-٢} \times ٩ \times ١٠^{٩}$

$\therefore م س_ب = -\frac{١}{٩} \times ١٠^{-١١}$ كولوم .

س١١ :



في الشكل المجاور
احسب الجهد الكهربائي
عند (س) علماً بأن
(حـ = ٥ ميكرو)
(ف = ٤ سم)

جـ عند (س) = مجموع الجهود عند كل الشحنات

$$= \frac{ن_1 ش}{ف} + \frac{ن_2 ش}{ف} + \frac{ن_3 ش}{ف} + \frac{ن_4 ش}{ف}$$

$$= \frac{ش}{ف}(ن_1 + ن_2 + ن_3 + ن_4)$$

$$= \frac{ش}{ف} \times \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1.9 \times 10^{9} \times 5 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2}} \times \frac{1}{2}$$

$$= 1 \times 10^{8} \times \frac{45}{8}$$ فولت

س١٢ : ⓐ اذا تحركت شحنة موجبة مع اتجاه المجال الكهربائي تقل طاقة الوضع المخزونة فيها. علل ذلك ؟

ⓑ اذا تحركت شحنة موجبة بحرية في مجال كهربائي تزداد طاقة الحركة لها؟ فسر ذلك .

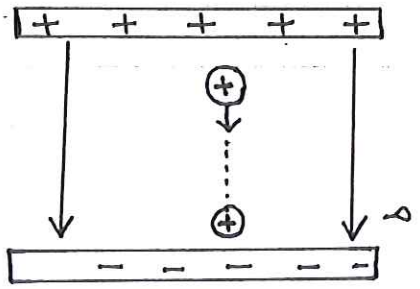
الجواب :

ⓐ لان الشحنة في هذه الحالة تنتقل من منطقة جهد مرتفع الى منطقة جهد منخفض فتقل طاقتها حسب العلاقة (طو = شـ جـ) .

ⓑ الحركة الحرة تكون بتأثير قوة ، وهي قوة محافظة ستحرك الشحنة الى مناطق الجهد المنخفض فتقل طاقة الوضع لها ولان الطاقة الميكانيكية محفوظة فان النقص في طاقة الوضع سيظهر على شكل زيادة في طحـ .

س١٣ : ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي :-

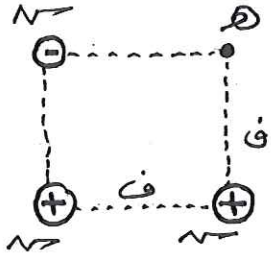
ⓐ



عندما تتحرك شحنة موجبة حرة في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل فان القوة الكهربائية تبذل عليها شغلاً :

أ موجباً ، فتزداد طاقة الوضع .
ب سالباً ، فتقل طاقة الوضع .
ج موجباً ، فتقل طاقة الوضع .
د سالباً ، فتزداد طاقة الوضع .

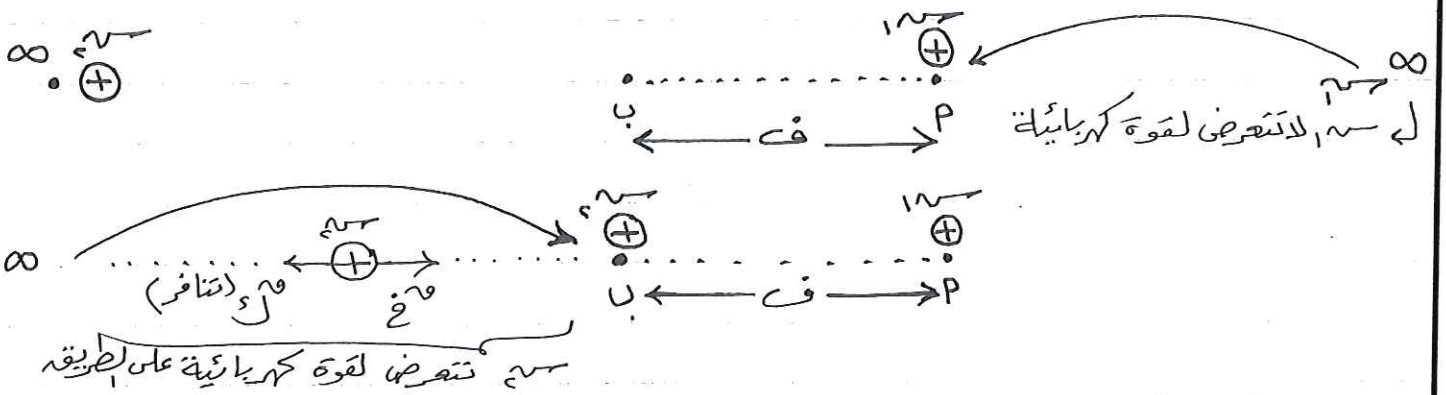
ⓑ عند وضع ثلاث شحنات نقطية متساوية في المقدار عند رؤوس المربع في الشكل فان الجهد عند (هـ) يساوي :



أ $\frac{2 ش}{ف}$ ب $\frac{3 ش}{ف}$

ج $\frac{2 ش}{ف^2}$ د $\frac{3 ش}{ف^2}$

طاقة الوضع الكهربائية لنظام يتألف من شحنتين نقطيتين



لبناء نظام يتكون من شحنتين موجبتين (ش١، ش٢) بينهما مسافة (ف) كانتا أصلاً بعيدتين جداً عن بعضهما نتبع ما يأتي :-

① ننقل ش١ من (∞) الى (P) وهذا لا يتطلب جذل شغل لانها لا تتعرض لمجال أو قوة كهربائية ، لانه ش٢ بعيدة جداً عنه P.

② ننقل ش٢ من (∞) الى (ب) بسرعة ثابتة بفعل قوة خارجية (ق خ) للتغلب على قوة التنافر الكهربائية (ق ك) مع ش١ ، حيث تبذل (ق خ) شغلاً يُخزّن على شكل طاقة في النظام المكوّن من (ش١، ش٢) .. لذلك :

طو النظام = ش (خ) = ش٢ (ح ب − ح ∞)
∞ ← ب

ح عند ب = ح عن ش١ فقط

ح ب = P = ش١ / ف .

ح ∞ = صفر .

∴ طو ٠ = ش٢ (P ش١ / ف − ٠)

∴ **طو = P ش١ ش٢ / ف**

ويجب الانتباه الى أن ⟸ **طو ① = طو ② = طو (النظام)** ... الطاقة المخزونة في كلتا الشحنتين متساوية

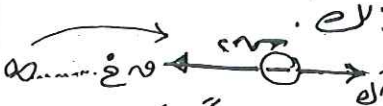
س١ : اذا كانت الشحنتان متشابهتين في النوع فانه طاقة الوضع للنظام تكون موجبة ... فسر ذلك .

س٢ : نظام يتكون من شحنتين نقطيتين سالبتين طاقة وضعه تكون موجبة ... فسر ذلك .

جواب ① و ② :

لانه تقريب شحنتين متشابهتين في النوع بسرعة ثابتة من اللانهاية حتى تصبح المسافة بينهما (ف) يتطلب التأثير بقوة خارجية على إحداهما فتبذل شغلاً للتغلب على قوة التنافر الكهربائية ويظهر هذا الشغل على شكل زيادة في طاقة الوضع الكهربائية للنظام .

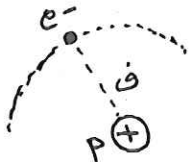
س٣ : إذا كانت الشحنتين مختلفتين في النوع تكون طاقة الوضع للنظام سالبة ... فسر ذلك .



لانه الشحنتين كانتا بعيدتين جداً وتقريبهما لمسافة (ف) بسرعة ثابتة يتطلب التأثير بقوة خارجية في احداهما بعكس قوة التجاذب فتبذل (وخ) شغلاً يسحب طاقة من النظام فتصبح طاقة الوضع سالبة للنظام .

(أ) اقتراب شحنتين من بعضها يكون بفعل (وك) قوة التجاذب وهذه تعمل دائماً على انقاص طاقة الوضع لذلك فعل طاقة النظام ستكون طاقة سالبة

س٤ : يفصل بين الالكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين مسافة ($٥,١٤ \times ١٠^{-١١}$ متر) احسب طاقة الوضع الكهربائية لذرة الهيدروجين

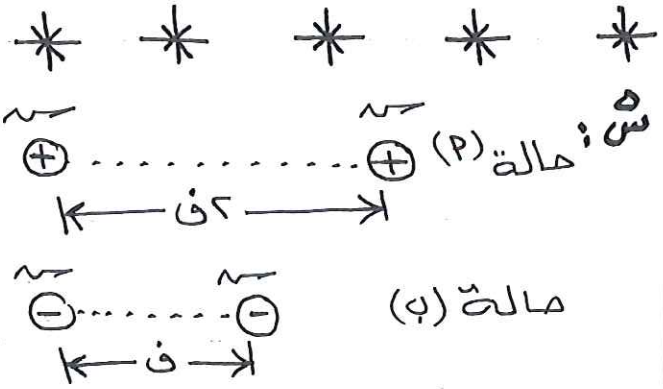


$$طو_{ا} = \frac{P \times ن^{٢} \times e}{ف}$$

$$= \frac{١٩- \quad ١٩- \quad ٩}{١١- \quad ١٠ \times ٥,١٤} \frac{١٠ \times ١,٦ \times ١٠ \times ١,٩}{}$$

$$= \frac{١٨- \quad ٣٨-}{١٠ \times ٥,١٤} \quad ١٠ \times ٢,٥٦ \quad ١٠ \times ١,٩$$

$$= ١٠ \times ٤,٥^{-١٨}$$ جول .



حسب الشكل اعلاه قارن بين مقدار طاقة الوضع للنظام في الحالتين (P ، ب) .

الحل :

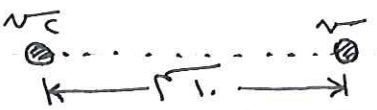
$$طو_{P} = P \frac{ن^{٢} \times e}{ف٢} = \frac{١}{٢}\left(P \frac{ن^{٢} \times e}{ف}\right)$$

$$طو_{ب} = P \frac{ن^{٢} \times e}{ف}$$

$$\therefore طو_{P} = \frac{١}{٢} طو_{ب}$$

$$طو_{P} < طو_{ب}$$

س٦ :



في الشكل شحنتان نقطيتان متماثلتان في النوع اذا كانت طاقة الوضع المخزونة في النظام المكونة منهما (٢٧٢.٠ جول) فاحسب :-

① مقدار كل من الشحنتين .

② الشغل الذي كبذله القوة الكهربائية لنقل الشحنة (سـ) من موقعها الى اللانهاية

س٧ :

اذا كانت الطاقة المخزونة في الشحنة (سـ) تساوي (-٥ جول) فان الطاقة المخزونة في الشحنة (-٢سـ) بوحدة (جول) :-

P +١٠	U +٥	هـ -٥	S -١٠

س٨ : (اختياري)

كرتان صغيرتان متماثلتان في أبعاد الاقطار تحملان شحنتين (سـ، ٣سـ) والمسافة الفاصلة بينهما (١ م)، الطاقة المخزونة في كل منهما (-١٠٨.٠ جول) تلامست الكرتان وابعدتا حتى أصبحت المسافة بينهما (٢م) فكانت الطاقة المخزونة (١٨.٠ جول) اوجد شحنة كل كرة .

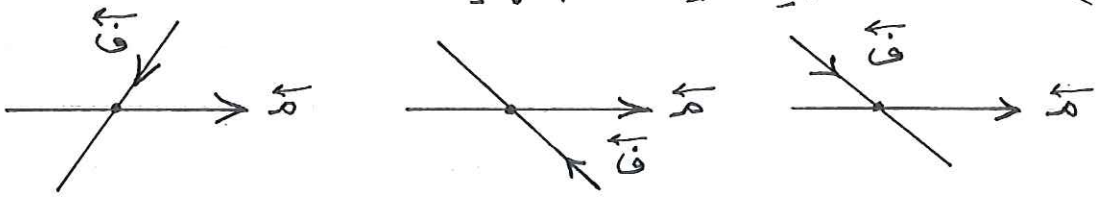
(إرشاد : عند تلامس الكرات المتماثلة تتوزع الشحنة بينهما بالتساوي)

الجواب : إحدى الشحنتين
(٦-١٠٦.٠ كولوم والأخرى -٦-١٠٢.٠ كولوم)

فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم

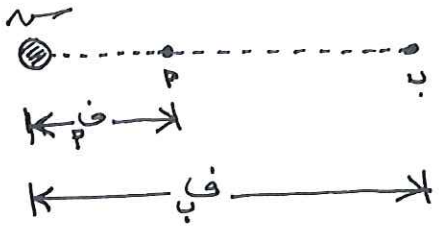
* الزاوية بين متجهين : هي الزاوية بين ذيلي المتجهين بعد خروجهما من نفس نقطة التقاطع .

(تمرين) : حدد الزاوية بين المتجهين ($\vec{م}$ ، $\vec{ف}$) :



فرق الجهد في المجال غير المنتظم

* مصدر المجال شحنات نقطية
* عندما يكون مصدر الجهد شحنات نقطية نحسب جهد كل نقطة لوحدها ثم نطرح .

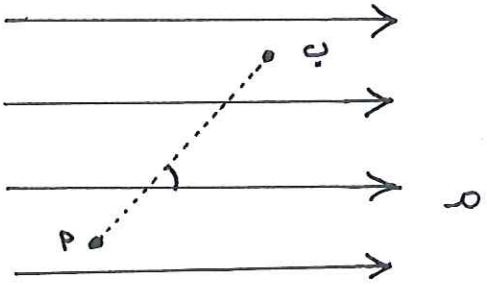


$ح_{ب} = ح_{م} - ح_{ب}$

$= \frac{ش}{ف_{ام}} - \frac{ش}{ف_{اب}}$

فرق الجهد في المجال المنتظم

* مصدر المجال صفيحتي المواسع .
* في المجال المنتظم لا يوجد قانون مباشر يحسب الجهد عند نقطة واحدة فقط ... القانون مخصص لحساب فرق الجهد ....



لاحظ : $ح_{م} > ح_{ب}$ لأن (P) أقرب لمصدر الجهد الموجب .

هنا :-

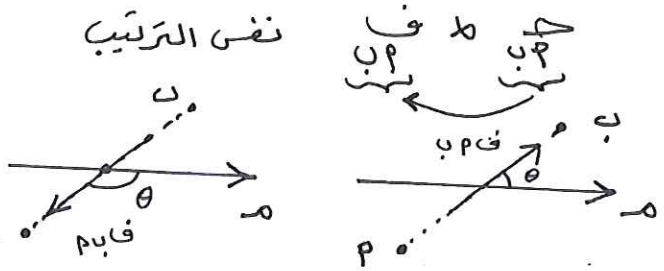
$ح_{ب} - ح_{م} = ه ف_{م ب} \cos\theta$

- $ف_{م ب}$: متجه الازاحة من P الى ن .
- θ : الزاوية بين متجه المجال ($\vec{ه}$) والازاحة $\vec{ف}_{م ب}$.

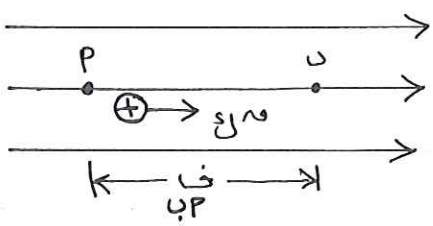
ملاحظة هامة

هنا يجب الانتباه لترتيب الرموز ، لأن تغيّر رموز (ف) سيغيّر الزاوية (θ)

نفس الترتيب



إشتقاق العلاقة :-



في الشكل سُحنة موجبة وضعت ضمن مجال كهربائي منتظم فتحركت بفعل القوة الكهربائية ($\vec{ق}$)، وقطعت إزاحة (ف) من (P) الى (ب) فان القوة الكهربائية تبذل شغلاً يُحسب كما يلي :

$$ش_{P \leftarrow ب}(ك) = \vec{ق} \cdot \vec{ف}_{P ب} = ق \, ف \, حتا\theta$$

$\theta \Leftarrow$ بين $\vec{ف}_{P ب}$ و $\vec{ق}$ (أو $\vec{م}$)

لكنه $ش_{P ب}(ك) = -$ س جـ$_{P ب}$

و $\vec{ق} =$ س $\vec{م}$

$$\therefore -\text{س}\,\text{جـ}_{P ب} = \text{س}\,م \, ف \, حتا\theta$$

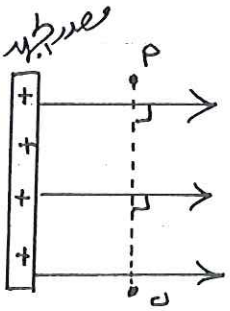
$$-\text{جـ}_{P ب} = م \, ف \, حتا\theta$$

لكن $-\text{جـ}_{P ب} = \text{جـ}_{ب P}$

$$\therefore \text{جـ}_{ب P} = م \, ف \, حتا\theta \quad \#$$

* * * *

ملاحظات :-



① اذا كانت النقطتان (P، ب) تقعان على سطح عمودي على المجال ؛ فان :

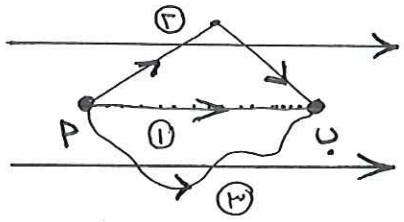
جـ$_{P ب}$ = م ف حتا٩٠ = صفر

$\therefore$ جـ$_P$ − جـ$_ب$ = صفر $\Leftarrow$ (جـ$_P$ = جـ$_ب$)

هذا يعني أنه كل النقاط من P الى ب طا نفس الجهد اي أنها تقع على سطح تساوي جهد .

نتيجة : السطح المتعامد مع المجال الكهربائي هو سطح تساوي جهد .

② فرق بين نقطتين لا يختلف باختلاف المسار بينهما ، وهذا يعود الى أنه القوة الكهربائية محافظة لا يلعب شغلاً على المسار .



جـ$_{P ب}$ عبر ① = جـ$_{P ب}$ عبر ② = جـ$_{P ب}$ عبر ③

بالتالي اذا لم يحدد السؤال المسار الذي نسلكه فإننا نختار المسار الذي يسهل العمليات الحسابية الذي يحتوي على زوايا مثل (١٨٠، ٩٠، صفر)

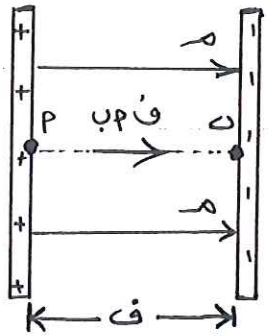
تذكر : حتا(صفر) = ١ ، حتا(١٨٠) = −١

* حتا(زاوية) = − حتا(متمماتها)

③ من خلال العلاقة $حـ_{ب} = م ف_{ب} \cos\theta$ نستنتج وحدة قياس جديدة للمجال.

$$[م] = \frac{[حـ_{ب}]}{[ف_{ب} \cos\theta]} = \frac{\text{فولت}}{\text{متر}}$$

فرق الجهد بين لوحي مواسع



ب ← اللوح الموجب

ن ← اللوح السالب

ف = $ف_{ب}$ المسافة بينهما اللوحين

$حـ_{ب}$ ← فرق الجهد بينهما.

$حـ_{ب} = م ف_{ب} \cos 0$

يمكنه ازالة الرموز (ب، ن) لكن مع الاحتفاظ بالمعنى:-

$حـ = م ف$ .... فرق الجهد بين لوحي مواسع ....

حيث $(حـ = حـ_{+} - حـ_{-})$

أو

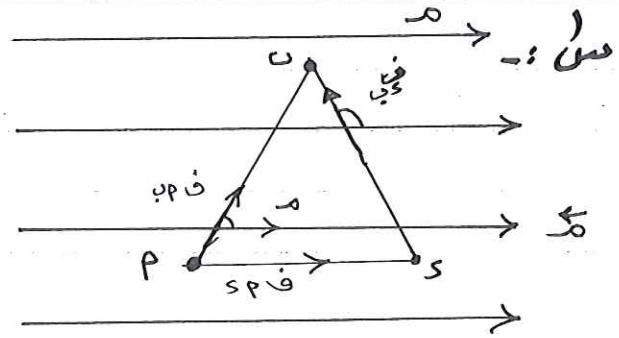
(فرق الجهد بين لوحي مواسع) = (جهد اللوح الموجب) − (جهد اللوح السالب) = $م ف$

ويمكنه اعتبارها علاقة لحساب المجال بين لوحي مواسع

$\left(م = \frac{حـ}{ف}\right)$ بالاضافة الى $\left(م = \frac{ك}{\varepsilon_{0}}\right)$

← هذه العلاقة تعني أن المجال هو مقياس لتغير الجهد بالنسبة لتغير الموقع.

مثال:-



في الشكل مثلث ب ن ء متساوي الاضلاع طول ضلعه (٢٠ سم) محصور في مجال كهربائي منتظم مقداره (١٠٠ فولت/متر) أوجد:

① $حـ_{ب}$

② الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لتحريك شحنة 5 µC من ب الى ء

③ الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل شحنة 5 µC من ء الى ب.

④ إذا كان جهد النقطة (ب) يساوي (٣٠ فولت) احسب طاقة الوضع المخزونة في شحنة 5 ميكروكولوم توضع عند (ب).

الحل: ① $حـ_{ب} = م ف_{ب} \cos\theta$ ... $\theta = 60°$

$= (100)(20 \times 10^{-2}) \cos 60$

$= 20 \times \frac{1}{2} = 10$ فولت.

③ $ش(ك) = -ش_{ب \leftarrow ء}$ ... $\theta = 120°$

$= -(5 \times 10^{-6})(-10)$

$= 50 \times 10^{-6}$ جول

$حـ_{ب} = م ف_{ب} \cos 120$

$= (100)(0.2)(-\cos 60)$

$= 20 \times \frac{1}{2} = -10$ فولت

③ $ش(غ) = -ش_{ء \leftarrow ب}$

$= (5 \times 10^{-6})(20)$

$= 100 \times 10^{-6}$ جول

$حـ_{ء ب} = م ف_{ء ب} \cos 0$

$= (100)(0.2)(1)$

$= 20$ فولت

④ $ط_و = سـ_{جـ}$

$ط_و = (٢\times١٠^{-٦})(٢٠)$

$= ٤\times١٠^{-٦}$ جول

لمعرفة $جـ_ب$ نستفيد منه $جـ_م$

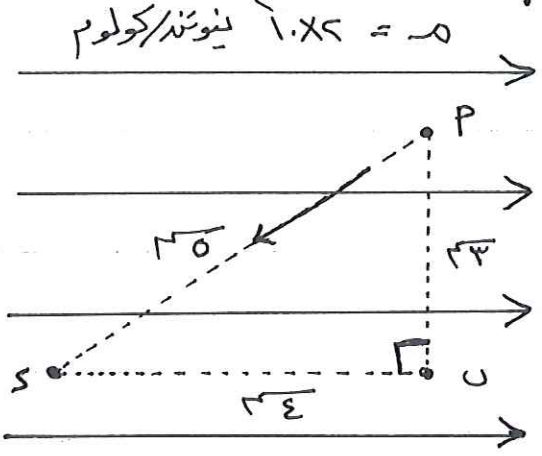
$جـ_{ب} = جـ_م - جـ_ب$

$١٠ = ٣٠ - جـ_ب$

$جـ_ب = ٢٠$ فولت

✳ ✳ ✳ ✳

س٢ :



معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل أوجد :-

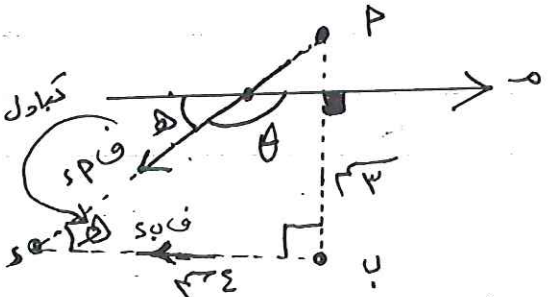
① $جـ_{sp}$ عبر المسار $P \leftarrow s$

② $جـ_{sp}$ عبر المسار $P \leftarrow ب \leftarrow s$

الحل :

① $جـ_{sp} = م_{sp} ف_{sp} \cos\theta$

(θ) الزاوية بين $م$ ، $ف_{sp}$ وهي زاوية منفرجة ... تحدي هي (هـ)



لاحظ : $\cos\theta = -\cos هـ = -(\frac{٤}{٥})$

$= -٠٫٨$

$\therefore جـ_{sp} = (٢\times١٠^{٢})(٥\times١٠^{-٢})(-٠٫٨)$

$= -٨$ فولت .

② $جـ_{sp}$ عبر المسار $P \leftarrow ب \leftarrow s$

$جـ_{sp} = جـ_{bp} + جـ_{sb}$

$= م_{bp} ف_{bp} \cos ٩٠ + م_{sb} ف_{sb} \cos ١٨٠$

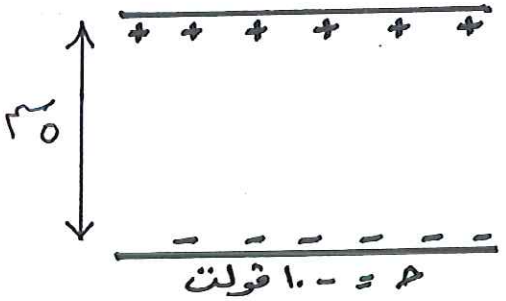
$= صفر + (٢\times١٠^{٢})(٤\times١٠^{-٢})(-١)$

$= -٨$ فولت .

لاحظ لاختلاف فرق الجهد بينهما لاختلاف المسار بينهما .

✳ ✳ ✳ ✳

س٣ :

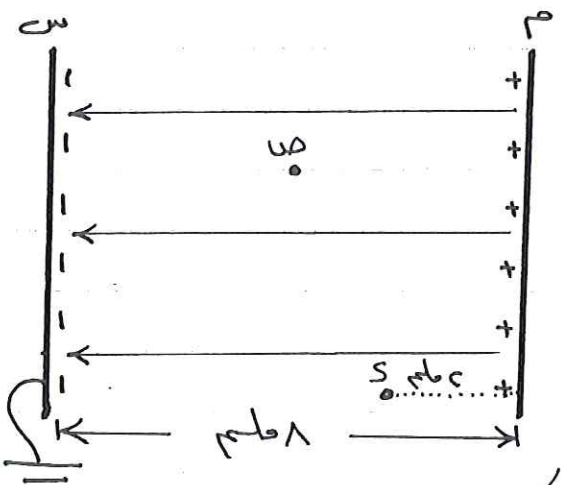


في الشكل صفيحتان موازيتان بالاعتماد على القيم الموضحة :

① أوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي بينهما .

② أوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على الكترون يوضع بينهما .

س :-



في الشكل صفيحتان متوازيتان إحداهما تحمل شحنة موجبة والأخرى سالبة (+سـ ، -سـ) ، مساحة الواحدة (١٠٠ سم٢) والبعد بينهما (٨ ملم) وفرق الجهد بينهما عندما يساوي (٤٠ فولت) والصفيحة السالبة موصولة بالأرض ، إعتبر :

$سـ = ١٫٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم

$\in_{\circ} = ٨٫٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم^{٢}/نيوتن.م^{٢}

أجب عما يلي :-

(١) ما مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على الكترونة يوضع بينهما .

(٢) ما قيمة الشحنة على كل صفيحة .

(٣) إحسب الشغل الذي لبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة (٥ ميكرو كولوم) من الصفيحة الموجبة الى السالبة .

(٤) احسب شغل القوة الخارجية اللازم لنقل شحنة (٢ ميكرو كولوم) من المنتصف الى الصفيحة الموجبة .

(٥) ما جهد نقطة بين الصفيحتين تبعد عن الموجبة (٢ ملم) .

الحل :- $ح = ٤٠$ فولت $\Leftarrow (ح = ح_{+} - ح_{-})$

$ح_{م} - ح_{ص} = ٤٠$ ، ($ح_{ص}$ = صفر)

$ح_{م} - ٠ = ٤٠ \Leftarrow (ح_{م} = ٤٠$ فولت)

(١) في $ك_{٢}$: $سـ = م$ ، لإيجاد (م) :

$ح = م ف$

$م = \frac{ح}{ف} = \frac{٤٠}{٨ \times ١٠^{-٣}} = (١٫٦ \times ١٠^{-١٩})(٥ \times ١٠^{٣})$

$= ٨ \times ١٠^{-١٦}$ نيوتن

$م = ٥ \times ١٠^{٣}$ فولت/م

والقوة بعكس اتجاه م ..... (-)

(٢) $م = \frac{ص}{\in_{\circ}} \Leftarrow ص = م \times \in_{\circ}$

$\therefore ص = ٥ \times ١٠^{٣} \times ٨٫٨٥ \times ١٠^{-١٢}$

$= ٤٤٫٢٥ \times ١٠^{-٩}$ كولوم/م^{٢}

لكنه $ص = \frac{سـ}{P} \Leftarrow سـ = ص \times P$

$\therefore سـ = ٤٤٫٢٥ \times ١٠^{-٩} \times ١٠٠ \times ١٠^{-٤}$

$= ٤٤٫٢٥ \times ١٠^{-١١}$ كولوم

(وهي شحنة كل صفيحة) .

(٣) $ش(ك) = -سـ \int_{م}^{س} م \, ع$

لاحظ $ح_{س} = ٤٠$ فولت $\rightarrow ح_{م} = -٤٠$ فولت

أو $ح_{م} - ح_{س} = م ف$ حتا $(١٨٠)^{\circ} = (٥ \times ١٠^{٣})(٨ \times ١٠^{-٣})(-١)$

$= -٤٠$ فولت .

$\therefore ش(ك) = (٥ \times ١٠^{-٦})(-٤٠)$

$= -٢ \times ١٠^{-٦}$ جول .

④ $ش(غ) = -\int_{\infty}^{م} ق\,ص$

$جـ_م = م_ف حتا(٠)(٥\times١٠^{٣})(٤\times١٠^{-٣})(١)$

$= ٢٠$ فولت.

$\therefore ش(غ)_{\infty \leftarrow م} = (٢\times١٠^{-٦})(٢٠)$

$= ٤٠\times١٠^{-٦}$ جول.

⑤ لتكن النقطة (ك):

نجد فرق الجهد بين (ك) ونقطة أخرى معلومات ...

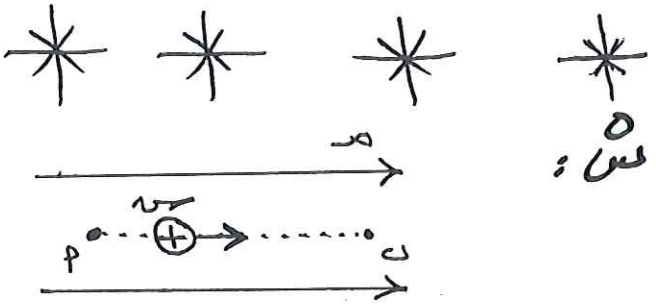
لاحظ $جـ_ك = ٠$ ، $جـ_م = ٤٠$ فولت.

$جـ_ك - جـ_م = م_ف حتا(\theta)$

$(٠ - ٤٠) = (٥\times١٠^{٣})(٦\times١٠^{-٣})(حتا\ ٠)$

$-٤٠ = ٣٠ \Leftarrow جـ_ك = -٣٠$ فولت.

حاول!! ايجاد $جـ_ك$ من حساب $جـ_م$



بروتون كتلته (ك) وشحنته (ق) انطلق من حالة السكون عند (أ) نحو (ب) في مجال كهربائي منتظم إذا كان فرق الجهد بين (أ، ب) هو (م) أثبت أن سرعة البروتون عند (ب) تعطى بالعلاقة:

$ع = \sqrt{\frac{٢ق م}{ك}}$

الحل: هنا يتحرك البروتون تحت تأثير القوة الكهربائية .. وبما أنه النظام محافظ فإنه:

$ش(ك) = \Delta ط_{حـ}$

$أ \leftarrow ب$

$\Downarrow$

$ق م = ط_{حـ ب} - ط_{حـ أ}$

لكنه:- $ع_أ = صفر$ ، $ط_{حـ أ} = ك ع_ب^{٢}$

$\therefore ق م = \frac{١}{٢} ك ع_ب^{٢} - صفر$

$\Leftarrow ط_{حـ ب} = ق جـ_ب$ ، $ع_ب = ع$

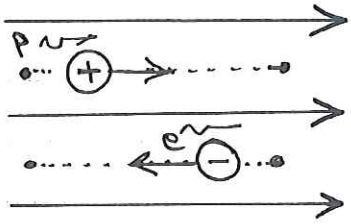
$\therefore ق م = \frac{١}{٢} ك ع^{٢}$

$\Leftarrow ع = \sqrt{\frac{٢ق م}{ك}}$

$\therefore ع = \sqrt{\frac{٢ق م}{ك}}$.

وهذه العلاقة تستخدم لحساب سرعة الجسيمات الذرية المتحركة عبر فرق جهد عالٍ لأنها تكون سرعة كبيرة جداً يصعب قياسها عملياً باستخدام أجهزة القياس.

س٦ :-



تحرك بروتون والكترون من السكون داخل مجال منتظم باتجاهين متعاكسين فقطع كل منهما نفس الازاحة فاذا علمت أن $ك_e = \frac{1}{1840} ك_p$ ... في نهاية الازاحة :

① قارن سرعة الالكترون والبروتون.

② قارن بين الطاقة الحركية لكل منهما.

الحل : ① بما أن القوة الكهربائية هي التي تبذل الشغل على (e ، p) فالنظام محافظ والشغل المبذول على كليهما متساوي لان الازاحة متساوية وقيمة الشحنة متساوية لكليهما ... لذلك

$$ش_{(e)}(ك) = ش_{p}(ك)$$

$$\Delta طح_{(e)} = \Delta طح_{p}$$

$$طح_{e}(٢) - طح_{e}(١) = طح_{p}(٢) - طح_{p}(١)$$

$$\therefore طح_{e}(١) = طح_{p}(١) = صفر$$ ... من السكون

$$\therefore طح_{(e)}(٢) = طح_{p}(٢)$$ ... حل فرعي ②

$$\frac{1}{2} ك_e ع_e^2 = \frac{1}{2} ك_p ع_p^2$$

$$\frac{ك_p}{ك_e} = \frac{ع_e^2}{ع_p^2}$$

ومنه

لكنه $ك_e = \frac{1}{1840} ك_p \Leftarrow \frac{ك_p}{ك_e} = 1840$

$$\therefore \frac{ع_e^2}{ع_p^2} = 1840$$

$$\therefore \frac{ع_e}{ع_p} = \sqrt{1840} \simeq 43$$

$$\therefore ع_e \simeq 43\, ع_p \Leftarrow ع_e > ع_p$$

وعكنه حل السؤال باستخدام نتيجة (س٥) :-

$$ع_e = \sqrt{\frac{2 ش ك}{ك_e}} \quad ، \quad ع_p = \sqrt{\frac{2 ش ك}{ك_p}}$$

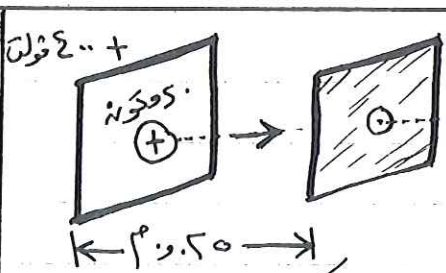
$$\frac{ع_e}{ع_p} = \frac{\sqrt{\frac{2 ش ك}{ك_e}}}{\sqrt{\frac{2 ش ك}{ك_p}}} = \sqrt{\frac{ك_p}{ك_e}}$$

$$= \sqrt{1840} \simeq 43$$

② $طح_{(e)}$ (نهائية) = $طح_{p}$ (نهائية)

الزيادة في الطاقة الحركية لكل منهما متساوية لان الشغل المبذول عليهما متساوي.

س٧ :- (واجب)



إنطلق بروتون من السكون في الحيز بين صفيحتين مشحونتين متوازيتين معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل ... إحسب :-

اعتبر ($ك_p = 1,6 \times 10^{-27}$ كغم)

① المجال الكهربائي بين الصفيحتين مقداراً و اتجاهاً .

② القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون مقداراً و اتجاهاً .

③ سرعة البروتون لحظة خروجه من السُقب .

الإجابات : ① $1,2 \times 10^{3}$ فولت/م ← ② $1,6 \times 10^{-16}$ نيوتن ←

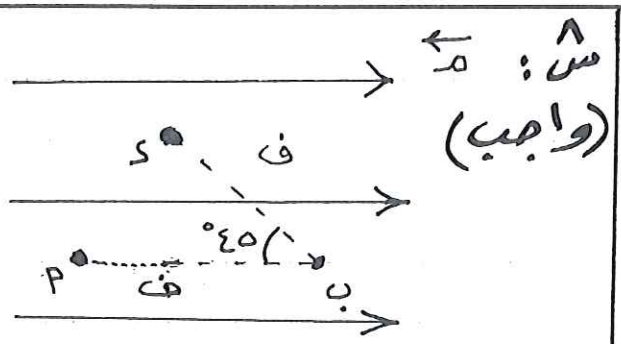
③ ع = 4×10^{5} م/ث

* يمكن حل فرع ③ باستخدام الشغل والطاقة الحركية أو معادلات الحركة .

أو نتيجة س٦ .

$ع = \sqrt{\frac{2 ك ش}{ك}}$

س٨ :- (واجب)



يبين الشكل ثلاث نقاط (P ، ف ، د) في مجال كهربائي منتظم مقداره (٦٠٠ فولت/متر) اذا كانت (ف د = ٥ سم) احسب :-

① $ح_{ب P}$.

② $ح_{ب د}$.

③ $ح_{د P}$ عبر المسار (P ← ب ← د) .

إعتبر (جتا ٤٥° = $\frac{1}{\sqrt{2}}$ = ٠,٧) .

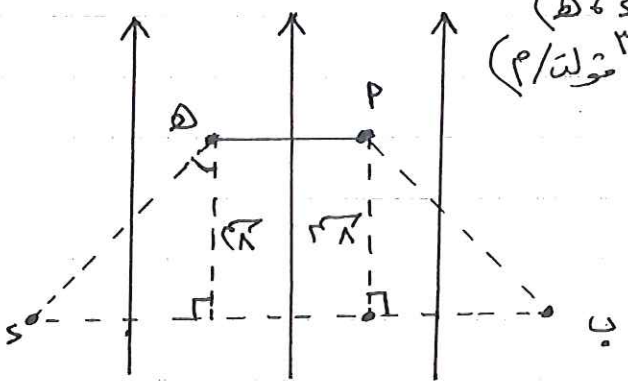
الإجابات :-

① $ح_{ب P}$ = ٣٠ فولت

② $ح_{ب د}$ = -٢١ فولت

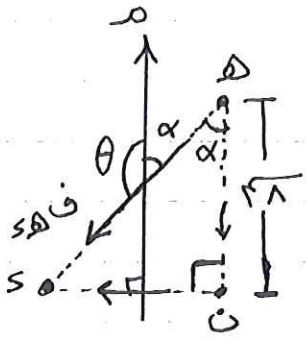
③ $ح_{د P}$ = ٩ فولت ⇐ ($ح_{د P} = ح_{ب P} + ح_{د ب}$)

س٩ :- بيين الشكل أربع نقاط (م، ن، ه، ك) تقع في مجال كهربائي منتظم مقداره (١٠ فولت/م)
أحسب :



(أ) $\Delta جـ_{هـ ك}$

(ب) شغل القوة الكهربائية عند نقل شحنة (١٠×١) كولوم من ب الى هـ عبر المسار (ب ← م ← هـ).



الحل : (أ) $\Delta جـ_{هـ ك} = م \times ف_{هـ ك} \times جتا \theta$

لاحظ ← $\theta + \alpha = ١٨٠°$

$\therefore جتا \theta = - جتا \alpha$

$جتا \theta = - \frac{١٠ \times ٨}{ف_{هـ ك}}$

$= ١٠ \times ف_{هـ ك} \times - \frac{١٠ \times ٨}{ف_{هـ ك}}$

$= - ٨٠$ فولت.

(أو) عبر المسار هـ ← ن ← ك

$\Delta جـ_{هـ ك} = \Delta جـ_{هـ ن} + \Delta جـ_{ن ك}$

$= م \times ف_{هـ ن} \times جتا ١٨٠ + م \times ف_{ن ك} \times جتا ٩٠$

$= (١٠)(١٠ \times ٨^{-٢})(-١) + صفر$

$= - ٨٠$ فولت.

(ب) $ش_{(ك)} = - \Delta جـ_{ب هـ}$
ب ← هـ

$\Delta جـ_{ب هـ} = \Delta جـ_{ب م} + \Delta جـ_{م هـ}$

$= صفر + - ٨٠$

$= - ٨٠$ فولت

$\therefore ش_{(ك)} = - (١٠ \times ١^{-٦})(-٨٠)$
ب ← هـ $= + ٨٠ \times ١٠^{-٦}$ جول

$\Delta جـ_{ب هـ} = \Delta جـ_{ب م} + \Delta جـ_{م هـ}$

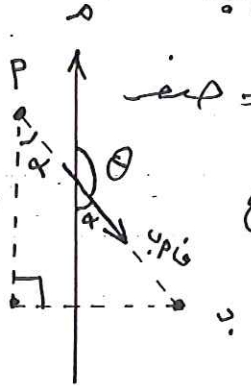
$\Delta جـ_{م هـ} = م \times ف_{م هـ} \times جتا ٩٠ = صفر$

$\Delta جـ_{ب م} = م \times ف_{ب م} \times جتا \theta$

مرة أخرى ←

$جتا \theta = - جتا \alpha$

$= - \frac{١٠ \times ٨}{ف_{ب م}}$

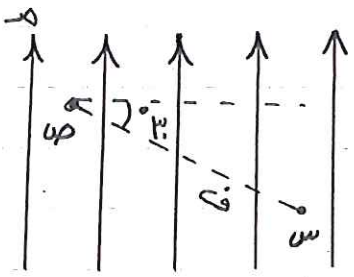


$\therefore \Delta جـ_{ب} = (١٠^{٣})(ف_{ب م})(- \frac{١٠ \times ٨}{ف_{ب م}})$

$= - ٨٠$ فولت

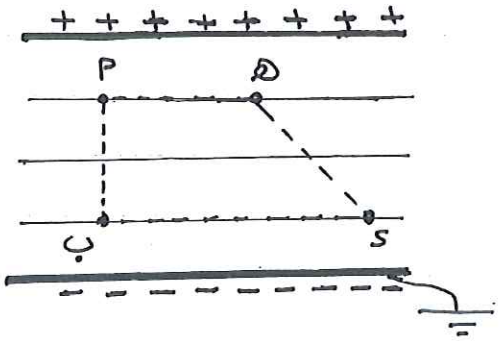
س١ : ضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة لكل مما يلي :-

(١) (س، ص) نقطتان تقعان في مجال كهربائي (م) والبعد بينهما (ف) كما في الشكل .. وعليه فان حص س :



(أ) م ف جتا١٨٠ (ب) م ف جتا١٢٠
(ج) م ف جتا٣٠ (د) م ف جتا١٥٠

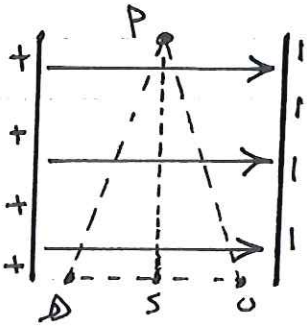
(٢)



(P، ب، s، هـ) أربع نقاط تقع في مجال كهربائي منتظم بينه لوحي مواسع تزداد طاقة الوضع لشحنة نقطية موجبة عند انتقالها من :-

(أ) s الى هـ (ب) s الى ب
(ج) P الى هـ (د) P الى ب

(٣) يكون التغير في طاقة الوضع مساوياً للصفر عند انتقال شحنة بينه لنقطتين :



(أ) (P، ب) (ب) (ب، هـ) (ج) (P، s) (د) (P، هـ)

س٢ : بين أنه فولت/م = نيوتن/كولوم

حل (الاول) : عن طريق تحليل وحدات القياس

$$\frac{\text{فولت}}{\text{م}} = \frac{\frac{\text{جول}}{\text{كولوم}}}{\text{م}} = \frac{\frac{\text{نيوتن.م}}{\text{كولوم}}}{\text{م}} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم}} \quad \#$$

حل (الثاني) : عن طريق قوانين المجال وفرق الجهد

$$\text{م} = \frac{\text{ق}}{\text{ش}} \Leftarrow \text{ق} = \text{ش م} \Leftarrow \text{ش} = \frac{\text{ق}}{\text{م}}$$

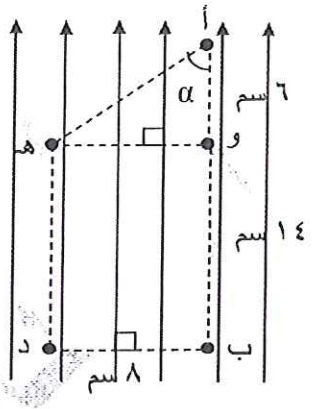
$$\text{حـ} = \text{م ف جتا} \theta \Leftarrow \text{م} = \frac{\text{حـ}}{\text{ف جتا} \theta}$$

$$\therefore \frac{\text{حـ}}{\text{ف جتا} \theta} = \frac{\text{ق}}{\text{ش}}$$

$$\therefore \frac{\text{فولت}}{\text{م}} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم}} \quad \#$$

أسئلة إضافية للطالب

سؤال ١٢ : يُؤثر مجال كهربائي منتظم مقداره (١٠٠٠ فولت/م) باتجاه (+ ص) كما في الشكل. أوجد ما يلي :
١) الشغل الكهربائي لنقل شحنة (٢ ميكروكولوم) من (هـ) إلى (أ). ٢) جـ هـا ٣) جـ دا



الحل: ١) ش هـا = $\overline{-}$ المقولة × جـ اهـ

جـ اهـ = جـ اوـ + جـ وهـ

= مـ (ف اوـ) جتا١٨٠ + مـ (ف وهـ) جتا٩٠

= ١٠٠٠ × ٦ × $١٠^{-٢}$ × -١ + صفر

= -٦٠ فولت

∴ ش هـا = $\overline{٢}$ × $١٠^{-٦}$ × -٦٠

= +١٢٠ × $١٠^{-٦}$ جول

٢) جـ هـا = جـ هـوـ + جـ وـا

= مـ (ف هـوـ) جتا٩٠ + مـ (ف وـا) جتا٠

= صفر + ٦٠ = ٦٠ فولت

٣) جـ دا = جـ دب + جـ با

= مـ (ف دب) جتا٩٠ + مـ (ف با) جتا٠

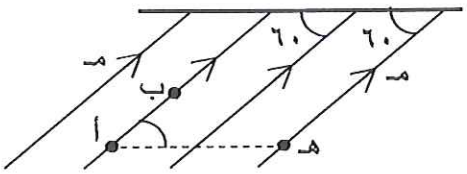
= صفر + ١٠٠٠ × ٢٠ × $١٠^{-٢}$ × ١

= ٢٠٠ فولت

سؤال ١٣ : في الشكل المجاور مجال كهربائي منتظم ، إذا كان جـ اهـ = ٥ فولت ، أ هـ = ٥سم ، أ ب = ٤ سم، أجب عما يلي:

١) احسب فرق الجهد بين (هـ) و (ب).

٢) إذا كان جهد النقطة (أ) = ١٠ فولت ، فاحسب الطاقة المخزونة في شحنة مقدارها (٥ × $١٠^{-٦}$) كولوم ، تُوضع عند (ب).



الحل: ١) نجد في البداية المجال (مـ)

جـ اهـ = مـ (ف اهـ) جتا٦٠

٥ = مـ × (٥ × $١٠^{-٢}$) × $\frac{١}{٢}$

⇦ مـ = ٢٠٠ فولت/متر

والآن :

جـ هـب = جـ هـا + جـ اب

= -٥ + مـ (ف اب) جتا٠

= -٥ + ٢٠٠ × ٤ × $١٠^{-٢}$ × ١

= ٣ فولت

٢) ط و(ب) = $\overline{-}$ × جـ ب

جـ اب = مـ (ف اب) جتا٠

= ٢٠٠ × ٤ × $١٠^{-٢}$ × ١

١٠ – جـ ب = ٨ ⇦ جـ = ٢ فولت

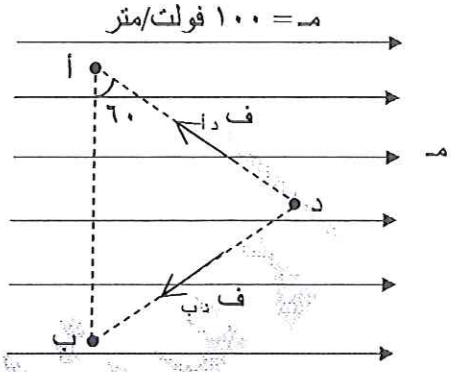
∴ ط و(ب) = (٥ × $١٠^{-٦}$) (٢)

= ١٠ × $١٠^{-٦}$ جول

أسئلة اضافية للطالب

سؤال ١٤ : في الشكل مثلث (أ ب د) متساوي الأضلاع طول ضلعه ١٠ سم ، احسب الشغل الكهربائي لنقل شحنة (٥ μC) من أ إلى د :

١) عبر المسار أ د ٢) عبر المسار أ ب د



الحل: ١) نجد اولا: جـ دا = مـ (ف دا) جتا ١٥٠

$= ١٠٠ \times ١٠ \times ١٠^{-٢} \times -\frac{\sqrt{٣}}{٢}$

$= -٥\sqrt{٣}$ فولت

ش ا د = $\overline{ش}$ × جـ دا

$= (٥ \times ١٠^{-٦})(-٥\sqrt{٣})$

$= -٢٥\sqrt{٣} \times ١٠^{-٦}$ جول

٢) عبر المسار أ ب د

ش ا ب د = ش ا ب + ش ب د

= $\overline{ش}$ × جـ ب ا + $\overline{ش}$ × جـ د ب

جـ ب ا = مـ (ف ب ا) جتا ٩٠ = صفر

جـ د ب = مـ (ف د ب) جتا ١٥٠ (أو – جتا ٣٠)

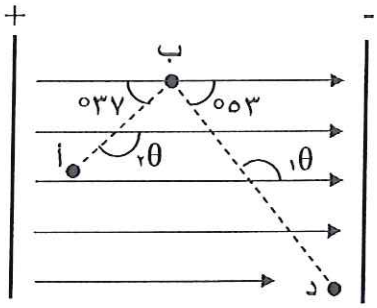
$= ١٠٠ \times ١٠ \times ١٠^{-٢} \times -\frac{\sqrt{٣}}{٢}$

$= -٥\sqrt{٣}$ فولت

∴ ش ا ب د = $\overline{ش}$ × صفر + $\overline{(٥ \times ١٠^{-٦})}$ $(-٥\sqrt{٣})$

$= -٢٥\sqrt{٣} \times ١٠^{-٦}$ جول

سؤال ١٥ : في الشكل التالي إذا كان فرق الجهد بين اللوحين ١٠٠ فولت والمسافة الفاصلة بينهما ٢٠ سم، إذا كانت أ ب = ٥ سم ، ب د = ١٠سم ، احسب الشغل الكهربائي لنقل شحنة مقدارها ٢ ميكروكولوم من أ إلى د



الحل: ش ا د = $\overline{ش}$ × جـ دا

$مـ = \frac{جـ}{ف} = \frac{١٠٠}{٢٠ \times ١٠^{-٢}} = ٥٠٠$ فولت/ م

جـ دا = جـ دب + جـ ب ا

= مـ ف دب جتا θ١ + مـ ف ب أ جتا θ٢

لاحظ أن جتا θ١ = – جتا ٥٣ = – ٠,٦

جتا θ٢ = – جتا ٣٧ = – ٠,٨

جـ دا = ٥٠٠ (١٠ × ١٠^-٢ × – ٠,٦ + ٥ × ١٠^-٢ × – ٠,٨)

= – ٣٠ + (– ٢٠) = – ٥٠ فولت

∴ ش ا د = $\overline{(٢ \times ١٠^{-٦})}$ (-٥٠)

$= -١٠٠ \times ١٠^{-٦}$ جول

سطوح تساوي الجهد

س١ : ما المقصود بسطح تساوي الجهد ؟

الجواب : هو السطح الذي يكون الجهد عند نقاطه جميعها متساوي ويساوي قيمة ثابتة .

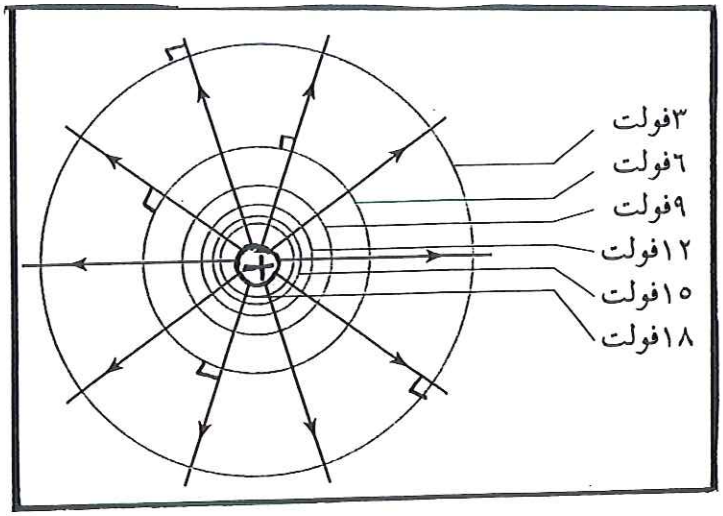
س٢ : ما أهمية (فائدة) سطوح تساوي الجهد ؟

الجواب : تساهم في فهم توزيع قيم الجهد حول شحنة كهربائية أو توزيع عدة شحنات .

س٣ : ماهي خصائص سطوح تساوي الجهد ؟

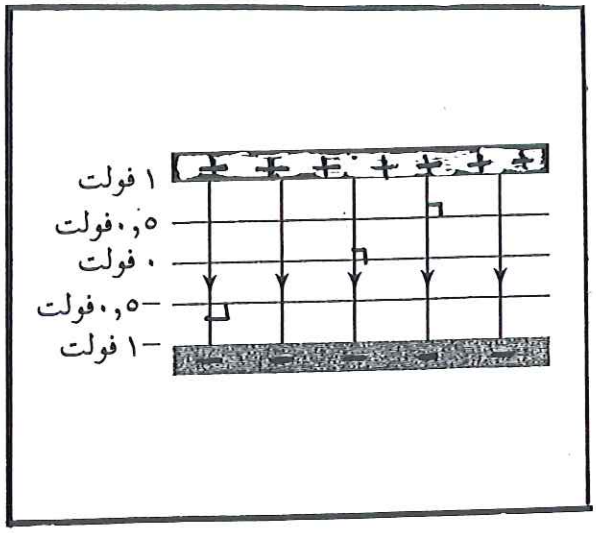
١ لاتتقاطع ، وتكون متقاربة عند منطقة المجال الكبير .
٢ متعامدة مع خطوط المجال الكهربائي .

سطوح تساوي الجهد للشحنة النقطية



١ سطوح كروية تقع الشحنة عند مركزها .
٢ تتقارب سطوح تساوي الجهد بالقرب من الشحنة لان قيمة المجال كبيرة .
٣ خطوط المجال متعامدة مع سطوح تساوي الجهد .

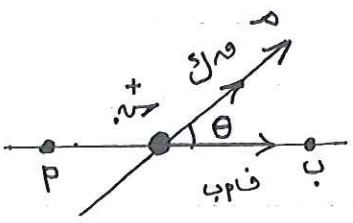
سطوح تساوي الجهد في المجال المنتظم لمواسع



١ سطوح مستوية موازية للصفائح .
٢ المسافات الفاصلة بين السطوح متساوية يدل ذلك على مجال منتظم ثابت المقدار .
٣ خطوط المجال متعامدة مع السطوح

س٤ : أثبت أن سطح تساوي الجهد عمودي على خط المجال .

الحل :-



في الشكل المجاور تخيل (P ، ب) نقطتين على سطح تساوي جهد وأنه خط المجال يصنع زاوية (θ) مع السطح ويراد حساب الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل (+ ١) من P الى ب ...

$$\left.\begin{array}{l} \because \text{جـ}_{ب} = \text{جـ}_{P} \\ \therefore \text{جـ}_{ب} - \text{جـ}_{P} = \text{صفر} \end{array}\right\} \quad \text{ش}_{P \leftarrow ب}(\text{ك}) = \text{ق} \times \text{ف}_{P ب} \times \text{جتا}\theta = -\text{ش}_{ب P}$$

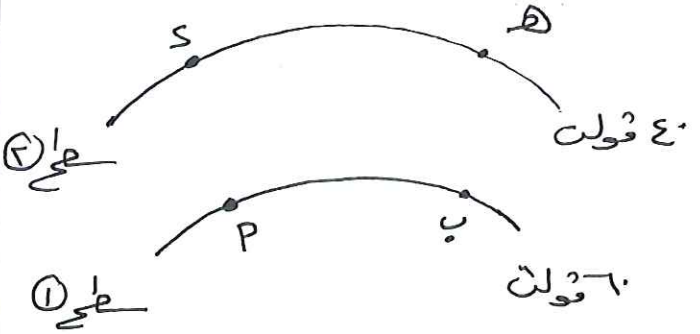
$$\text{ق} \times \text{ف}_{P ب} \times \text{جتا}\theta = \text{صفر}$$

لكنه $(\text{ق} \neq 0 \ ، \ \text{ف}_{P ب} \neq 0)$

$\therefore \text{جتا}\theta = \text{صفر}$ ← لذلك $\theta = ٩٠^\circ$

وهذا يعني أن م ⊥ سطح تساوي الجهد #

س٥ : الشكل يمثل سطحا تساوي جهد



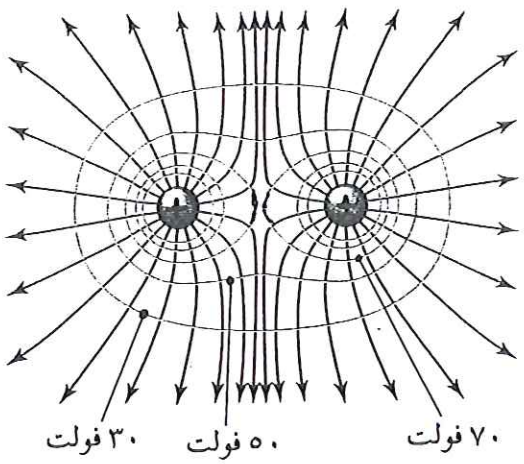
① أوجد $\text{جـ}_{ب}$ ، $\text{جـ}_{د}$ ، $\text{جـ}_{هـ}$

② شغل القوة الكهربائية المبذول لنقل شحنة ٢×١٠^{-٩} كولوم من ب الى د .

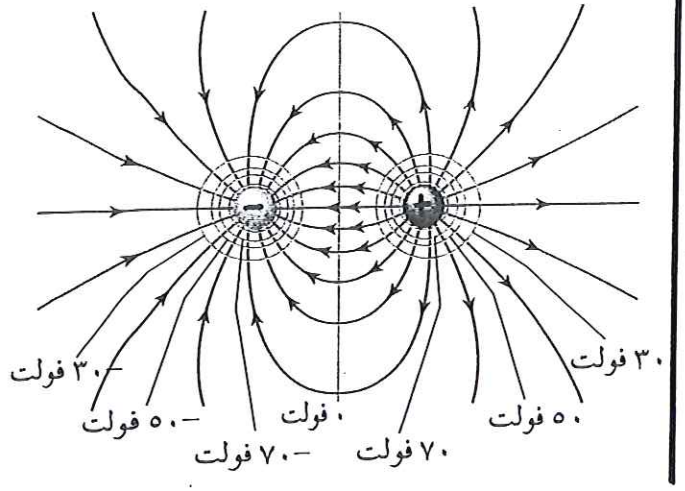
③ شغل القوة الخارجية اللازم لنقل الكترون من P الى هـ .

④ ارسم خطي مجال كهربائي على الشكل .

سطوح تساوي الجهد
لشحنتين (+س، +س)



سطوح تساوي الجهد
لشحنتين (+س، -س)

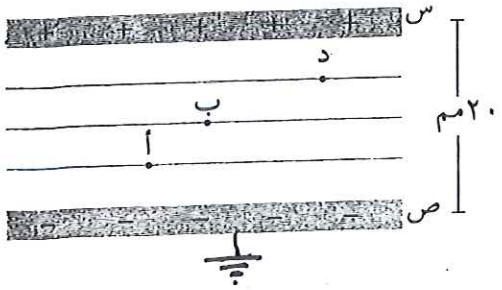


س٦ :

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) $م = \frac{حـ}{ف} = \frac{حـ_{+} - حـ_{-}}{ف} = \frac{٠ - ١٢٠٠}{٢٠ \times ١٠^{-٣}} = ٦٠ \times ١٠^{٣}$ فولت/متر باتجاه (ص)

(٢) نختار نقطة جهدها معلوم ... وهي الصفيحة السالبة ($حـ_{ص}$ = صفر)

ولمعرفة بعد النقاط (أ، ب، د) عن الصفيحة (ص) السالبة ....

بما أنه المسافة بين سطوح تساوي الجهد متساوية لأن المجال منتظم

فإنه المسافة بين كل سطحين $ف = \frac{٢٠}{٤} = ٥$ مم .

$حـ_{أ ص} = م \times ف$ حتا (٠) $= (٦٠ \times ١٠^{٣})(٥ \times ١٠^{-٣})(١) = ٣٠٠$ فولت

$\therefore حـ_{أ} - ٠ = ٣٠٠ \Leftarrow حـ_{أ} = ٣٠٠$ فولت

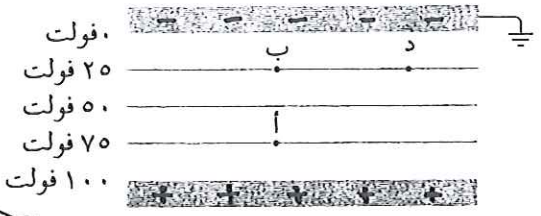
وبالمثل فإنه $حـ_{ب} = ٦٠٠$ فولت ← لاحظ فأ ص = ١٠ مم

$حـ_{د} = ٩٠٠$ فولت فأ ص = ١٥ مم

س٧ :- (واجب)

يبين الشكل . سطوح تساوي الجهد في الحيز بين صفيحتين موصلتين متوازيتين.

احسب:

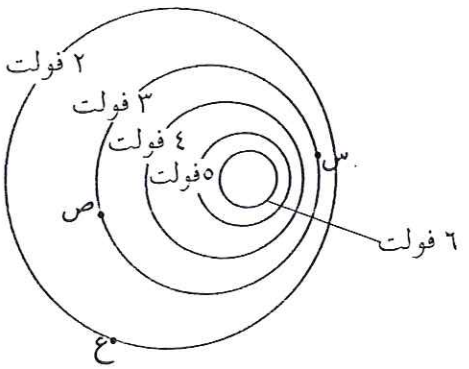


الاجابة:
① ٥٠ فولت
② صفر

١) فرق الجهد ($جـ_{أب}$).

٢) شغل القوة الكهربائية المبذول عند نقل شحنة (٢) نانوكولوم من (ب) إلى (د).

س : الشكل المجاور يمثل سطوح تساوي الجهد لتوزيع منه الشحنات ... أجب عما يلي



① هل الجهد عند (س) يساوي الجهد عند (ص) ؟ فسر اجابتك

② قارن بين مقدار المجال الكهربائي عند (س ، ص) مفسراً إجابتك .

③ احسب شغل القوة الخارجية اللازم لنقل بروتون من (ع) الى (ص) وبسرعة ثابتة.

الجواب : ① نعم $جـ_{س} = جـ_{ص}$ لأنهما تقعان على نفس سطح تساوي الجهد

② $م_{عند\ س} > م_{عند\ ص}$ لانه سطوح تساوي الجهد عند(س) متقاربة وعند(ص) متباعدة.

③ $ش(غ) = \frac{ش}{ف}(جـ_{ص} - جـ_{ع})$ ، ع ← ص

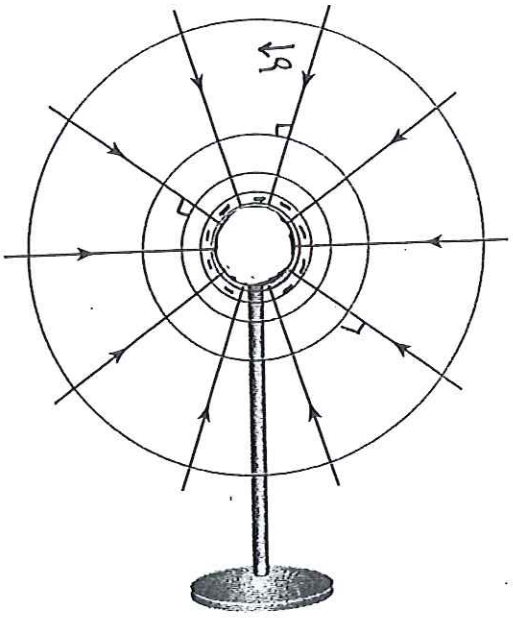
$= (١٫٦ \times ١٠^{-١٩})(٣ - ٢)$

$= ١٫٦ \times ١٠^{-١٩}$ جول.

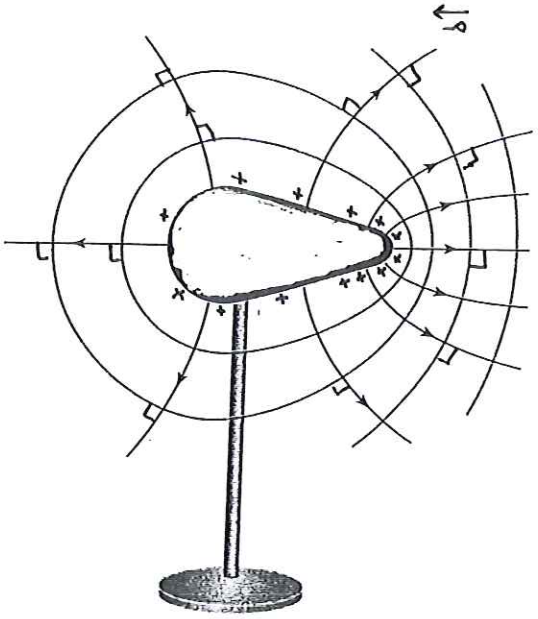
الجهد الكهربائي لموصل مشحون

* عند شحن موصل (كرة مثلاً) فان الشحنات تتنافر وتتباعد ، ويسمح لها الموصل بالانتقال لتستقر على سطحه الخارجي فقط فتكون متباعدة اكثر ما يمكنه .

* الموصلات المشحونة تولد حولها مجال كهربائي يعتمد على شكل الموصل .



* الشحنات تتوزع بانتظام على سطح الموصل الكروي لانه سطحه منتظم .



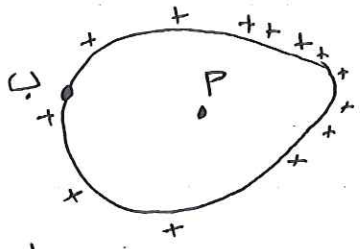
* موصل مخروطي الشحنات تتوزع بشكل غير منتظم عليه لانه شكله غير منتظم حيث تكون كثافة الشحنة السطحية اكبر ما يمكنه عند الرؤوس المدببة ومقارنة بالطرف الأقل تحدباً في نفس الموصل .

سؤال : يُعد سطح الموصل المشحون سطح تساوي جهد . علل .

بما أنه الشحنات ساكنة ومستقرة على سطح الموصل فهذا يعني أنه لا يوجد فرق في الجهد بين أي نقطتين على السطح اي أنه جميع النقاط الواقعة على السطح متساوية في الجهد .

سؤال: المجال الكهربائي داخل الموصل يساوي صفر . علل .

الجواب: لأن الشحنات مستقرة على السطح الخارجي للموصل بالتالي فإن الشحنة الكلية بداخله تساوي صفر فينعدم المجال بالداخل .

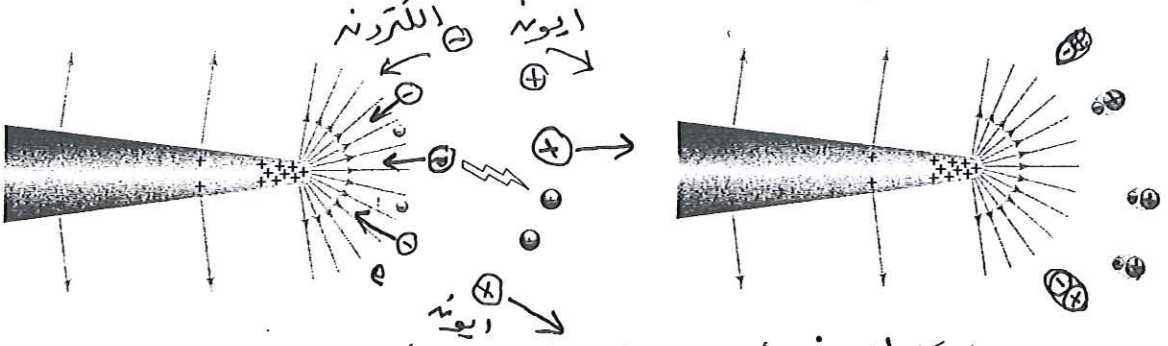


سؤال: الجهد عند أي نقطة داخل الموصل ثابتة ويساوي قيمة الجهد عند السطح . علل .

بما أنه المجال داخل الموصل يساوي صفر لأنه الشحنة تستقر على السطح الخارجي فانه لايلزم بذل شغل لنقل شحنة بينه نقطتين ضمنه تلك المنطقة فاذا كانت (P) نقطة داخل الموصل و (ب) نقطة على السطح فان ($ش_{ب \leftarrow P}$ = صفر) لذلك $ج_P - ج_ب$ = صفر وبالتالي $ج_P = ج_ب$.

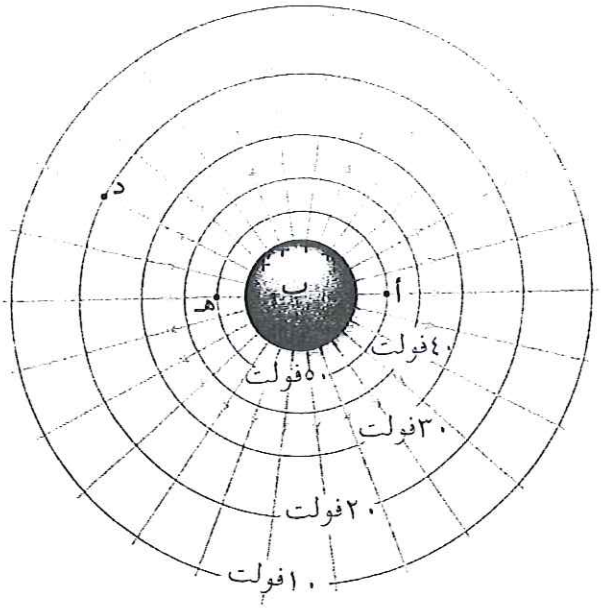
*

وتحدث ظاهرة بالقرب من الموصلات ذات الجهد الكهربائي العالي أو بالقرب من الرؤوس المدببة؛ إذ يتولد حول الرأس المدبب مجال كهربائي قوي يعمل على تأيين جزيئات الهواء في تلك المنطقة، لاحظ الشكل ادناه ، فيصبح الهواء موصلًا، ويحدث تفريغ كهربائي للشحنات في الهواء؛ أي ينشأ تيار كهربائي، فتظهر شرارة تشبه البرق.



الشكل **ليبين**: تأين جزيئات الهواء بالقرب من الرأس المدبب لموصل.

س١ معتمدًا على الشكل الذي يبين سطوح تساوي الجهد وخطوط المجال الكهربائي لموصل كروي مشحون أجب عما يأتي:



الشكل : سؤال (١).

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

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

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

س٢ لماذا يجب الحذر من الرؤوس المدببة عند التعامل مع أجسام فلزية ذات جهد كهربائي عالٍ؟

جواب ١ (أ) $م_ب < م_د < (م_أ = م_هـ)$

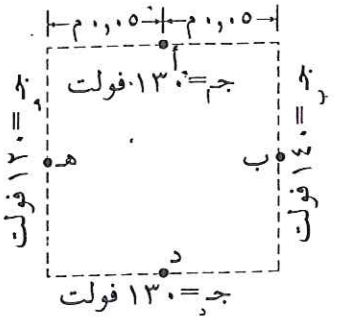
(ب) $ح_د < (ح_أ = ح_هـ) < ح_ب = ح_{سطحي}$.

(جـ) لا تتغيّر لأنه $ح_ب = ح_{سطحي}$ بالتالي $ط_ب = ط_{سطحي}$.

جواب ٢ لأن كثافة الشحنة تكون كبيرة عند الرؤوس المدببة فيتولّد حولها مجال كهربائي قوي يعمل على تأيين جزيئات الهواء فيصبح الهواء موصلاً ويحدث تفريغ كهربائي للشحنات في الهواء فينشأ تيار كهربائي فتظهر شرارة قوية تحدث ضرراً للأجسام الحية.

س ٣ :

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



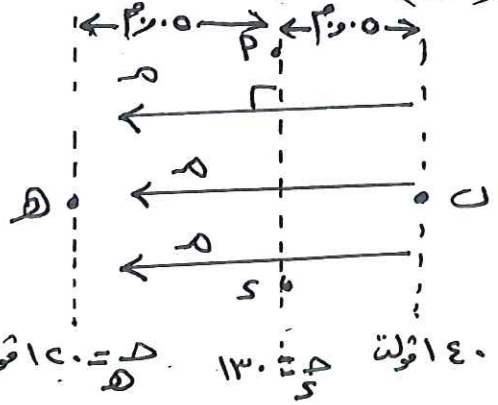
أ) ما المقصود بسطح تساوي الجهد؟

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

جـ) احسب مقدار المجال الكهربائي المنتظم.

الجواب: (أ) راجع الشرح ص ٣٤.

(ب) لاحظ أ، ب، د لها نفس الجهد ١٣٠ فولت ... السطح الواصل بينها هو سطح تساوي جهد ، المجال سيكون عمودي عليه لكنه اتجاه المجال من الجهد الكبير (١٤٠) الى الجهد الصغير (١٣٠) اي أنه اتجاه المجال سيكون (ش).



(جـ) لحساب المجال المنتظم ؟؟

يمكنه الاستفادة على سبيل المثال من $\frac{\text{جـ}_{ب} - \text{جـ}_{د}}{\text{ف}_{ب د}}$ أو $\frac{\text{جـ}_{هـ} - \text{جـ}_{د}}{\text{ف}_{هـ د}}$ أو $\frac{\text{جـ}_{ب} - \text{جـ}_{هـ}}{\text{ف}_{ب هـ}}$ ...

خذ مثلاً $\frac{\text{جـ}_{ب} - \text{جـ}_{هـ}}{\text{ف}_{ب هـ}} = \text{م}$ حيث ($\text{ف}_{ب هـ}$ = ٠)

$$\text{م} \times (٠,٠٥ + ٠,٠٥) \times ١ = ١٤٠ - ١٣٠$$

$$\text{م} = ١٠ \div ٠,١ = ١٠٠ \text{ فولت/م (ش)}$$

س ٤:

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

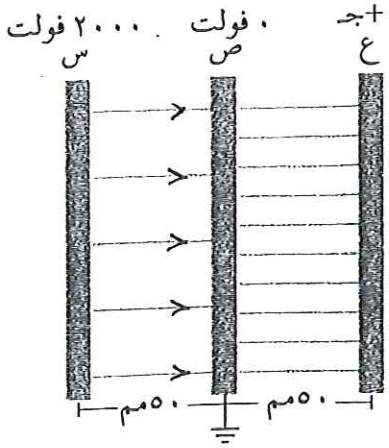
أ) كيف يتناسب عدد خطوط المجال الكهربائي مع كثافة الشحنة السطحية؟

ب) احسب:

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

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

٣) جهد الصفيحة (ع).



الجواب: (أ) يتناسب عدد خطوط المجال طردياً مع كثافة الشحنة السطحية.

(ب) (١) $م = \frac{ح}{ف} = \frac{ح_{(+)} - ح_{(-)}}{ف} = \frac{٢٠٠٠ - ٠}{٥٠ \times ١٠^{-٣}} = ٤٠ \times ١٠^{٣}$ فولت/م

(٢) لاحظ أن عدد خطوط المجال بين (ع، ص) = ١٠ خطوط

وأن عدد خطوط المجال بين (س، ص) = ٥ خطوط

لذلك ⇐ بالاعتماد على فرع (P) فإنه:

$ك_{عص} = ٢ ك_{سص}$ ... لكن $م = \frac{ك}{ه_{.}}$

$\therefore ك_{عص} = ٢ \times م_{سص} = ٢ \times ٤٠ \times ١٠^{٣}$

$= ٨٠ \times ١٠^{٣}$ فولت/متر.

ويكون اتجاه المجال بين (ع، ص) من ع الى ص

من الجهد الكبير الى الجهد الصغير اي باتجاه (ب)

(٣) $ك_{عص} = م_{عص} ف \cos(٠)$ ⇐ $ح_ع - ح_ص = ٨٠ \times ١٠^{٣} \times ٥٠ \times ١٠^{-٣} \times ١$

$ح_ع - ٠ = ٤٠٠٠$ ⇐ $ح_ع = ٤٠٠٠$ فولت