المستوى الثالث الفرع العلمي

الفصل الأول :

الكهرباء السكونية

القوي في الفيزياء

اعداد الأستاذ محمد عثمان

اعداد الأستاذ محمد عثمان

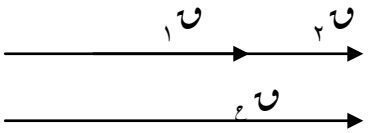
الاستاذ محمد عثمان 0788072746

الكهرباء السكونية

مراجعة عامة :

أولاً : حساب القوة المحصلة :

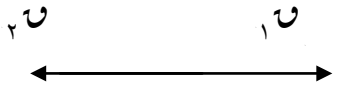
١ – محصلة قوتين في نفس الاتجاه هي :



$ق_ع = ق_1 + ق_2$ ، و الاتجاه يكون باتجاه القوتين .

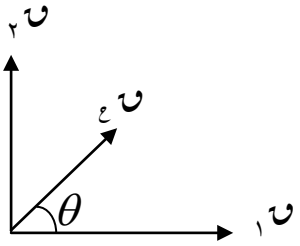
٢ – محصلة قوتين متعاكستين في الاتجاه هي :

على فرض $ق_1 > ق_2$ و منها $ق_ع = ق_1 - ق_2$



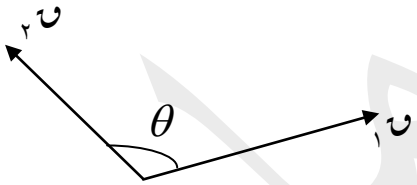
، و الاتجاه يكون باتجاه القوة الكبرى .

٣ – محصلة قوتين متعامدتين هي:



$ق_ع = \sqrt{(ق_1)^2 + (ق_2)^2}$ ، الاتجاه $ظا\theta = \frac{ق_2}{ق_1}$

٤ – حالة خاصة : اذا كانت القوتين متساويتين مقداراً و بينهما زاوية(θ) فان :



$ق_ع = 2ق جتا(\frac{\theta}{2})$

٥ – لايجاد محصلة عدة قوى مائلة عن الحاور :

أ- تلغي أي قوتين متعاكستين متساويتين بالمقدار ، أن وجد .

ب- تحلل القوى المائلة الى مركبتيها السينية و الصادية .

ج- نجمع المركبات التي تؤثر في نفس الاتجاه .

د- تطرح المركبات المتعاكسة .

و- بعد اجراء هذه الخطوات يتبقى لدينا مركبتين عمودية على بعضها البعض فنطبق العلاقة الاتية :

$ق_ع = \sqrt{(ق_س)^2 + (ق_ص)^2} \Leftarrow ظا\theta = \frac{ق_ص}{ق_س}$

ثانياً : تقسم الكميات الفيزيائية إلى قسمين :

١ – **كميات قياسية :** و هي الكميات التي لا تحتاج إلى الاتجاه لتحديدها و يكفي معرفة مقدارها فقط مثل : الزمن ، الشحنة الكهربائية ، الزمن ، الكتلة ..... الخ.

٢ – **كميات متجهة :** و هي الكميات التي تحتاج إلى المقدار و الاتجاه معا لتحديدها مثل : التسارع و السرعة و القوة و الوزن ... الخ.

ثالثاً : بعض التقسيمات لتسهيل عملية الحساب :

ملي = $١٠^{-٣}$ ، ميكرو = $١٠^{-٦}$ ، نانو = $١٠^{-٩}$ ، بيكو = $١٠^{-١٢}$

مثال : تقاس الشحنة الكهربائية بوحدة " كولوم "

الشحنة ١٥ ميكرو كولوم = ١٥×١٠^{-٦} كولوم

رابعاً : الشحنات الكهربائية المتشابهة تتنافر (سالب – سالب) ، (موجب – موجب)

الشحنات المختلفة تتجاذب (سالب – موجب)

تعتبر شحنة الالكترون الذي اكتشفه العالم طومسون ، اصغر شحنة حرة في الطبيعة ، لذلك يطلق عليها الشحنة الاساسية و يشار اليها بالرمز : $ش_e = ١.٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم .

- يكون عدد الشحنات الموجبة مساوياً لعدد الشحنات السالبة في الذرات المتعادلة كهربائياً .
- اذا فقد الجسم الكترونات ⟵ تصبح شحنته موجبة .
- اذا اكتسب الجسم الكترونات ⟵ تصبح شحنته سالبة .

خامساً : النموذج الذري الحديث :

- تتكون المادة من ذرات و تتكون الذرة الواحدة من :

أ- نواة : تحتوي على بروتونات موجبة و نترونات متعادلة حيث تكون شحنة النواة موجبة .

ب- الكترونات : سالبة الشحنة (تدور حول النواة في مستويات محددة الطاقة). حيث أن : $ش_e = ش_p$ ، $ك_e < ك_p$

اسم العالم	العمل الذي قام به
وليم غلبرت	حاول تفسير قدرة حجر العنبر (الكهرمان) على جذب أجزاء القش الصغيرة عند دلكه بالفراء ، فاعتقد أن الدلك يجعل بعض المواد مثل العنبر تمتلئ بالكهرباء كما يملأ المائع الكوب و من هنا ورد تعبير شحنة للمرة الأولى .
شارل	اقترح وجود نوعين من الكهرباء عندما لاحظ أن بعض الأجسام تتجاذب و بعضها يتنافر .
بنيامين فرانكلين	سمى نوعي الكهرباء (موجب ، سالب) للتمييز بينهما .
طومسون	أكتشف الالكترون عام ١٨٩٧م
مليكان	تمكن من قياس شحنة الالكترون بعد اجراء تجربة قطرة الزيت ، و تبين أن أصغر شحنة حرة في الطبيعة هي شحنة الالكترون ، و لذلك سميت "الشحنة الاساسية" و يرمز لها بالرمز (ش) و مقدارها = ١.٦×١٠^{-١٩} كولوم .

الشحنة الكهربائية (Electric Charge)

الشحنة الكهربائية : هي إحدى خصائص المادة مثل الكتلة و الكثافة .

تتكون المادة من ذرات و تتكون الذرة الواحدة من:

أ- نواة :تحتوي على بروتونات موجبة و نيوترونات "متعادلة الشحنة".

ب- الكترونات: تدور حول النواة في مدارات محددة الطاقة تمتلك شحنة سالبة.

* في الحالة الطبيعية تكون الذرة متعادلة كهربائيا أي أن عدد الالكترونات السالبة تساوي عدد البروتونات الموجبة.

و تصنف المواد من حيث سهولة حركة الشحنات فيها إلى:

1- مواد موصلة (Conductors)

وهي المواد التي يمكن للالكترونات أن تتحرك خلالها بسهولة مثل الفلزات كالفضة و النحاس و الألمنيوم.

2- مواد عازلة (Insulators)

وهي المواد التي لا يمكن للالكترونات أن تتحرك خلالها بسهولة مثل الزجاج و البلاستيك و المطاط وغيرها.

3-مواد شبه موصلة (Semiconductors)

و هي المواد التي لا توصل الكهرباء إلا تحت ظروف خاصة كأن تضاف إليها مواد أخرى(شوائب) مثل الفسفور و الزرنيخ و مثال على هذه المواد السيلكون و الجرمانيوم.

التكهرب : هي العملية التي يتم بواسطتها شحن جسم ما بشحنة كهربائية ... ومن الأجهزة التي تستخدم لشحن الأجسام جهاز "فان دي غراف"

طرق شحن الأجسام :

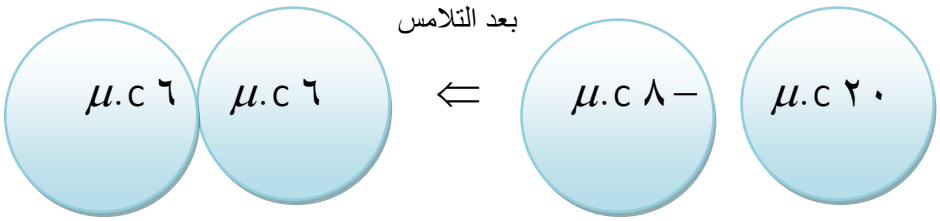
اولاً : الشحن بالدلك :

و فيه يتم دلك جسمين مختلفين متعادلين أحدهما له القابلية لفقد الالكترونات و الاخر له القابلية على كسب الالكترونات ، فتنتقل الالكترونات من احدهما الى الخر ، وفيه يكتسب الجسمين شحنتين ثابتتين متساويتين مقداراً و مختلفتين نوعاً و من هنا فان المجموع الكلي للشحنة ثابت خلال عملية الشحن ، بمعنى ما يفقده جسم يكتسبه الاخر .

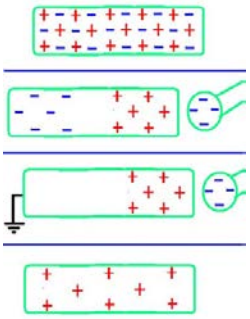
مثال : عند دلك البلاستيك بالصوف فان الصوف يفقد من الكتروناته فيصبح موجب الشحنة ، بينما يكتسب البلاستيك الالكترونات و يصبح سالب الشحنة .

ثانياً : الشحن باللمس (التوصيل) :

و فيه يتم تلامس بين موصلين ، فيكتسب الموصلان شحنة ثابتة من نفس النوع ، لكن ليس بالضرورة نفس المقدار (تتوزع حسب أنصاف الأقطار) ، أما اذا كان الموصلان متماثلين فان مجموع الشحنة يتوزع عليهما بالتساوي .



ثالثاً : الشحن بالحث (التأثير) :



وفيه يتم تقريب موصل مشحون (مؤثر) من موصل متعادل غير مشحون فيكتسب الجسم المراد شحنه:

- شحنة مقيدة مخالفة لشحنة المؤثر و تكون قريبة من المؤثر .
- شحنة حرة مشابهة لشحنة المؤثر و تكون بعيدة عن المؤثر .
- و الشحنة المتولدة من الحث شحنة مؤقتة تزول بزوال المؤثر .
- من اجل الحصول على شحنة دائمة نوصل الموصل بالأرض كما بالشكل المجاور .

***كل الأجسام في الطبيعة مشحونة لكن لا يظهر اثر الشحنات الكهربائية لأنها تكون في حالة تعادل كهربائي.**

عند دلك مادتين مختلفتين تصبح ذرات المادتين قريبة من بعضها البعض فتتهيأ الفرصة لانتقال الالكترونات من مادة إلى أخرى ، و بالتالي تصبح المادة التي فقدت الالكترونات مشحونة بشحنة موجبة و المادة التي اكتسبت الالكترونات مشحونة بشحنة سالبة .

و يكون مقدار ما تفقده المادة الأولى مساويا لما تكسبه المادة الثانية، حسب مبدأ حفظ الشحنة.

مبدأ حفظ الشحنة conservation of charge

الشحنة الكهربائية لا تفنى ولا تستحدث

مبدأ تكميم الشحنة :

" شحنة أي جسم يجب أن تساوي عدد صحيح من شحنة الإلكترون ".

$ش_{الجسم}$ = ن × شحنة الإلكترون حيث ن : عدد الالكترونات المكتسبة أو المفقودة .

ملاحظة : أصغر قيمة للشحنة المفردة هي شحنة الإلكترون و تساوي 1.6×10^{-19} كولوم.

مثال : ما عدد الالكترونات التي يفقدها جسم لتصبح شحنته 1 كولوم ؟

بما أن "ن" عدد الالكترونات فان ن = $\frac{١}{١.٦\times١٠^{-١٩}}$ ، ومنه نجد أن ن = 6.25×10^{18} إلكترون .

أســــــــــــــــــــئلة

- جسم يحمل شحنة موجبة مقدارها ٣.٢×١٠^{-١٤} كولوم ، احسب عدد الالكترونات التي فقدها الجسم ؟
- ما مقدار و نوع شحنة جسم كسب ٣×١٠^{٥} الكترون ؟
- ما شحنة جسم فقد ٢٠٠ الكترون ؟
- ما عدد الالكترونات المطلوب فقدها من جسم لتصبح شحنته +٣٢ مايكروكولوم ؟
- علل : لا يمكن لجسم أن يحمل شحنة مقدارها ٢×١٠^{-١٩} كولوم .
- ما عدد الالكترونات التي يجب أن يفقدها جسم لتصبح شحنته (١) كولوم ؟

قانون كولوم (Coulomb's Law):

هو قانون فيزيائي تجريبي يعبر عن مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين .((قانون التربيع العكسي))

تتناسب القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين تناسباً طردياً مع مقدار كل منهما و عكسياً مع مربع المسافة بينهما.

$$ق = \frac{١}{٤\pi\varepsilon_{.}} \frac{ش_١ ش_٢}{ف^٢} = ٩ \times ١٠^٩ \frac{ش_١ ش_٢}{ف^٢}$$

عندما تكون الشحنتين بالفراغ فان ثابت كولوم $\frac{١}{٤\pi\varepsilon_{.}} = ٩ \times ١٠^٩$

ε : ثابت سماحية الوسط الفاصل بين الشحنات و يرمز لها في الفراغ بـ $(\varepsilon_{.}) = ٨.٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم ^{٢} /نيوتن . م^٢

ملاحظة :

- توصل العالم (كولوم)لهذا القانون من خلال تجاربه على جهاز " ميزان اللي " الذي صممه بنفسه.

ســــــــــــؤال :

ما العوامل التي يعتمد مقدار ثابت كولوم ؟

يعتمد ثابت كولوم على :

١ – طبيعة الوسط الفاصل .

٢ – و حدات القياس المستخدمة لقياس القوة و المسافة و الشحنة .

ســــــــــــؤال :

ما المقصود بأن القوة الكهربائية متبادلة ؟

أي أن القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى على الثانية $(ق_{٢١})$ تساوي القوة التي تؤثر بها الشحنة الثانية على الأولى$(ق_{١٢})$ مقداراً و تعاكسها اتجاهاً لانهما يمثلان قوى فعل و رد فعل .

ملاحظـــــــــــــــة

- اشارة الشحنة لا تعوض بقانون كولوم .
- تقاس الشحنة بوحدة الكولوم و القوة بوحدة نيوتن و المسافة بوحدة المتر اذا وردت في صيغة غير ذلك يتم تحويلها .

ســــــــــــؤال : (وزاري متكرر)

ما العوامل التي تعتمد عليها القوة المتبادلة بين شحنتين ؟

من خلال قانون كولوم نجد انها تعتمد على :

١ – ثابت سماحية الوسط (ε) .

٢ – مقدار كل من الشحنتين (طردياً) .

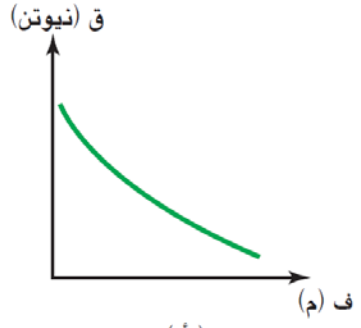
٣ – المسافة بين الشحنتين (عكسياً) .

ســـــــــــؤال :

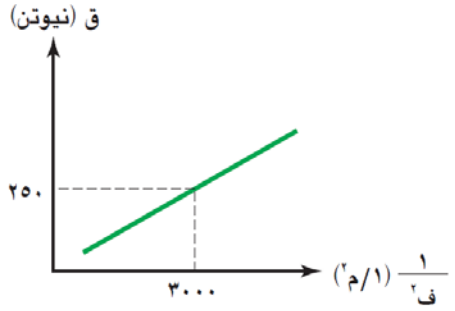
ارسم العلاقة بين القوة المتبادلة بين شحنتين و كل من :

أ - المسافة الفاصلة بين الشحنتين .

ب - مقلوب مربع المسافة بين الشحنتين .



(أ)



(ب)

مستعيناً بالأرقام الواردة بالشكل (ب) ، احسب ميل الخط المستقيم ، ثم جد مقدار كل من الشحنتين (على فرض أنهما شحنتان متماثلتان).

الحـــــــــــــــــل :

تذكر أن ميل الخط المستقيم = $\frac{\Delta ص}{\Delta س}$ و من الشكل (ب) ميل الخط= $\frac{٢٥٠}{٣٠٠٠} = \frac{١}{١٢}$

$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش^{٢}}{ف^{٢}} \Leftarrow ق ف^{٢} = ٩ \times ١٠^{٩} ش^{٢}$

ميل الخط= $٩ \times ١٠^{٩} ش \Leftarrow \frac{١}{١٢} = ٩ \times ١٠^{٩} ش^{٢} \Leftarrow ش \approx ٠.٣ \times ١٠^{-٥}$ كولوم .

نجد أن دلالة الخط المستقيم هي الميل = $٩ \times ١٠^{٩} ش_{١} ش_{٢} = ق ف^{٢}$

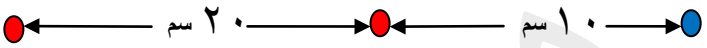
الكولوم : هو مقدار الشحنة النقطية التي اذا وضعت في الهواء أو الفراغ على بعد (١م) من شحنة اخرى مساوية لها تكون القوة المتبادلة بينهما تساوي (٩×١٠^{٩}) نيوتن .

ســـــــــــؤال :

يمثل الشكل ثلاث شحنات نقطية معتمداً على البيانات المثبته عليه جـ القوة المحصلة المؤثرة على كل من :

- الشحنة الثانية $(ش_{٢})$ ؟
- الشحنة الثالثة $(ش_{٣})$؟

$ش_{١} = -٤\ \mu.c$ $ش_{٢} = +١\ \mu.c$ $ش_{٣} = +٢\ \mu.c$



الحـــــــل :

القوة المؤثرة على :

$$ق_{٢١} = ٩\times١٠^{٩}\frac{ش_{١}ش_{٢}}{ف_{٢١}^{٢}} = ٩\times١٠^{٩}\frac{٤\times١٠^{-٦}\times١\times١٠^{-٦}}{(١٠\times١٠^{-٢})^{٢}} = ٣.٦$$ نيوتن ،باتجاه اليمين .

$$ق_{٢٣} = ٩\times١٠^{٩}\frac{ش_{١}ش_{٢}}{ف_{٢٣}^{٢}} = ٩\times١٠^{٩}\frac{٢\times١٠^{-٦}\times١\times١٠^{-٦}}{(٢٠\times١٠^{-٢})^{٢}} = ٠.٤٥$$ نيوتن.باتجاه اليمين .

بما أن القوتين في نفس الاتجاه اذا $ق_{ع} = ق_{٢١} + ق_{٢٣} = ٣.٦ + ٠.٤٥ = ٤.٠٥$ نيوتن ، باتجاه اليمين .

القوة المؤثرة على $(ش_{٣})$:

$$ق_{٣١} = ٩\times١٠^{٩}\frac{ش_{١}ش_{٢}}{ف_{٣١}^{٢}} = ٩\times١٠^{٩}\frac{٤\times١٠^{-٦}\times٢\times١٠^{-٦}}{(٣٠\times١٠^{-٢})^{٢}} = ٠.٨$$ نيوتن ، باتجاه اليمين . $(س+)$

$$ق_{٣٢} = ٩\times١٠^{٩}\frac{ش_{١}ش_{٢}}{ف_{٣٢}^{٢}} = ٩\times١٠^{٩}\frac{١\times١٠^{-٦}\times٢\times١٠^{-٦}}{(٢٠\times١٠^{-٢})^{٢}} = ٠.٤٥$$ نيوتن ، باتجاه اليسار . $(س-)$

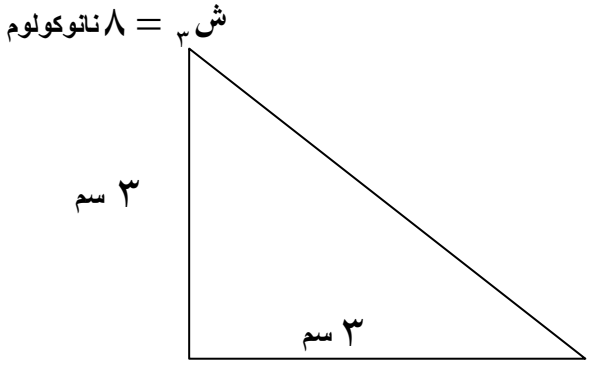
بما أن القوتين في اتجاهين متعاكسين اذا $ق_{ع} = ق_{٣١} + ق_{٣٢} = ٠.٨ - ٠.٤٥ = ٠.٣٥$ نيوتن ، باتجاه اليمين . $(س+)$

ســـــــــــؤال :

جد القوة المؤثرة على الشحنة الأولى $(ش_{١})$ في السؤال السابق ؟

سـؤال وزارة :

في الشكل مثلث قائم الزاوية ، احسب القوة المحصلة المؤثرة على ($ش_٢$) علماً بأن الشحنات موضوعة بالهواء .



الحـــل :

$ش_١ = ٦$ نانوكولوم $\qquad$ $ش_٢ = -١ \times ١٠^{-٤}$ كولوم

($ش_٢$) تتأثر بقوتين :

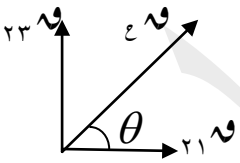
$$ق_{٢١} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش_١ ش_٢}{ف^٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{٦ \times ١٠^{-٩} \times ١ \times ١٠^{-٤}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^٢} = ٦ \text{ نيوتن باتجاه س}+$$

$$ق_{٢٣} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش_٣ ش_٢}{ف^٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{٨ \times ١٠^{-٩} \times ١ \times ١٠^{-٤}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^٢} = ٨ \text{ نيوتن باتجاه ص}+$$

الان نجد اننا حصلنا على قوتين متعامدتين ، لذلك المحصلة :

$$ق_ح = \sqrt{(٦)^٢ + (٨)^٢} = ١٠ \text{ نيوتن .}$$

الاتجاه : $ظا\theta = \frac{ق_{٢٣}}{ق_{٢١}} = \frac{٨}{٦} = \frac{٤}{٣} = ١.٣٣ \Leftarrow \theta = ٥٣.٠$ كما بالشكل :



تمـــــــــــــــــــــــرين :

جسمين متماثلين يحمل أحدهما شحنة مقدارها ٦ ميكروكولوم و الاخر شحنة مقدارها — ٤ ميكروكولوم ، اذا تلامس الجسمين ثم وضعا على بعد ٣م من بعضهما ، احسب القوة المتبادلة بينهما ؟

ســـؤال :

شحنتان متساويتين مقداراً و مختلفتين نوعاً تفصلهما في الهواء مسافة ٢٠ سم ، اذا علمت أن القوة المتبادلة بينهما تساوي ٠.٩ نيوتن ، احسب مقدار كل من الشحنتين ؟

الحـــل :

$$ش_١ = ش_٢ = ش$$

بالتعويض بقانون كولوم نجد أن : $٩ \times ١٠^{-١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش^{٢}}{(٢٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}} \Leftarrow ٩ \times ١٠^{-١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش^{٢}}{٤ \times ١٠^{-٢}}$

بالضرب التبادلي ينتج : $٣٦ \times ١٠^{-٣} = ٩ \times ١٠^{٩} \times ش^{٢} \Leftarrow ش = ٢ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

ســـؤال :

تفصل بين البروتون و الالكترون في ذرة الهيدروجين مسافة (٥.٣×١٠^{-١١}) متر ، اذا علمت أن كتلة البروتون $= ١.٦٧ \times ١٠^{-٢٧}$ ، و كتلة الالكترون $= ٩.١١ \times ١٠^{-٣١}$ كغ ، احسب :

أ- القوة الكهربائية المتبادلة بينهما ؟ ب- قوة الجذب الكتلي بين الجسمين ؟

الحـــل :

بما أن $ش_e = ش_p = ١.٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم .

أ- بالتعويض بقانون كولوم نجد أن :

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش_١ ش_٢}{ف^{٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{١.٦ \times ١٠^{-١٩} \times ١.٦ \times ١٠^{-١٩}}{(٥.٣ \times ١٠^{-١١})^{٢}} = ٨.٢ \times ١٠^{-٨}$$ نيوتن (قوة تجاذب)

ب- قوة الجذب الكتلي $= \frac{ج \times ك_١ \times ك_٢}{ف^{٢}} = \frac{٦.٧ \times ١٠^{-١١} \times ١.٦٧ \times ١٠^{-٢٧} \times ٩.١١ \times ١٠^{-٣١}}{(٥.٣ \times ١٠^{-١١})^{٢}} = ٣.٦ \times ١٠^{-٤٧}$

تلاحظ أن القوة الكهربائية أكبر بحوالي $(١٠^{٣٩})$ مرة من قوة الجذب الكتلي بين البروتون و الالكترون ، لذلك يكتفى بالقوة الكهربائية ، و تهمل قوة الجذب الكتلي عند حساب القوى المتبادلة بين الجسيمات الذرية المشحونة كالبروتونات و الالكترونات .

تمـــــــــــــــرين :

شحنتان نقطيتان مقدارهما ($ش_1$ ، $ش_2$) وضعتا بالفراغ على بعد (ف) من بعضهما البعض ، فكانت القوة المتبادلة بينهما 100 نيوتن ، كم تصبح القوة المتبادلة بينهما اذا :

أ- تضاعفت احدى الشحنتين 3 مرات ؟

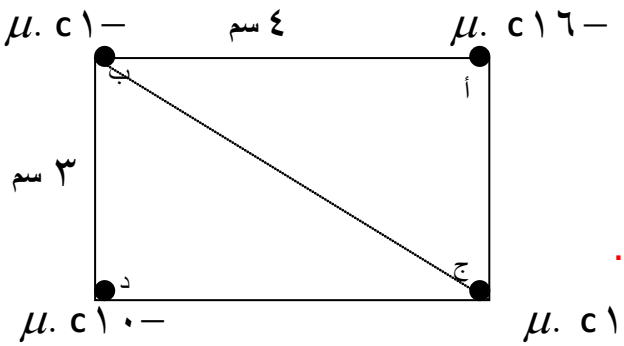
ب- نقصت المسافة بينهما الى النصف ؟

ج- تضاعف ثابت السماحية مرتين ؟

د- تغير نوع احدى الشحنتين ؟

ســـــــــــــــؤال :

معتمداً على البيانات المثبته على الشكل ، جد القوة المؤثرة المحصلة على الرأس (ب) ؟



الحـــــــــــــــــل :

لمعرفة معلومات عن زوايا المستطيل نستفيد من خصائص الجيب و الجتا .

لمعرفة طول الوتر نيتفيد من العلاقة :

$$\text{الوتر} = \sqrt{(٣)^{٢} + (٤)^{٢}} = ٥ \text{ سم}$$

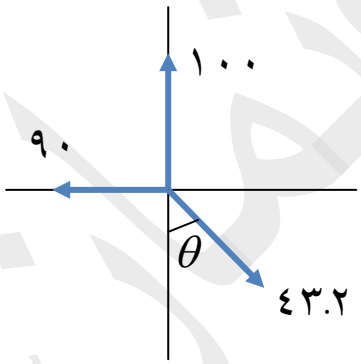
الان نلاحظ أن الشحنه (ب) تتأثر بثلاث قوى هي :

$$\text{ق}_{\text{اب}} = ٩\times١٠^{٩}\ \frac{\text{ش}_{\text{أ}}\ \text{ش}_{\text{ب}}}{\text{ف}^{٢}} = ٩\times١٠^{٩}\ \frac{١٦\times١٠^{-٦}\times١\times١٠^{-٦}}{(٤\times١٠^{-٢})^{٢}} = ٩٠ \text{ نيوتن ، باتجاه س}-$$

$$\text{ق}_{\text{جب}} = ٩\times١٠^{٩}\ \frac{\text{ش}_{\text{ج}}\ \text{ش}_{\text{ب}}}{\text{ف}^{٢}} = ٩\times١٠^{٩}\ \frac{١٢\times١٠^{-٦}\times١\times١٠^{-٦}}{(٥\times١٠^{-٢})^{٢}} = ٤٣.٢ \text{ نيوتن .}$$

$$\text{ق}_{\text{دب}} = ٩\times١٠^{٩}\ \frac{\text{ش}_{\text{د}}\ \text{ش}_{\text{ب}}}{\text{ف}^{٢}} = ٩\times١٠^{٩}\ \frac{١٠\times١٠^{-٦}\times١\times١٠^{-٦}}{(٣\times١٠^{-٢})^{٢}} = ١٠٠ \text{ نيوتن ، باتجاه ص}+$$

الان.... نحلل القوى المائلة :

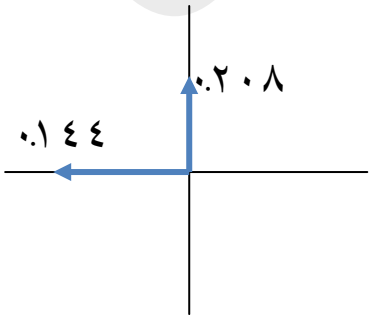


$$\text{جتا}\theta = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \frac{١٠٠}{٤٣.٢} = ٢.٣١$$

$$\text{جا}\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \frac{٩٠}{٤٣.٢} = ٢.٠٨$$

$$\text{ق}_{\text{س}} = ٩٠ - (٤٣.٢\times٢.٠٨) = ٠.١٤٤ \text{ نيوتن.}$$

$$\text{ق}_{\text{ص}} = ١٠٠ - (٤٣.٢\times٢.٣١) = ٠.٢٠٨ \text{ نيوتن}$$



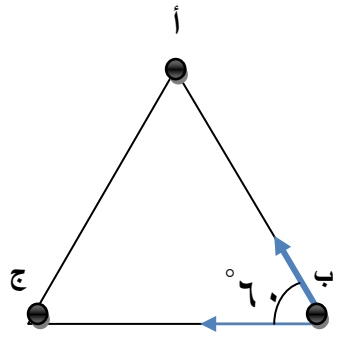
$$\text{ق}_{\text{ح}} = \sqrt{(٠.١٤٤)^{٢} + (٠.٢٠٨)^{٢}} = ٠.٢٥٢ \text{ نيوتن}$$

حدد اتجاه القوة المحصلة ؟

ســـــــــــــــــؤال :

مثلث متساوي الاضلاع (أ ،ب ،ج) طول ضلعه (٣) سم وضع على رؤوسه الشحنات الاتية :

٤ نانوكولوم و — ٣ نانوكولوم ، ٩ نانوكولوم بالترتيب ، احسب القوة المحصلة المؤثرة على الشحنة (ب) ؟



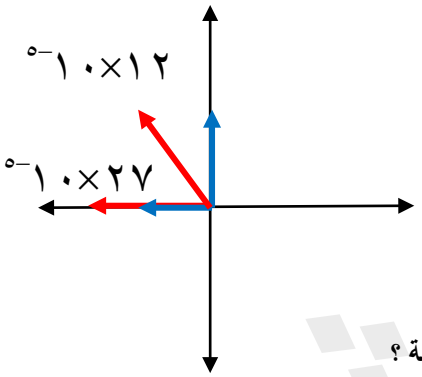
الحـــــــــــــــــــل :

الشحنة (ب) تتأثر بقوتين :

$ق_{أب} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{٤ \times ١٠^{-٩} \times ٣ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}} = ١٢ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن .

$ق_{جب} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{٩ \times ١٠^{-٩} \times ٣ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}} = ٢٧ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن .

نحلل القوة المائلة $ق_{أب}$ الى مركبتيها :



$ق_{أب}(س) = ق_{أب} \times جتا ٦٠ = ٦ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن .

$ق_{أب}(ص) = ق_{أب} \times جا ٦٠ = ٠.٤ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن .

$ق_{س} = ٢٧ \times ١٠^{-٥} + ٦ \times ١٠^{-٥} = ٣٣ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن .

$ق_{ص} = ٠.٤ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن .

و منه $ق_{ع} = \sqrt{(٣٣ \times ١٠^{-٥})^{٢} + (٠.٤ \times ١٠^{-٥})^{٢}}$ ، حدد اتجاه المحصلة ؟

تمـاريـــــــــــــــــن :

أ) شحنتان نقطيتان $ش_{١}$ و $ش_{٢}$ موضوعتان على بعد ٦٠ سم من بعضهما البعض . و تتنافران بقوة مقدارها ٠.٣ نيوتن و مجموع الشحنتين هو ٧.٢ ميكروكولوم ، أوجد كلاً من الشحنتين $ش_{١}$ و $ش_{٢}$ ؟

ب) كرتان متماثلتين كتلة كل منهما ٦٠ غرام و تفصل بينهما مسافة ٢٤٠ سم و تحملان شحنتان متشابهتين مقداراً و مختلفتين نوعاً ، ما مقدار شحنة كل منهما التي من شأنها جعل قوى التجاذب الكتلي و القوى الكهربائية المتبادلة متساوية ؟

ج) شحنتان نقطيتان موضوعتان بالهواء القوة بينهما ٨×١٠^{٤} نيوتن ، عندما كانت المسافة بينهما ٣٠ سم ، احسب :

١) مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بينهما عندما تصبح المسافة بينهما ١٥ سم ؟

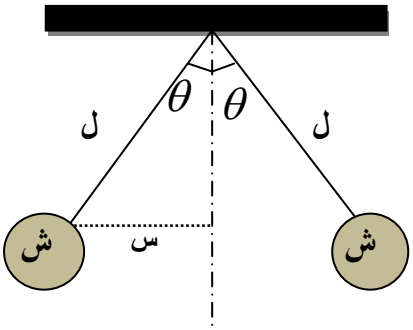
٢) مقدار الشحنة الاولى اذا كانت الشحنة الثانية تساوي ٤×١٠^{٤} كولوم ؟

خطوات حل أسئلة جسم معلق (متزن) :

1- تحديد جميع القوى المؤثرة على الجسم .
2- تحليل القوى المائلة .
3-بما أن الجسم متزن فان : $\sum ق_{س} = \sum ق_{ص}$ = صفر

ســــــــــؤال :

كرتان مشحونتان متماثلتان ، كتلة كل منهما تساوي ٣×١٠^{-٩} كغ ، معلقتان في حالة اتزان بخيط غير موصل كما في الشكل ، طول كل خيط يساوي ل = ٠.١٥ م ، و الزاوية $\theta = ٥^{\circ}$ ، اوجد مقدار الشحنة في كل كرة .

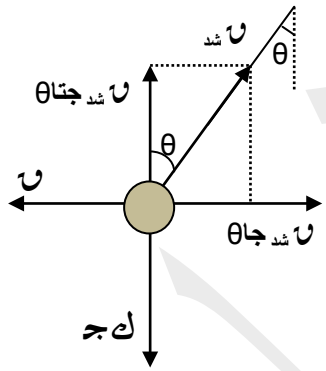


الحـــــــــــــل:

نلاحظ من الشكل أن :

$جا\theta = \frac{س}{ل} \leftarrow س = ل جا\theta \leftarrow س = ٠.١٥ جا٥^{\circ} = ٠.٠١٣ م$

اذن المسافة بين الكرتين = ٢س = ٢(٠.٠١٣) = ٠.٠٢٦ م ، و لان الكرتين في حالة اتزان ، نحلل مركبات القوة على احدى الكرتين كما في الشكل الثاني ، و بذلك نستطيع استخدام قوانين الاتزان كالتالي :



$\sum ق_{س} = ق_{شد} جاθ - ق = صفر$ .....(١)

$\sum ق_{ص} = ق_{شد} جتاθ - ك جـ = صفر$ .....(٢)

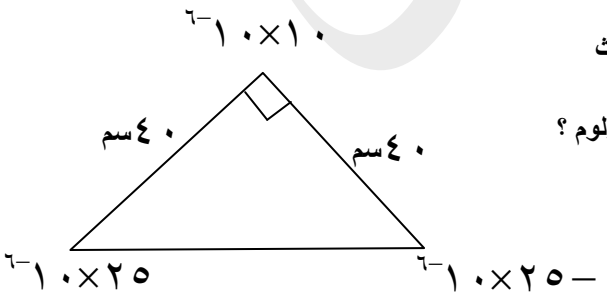
$ق_{شد} = \frac{ك جـ}{جتاθ}$ (من المعادلة (2) ، نعوض بالمعادلة (1))

$ق = ك جـ ظاθ = ٢.٦ \times ١٠^{-٢} \Leftarrow ق = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش^{٢}}{ف^{٢}} \Leftarrow ش^{٢} = \frac{ق \times ف^{٢}}{٩ \times ١٠^{٩}} \Leftarrow ش = ٤.٤ \times ١٠^{-٨}$ كولوم .

تمـــــــــــرين :

يبين الشكل المجاور ، ثلاث شحنات نقطية موضوعة في الهواء على رؤوس مثلث متساوي الساقين ، اوجد مقدار القوة المؤثرة على الشحنة (١٠×١٠^{-٦}) كولوم ؟

(جميع الشحنات بالشكل مقاسة بوحدة الكولوم)

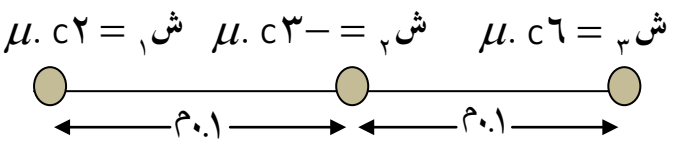


أسئلة عامة على قانون كولوم :

السؤال الأول :

وضعت ثلاث شحنات نقطية في الهواء على المحور (س) كما بالشكل

احسب القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة (ش ٣) ؟



السؤال الثاني :

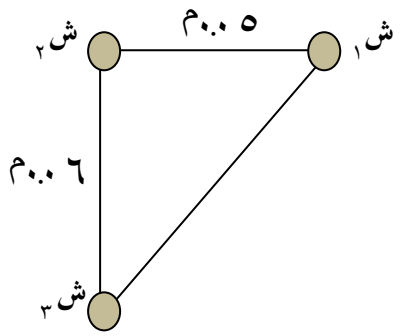
وضعت ثلاث شحنات نقطية عند رؤوس مثلث كما يظهر بالشكل

اذا كانت(ش١ = +٥ نانوكولوم) ، (ش٢ = +٢ نانوكولوم) ،

(ش٣ = +٨ نانوكولوم) ، فأجب عن كل مما يلي :

أ) احسب مقدار القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة (ش٢)؟

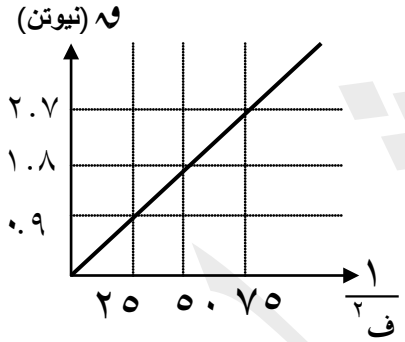
ب) حدد اتجاه حركة الشحنة (ش٢) بالنسبة لمحور (س) اذا سمح لها بالحركة ؟



السؤال الثالث :

الشكل المجاور يمثل العلاقة البيانية بين القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين متساويتين ،
و مقلوب مربع البعد بينهما ، معتمداً على الشكل أجب عما يلي :

أ) احسب ميل الخط البياني .
ب) ماذا يمثل ميل الخط .
ج) احسب مقدار كل من الشحنتين .
د) احسب مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين عندما يكون البعد بينهما (٠.٥م) .



السؤال الرابع :

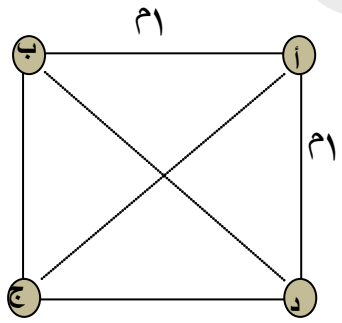
أ ب ج د مربع طول ضلعه ١م وضعت على رؤوسه الشحنات

(+٢×١٠^−٩ ، +٣×١٠^−٩ ، −١×١٠^−٩ ، +٤×١٠^−٩) كولوم ،

على الترتيب ، احسب :

١) القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها(+٣×١٠^−٦) كولوم ، موضوعة في مركز المربع .

٢) القوة المؤثرة على الشحنة (ب) .



المجال الكهربائي (Electric Field):

المجال الكهربائي حسب مفهوم فارادي :

هو المنطقة المحيطة بالشحنة و التي تظهر فيها لثار القوة الكهربائية على شحنة اخرى اذا وضعت في هذه المنطقة .

المجال الكهربائي في منطقة ما :

هو القوة المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة موجبة موضوعة في تلك النقطة مقسومة على شحنة الاختبار .

رياضياً :

$$م = \frac{ق}{ش}$$

- يقاس المجال الكهربائي بوحدة (نيوتن/كولوم).
- يعتبر المجال الكهربائي كمية متجهة يلزم لتحديده معرفة المقدار و الاتجاه .

شحنة الاختبار : هي شحنة صغيرة جداً و موجبة تستخدم لتخطيط المجال الكهربائي و قياس شدته

علل : تستخدم شحنة اختبار صغيرة جداً لقياس المجال الكهربائي ؟

- حتى لا تؤدي الى احداث أي تغيير في شدة المجال المراد قياسه .

يمكن حساب المجال الكهربائي الناشىء عن شحنة نقطية من العلاقة التالية :

$$م = \frac{أ \times ش}{ف^{٢}}$$

لا ننسى أن اشارة الشحنة لا تعوض .

- اذا علم مقدار المجال الكهربائي عند نقطة معينة يمكننا حساب القوة المؤثرة على شحنة نقطية موضوعة في تلك النقطة من العلاقة التالية :

$$ق = م \times ش_{موضوعة}$$

ســــــــــؤال : أذكر العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي الناشىء عن شحنة نقطية ؟ **(وزاري متكرر)**

- مقدار الشحنة المولدة للمجال (تناسب طردي).
- مربع المسافة بين الشحنة المولدة و النقطة المقاس عندها المجال (تناسب عكسي) .
- سماحية الوسط (تناسب عكسي) .

ســــــــــؤال : ما المقصود بقولنا أن شدة المجال الكهربائي عند نقطة يساوي ٧٠ نيوتن/كولوم ؟

- أي أن المجال الكهربائي يؤثر بقوة مقدارها ٧٠ نيوتن في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة في تلك النقطة .

ســــــــــؤال : وضح كيف تتصرف الشحنات عند وضعها في مجال كهربائي معين ؟

- اذا كانت الشحنات موجبة فانها تتحرك مع خطوط المجال (بنفس الاتجاه).
- أما اذا كانت الشحنات سالبة فانها تتحرك بعكس اتجاه خطوط المجال .

مثـــــــــــال :

احسب شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة ٣ سم عن شحنة مقدارها ٦ ميكروكولوم موضوعة في الهواء ؟

نعوض بالعلاقة : $\text{م} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{ش}}{\text{ف}^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦ \times ١٠^{-٦}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}} = ٦ \times ١٠^{٧}$ نيوتن / كولوم .

مثـــــــــــال :

شحنة مقدارها ٦ نانوكولوم ، موضوعة في الهواء ، جد مقدار المجال الكهربائي عند النقاط التالية :

- على بعد ٢سم ؟
- على بعد ٣سم ؟

الحل : على بعد ٢سم : $= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{ش}}{\text{ف}^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦ \times ١٠^{-٩}}{(٢ \times ١٠^{-٢})^{٢}} = ٢٧ \times ١٠^{٤}$ نيوتن / كولوم .

على بعد ٣سم : $= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{ش}}{\text{ف}^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}} = ٦ \times ١٠^{٤}$ نيوتن / كولوم .

تقل شدة المجال الكهربائي كلما ابتعدنا عن الشحنة (المصدر).

أسئلة عامة على المجال الكهربائي :

السؤال الاول :

اذا علمت أن المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة ٣سم = ٦ × ١٠^٤ نيوتن / كولوم ، احسب المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة ٦سم ؟

السؤال الثاني :

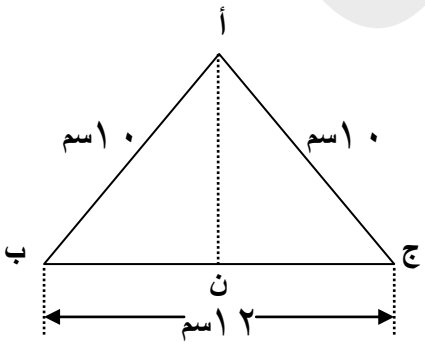
شحنتان كهربائيتان مقدارهما — ٤ نانوكولوم ، ١٦ نانوكولوم ، تفصلهما في الهواء مسافة ٨سم ، احسب شدة المجال الكهربائي عند:

- نقطة تقع في منتصف المسافة بينهما .
- نقطة تقع بين الشحنتين و تبعد عن الاولى ٢سم .
- اذا وضعت شحنة مقدارها — ٦ ميكروكولوم عند منتصف المسافة بينهما ، احسب القوة المؤثرة عليها .

السؤال الثالث :

في الشكل المجاور مثلث متساوي الساقين أ ، ب ، ج وضعت على رؤوسه الشحنات (٢ ، ٣ ، -٤ ، -٨) ميكروكولوم بالترتيب ،بالاعتماد على البيانات المثبته عليه ، جد ما يلي :

- المجال الكهربائي عند النقطة (ن) التي تنصف قاعدة المثلث .
- المجال الكهربائي عند النقطة (ج) .
- القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة مقدارها ٢ ميكروكولوم وضعت في النقطة (ن).

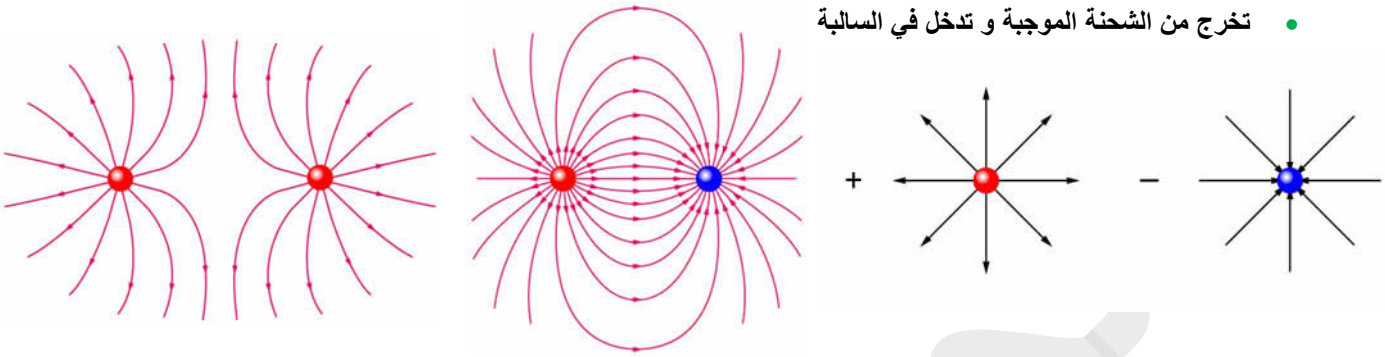


خطوط المجال الكهربائي (Electric Field Lines):

أولاً : خطوط المجال الكهربائي :هي خطوط وهمية تمثل المسارات التي تسلكها شحنة اختبار صغيرة في مجال كهربائي .

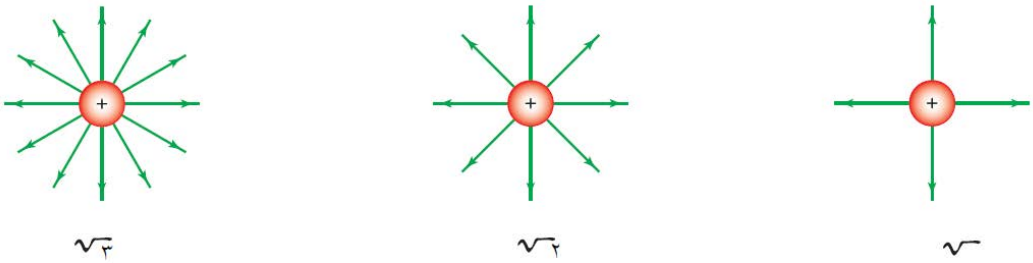
ثانياً : خصائص المجال الكهربائي :

- تخرج من الشحنة الموجبة و تدخل في السالبة



- يدل اتجاه المماس لخط المجال ، عند أي نقطة على اتجاه المجال الكهربائي في تلك النقطة .

- تتناسب شدة المجال الكهربائي تناسباً طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية .



- تدل كثافة خطوط المجال الكهربائي في منطقة ما على مقدار المجال الكهربائي في تلك المنطقة (يتناسب عدد خطوط المجال الكهربائي التي تقطع وحدة المساحة العمودية مع مقدار المجال الكهربائي في تلك المنطقة).

يكون مقدار المجال الكهربائي كبيراً في المناطق التي تكون فيها خطوط المجال متزاحمة و قريبة من بعضها البعض . و يكون صغيراً في المناطق التي تكون فيها خطوط المجال متباعدة عن بعضها البعض .
عند الحواف المدببة تكون شدة المجال كبيرة .

- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع .

السبب : لأنه لو تقاطع خطان من خطوط المجال الكهربائي لأصبح عند نقطة التقاطع اتجاهين للمماس و هذا يخالف مفهوم الكمية المتجهة .

سؤال وزارة :

بين كيف يرتبط المجال الكهربائي و خط المجال الكهربائي ببعضهما البعض من حيث :

أ- المقدار . (تدل كثافة خطوط المجال الكهربائي على مقدار المجال الكهربائي).

ب- الاتجاه . (يدل اتجاه المماس لخط المجال الكهربائي عند أي نقطة على اتجاه المجال عند تلك النقطة).

نقطة التعادل الكهربائي :

هي النقطة التي ينعدم عندها المجال الكهربائي لوجود مجالين متساويين و متعاكسين في تلك المنطقة .

مبدأ الحل يكون بوضع $م_1 = م_2$ عند نقطة التعادل ثم التعويض .

الحالات التي تكوّن نقطة التعادل الكهربائي :

- شحنتان متشابهتين نوعاً (موجبتين أو سالبتين) :
  - متساويتين مقداراً : تقع نقطة التعادل في منتصف المسافة بينهما .
  - غير متساويتين مقداراً : تقع نقطة التعادل بينهما و أقرب للشحنة الصغرى .
- شحنتان مختلفتين نوعاً (موجبة و سالبة) :
  - متساويتين مقداراً : لا وجود لنقطة تعادل .
  - غير متساويتين : تقع خارجهما و أقرب للشحنة الصغرى (اهمال الاشارة السالبة).

مثـــــــــــــال :

شحنتان كهربائيتان ٤ ميكروكولوم ، ٩ ميكروكولوم ، تفصلهما في الهواء مسافة ٢م ، حدد موقع نقطة التعادل ؟

الحل :

بما أن الشحنتان متشابهتين نوعاً (موجبتين) و غير متساويتين مقداراً ، فان نقطة التعادل الكهربائي تقع بينهما و أقرب للشحنة الصغرى (٤ ميكروكولوم) ، حيث :

$$م_1 = م_2 \leftarrow \frac{\cancel{٩ \times ١٠^{٩}} \times ش_١}{ف^٢} = \frac{\cancel{٩ \times ١٠^{٩}} \times ش_٢}{ف^٢} \leftarrow \frac{٤ \times \cancel{١٠^{-٦}}}{س^٢} = \frac{٩ \times \cancel{١٠^{-٦}}}{(٢ - س)^٢}$$

و بأخذ الجذر التربيعي للطرفين ، نجد أن : $\frac{٢}{س} = \frac{٣}{٢ - س}$ و باجراء الضرب التبادلي نجد أن : $س = \frac{٤}{٥}$ م .

مثـــــــــــــال :

شحنتين كهربائيتين — ١٦ ميكروكولوم ، ٤ ميكروكولوم ، تفصلهما بالهواء مسافة٣م ، حدد موقع النقطة التي ينعدم عندها شدة المجال الكهربائي ؟

الحل :

بما أن الشحنتين مختلفتين نوعاً و غير متساويتين مقداراً ، فان نقطة التعادل تقع خارجهما و أقرب للشحنة الصغرى .

$$م_1 = م_2 \leftarrow \frac{\cancel{٩ \times ١٠^{٩}} \times ش_١}{ف^٢} = \frac{\cancel{٩ \times ١٠^{٩}} \times ش_٢}{ف^٢} \leftarrow \frac{١٦ \times \cancel{١٠^{-٦}}}{(س + ٣)^٢} = \frac{٤ \times \cancel{١٠^{-٦}}}{س^٢}$$

و بأخذ الجذر التربيعي للطرفين ، نجد أن : $\frac{٤}{س + ٣} = \frac{٢}{س}$ و باجراء الضرب التبادلي نجد أن : $س = ٣$م .

أسئلة عامة على نقطة التعادل الكهربائي :

السؤال الاول :

شحنتان نقطيتان $+٩\ \mu.c$ ، $+١٦\ \mu.c$ البعد بينهما في الهواء ٣م ، حدد موقع نقطة التعادل ؟

السؤال الثاني :

شحنتان كهربائيتان $-١\ \mu.c$ ، $+٤\ \mu.c$ البعد بينهما في الهواء ٢م ، حدد موقع نقطة التعادل ؟

السؤال الثالث :

شحنتان نقطيتان متشابهتان احداهما (٤ أضعاف الاخرى) و البعد بينهما (١ سم) حدد موقع نقطة التعادل ؟

السؤال الرابع :

شحنتان نقطيتان $٢\ \mu.c$ ، $٥٠\ \mu.c$ ، البعد بينهما في الهواء ٦م ، أوجد موضع نقطة التعادل الواقعة في مجال هاتين الشحنتين في الحالتين التاليتين :

- اذا كانت الشحنتان موجبتين .
- اذا كانت الشحنة الأولى موجبة و الثانية سالبة .

السؤال الخامس :

شحنتان كهربائيتان (٢ش)،(٨×١٠^{-٩}) كولوم ، تفصلهما في الهواء مسافة(٣م) ، اذا كانت نقطة التعادل تبعد عن (٢ش) مسافة (١م) للخارج و على امتداد الخط الواصل بينهما ، فأحسب مقدار الشحنة ش ؟

السؤال السادس :

مثلث رؤوسه (أ ، ب ، د) متساوي الأضلاع طول ضلعه ١٠ سم ، تم وضع شحنة مقدارها $٢\ \mu.c$ في منتصف الضلع (ب ، د) ، ما نوع و مقدار الشحنتين المتساويتين مقداراً اللتين لو وضعتا على الرؤوس (ب ، د) أصبح الرأس (أ) نقطة تعادل ؟

حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم
:(Motion of a Charged Particle in a Uniform Electric Field)

المجال الكهربائي المنتظم :

هو المجال الذي يكون ثابتاً في مقداره و اتجاهه عند أي نقطة على خط المجال و تكون خطوطه متوازية و البعد بينها متساوي و عدد خطوط المجال التي تخترق عمودياً وحدة المساحة فيه ثابتة .

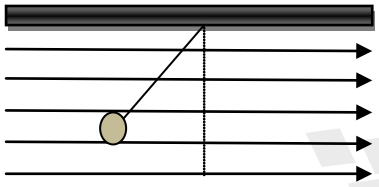
ينشأ المجال الكهربائي المنتظم عادة بين صفيحتين متوازيتين تحملان شحنتين متساويتين مقداراً و مختلفتين نوعاً أو المواسعات الكهربائية .

ســــــــــؤال :

هل يعتبر المجال الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية منتظم ؟

لا ، لأن قيمة المجال تختلف من نقطة لأخرى باختلاف البعد عن الشحنة و لأن خطوط المجال ايضاً لا تكون متوازية .

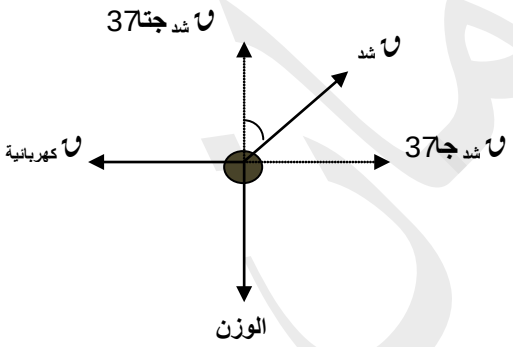
ســــــــــؤال :



علقت كرة مشحونة كتلتها ١٠ غ ، في مجال كهربائي منتظم ٣×١٠^{٣} نيوتن /كولوم ،فانحرفت عن الوضع الاصلي بزاوية ٣٧° كما في الشكل ، احسب مقدار شحنة الكرة و نوعها .

الحل :

الجسم متزن ، و بالتالي مجموع القوة المؤثرة علية صفر عن طريق تحليل القوى نحصل على :



ق شد جا 37 = ش م .....(1)

ق شد جتا37 = الوزن .....(2)

بقسمة المعادلة 1 على 2 :

$$ظا٣٧ = \frac{ش م}{ك ج} \leftarrow ش = \frac{ك ج ظا٣٧}{م} = \frac{٠.١ \times ١٠ \times ٠.٧٥}{٣ \times ١٠^{٣}} = ٢٥٠$$

نجد أن ش=250 ميكروكولوم و نوعها سالب .

حركة جسم مشحون في مجال كهربائي منتظم :

عند دخول جسم مشحون في منطقة مجال كهربائي منتظم يتأثر بقوة منتظمة ثابتة في المقدار و الاتجاه ، و وفقاً لقانون نيوتن الثاني يكتسب تسارعاً ثابتاً.

بما أن المجال ثابت و الشحنة و الكتلة ايضاً فان قيمة التسارع لا تتغير على أي نقطة داخل المجال

$$ق = ك \times ت \Leftarrow م ش = ك \times ت$$

$$ت = \frac{م ش}{ك}$$

و بالتالي يمكن استخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت :

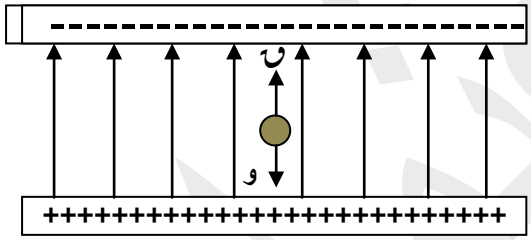
$$ع_٢ = ع_١ + ت ز$$

$$ف = ع_١ ز + \frac{١}{٢} ت ز^٢$$

$$ع_٢^٢ = ع_١^٢ + ٢ ت ف$$

مثـــــــــــال :

اتزن جسيم شحنته ٣ نانوكولوم عند وضعه في مجال كهربائي منتظم ١×١٠^٦ نيوتن/كولوم ، كما هو مبين في الشكل المجاور ، جد كتلة الجسيم المشحون($جـ = ١٠ م/ث^٢$) .



الحل :

$$ك جـ = ش م \Leftarrow ك = \frac{م ش}{جـ} \Leftarrow ك = \frac{٣ \times ١٠^{-٩} \times ١ \times ١٠^٦}{١٠} = ٣ \times ١٠^{-٤}$$ كغ.

مثـــــــــــال :

تحركت شحنة كهربائية نقطية من السكون شحنتها (٤×١٠^{-٩} كولوم) و كتلتها (٢×١٠^{-٩} كغ) ، عند وضعها في مجال كهربائي منتظم مقداره(١×١٠^٣ نيوتن/كولوم) احسب :

أ) القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة .

ب) تسارع الشحنة الكهربائية .

ج) الزمن اللازم كي تصبح سرعة الشحنة ٢٠ م/ث .

د) المسافة التي تقطعها الشحنة عندما تصبح سرعتها ٢٠ م/ث .

الحل :

أ) ق = م ش = $١\times١٠^{٣}\times٤\times١٠^{-٩}=٤\times١٠^{-٦}$ نيوتن .

ب) ت = $\frac{م ش}{ك}=\frac{٤\times١٠^{-٦}}{٢\times١٠^{-٩}}=٢\times١٠^{٣}$ م/ث^{٢} .

ج) $ع_{٢}=ع_{١}+ت ز \Leftarrow ٢٠=٠+٢\times١٠^{٣} ز \Leftarrow ز=١\times١٠^{-٢}$ ثانية .

د) $ع_{٢}^{٢}=ع_{١}^{٢}+٢ت ف \Leftarrow ٤٠٠=٠+٢\times٢\times١٠^{٣} ف \Leftarrow ف=١\times١٠^{-١}$ م.

مثـــــــــــــال :

دخل الكترون مجال كهربائي منتظم مقداره١×١٠^{٣} نيوتن/كولوم باتجاه محور السينات السالب بسرعة٤×١٠^{٣} م/ث باتجاه المجال ، اذا علمت أن كتلة الالكترون =٩.١×١٠^{-٣١} كغ ، جد كلاً مما يلي :

أ) القوة الكهربائية المؤثرة في الالكترون .

ب) تسارع الالكترون .

ج) الزمن اللازم لايقاف الالكترون في هذا المجال .

د) المسافة التي يقطعها الالكترون في المجال قبل أن يتوقف (اهمل تأثير الجاذبية الأرضية).

الحل :

أ) ق = م ش $\Leftarrow$ ق = $١\times١٠^{٣}\times١.٦\times١٠^{-١٩}=١.٦\times١٠^{-١٦}$ نيوتن ، عكس اتجاه المجال .

ب) ت = $\frac{م ش}{ك} \Leftarrow ت=\frac{١\times١٠^{٣}\times١.٦\times١٠^{-١٩}}{٩.١\times١٠^{-٣١}}=١.٧٥\times١٠^{١٤}$ م/ث^{٢} .(التسارع سالب لان الالكترون يتباطأ).

ج) عندما يتوقف الالكترون تكون سرعته تساوي صفر($ع_{٢}=٠$)

$ع_{٢}=ع_{١}+ت ز \Leftarrow ٠=٤\times١٠^{٣}-١.٧٥\times١٠^{١٤} ز \Leftarrow ز=٢.٢٩\times١٠^{-١١}$ ث.

د) $ع_{٢}^{٢}=ع_{١}^{٢}+٢ت ف \Leftarrow ف=\frac{ع_{١}^{٢}}{٢ت} \Leftarrow ف=\frac{١٦\times١٠^{٦}}{٢\times١.٧٥\times١٠^{١٤}} \Leftarrow ف=٤.٥٧\times١٠^{-٨}$ م.

مثـــــــــــــال :

تحرك الكترون من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره(٤×١٠^{٣} نيوتن/كولوم) بالاتجاه الافقي ، أهمل تأثير الجاذبية و احسب سرعة الالكترون بعد قطعه مسافة أفقية مقدارها (٨.٣ مم).

الحل : ت = $\frac{م ش}{ك} \Leftarrow ت=\frac{٤\times١٠^{٣}\times١.٦\times١٠^{-١٩}}{٩.١\times١٠^{-٣١}}=٧\times١٠^{١٤}$ م/ث^{٢} .

$ع_{٢}^{٢}=ع_{١}^{٢}+٢ت ف \Leftarrow ع_{٢}^{٢}=٠+٢\times٧\times١٠^{١٤}\times٨.٣\times١٠^{-٣}=١.١٦\times١٠^{١٣} \Leftarrow ع_{٢}=٣.٤\times١٠^{٦}$ م/ث

مثـــــــــــــال :

تتزن كتلة صغيرة مقداها٠.٢ غم و مشحونة بين لوحين مشحونين بينهما مجال منتظم مقداره ١×١٠^٤ نيوتن/كولوم ، احسب شحنة هذه الكتلة ، ثم احسب عدد الالكترونات الموجودة عليها .

الحل :

تتزن الكتلة تحت تأثير قوتين متعاكستين متساويتين بالمقدار قوة الوزن للأسفل و قوة المجال للأعلى .

$ق_{كهربائية} = و \Leftarrow م \times ش = ك \times جـ \Leftarrow ١ \times ١٠^{٤} \times ش = ٠.٢ \times ١٠^{-٣} \times ١٠ \Leftarrow ش = ٢ \times ١٠^{-٧}$ **كولوم .**

ثم حسب مبدأ تكميم الشحنة :

$ش_{الجسم} = ن \times ش_{e}$

$٢ \times ١٠^{-٧} = ن \times ١.٦ \times ١٠^{-١٩} \Leftarrow ن = ١.٢٥ \times ١٠^{١٣} = ١٢٥ \times ١٠^{١٠}$ **الكترون .**

أسئلة عامة :

السؤال الأول :

بدأ بروتون حركته من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره٥٠ نيوتن / كولوم ، فاذا قطع مسافة ٥ سم ، احسب :

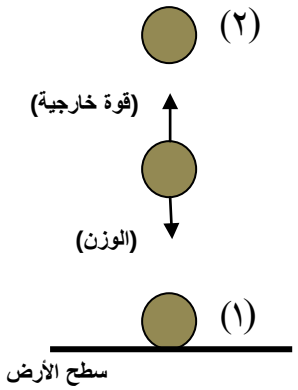
- **تسارع البروتون .**
- **سرعته بعد قطع المسافة .**

السؤال الثاني :

يتحرك الكترون في مجال كهربائي منتظم مقداره١×١٠^٥ نيوتن / كولوم بسرعة١.٧٦×١٠^٦ م/ث ، اذا علمت أن كتلة الالكترون ٩.١١×١٠^-٣١ كغ ، جد :

- **القوة الكهربائية المؤثرة في الالكترون .**
- **تسارع الالكترون .**
- **الزمن اللازم لايقاف الالكترون في هذا المجال .**
- **المسافة التي يقطعها الالكترون في هذا المجال قبل أن يتوقف .**

الجهد الكهربائي (Electric Potential):



من أجل رفع جسم من نقطة على سطح الأرض الى نقطة اخرى بسرعة ثابتة فانه يجب التأثير علية بقوة خارجية تساوي قوة الوزن (حسب قانون نيوتن الأول) المؤثرة علية و بعكس الاتجاه .

القوة الخارجية ستبذل شغل على الجسم لأنها أحدثت ازاحة و سوف يختزن الشغل داخل الجسم على شكل طاقة وضع الجاذبية (ط$_{و}$) .

ان الشغل المبذول في نقل الجسم من النقطة(١) في الشكل المجاور الى النقطة(٢) يساوي التغير في طاقة الوضع لأنه نقل بسرعة ثابتة .

$$\text{الشغل}_{١\leftarrow ٢} = \Delta ط_{و} = ط_{و_2} - ط_{و_1}$$

- عندما يسقط الجسم باتجاه الأرض فان طاقة الوضع المختزنة فيه سوف تتحول الى طاقة حركية .

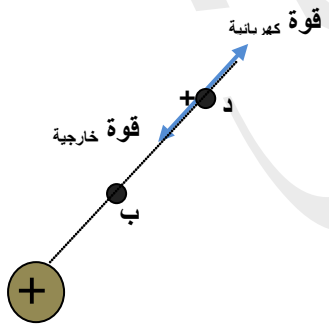
بعض العلاقات المهمة :

- الشغل = ق ف جتاθ (ق : القوة (نيوتن) ، ف : المسافة (متر) ، θ : الزاوية بين (ق)،(ف)).
- قانون حفظ الطاقة : $ط_{ح_1} + ط_{و_1} = ط_{ح_2} + ط_{و_2}$

ط$_{ح_١}$: الطاقة الحركية عند النقطة(١) ط$_{ح_٢}$: الطاقة الحركية عند النقطة(٢)

ط$_{و_١}$: طاقة الوضع عند النقطة (١) ط$_{و_٢}$: طاقة الوضع عند النقطة (٢)

- ط$_{ح}$ = $\frac{١}{٢}$ ك ع^{٢} (ط$_{ح}$: الطاقة الحركية (جول) ، ك :الكتلة (كغ) ، ع : السرعة(م/ث))



في الشكل المجاور اذا اردنا نقل (وحدة الشحنات) من النقطو (د) الى النقطة (ب) بسرعة ثابته ، فلا بد من بذل شغل بواسطة قوة خارجية على هذه الشحنة المنقولة للتغلب على قوة التنافر .

تختزن طاقة وضع كهربائية في الشحنة تظهر عند ترك الشحنة الموجبة تتحرك بحرية و تتحول طاقة الوضع الى طاقة حركية .

في هذه الحالة سوف يكون مقدار التغيير في طاقة الوضع مساوياً لمقدار الشغل المبذول .

$$\text{الشغل}_{د\leftarrow ب} = \Delta ط_{و} = ط_{و_ب} - ط_{و_د}$$

فرق الجهد الكهربائي (Electric Potential Deifference) :

هو التغير في طاقة الوضع الكهربائي (Δط و) لكل وحدة شحنة (ش.) .

أو الشغل المبذول في نقل وحدة الشحنات الكهربائية بين نقطتين في مجال كهربائي بسرعة ثابتة.

$$\Delta جـ = جـ_{ب} = جـ_{ب} - جـ_{أ} = \frac{\Delta ط_{و}}{ش.} = \frac{ط_{وب} - ط_{وأ}}{ش.} = \frac{الشغل\ أ\ ب}{ش.}$$

الشغل أ ← ب = ش المنقولة (جـ ب − جـ أ)

حيث أن : جـ ب : الجهد الكهربائي للنقطة(ب). جـ أ : الجهد الكهربائي للنقطة (أ).

ط و ب : طاقة الوضع للشحنة عند النقطة (ب) ط و أ :طاقة الوضع للشحنة عند النقطة (أ).

الشغل أ ← ب : الشغل المبذول لنقل الشحنة من (أ) الى (ب) .

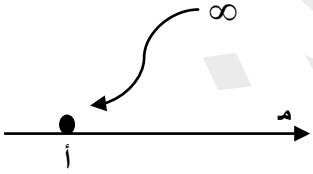
ملاحـظـــــــــــــــة :

- **وحدة الشحنات الكهربائية : هي شحنة افتراضية مقدارها(+ ١ كولوم).**
- **جـ ب − جـ أ = جـ ب أ : فرق الجهد بين النقطتين (ب) و (أ) (الترتيب مهم).**
- **عند وضع شحنة موجبة حرة في مجال كهربائي فانها تتحرك تلقائياً (بتأثير قوة المجال).**
- **لتحريكها بعكس المجال الكهربائي و بسرعة يلزم قوة خارجية مساوية لقوة المجال (ق = م ش).**

جهد نقطة ما :

هو الشغل المبذول من قبل قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الكهربائية من المالانهاية الى تلك النقطة بسرعة ثابتة بحيث لا تتغير الطاقة الحركية للشحنة .

- **طاقة الوضع الكهربائية لشحنة كهربائية موضوعة عند نقطة : هو الشغل المبذول لنقل تلك الشحنة من المالانهاية الى تلك النقطة بسرعة ثابتة أي دون احداث تغيلا في طاقتها الحركية .**



الشغل ∞ ← أ = ط و أ = ش جـ أ

جهد المالانهاية(∞) = صفر

(لأن المجال الكهربائي عند المالانهاية يساوي صفر) .

وحدة قياس الجهد الكهربائي :

$$الجهد = \frac{الشغل}{الشحنة} \Leftarrow \frac{جول}{كولوم} = فولت$$

الفولت : هو فرق الجهد بين نقطتين عندما يلزم بذل شغل مقداره(١) جول لنقل وحدة الشحنات الموجبة بين هاتين النقطتين .

ملاحظـــــــــــــــــــــــــــة مهمة :

- الجهد الكهربائي عبارة عن كمية قياسية تحدد بمقدار فقط .
- يجب تعويض اشارة الشحنة عند حساب الجهد (سواءاً أكانت الشحنة المنقولة أو الشحنة المولدة للمجال).

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن الجهد عند نقطة هو ٥ فولت ؟

- أي أن شغلاً مقداره (٥ جول) يبذل من قبل قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من المالانهاية الى تلك النقطة بسرعة ثابتة.

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن الجهد عند نقطة هو – ١٥ فولت ؟

- أي أن شغلاً مقداره (– ١٥ جول) يبذل من قبل قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من النقطة الى المالانهاية بسرعة ثابتة

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين هو ١٥ ، فولت ؟

- أي أن التغير في طاقة الوضع الكهربائية بين نقطتين لكل وحدة شحنة كهربائية (١٥ ، جول) .
- أو يلزم شغل مقداره (١٥ ، جول) لتحريك وحدة الشحنات الموجبة عكس اتجاه المجال الكهربائي .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين هو– ١٥ ، فولت ؟

- يلزم شغل مقداره (١٥ ، جول) لتحريك وحدة الشحنات الموجبة مع اتجاه المجال الكهربائي بين النقطتين (تخسر وحدة الشحنات الموجبة طاقة وضعها و تتحول الى طاقة حركية).

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن طاقة الوضع لشحنة عند نقطة تساوي (٥ جول) ؟

- أي أنه عند انتقال الشحنة من المالانهاية الى تلك النقطة يختزن بها طاقة وضع كهربائية بمقدار ٥ جول .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن طاقة الوضع لشحنة عند نقطة تساوي (– ٥ جول) ؟

- أي انه عند زوال القوة الخارجية سوف تخسر الشحنة طاقة مقدارها (– ٥ جول) و تتحول الى طاقة حركية .

لحل سؤال على الجهد الكهربائي بشكل عام نتبع ما يلي :

- لايجاد الشغل اللازم لنقل شحنة كهربائية من نقطة الى اخرى نستخدم العلاقة الاتية :

$$\text{الشغل}_{\text{بداية} \leftarrow \text{نهاية}} = \text{ش}_{\text{منقولة}} (\text{جـ}_{\text{نهاية}} - \text{جـ}_{\text{بداية}}) = (\text{ط}_{\text{و نهاية}} - \text{ط}_{\text{و بداية}})$$

- لايجاد طاقة وضع شحنة معينة في نقطة معينة نقوم بحساب الجهد الكهربائي عند هذه النقطة بفعل الشحنات الكهربائية المحيطو و ضرب هذه القيمة بمقدار الشحنة الموضوعة في هذه النقطة حسب العلاقة الرياضية الاتية :

$$\text{ط}_{\text{و أ}} = \text{ش}_{\text{منقولة}} \ \text{جـ}_{\text{أ}}$$

- حساب فرق الجهد الكهربائي يعتمد على قيمة الشحنات (الساكنة) و نوعها .

مثـــــــــــال :

احسب الشغل اللازم لنقل شحنة نقطية موجبة مقدارها ٤ ميكروكولوم من النقطة أ الى النقطة ب ، اذا علمت أن (جـ أ = ٤٠ فولت ، جـ ب = ٦٠ فولت) ؟

الحل : الشغل أ ← ب = ش (جـ ب − جـ أ) ⟸ الشغل أ ← ب = ٤ × ١٠^−٦ (٦٠ − ٤٠)

الشغل أ ← ب = +٨ × ١٠^−٥ جول .

الاشارة الموجبة تعني أن الشحنة انتقلت من نقطة جهدها منخفض الى نقطة جهدها مرتفع بفعل قوة خارجية تؤثر في الشحنة ، أي أن هناك زيادة في طاقة الوضع الكهربائية يختزن في الشحنة الكهربائية (يلزم بذل شغل).

مثـــــــــــال :

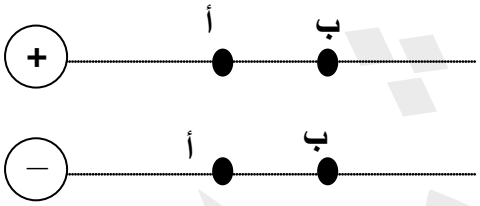
احسب الشغل اللازم لنقل شحنة نقطية موجبة مقدارها ٤ ميكروكولوم من النقطة ب الى النقطة أ ، اذا علمت أن (جـ أ = ٤٠ فولت ، جـ ب = ٦٠ فولت) ؟

الحل : الشغل ب ← أ = ش (جـ أ − جـ ب) ⟸ الشغل ب ← أ = ٤ × ١٠^−٦ (٤٠ − ٦٠)

الشغل أ ← ب = −٨ × ١٠^−٥ جول .

الاشارة السالبة تعني أن الشحنة انتقلت من نقطة جهدها مرتفع الى نقطة جهدها منخفض، أي أن هناك نقصان في طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في الشحنة الكهربائية يتحول الى طاقة حركية (لا يلزم بذل شغل).

ملاحظة:



- جهد النقطة (ب) أقل من جهد النقطة (أ) .
  (جـ ب < جـ أ) ، عند نقل شحنة من (ب الى أ) يلزم بذل شغل .
- جهد النقطة (أ) أقل من جهد النقطة (ب) .
  (جـ أ < جـ ب) ، عند نقل شحنة من (ب الى أ) لا يلزم بذل شغل .
- بالابتعاد عن الشحنة الموجبة يقل الجهد الكهربائي ، و بالاقتراب من الشحنة السالبة يقل الجهد الكهربائي .

ســــــــــــــؤال :

شحنة كهربائية ٢ × ١٠^−٨ كولوم ، موضوعة عند النقطة (أ) التي جهدها ٥ فولت ، جد ما يأتي :

- طاقة الوضع الكهربائية للشحنة .
- الشغل المبذول لنقل الشحنة من المالانهاية الى النقطة (أ) .
- الشغل اللازم لنقل الشحنة من موقعها عند (أ) الى النقطة (ب) التي جهدها ١٢ فولت .
- التغير في طاقة وضع الشحنة عند نقلها من (أ) الى (ب) .

الحل بالترتيب : (ش ∞ ← أ = ١٠ × ١٠^−٨ جول ، ش أ ← ب = ١٠ × ١٠^−٨ جول ، ١٤ × ١٠^−٨ جول ، Δ ط = ١٤ × ١٠^−٨ جول)

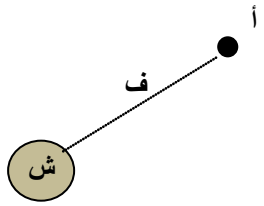
ســـــــــــــؤال :

انتقلت شحنة كهربائية موجبة مقدارها (١ ميكروكولوم) بين نقطتين في مجال كهربائي مما أدى الى زيادة في الطاقة الحركية للشحنة بين هاتين النقطتين بمقدار(٥×١٠^{-٦} جول) ، اذا كان الجهد الكهربائي للنقطة التي انطلقت منها الشحنة (٨٠ فولت) أحسب الجهد الكهربائي للنقطة الاخرى ؟

الحل : (جـ = ٣٠ فولت)

الجهد الكهربائي الناجم عن شحنات نقطية عدة
(Electric Potential due to a System of Point Charges)

- **الجهد الناشىء عن شحنة نقطية واحدة .**

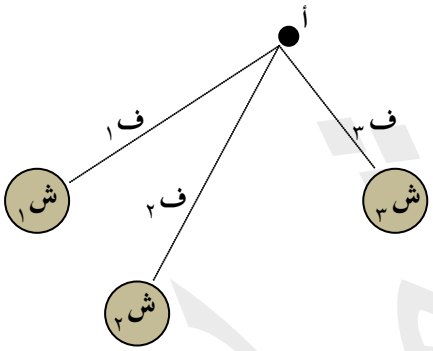


$$جـ_{أ} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش}{ف}$$

، حيث أن : ش : شحنة الجسم (كولوم).

ف : بعد النقطة المراد حساب الجهد عندها (متر).

- **الجهد الناشئ عن عدة شحنات نقطية .**



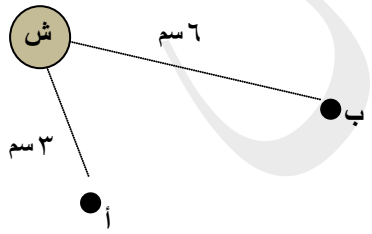
يكون الجهد في هذه الحالة عبارة عن المجموع الجبري للجهود عند تلك النقطة .

$$جـ_{أ} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{ش_١}{ف_١} + \frac{ش_٢}{ف_٢} + \frac{ش_٣}{ف_٣}\right)$$

ملاحظة : يتم تعويض الاشارة السالبة للشحنة لان الجهد كمية قياسية .

مثـــــــــــــال :

في الشكل المجاور اذا علمت أن الشحنة النقطية ش=− ٣ ميكروكولوم ، جد مايلي :



- $جـ_{أب}$
- الشغل المبذول لنقل الكترون من (ب) الى (أ) .

الحـــــــــــــل :

- $جـ_{أب} = جـ_{أ} - جـ_{ب} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش}{ف_{أ}} - ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش}{ف_{ب}}$

$= ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{ش}{ف_{أ}} - \frac{ش}{ف_{ب}}\right) = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-٣ \times ١٠^{-٦}}{٣ \times ١٠^{-٢}} + \frac{٣ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ١٠^{-٢}}\right) = ٤.٥ \times ١٠^{٥}$ فولت .

- **شغل** $_{ب \leftarrow أ}$ $= ش(جـ_{أ} - جـ_{ب}) = -١.٦ \times ١٠^{-١٩} (-٤.٥ \times ١٠^{٥}) = ٧.٢ \times ١٠^{-١٤}$ جول .

مثـــــــــــال :

شحنة نقطية مقدارها ٦ ميكروكولوم موضوعة بالهواء ، احسب الجهد الكهربائي عند نقطة تقع على بعد :

١) ٣سم عنها؟

٢) ٩سم عنها ؟

يقل الجهد الناشئ عن شحنة نقطية موجبة كلما ابتعدنا عنها .

يزداد الجهد الناشئ عن شحنة نقطية سالبة كلما ابتعدنا عنها .

الحـــــــــــل :

بالتعويض بقانون الجهد :

- $جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش}{ف} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٦ \times ١٠^{-٦}}{٣} = ١٨ \times ١٠^{٣}$ فولت .
- $جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش}{ف} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٦ \times ١٠^{-٦}}{٩} = ٦ \times ١٠^{٣}$ فولت .

ســــــــــــؤال :

يطلق على خط المجال الكهربائي (ممال الجهد) ، علل ؟

لانه اثناء حركتنا مع خط المجال الكهربائي يقل الجهد .

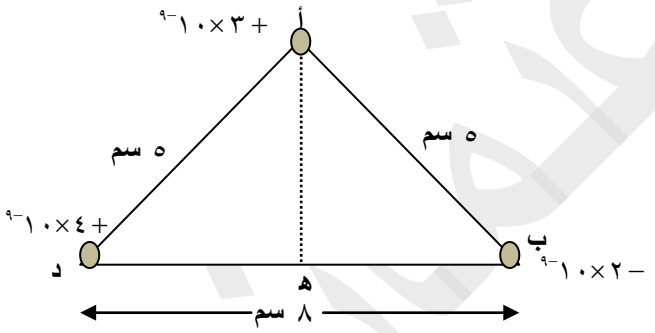
مثـــــــــــال :

في الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية مقاسة بالكولوم موضوعة بالهواء ، بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل ، جد ما يلي :

١) الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ) الواقعة في منتصف المسافة (ب،د)؟

٢) الشغل اللازم لنقل بروتون من المالانهاية الى النقطة (هـ) ؟

٣) طاقة الوضع الكهربائية للبروتون عند النقطة (هـ) ؟



الحـــــــــــل :

- تتأثر النقطة (هـ) بثلاث شحنات و بالتالي نحسب الجهود الناشئة من هذه الشحنات :

$$جـ_{هـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{ش_{أ}}{ف_{أهـ}} + \frac{ش_{ب}}{ف_{بهـ}} + \frac{ش_{د}}{ف_{دهـ}}\right) = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٣ \times ١٠^{-٩}}{٣ \times ١٠^{-٢}} + \frac{-٢ \times ١٠^{-٩}}{٤ \times ١٠^{-٢}} + \frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{٤ \times ١٠^{-٢}}\right) = ١٣٥٠$$ فولت .

- $شغل_{\infty \leftarrow هـ} = ش_{بروتون} (جـ_{هـ} - \cancel{جـ_{\infty}}) = ١.٦ \times ١٠^{-١٩} \times ١٣٥٠ = ٢.١٦ \times ١٠^{-١٦}$ جول .

صفر

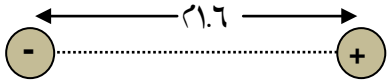
- $شغل_{\infty \leftarrow هـ} = ط_{وهـ} - \cancel{ط_{و\infty}} \Leftarrow ش_{\infty \leftarrow هـ} = ط_{وهـ} = ٢.١٦ \times ١٠^{-١٦}$ جول .

صفر

مثـــــــــــال :

شحنتان نقطيتان مقدار كل منهما (٢ ميكروكولوم) كما في الشكل المجاور .

أوجد الجهد الناشئ عن الشحنتين عند نقطة المنتصف ؟



الحـــــــــــل :

$$جـ_{ا} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{ش_{١}}{ف_{١}} + \frac{ش_{٢}}{ف_{٢}}\right) = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٢ \times ١٠^{-٦}}{٠.٨} + \frac{-٢ \times ١٠^{-٦}}{٠.٨}\right) = صفر .$$

ملاحظـــــــــة : عندما يكون جهد نقطة يساوي صفر ، هذا لا يعني عدم وجود شحنات كهربائية حول النقطة و انما يعني وجود شحنات موجبة (ينشأ منها جهد موجب) و سالبة(ينشأ منها جهد سالب) و يكون مجموع جهدها يساوي صفر عند تلك النقطة .

مثـــــــــــال :

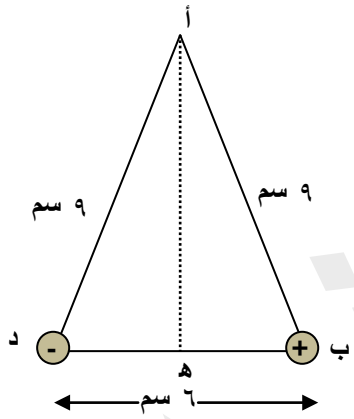
(أ ، ب ، د) مثلث متساوي الساقين فيه أ ب = أ د = ٩ سم ، ب د =٦ سم ، وضعت شحنتان

$(٦ ، -٤) \times ١٠^{-١١}$ كولوم عند الرأسين (ب ، د) بالترتيب، احسب :

١) طاقة الوضع المخزنة في شحنة (٦×١٠^{-٦}) كولوم توضع عند الرأس (أ)؟

٢) الشغل المبذول لنقل شحنة (٥×١٠^{-٦}) كولوم من الرأس (أ) الى النقطة(هـ) التي تقع في منتصف المسافة (ب ، د) ؟

٣) الشغل المبذول لنقل شحنة الرأس (ب) الى الرأس(أ)؟



الحـــــــــــل :

- $ط_{ا} = ش جـ_{ا} = ٦ \times ١٠^{-٦} \left(٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٦ \times ١٠^{-١١}}{٩ \times ١٠^{-٢}} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{-٤ \times ١٠^{-١١}}{٩ \times ١٠^{-٢}}\right)$

$= ٦ \times ١٠^{-٦} (٦ - ٤) = ١٢ \times ١٠^{-٦}$ جول

- شغل $ا \leftarrow هـ$ = ش منقولة $(جـ_{هـ} - جـ_{ا})$ (نجد $جـ_{هـ}$ من الشحنة ش ب ، ش د)

$$جـ_{هـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{ش_{ب}}{ف_{بهـ}} + \frac{ش_{د}}{ف_{هـد}}\right) = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٦ \times ١٠^{-١١}}{٣ \times ١٠^{-٢}} + \frac{-٤ \times ١٠^{-١١}}{٣ \times ١٠^{-٢}}\right) = ٦ \text{ فولت} .$$

شغل $ا \leftarrow هـ$ = $٥ \times ١٠^{-٦} (٦ - ٢) = ٢٠ \times ١٠^{-٦}$ جول .

- جهد النقطتان (أ ، ب) ناتج عن شحنة الرأس (د).

$$جـ_{ا} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-٤ \times ١٠^{-١١}}{٩ \times ١٠^{-٢}}\right) = -٤ \text{ فولت} . \qquad جـ_{ب} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-٤ \times ١٠^{-١١}}{٦ \times ١٠^{-٢}}\right) = -٦ \text{ فولت} .$$

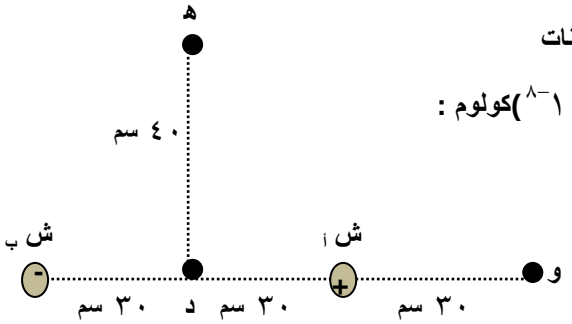
شغل $ب \leftarrow ا$ = ش منقولة $(جـ_{ا} - جـ_{ب}) = ٦ \times ١٠^{-١١} (-٤ + ٦) = ١٢ \times ١٠^{-١١}$ جول .

ملاحظـــــــــة: الشحنة المنقولة لا تدخل في حساب الجهد ، فتأثير الجهد يكون واقع عليها لا ناتج منها .

أسئلة عامة عن الجهد الناتج عن شحنات نقطية عدة :

السؤال الأول :

يبين الشكل شحنتين نقطيتين (أ ، ب) موضوعتين في الهواء ، بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل أوجد ما يأتي علماً بأن (ش أ =٢ × ١٠^-٨ ، ش ب = – ٢ × ١٠^-٨)كولوم :

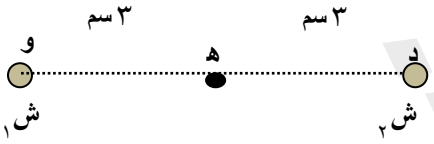


- القوة المتبادلة بين الشحنتين ؟
- محصلة المجال عند النقطة (د) ؟
- فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (و ،هـ) ؟
- طاقة الوضع المختزنة في الشحنة (ش أ) ؟
- الشغل اللازم لنقل الشحنة (أ) من موضعها الى النقطة (هـ)؟

الحل بالترتيب (ق=١ × ١٠^-٧ نيوتن ، م = ٤ × ١٠^٣ نيوتن/كولوم ، جـ$_{وهـ}$ = ٤٠٠ فولت ، ط$_{و}$ = –٦ × ١٠^-٦ جول ،الشغل= – ٢ × ١٠^-٦ جول) .

السؤال الثاني :

الشكل يمثل ثلاث نقاط (د ، هـ ، و) على استقامة واحدة ، عند النقطة (و) وضعت شحنة مقدارها (– ٦ × ١٠^-٦ كولوم) ، اذا كانت طاقة الوضع الكهربائية المختزنة فيها (– ٥.٤ جول) ، جد كلاً مما يلي :



- مقدار الشحنة الكهربائية الموضوعة عند النقطة(د) ؟
- محصلة المجال الكهربائي عند النقطة(هـ)؟
- التغير في طاقة الوضع الكهربائية عند انتقال (ش$_{١}$) من موضعها الى النقطة (هـ)؟

الحل بالترتيب (ش$_{٢}$ = ٦ × ١٠^-٦ كولوم ، م = ١٢ × ١٠^٧ نيوتن / كولوم ، ط = – ٥.٤ جول)

السؤال الثالث :

شحنتان نقطيتان مقدارهما (٩ ميكروكولوم ، – ٣ ميكروكولوم) المسافة بينهما ٣سم ، احسب :

- المجال الكهربائي عند نقطة تقع في منتصف المسافة بينهما ؟
- القوة المؤثرة في شحنة مقدارها(– ٣ ميكروكولوم)موضوعة في منتصف المسافة بينهما ؟
- حدد موقع نقطة التعادل الكهربائي ؟
- الجهد الكهربائي عند نقطة التعادل الكهربائي ؟
- طاقة الوضع المختزنة في شحنة مقدارها(٤ ميكروكولوم) موضوعة عند نقطة التعادل الكهربائي ؟

العلاقة بين المجال الكهربائي و الجهد :

المجال : خط انحدار الجهد أو التغير في الجهد لوحدة الاطوال .

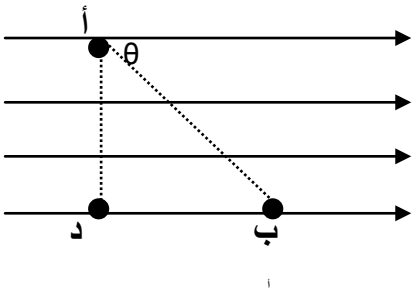
م = $\frac{جـ}{ف}$ ، وفيها وحدة قياس م = فولت/ م . ⟸ جـ = م ف (لا يستخدم الا في المجال الكهربائي المنتظم و الشحنة المفردة .

مثال : لوحين متوازيين فرق الجهد بينهما(١٠ فولت) و المسافة بينهما٢ سم ، احسب المجال الكهربائي بين اللوحين ؟

الحل : م= $\frac{جـ}{ف}$ = $\frac{١٠}{٢ \times ١٠^{-٢}}$ = ٥٠٠ فولت .

فرق الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم
Electric Potential in a Uniform Electric Field

اذا وضعت شحنة كهربائية في مجال منتظم فانها تنجز شغل بفعل القوة الكهربائية و بالتالي تتسارع الشحنة ، اما اذا اردنا تحيك الشحنة بسرعة ثابتة فاننا نحتاج الى شغل ضد القوة الكهربائية .



لو أردنا نقل شحنة من ب ← أ

الشغل أ ← ب = ش ج أب

الشغل أ ← ب = ق ع ف أب جتاθ أب

و لكن ق خارجية = ق كهربائية ⟸ ش ج = م ش ف جتاθ

$$\boxed{\text{ج}_{\text{أب}} = \text{م ف}_{\text{أب}} \text{ جتا}\theta_{\text{أب}}}$$

حيث أن : Δج : فرق الجهد (الفولت). م : المجال الكهربائي (نيوتن / كولوم).

ف : المسافة الفاصلة بين النقطتين المراد حساب فرق الجهد بينهما (متر).

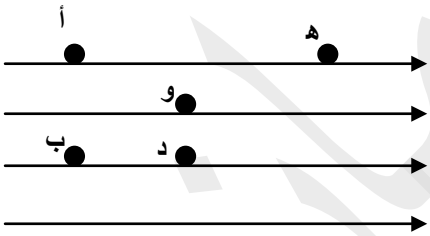
θ : الزاوية بين ($\vec{\text{ف}}$ ، م) .

جميع النقاط الواقعة على السطح الواصل بين (أ ، د) متساوية بالجهد لذلك يدعى سطحاً متساوياً للجهد ⟸ Δ ط ر (عند انتقال شحنة بين أ ، د) = صفراً ، لان القوة الكهربائية لا تبذل شغلاً عند انتقال الشحنة عبر هذا السطح .

- بما أن ج$_{\text{أ}}$ =ج$_{\text{ر}}$ فان ج$_{\text{بر}}$ =ج$_{\text{بأ}}$ ⟸ فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين لا يعتمد على المسار المأخوذ .

(ج$_{\text{بأ}}$ =ج$_{\text{بر}}$ +ج$_{\text{رأ}}$)

مثـــــــــــال :



اذا كانت (أ ، ب ، هـ ، و) نقاط في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل المجاور ، فان النقطتين اللتين لهما فرق جهد يساوي فرق الجهد بين النقطتين (أ ، ب) هما :

١ – (أ،هـ) ٢ – (د،و) ٣ – (أ،و) ٤ – (هـ،ب)

لحل سؤال على الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم نتبع ما يلي :

- التأكد من السؤال أن المنطقة المراد حساب المجال بها هي منطقة مجال كهربائي منتظم .
- تحديد النقطتين المراد حساب فرق الجهد بينهما .
- كتابة العلاقة التالية (على فرض أن السؤال طلب ج$_{\text{أب}}$)

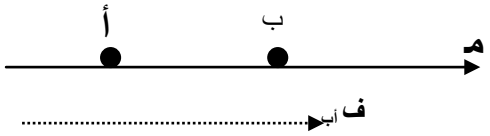
ج$_{\text{أب}}$ = م ف$_{\text{أب}}$ جتا$\theta_{\text{أب}}$

- الانتباه الى الزاوية : فاذا كان التحرك من النقطة أ الى النقطة ب مع اتجاه المجال تكون موجبة و العكس صحيح .
- اذا طلب السؤال الشغل اللازم لنقل شحنة (أو التغير في طاقة الوضع الكهربائية) من النقطة أ الى النقطة ب فاننا نقوم بحساب ج$_{\text{بأ}}$ ثم نقوم بضرب الناتج بالشحنة المراد نقلها حسب العلاقة التالية :

الشغل ب ← أ = ش المنقولة ج$_{\text{أب}}$

- تعويض اشارة الشحنة السالبة (لأن الجهد كمية قياسية) و أخيراً تثبيت وحدات القياس .

ملاحظـــــــــــــــــات :



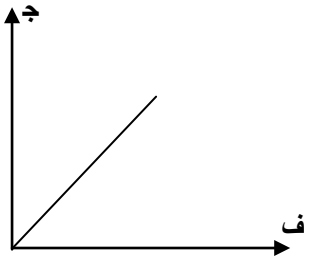
اذا كانت (أ ، ب) نقطتان تقعان على أحد خطوط المجال

جـ أب = م ف أب جتا θ (حيث θ = صفر) ⟸ جـ أب = م ف أب

جـ ب أ = م ف ب أ جتا θ (حيث θ = ١٨٠°) ⟸ جـ ب أ = − م ف ب أ

لاحظ أن : جـ أب = − جـ ب أ

⟸ جـ أب (موجب) ⟸ جـ أ > جـ ب ⟸ أي أن الجهد يقل كلما تحركنا مع اتجاه المجال الكهربائي .



- اذا مثلت العلاقة بين فرق الجهد و الازاحة بين نقطتين على امتداد أحد خطوط المجال (θ = ٠)

فان العلاقة خطية (ميلها = م (المجال)) ميل الخط = $\frac{\Delta جـ}{\Delta ف}$ = م

من العلاقة :

جـ أب = م ف ب أ جتا θ ⟸ م = $\frac{جـ أب}{ف جتا \theta}$ ⟸ نجد وحدة المجال (فولت/متر)

- يكون المجال الكهربائي بين اللوحين منتظم (ثابت) .

ســــــــــــــــــؤال :

من خلال العلاقة بين المجال و الجهد عندما يكون المجال منتظماً ، أثبت أن وحدة قياس المجال (نيوتن / كولوم) تكافىء (فولت /م) ؟

- وحدة المجال = $\frac{فولت}{متر}$ = $\frac{جول/كولوم}{متر}$ = $\frac{جول}{كولوم \cdot متر}$ = $\frac{نيوتن \cdot متر}{كولوم \cdot متر}$ = نيوتن/كولوم
- أو : $\frac{نيوتن}{كولوم} \times \frac{م}{م}$ = $\frac{جول}{كولوم \times م}$ = $\frac{فولت}{م}$

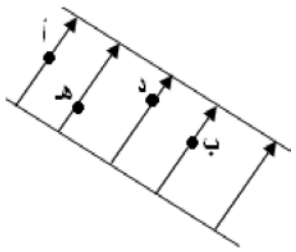
ملاحـــــــــــــظة :

أي نقطتين الخط الواصل بينهما متعامد مع خطوط المجال يكون لهما نفس الجهد و بالتالي فان فرق الجهد بينهما = صفر .

فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم لا يعتمد على المسار المتبع .

مثـــــــــــــال :

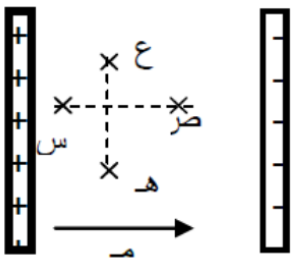
بالاعتماد على الشكل التالي ما هما النقطتان المتساويتان في طاقة الوضع ؟



الحل : النقطتان (ا ، ب) لان لهما نفس قيم الجهد .

ســــــــــــــــــؤال وزارة (٢٠٠٣) :

في الشكل المجاور لا تتغير طاقة الوضع الكهربائية للجسم المشحون عند انتقاله في المجال الكهربائي بين النقطتين :



أ- (ع، س)

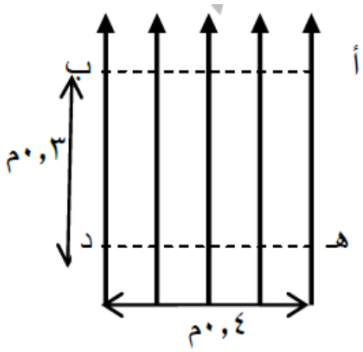
ب- (ص ، س)

ج- (ع ، هـ)

د- (ص ، هـ)

ســـــــــــؤال وزارة (٢٠٠٥) :

يمثل الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره ($١٠^{٣}$) فولت/م ، اعتماداً عل القيم المثبته عليه ، احسب:



أ- $جـ_{اهـ}$ ؟ ب- الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها(+١ ميكروكولوم)من النقطة (هـ) الى النقطة (ب) ؟

الحـــــل :

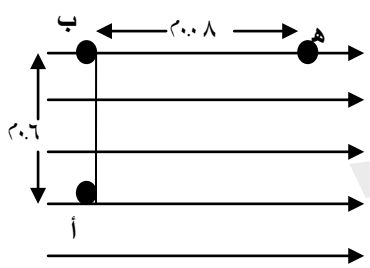
- $جـ_{اهـ}$ = م × ف × جتاθ = $١٠^{٣}$ × ٠.٣ × جتا١٨٠ = −٣٠٠ فولت .
- الشغل $_{هـ←ب}$ = $جـ_{بهـ}$ × ش منقولة

$جـ_{بهـ}$ = $جـ_{بد}$ + $جـ_{دهـ}$ = ($١٠^{٣}$ × ٠.٣ × جتا١٨٠) + (م × ف × جتا٩٠) = −٣٠٠ فولت

الشغل $_{هـ←ب}$ = −٣٠٠ × ١ × $١٠^{-٦}$ = −٣ × $١٠^{-٤}$ جول .

ســـــــــــؤال وزارة (٢٠٠٨) شتوي :

يمثل الشكل مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره ($١٠^{٤}$) فولت /م ، (أ ، ب ، هـ) نقاط واقعة داخله ، اعتماداً على الابعاد المبينة بالشكل :



أ) احسب الشغل المبذول لنقل شحنة مقدارها($١٠^{-٩}$) كولوم من هـ الى أ بسرعة ثابتة .

ب) حدد نقطتان على الشكل فرق الجهد بينهما يساوي صفراً ، فسر ذلك .

الحـــــل :

- الشغل = ش Δ جـ

الشغل $_{هـ←أ}$ = (م × ف اهـ × جتاθ)

= ($١٠^{-٩}$ × ١)($١٠^{٤}$ × ١ × ٠.١) × $\frac{٠.٨}{٠.١}$ = +٨ × $١٠^{-٧}$ جول .

- (أ ،ب) ، لانهما واقعتان على سطح تساوي الجهد .

ســـــــــــؤال وزارة (٢٠١٠) صيفي :

ثبت لوحان فلزيان مشحونان متوازيان قبالة بعضهما البعض داخل أنبوب مفرغ من الهواء و على بعد(٢×١٠^{-٢})م من بعضهما ، فتولد بينهما مجالاً كهربائياً قدره (٣×١٠^{٥}) فولت /م ، احسب :

أ) فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين .

ب) مقدار القوة المؤثرة في شحنة نقطية مقدارها(-١×١٠^{-٦}) كولوم وضعت بين اللوحين .

ج) الشغل الذي يبذله المجال في نقل شحنة مقدارها(-١×١٠^{-٦}) كولوم من اللوح السالب الى اللوح الموجب .

الحـــــل :

- جـ = م ف جتاθ = ٣ × $١٠^{٥}$ × (٢ × $١٠^{-٢}$) × ١ = ٦ × $١٠^{٣}$ فولت .
- ق = م × ش = ٣ × $١٠^{٥}$ × (١ × $١٠^{-٦}$) = ٠.٣ نيوتن .
- الشغل = ش × Δجـ

= (−١ × $١٠^{-٦}$) × (٦ × $١٠^{٣}$) = −٦ × $١٠^{-٣}$ جول .

أسئلة عامة عن الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم :

السؤال الاول:

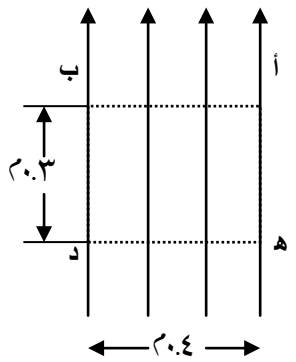
تحرك بروتون شحنته ١.٦ × ١٠^-١٩ كولوم و كتلته ١.٦٧ × ١٠^-٢٧ كغ ،من السكون من النقطة (أ) عند اللوح الموجب الى النقطة (ب) عند اللوح السالب في الحيز بين لوحين متوازيين مشحونيين بشحنتين مختلفتين تفصل بينهما مسافة ٤ سم ، اذا كان المجال الكهربائي بين اللوحين ٦٢٥ نيوتن/كولوم ، احسب :

- فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين .
- التغير في طاقة وضع البروتون عند انتقاله بين اللوحين.
- سرعة البروتون بعد قطعه هذه الازاحة .

الحل بالترتيب (جـ$_{أب}$ = ٢٥ فولت ، Δط$_{أ←ب}$ = -٤ × ١٠^-١٨ جول ، ع$_{ب}$ = ٦.٩ × ١٠^٤ م/ث)

السؤال الثاني :

يمثل الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره ١٠^٣ فولت /م ، اعتماداً على القيم المثبته عليه احسب :

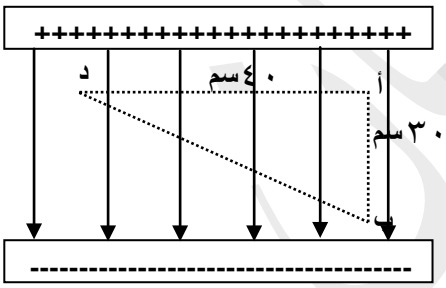


- فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (أ) و (د) .
- الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها(+١) ميكروكولوم من النقطة(هـ) الى النقطة (ب).

الحل بالترتيب (جـ$_{أد}$ = -٣٠٠ فولت ، الشغل ش$_{هـ←ب}$ = ٣٠٠ × ١٠^-٦ جول)

السؤال الثالث :

يمثل الشكل المجاور لوحان معدنيان متوازيان ، فرق الجهد بينهما ١٠^٣ فولت و المسافة بينهما ٠.٥م في الهواء



وضعت شحنة كهربائية سالبة مقدارها ١ × ١٠^-٦ كولوم في النقطة (د) ، احسب :

- القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة عند النقطة (د) .
- الشغل اللازم لنقل الشحنة من (د) الى (ب) .
- ما النقطتان اللتان يكون عندهما الجهد الكهربائي متساوياً .

الحل بالترتيب (ق = ٢ × ١٠^-٣ نيوتن ، الشغل ش$_{د←ب}$ = ٦٠٠ × ١٠^-٦ جول ، جـ$_{د}$ = جـ$_{ب}$)

السؤال الرابع :

علل :

- الجسيم المشحون يتحرك بخط مستقيم داخل المجال الكهربائي المنتظم ؟
- الجسيم المشحون يتسارع داخل المجال الكهربائي المنتظم ؟

يستخدم المجال الكهربائي المنتظم في المسارعات النووية لتسريع الجسيمات المشحونة .

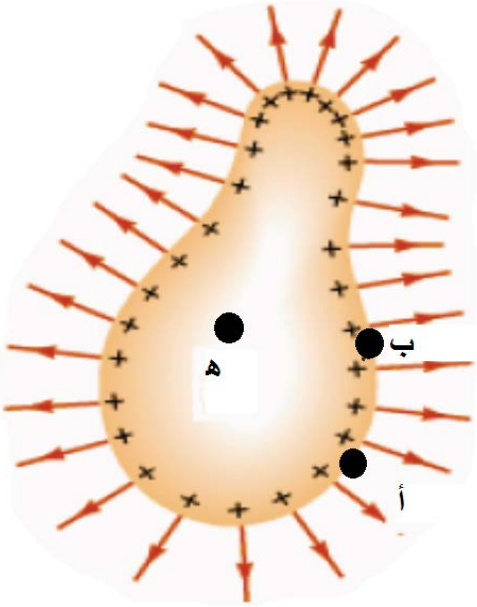
الجهد الكهربائي لموصل مشحون
(Electric Potential due to a Charged Conductor)

الجهد الكهربائي لموصل مشحون :

- المجال داخل الموصل يساوي صفر .
- المجال على سطح الموصل يعطى بالعلاقة $(\frac{\sigma}{\varepsilon})$.

سؤال : (علل) تكون خطوط المجال دائماً عمودية على سطح الموصل ؟

لانه لو وجدت للمجال مركبة أفقية عند سطح الموصل فانها ستسبب حركة للشحنات و هذا مرفوض لأن الشحنات تكون مستقرة (ساكنة على السطح).



سؤال : في الشكل المجاور أثبت أن جـ$_{ب}$ = جـ$_{أ}$

الحل : الشغل = صفر (لأن الشحنات ساكنة)

الشغل = شΔجـ$_{أب}$ ⇐ Δجـ = صفر .

جـ$_{ب}$ − جـ$_{أ}$ = صفر ⇐ جـ$_{ب}$ = جـ$_{أ}$

ملاحظـــــــة : أن كل النقاط الواقعة على سطح الموصل متساوية في الجهد ، لذا يعد سطح متساوي في الجهد .

سؤال : من الشكل السابق أثبت أن جـ$_{أ}$ = جـ$_{هـ}$

الحل :

الشغل = ق ف جتاθ = م ش ف جتاθ ، لكن م = صفر (داخل الموصل)

الشغل = صفر = شΔجـ$_{أهـ}$ ⇐ جـ$_{أ}$ − جـ$_{هـ}$ = صفر ⇐ جـ$_{أ}$ = جـ$_{هـ}$

ملاحظـــــــة : أن الجهد داخل أي موصل ثابت ، و يساوي الجهد عند سطح الموصل .

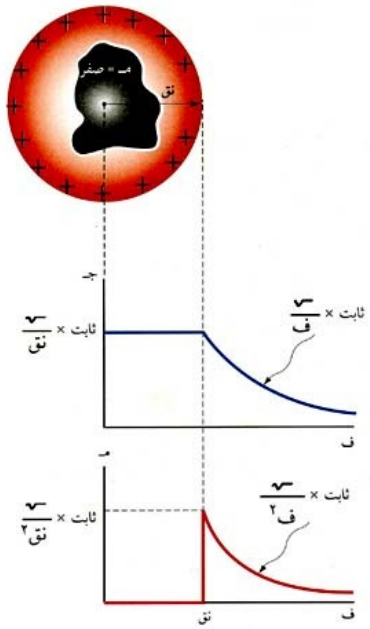
الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون :

الجهد الكهربائي على أي نقطة داخل موصل كروي (معزول) و على سطحه يعطى بالعلاقة :

$$جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش}{نق}$$

أما على بعد ف من مركز الموصل ، ف > نق (خارج الموصل) يعبر عن الجهد بالعلاقة :

$$جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش}{ف}$$



الجهد والمجال الكهربائيان لموصل كروي مشحون .

ملاحظات مهمة جداً:

- يكون توزيع الشحنات على سطح "موصل غير منتظم " غير منتظمة .

حيث تتباعد الشحنات عن بعضها و تكون كثافتها أكبر ما يمكن عند الرؤوس المدببة (لان مساحتها أقل ما يمكن عند سطح الموصل و حتى تبقى قيمة الشحنة ثابتة تزداد σ) أما توزيع الشحنات على السطوح المنتظمة يكون منتظم "موصل كروي" .

- اذا كان يوجد حول الموصل شحنات كهربائية ، فان جهده الكلي يساوي جهد بفعل شحنته الموجودة على سطحه، و يسمى الجهد المطلق ، مضافاً اليه الجهد بفعل الشحنات الاخرى المحيطة به ، و يسمى الجهد الحثي .

$$جـ_{كلي} = جـ_{مطلق} + جـ_{حثي}$$

- اذا تلامس موصلان معزولان فان جهد كل منهما يتساوى بعد التوصيل .($جـ_{١}' = جـ_{٢}'$)
- اذا وصل الموصل بالارض يصبح جهده الكلي يساوي صفر (جهد الارض = صفر) .

أنواع الجهد للموصل الكروي

١-الجهد المطلق:
هو الجهد الناشئ عن شحنة الموصل نفسه .

$$جـ_{مطلق} = \frac{٩\times١٠^{٩}\times ش}{نق}$$

٢-الجهد الحثي (التأثيري)
هو الجهد الناتج عن وجود الموصل بالقرب من شحنات نقطية أو موصلات اخرى .

$$جـ_{تأثيري} = \frac{٩\times١٠^{٩}\times ش}{ف}$$

٣-الجهد الكلي :
مجموع الجهد المطلق والحثي .

$$جـ_{كلي} = جـ_{مطلق} + جـ_{حثي}$$

طريقة حل المسائل عند ايجاد الجهد الكهربائي الناتج عن موصل و شحنات نقطية :

- اذا كانت النقطة في الفراغ و تحيط بها مجموعة من الكرات الموصلة فاننا نتعامل معها و كأنها شحنات نقطية و نعوض بالعلاقة :

$$جـ_{ا} = ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{ش_{١}}{ف_{١}} + \frac{ش_{٢}}{ف_{٢}} + \frac{ش_{٣}}{ف_{٣}}\right)$$ (جهد نقطة ما).

حيث أن (ف) البعد بين النقطة المراد حساب الجهد عندها و مركز الموصل .

- اذا كانت النقطة موجودة على سطح كرة موصلة و معزولة(لا توجد حوله شحنات كهربائية) فاننا نستخدم العلاقة :

$$جـ = ٩\times١٠^{٩}\frac{ش}{نق}$$

- اذا كانت النقطة موجودة على سطح كرة موصلة و تحيط بها مجموعة من الكرات المشحونة (أو شحنات نقطية) فاننا نأخذ بعين الاعتبار الجهد الحثي و الجهد المطلق :

$$جـ_{كلي} = جـ_{مطلق} + جـ_{حثي}$$

$$جـ_{كلي} = ٩\times١٠^{٩}\frac{ش}{نق} + ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{ش_{١}}{ف_{١}} + \frac{ش_{٢}}{ف_{٢}} + \frac{ش_{٣}}{ف_{٣}}\right)$$

ف : البعد بين النقطة المراد حساب الجهد عندها و مركز الموصل المحيط أو الشحنة النقطية .

مثـــــــــــال :

ما عدد الالكترونات التي يجب ازالتها من موصل كروي نصف قطره ٣ سم ، ليصبح الجهد الكهربائي على سطحه ٧٥٠٠ فولت ؟

الحـــــــــل :

$جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش}{نق} \Leftarrow ٧٥٠٠ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش}{٣ \times ١٠^{-٢}} \Leftarrow ش = ٢.٥ \times ١٠^{-٨}$ كولوم .

$ش = ن ش \Leftarrow ٢.٥ \times ١٠^{-٨} = ن \times ١.٦ \times ١٠^{-١٩} \Leftarrow ن = ١.٦ \times ١٠^{١١}$ الكترون.

مثـــــــــــال :

كرة موصلة نصف قطرها ٣ سم ، موضوعة بالهواء، تحمل شحنة كهربائية مقدارها -٥×١٠^{-٨} كولوم ، اوجد ما يلي :

١ – جهد الكرة .

٢ – فرق الجهد بين نقطتين تبعدان عن مركز الكرة ١٠سم ، ١٥سم ، على الترتيب .

الحـــــــــل :

١ – $جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش}{نق} \Leftarrow جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{-٥ \times ١٠^{-٨}}{٠.٠٣} \Leftarrow جـ = -٥ \times ١٠^{٣}$ فولت .

٢ – فرق الجهد بين النقطتين

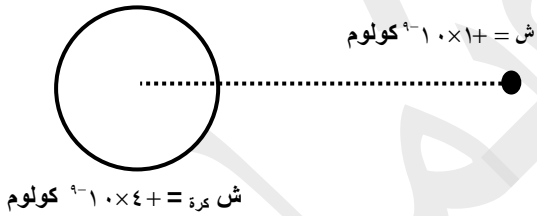
$جـ_{١٢} = جـ_{١} - جـ_{٢} \Leftarrow جـ_{١٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-٥ \times ١٠^{-٨}}{٠.١} - \frac{-٥ \times ١٠^{-٨}}{٠.١٥} \right) \Leftarrow جـ_{١٢} = -١.٥ \times ١٠^{٣}$ فولت .

ســــــــــؤال وزارة (٢٠٠٩) شتوي :

الشكل المجاور يمثل شحنة كهربائية نقطية مقدارها $(+١ \times ١٠^{-٩})$ كولوم ، تبعد مسافة (٠.٢) م عن مركز موصل كروي مشحون نصف قطرة (٠.٠٥) م في الهواء ، بالاستعانة بالقيم المثبتة عليه احسب :

١ – المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة النقطية .

٢ – الجهد الكهربائي الكلي للكرة .



الحـــــــــل :

١ – المجال المؤثر بالشحنة $= ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش}{ف^{٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{٤ \times ١٠^{-٢}} = ٩٠٠$ نيوتن / كولوم .

٢ – الجهد الكلي للكرة = جهد $_{مطلق}$ + جهد $_{حثي}$

$= ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش}{نق}_{كرة} + ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش}{ف}_{الشحنة النقطية}$

$= ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{٥ \times ١٠^{-٢}} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{١ \times ١٠^{-٩}}{٢ \times ١٠^{-٢}} = ٧٢٠ + ٤٥ = ٧٦٥$ فولت .

ســــــــــؤال وزارة (٢٠١٠) شتوي :

موصل مشحون و معزول ، اذا كانت (س) نقطة تقع داخله و (ص) نقطة تقع على سطحه كما في الشكل ، فان :

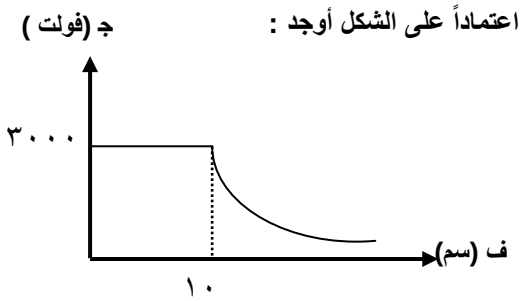
أ) (جـ س = جـ ص)، (مـ س = مـ ص) ب) (جـ س = صفر) ، (مـ س = صفر)

ج) (جـ س = جـ ص) ، (مـ س = صفر) د) (جـ س = صفر) ، (مـ س = مـ ص)

مثـــــــــــال :

يمثل الشكل العلاقة بين الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون و البعد عن مركزه ، اعتماداً على الشكل أوجد :

١ – شحنة الموصل .
٢ – الكثافة السطحية لشحنة الموصل .
٣ – الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد عن سطحه ١سم .
٤ – المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن مركزه ٥ سم .



الحـــــــــــل :

١ – $جـ_{سطح} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش}{نق} \Leftarrow ٣٠٠٠ = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش}{٠.١} \Leftarrow ٣٠٠٠ = ٩ \times ١٠^{٩} ش \Leftarrow ش = \frac{١}{٣} \times ١٠^{-٧}$ كولوم .

٢ – $\sigma = \frac{ش}{أ} = \frac{ش}{٤\pi نق^{٢}} = \frac{\frac{١}{٣} \times ١٠^{-٧}}{٤\pi \times ١ \times ١٠^{-٢}} = \frac{١}{١٢\pi} \times ١٠^{-٥}$ كولوم/م^{٢} .

٣ – $جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش}{ف} \Leftarrow ٩ \times ١٠^{٩} \frac{\frac{١}{٣} \times ١٠^{-٧}}{٢ \times ١٠^{-١}} = ١٥٠٠$ فولت (حيث ف = ١٠ + نق = ٢٠ سم)

٤ – م = صفر ، لأن النقطة تقع داخل الموصل لعدم وجود شحنات داخل الكرة .

ســــــــــــؤال وزارة :

موصلان كرويان نصف قطر كل منهما (٢×١٠^{-٢})م ، و المسافة بين مركزيهما (٨×١٠^{-٢})م ، شحن الاول بشحنة مقدارها (٨.٨٥×١٠^{-٩}) كولوم، و الثاني غير مشحون ، احسب :

شحنة الموصل الثاني بعد وصله بالارض .

الحـــــــــــل :

عند وصل الكرة الثانية بالارض يصبح جهدها الكلي صفراً .

$جـ_{الكلي} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{٢}}{نق} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{١}}{ف} \Leftarrow صفر = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{٢}}{٢ \times ١٠^{-٢}} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٨.٨٥ \times ١٠^{-٩}}{٨ \times ١٠^{-٢}}$

$ش_{٢} = \frac{٨.٨٥ \times ١٠^{-٧}}{٤}$ كولوم .

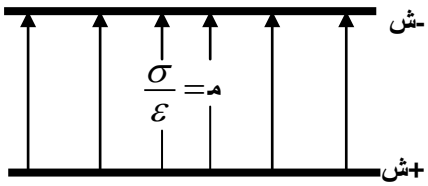
ســــــــــــؤال وزارة (٢٠١٢) شتوي :

يمثل الشكل لوحين فلزيين مساحة كل منهما (أ) أحدهما مشحون بشحنة موجبة (+ش) و الاخر مشحون بشحنة سالبة مماثلة(-ش) و تفصلهما مسافة (ف) ، أثبت أن فرق الجهد بين اللوحين يعطى بالعلاقة $\Delta جـ = \frac{ش ف}{\varepsilon أ}$.

الحـــــــــــل :

$\Delta جـ = م ف جتا\theta$ ، $م = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

$\Delta جـ = \frac{\sigma ف}{\varepsilon}$ ، $\sigma = \frac{ش}{أ} \Leftarrow جـ = \frac{ش ف}{\varepsilon أ}$



أسئلة عامة عن الجهد الكهربائي لموصل مشحون :

الســــــؤال الاول :

احسب كثافة الشحنة السطحية لموصل كروي نصف قطره٢ ٥ سم ، علماً بأن الجهد الكهربائي، ١٣٠ فولت على بعد، ٥ سم من مركزه؟

الاجابة ($\sigma = ٩.٢ \times ١٠^{-٨}$ كولوم /م^{٢}).

الســــــؤال الثاني :

شحنت كرة موصلة بشحنة مقدارها٨×١٠^{-٩} كولوم، نصف قطرها، ١ سم ، أوجد ما يلي :

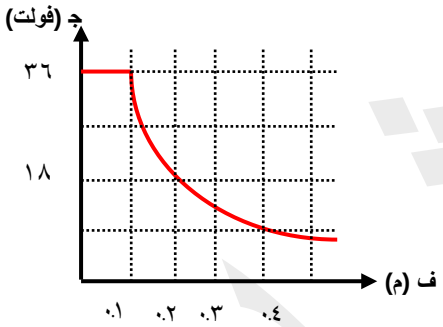
١ – جهد النقطة (أ) التي تبعد(٨ سم) عن مركز الكرة.

٢ – جهد النقطة (ب) التي تبعد (٢٠ سم) عن مركز الكرة .

٣ – الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها(٦×١٠^{-٦} كولوم) من أ ← ب .

الاجابة بالترتيب (٧٢٠ فولت ، ٣٦٠ فولت ، ٢.١٦×١٠^{-٣}).

الســــــؤال الثالث : (وزارة شتوي٢٠١٣) .



يبينالرسم البياني المجاور العلاقة التي تربط الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون بشحنة موجبة و البعد عن مركزه ، معتمداً على البيانات المثبتة جد:

١ – نصف قطر الموصل الكروي .

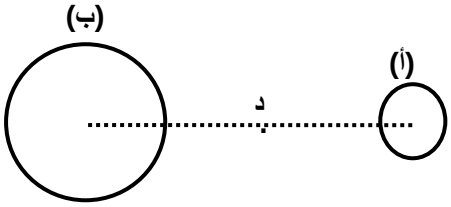
٢ – شحنة الموصل الكروي .

٣ – الشغل المبذول لنقل شحنة($+٤ \times ١٠^{-٦}$ كولوم) من نقطة (أ) و التي تبعد(٠.٤م) عن مركز الموصل الكروي الى النقطة (ب) التي تقع على سطح الموصل .

الاجابة بالترتيب (نق=٠.١م ، ش = ٤×١٠^{-١٠} كولوم ، ١٠٨×١٠^{-٦} جول) .

الســــــؤال الرابع :

في الشكل المجاور كرتان موصلتان (ا ، ب) أنصاف اقطارهما (٠،٥ ، ١) سم على الترتيب ،تحمل كل منهما شحنة مقدارها (–٢،٥ ، ٥) ميكروكولوم و البعد بين مركزيهما(١٠٠) سم ، أحسب :



١ – جهد النقطة (د) التي تقع في منتصف المسافة بينهما .

٢ – جهد الكرة (أ) .

٣ – جهد الكرة (ب) .

الاجابة بالترتيب (٤٥×١٠^{٤} فوات ، -٤٠٥×١٠^{٤} فولت ، ٤٢٧٥×١٠^{٣} فولت)

السطوح متساوية الجهد
(Equipotential Surfaces)

سطح تساوي الجهد :

(هو سطح تكون للجهد عند أي نقطة واقعة عليه قيمة ثابتة) ، أو هو السطح الذي لا تحتاج القوة الكهربائية الى بذل شغل لنقل الشحنة علية .

تكمن اهميتها في فهم و تصور توزيع قيم الجهد حول شحنة نقطية أو توزيع من الشحنات .

خصائص خطوط تساوي الجهد :

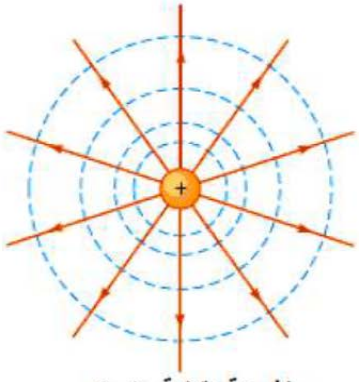
١ – سطوح تساوي الجهد لا تتقاطع ، لانه لو تقاطعت لكان للجهد أكثر من قيمة عند نقطة التقاطع و هذا يخالف التعريف .

٢ – سطوح تساوي الجهد متعامدة مع خطوط المجال الكهربائي ، (علل):

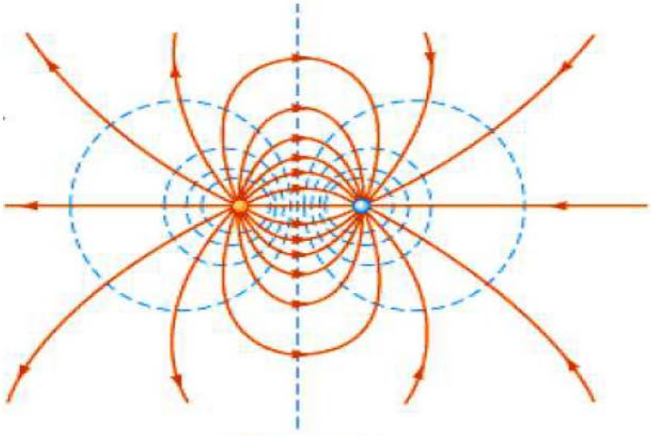
الشغل = ش م جتاθ ⟸ الشغل اللازم لنقل الشحنات على سطح تساوي الجهد يساوي صفر .

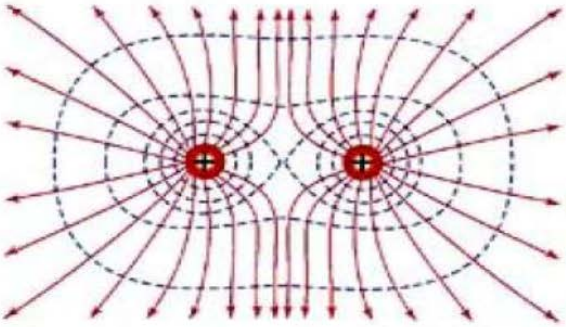
الشغل = ش م جتاθ = صفر ⟸ $\theta = ٩٠^{\circ}$ أي عندما يتعامد خط المجال (م) مع الازاحة ($\vec{ف}$)

(أنماط من سطوح تساوي الجهد الكهربائي.)

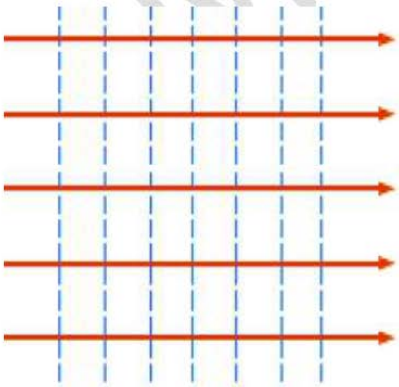


لشحنة نقطية مفردة


لشحنتين مختلفتين

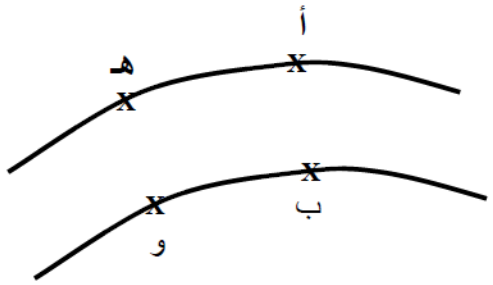


لشحنتان متشابهتان


لمجال كهربائي منتظم

مثـــــــــــال :

يمثل الشكل المجاور سطحي تساوي جهد ($ج_{أ}$ = ١٠ فولت) ، ($ج_{ب}$ = ١٥ فولت) ،



أوجد ما يلي :

١- $ج_{هـ}$ ، $ج_{و}$

٢- $ج_{أو}$ ، $ج_{بهـ}$ ، $ج_{أب}$ ، $ج_{أهـ}$

٣- الشغل المبذول في نقل بروتون من النقطة هـ ← و

الحـــــــــــل :

١- $ج_{هـ}$ = ١٠ فولت ، $ج_{و}$ = ١٥ فولت .

٢- $ج_{أو}$ = $ج_{أ}$ − $ج_{و}$ = ١٠ − ١٥ = −٥ فولت .

$ج_{بهـ}$ = $ج_{ب}$ − $ج_{هـ}$ = ١٥ − ١٠ = ٥ فولت .

$ج_{أهـ}$ = $ج_{أ}$ − $ج_{هـ}$ = ١٠ − ١٠ = صفر .

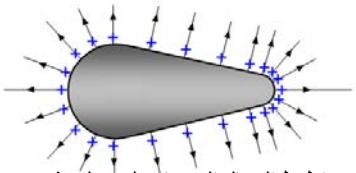
٣- الشغل $_{هـ←و}$ = ش $_{P}$ ($ج_{و}$ − $ج_{هـ}$) ⇐ الشغل $_{هـ←و}$ = ١.٦ × $١٠^{-١٩}$ (١٥ − ١٠) = ٨ × $١٠^{-١٩}$ جول .

ســــــــــــؤال : علل كلاً مما يلي :

١) سطح أي موصل مشحون (سطح تساوي جهد) علل ؟

الشحنات ساكنة (مستقرة) على سطح الموصل المشحون فلو كان هناك فرق الجهد على هذا السطح فذلك يعني وجود شغل يبذل في تحريك الشحنات على سطح الموصل المشحون و هذا يتنافى مع كون الشحنات ساكنة على سطح الموصل المشحون .

٢) خطوط المجال الكهربائي عمودية على سطح الموصل المشحون .


خطوط المجال الكهربائي لموصل مشحون

لأن سطح الموصل المشحون هو سطح تساوي جهد و الشحنات الكهربائية ساكنة (مستقرة) على سطحه . فاذا وجدت للمجال مركبة أفقية عند سطح الموصل فانها تعمل على تحريك الشحنات ، و هذا يتعارض مع حقيقة كون الشحنات ساكنة على سطح الموصل المشحون .

٣) لا يلزم بذل شغل لتحريك شحنة من نقطة لأخرى على سطح الموصل المشحون .

لأن سطح الموصل المشحون هو سطح تساوي جهد ، و فرق الجهد بين أي نقطتين عليه = صفر و بما أن :

الشغل = فرق الجهد × الشحنة ⇐ فرق الجهد = صفر ⇐ الشغل = صفر .

٤) لا تتغير طاقة الوضع الكهربائية لشحنة عند نقلها عبر مسار متعامد مع خطوط المجال .

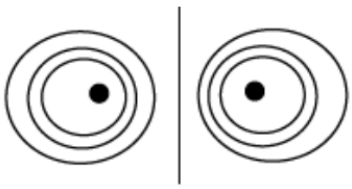
لأن أي مسار متعامد مع خطوط المجال يكون واقع على سطح تساوي جهد و بالتالي لا يوجد فرق في الجهد على سطح هذا المسار .

و بما أن : الشغل = فرق الجهد × الشحنة ⇐ فرق الجهد = صفر ⇐ الشغل = صفر .

سؤال وزارة :

يمثل الشكل المجاور سطوح تساوي الجهد الناشئة عن :

الجواب : شحنتان نقطيتان مختلفتان .



المواسعة الكهربائية و المواسع الكهربائي
(Electric Capacitance & Electric Capacitor)

مفهوم المواسعة الكهربائية لموصل :

اذا قمنا بشحن موصل معزول بالشحنة الموجبة (+ ش) ، فانه يكتسب جهداً يزداد مقداره بزيادة كمية الشحنة التي يكتسبها " كمية الشحنة تتناسب طردياً مع الجهد " .

ش $\propto$ جـ ⇐ ش = ثابت ·جـ

المقدار الثابت هو ثابت فيزيائي ، يسمى " المواسعة الكهربائية " و يرمز له بالرمز (س) ، و هو تعبير لمدى قدرة الجسم على تخزين الشحنات .

المواسعة الكهربائية (Electric Capacitance) .

هي النسبة الثابتة بين شحنة الموصل و جهده ، و هي كمية الشحنة اللازمة لرفع جهد جسم ما وحدة جهد واحدة .

$$\text{س} = \frac{\text{ش}}{\text{جـ}}$$

و تقاس المواسعة الكهربائية بوحدة الفاراد ، حيث أن الشحنة تقاس بالكولوم و الجهد بالفولت .

الفاراد : هو مواسعة موصل يحتاج الى واحد كولوم لرفع جهده واحد فولت .

و الفاراد كمية كبيرة جداً ، لذلك نستخدم في الحياة العملية اجزاءه لتعريف مواسعات الأجسام ، منها :

١ – ميكرو فاراد (μf = ١ × ١٠$^{-٦}$) .

٢ – النانو فاراد (nf = ١ × ١٠$^{-٩}$) .

٣ – البيكو فاراد (pf = ١ × ١٠$^{-١٢}$) .

سؤال : ما المقصود بأن مواسعة موصل = ٣٠ نانو فاراد ؟

أي أن المواسع يحتاج الى شحنة مقدارها ٣٠ نانوكولوم لرفع جهده وحدة جهد واحدة .

حساب مواسعة موصل كروي :

$$\text{س} = \frac{\text{ش}}{\text{جـ}} \Leftrightarrow \text{لكن جـ الموصل} = \frac{١}{٤\pi\varepsilon}\frac{\text{ش}}{\text{نق}} \Leftarrow \text{س} = ٤\pi\varepsilon\,\text{نق} \Leftarrow \boxed{\text{س} = \frac{\text{نق}}{٩ \times ١٠^{٩}}}$$

العوامل التي تعتمد عليها سعة مواسع كروي :

١) الابعاد الهندسية للموصل (نصف قطر الموصل).

٢) نوع الوسط (السماحية الكهربائية) .

٣) وجود المواسع الكروي بالقرب من موصلات أخرى (لأن وجود موصلات أخرى ينشأ عنه جهد حثي).

مثـــــــــــال :

موصل كروي قطره ١٨ سم ، احسب ما يلي :

١ – مواسعة الموصل . ٢ – مقدار الشحنة عليه اذا كان جهده ١٥ فولت .

الحل :

١ – $\text{س} = \frac{\text{نق}}{٩ \times ١٠^{٩}} = \frac{٩ \times ١٠^{-٢}}{٩ \times ١٠^{٩}} = ١ \times ١٠^{-١١}$ فاراد . ٢ – ش = س×جـ = ١ × ١٠$^{-١١}$ × ١٥ = ١٥ × ١٠$^{-١١}$ كولوم

المواسع الكهربائي (Electric Capacitor).

هو جهاز تم تطويره ليستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية .

يتكون المواسع من موصلين مشحونين بشحنتين متساويتين مقداراً و مختلفتين نوعاً ، تفصلهما مادة عازلة (الهواء ، البلاستيك أو الورق).

أهمية المواسعات :

تخزين الشحنات الكهربائية مدة من الزمن ، تستخدم في دارات الارسال و الاستقبال في الاذاعة و التلفزيون ، و تستخدم في العديد من الدارات الكهربائية لغايات البحث العلمي و غيرها .

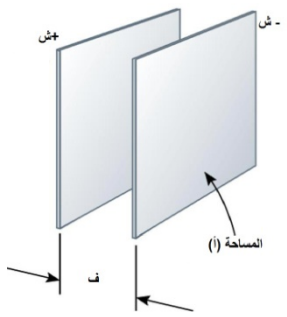
أشكال المواسع :

١ – كروي . ٢ – اسطواني . ٣ – ذو لوحين متوازيين .

ملاحظـــــــــــــــــة :

تبقى قيمة المواسع الكهربائي ثابته حيث أنه اذا ازدادت قيمة الشحنة على المواسع تزداد قيمة فرق الجهد الكهربائي بين الموصلين فتبقى النسبة بينهما ثابتة .

المواسع الكهربائي ذو اللوحين المتوازيين (Parallel – Plate Capacitor).



يتكون هذا المواسع من لوحين متوازيين مساحة كل منهما (أ) أحدهما موجب الشحنة (+ش) و الاخر سالب (- ش) الشحنة ، تفصل بينهما مسافة (ف) ، يكون المجال الكهربائي بينهما منتظماً و يعبر عن مواسعته كما يلي :

$$س = \frac{ش}{جـ} \Leftarrow س = \frac{ش م}{ف}$$

لكن المجال الكهربائي بين اللوحين يساوي ($\frac{\sigma}{\varepsilon}$) و بالتعويض نجد أن :

$$س = \frac{ش \varepsilon}{ف \sigma}$$ ، لكن $\sigma = \frac{ش}{أ}$ و منها نجد أن $$\boxed{س = \frac{\varepsilon أ}{ف}}$$

(سماحية الوسط لغير الهواء > سماحية الوسط للهواء) ($\varepsilon_{\text{لغير الهواء}} > \varepsilon_{\text{(هواء)}}$).

مثـــــــــــــال :

مواسع كهربائي ذو لوحيين متوازين مساحة كل منهما ١×١٠^{-٢} م^{٢} و المسافة بينهما ٠.١ سم ، وصل لوحا المواسع بفرق جهد مقداره ١٢٠ فولت ، جد كلاً مما يلي :

١ – ما هي مواسعة المواسع ؟ ٢ – الشحنة التي يختزنها المواسع ؟ ٣ – مقدار المجال بين لوحي المواسع ؟

الحل :

١ – $س = \frac{\varepsilon أ}{ف} = \frac{٨.٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times ١ \times ١٠^{-٢}}{١ \times ١٠^{-٣}} = ٨.٨٥ \times ١٠^{-١١}$ فاراد .

٢ – $ش = س \times جـ = ٨.٨٥ \times ١٠^{-١١} \times ١٢٠ = ١.٠٦٢ \times ١٠^{-٨}$ كولوم .

٣ – $م = \frac{جـ}{ف} = \frac{١٢٠}{١ \times ١٠^{-٣}} = ١.٢ \times ١٠^{٥}$ فولت / متر .

ســــــــــــــــــؤال :

(علل) تكون المسافة بين اللوحين في المواسع ذو اللوحين المتوازيين صغيرة مقارنة بأبعاد اللوحين ؟

- حتى يمكننا من اهمال انحناءات خطوط المجال الكهربائي عند طرفي المواسع ، و حتى تكون سعة المواسع كبيرة .

سؤال وزارة (٢٠٠٠م) :

فسر المقصود بأن موصل مشحون بشحنة موجبة و جهده سالب ؟

- بسبب وجود موصلات أخرى بجانبه شحنتها سالبة أكبر من شحنته و بالتالي تؤثر عليه بجهد حثي سالب أكبر من جهده المطلق الموجب .

ســــــــــــــــــؤال : (وزاري متكرر)

ما العوامل التي تعتمد عليها مواسعة المواسع ذو اللوحين المتوازيين ؟

- ثابت سماحية الوسط .
- مساحد أحد اللوحين .
- المسافة بين اللوحين .

ســـــــــــــــــــؤال :

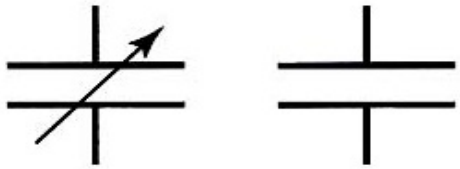
مواسع ذو لوحيين متوازيين مساحة كل منهما(٢٠ سم ٢) و المسافة بينهما(١٧.٧ × ١٠^-٤)م ، وصل طرفاه بمصدر جهد مقداره (٢٠٠ فولت) ، احسب :

١ – المواسعة الكهربائية .
٢ – شحنة المواسع .
٣ – كثافة الشحنة السطحية .

ســـــــــــــــــــؤال :

مواسع ذو لوحين متوازيين يفصل بينهما الفراغ ، و البعد بينهما٨.٩ × ١٠^-٤م ، مساحة كل من لوحيه٨ × ١٠^-٤م ، شحن المواسع حتى أصبح فرق الجهد بين لوحيه(٥٠)فولت ، احسب المواسعة الكهربائية للمواسع ؟

انواع المواسعات حسب السعة :



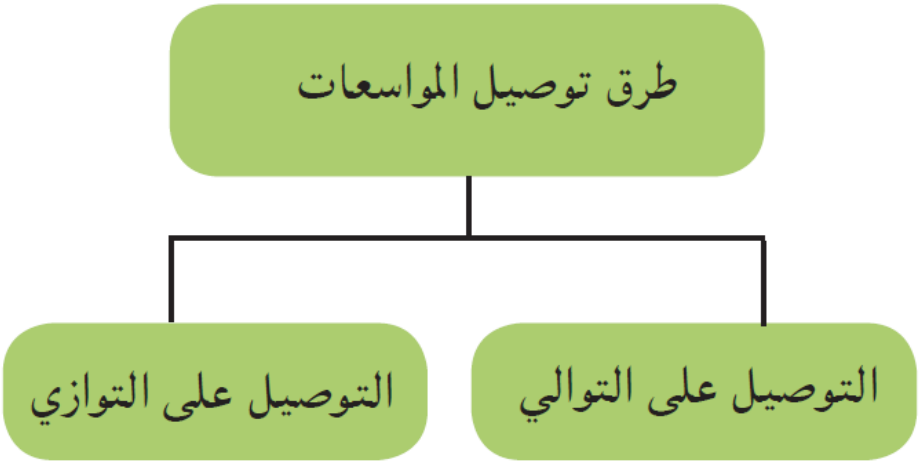
(أ) المواسع الثابت المواسعة (ب) المواسع المتغير ا لمواسعة .

ملاحظـــــــــــة

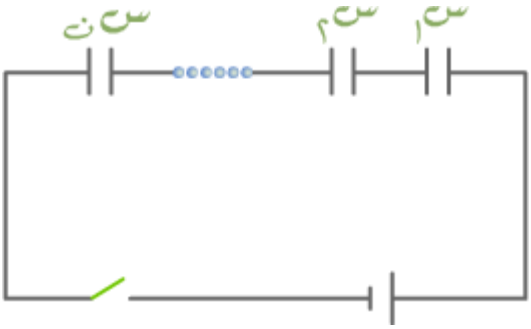
المواسعات بشكل عام هي مقياس لمدى قدرة الموصل على استيعاب الشحنات الكهربائية (تخزينها) و تعتمد على أبعادها الهندسية و السماحية الكهربائية للوسط الفاصل .

توصيل المواسعات (Capacitors Combinations) .

الغرض من توصيل المواسعات هو الحصول على قيم مواسعات غير متوافرة و قادرة على تخزين كمية محددة في الدارة للغايات المذكورة سابقاً .



أولاً : توصيل المواسعات على التوالي (Series Combination).



خصائصها :

١ – تبقى الشحنة ثابتة ، أي أن $ش_١ = ش_٢ = ... = ش_ن$

٢ – الجهد يتوزع بنسبة عكسية ، أي أن : $ج_{كلي} = ج_١ + ج_٢ + ... + ج_ن$

٣ – السعة المكافئة $= \frac{١}{س_م} = \frac{١}{س_١} + \frac{١}{س_٢} + \frac{١}{س_ن}$ (أثبت ذلك).

تكون السعة المكافئة أقل من أقل سعة موجودة .

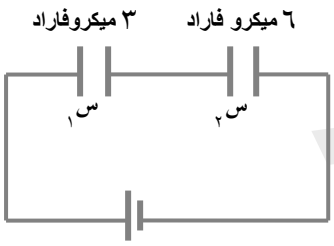
حالة خاصة :

اذا اتصلت مجموعة من المواسعات المتساوية السعة على التوالي ، فان السعة المكافئة يمكن أن تحصل عليها من العلاقة الاتية :

$س_م = \frac{س}{ن}$ ، حيث أن :س: سعة أحداهما ، ن: عدد المواسعات .

- شحنة المواسعات متساوية و كل منها تساوي الشحنة التي انتقلت من البطارية أي أن : $ش_{(أي\ مواسع)} = س_م \times ج_{(كلي)}$

مثـــــــــــال :



٣٠ فولت

في الشكل المجاور أوجد ما يأتي :

١ – المواسعة المكافئة .

٢ – شحنة و جهد كل مواسع .

الحـــــــــــل :

١ – السعة المكافئة $= \frac{١}{س_م} = \frac{١}{س_١} + \frac{١}{س_٢} = \frac{١}{٣} + \frac{١}{٦} = \frac{٣}{٦} \Leftarrow س_م = ٢$ ميكروفاراد.

٢ – بما أن المواسعتان على التوالي فان $ش_١ = ش_٢$

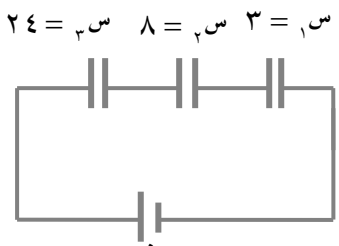
$س = \frac{ش}{ج} \Leftarrow ش = س_م \times ج = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٣٠ = ٦٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

$ش_١ = ش_٢ = ٦٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

$س = \frac{ش}{ج} \Leftarrow ج = \frac{ش}{س} \Leftarrow ج_١ = \frac{٦٠ \times ١٠^{-٦}}{٣ \times ١٠^{-٦}} = ٢٠$ فولت

$ج_٢ = \frac{٦٠ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ١٠^{-٦}} = ١٠$ فولت .

ســــــــــــــؤال :



١٠ فولت

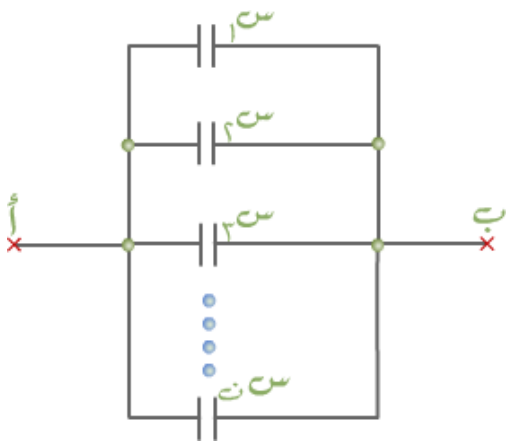
في الشكل المجاور أذا علمت أن المواسعة مقاسة بوحدة الميكروفاراد ، جد ما يلي :

١ – المواسعة المكافئة .

٢ – شحنة و جهد كل مواسع .

الاجابة بالترتيب ($س_م = ٢$ ميكروفاراد ، $ش_١ = ش_٢ = ش_٣ = ٢٠$ ميكركولوم، $ج_١ = ٦.٦$ ، $ج_٢ = ٢.٥$ ، $ج_٣ = ٠.٨٤$ فولت).

ثانياً : توصيل المواسعات على التوازي (Parallel Combination).



خصائصها :

١ – الشحنة تتوزع بنسبة طردية مع السعة حيث أن :

$ش_{كلي} = ش_١ + ش_٢ + ش_٣ + ... + ش_ن$

٢ – الجهد على التوازي ثابت : $جـ_{كلي} = جـ_١ = جـ_٢ = جـ_٣ = ... = جـ_ن$

٣ – السعة المكافئة أكبر من أكبر مواسع ، حيث أن :

$س_م = س_١ + س_٢ + س_٣ + ... + س_ن$ (أثبت ذلك).

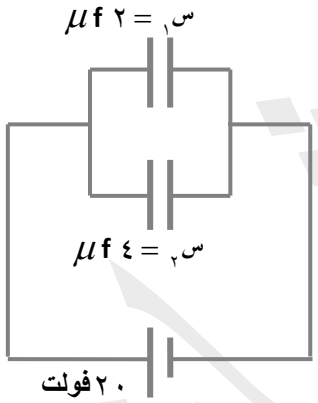
حالة خاصة :

اذا وصلت مجموعة من المواسعات متساوية المقدار على التوازي ، فان السعة المكافئة يمكن الحصول عليها من العلاقة :

$س_م = ن \times س$ ، حيث أن : س: سعة أحداهما ، ن: عدد المواسعات .

جهود المواسعات متساوية ، و يحسب الجهد المشترك (جـ) من العلاقة : $جـ_{مشترك} = \frac{مجموع الشحنات}{مجموع سعات}$

مثـــــــــــال :



في الشكل المجاور أوجد ما يأتي :

١ – المواسعة المكافئة .

٢ – شحنة و جهد كل مواسع .

الحـــــــــــل :

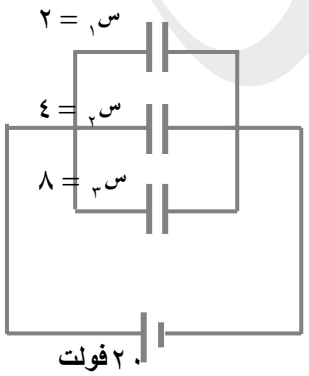
١ – السعة المكافئة = $س_م = س_١ + س_٢ = ٢ + ٤ = ٦$ ميكروفاراد.

٢ – $جـ_١ = جـ_٢ = ٢٠$ فولت .

$س = \frac{ش}{جـ} \Leftarrow ش_١ = س_١ \times جـ = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٢٠ = ٤٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

$ش_٢ = س_٢ \times جـ = ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٢٠ = ٨٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

ســــــــــــــؤال :



في الشكل المجاور أذا علمت أن المواسعة مقاسة بوحدة الميكروفاراد ، جد ما يلي :

١ – المواسعة المكافئة .

٢ – جهد و شحنة كل مواسع .

الاجابة بالترتيب

($س_م = ١٤$ ميكروفاراد ، $جـ_١ = جـ_٢ = جـ_٣ = جـ = ٢٠$ فولت

$ش_١ = ٤٠ \times ١٠^{-٦}$ ، $ش_٢ = ٨٠ \times ١٠^{-٦}$ ، $ش_٣ = ١٦٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم).

سـ ـــــــــــــــــؤال :

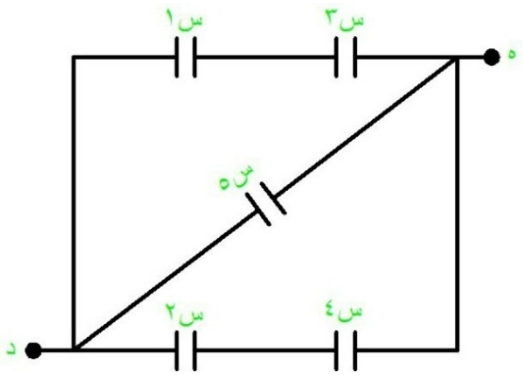
جد قيمة المواسعة المكافئة لكل مجموعة :

١) أحسب المواسعة المكافئة بين النقطتين (هـ ، د) علماً بأن

(س$_{١}$ = ٣،س$_{٣}$ = ٦ ميكروفاراد)،

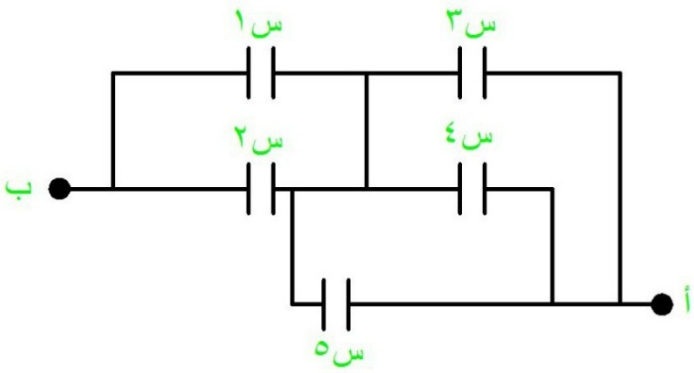
(س$_{٢}$ = س$_{٤}$ = س$_{٥}$ = ٤ ميكروفاراد)

الحل :(س$_{م}$ = ٨ ميكروفاراد)



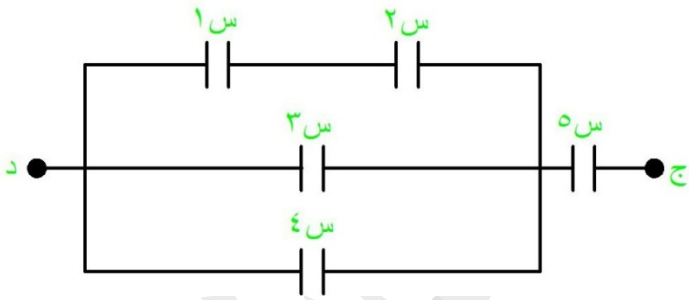
٢) احسب المواسعة المكافئة بين النقطتين (أ ، ب) علماً أنها متساوية و قيمة كل منها (٢) ميكروفاراد .

الحل :(س$_{م}$ = ٢.٤ ميكروفاراد)



٣) احسب المواسعة المكافئة بين النقطتين (ج ،د) علماً بأن جميع المواسعات بالشكل متساوية و تساوي (٢) ميكروفاراد ما عدا س$_{٥}$ = ٢٠ ميكرفاراد .

الحل :(س$_{م}$ = ٤ ميكروفاراد)



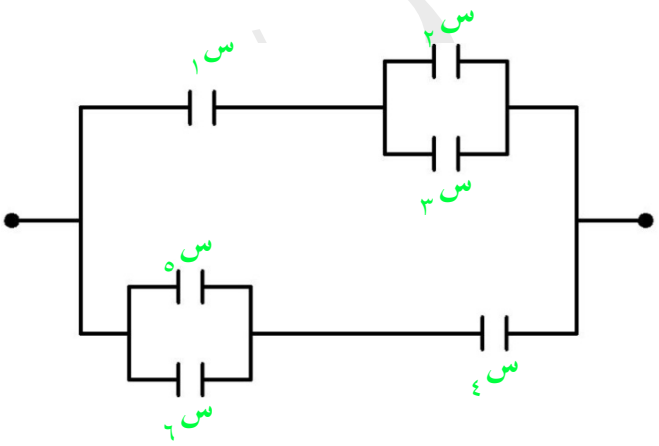
٤) احسب المواسعة المكافئة بين النقطتين (و ، ز) علماً بأن

(س$_{٢}$ = س$_{٣}$ = ٤) ميكروفاراد

(س$_{٤}$ = س$_{٥}$ = س$_{٦}$ = ٣) ميكروفاراد

(س$_{١}$ = ٢٤) ميكروفاراد.

الحل : (س$_{م}$ = ٨ ميكروفاراد) .

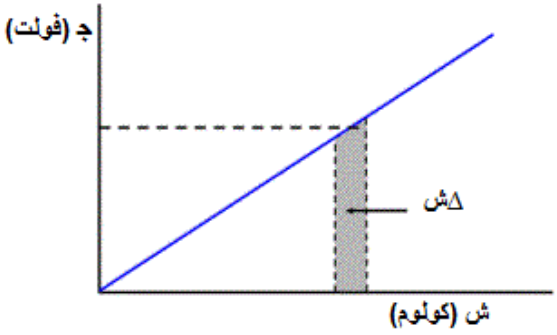


الطاقة المختزنة في المواسع (Energy Stored in a Capacitor).

عندما توصل بطارية مع مواسع (مكثف) فانها تبذل شغلاً في شحن المواسع ، و بالتالي تختزن به طاقة (طاقة وضع كهربائية).
كما أن عملية الشحن تعمل على زيادة جهد المواسع .

$$ش \propto جـ \Leftrightarrow ش = س جـ$$

عند رسم العلاقة بين الشحنة و الجهد نجد أن العلاقة خطية كما في الشكل المجاور



↵ الشغل المبذول في عملية الشحن = المساحة تحت المنحنى .

يمثل ميل الخط المستقيم : $\frac{١}{س}$

الطاقة الكهربائية المختزنة $= \frac{١}{٢} ش جـ = \frac{١}{٢} س جـ^{٢} = \frac{١}{٢} \frac{ش^{٢}}{س}$

مثـــــــــــال :

مواسع مواسعته ٢ ميكروفاراد ، وصل بفرق جهد ٣٠ فولت ، اذا علمت أن المسافة بين لوحيه ١ ملم ، احسب :

١ – الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع .
٢ – الشحنة على المواسع .
٣ – المجال الكهربائي بين لوحيه .

الحـــــــــل :

١ – $ط = \frac{١}{٢} س جـ^{٢} = \frac{١}{٢} \times ٢ \times ١٠^{-٦} \times (٣٠)^{٢} = ٩٠٠ \times ١٠^{-٦}$ جول .

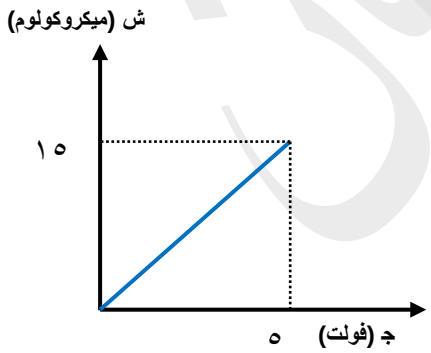
٢ – $ش = س \times جـ = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٣٠ = ٦٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

٣ – $م = \frac{جـ}{ف} = \frac{٣٠}{١ \times ١٠^{-٣}} = ٣ \times ١٠^{٤}$ فولت/م .

مثـــــــــــال :

يمثل الرسم البياني التالي العلاقة بين قيمة الشحنة الكهربائية و فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل ، أوجد ما يلي :

١ – مواسعة المواسع .
٢ – الطاقة المختزنة داخل المواسع .



الحـــــــــل :

نلاحظ أن ميل الخط المستقيم يمثل المواسعة الكهربائية و منه نجد أن :

١ – $س = \frac{(١٥ - ٠) \times ١٠^{-٦}}{(٥ - ٠)} = ٣ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

٢ – $ط = \frac{١}{٢} ش جـ = \frac{١}{٢} \times ١٥ \times ١٠^{-٦} \times ٥ = ٣٧.٥ \times ١٠^{-٦}$ جول .

توصيل المواسعات بوجود بطارية :

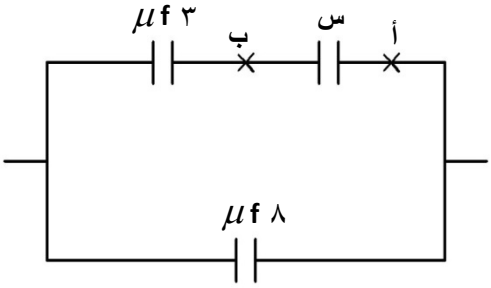
في حالة اغلاق مفتاح بين مواسعين (دون وجود مصدر جهد)
تنتقل الشحنات الكهربائية من منطقة الجهد العالي (المواسع ذو الجهد العالي) الى المواسع ذو الجهد المنخفض حتى يتساوى الجهدين و بالتالي نطبق مبدأ حفظ الشحنة :

$\sum ش_{قبل} = \sum ش_{بعد} \Leftarrow ش_1 + ش_2 = ش'_1 + ش'_2$ و بما أن $ش = س جـ$ و $جـ'_1 = جـ'_2 = جـ'$

$\Leftarrow ش_1 + ش_2 = س_1 \times جـ'_1 + س_2 \times جـ'_2$

$ش_1 + ش_2 = جـ'(س_1 + س_2)$

مثـــــــــــال :



في مجموعة المواسعات التالية اذا كانت الشحنة المختزنة في المواسعة(٨ ميكروفاراد) تساوي(٢٤٠ ميكروكولوم) ، و كان $جـ_{اب} = ١٠$ فولت ، احسب قيمة المواسعة (س) ؟

الحـــــــــل :

نجد فرق الجهد على المواسعة ٨ ميكروفاراد $\Leftarrow جـ = \frac{ش}{س} = \frac{٢٤٠ \times ١٠^{-٦}}{٨ \times ١٠^{-٦}} = ٣٠$ فولت

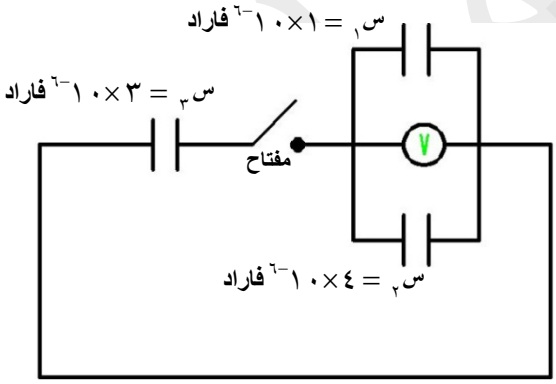
و منه نجد أن الجهد على المواسعة٣ ميكروفاراد $= ٣٠ - ١٠ = ٢٠$ فولت .

الشحنة على المواسعة٣ ميكروفاراد $= س \times جـ = ٣ \times ١٠^{-٦} \times ٢٠ = ٦٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم = الشحنة على المواسعة (س).

$س = \frac{ش}{جـ} = \frac{٦٠ \times ١٠^{-٦}}{١٠} = ٦ \times ١٠^{-٦}$ فاراد.

مثـــــــــــال :

يبين الشكل ثلاث مواسعات : $(س_1 ، س_2)$ مشحونين ، و المواسع $(س_3)$ غير مشحون ، فاذا كانت قراءة الفولتمتر (V) و المفتاح (ع) مفتوح تساوي (٢٠) فولت ، احسب :



١) شحنة المواسع $(س_1)$ قبل غلق المفتاح .

٢) قراءة الفولتمتر (v) بعد غلق المفتاح .

الحـــــــــل :

١) $ش_1 = س_1 \times جـ_1 = (١ \times ١٠^{-٦})(٢٠) = ٢٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

٢) قراءة الفولتمتر تساوي الجهد الكلي بعد غلق المفتاح .

$\sum ش_{قبل\ الاغلاق} = \sum ش_{بعد\ الاغلاق}$

$ش_1 + ش_2 = ش'_1 + ش'_2 + ش'_3$

لكن $ش_1 = س_1 \times جـ_1 = ٢٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم.

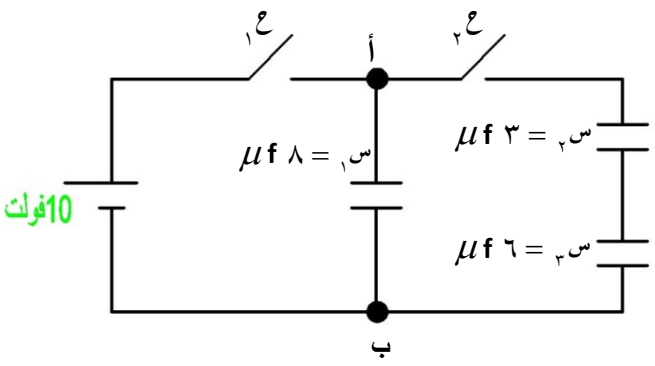
$ش_2 = س_2 \times جـ_2 = ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٢٠ = ٨٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم .

$\Leftarrow ٢٠ \times ١٠^{-٦} + ٨٠ \times ١٠^{-٦} = جـ(س_1 + س_2 + س_3)$

$١٠٠ \times ١٠^{-٦} = جـ(٨ \times ١٠^{-٦}) \Leftarrow جـ = \frac{١٠٠ \times ١٠^{-٦}}{٨ \times ١٠^{-٦}} = ١٢.٥$ فولت .

مثـــــــــــال :

في الشكل المبين ثلاثة مواسعات (س١، س٢، س٣) غير مشحونة ،
بالاعتماد على البيانات الموضحة على الشكل ، أجب عما يأتي :



أولاً: عند غلق المفتاح (ع١) و بقاء (ع٢) مفتوحاً احسب
شحنة المواسع (س١) .

ثانياً: عند فتح المفتاح (ع١) و غلق (ع٢) ، فاحسب:

١) المواسعة المكافئة للمجموعة .

٢) جـ$_{اب}$.

٣) الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع (س٢) .

الحـــــــــــل:

أولاً : (ع١) مغلق، (ع٢) مفتوح

ش١ = س١ × جـ = ٨ × ١٠$^{-٦}$ × ١٠ = ٨٠ × ١٠$^{-٦}$ كولوم .

ثانياً : (ع١) مفتوح، (ع٢) مغلق

١) (س٢، س٣) (توالي) ⟸ $\frac{١}{س} = \frac{١}{س_٢} + \frac{١}{س_٣}$ ⟸ س = $\frac{٣ \times ٦}{٩}$ = ٢ ميكروفاراد.

(س١، س) (توازي) ⟸ س$_م$ = س١ + س ⟸ ٨ + ٢ = ١٠ ميكروفاراد.

٢) جـ$_{اب}$ = $\frac{ش_ك}{س_م}$ = $\frac{٨٠ \times ١٠^{-٦}}{١٠ \times ١٠^{-٦}}$ = ٨ فولت .

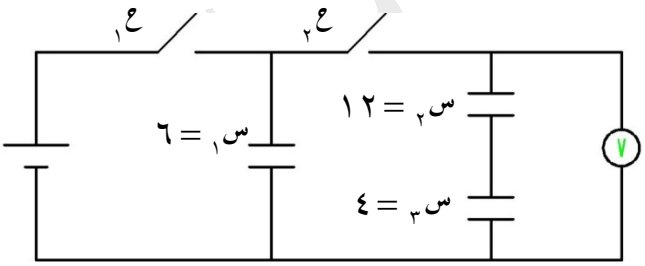
٣) ش$_{(٢،٣)\ توالي}$ = ش٢ = ش٣

ش٢ = جـ$_{اب}$ × س$_{م(٢،٣)}$ ⟸ ش٢ = ٨ × ٢ × ١٠$^{-٦}$ = ١٦ × ١٠$^{-٦}$ كولوم .

ط٢ = $\frac{١}{٢} \frac{ش_٢^٢}{س_٢}$ = $\frac{١٦ \times ١٠^{-٦} \times ١٦ \times ١٠^{-٦}}{٣ \times ١٠^{-٦}} \times \frac{١}{٢}$ = $\left(\frac{١٢٨}{٣}\right) \times ١٠^{-٦}$ ≈ ٤٢.٧ × ١٠$^{-٦}$ جول .

مثـــــــــــال:

مجموعة المواسعات التالية ، تم غلق المفتاح (ع١) لفترة كافية لشحن المواسع س١ (٦) ميكروفاراد و اصبحت الشحنة علية (١٨٠)
ميكروكولوم ، بعد فتح (ع١) و اغلاق (ع٢) ، اوجد ما يلي :



١) قراءة الفولتمتر .

٢) شحنة المواسع (١٢ ميكروفاراد).

الحـــــــــــل :

١) ستتوزع الشحن بعد غلق (ع٢) على المواسعة المكافئة و منها

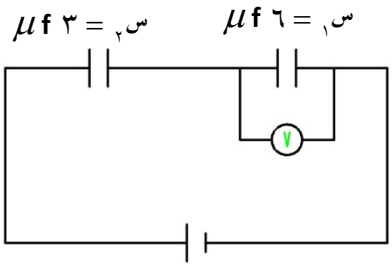
نجد أن : جـ = $\frac{ش_ك}{ش_م}$ = $\frac{١٨٠ \times ١٠^{-٦}}{٩ \times ١٠^{-٦}}$ = ٢٠ فولت (قراءة الفولتمتر).

٢) ش = جـ × س$_{(٢،٣)}$ = ٢٠ × ٣ × ١٠$^{-٦}$ = ٦٠ × ١٠$^{-٦}$ كولوم .

أسئلة عامة عن المواسعات :

الســــــؤال الاول :

وصلت مجموعة المواسعات التالية كما في الشكل المجاور ، اذا كانت قراءة الفولتمتر تساوي (١٠ فولت) ، أوجد ما يلي :



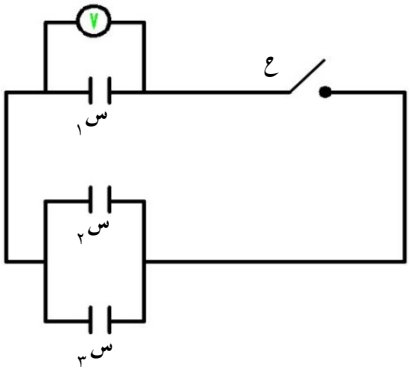
١) جهد المصدر .

٢) الطاقة المختزنة في مجموعة المواسعات .

الاجابة بالترتيب (جهد المصدر = ٣٠ فولت ، ط = ٩ × ١٠^-٤ جول).

الســــــؤال الثاني :

بالاعتماد على الشكل المجاور ، اذا كانت قراءة الفولتمتر و المفتاح مفتوح تساوي ٢ فولت ، و المواسعات (س١ ، س٢ ، س٣) تساوي (٤ ، ١ ، ٥) ميكروفاراد على الترتيب ، اذا كان (س٢ ، س٣) غير مشحونين ، احسب :



١) قراءة الفولتمتر بعد اغلاق المفتاح .

٢) الطاقة المختزنة في المواسع (س١) .

٣) التغير في شحنة المواسع (س١) .

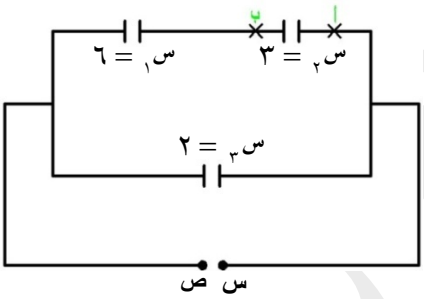
٤) التغير في طاقة المواسع (س١) .

الاجابة بالترتيب (جـ بعد = ٨ فولت ، ط = ١٦٠ × ١٠^-٦ جول ،

Δش = -٤٨ × ١٠^-٦ كولوم ، Δط = -٦٧٢ × ١٠^-٦ جول)

الســــــؤال الثالث :

اعتماداً على الشكل المرسوم جانباً و المعلومات المثبته عليه ، اذا كان جـ أب = ٤٠ فولت ، احسب ما يلي :



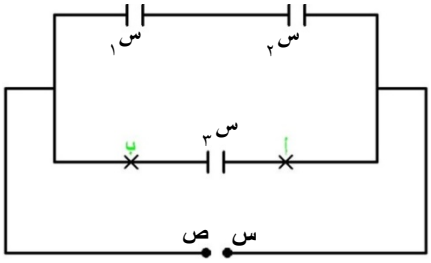
١) المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات .

٢) جهد المصدر (فرق الجهد بين النقطتين س ، ص).

الاجابة بالترتيب (س م = ٤ ، جـ س ص = ٦٠ فولت).

الســــــؤال الرابع :

وصلت ثلاث مواسعات (س١ ، س٢ ، س٣) مواسعاتها (٢ ، ٦ ، ٣) ميكروفاراد على الترتيب ، كما بالشكل و وصلت مع مصدر كهربائي (س ، ص) ، كان فرق الجهد بين لوحي (س٣) يساوي ٦٠ فولت ، احسب :



١) المواسعة المكافئة للمواسعات الثلاث .

٢) الشحنة على كل مواسع .

٣) فرق الجهد بين طرفي كل من المواسعين (س١ ، س٢) .

٤) الطاقة المختزنة في المواسع (س١) .

الاجابة بالترتيب (س م = ٤ ميكروفاراد ، ش١ = ش٢ = ٢٤٠ ميكروكولوم ، ش٣ = ١٨٠ ميكروكولوم ، (جـ١ = ٢٠ ، جـ٢ = ٤٠)

فولت ، ط = ٤.٨ × ١٠^-٣ جول)