أساسيات الفيزياء

للثانوية العامة

Fundamentals of Physics

Rasheed M Taji

rastaji@hotmail.com

0777 46 10 11

في هذا الفصل...

الموضوع	القانون	الاستخدام
مفهوم الجهد الكهربائي	$جـ = \frac{ط_و}{٠٫٨}$ $\Delta جـ = \frac{\Delta ط_و}{٠٫٨}$ $ش_{خ} = ٠٫٨ (جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية})$ $ش_{ك} = - ٠٫٨ (جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية})$	لحساب جهد نقطة دون معرفة مصدر الجهد و يستخدم لحساب طاقة الوضع المختزنة في الشحنة عند نقطة و لحساب شغل القوة الخارجية و شغل القوة الكهربائية
الجهد الناشئ عن شحنة نقطية	$جـ = \frac{أ \times ٨٫٩}{ف}$ $جـ = أ (\frac{١٫٨}{ف_١} + \frac{٢٫٨}{ف_٢} + \frac{٣٫٨}{ف_٣} + ...)$	لحساب الجهد الكهربائي عند نقطة لشحنة نقطية أو عدة شحنات نقطية
طاقة الوضع الكهربائية	$ط_و = أ \frac{١٫٨ \times ٢٫٨}{ف}$	لحساب طاقة الوضع الكهربائية لنظام مكون من شحنتين نقطيتين
فرق الجهد في مجال منتظم	$جـ_{أ ب} = مـ ف جتا \theta$ أ ← ب ، $مـ$ ← ف $جـ = مـ ف$	لحساب فرق الجهد بين نقطتين في مجال منتظم . لحساب فرق الجهد بين صفيحتين

الجهد الكهربائي

مرشيد التاجي

مراجعة

يرتبط مفهوم الجهد بمفهوم طاقة الوضع ، فعندما نبذل شغلاً على جسم فإننا نخزن فيه طاقة ،و الشغل الذي نبذله لنقل وحدة الشحنات الكهربائية بسرعة ثابتة إلى نقطة ما في مجال كهربائي يخزن في الشحنة على شكل طاقة وضع ، فيكون جهد تلك النقطة هو طاقة وضع وحدة الشحنات عند تلك النقطة و لفهم موضوع الجهد لابد من مراجعة بعض المعلومات السابقة و المتعلقة بالشغل و الطاقة :

مفهوم الشغل

إذا أثرت قوة على جسم و حركته مسافة باتجاهها نقول أن القوة أنجزت شغلاً .

$ش = ق ف جتا\theta$ نيوتن.م و تسمى جول

يكون الشغل موجباً إذا كانت القوة باتجاه الإزاحة .

ويكون سالباً إذا كانت القوة عكس اتجاه الإزاحة .

و يكون الشغل صفراً إذا كانت القوة عمودية على الإزاحة ، أو إذا كانت الإزاحة الكلية تساوي صفراً

مفهوم الطاقة

الطاقة : هي القدرة على إنجاز الشغل ؛ فالجسم الذي يمتلك طاقة يستطيع أن ينجز شغلاً .

وللطاقة أشكال عدة ندرس منها في هذا المستوى الطاقة الكهربائية ، و الطاقة الميكانيكية و هي مجموع طاقة الحركة و طاقة الوضع :

$ط_م = ط_ح + ط_و$

- الطاقة الحركية : هي طاقة يمتلكها كل جسم متحرك :

$ط_ح = \frac{1}{2} ك ع^2$ كغ.م^2/ث^2 و تكافئ الجول

- طاقة الوضع (الطاقة الكامنة): هي الطاقة التي تختزن في الجسم بسبب موقعه في مكان ما . و لها عدة أشكال ندرس منها :

١- **طاقة وضع الجاذبية الأرضية :** يمتلكها الجسم المرتفع عن سطح الأرض ، إذ يعتبر سطح الأرض موقع مرجعي تكون عنده طاقة الوضع صفراً .

$ط_و = ك جـ ف$ (جـ : تسارع الجاذبية الأرضية)

٢- **طاقة الوضع الكهربائية :** تمتلكها الشحنة الكهربائية الموجودة في مجال كهربائي لشحنات أخرى ، و الموقع المرجعي هنا هو اللانهاية إذ تكون طاقة الوضع الكهربائية صفراً ، حيث تكون الشحنة بعيدة جداً عن تأثير الشحنات الأخرى.

$$\text{ط}_{\text{و}} = \text{ش} \cdot \text{جـ} \quad (\text{جـ} : \text{الجهد الكهربائي})$$

تذكر أنه ..

إذا سُمح للجسم المرتفع عن سطح الأرض بالحركة ، فإنه سيتسارع باتجاه الأرض فتزداد طاقته الحركية و تقل طاقة الوضع بنفس المقدار و ذلك من **مبدأ حفظ الطاقة** لأن النظام المكون من الجسم و الأرض و يسمى بِـنظام **(الجسم - الأرض)** نظام **محافظ يكون فيه التغير في الطاقة الميكانيكية صفراً** .

$$\Delta \text{ط}_{\text{م}} = \text{صفر}$$

(في النظام المحافظ بدون وجود قوى خارجية)

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

و بالمثل ...

إذا سُمح للشحنة الكهربائية الموجبة الموجودة في مجال كهربائي بالحركة ،فإنها ستتسارع باتجاه خطوط المجال فتزداد طاقتها الحركية و تقل طاقة الوضع الكهربائية بنفس المقدار لأنه أيضاً النظام المكون من الشحنة و المجال و يسمى بِـنظام **(الشحنة – المجال الكهربائي)** نظام محافظ .

فكر : ماذا لو كانت الشحنة سالبة ؟

سوف تتسارع أيضاً لكن باتجاه معاكس لخطوط المجال فتزداد طاقتها الحركية و تقل طاقة الوضع بنفس المقدار .

العلاقة بين الشغل و الطاقة (مبرهنة الشغل و الطاقة)

إذا بُذل شغلٌ خارجي (غير شغل النظام)على جسم فإنه يكتسب طاقة بمقدار الشغل المبذول عليه أي أن Δط م≠ صفر و إنما يساوي الشغل المبذول عليه :

$$\text{ش}_{(\text{خ})} = \Delta \text{ط}_{\text{م}}$$

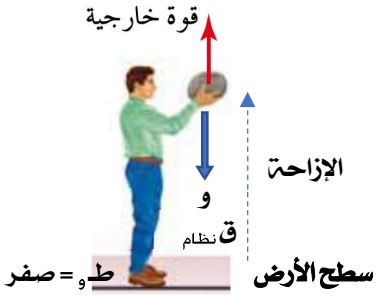
$$\text{ش}_{(\text{خ})} = \Delta \text{ط}_{\text{ح}} + \Delta \text{ط}_{\text{و}}$$

الجهد الكهربائي

أولاً: الجهد الكهربائي

لتحريك جسم للأعلى في نظام (الجسم _ الأرض) بسرعة ثابتة ، لابد من التأثير عليه بقوة للأعلى مساوية و معاكسة للوزن ، فالشغل الذي بذلته القوة الخارجية خزّن في الجسم على شكل طاقة وضع فقط ، و شغل القوة الخارجية هنا موجب لأن القوة باتجاه الإزاحة ، أما شغل النظام (قوة الجاذبية الأرضية) سالب ؛ لأن قوة النظام (الوزن) معاكسة للإزاحة .

$$ش_{خ} = - ش_{نظام} = \Delta ط_{و}$$



طاقة الوضع في مجال الجاذبية الأرضية

القوة الخارجية باتجاه الإزاحة ∴شغل موجب

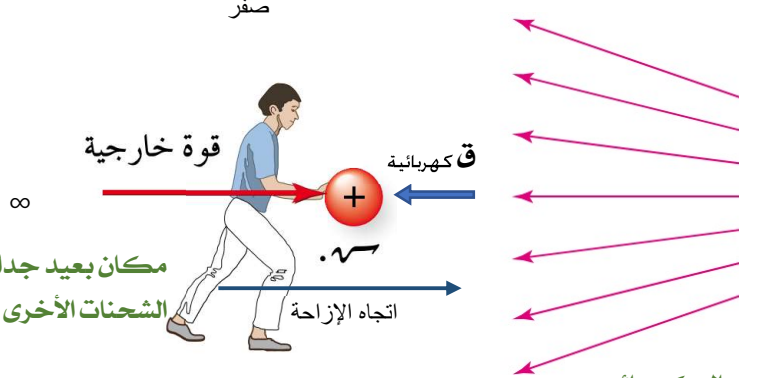
قوة النظام معاكسة لاتجاه الإزاحة ∴ شغل سالب

وبالمثل ...

لتحريك شحنة كهربائية إلى نقطة ما في مجال كهربائي بسرعة ثابتة ، لابد من التأثير عليه بقوة خارجية مساوية و معاكسة للقوة الكهربائية، فالشغل الذي بذلته القوة الخارجية خزّن في الشحنة على شكل طاقة وضع فقط ؛ لأن السرعة ثابتة فيكون $\Delta ط_{ح}$ = صفر

$$ش_{(خ)} = \Delta ط_{ح} + \Delta ط_{و} = \Delta ط_{و}$$

صفر



طاقة الوضع الكهربائية في المجال الكهربائي

القوة الخارجية باتجاه الإزاحة ∴شغل موجب

قوة النظام معاكسة لاتجاه الإزاحة ∴ شغل سالب

منشأ طاقة الوضع الكهربائية

عند وضع شحنة في مجال كهربائي نبذل عليها شغلاً بالتأثير عليها بقوة خارجية مساوية و معاكسة للقوة الكهربائية ، فيختزن هذا الشغل في الشحنة على شكل طاقة وضع كهربائية .

الجهد الكهربائي

و يمثل مقدار طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة موضوعة عند نقطة في مجال كهربائي الجهد الكهربائي عند تلك النقطة . و يعطى بالعلاقة الرياضية :

$$\text{جـ} = \frac{\text{طـ}_{و}}{\text{س}_{.}}$$ جول / كولوم و تسمى فولت

ملاحظات:

- ✓ من خلال قانون تعريف الجهد نستطيع تعريف وحدة الجهد (الفولت) : هو جهد نقطة إذا وُضعت عندها شحنة مقدارها (١) كولوم فإنها ستختزن طاقة وضع كهربائية مقدارها (١) جول .
- ✓ قانون تعريف الجهد لا يُعطي العوامل التي يعتمد عليها الجهد الكهربائي عند نقطة لأنه إذا تغيرت الشحنة المنقولة (س.) سوف تتغير طاقة وضعها بحيث تبقى النسبة $\left(\frac{\text{طـ}_{و}}{\text{س}_{.}}\right)$ ثابتة .
- ✓ يستخدم هذا القانون لحساب طاقة وضع الشحنة الكهربائية عند نقطة ما في المجال الكهربائي و هو الشغل الخارجي المبذول لنقلها من اللانهاية إلى تلك النقطة بسرعة ثابتة. و نكتبه كالتالي :

$$\text{طـ}_{و\ أ} = \text{ش}_{(\text{خ})}^{\infty \leftarrow أ} = \text{س}_{.} \times \text{جـ}_{أ}$$

حيث :

طـ $_{و\ أ}$: طاقة الوضع الكهربائية للشحنة عند النقطة (أ)

ش $_{(\text{خ})}^{\infty \leftarrow أ}$: الشغل المبذول لنقل الشحنة من اللانهاية إلى النقطة (أ)

س. : الشحنة المنقولة ، جـ $_{أ}$: جهد النقطة (أ) مقيسة بالنسبة للانهاية .

أما إذا تغيرت طاقة الوضع الكهربائية للشحنة عند انتقالها من نقطة إلى أخرى ضمن المجال الكهربائي فهذا يعني أنه **يوجد فرق في الجهد الكهربائي** بين النقطتين . و يعرف **فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين** بأنه التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة عند انتقالها بين هاتين النقطتين في مجال كهربائي .

و يعطى بالعلاقة الرياضية :

$$\Delta\text{جـ} = \frac{\Delta\text{طـ}_{و}}{\text{س}_{.}} = \frac{\text{ش خ}}{\text{س}_{.}}$$

حيث ..

$$\Delta\text{جـ}_{\text{أ} \leftarrow \text{ب}} = \text{جـ}_{\text{نهائية}} - \text{جـ}_{\text{ابتدائية}}$$

$$\Delta\text{جـ}_{\text{أ} \leftarrow \text{ب}} = \text{جـ}_{\text{ب}} - \text{جـ}_{\text{أ}}$$

$$= \text{جـ}_{\text{ب أ}}$$

و لحساب شغل القوة الخارجية المبذول لنقل شحنة بين نقطتين ..

$$ش_{خ} = س \cdot م (جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية})$$

و يستخدم هذا القانون لحساب التغير في طاقة وضع الشحنة عندما تنتقل من نقطة إلى أخرى و هو مساوي أيضاً للشغل المبذول لنقل الشحنة بين هاتين النقطتين بسرعة ثابتة . **وهو سالب شغل القوة الكهربائية** .

ملاحظات:

- ✓ لنقل شحنة في مجال كهربائي بسرعة ثابتة يكون شغل القوة الخارجية : (س . م جـ) أما شغل القوة الكهربائية (قوة النظام) فيكون (− س . م جـ)
- ✓ بعدم وجود قوة خارجية . شغل النظام دائماً يزيد من طاقة الحركة و ينقص طاقة الوضع :

$$ش_{(ك)} = + \Delta ط_{ح}$$

$$= - \Delta ط_{و}$$

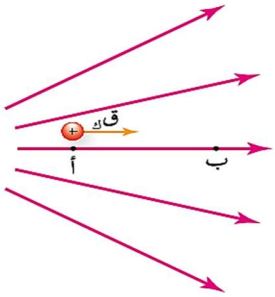
الجهد الكهربائي

أسئلة

س ١ : ماذا نعني بقولنا أن جهد نقطة = ٢٠ فولت ؟

أي أنه إذا وضعت شحنة مقدارها (١) كولوم عند تلك النقطة فإنها ستختزن طاقة وضع كهربائية مقدارها (٢٠) جول . أو (أي أن طاقة وضع وحدة الشحنات عند تلك النقطة ٢٠ جول)

س ٢ : ماذا نعني بقولنا أن فرق الجهد بين نقطتين = ٥٠ فولت ؟



أي أن التغير في طاقة وضع وحدة الشحنات عندما تنتقل بين هاتين النقطتين = ٥٠ جول .

س ٣ : ماذا يحدث لشحنة موجبة إذا وُضعت في مجال كهربائي ؟ وماذا لو كانت الشحنة سالبة ؟

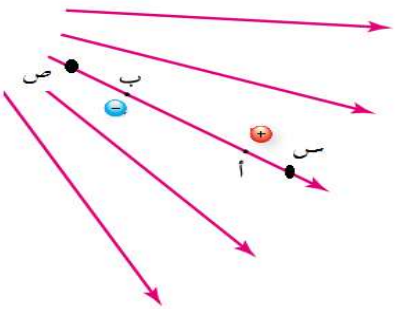
سوف تتأثر بقوة كهربائية (ق = ش × هـ) باتجاه خطوط المجال فتتسارع ، وتزداد طاقتها الحركية ، وهو حفظ الطاقة سوف تقل طاقة الوضع . لو كانت الشحنة سالبة سوف تتسارع أيضاً لكن بعكس خطوط المجال الكهربائي . (نستنتج من ذلك أن طاقة وضع وحدة الشحنات الموجبة تقل باتجاه خطوط المجال الكهربائي أي يقل الجهد)

س ٤ : فسّر تقل طاقة الوضع للشحنة الموجبة إذا تحركت باتجاه خطوط المجال ! نفس الجواب السابق ...

س ٥ : فسّر تقل طاقة الوضع الكهربائية للشحنة السالبة إذا تحركت عكس خطوط المجال !

تتأثر الشحنة السالبة بقوة كهربائية (ق = ش × هـ) معاكسة لخطوط المجال فتتسارع ، وتزداد طاقتها الحركية ، وهو حفظ الطاقة سوف تقل طاقة الوضع .

س ٦ : وضع إلكترون و بروتون في مجال كهربائي غير منتظم كما في الشكل المجاور ،



أجب عما يلي :

١- أي الجسمين سوف يتأثر بقوة كهربائية أكبر ؟
٢- أي الجسمين يكتسب تسارعاً أكبر ؟
٣- في أي اتجاه سوف تقل طاقة الوضع لكلا الجسمين ؟
٤- أي النقاط لها جهد أكبر ؟ (بإهمال الجهد الناتج عن كلا الجسمين)
٥- إذا وُضع البروتون عند النقطة (ب) مع الإلكترون فأي الجسمين يمتلك طاقة وضع أكبر ؟

١- القوة المؤثرة على الإلكترون أكبر ؛ (ق = سـ × مـ) الجسمان يمتلكان نفس الشحنة لكن المجال عند الإلكترون أكبر لأن كثافة خطوط المجال أكبر .

٢- تسارع الإلكترون أكبر ؛ لأن التسارع يتناسب طردياً مع القوة و عكسياً مع الكتلة ، وهنا القوة أكبر للإلكترون كما أن كتلته أقل ب ١٨٤٠ مرة .

٣- البروتون من (أ) إلى (س) و الإلكترون من (ب) إلى (ص) ؛ تتسارع الشحنة الموجبة باتجاه خطوط المجال فتزداد طاقتها الحركية و تقل طاقة الوضع . و تتسارع الشحنة السالبة عكس خطوط المجال فتزداد طاقتها الحركية وتقل طاقة الوضع .

٤- (ص) أكبر جهد ؛ باتجاه خطوط المجال تقل طاقة وضع وحدة الشحنات ، أي يقل الجهد (تذكر تعريف الجهد وهو طاقة وضع وحدة الشحنات الكهربائية).

٥- طاقة وضع البروتون أكبر ؛ لأنها موجبة (ط و = سـ. × جـ) أما طاقة وضع الإلكترون فهي سالبة .

س ٧: وضع إلكترون و بروتون في مجال كهربائي منتظم عند نقطة جهدها (+١٠) فولت ، أي الجسمين يتأثر بقوة كهربائية أكبر؟ و أي منهما يمتلك طاقة وضع أكبر؟

القوة متساوية على الجسمين (ق = سـ × مـ) نفس الشحنة و نفس المجال ، طاقة وضع البروتون أكبر ؛ لأنها موجبة (ط و = سـ. × جـ) أما طاقة وضع الإلكترون فهي سالبة . و التوضيح : أن الإشارة السالبة لطاقة الوضع تعني أنه بذل شغل للتغلب على قوة التجاذب مما أدى إلى سحب طاقة النظام (أي تقليلها) .

مثال (١) وُضعت شحنة نقطية (-٢) نانوكولوم عند نقطة جهدها (١٥) فولت ، أوجد ما يلي :

١- طاقة الوضع الكهربائية للشحنة . ٢- الشغل المبذول بفعل قوة خارجية لنقلها من موقعها إلى اللانهاية بسرعة ثابتة .

الحل :

١) $ط_و = ش_{(خ)} جـ$ (طاقة وضع الشحنة = الشحنة نفسها × الجهد عندها و هو الشغل المبذول لنقلها من اللانهاية إلى تلك النقطة)

$= -٢ \times ١٠^{-٩} \times ١٥$ (نعوض بإشارة الشحنة لأن الجهد و طاقة الوضع كميتان قياسيتان و ليست متجهة)

$= -٣٠$ نانوجول .

٢) $ش_{(خ)} = \Delta ط_و$ $= ط_{\infty و} - ط_{أ و}$ عند النقطة (أ) $= ٠ - ٣٠ = -٣٠$ نانوجول .

$أ \leftarrow \infty$ $\quad$ $أ \leftarrow \infty$

بما أن الشحنة ذُقلت بسرعة ثابتة في مجال كهربائي فإنها تكون قد تأثرت بقوة خارجية مساوية و معاكسة للقوة الكهربائية.

مثال (٢) بُذل شغل مقداره (١٢٨×١٠^{-١٧}) جول لنقل إلكترون من نقطة (س) إلى نقطة (ص) في مجال كهربائي بسرعة ثابتة ، أوجد : $جـ_{س ص}$ و $جـ_{ص س}$

الحل :

$ش_{(خ)} = -ه جـ_{ص س}$

$س \leftarrow ص$

$١٢٨ \times ١٠^{-١٧} = -١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times جـ_{ص س}$

$\therefore جـ_{ص س} = -٨٠٠٠$ فولت ، فيكون $جـ_{س ص} = +٨٠٠٠$ فولت .

مثال (٣) تحرك بروتون من السكون من نقطة (أ) نقطة (ب) في مجال كهربائي بتأثير القوة الكهربائية . فازدادت طاقته الحركية بمقدار (٩٦×١٠^{-١٧}) جول . أوجد جـ أ ب .

الحل :

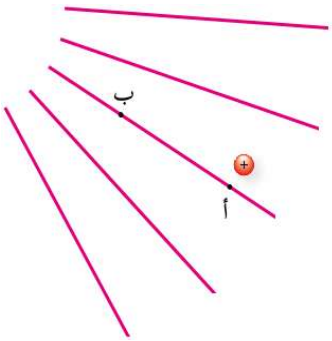
ش (ك) أ ← ب = − ∆ جـ ب أ

$٩٦ \times ١٠^{-١٧} = - ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times$ جـ ب أ

∴ جـ أ ب = ٦٠٠٠ فولت

بما أنه تحرك فقط بفعل قوة النظام (القوة الكهربائية) و هي قوة محافظة ، فتزداد طاقة حركته بمقدار النقص في طاقة الوضع .

مثال (٤) شحنة نقطية (+٢) نانوكولوم وُضعت عند نقطة (أ) في مجال كهربائي غير منتظم لتوزيع معين من الشحنات كما في الشكل المجاور ، إذا علمت أن جـ أ = ١٠ فولت و جـ ب = ٤ فولت ، أجب عما يلي :



١- حدد اتجاه خطوط المجال الكهربائي .

٢- ما توقعك لنوع الشحنات المولدة للمجال ؟

٣- الشغل الذي بُذل لنقل الشحنة من اللانهاية إلى النقطة (أ) بسرعة ثابتة .

٤- الشغل اللازم لنقلها من (أ) إلى (ب) بسرعة ثابتة .

الحل :

١) بما أن الجهد يتناقص باتجاه خطوط المجال الكهربائي ، يكون اتجاه خطوط المجال من (أ) باتجاه (ب)

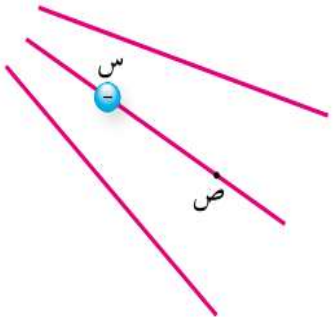
٢) بما أن الخطوط متجهة نحو (ب) ، إذاً نوع الشحنة سالبة .

٣) ش (خ) ∞ ← أ = ∆ ط ـ و ∞ ← أ = ط ـ و عند النقطة (أ) = − ∆ جـ أ

= ٢ × $١٠^{-٩}$ × ١٠ = ٢٠ نانوجول .

٤) ش (خ) أ ← ب = − ∆ جـ ب أ = ٢ × $١٠^{-٩}$ × (٤ − ١٠) = −١٢ نانوجول .

مثال (٥) في الشكل المجاور خطوط مجال كهربائي لشحنة نقطية . وُضعت شحنة مقدارها (−٥) نانوكولوم عند النقطة (س) . فتحركت إلى النقطة (ص) بتسارع . إذا علمت أن طاقتها الحركية عند (ص) = ٢٠ نانوجول. أجب عما يلي :



١- حدد اتجاه كل من القوة الكهربائية و المجال الكهربائي .

٢- أي من النقطتين جهدها أكبر (س) أم (ص) ولماذا ؟

٣- احسب فرق الجهد الكهربائي جـ س ص .

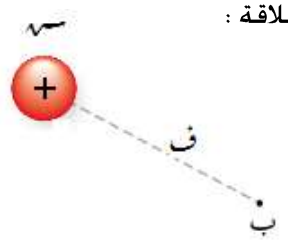
الإجابة :

١) اتجاه القوة من (س) إلى (ص)و اتجاه المجال من (ص) إلى (س)

٢) جـ ص > جـ س ٣) جـ س ص = − ٤ فولت]

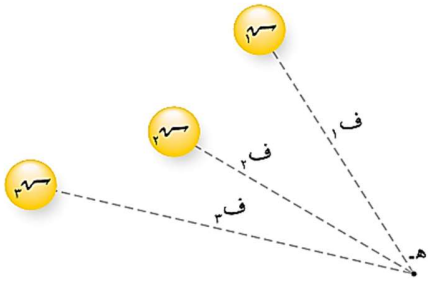
ثانياً : الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية

يكون للجهد الكهربائي عند نقطة ما في مجال كهربائي قيمة محددة ، فإذا كان مصدر المجال الكهربائي شحنة نقطية (سـ) ، فإن الجهد الكهربائي الناشئ عنها على بعد (ف) منها يعطى بالعلاقة :



$$\text{جـ} = \frac{\text{أ} \times \text{سـ}}{\text{ف}}$$

وإذا كان مصدر المجال شحنات نقطية عدة فإن الجهد الكهربائي يكون المجموع الجبري لجهد كل شحنة ، لأنه كمية قياسية ، فيعطى بالعلاقة :



$$\text{جـ} = \text{أ} \left(\frac{\text{سـ}_1}{\text{ف}_1} + \frac{\text{سـ}_2}{\text{ف}_2} + \frac{\text{سـ}_3}{\text{ف}_3} + \dots \right)$$

ملاحظات :

- ✓ الجهد كمية قياسية فتعوض إشارة الشحنة السالبة فيكون جهد الشحنة السالبة سالباً و الشحنة الموجبة موجباً ، و الجهد الموجب أكبر من الجهد السالب ،فيقل الجهد كلما اقتربنا من الشحنة السالبة و ابتعدنا عن الشحنة الموجبة أي يتناقص الجهد باتجاه خطوط المجال :

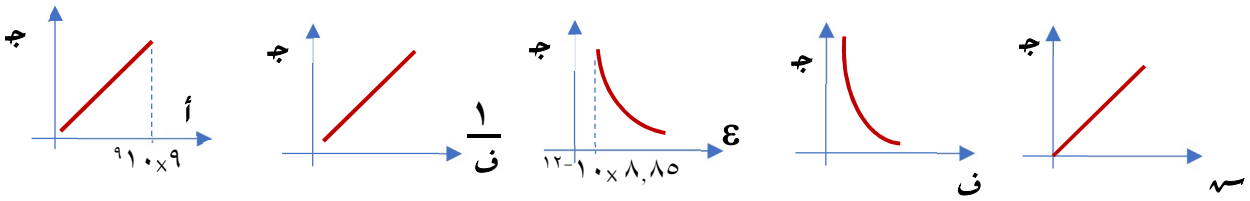
- ✓ لا يجمع الجهد جمع متجهات كما كنا نجمع القوة و المجال و إنما يُجمع جمعاً جبرياً لأنه كمية قياسية :

$$\text{جـ}_{\text{كلي}} = \text{جـ}_1 + \text{جـ}_2 + \dots$$

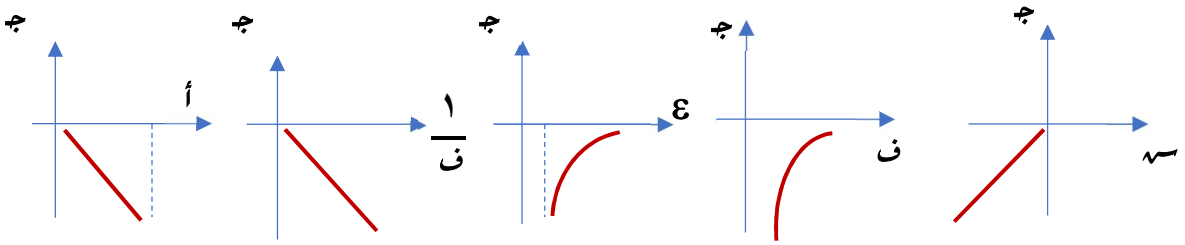
- ✓ لا ينعدم الجهد الكهربائي عند نقطة إلا إذا كانت الشحنات مختلفة في النوع و تكون النقطة قرب الشحنة الصغرى ، و يوجد أكثر من نقطة ينعدم عندها الجهد تقع جميعها على سطح تساوي الجهد كما سيأتي .
- ✓ من هذا القانون $جـ = أ \frac{س}{ف}$ نجد العوامل التي يعتمد عليه الجهد الكهربائي عند نقطة و الناتج عن الشحنات النقطية و هي :

١. السماحية الكهربائية للوسط العازل بين النقطة و الشحنة المؤثرة (التناسب عكسياً)
٢. مقدار الشحنة النقطية (التناسب طردياً).
٣. *نوع الشحنة النقطية (التناسب طردياً) .
٤. بعد النقطة عن الشحنة النقطية (التناسب عكسياً).

- ✓ نستطيع تمثيل العلاقات البيانية للجهد مع العوامل التي يعتمد عليها كالتالي :



وكل هذه الأشكال إذا كانت الشحنة موجبة أما إذا كانت الشحنة سالبة فتنعكس المنحنيات حول محور السينات كالتالي :



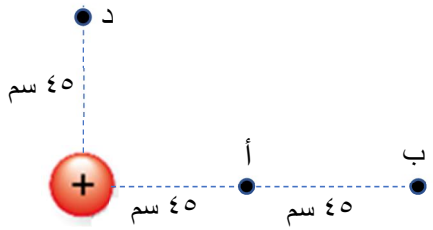
مثال (١) في الشكل المجاور ثلاث نقاط تقع ضمن مجال شحنة نقطية (٨) نانوكولوم .أوجد ما يلي:

١- جهد النقاط (أ ، ب ، د) ٢) جـ أ د

٣- جـ ب أ . وماذا تدل الإشارة الموجبة لفرق الجهد بين النقطتين ؟

٤- شغل القوة الخارجية لنقل إلكترون من (أ) إلى (ب) بسرعة ثابتة .

٥- شغل القوة الكهربائية لنقل الإلكترون من (أ) إلى (ب) بسرعة ثابتة .



الحل :

١) $جـ أ = \frac{أ \times سـ}{ف}$

$جـ أ = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{٤٥ \times ١٠^{-٢}}$

جـ أ = ١٦٠ **فولت** = جـ د ؛ نفس البعد

جـ ب = $\frac{١}{٢}$ جـ أ = ٨٠ فولت ؛ لأن ف ب = ٢ ف أ

٢) جـ أ د = صفر

٣) جـ ب أ = ٨٠ - ١٦٠ = - ٨٠ **فولت**

أي أن جهد (ب) أقل من جهد (أ)

٤) ش (خ) = سـ جـ ب أ = -١,٦ × $١٠^{-١٩}$ × -٨٠

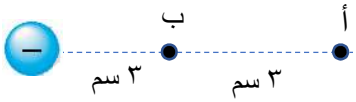
= ١٢٨ × $١٠^{-١٩}$ جول

٥) ش (ك) = - ش (خ) = - ١٢٨ × $١٠^{-١٩}$ جول

مثال (٢) في الشكل المجاور نقطتان تقعان في مجال شحنة نقطية (-٤) نانوكولوم .أوجد ما يلي:

١- جـ ب أ . وماذا تدل الإشارة السالبة لفرق جهد النقطتين ؟

٢- شغل القوة الخارجية لنقل إلكترون من (أ) إلى (ب) بسرعة ثابتة .



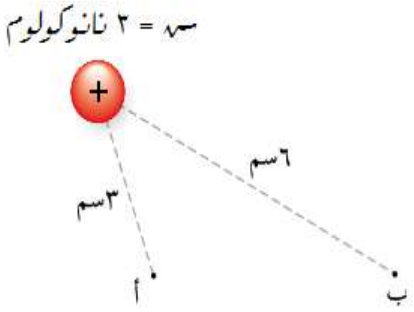
الإجابة :

١) جـ ب أ = - ٦٠٠ فولت .

أي أن جـ (ب) أقل من جهد (أ)

٢) ش (خ) = ٩,٦ × $١٠^{-١٧}$ جول .

مثال (٣) في الشكل المجاور أوجد شغل قوة خارجية لنقل شحنة (-٦) ميكروكولوم من النقطة (ب) إلى النقطة (أ) بسرعة ثابتة . و ما علاقته بشغل القوة الكهربائية ؟



الحل : نلاحظ من الشكل أن النقطتين تقعان في مجال شحنة نقطية واحدة و أن جهد النقطة (أ) أكبر من جهد (ب) لأن النقطة (أ) أقرب إلى الشحنة الموجبة المولدة للمجال لذلك يلزم بذل شغل خارجي لنقل الشحنة بسرعة ثابتة وذلك بالتأثير عليها بقوة خارجية مساوية و معاكسة للقوة الكهربائية و يخزن هذا الشغل على شكل طاقة وضع كهربائية تعطى بالعلاقة: ش = سـ × جـ

ش (خ) = سـ × جـ أ ب

ب ← أ

لكن جـ أ ب = جـ أ − جـ ب ، فنجد أولاً جهد (أ) و جهد (ب)

$$جـ_أ = \frac{سـ}{ف}$$

$$جـ_أ = \frac{٩ \times ١٠^{٩}}{\frac{٣ \times ١٠^{-٩}}{٣ \times ١٠^{-٢}}}$$

$$= ٩٠٠ \text{ فولت}$$

$$جـ_ب = \frac{٩ \times ١٠^{٩}}{\frac{٣ \times ١٠^{-٩}}{٦ \times ١٠^{-٢}}}$$

$$= ٤٥٠ \text{ فولت}$$

جـ أ ب = جـ أ − جـ ب = ٩٠٠ − ٤٥٠

= + ٤٥٠ فولت

أي أن جـ أ > جـ ب

ش (خ) = $-٦ \times ١٠^{-٦} \times ٤٥٠$

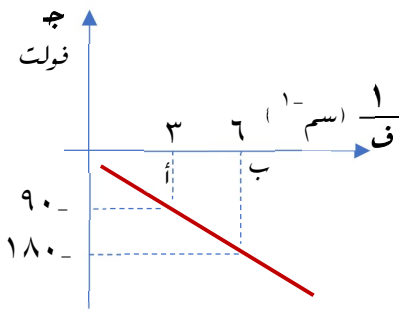
= -٢٧٠٠×١٠^{-٦} جول .

ش (ق كهربائية) = − ش (خ) = $+٢٧٠٠ \times ١٠^{-٦}$ جول .

مثال (٤) مثلت العلاقة بين الجهد الكهربائي لشحنة نقطية مع مقلوب البعد عنها كما في الشكل المجاور أوجد ما يلي :

١- ماذا يمثل ميل العلاقة ؟ ٢- مقدار ونوع الشحنة الكهربائية .

٣- الشغل الذي تبذله الشحنة لنقل إلكترون من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) .

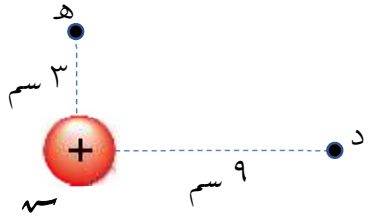


الإجابة :

أ) يمثل حاصل ضرب ثابت كولوم في الشحنة .

٢) − ٣,٣ × $١٠^{-١١}$ كولوم ٣) − ١٤٤ × $١٠^{-١٩}$ جول .

مثال (٥) إذا كان الجهد الكهربائي عند النقطة (د) في الشكل المجاور أوجد(٢٠٠) فولت . أوجد التغير في طاقة وضع شحنة (-٨) نانوكولوم عندما تنتقل من (د) إلى (هـ) .



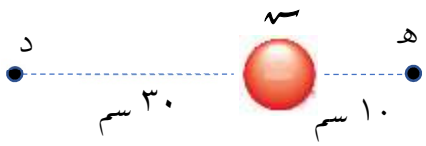
الحل :

إذا كان جـ د = ٢٠٠ فولت ، يكون جـ هـ = ٦٠٠ فولت ، لأن الجهد يتناسب عكسياً مع المسافة و ف د = ٣ ف هـ ∴ جـ د = $\frac{١}{٣}$ جـ هـ

٣) Δ طـ و = سـ جـ هـ د = – ٨ × ١٠ $^{-٩}$ × (٦٠٠ – ٢٠٠) = – ٣٢ × ١٠ $^{-٧}$ جول .

د ← هـ

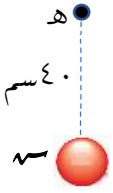
★مثال (٦) إذا كان المجال الكهربائي عند النقطة (د) في الشكل المجاور يساوي (١٨٠٠) فولت / م ، باتجاه محور السينات الموجب ، أوجد التغير في طاقة وضع شحنة(-٢) ميكروكولوم عندما تنتقل من النقطة (د) إلى النقطة (هـ) بسرعة ثابتة .



الإجابة :

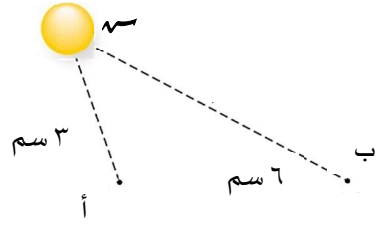
Δطـ و = + ٢,١٦ ملي جول

★مثال (٧) في الشكل المجاور احسب الشغل المبذول بفعل قوة خارجية لنقل الإلكترون من موقعه إلى اللانهاية إذا علمت أن القوة المؤثرة على إلكترون عند النقطة (هـ) تساوي (٣٦×١٠$^{-١٧}$) نيوتن ، – ص .



الإجابة : ش = ١٤,٤ × ١٠ $^{-١٧}$ جول

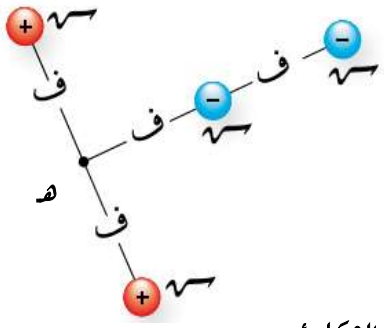
★مثال (٨) في الشكل المجاور إذا علمت أن جـ ب أ = ٤٥٠ فولت أوجد مقدار و نوع الشحنة (سـ) .



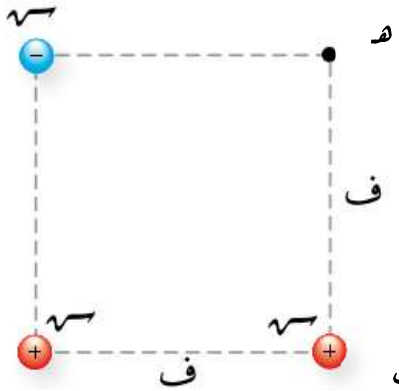
الإجابة :

سـ = – ٣ نانوكولوم

مثال (٩) في الشكلين المجاورين أوجد الجهد الكلي عند النقطة (هـ)بدلالة (ـــ و ف) .



الشكل أ



الشكل ب

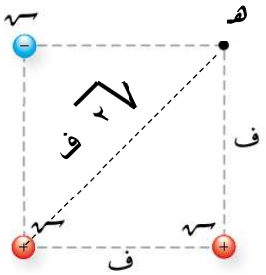
الحل :

الشكل (أ) : النقطة (هـ) تقع في مجال شحنات نقطية عدة نستخدم القانون التالي لحساب جهد النقطة :

$$جـ = أ \left(\frac{ـــ_1}{ف_1} + \frac{ـــ_2}{ف_2} + \frac{ـــ_3}{ف_3} + \dots \right)$$

$$جـ_{هـ} = أ \left(\frac{ـــ^+}{ف} + \frac{ـــ^+}{ف} + \frac{ـــ^-}{ف} + \frac{ـــ^-}{ف} \right) = \frac{أ\ ـــ}{2ف}$$

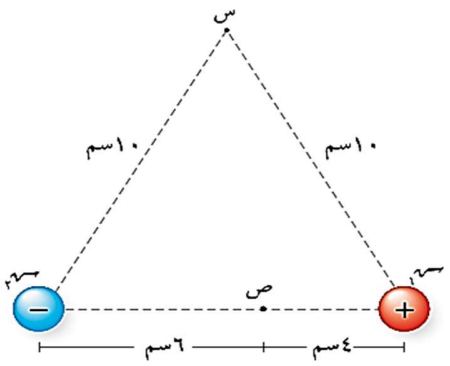
الشكل (ب) :



$$جـ_{هـ} = أ \left(\frac{ـــ^+}{ف} + \frac{ـــ^-}{ف} + \frac{ـــ}{ف\sqrt{2}} \right)$$

$$جـ_{هـ} = أ \frac{ـــ}{ف\sqrt{2}}$$

مثال (١٠) في الشكل المجاور نقطتان في مجال شحنتين نقطيتين(٤) ميكروكولوم ، (-٤) ميكروكولوم أوجد ما يلي:



١- جهد النقطتين : س و ص

٢- طاقة وضع إلكترون عند وضعه عند النقطة (ص)

الحل : النقطتان تقعان في مجال شحنتين نقطيتين فنجد الجهد الكلي لكل نقطة وذلك بإيجاد جهد كل شحنة ثم نجمعهما قياساً

$$جـ_{س} = جـ_{١} + جـ_{٢}$$

$$جـ_{س} = أ (\frac{ش_{١}}{ف_{١}} + \frac{ش_{٢}}{ف_{٢}})$$

$$جـ_{س} = ٩ \times ١٠^{٩} (\frac{٤ \times ١٠^{-٦}}{١٠ \times ١٠^{-٢}} + \frac{-٤ \times ١٠^{-٦}}{١٠ \times ١٠^{-٢}}) = صفر$$

وهذا يعني أن طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات عند النقطة (س) تساوي صفرًا؛ فلا يلزم بذل شغل لنقل شحنة من اللانهاية (∞) إلى النقطة (س).

$$جـ_{ص} = جـ_{١} + جـ_{٢}$$

$$جـ_{ص} = أ (\frac{ش_{١}}{ف_{١}} + \frac{ش_{٢}}{ف_{٢}})$$

$$= ٩ \times ١٠^{٩} (\frac{٤ \times ١٠^{-٦}}{٤ \times ١٠^{-٢}} + \frac{-٤ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ١٠^{-٢}})$$

$$جـ_{ص} = ٩ \times ١٠^{٩} \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{٢} (١ - \frac{٢}{٣})$$

$$جـ_{ص} = ٣ \times ١٠^{٥} \text{ فولت.}$$

٢- طـ و = سـ. × جـ

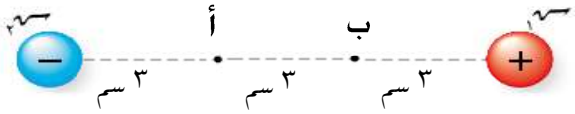
= -١,٦ × ١٠^-١٩ × ٣ × ١٠^٥

= -٤,٨ × ١٠^-١٤ جول .

مثال (١١) في الشكل المجاور نقطتان في مجال شحنتين نقطيتين(٦) نانوكولوم ، (-٦) نانوكولوم أوجد ما يلي:

١- جـ أ ب

٢- التغير في طاقة وضع شحنة (-٥) ميكروكولوم عندما تنتقل من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) .



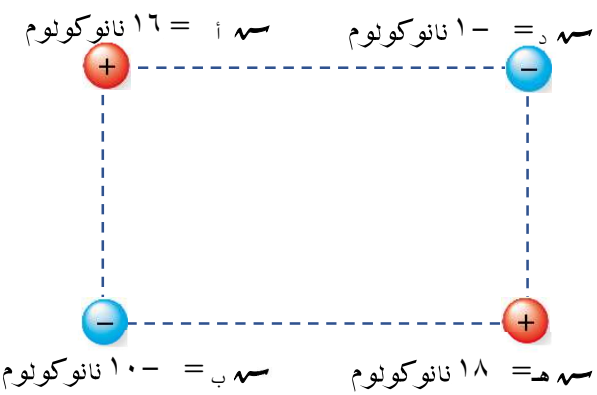
الإجابة :

١) -١٨٠٠ فولت ٢) - ٩ ملي جول

مثال (١٢) في الشكل المجاور أربع شحنات نقطية على رؤوس مستطيل أبعاده (٨ سم × ٦سم). أوجد :

١- الجهد الكهربائي عند النقطة (د).

٢- الشغل اللازم لنقل الشحنة (سهـ) إلى اللانهاية بسرعة ثابتة .



الحل :

١) الجهد عند النقطة (د) ناتج عن الشحنات أ ، ب ، هـ فقط أما الشحنة (د) فلا تنتج جهداً في موقعها ..

$$جـ_د = أ \left(\frac{سهـ_أ}{ف_أ} + \frac{سهـ_ب}{ف_ب} + \frac{سهـ_هـ}{ف_هـ} \right)$$

$$جـ_د = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{١٦}{٨} + \frac{-١٠}{١٠} + \frac{١٨}{٦} \right) \frac{١٠^{-٩}}{١٠^{-٢}}$$

$$جـ_د = ٣٦٠٠ \text{ فولت}$$

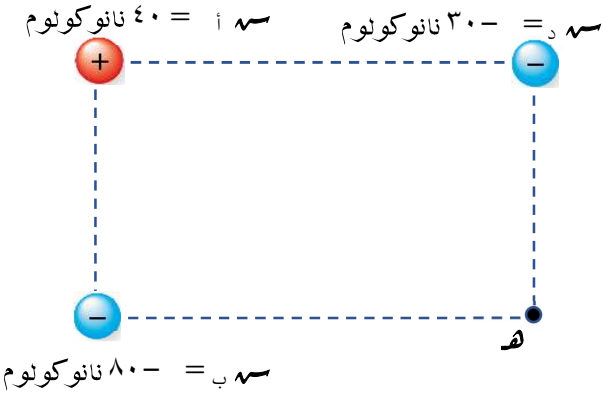
٢)

$$ش_{(خ)} = سهـ_{\infty} \left(جـ_{\infty} - جـ_د \right)$$

$$= -١ \times (٠ - ٣٦٠٠)$$

$$= ٣٦٠٠ \text{ جول}$$

مثال (١٣) في الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية على رؤوس مستطيل أبعاده (٤ سم × ٣سم)، أوجد ما يلي : ١- جهد النقطة (هـ) ٢- الشغل اللازم لنقل ($س_د$) من موقعها إلى النقطة (هـ) بسرعة ثابتة .



الحل :

١) $جـ_{هـ} = أ \left(\frac{س_{أ}}{ف_{أ}} + \frac{س_{ب}}{ف_{ب}} + \frac{س_{د}}{ف_{د}} \right)$

$جـ_{هـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٤٠}{٥} + \frac{-٨٠}{٤} + \frac{-٣٠}{٣} \right) \frac{١٠^{-٩}}{١٠^{-٢}}$

$جـ_{هـ} = -١٩٨٠٠$ **فولت**

٢) لنقل شحنة بين نقطتين نجد فرق الجهد بين هاتين النقطتين دون أخذ الجهد الناتج عن الشحنة المنقولة

$جـ_{هـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٤٠}{٥} + \frac{-٨٠}{٤} \right) \frac{١٠^{-٩}}{١٠^{-٢}}$

$جـ_{هـ} = -١٠٨٠٠$ **فولت**

$جـ_{ر} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٤٠}{٤} + \frac{-٨٠}{٥} \right) \frac{١٠^{-٩}}{١٠^{-٢}}$

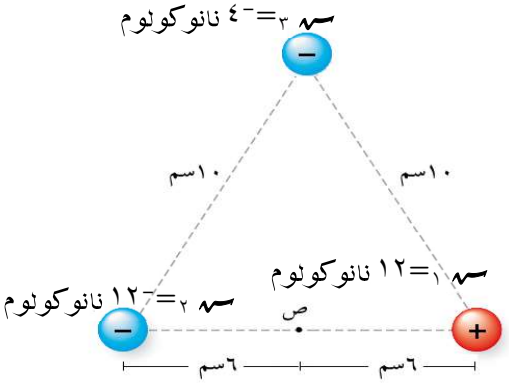
$جـ_{ر} = -٥٤٠٠$ **فولت**

$ش_{(خ)} = س_{د} (جـ_{هـ} - جـ_{د})$
د ← هـ

$\therefore ش_{(خ)} = -٣٠ \times ١٠^{-٩} (-١٠٨٠٠ - -٥٤٠٠)$
د ← هـ

= ١٦٢ **ميكروجول**

مثال (١٤) في الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية على رؤوس مثلث متساوي الساقين ، أوجد ما يلي :



١- جهد النقطة (ص) .

٢- التغير في طاقة وضع(ش٣) عندما تنتقل من موقعها إلى النقطة (ص).

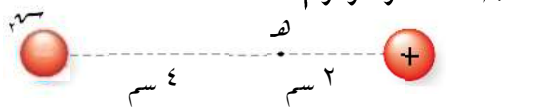
٣- هل يلزم بذل شغل لنقل (ش٣) من موقعها إلى اللانهاية؟

٤- أقل شغل يلزم لنقل (ش٢) من موقعها إلى النقطة(ص).

الإجابة :

١) -٤٥٠ فولت ، ٢) صفر ، ٣) لا ، ٤) ٩,٧٢ ميكروجول

مثال (١٥) في الشكل المجاور إذا علمت أن جهد النقطة (د) يساوي صفر ، أوجد مقدار ونوع ش٢ .



الحل :

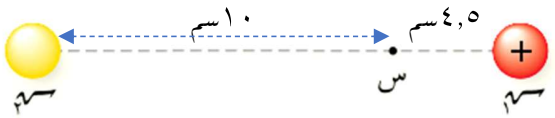
جـ هـ = أ (ش١ / ف١ + ش٢ / ف٢)

صفر = ٩ × ١٠^٩ (٥ / ٢ + ش٢ / ٤) ١٠^-٩ / ١٠^-٢

ش٢ / ٤ = ٥- / ٢

∴ ش٢ = - ١٠ **نانوكولوم**

مثال (١٦) في الشكل المجاور إذا علمت أن جهد النقطة (س) يساوي (-٣٠٠) فولت وأن (ش١ =٣)نانوكولوم. أوجد مقدار ونوع ش٢ .

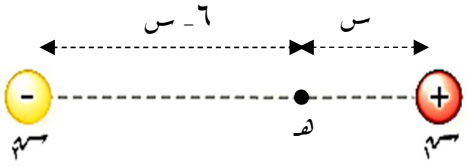


الإجابة : ش٢ = -١٠ نانوكولوم

مثال (١٧) في الشكل المجاور إذا كانت (سـ١ = ٢)نانوكولوم و (سـ٢ = -٤) نانوكولوم ، و البعد بينهما ٦ سم أوجد بعد نقطة عن إحدى الشحنتين يكون جهدها صفراً .

الحل :

نفرضه موقعها أولاً ، إذ تكون قرب الشحنة الصغرى بغض النظر عن نوع الشحنة ، وتوجد بين الشحنتين و خارجهما أيضاً فيوجد أكثر من نقطة جهدها صفر فجميع النقاط المتساوية في الجهد تضمها سطح يسمى متساوي الجهد كما سيأتي .



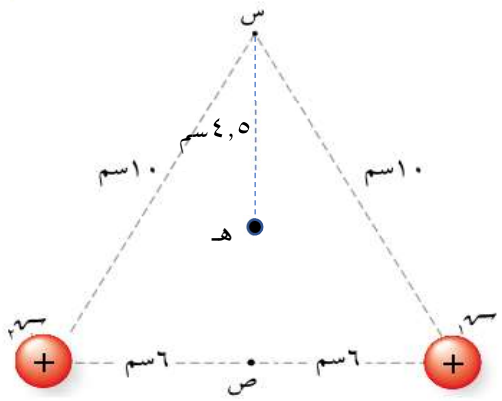
$$\text{جـ هـ} = \text{أ} \left(\frac{\text{سـ}_1}{\text{ف}_1} + \frac{\text{سـ}_2}{\text{ف}_2} \right)$$

$$\text{صفر} = \text{أ} \left(\frac{٢}{\text{س}} + \frac{-٤}{٦ - \text{س}} \right) \frac{١٠^{-٩}}{١٠^{-٢}}$$

$$\frac{٢}{\text{س}} = \frac{٤}{٦ - \text{س}}$$

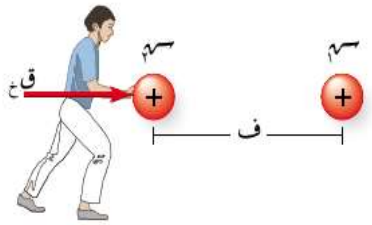
∴ س = ٢ سم ، كما يمكن أن تكون خارجهما على بعد ٦ سم من الشحنة الصغرى ..

مثال (١٨) في الشكل المجاور إذا علمت أن (سـ١ = سـ٢). وأن جهد النقطة (ص) يساوي (٣٠٠) فولت أوجد مقدار ونوع الشحنة اللازم وضعها عند (هـ) بحيث يصبح جهد النقطة (س)صفراً .



الإجابة : سـ٣ = -٠,٩ نانوكولوم

ثالثاً: طاقة الوضع الكهربائية لنظام مكون من شحنتين نقطيتين



لإحضار شحنة نقطية من اللانهاية إلى نقطة ما في الفراغ لا يتطلب بذل شغل لعدم وجود مجال كهربائي يؤثر فيها ، لكن لإحضار شحنة نقطية أخرى بالقرب من الشحنة الأولى يتطلب ذلك بذل شغل بسبب تأثرها بمجال الشحنة الأول فالشغل الذي بُذل لجعل الشحنتين قرب بعضهما يخزن فيهما على شكل طاقة وضع كهربائية للنظام (تذكر أن الحركة تمت بسرعة ثابتة Δ طـ ح = صفر)

$$ش_{خ\ \infty \leftarrow \text{النقطة}} = ق_{٢} (جـ_{\text{النقطة}} - جـ_{\infty}) = ق_{٢}\ جـ$$

$$جـ = \frac{أ\ ق_{١}}{ف}$$

و الجهد عند ق٢ ناتج من ق١ :

$$\therefore\ ش_{خ} = \frac{أ\ ق_{١}\ ق_{٢}}{ف}$$ و هو مساوي لطاقة الوضع المختزنة في النظام أي أن ...

$$ط_{و} = \frac{أ\ ق_{١}\ ق_{٢}}{ف}$$ ... لحساب طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في نظام مكون من شحنتين نقطيتين

ملاحظات :

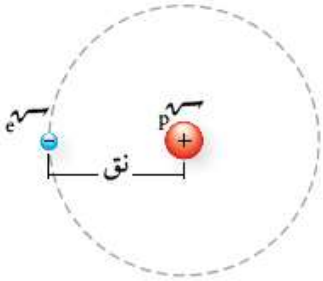
- في نظام يتألف من شحنتين نقطيتين تكون طاقة وضع الشحنة الأولى مساوية لطاقة الوضع للشحنة الثانية .
- طاقة الوضع الكهربائية لشحنتين متشابهتين تكون موجبة و ذلك **لأن إحضار الشحنتين قرب بعضهما بسرعة ثابتة يتطلب التأثير عليهما بقوة خارجية للتغلب على قوة التنافر بينهما فتبذل القوة الخارجية شغلاً يزيد من طاقة الوضع فتكون طاقة الوضع موجبة .**
- طاقة الوضع الكهربائية لشحنتين مختلفتين في النوع تكون سالبة و ذلك **لأن إحضار الشحنتين قرب بعضهما بسرعة ثابتة يتطلب التأثير عليهما بقوة خارجية للتغلب على قوة التجاذب بينهما فتبذل القوة الخارجية شغلاً يسحب (يقلل) من طاقة النظام فتكون طاقة الوضع سالبة** ، أما شغل القوة الكهربائية فيكون في هذه الحالة موجباً.
- طاقة الوضع الكهربائية لشحنتين نقطيتين تعتمد على نوع الوسط و **مقدار ونوع الشحنتين** و البعد بينهما .

مثال (١) في ذرة هيدروجين مستقرة يكون الإلكترون في المدار الأول على بعد(٥×١٠^-١١)م تقريباً من البروتون أوجد ما يلي :

١- طاقة الوضع الكهربائية للإلكترون ، وما علاقتها بطاقة الوضع الكهربائية للبروتون ؟

٢- طاقة وضع النظام عندما يصبح الإلكترون في المدار الثاني (أربعة أضعاف المدار الأول)

الحل : ١-



$$ط_و = أ \frac{ش_1 ش_2}{ف}$$

$$= -٩ \times ١٠ \frac{(١,٦ \times ١٠^{-١٩})^٢}{٥ \times ١٠^{-١١}}$$

$= -٤,٦ \times ١٠^{-١٨}$ جول ، وهي طاقة وضع الإلكترون و طاقة وضع البروتون أيضاً (طاقة وضع النظام)

٣- بما أن طاقة وضع الإلكترون تتناسب عكسياً مع البعد ، فإن طاقة الوضع سوف تقل إلى الربع (١,١٥ ×١٠^-١٨) جول .

مثال (٢) شحنتان نقطيتان ش١ =١٢ ميكروكولوم و ش٢ =١٦ ميكروكولوم ، احسب شغل القوة الخارجية المبذول لإحضار الشحنتين من اللانهاية ووضعهما على بعد ٢٤ سم من بعضهما . ثم احسب شغل القوة الكهربائية . وهل ستختلف الإجابة لو أن الشحنتين مختلفتان في النوع ؟

الحل :

إن الشغل الخارجي المبذول لإحضار شحنتين تُرب بعضهما يخزن في الشحنتين على شكل طاقة وضع للشحنتين فيكون الشغل = ط. نظام ..

$$ط_و = أ \frac{ش_1 ش_2}{ف}$$ نظام

$$ط_و = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{١٢ \times ١٠^{-٦} \times ١٦ \times ١٠^{-٦}}{٢٤ \times ١٠^{-٢}}$$ نظام

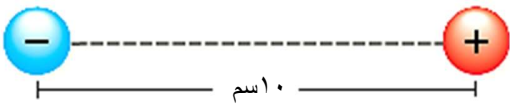
$ط_و = ٧,٢$ **جول** نظام

ش(القوة الكهربائية) = - **ش**(خ)

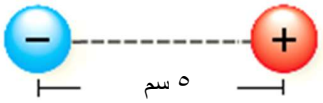
$= -٧,٢$ **جول**

لو أن الشحنتين مختلفتان في النوع تكون طاقة الوضع سالبة و يكون شغل القوة الكهربائية موجباً .

مثال (٣) نظام يتكون من شحنتين نقطيتين $ش_{١} = -٢$ ميكروكولوم و $ش_{٢} = ٦$ ميكروكولوم . و البعد بينهما (١٠) سم احسب الشغل المبذول لجعل المسافة بينهما (٥)سم .



الحل :



لجعل البعد بينهما (٥) سم نبذل عليهما شغلاً يغير من طاقة وضع النظام ، أي أن :

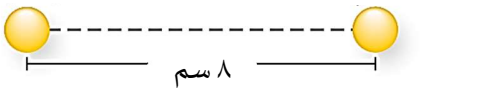
$$\text{ش (خ)} = \Delta \text{ط و} = \text{ط و نهائي} - \text{ط و ابتدائي}$$

$$\text{ش (خ)} = \text{أ} \frac{ش_{١} ش_{٢}}{\text{ف نهائية}} - \text{أ} \frac{ش_{١} ش_{٢}}{\text{ف ابتدائية}}$$

$$\text{ش (خ)} = ٩ \times ١٠^{٩} \times -٢ \times ١٠^{-٦} \times ٦ \times ١٠^{-٦} \left(\frac{١}{٥} - \frac{١}{١٠} \right) \frac{١}{١٠^{-٢}}$$

$$\text{ش (خ)} = -١,٠٨ \text{ جول}$$

مثال (٤) في الشكل المجاور أوجد الشغل المبذول لاستبدال $ش_{٢}$ بشحنة أخرى $ش_{٢}'$ = + ٤ ميكروكولوم .



الحل :

لاستبدال شحنة بشحنة أخرى نبذل شغلاً لإبعاد الشحنة الأولى إلى اللانهاية ثم نبذل شغلاً آخراً لإحضار الشحنة الثانية من اللانهاية فيكون الشغل الكلي المبذول مساوياً للتغير في طاقة وضع النظام أي أن ..

$$\text{ش (خ)} = \Delta \text{ط و} = \text{ط و نهائي} - \text{ط و ابتدائي}$$

$$\text{ش (خ)} = \text{أ} \frac{ش_{١} ش_{٢}'}{\text{ف}} - \text{أ} \frac{ش_{١} ش_{٢}}{\text{ف}}$$

$$\text{ش (خ)} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦} (+٤ - -٢)}{٨ \times ١٠^{-٢}} = ١٠^{-٦} \times ٢,٧ \text{ جول}$$

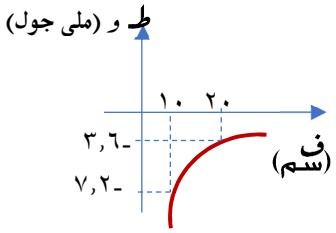
مثال (٥) نظام يتكون من شحنتين نقطيتين ش١ و ش٢، و البعد بينهما (ف) كيف ستتغير طاقة وضع النظام لو أن احدى الشحنتين نقصت إلى الثلث و تضاعفت المسافة بينهما إلى (٢ف).

الحل :

$$\text{ط}_{\text{و}_1} = \text{أ}\ \frac{\text{ش}_1\ \text{ش}_2}{\text{ف}} \qquad \text{ط}_{\text{و}_2} = \text{أ}\ \frac{\frac{1}{3}\ \text{ش}_1\ \text{ش}_2}{2\text{ف}} \qquad \text{ط}_{\text{و}_2} = \frac{1}{6}\ \text{أ}\ \frac{\text{ش}_1\ \text{ش}_2}{\text{ف}}$$

$$\therefore\ \text{ط}_{\text{و}_2} = \frac{1}{6}\ \text{ط}_{\text{و}_1}$$

★ مثال (٦) يمثل الشكل المجاور العلاقة البيانية لطاقة وضع نظام يتألف من شحنتين نقطيتين (ش١ و ش٢) مع البعد بين الشحنتين ، إذا كانت ش١ = ٢ ش٢



أجب عما يلي :

١- هل الشحنتان من نفس النوع ؟

٢- أوجد مقدار كل شحنة .

٣- احسب المجال الكهربائي في منتصف المسافة بينهما عندما كان البعد (٢٠) سم .

الإجابة :

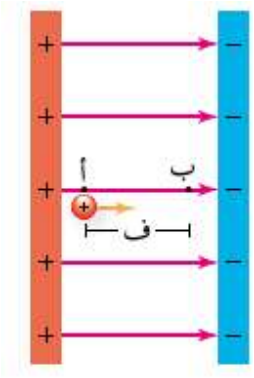
١) الشحنتان مختلفتان

٢) ش١ = ٤ × ١٠$^{-٧}$ كولوم ، ش٢ = ٢ × ١٠$^{-٧}$ كولوم .

٣) ٥٤ × ١٠^{٤} نيوتن / كولوم .

رابعاً : فرق الجهد في مجال كهربائي منتظم

المجال المنتظم هو المجال الثابت مقداراً و اتجاهاً و نحصل عليه من صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين مختلفتين . فجميع النقاط بين الصفيحتين و بعيداً عن الأطراف لها نفس قيمة و اتجاه المجال . لكنها مختلفة بالجهد إذ يقل الجهد باتجاه خطوط المجال و لحساب فرق الجهد بين نقطتين في المجال المنتظم يمكن التوصل للعلاقة كالتالي :



الشغل = ق ف جتا θ
ب ← أ ب ← أ

جـ أ ب = ش (ك) ب ← أ / ٨٠ سـ

مـ = ق (ك) / ٨٠ سـ

عكسنا الإزاحة وعكسنا إشارة الشغل ...

جـ أ ب = ق ف جتا θ (أ ← ب) / ٨٠ سـ

∴ جـ أ ب = مـ ف جتا θ
أ ← ب مـ ، ف

حيث ...

ف : الإزاحة من أ باتجاه ب .

θ : الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال و اتجاه الإزاحة من أ إلى ب .

$$(١٨٠ \geq \theta \geq ٠)$$

ملاحظة :

يمكن اختصار القانون السابق إلى جـ = مـ ف لحساب فرق الجهد بين الصفيحتين و نستنتج أن $مـ = \frac{جـ}{ف}$

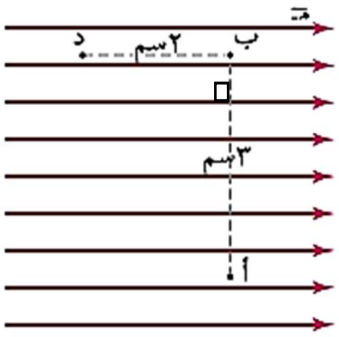
و يعتبر مقياساً لتغير الجهد مع تغير الموقع (تغير الجهد لكل وحدة طول). و نشتق منها وحدة أخرى للمجال و هي فولت / م .

س : أثبت أن (فولت / م) تكافئ (نيوتن/كولوم) .

الحل : نعلم أن : الفولت = جول / كولوم ,و أن : الجول = نيوتن .م

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

مثال (١) في الشكل المجاور مجال منتظم (٣١٠) فولت /م . أجب عما يلي



١- أي النقاط يكون المجال الكهربائي عندها أكبر ؟ ولماذا ؟

٢- أي النقاط يكون الجهد الكهربائي عندها أكبر ؟ ولماذا ؟

٣- احسب كل من : أ) جـ د ب) جـ ب د ج) جـ أب د) جـ أد

الحل :

١) المجال متساوٍ عند جميع النقاط لأنه مجال منتظم ثابت مقداراً و اتجاهاً .

٢) جـ د > جـ ب = جـ أ ؛ يقل الجهد باتجاه خطوط المجال .

٣ أ) جـ د ب = مـ ف جتا θ

= ٣١٠ × ٢×١٠ $^{-٢}$ × جتا صفر

= ٢٠ فولت .

[اتجاه الإزاحة من النقطة (د) إلى النقطة (ب) لليمين ، و اتجاه المجال لليمين أيضاً فتكون الزاوية بين متجه الإزاحة و متجه المجال صفر°]

٣ ب) جـ ب د = - جـ د ب = - ٢٠ فولت .

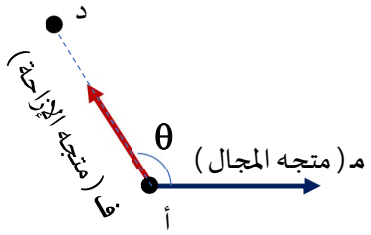
٣ ج) جـ أب = ٣١٠ × ٣×١٠ $^{-٢}$ × جتا ٩٠° = صفر .

٣ د) جـ أد = جـ أب + جـ ب د

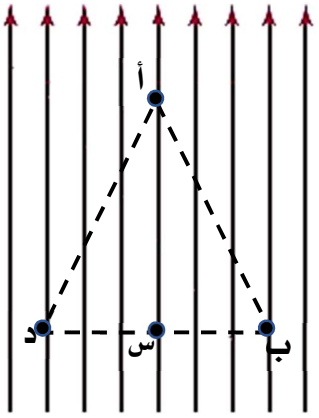
= صفر + ٢٠$^{-}$ = - ٢٠ فولت

[نقوم بتجزئة المسار إلى مسار موازٍ للمجال و مسار متعامد مع المجال فالجهد الكهربائي بين نقطتين لا يعتمد على المسار المتبع بين النقطتين لأن القوة الكهربائية قوة محافظة]

لو طُلب منا إيجاد جـ أد عبر المسار المباشر من (أ) إلى (د) ، نجد طول الضلع (أ د) و نجد الزاوية التي يصنعها متجه الإزاحة مع متجه المجال و هي الزاوية المحصورة بين المتجهين عندما يدخلان معاً نفس النقطة أو يخرجان معاً من نفس النقطة .فنلاحظ أن طريقة تجزئة المسار أسهل و أسرع .



مثال (٢) في الشكل المجاور أربع نقاط في مجال كهربائي منتظم (٥٠٠) فولت /م على رؤوس مثلث متساوي الساقين (أب = أد = ١٥ سم) و طول القاعدة (١٨) سم .



أجب عما يلي :

١- رتب النقاط تنازلياً حسب قيمة الجهد الكهربائي .

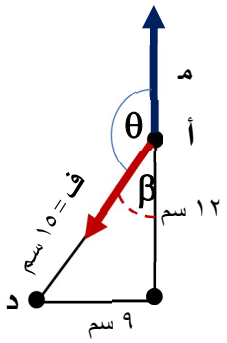
٢- احسب (جـ أ) عبر المسار المباشر من (أ) إلى (د). ثم عبر المسار أ ← س ← د

٣- احسب التغير في طاقة وضع إلكترون عندما ينتقل من (أ) إلى (د) بسرعة ثابتة .

الحل :

١) جـ ب = جـ س = جـ د < جـ أ .

٢) جـ أ د = مـ ف جتا θ



$= ٥٠٠ \times ١٥ \times ١٠^{-٢} \times -\frac{١٢}{١٥}$

جـ أ د = -٦٠ فولت .

٣) Δ طـ و = $-$ جـ د أ
أ ← د

$= -١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ٦٠^{+} = ٩٦ \times ١٠^{-١٩}$ **جول** .

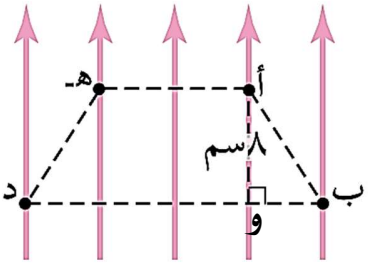
لاحظ كيف تم تحديد الزاوية بين متجه الإزاحة و متجه المجال، و كيف يمكن حساب جيب التمام لهذه الزاوية ..

بما أن $\theta + \beta = ١٨٠^{\circ}$ يكون:

جتا β = - جتا θ (متطابقة)

جتا $\beta = \frac{١٢}{١٥}$ ∴ جتا $\theta = -\frac{١٢}{١٥}$

مثال (٣) في الشكل المجاور مجال كهربائي منتظم (٢٠٠) فولت/م . احسب الشغل اللازم لنقل بروتون من (أ) إلى (د) بسرعة ثابتة .



الحل :

بما أن جـ د = جـ و لأنهما على خط متعامد مع المجال يكون :

جـ أ د = جـ أ و = مـ ف جتا θ

$= ٢٠٠ \times ٠,٠٨ \times -١$

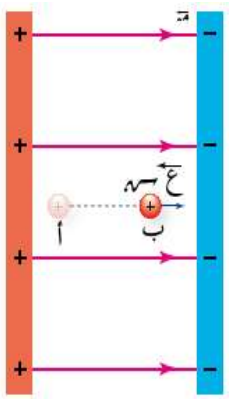
$= -١٦$ فولت .

ش (خ) = $-$ جـ د أ
أ ← د

$= ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times -١٦$

$= ٢٥,٦ \times ١٠^{-١٩}$ **جول** .

مثال (٤) تحرك بروتون من السكون من النقطة (أ) عند الصفيحة الموجبة إلى النقطة (ب) عند الصفيحة السالبة ،كما في الشكل المجاور أثبت أن سرعته عند النقطة (ب) تعطى بالعلاقة التالية :



$$ع = \sqrt{\frac{٢ \, شـ \, جـ}{ك}}$$

الحل :

$$ش_{ك} = \Delta \, ط_{ح} = ط_{ح ب} - ط_{ح أ}$$
أ ← ب

النظام محافظ ؛ شغل النظام يزيد من الطاقة الحركية.

$$-شـ \, (جـ_{ب} - جـ_{أ}) = \frac{١}{٢} ك \, ع_{ب}^{٢} - ٠$$

ط ح أ = صفر لأنه بدأ الحركة من السكون

$$شـ \, (جـ_{أ} - جـ_{ب}) = \frac{١}{٢} ك \, ع_{ب}^{٢}$$

بإعادة ترتيب الحدود تخلصنا من الإشارة السالبة

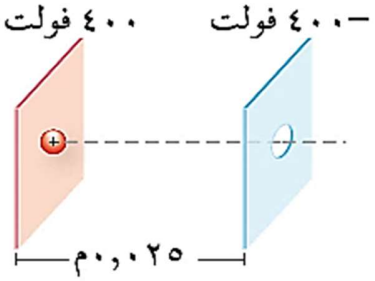
$$ع_{ب}^{٢} = \frac{٢ \, شـ \, جـ_{أ ب}}{ك}$$

$$ع = \sqrt{\frac{٢ \, شـ \, جـ}{ك}}$$

تكمن أهمية هذه العلاقة في حساب سرعة الجسيمات الذرية المتحركة عبر فرق جهد عالٍ ، حيث تكون سرعتها كبيرة جداً يصعب قياسها عملياً ☐

مثال (٥) أطلق بروتون بسرعة ابتدائية (٣×١٠^{٥}) م/ث من اللوح الموجب باتجاه اللوح السالب كما في الشكل المجاور ، اعتماداً على المعلومات المثبتة على الشكل احسب سرعته لحظة وصوله اللوح السالب .

(علماً أن كتلة البروتون $١,٦ \times ١٠^{-٢٧}$ كغ ، وشحنته $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم)



الإجابة: ع ب = ٥×١٠^{٥} م/ث . ☐

خامساً: سطوح تساوي الجهد

سطح تساوي الجهد : هو السطح الذي يكون الجهد عند نقاطه جميعها متساويا و يساوي قيمة ثابتة .

أهميتها : تسهم في فهم توزيع قيم الجهد و تصورها حول شحنة كهربائية أو توزيع من الشحنات .

علل : لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة على سطح تساوي الجهد !

لعدم وجود فرق جهد بين أي نقطتين على سطح تساوي الجهد حيث سـ = سـ. × جـ

علل : سطوح تساوي الجهد عمودية دائماً على خطوط المجال الكهربائي !

لأن الشغل المبذول لنقل شحنة على سطح تساوي الجهد يكون دائماً صفراً حسب العلاقة ش = ش. × جـ
فهذا يتطلب أن يكون اتجاه القوة (والتي هي باتجاه المجال) عمودية على الإزاحة حيث ش = ق ف جتا θ = صفر .

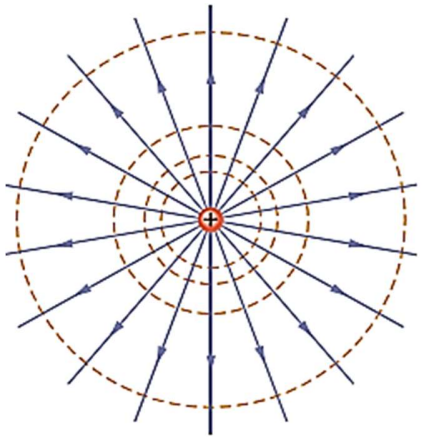
ملاحظة :

لرسم سطوح تساوي الجهد لتوزيع معين من الشحنات نراعي خاصية أنها :

١- متعامدة مع المجال ٢- لا تتقاطع عندما تكون بقيم مختلفة ٣- تتقارب كلما كان المجال كبيراً .

س : ارسم سطوح تساوي الجهد لتوزيع الشحنات التالية :

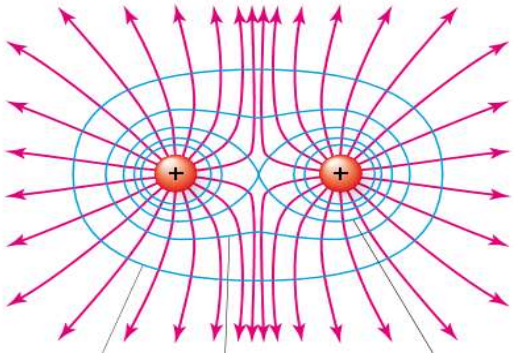
أ) شحنة نقطية مفردة



نلاحظ أن ...

السطوح كروية الشكل تحيط بالشحنة و أنها متعامدة مع خطوط المجال ،و أنها تتقارب عندما يكون المجال كبيرا .

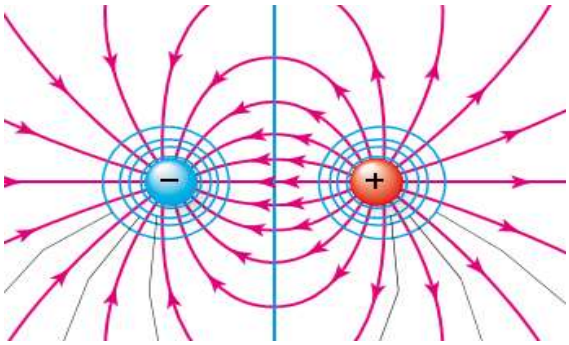
ب) شحنتين نقطيتين متماثلتين



نلاحظ أن ...

السطوح عمودية على خطوط المجال، و أنها تتقارب عندما يكون المجال كبيرا . و لا تتقاطع ، لكن يوجد نقطة تقاطع في الشكل ؛ فهذا يدل على السطحين لهما نفس القيمة

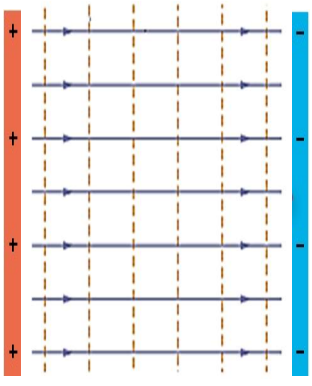
ج) شحنتين نقطيتين مختلفتين



نلاحظ أن ...

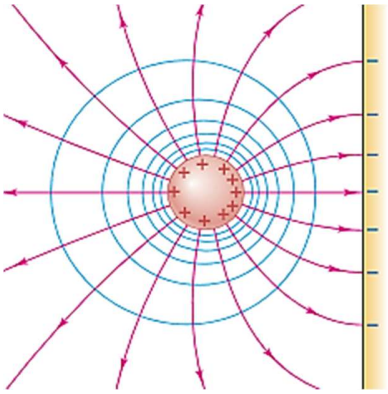
السطوح تتقارب بين الشحنتين حيث المجال كبيرا و تتباعد خارج الشحنتين حيث المجال صغيرا .

د) صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين مختلفتين .

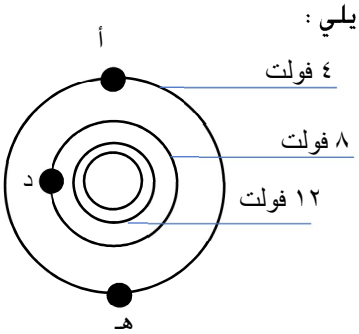


نلاحظ أن البعد ثابت بين السطوح

هـ) موصل كروي مشحون بشحنة موجبة و صفيحة سالبة



مثال (١) في الشكل المجاور سطوح تساوي جهد لشحنة نقطية . أجب عما يلي :



١- ما نوع الشحنة ؟

٢- حدد اتجاه المجال الكهربائي عند النقطتين (د) ، (هـ) .

٣- احسب الشغل اللازم لنقل إلكترون من (أ) إلى(هـ) بسرعة ثابتة .

٤- الشغل الذي تبذله الشحنة المولدة للمجال لنقل بروتون من(د) إلى(أ)

الحل :

١) موجبة ؛ لأن الجهد حولها موجب .

٢) عمودياً على سطوح تساوي الجهد و باتجاه تناقص الجهد : عند (د) سيني سالب ، و عند (هـ) صادي سالب .

٣) الشغل = صفر لأن النقطتين على سطح تساوي جهد فلا يلزم بذل شغل لنقل شحنة بين أي نقطتين على سطح تساوي الجهد .

٤) ش (ك) = - سـهـ جـ أ د = - ١,٦ × ١٠ $^{-١٩}$ × (٤ – ٨) = ٦,٤ × ١٠ $^{-١٩}$ جول .
د ← أ

مثال (٢) في الشكل المجاور سطوح تساوي جهد لتوزيع معين من الشحنات ، أجب عما يلي :

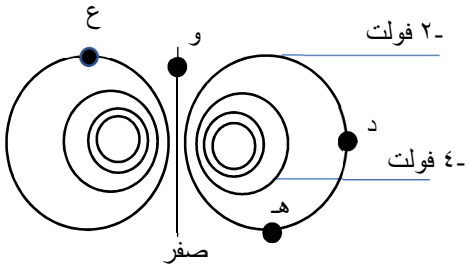
١- ما نوع الشحنات ؟

٢- حدد اتجاه المجال الكهربائي عند النقاط (د)، (هـ) ، (و)

٣- احسب الشغل المبذول بفعل قوة خارجية لنقل إلكترون من النقطة (و) إلى النقطة (هـ) بسرعة ثابتة .

٤- ماذا تتوقع أن يكون جهد النقطة (ع) موجباً أم سالباً ؟

٥- أين يكون المجال أكبر ما يمكن ؟



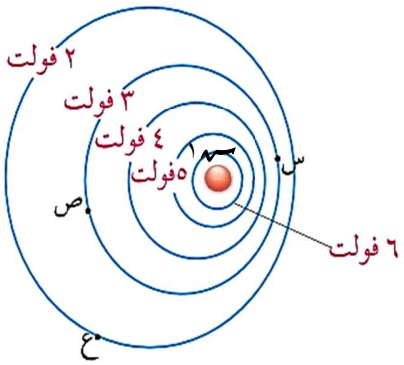
الإجابة :

١) شحنتان نقطيتان مختلفتان .

٢) عند : (د) -س ، (هـ) +ص ، (و) +س .

٣) ٣,٢ × ١٠ $^{-١٩}$ جول . ٤) موجباً . ٥) بين الشحنتين .

★مثال (٣) في الشكل المجاور سطوح تساوي جهد لشحنتين نقطيتين ، أجب عما يلي :

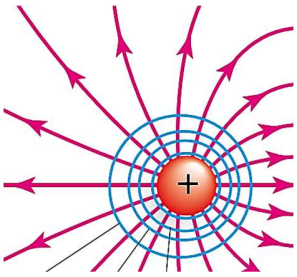


١- ما نوع الشحنتين ؟ و أين تقع (ش٢) بالنسبة لِ (ش١) ؟

٢- رتب النقاط (س ، ص ، ع) تنازلياً حسب قيمة المجال الكهربائي .

٣- ارسم ثلاثة خطوط للمجال الكهربائي .

الحل :

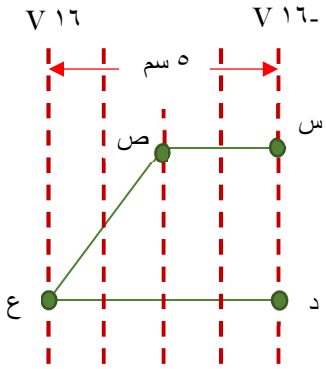


١) شحنتان نقطيتان مختلفتان . ش٢ سالبة تقع على يمين ش١ الموجبة

٢) يكون المجال كبيراً عند تقارب السطوح مـ س > مـ ص > مـ ع .

٣) أي ثلاثة خطوط تراعي أنها عمودية على السطوح و باتجاه تناقص الجهد .

★مثال (٤) في الشكل المجاور سطوح تساوي جهد لتوزيع معين من الشحنات ، أجب عما يلي :



١- ما نوع الشحنات ؟ ، وارسم ثلاثة خطوط مجال كهربائي .

٢- أوجد مقدار المجال الكهربائي .

٣- الشغل اللازم لنقل إلكترون من (س) إلى(ع) بسرعة ثابتة .

٤- جهد النقطة (ص) .

٥- إذا وضع بروتون عند النقطة (ع)احسب سرعته لحظة وصوله النقطة (د) .

الإجابة :

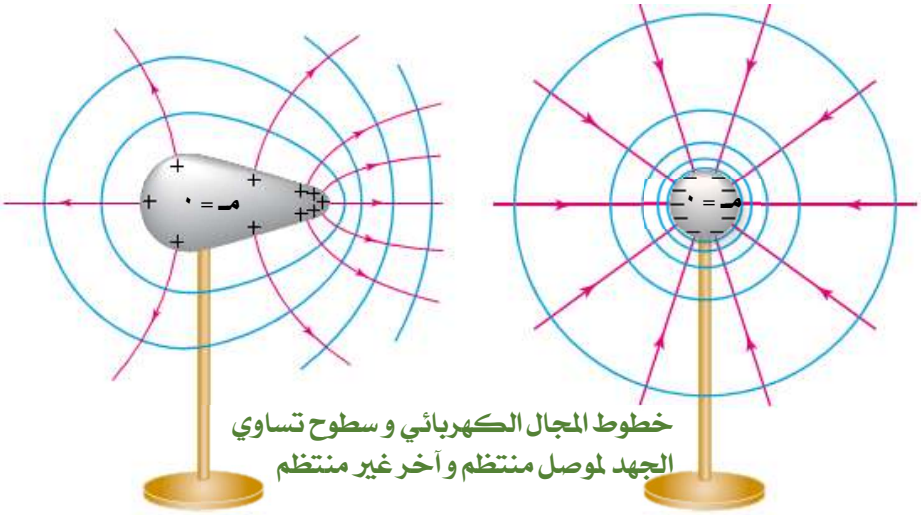
١) صفيحتان موصلتان مشحونتان بشحنتين مختلفتين ، خطوط المجال مستقيمة متوازية باتجاه محور السينات الموجب .

٢) مـ = ١٢٠٠ فولت/م . ٣) -٩٦×١٠^-١٩ جول . ٤) صفر . ٥) ٨ × ١٠^٤ م/ث .

سادسا: الجهد الكهربائي لموصل مشحون

عند شحن موصل فإن الشحنات تتنافر و تتباعد عن بعضها قدر المتاح إذ يسمح لها الموصل بالانتقال . فتستقر على سطحه الخارجي فقط .

بما أنه لا يوجد شحنات داخل الموصل بسبب تنافرها فإن المجال داخل الموصل يساوي صفر . أما المجال الكهربائي في الحيز المحيط في الموصل فيعتمد على شكل الموصل لاحظ الشكل المجاور ..



خطوط المجال الكهربائي و سطوح تساوي الجهد لموصل منتظم و آخر غير منتظم

علل : لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة من نقطة إلى نقطة داخل الموصل !

(أو أن الجهد داخل الموصل ثابت و يساوي الجهد على سطحه !)

بسبب تنافر الشحنات و استقرارها على السطح الخارجي للموصل يكون المجال الكهربائي داخل الموصل صفر و بناءً عليه لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة ضمن هذه المنطقة فإذا كان الشغل يساوي صفر فهذا يعني أن فرق الجهد يساوي صفر أيضاً .

علل : يعتبر سطح الموصل سطح تساوي جهد !

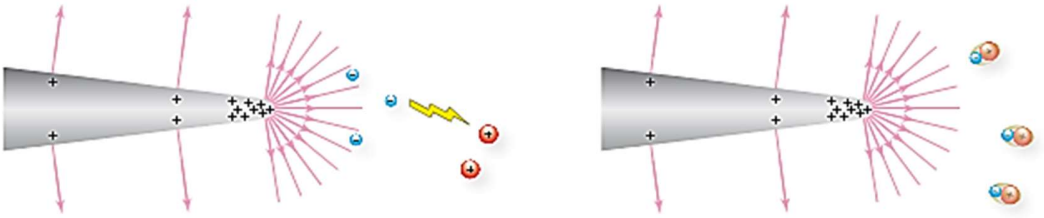
بسبب تنافر الشحنات و استقرارها على السطح الخارجي للموصل تكون ساكنة (في حالة اتزان). أي أن القوة المحصلة في كل شحنة تكون صفراً. وبذلك يكون فرق الجهد الكهربائي بين أي نقطتين صفراً . أي أن لها نفس قيمة الجهد .

ملاحظات :

٦- الجهد الكهربائي داخل الموصل يساوي الجهد على سطحه فلا نبذل شغلاً لنقل شحنة سواء من داخله أو على سطحه .

٧- المجال داخل الموصل يساوي صفر أما على خارجه فيعتمد على شكل الموصل .

فيكون توزيع الشحنات منتظم للموصلات المنتظمة (كالكرة مثلاً) و غير منتظم للموصلات غير المنتظمة .وجد تجريبياً أن **كثافة الشحنة السطحية تكون أكبر عند الرؤوس المدببة للموصلات فيتولد حولها مجال كهربائي قويّ يعمل على تأيين جزيئات الهواء القريبة منها ، فيصبح الهواء موصلاً** . فيحدث تفريغ كهربائي و هو ما يعرف **بظاهرة التفريغ الكهربائي** (تيار كهربائي على شكل شرارة تشبه البرق)

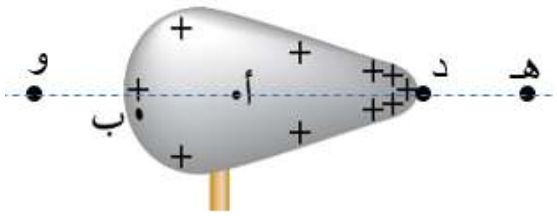


ظاهرة التفريغ الكهربائي

ظاهرة التفريغ الكهربائي

تيار كهربائي في الهواء على شكل شرارة تشبه البرق تحدث بالقرب من الرؤوس المدببة للموصلات ذات الجهد العالي ؛ إذ يتولد حول الرأس المدبب مجال كهربائي قوي يعمل على تأيين جزيئات الهواء فيصبح الهواء موصلاً .

موصل غير منتظم مشحون بشحنة موجبة ، رتب النقاط تنازلياً حسب قيمة المجال الكهربائي ، ثم حسب الجهد الكهربائي . هل تختلف الإجابة لو كانت الشحنة سالبة؟؟



الإجابة :

مد > مب > مهـ > مو > مأ = صفر.

جد = جأ = جب > جهـ > جو.

لو كانت شحنة الموصل سالبة ينعكس ترتيب الجهد و يبقى ترتيب المجال كما هو.

اختبر نفسك

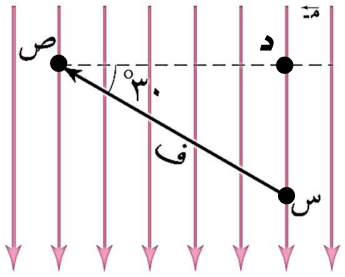
س١ : اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي :

١- إذا كان جـ هـ و = -٥ فولت ، جـ ك و = ٢ فولت ، فإن اتجاه المجال

أ) من (هـ) إلى (و) إلى (ك)　　ب) من (ك) إلى (و) إلى (هـ)

ج) من (هـ) إلى (و) إلى (ك)　　د) من (ك) إلى (هـ) إلى (و)

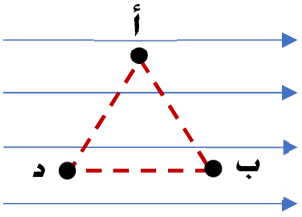
٢- في الشكل المجاور ثلاث نقاط في مجال كهربائي منتظم إن (جـ س ص) يساوي :



أ) مـ ف جتا ٣٠　　ب) مـ ف جتا ٦٠

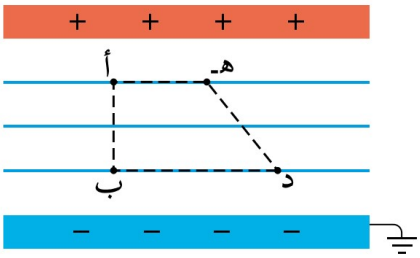
ج) مـ ف جتا ١٢٠　　د) صفر

٣- في الشكل المجاور ثلاث نقاط (أ ، ب ، د) على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع في مجال كهربائي منتظم ، إذا كان جـ أ ب = جـ فإن جـ ب د يساوي :



أ) جـ　　ب) – جـ　　ج) ٢ جـ　　د) -٢جـ .

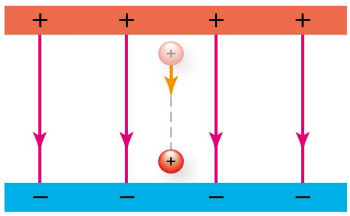
٤- في الشكل المجاور تزداد طاقة الوضع الكهربائية لشحنة نقطية سالبة عند انتقالها من :



أ) النقطة (أ) إلى النقطة (د)　　ب) النقطة (أ) إلى النقطة (هـ)

ج) النقطة (د) إلى النقطة (ب)　　د) النقطة (ب) إلى النقطة (أ)

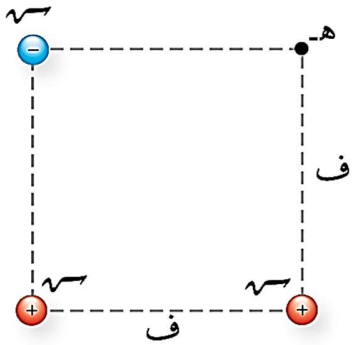
٥- في نظام (شحنة _ مجال) عندما تتحرك شحنة موجبة في المجال ، كما في الشكل المجاور ، فإن القوة الكهربائية تبذل عليها شغلاً :



أ) موجباً ، فتزداد طاقة وضع النظام .　ب) موجباً ، فتقل طاقة وضع النظام

ج) سالباً ، فتزداد طاقة وضع النظام .　د) سالباً ، فتقل طاقة وضع النظام .

٦- في الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية على رؤوس مربع طول ضلعه (ف) إن طاقة وضع إلكترون عند النقطة (هـ) تساوي :



أ) صفر
ب) $e\times\frac{\text{أ}}{\text{ف}\sqrt{٢٧}}$
ج) $e\times٣\frac{\text{أ}}{\text{ف}\sqrt{٢٧}}$
د) $e\times-\frac{\text{أ}}{\text{ف}\sqrt{٢٧}}$

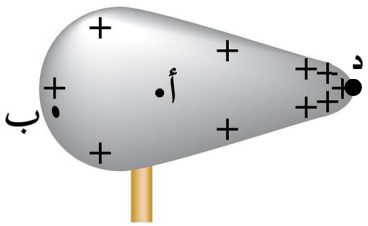
٧- شحنتان نقطيتان البعد بينهما في الهواء (ف) ، و طاقة وضع النظام (طـ) إذا تضاعف البعد بينهما إلى (٣ف) و نقصت إحدى الشحنتين إلى النصف فإن طاقة وضع النظام تصبح :

أ) ٦ ط
ب) $\frac{٣}{٢}$ ط
ج) $\frac{١}{٦}$ ط
د) ط

٨- أي من الآتية ليست من خصائص سطوح تساوي الجهد :

أ) متعامدة مع خطوط المجال الكهربائي
ب) متوازية و المسافات بينهما متساوي في المجال المنتظم
ج) تتقارب كلما اقتربنا من الشحنة النقطية
د) تتباعد كلما اقتربنا من الشحنة النقطية

٩- في الشكل المجاور موصل غير منتظم مشحون و معزول ، أي العبارات التالية صحيحة ؟

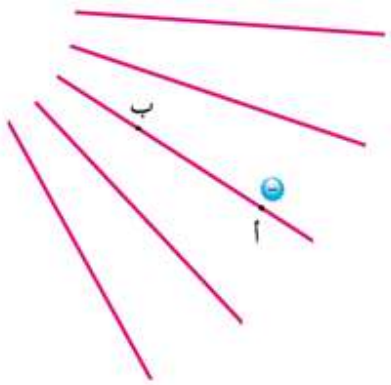


أ) جـ د = جـ ب ، مـ د > مـ ب
ب) جـ د = جـ أ ، مـ أ > مـ د
ج) جـ د > جـ أ ، مـ أ > مـ ب
د) جـ د > جـ ب ، مـ أ = صفر

الإجابة :

الفرع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
الإجابة	ب	ج	د	أ	ب	د	ج	د	أ

س٢ : شحنة نقطية (−٥) نانوكولوم وُضعت عند نقطة (أ) في مجال كهربائي غير منتظم لشحنة نقطية ، كما في الشكل المجاور ، إذا علمت أن : جـأ = ٢ فولت و جـ ب = ٦ فولت ، أجب عما يلي :



١- حدد اتجاه خطوط المجال الكهربائي .

٢- ما توقعك لنوع الشحنة النقطية المولدة للمجال ؟

٣- شغل القوة الكهربائية لنقل الشحنة من (أ) إلى (ب) .

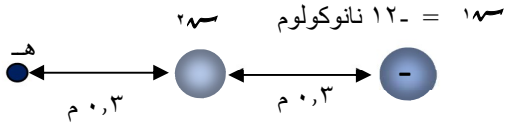
٤- التغير في الطاقة الحركية و التغير في طاقة الوضع للشحنة .

الإجابة :

١) من (ب) إلى (أ). ٢)موجبة . ٣) ٢٠ نانوجول

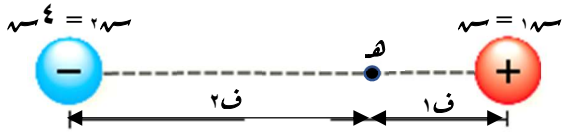
٤) Δط$_{ح}$ = - Δط$_{و}$ = ٢٠ نانوجول .

***س٣ :** في الشكل المجاور إذا علمت أن محصلة القوة الكهربائية على إلكترون عند النقطة (هـ)= صفر ، احسب الشغل اللازم لنقله إلى اللانهاية بسرعة ثابتة .



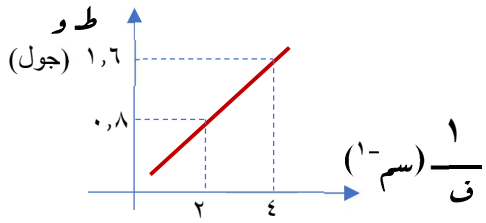
الإجابة : ش$_{(خ)}$ = -١٤٤ × ١٠ $^{-١٩}$ جول

س٤ : في الشكل المجاور إذا علمت أن جهد النقطة(هـ) يساوي صفر ، أوجد النسبة بين ف$_{١}$ إلى ف$_{٢}$



الإجابة : ف$_{١}$: ف$_{٢}$ = ١ : ٤

س٥ : مثّلت العلاقة البيانية لطاقة وضع نظام مكون من شحنتين متماثلتين مع مقلوب البعد كما في الشكل المجاور ، أجب عما يلي :



١- هل يمكن التنبؤ بنوع الشحنتين ؟

٢- احسب ميل العلاقة و ما وحدة قياسه ؟ وما دلالته الفيزيائية ؟

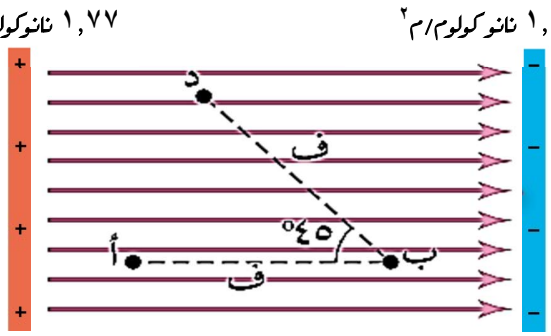
٣- أوجد مقدار كل من الشحنتين .

٤- احسب القوة المتبادلة بين الشحنتين عندما كانت طاقة وضع النظام (٠,٨) جول .

الإجابة : ١) لا . ٢) ٠,٤ جول . سم ، دلالته : حاصل ضرب ثابت كولوم في الشحنة .

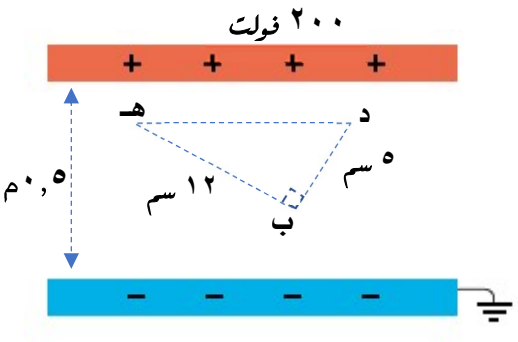
٣) $\frac{٢}{٣}$ ميكروكولوم. ٤) ١٦٠ نيوتن .

***س٦ :** في الشكل المجاور مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين موصلتين متوازيتين . و النقاط (أ ، ب ، د) نقاط في المجال ، احسب التغير في طاقة حركة بروتون عند انتقاله من (أ) إلى (د)علماً أن (ف =١٠) سم .



الإجابة : ٩٦ × ١٠ ⁻¹⁹ جول .

*س٧ : في الشكل المجاور صفيحتان متوازيتان مشحونتين بشحنتين مختلفتين و الصفيحة السالبة متصلة بالأرض . و الضلع (هـ د) موازي للصفيحتين . أوجد ما يلي :



١- المجال الكهربائي بين الصفيحتين .

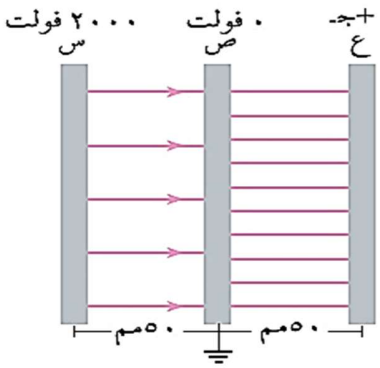
٢- الشغل المبذول لنقل شحنة (-٣) نانوكولوم من (هـ) إلى (د) بسرعة ثابتة .

٣- أيهما أكبر (جـ هـ ب) أم (جـ د ب)

الإجابة :

١) ٤٠٠ فولت / م ، ٢) صفر ، ٣) متساوٍ

س٨ : في الشكل المجاور . ثلاث صفائح موصلة . مختلفة في الجهد . .أجب عن الأسئلة التالية :



١- كيف يتناسب مقدار المجال مع كثافة الشحنة السطحية ؟

٢- أوجد مقدار و اتجاه القوة المؤثرة على الإلكترون بين الصفيحتين (س)(ص)

٣- أوجد مقدار واتجاه القوة على بروتون بين الصفيحتين (ع) و (ص)

٤- احسب جهد الصفيحة (ع) .

الإجابة :

١) طردياً ، ٢) ٦٤ × ١٠ $^{-١٦}$ نيوتن ، -س .

٣) ١٢٨ × ١٠ -١٦ نيوتن ، -س .

٤) ٤٠٠٠ فولت .

س٩ : في الشكل المجاور أربع نقاط (أ ، ب ، د ، هـ)في مجال كهربائي منتظم ، أوجد ما يلي :

١- ارسم واحداً من سطوح تساوي الجهد ، وثلاثة خطوط للمجال الكهربائي محدداً اتجاهها .

٢- احسب مقدار المجال الكهربائي .

٣- احسب التغير في طاقة حركة إلكترون عندما ينتقل من (أ) إلى(ب)

الإجابة :

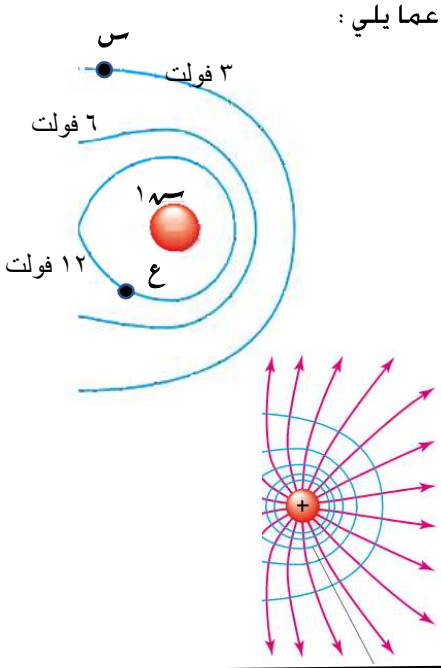
١) سطح رأسي يصل بين النقطتين (أ) و (د) .

و خطوط المجال خطوط أفقية لليسار .

٢) ٢٠٠ فولت / م .

٣) ١٦ × ١٠ $^{-١٩}$ جول .

س١٠ : في الشكل المجاور سطوح تساوي جهد لشحنتين نقطيتين ، أجب عما يلي :



١- ما نوع الشحنتين ؟ و أين تقع ش٢ بالنسبة ل ش١ ؟

٢- ارسم ثلاثة خطوط مجال كهربائي .

٣- احسب التغير في طاقة حركة إلكترون عندما ينتقل من (س) إلى(ع)

الإجابة :

١) شحنتان نقطيتان موجبتان ، ش٢ على يسار ش١

٢) أي خط عمودي على السطوح و باتجاه تناقص الجهد كما في الشكل المجاور

٣) ١٤,٤ × ١٠ $^{-١٩}$ جول .

أسئلة الوزارة / الدورة الشتوية ٢٠١٨

س١ : [١٠ علامات]

يبين الشكل المجاور شحنة نقطية (سـ) موضوعة في الهواء . إذا كان مقدار المجال عند (هـ) = ٥٠ نيوتن / كولوم . و الجهد الكهربائي عند (هـ) نفسها = ٣٠ فولت . احسب :

١- مقدار الشحنة (سـ)

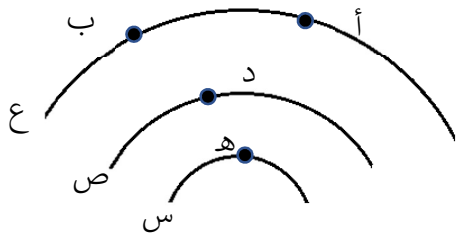
٢- شغل القوة الخارجية المبذول لنقل شحنة (٤) بيكوكولوم من اللانهاية إلى النقطة (هـ) بسرعة ثابتة .

الإجابة :

١) ٢ نانوكولوم . ٢) ١٢٠ نانوجول .

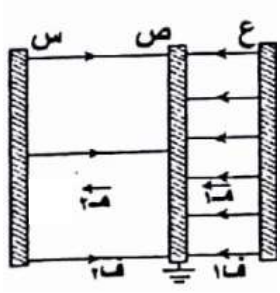
س٢ : [٥ علامات]

يبين الشكل المجاور سطوح تساوي جهد (س ، ص ، ع) لشحنة نقطية و النقاط (أ ، ب ، د ، هـ) واقعة على هذه السطوح . إذا علمت أن (جـ أ هـ = ٨ فولت) . و أن شغل القوة الكهربائية المبذول لنقل شحنة (٢- × ١٠ $^{-٦}$) كولوم من (د) إلى (ب) يساوي (٤ × ١٠ $^{-٦}$) جول . أوجد (جـ هـ د) .



الإجابة : جـ هـ د = -٦ فولت

س٣ : [٤ علامات]



معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل و الذي يمثل ثلاث صفائح موصلة (س،ص،ع) إذا علمت أن (جـ س = جـ ع) أثبت أن : ف١ = $\frac{١}{٢}$ ف ٢ .

الحل : بما أن جـ س = جـ ص إذاً مـ ١ ف ١ = مـ ٢ ف ٢ .

و لأن كثافة خطوط مـ ١ = ضعفي كثافة خطوط مـ ٢

أي أن عدد خطوط مـ ١ يساوي ضعفي عدد خطوط مـ ٢ في نفس المساحة . يكون مـ ١ = ٢ مـ ٢

∴ ٢ مـ ٢ × ف ١ = مـ ٢ × ف ٢ ⟸ ف١ = $\frac{١}{٢}$ ف ٢ . وهو المطلوب .