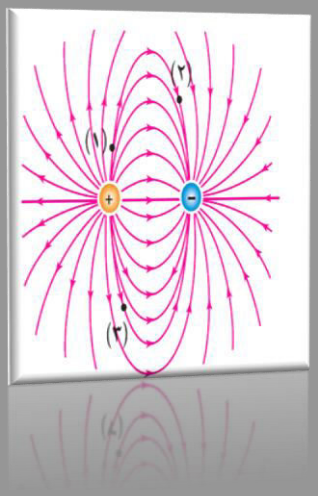
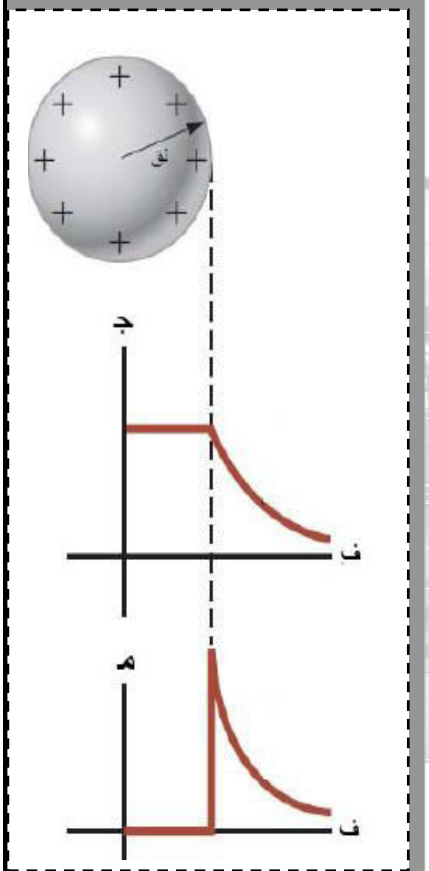




المثالي

في الفيزياء

الكهرباء السكونية

2016

يحتوي هذا الملف على تلخيص شامل لمادة الكهرباء السكونية بما في ذلك جميع أسئلة الكتاب واسئله سنوات سابقة بالإضافة إلى بعض الأسئلة الهدف منها اختبر نفسك.

إعداد الأستاذ : صالح البشيش

0772188635

تم التحميل من الأوائل

يطلب من مكتبة الصقر-مادبا –بجانب حلويات أبو جابر

الشحنة الكهربائية

مقدمة

الكهرباء : هي شكل من أشكال الطاقة وتقسم الى نوعين :

1- الكهرباء المتحركة: هي الكهرباء الناتجة من حركة الشحنات الكهربائية داخل المواد الموصلة.
2- الكهرباء السكونية : وهي الكهرباء الناتجة من الأجسام بحيث تتولد شحنات وتبقى ساكنة .

س: ما هو دور العلماء في دراسة الشحنات الكهربائية ؟

- **عرف في القرن السادس قبل الميلاد منذ زمن طاليس (Thales) أن دلك الحجر العنبر "الكهرمان" بالفراء يجعله قادرا على جذب أجزاء القش الصغيرة.**
- **اعتقد وليم غلبرت (Willim Gilbert) أن الدلك يجعل بعض المواد مثل العنبر تمتلئ بالكهرباء كما يملأ المائع الكوب ومن هنا ورد التعبير "شحنة charge " للمرة الأولى.**
- **في القرن السابع عشر لوحظ أن بعض الأجسام المشحونة تتجاذب وبعضها يتنافر,فاقترح شارل دو فاي(Charles Du Fay) تفسيرا لذلك وجود نوعين من الكهرباء.**
- **سماهما العالم بنيامين فرانكلين نوعي الكهرباء "موجب Positive" و "سالب Negative"**
- **بعد ذلك أكتشف الألكترون على يد جوزيف طومسون "Joseph Thomson" وتمكن روبرت مليكان"Robert Millikan" من قياس شحنته بعد اجراء تجربة قطرة الزيت.**

❖ **نستنتج أن الشحنة هي احدى خصائص المادة شأنها شان الكتلة**

س: علل سميت شحنة الألكترون بـ "الشحنة الأساسية"؟

✓ **لأنها أصغر شحنة حرة موجودة بالطبيعة .**

يرمز لشحنة الألكترون بالرمز "ش e"وهو مقدار ثابت يساوي $1.6 X 10^{-19}$ كولوم .

الكولوم : هو الوحدة التي تقاس بها الشحنة في النظام العالمي للوحدات (SI).

ولأن وحدة الكولوم كبيرة جدا تقاس الشحنة بأجزائها:

ملي= 10^{-3} كولوم ميكرو=10^{-6} كولوم نانو=10^{-9}كولوم بيكو=10^{-12}كولوم

س: وضح المقصود بقولنا أن الشحنة مكممة "تكميم الشحنة"؟

✓ **تعني أن أي جسم مشحون يجب أن تكون شحنته عددا صحيحا من مضاعفات شحنة الألكترون أو البروتون .**

saleh Al-bshish

لا يوجد شحنة جسم حر في الطبيعة عدد غير صحيح مثل :1/2 أو 1/4 أو 3/4 ...لماذا؟ لأن الشحنة مكممة ويجب أن تساوي عدد صحيح وفقا لمبدأ تكميم الشحنة.

ويعبر عن مبدأ تكميم الشحنة رياضيا من خلال العلاقة الآتية:

ش$_{جسم}$ = ن ش e .....(1)

حيث ش$_{جسم}$ =شحنة الجسم , ن= عدد صحيح (عدد الالكترونات المفقودة أو المكتسبة), شe= شحنة الألكترون (ثابت).

- **الجسم الذي يفقد الكترونات تصبح شحنته موجبة والجسم الذي يكسب الكترونات تصبح شحنته سالبه...لماذا ؟ لانه في حال كانت شحنته موجبة يكون عدد البروتونات أكبر من الألكترونات والعكس الصحيح**

مثال (1): أ- جسم متعادل فقد 1000 الكترون كم تصبح شحنته ؟وما نوعها؟

ب-جسم كسب 1000 الكترون ما شحنته؟وما نوعها ؟

الحل:

الأشارة لا تعوض خلال عملية الحل وانما تكتب في نهاية الحل موجبة او سالبة حسب فقدانه للألكترونات أو اكتسابها

أ- ش$_{جسم}$ = ن ش e ==> ش$_{جسم}$= 10^{-19} X1.6X1000

==> ش$_{جسم}$= 10^{-16} X1.6كولوم وهي موجبة لانه فقد

ب- ش$_{جسم}$ = ن ش e ==>ش$_{جسم}$= 10^{-19} X1.6X1000

==> ش$_{جسم}$= 10^{-16} X1.6كولوم وهي سالبة لأنه كسب

مثال(2): أي من الشحنات ألأتية (3X 10^{-19} , 6.4X 10^{-19} , 6.4X 10^{-20})كولوم يمكن لجسم أن يحملها ؟علل اجابتك .

الحل :

ش$_{جسم}$ = ن ش e ==> ن= 3X 10^{-19} / 1.6X 10^{-19}

==> 1.875الكترون. لا يمكن حمل هذا الجسم لان ن عدد غير صحيح وفقا لمبدا تكميم الشحنة.

ش$_{جسم}$ = ن ش e ==> ن= 6.4X 10^{-19} / 1.6X 10^{-19}=4 الكترون . يمكن حمل هذا الجسم لان ن عدد صحيح وفقا لمبدا تكميم الشحنة.

ش$_{جسم}$ = ن ش e ==> ن= 6.4X 10^{-20} / 1.6X 10^{-19}=0.4 الكترون . لا يمكن حمل هذا الجسم لان ن عدد غيرصحيح وفقا لمبدا تكميم الشحنة.

saleh AL-bshish

مثال(3) اذا كانت شحنة أيون سالبة وتساوي (3.2×10^{-19})كولوم أجب عما يلي :

1-هل أكتسبت االذرة الألكترون أم فقدتها حتى تحولت الى أيون وضح ذلك؟

2- احسب عدد الألكترونات المتنقلة ؟

الحل :

1- الأيون اكتسب لان شحنته سالبة

2- ن= 3.2×10^{-19} / 1.6×10^{-19} =2الكترون

طرق شحن الاجسام:

1- الشحن بالدلك(التكهرب): يتم ذلك عن طريق دلك جسمين متعادلين متماثلين من مادتين مختلفتين فتنتقل الالكترونات من من احداهما الى الاخرى مثل المطاط بالصوف حيث يصبح المطاط سالبا للشحنة ويصبح الصوف موجبا للشحنة.

- **التكهرب(الشحن): هي العملية التي يتم شحن بها جسم بشحنة كهربائية أما بالدلك أو الحث أو التوصيل نتيجة انتقال الالكترونات من جسم لآخر**
- **الجهاز المستخدم لشحن الاجسام جهاز فان دي غراف**

تعوض اشارة الشحنة في القانون

2- الشحن بالتوصيل (التلامس): اذا تلامس جسمان موصلان أحدهما مشحون والأخرغير مشحون متماثلين فأنهما يتناصفان الشحنة فتنتقل الألكترونات من الجسم الاول الى الجسم الثاني .

س: اذكر نص قانون حفظ الشحنة ؟

- **" في نظام معزول عن تأثير الشحنات الأخرى , يكون المجموع الكلي للشحنة ثابتا خلال عملية الشحن أي أن الشحنة محفوظة "**

ورياضيا بالرموز أي أن :

$$\text{ش}_{\text{قبل}} = \text{ش}_{\text{بعد}}$$

$$\text{ش} = (\text{ش}_1 + \text{ش}_2) / 2$$

مثال(1): موصلان كرويان متماثلان الاول مشحون بشحنة مقدارها (8×10^{-3})كولوم والأخر متعادل اذا تم توصيلها بسلك رفيع احسب شحنة كل منهما بعد التلامس؟

Salah AL-bshish

الحل:

ش$_1$=8 x 10^{-3} كولوم

ش$_2$=صفر

+ ±

$$ش = (ش_1 + ش_2) / 2$$

$$ش = (8 \times 10^{-3} + صفر) / 2$$

شَ$_1$=4 x 10^{-3} كولوم

شَ$_2$=4 x 10^{-3} كولوم

+ +

$$ش = 4 \times 10^{-3} \text{ كولوم} = ش_1 = ش_2 \text{ بعد التلامس}$$

مثال(2) كرتان فلزيتان متماثلتان ومشحونتان بشحنتين مختلفات الاولى (40 x 10^{-8})كولوم والشحنة الاخرى(-8 x 10^{-7}) كولوم احسب شحنة كل منهما بعد توصيلهما بسلك رفيع؟

هام جدا: يجب أن تكون الأسس موحدة كما في المثال (2)

الحل:

$$ش = (4 \times 10^{-7} + (-8 \times 10^{-7})) / 2$$

$$ش = -2 \times 10^{-7} \text{ كولوم} = ش_1 = ش_2 \text{ بعد التلامس}$$

مثال(3): أوجد شحنة كل جسم بعد التلامس علما بأنهما متماثلان؟

1)

2)

الحل:

قبل

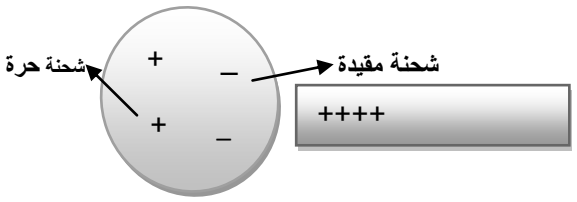
قبل

3- الشحن بالحث: يتم ذلك عن طريق تقريب موصل مشحون من موصل آخر متعادل(غير مشحون) فيشحن الجسم المتعادل بالحث بحيث :

- **الشحنة القريبة من المؤثرتسمى شحنة مقيدة (تلزمنا)**
- **الشحنة البعيدة من المؤثر تسمى شحنة حرة (لا تلزمنا نفرغها بالأرض)**

مثل: موصل مشحون

شكل (1) موصل متعادل



موصلين مشحونات شكل (2)

Saleh AL-bshish

س: علل ما يلي:

1- تكون الذرة في الوضع الطبيعي متعادلة كهربائيا ؟

- ✓ **لأنها تحوي عدد متساويا من الشحنات السالبة (الألكترونات) والشحنات الموجبة (البروتونات).**

2-لا يمكن شحن جسم عازل (كرة بلاستيكية) بالحث؟

- ✓ **لأن المادة العازلة لا تسمح بحركة الشحنات الكهربائية عليها.**

3-عند دلك الصوف بالمطاط , يصبح الصوف موجبا للشحنة والمطاط سالبا؟

- ✓ **لأن قوة ارتباط الكترونات الصوف ضعيف جدا ,لذا يسهل فقدان الالكترونات فيصبح الصوف موجبا وبما أن الشحنة محفوظة فأن المطاط يكتسب هذه الشحنة ويصبح سالبا .**

4- عند دلك الزجاج بالحرير , يصبح الزجاج موجبا والحرير سالبا؟

- ✓ **لأن قوة ارتباط الكترونات الزجاج ضعيف جدا ,لذا يسهل فقدان الالكترونات فيصبح الزجاج موجبا وبما أن الشحنة محفوظة فأن الحرير يكتسب هذه الشحنة ويصبح سالبا .**

❖ **تصنف المواد من حيث سهولة توصيلها للشحنات الى :**

1- مواد موصلة: مواد تسمح للشحنات بالمرور من خلالها بسهولة مثل : الفلزات , المحاليل المائية.

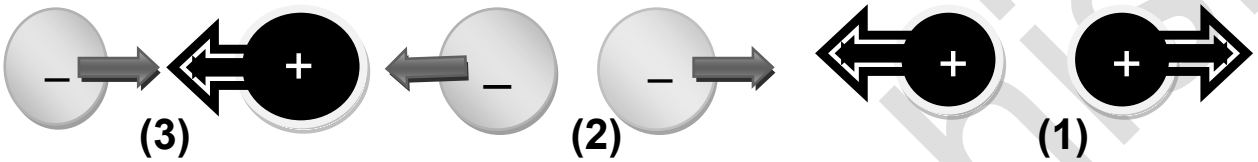
2- المواد العازلة : هي المواد التي لا تسمح للشحنات بالمرور من خلالها بسهولة مثل: الخشب والمطاط.

3- المواد شبه الموصلة : هي المواد التي تكون موصلة تحت ظروف معينة مثل السليكون والجرمانيوم.

salem ALbshish

قانون كولوم

❖ **يستخدم قانون كولوم لحساب القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين تفصل بينهما مسافة (ف). وتنشأ هذه القوة بفعل الشحنات حيث أن الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب بقوة كهربائية كما يوضح الشكل**



س: على ماذا ينص قانون كولوم (قانون التربيع العكسي) ؟

✓ **"القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين ش$_1$,ش$_2$ تفصل بينهما مسافة (ف) تتناسب طرديا مع مقدار كل من الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما "**

ويعبر عنه رياضيا من خلال :

$$ق = 9 \times 10^{9} \frac{ش_1 ش_2}{ف^2} \quad \text{.....(2)}$$

حيث ق: القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين ووحدة قياسها نيوتن (كمية متجهة).

ش$_1$,ش$_2$: مقدار كل من الشحنتين ووحدة قياسهما كولوم .

ف: المسافة بين شحنتين ووحدة قياسها (م).

ثابت : يساوي $9X10^{9}$ نيوتن.م^2/كولوم^2 ويعبر عنه من خلال ($\frac{1}{4\pi \in .}$)

حيث $\in$. = السماحية الكهربائية $8.85\ X10^{-12}$ كولوم^2/نيوتن.م^2

وتعتمد قيمة الثابت على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات ووحدة قياس القوة والشحنة والمسافة .

س: لماذا يستخدم جهاز ميزان اللي؟

✓ **يستخدم لتحديد العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين.**

salen Al bshish

س: ما الشرط الواجب توافره في الشحنات الكهربائية لاستخدام قانون كولوم ؟

- ✓ **يجب أن تكون الشحنات نقطية أو اجسام كروية على اعتبار ان شحنتها مجمعه حول المركز.**

س:عرف كل من :

- **الشحنة النقطية : هي الشحنة التي تكون أبعادها صغيرة جدا مهملة الأبعاد.**
- **القوة المتبادلة : هي أن كل من الشحنتين توثر على الاخرى بنفس مقدار القوة ولكن باتجاه معاكس بسبب وقوع كل من الشحنتين في مجال الاخرى.**

س: لماذا تكون القوة الكهربائية بين الشحنات متبادلة أو ماذا يعني ؟

- ✓ **لأن حسب قانون نيوتن الثالث فأن هاتين القوتين متساويات مقدارا ومتعاكستان اتجاها.**

س: وضح العلاقة بين قانون كولوم وقانون نيوتن الثالث؟

- ✓ **ان القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين هي قوة متبادلة "قوة فعل وقوة رد فعل $ق_{12} = - ق_{21}$ ".**

س:ما هي العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية ؟

- ✓ **سماحية الوسط الكهربائية .....علاقة عكسية**
- ✓ **مقدار كل من الشحنتين .....علاقة طردية**
- ✓ **مربع المسافة الفاصلة بين الشحنتين .....علاقة عكسية**

س : فسر ما يلي :

- **عند حساب القوة المتبادلة بين الجسيمات الذرية المشحونة يكتفي بالقوة الكهربائية وتهمل قوة الجذب الكتلي؟**
  - ✓ **لان القوة الكهربائية أكبر بحوالي (10^{39}) مرة من قوة الجذب الكتلي بين البروتون والالكترون.**
- **يعرف قانون كولوم بقانون "التربيع العكسي" ؟**
  - ✓ **لان القوة الكهربائية حسب قانون كولوم تتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة.**

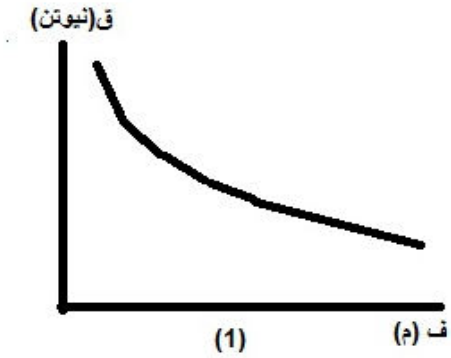
ملاحظات هامة جدا:

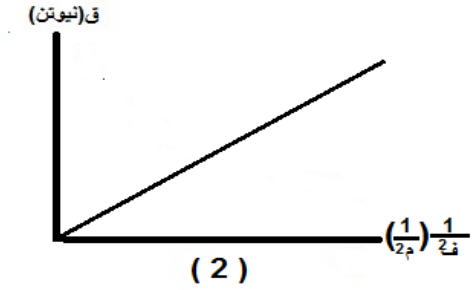
- ❖ **القوة الكهربائية كمية متجهة يكون اتجاها دائما على امتداد الخط الواصل بين شحنتين.**
- ❖ **لا تعوض الاشارة السالبة للشحنة في قانون كولوم لان القوة كمية متجهة والاشارة لتحديد نوعها واتجاها.**

Saleh AL-bshish

❖ **نقتصر في دراستنا على الشحنات الموضوعة في الهواء($\epsilon_.$ السماحية في الهواء) حيث دائما $\epsilon > \epsilon_.$ وهي أقل سماحية في الطبيعة.**

ومن خلال تمثيل القوة المتبادلة(ق) بين شحنتين مع المسافة(ف)التي تفصل بينهما بيانيا كما في الشكل (1) وتمثيل القوة (ق)مع مربع المسافة طرديا (1/ ف^2)



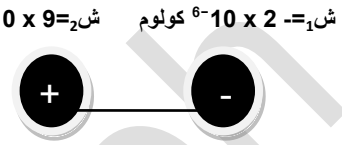


امثلة متنوعة على قانون كولوم:

مثال(1) شحنتان نقطيتان يفصل بينهما في الهواء بمسافة 9سم بالأعتماد على الشكل المجاور احسب ما يلي :

1-مقدار القوة المؤثرة على الشحنة الاولى؟ واتجاها.

2-مقدار القوة المؤثرة على الشحنة الثانية؟ واتجاها.



الحل :

1- نستخدم قانون كولوم

$$ق = \frac{9 \times 10^{9} \quad ش_1 ش_2}{ف^2}$$

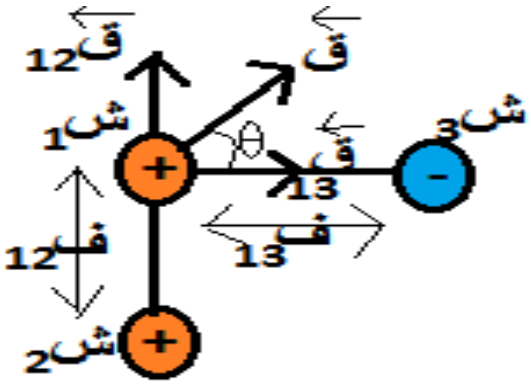
$$ق_{12} = \frac{9 \times 10^{9} \times 2 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-6}}{(9 \times 10^{-2})^{2}}$$

= 20نيوتن تجاذب نحو س-

$$ق_{21} = \frac{9 \times 10^{9} \times 2 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-6}}{(9 \times 10^{-2})^{2}}$$

= 20نيوتن تجاذب نحو س+

مثال(2) من خلال الشكل يوضح وجود كرة صغيرة شحنتها ش=6ميكروكولوم موجودة بالقرب من كرتين صغيرتين مشحونتين , احداهما على بعد 3سم نحو الصادات السالب وشحنتها ش=1.5ميكروكولوم والأخرى على بعد 4سم باتجاه السينات الموجب وشحنتها ش=-3 ميكروكولوم , جد القوة المحصلة المؤثرةفي الكرة ذات الشحنة 6ميكروكولوم.



الحل :

$$ق_{12} = \frac{9 \times 10^{9} \times ش_1 ش_2}{ف^2}$$

$$ق_{12} = \frac{9 \times 10^{9} \times 6 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^{2}}$$

= 90نيوتن نحو ص+

$$ق_{13} = \frac{9 \times 10^{9} \times 6 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{(4 \times 10^{-2})^{2}}$$

= 101نيوتن نحو س+

أما القوة المؤثرة في الشحنة ش$_1$, فهي $\overleftarrow{ق} = \overleftarrow{ق_{12}} + \overleftarrow{ق_{13}}$ حيث مقدارها

$$ق = \sqrt{(ق_{12})^{2} + (ق_{13})^{2}} \qquad ق = \sqrt{(90)^{2} + (101)^{2}}$$

= 135.3نيوتن

اما اتجاها: $\theta = ظا^{-1}(ق_{12} / ق_{13}) = ظا^{-1}(90 / 101) = 41.7°$ مع محور السينات الموجب.

مثال(3):تفصل بين البروتون والألكترون في ذرة الهيدروجين مسافة 5.3×10^{-11} م في المتوسط , اذا علمت أن كتلة البروتون تبلغ 1.67×10^{-27} كغ وكتلة الألكترون 9.11×10^{-31} كغ , فجد :

1-القوة الكهربائية التي يؤثر بها كل منهما في الآخر.

2- قوة الجذب الكتلي بين الجسيمين.

علما للمساعدة أن قوة الجذب الكتلي بين جسيمين تعطى بالعلاقة :

$$ق = ج \frac{ك_1 ك_2}{ف^2}$$

حيث ج: ثابت الجذب العام ويساوي 6.7×10^{-11} نيوتن.م^2/كغ^2 , ك$_1$ ك$_2$: كتلة الجسيمين , ف: المسافة الفاصلة بينهما .

الحل:

1-

$$ق = 9 \times 10^{9} \frac{ش_1 ش_2}{ف^2}$$

Sale Al-bshish

$$ق_{كهربائية} = \frac{9 \times 10^{9} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(5.3 \times 10^{-11})^{2}}$$

$$= 8.2 \times 10^{-8}$$ نيوتن(قوة تجاذب)

$$ق_{الجذب الكتلي} = \frac{6.7 \times 10^{-11} \times 9.11 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^{2}}$$

$$= 3.6 \times 10^{-47}$$ نيوتن

نستنتج أن القوة الكهربائية أكبر بكثير (10^{39}) مرة من قوة الجذب الكتلي بين البروتون والإلكترون لذا نكتفي بالقوة الكهربائية ونهمل قوة الجذب الكتلي عند حساب القوى المتبادلة بين الجسيمات الذرية المشحونة كالبروتون والإلكترون.

مثال(4): شحنتان موجبتان نقطيتان أحداهما ضعف الأخرى والبعد بينهما 3م احسب مقدار كل منهما إذا علمت إن القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين تساوي80 نيوتن .

الحل :

لنفترض أن $ش_1 = 2 ش_2$ أو العكس ثم نطبق قانون كولوم

$$ق = 9 \times 10^{9} \frac{ش_1 ش_2}{ف^2}$$

$$80 = 9 \times 10^{9} \frac{2 ش_2 ش_2}{9}$$

$$9 \times 80 = 9 \times 10^{9} \times 2 ش_2^2$$

$$ش_2 = 2 \times 10^{-4}$$ كولوم ومنها $ش_1 = 2 \times 2 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-4}$ كولوم ≠

saleh AL-bshish

مثال(5):قربت ساق مشحونة من كرتين صغيرتين فلزيتين متلامستين غير مشحونتين فشحنتا بالحث ثم فصلت الكرتان عن بعضهما بواسطة عازل حتى أصبحت المسافة بينهما 3م ثم أبعدت الساق المشحونة نهائيا فوجد أن الكرتين تتجاذبان بقوة مقدارها 9×10^{-5} نيوتن احسب عدد الالكترونات التي انتقلت من إحدى الكرتين إلى الأخرى أثناء الشحن بالحث.

الحل :

نلاحظ أنه قام بتقديم معلومات عن قانون كولوم وطلب عدد الالكترونات المفقودة (ن):

نطبق قانون كولوم

$$9 \times 10^{-5} = 9 \times 10^{9} \text{ ش}^2 / 9 \Longrightarrow \text{ش}^2 = 9 \times 10^{-14} \text{ كولوم}^2$$

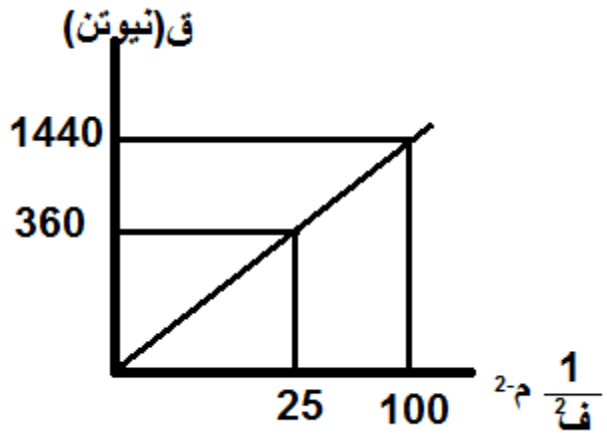
ش= ش_1= ش_2= 3×10^{-7} كولوم ...لماذا؟

لان ن مفقودة ش_1 =ن مكتسبة ش_2

$$\text{ش} = \text{ن ش}_e \Longrightarrow \text{ن} = 3 \times 10^{-7} / 1.6 \times 10^{-19} =$$

$$1.875 \times 10^{12} \text{ الكترون} \neq$$

مثال(6) يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين موجبتين ومقلوب المسافة بينهما فأذا علمت أن الشحنتين متساويتين في المقدار , مستعينا بالشكل أوجد مقدار كل من الشحنتين ؟



الحل:

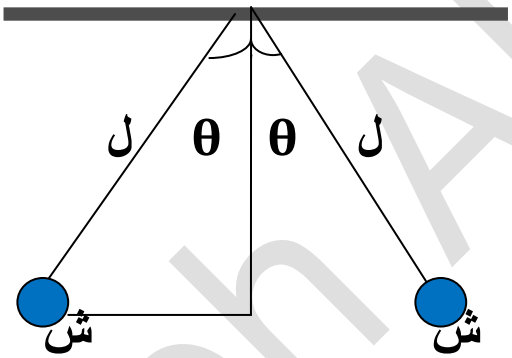
$$ق = \frac{9\ 10\ X9 \quad ش_1 ش_2}{ف^2}$$

$$25\ x^2 ش \quad x\ ^9 10\ x\ 9 = 360$$

$$ش^2 = ^{-8} 10\ x\ 0.16 = ^{-10} 10\ x\ 16 = كولوم^2.$$

$$ومنها\ ش_1 = ش_2 = ^{-5} 10\ x4 = كولوم \neq$$

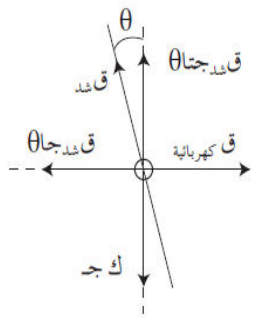
مثال(7)كرتان صغيرتان لهما الكتلة نفسها ومشحونتان بشحنتين متساويتين ,ومعلقتان بواسطة خيطين خفيفين في وضع اتزان مستعينا بالشكل الذي امامك إذا كانت كتلة كل منهما 30غ وطول كل من الخيطين ل=15سم والزاوية θ=5° , فجد الشحنة ش على كل من الكرتين



الحل :

بما أن كل من الكرتين في وضع اتزان , لذا فأن القوة المحصلة المؤثرة في كل منهما تساوي صفرا كما هو مبين في الشكل المجاور ومن تحليل القوى بالاتجاهين السيني والصادات نجد أن :

Saleh AL-Bshish



ق$_{شد}$ جتا θ = ك جـ ..... (١)، حيث ق$_{شد}$: قوة الشد في الخيط

ق$_{كهربائية}$ = ق$_{شد}$ جا θ ..... (٢)، حيث ق$_{كهربائية}$: القوة الكهربائية بين الشحنتين

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

وبالتعويض عن ق$_{شد}$ من المعادلة (١) في المعادلة (٢)، نجد أن:

ق$_{كهربائية}$ = ك جـ ظا θ $= \frac{ش^2}{ف^2} \times ٩ \times ١٠^{٩} \Leftarrow$

$ش = \sqrt{\frac{ك\ جـ\ ف^2\ ظا\ \theta}{٩ \times ١٠^{٩}}}$ ، حيث: ف = ٢ (ل جا θ)= ٠,٠٢٦ م ، ومنها نجد: ش = ٤,٤ × ١٠$^{-٨}$ كولوم.

مثال(7) كرتان فلزيتان متماثلتان مشحونتان معزولتان شحنة أحداهما 3ميكروكولوم وشحنة الأخرى 7ميكروكولوم فأذا جعلناهما تتلامسان ثم أبعدناهما بحيث أصبحت المسافة بينهما 10سم ويفصل بينهما الفراغ احسب مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتين بعد التوصيل .

الحل :

$\sum$ش (قبلَ التوصيل) = $\sum$ش (بعد التوصيل)

تذكر:

$ش' = ش'_1 = ش'_2$

$ش_1 + ش_2 = 10^{-6} \times 7 + 10^{-6} \times 3$ = $ش'_1 + ش'_2$

$ش'_2 = 10^{-6} \times 10$

$ش'_1 = ش'_2 = ش' = 5 \times 10^{-6}$ كولوم

ثم نطبق قانون كولوم لحساب القوة المتبادلة بين الشحنتين

$$ق = 9 \times 10^{9} \frac{ش_1 ش_2}{ف^2}$$

$$\text{ق} = \frac{9\times10\times5\times10^{-6}\times5\times10^{-6}\times9\times10}{(10\times10^{-2})^{2}} = 22.5\text{نيوتن}$$

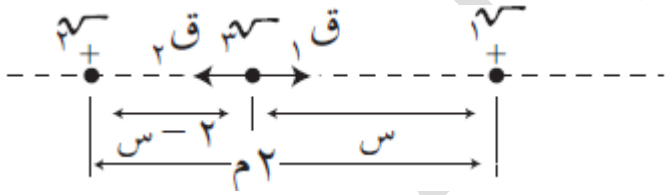
اختبر نفسك

كرتان صغيرتان مشحونتان مجموع شحنتيهما 5 ميكروكولوم والمسافة بين مركبيهما 1م , اذا كانت القوة المتبادلة بينهما 5.4×10^{-2} نيوتن اوجد مقدار كل من الشحنتين؟

الإجابة : $\text{ش}_1 = 2\times10^{-6}$ كولوم أو 3×10^{-6} كولوم

اختبر نفسك

شحنتان نقطيتان ش_1وش_2 تقعان على استقامة واحدة , والمسافة بينهما ف=2م ,إذا علمت أن ش_1=15ميكروكولوم , ش_2=6ميكروكولوم , فأين يجب وضع شحنة ثالثة ش_3 على امتداد الخط الواصل بين الشحنتين , بحيث تكون المحصلة عليها تساوي صفرا .



الإجابة: س=1.225م

اختبر نفسك

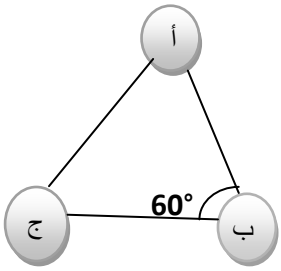
شحنتان نقطيتان المسافة بينهما ف والقوة المتبادلة بينهما في الفراغ 100نيوتن ما مقدار القوة المتبادلة بينهما إذا :

1- تضاعفت المسافة بينهما . الاجابة : ق=25نيوتن
2- تضاعفت كل من الشحنتين والمسافة بين الشحنتين .الاجابة ق=100نيوتن
3- قلت المسافة الى الثلث . الإجابة ق=900 نيوتن

saleh - bshish

اختبر نفسك

أ,ب,ج مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه 3سم وضع على رؤوسه الشحنات (أ,ب,ج) حيث ش أ=3 x10^{-9}كولوم , ش ب =1 x10^{-4} كولوم , ش ج= -4 x10^{-9} كولوم احسب القوة المحصلة المؤثرة على الشحنات ب ؟



الإجابة : ح ق= $13\sqrt{}$نيوتن

ظا$^{-1}$($\frac{-1.5\sqrt{3}}{-2.5}$)

اختبر نفسك

قدّم أحد الطلبة تقريراً لمعلم الفيزياء يذكر فيه أنه قام بحساب شحنة جسيم ، ووجد أنها تساوي (−١٢,٨ × ١٠$^{-٢٠}$) كولوم. **هل هذه النتيجة مقبولة علمياً أم لا ؟ ولماذا ؟**

الأجابة : غير مقبولة علميا لأن اصغر شحنة هي شحنة الالكترون وهذه اقل من شحنة الالكترون.

انها تتطلب منك كل السعي الذي تستطيع لتحافظ على نفس المكان الذي أنت فيه . اذا أردت أن تكون في مكان آخر عليك أن تسعى بسرعة أكبر بمرتين على الأقل من سرعتك الآن

المجال الكهربائي

المجال هو منطقة التأثير لجسم ما وهنالك أنواع من المجال منها المجال الكهربائي , المجال المغناطيسي...الخ وكل مجال يؤثر على نوع من الأجسام فمثلا المجال الكهربائي يوثر على الشحنات الكهربائية بقوة كهربائية وهكذا..

المجال الكهربائي: هو الحيز المحيط بالشحنة الكهربائية الذي إن وضعت فيه شحنة أخرى تأثرت بقوة كهربائية.

س: كيف يمكن لجسم أن يؤثر في جسم آخر بقوة من غير أن يلامسه ؟

- ✓ **وضع العالم فارادي مفهوما للمجال الكهربائي ليدلل بأن الشحنة الكهربائية تحدث في حيز المحيط بها مجالا كهربائيا يظهر تأثيره عند وضع شحنة أخرى ,إذ تتفاعل الشحنات منتجة قوة كهربائية متبادلة.**

س: لماذا يستخدم المجال الكهربائي ؟

- ✓ **يستخدم في الكشف عن وجود مجال كهربائي وقياسه.**

س: علل شحنة الأختبار"شحنة نقطية موجبة" تكون صغيرة جدا ؟

- ✓ **لأنها لا تحدث تغييرا يذكر في المجال المراد قياسه .**

- **شحنة الاختبار: هي شحنة صغيرة جدا وموجبة تستخدم لتخطيط المجال الكهربائي وقياس شدته.**
- **المجال الكهربائي في نقطه: هي القوة المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة موجبة موضوعة في تلك النقطة مقسوما على شحنة الأختبار.**

ويعبر عنها رياضيا بالرموز:

$$\overleftarrow{م} = \frac{\overleftarrow{ق}}{ش.} \quad \text{.....(3)}$$

حيث ($\overleftarrow{م}$) المجال الكهربائي المسبب للقوة الكهربائية ($\overleftarrow{ق}$) المؤثرة في شحنة الاختبار (ش.) ويقاس المجال بوحدة (نيوتن/كولوم) في النظام العالمي للوحدات.

س: علل المجال كمية متجهة ؟

- ✓ **لأن القوة كمية متجهه ويكون اتجاهه باتجاه القوة نفسها ما دامت شحنة الاختبار موجبة.**

salen AL-bshish

س: اثبت أن شدة المجال الكهربائي لا يعتمد على الشحنة الموضوعة فيه بل يعتمد على الشحنة المسببة له؟ مع ذكر العوامل التي يعتمد عليها؟

- ✓ **ش: الشحنة المسببة للمجال , ش. : الشحنة الموضوعة في المجال**

$$\text{مـ} = \frac{\text{ق}}{\text{ش.}} = 9^{10x9} \frac{\text{ش. ش/ ف}^2}{\text{ش.}} = 9^{10x9} \frac{\text{ش}}{\text{ف}^2} \neq$$

- ✓ **1- مربع بعد النقطة ف من الشحنة المسببة ...علاقة عكسية**
- ✓ **2- سماحية الوسط الكهربائي..... علاقة عكسية**
- ✓ **3-مقدار الشحنة المسببة للمجال الكهربائي ...علاقة طردية**

س: ماذا نعني بقولنا ان شدة المجال الكهربائي عند نقطة ما تساوي 5 نيوتن ؟

- ✓ **أن المجال الكهربائي يؤثر بقوة مقدارها 5 نيوتن على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة**
- ✓ **في تلك النقطة.**

ملاحظات هامة

1- يستخدم قانون ($\text{مـ} = \frac{\text{ق}}{\text{ش.}}$) :

أ- تعريف المجال واشتقاق وحدته قياسه
ب- حساب المجال الكهربائي بدون معرفة الشحنات المسببة له ودون دلالة المسافة.
ت- اذا علم المجال في نقطة ما , يمكن حساب القوة المؤثرة على أي شحنة نقطية توضع عند تلك النقطة من العلاقة : ق= مـ ش.

2- يستخدم قانون ($\text{مـ} = 9^{10x9} \frac{\text{ش}}{\text{ف}^2}$):

أ- التعرف على العوامل التي تعتمد عليها شدة المجال الكهربائي .
ب- حساب المجال الكهربائي باستخدام الشحنة المسببة له ودلالة المسافة

- ❖ **المجال كمية متجهة (مـ) يحدد مقدار واتجاها**
- ❖ **المجال الكهربائي لا يعتمد على الشحنة الموضوعة ش. بل يعتمد على الشحنة المسببة له ش .**
- ❖ **لا تعوض اشارة الشحنة المؤثرة عند تطبيق القانون**

مثال(1) يقاس مجال كهربائي عند نقطة ما , بوضع شحنة اختبار موجبة صغيرة جدا في تلك النقطة إذا كانت شحنة الاختبار 1نانوكولوم وتعاني بقوة كهربائية ق= 0.6 نيوتن , 15°, فما المجال الكهربائي في موضع شحنة الاختبار؟

الحل :

نطبق القانون $م = \frac{ق}{ش.} = \frac{0.6}{10^{-9} \times 1} = 6 \times 10^{8}$ **نيوتن/كولوم.**

بما أن شحنة الاختبار موجبة فالمجال باتجاه القوة نفسها

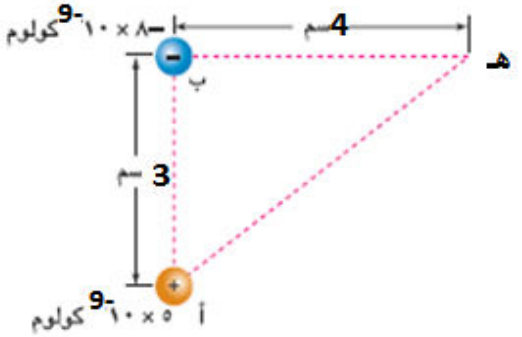
م= 6×10^{8} نيوتن /كولوم ,15° ≠

هام:

لو كانت شحنة الاختبار سالبة يكون اتجاه المجال بعكس اتجاه القوة .

مثال(2) شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء كما هو مبين في الشكل . احسب ما يأتي:

1- **المجال الكهربائي عند النقطة (هـ).**
2- **القوة المؤثرة في شحنة (-1بيكوكولوم) موضوعة عند (هـ).**



الحل :

١- نجد أولاً المجال الكهربائي عند (هـ) الناجم عن كل من الشحنتين الموضوعتين عند النقطتين (أ) و (ب) باستخدام العلاقة (١-٤):

$$م_{أ} = \frac{ش_{أ}}{ف_{أ}^{٢}} ٩ \times ١٠ = \frac{٥ \times ١٠^{-٩}}{(٥ \times ١٠^{-٢})^{٢}} \times ٩ \times ١٠ = ١٨ , ١ \times ١٠^{٤}$$ نيوتن/كولوم

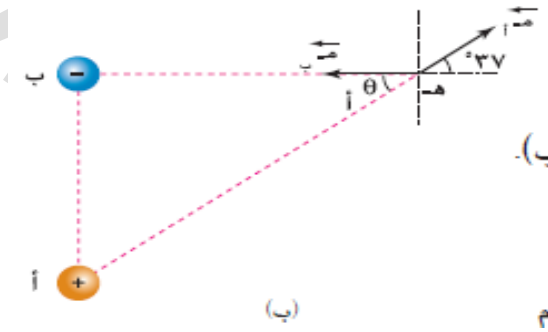
واتجاهه يصنع زاوية:

$$\theta_{أ} = ظا^{-١} (\frac{أ ب}{هـ ب}) = ظا^{-١} (\frac{٣}{٤}) = ٣٧°$$

مع السينات الموجب، كما في الشكل (١-٤/ب).

$$م_{ب} = \frac{ش_{ب}}{ف_{ب}^{٢}} ٩ \times ١٠ = \frac{٨ \times ١٠^{-٩}}{(٤ \times ١٠^{-٢})^{٢}} \times ٩ \times ١٠$$

$$= ٤٥ , ٤ \times ١٠^{٤}$$ نيوتن/كولوم



(ب)

باتجاه محور السينات السالب، كما في الشكل، أي أن: $\theta_{ب} = ١٨٠^\circ$ مع السينات الموجب.
ولإيجاد محصّلة هذين المجالين عند النقطة(هـ)، نحلّل كلاً منهما إلى مركبتيه:

$م_{أس} = م_{أ} جتا ٣٧^\circ = ١,٨ \times ١٠^{٤} \times ٠,٨ = ١,٤٤ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم

$م_{أص} = م_{أ} جا ٣٧^\circ = ١,٨ \times ١٠^{٤} \times ٠,٦ = ١,٠٨ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم

وكذلك:

$م_{ب س} = ٤,٥ \times ١٠^{٤} \times$ جتا$١٨٠^\circ = -٤,٥ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم، $م_{ب ص}$ = صفرًا

فتكون مركبتا المجال المحصّل عند (هـ) هما:

$م_س = م_{أس} + م_{ب س} = ١,٤٤ \times ١٠^{٤} + (-٤,٥) \times ١٠^{٤} = -٣,٠٦ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم، أي نحو السينات السالب.

$م_ص = م_{أص} + م_{ب ص} = ١,٠٨ \times ١٠^{٤} +$ صفر $= +١,٠٨ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم، أي نحو الصادات الموجب.

ويكون مقدار المجال المحصّل:

$م = \sqrt{م_س^{٢} + م_ص^{٢}}$

$م = \sqrt{(-٣,٠٦ \times ١٠^{٤})^{٢} + (١,٠٨ \times ١٠^{٤})^{٢}} = ٣,٢٤ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم،

واتجاهه:

$\varphi =$ ظا$^{-١}(\frac{م_ص}{م_س}) =$ ظا$^{-١}(\frac{١,٠٨}{-٣,٠٦}) = -١٩,٤^\circ + ١٨٠^\circ = ١٦٠,٦^\circ$ مع السينات الموجب

٢- تتأثر الشحنة (-١ بيكوكولوم $= -١ \times ١٠^{-١٢}$كولوم) الموضوعة عند النقطة (هـ) بالمجال الكهربائي المحصّل، وحسب العلاقة (١-٣) فإن:

$ق = م_{حـ} \times ١ \times ١٠^{-١٢} = ٣,٢٤ \times ١٠^{٤} \times ١ \times ١٠^{-١٢} = ٣,٢٤ \times ١٠^{-٨}$ نيوتن

ويكون اتجاهها عكس اتجاه المجال؛ لأن الشحنة سالبة، أي بزاوية مقدارها:

$١٦٠,٦^\circ + ١٨٠^\circ = ٣٤٠,٦^\circ$ مع السينات الموجب.

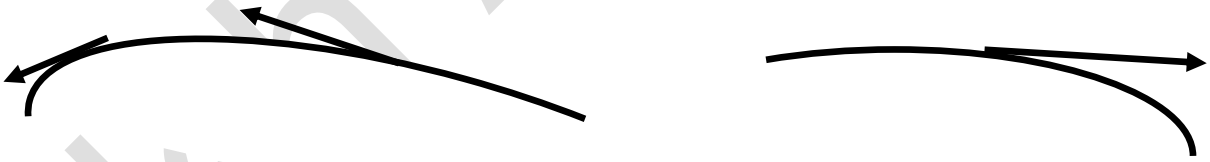
خطوط المجال الكهربائي :

هي خطوط وهمية تمثل مسار تسلكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال الكهربائي .

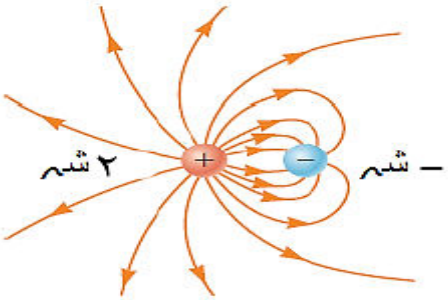
خصائص خطوط المجال :

1-يكون اتجاه خطوط المجال بحيث تبدو خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة إلى الشحنة السالبة.

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



3-يتناسب عدد الخطوط الخارجة من الشحنة الموجبة أو الداخلة في الشحنة السالبة طرديا مع مقدار الشحنة .



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

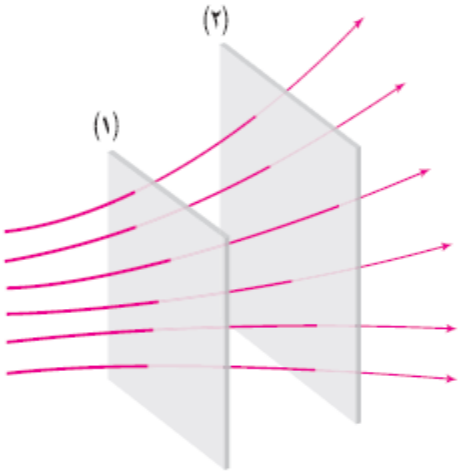
5- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع ...علل.

لأنه لو تقاطع خطان من خطوط المجال الكهربائي لأصبح عند نقطة التقاطع اتجاهين للماس الكهربائي وهذا يخالف مفهوم الكمية المتجهة.

س: في الشكل المجاور مـ سطح 1 أكبر من مـ سطح2 فسر ذلك؟ وعلى ماذا يدل؟

لان خطوط المجال متقاربة عند عبورها سطح (1) أكثر من تقاربها عند عبور السطح (2)

لذلك مـ سطح1 أكبر من سطح2 وهذا يدل على أن المجال غير ثابت المقدار والاتجاه أي أن المجال غير منتظم .



س: في الأشكال التالية حدد اتجاه المجال أ.ب.ج ؟

نرسم مماس عند كل نقطة

س: كيف يمكن الربط بين خطوط المجال والمجال الكهربائي من حيث المقدار والاتجاه؟
الإجابة: مقدارا تتناسب عدد خطوط المجال التي تعبر وحدة المساحة على نحو عمودي عل سطح ما طرديا مع مقدار المجال في ذلك الحيز حيث يكون مقدار المجال كبيرا في المنطقة التي تتقارب فيها خطوط المجال تقارب أكبر بينهما ومقدارا صغيرا في المنطقة التي تتباعد فيها خطوط المجال" تقارب أقل".
من حيث الاتجاه : يدل اتجاه المماس المرسوم لخط المجال الكهربائي عند أي نقطة على متجه المجال الكهربائي.

saleh AL-bshish

س: هل يعد المجال الكهربائي الناجم عن شحنة نقطية مجالا منتظما أم لا ؟ فسر إجابتك.
الإجابة : لا,لأن خطوط المجال تتباعد في كل الاتجاهات كلما ابتعدنا عن الشحنة مما يدل على تناقص مقدار المجال كلما ابتعدنا عن الشحنة كما أن خطوط المجال تشير في اتجاهات مختلفة مما يعني أن اتجاهه غير ثابت.

- **عند وضع شحنة موجبة في منطقة مجال كهربائي فأنها تتعرض إلى قوة كهربائية مع اتجاه خطوط المجال.**
- **عند وضع شحنة سالبة في منطقة مجال كهربائي فأنها تتعرض إلى قوة كهربائية عكس اتجاه خطوط المجال.**

نقطة التعادل "نقطة انعدام المجال"

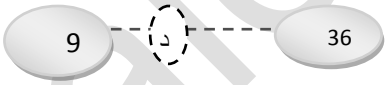
هي النقطة التي تكون فيها محصلة المجال الكهربائي تساوي صفر وعليه فأن نقطة التعادل تقع دائما قرب الشحنة الأصغر.

حالات التي تقع فيها نقطة التعادل :
1-اذا كانت الشحنتين متشابهتين (+,+)(-,-) تقع في الوسط .
2-اذا كانت الشحنتين مختلفتين (+,-) فأنها تقع خارجهما

مثال(1) شحنتان متشابهتين مقدار كل مهما (9,36)ميكروكولوم المسافة بينهما 60 سم أين تقع نقطة التعادل؟
الحل :

$$م_1 = م_2$$

$$\frac{9 \times 10^{9} \times 36 \times 10^{-6}}{(60 - ف)^2} = \frac{9 \times 10^{9} \times 9 \times 10^{-6}}{ف^2}$$



$$\frac{6}{(60 - ف)} = \frac{3}{ف}$$

6ف= 180 – 3ف
ف= 20 سم ≠

مثال(2) شحنتان مختلفتين مقدار كل منهما (36,-64) ميكروكولوم المسافة بينهما 40 سم أين تقع نقطة التعادل ؟

الحل :

الحل :

$$\frac{\text{م}_1}{\text{م}_2} = \sqrt{\frac{10^{-6} \times 36 \times 10^{9} \times 9}{(\text{ف}^2)}} = \sqrt{\frac{10^{-6} \times 64 \times 10^{9} \times 9}{(40+\text{ف})^2}}$$

$$\frac{6}{\text{ف}} = \frac{8}{40+\text{ف}}$$

$$8\text{ف} = 240 + 6\text{ف}$$

$$2\text{ ف} = 240$$

$$\text{ف} = 120\text{سم} \neq$$

حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي

المجال الكهربائي المنتظم : هو المجال الذي يكون ثابتا في مقداره واتجاهه عند أي نقطة على خط المجال وتكون خطوط متوازية والبعد بينهما متساوي وعدد خطوط المجال التي تخترق عموديا وحدة المساحة فيها ثابته.

تذكر: ☺

$$ع_2 = ع_1 + ت\ ز$$

$$ع_2^2 = ع_1^2 + 2\ ت\ ف$$

$$ف = ع_1 ز + \frac{1}{2} ت\ ز^2$$

س: بماذا يمثل المجال الكهربائي المنتظم ؟

1-يمثل برسم خطوط مستقيمة.

2-البعد بينهما متساو.

3-تشير بالاتجاه نفسه .

4-متوازية

س: كيف يمكن الحصول على مجال كهربائي منتظم؟

الأجابة: يمكن الحصول على مجال كهربائي منتظم في الحيز بين لوحيين فلزيين متوازيين مشحونين بشحنتين متساويتين أحداهما موجبة والأخرى سالبة.

س: اذكر العوامل التي يعتمد عليها تسارع جسيم داخل مجال كهربائي منتظم؟

1- مقدار المجال الكهربائي 2- مقدار شحنة الجسيم 3-مقدار كتلة الجسيم

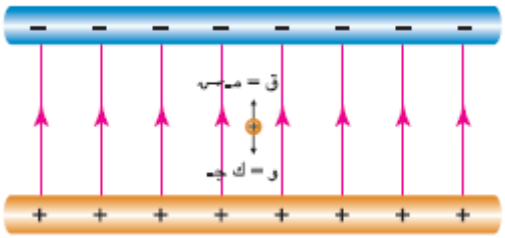
س: علل عندما يتحرك جسم مشحون بتأثير قوة كهربائية ثابتة المقدار والاتجاه في مجال كهربائي منتظم فأنه وفقا للقانون الثاني لنيوتن يكتسب تسارعا ؟

الإجابة: بسبب ثبات القوة المؤثرة عليه من حيث المقدار والاتجاه.

	ق= مـ ش =ك ت ومنها ت=مـ ش / ك	

مثال (1) اتزن جسيم شحنته (3 نانو كولوم) عند وضعه في مجال كهربائي منتظم (1 x 10^{6} نيوتن/كولوم) كما هو مبين في الشكل المجاور
جد كتلة الجسم المشحون (جـ=10م/ث^{2}) .

الحل :



نلاحظ من خلال الشكل أن الجسيم المشحون يقع تحت تأثير قوتين بالمقدار ومتعاكسات بالاتجاه هما الوزن والقوة الكهربائية لذلك فأن:

$$\text{ق= مـ ش = ك جـ ==> ك} = \frac{\text{مـ ش}}{\text{جـ}} = 3\text{x}10^{-9} \text{ x}1\text{x}10^{6} / 10 = 3\text{x}10^{-4} \text{ كغ} \neq$$

مثال(2) تحرك إلكترون من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره (4x10^{3}نيوتن/كولوم) بالاتجاه الافقي .أهمل تأثير الجاذبية , واحسب سرعة الالكترون بعد قطعة مسافة أفقية مقدارها (8.3مم).

الحل:

بداية نجد تسارع الالكترون:

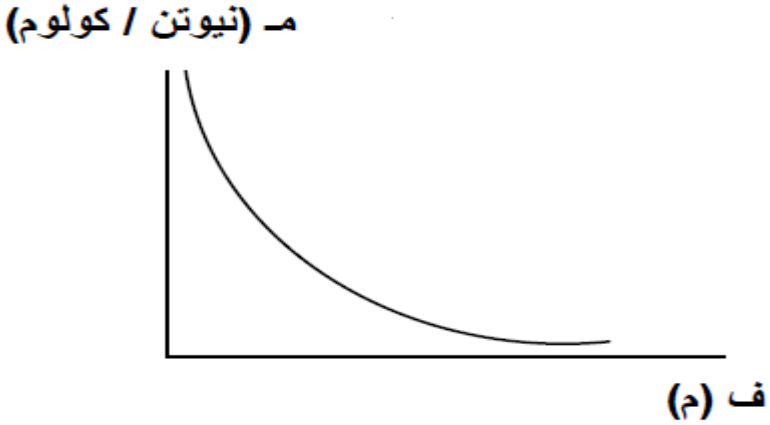
$$\text{ت} = \frac{\text{ش مـ}}{\text{ك}} = 4 \text{ x } 10^{3} \text{ x } 1.6 \text{ x } 10^{-19} / 9.11 \text{x} 10^{-31} = 7\text{x}10^{14} \text{ م/ث}^{2}$$

ثم نستخدم معادلة الحركة : ع$_{2}^{2}$=ع$_{1}^{2}$+ 2ت ف

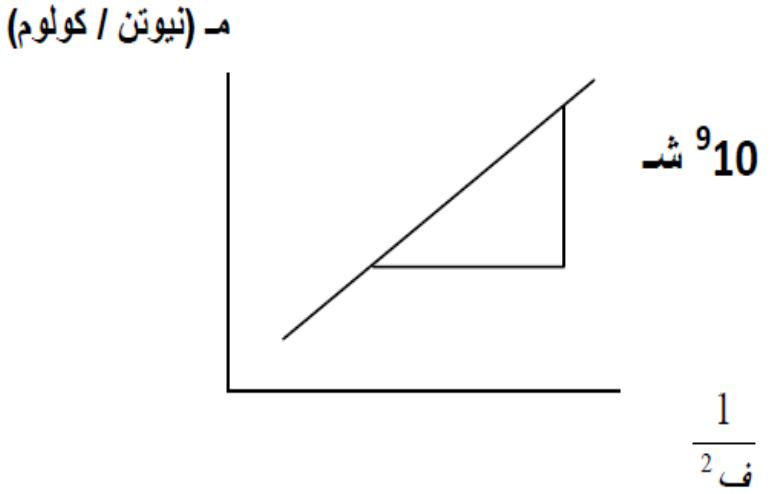
ع^{2}=صفر + 2x7x10^{14} x 8.3x10^{-3} =1.16x10^{13} ومنها ع= 3.4 x 10^{6} م/ث ≠

Saleh ALbshish

يمثل الشكل المجاور العلاقة بين مـ و ف



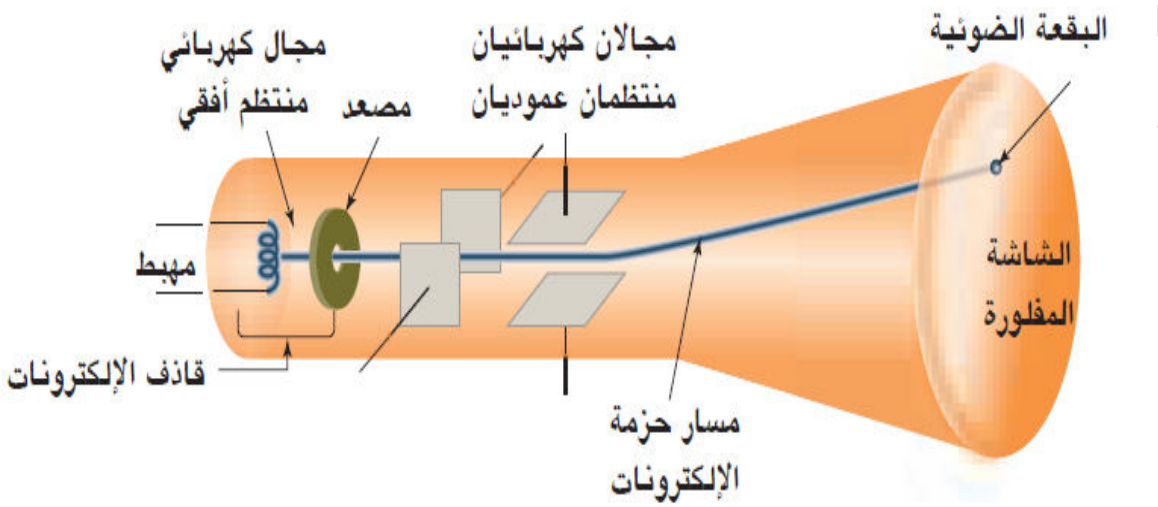
ويمثل الشكل المجاور العلاقة بين مـ و $\frac{1}{ف^2}$



عندما يتحدث الناس عنك بسوء وأنت تعلم انك لم تخطيء في حق أحد منهم تذكر أن تحمد الله الذي أشغلهم بك ولم يشغلك بهم

ومن أهم التطبيقات على المجال الكهربائي: انبوب أشعة المهبط المستخدم في شاشات الحاسوب وجهاز راسم الذبذبات.

يمثل الرسم المجاور تركيب أنبوب أشعة المهبط:



وظائف كل جزء:

1-مهبط: يبعث الكترونات من فتيل ملتهب.

2-قاذف الكترونات:يسرع الالكترونات في مجال كهربائي منتظم أفقي فتنبعث من خلال ثقب صغير جدا على شكل حزمة مثل الرصاصات المنطلقة من فوهة بندقية .

3-مجالين كهربائيين منتظمين عموديين على مسار الحزمة:من خلالهما يتم توجيه حزمة الالكترونات فتنحرف الالكترونات يمينا ويسارا ثم إلى أعلى وأسفل .

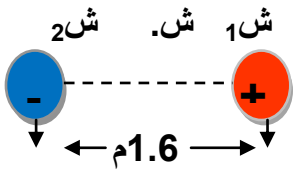
4-شاشة مفلورة: تنتج بقعة ضوئية عند سقوط الالكترونات عليها.

مبدأ عمل أشعة المهبط :

عندما يسخن المهبط تنبعث منه الالكترونات فيجذبها المصعد ويتسارع الإلكترون في المجال الأفقي المنتظم بين المصعد والمهبط ليخرج الإلكترون من ثقب في المصعد ويدخل المجالان المتعامدان وبدورهما يعملان على توجيه الإلكترون ليسقط على الشاشة المفلورة والتي تضيء ما أن يسقط الإلكترون ونحن نرى الضوء المنبعث من الجهة الأخرى للشاشة.

أمثلة متنوعة على المجال الكهربائي:

مثال (1) شحنتان نقطيتان مقدار كل منهما (2ميكروكولوم) وشحنة اختبار صغيرة (ش=$10x1.28^{-18}$)كولوم تقع في منتصف المسافة بينهما , جد ما يأتي:



أ) المجال المحصل عند نقطة المنتصف .
ب) القوة المحصلة المؤثرة في شحنة الأختبار.

الحل:

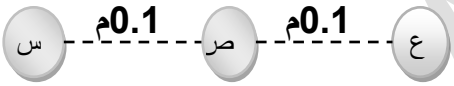
أ) $مـ_2 = مـ_1 = \frac{ش}{ف^2} = \frac{10x9^{9} \times 10x2^{-6} \times 10x9}{(0.8)^2}$ = $10x0.28^{5}$ نيوتن /كولوم

$مـ_ح = مـ_1 + مـ_2 = 10x0.28^{5} + 10x0.28^{5} = 10x0.56^{5}$ نيوتن / كولوم باتجاه $ش_2$

ب) ق= $مـ_ح$ ش. $= 10 x.0.56^{5} \times 1.28 \times 10^{-18} = 7.2 x10^{-14}$ نيوتن باتجاه المجال

مثال (2) يمثل الشكل ثلاث نقاط (س,ص,ع) على استقامة واحدة من النقطة (س) شحنة مقدارها ($10x2^{-6}$)كولوم , احسب مقدار الشحنة الواجب وضعها عند (ع) ليكون المجال المحصل عند (ص) مساويا ($10x\ 54^{5}$)نيوتن/كولوم واتجاهه نحو (ع).

الحل:



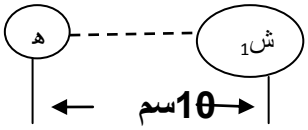
$مـ_ص = مـ_س + مـ_ع = 10x\ 54^{5}$

$مـ_س = \frac{10x9^{9} \times 10x2^{-6}}{(0.1)^2}$ = $10x18^{5}$ نيوتن /كولوم نحو ع

$مـ_ع = مـ_ص - مـ_س = 10x\ 54^{5} - 10x18^{5} = 10x36^{5}$ نيوتن /كولوم

$10x36^{5} = \frac{ش_ع \times 10x9^{9}}{(0.1)^2}$ = **$10x\ 4^{-6}$** وهي سالبة باتجاه ع

مثال(3) شحنة كهربائية نقطية ($ش_1$) موضوعة في الهواء وتبعد مسافة 10سم عن النقطة (هـ) فأذا كانت القوة الكهربائية التي تؤثر بها $ش_1$ على شحنة اختبار ش.=$10x1^{-9}$كولوم موضوعة من النقطة (هـ) تساوي ($10x1.8^{-3}$) نيوتن باتجاه محور السينات الموجب احسب:



1- المجال الكهربائي عند النقطة (هـ).
2- مقدار الشحنة ($ش_1$) ونوعها.

saleh ALbshish

الحل :

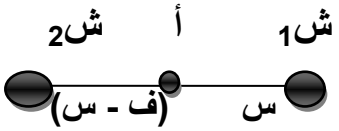
1) ق= مـ ش. ==> مـ =$10x1.8^{-3}$/ $10 x1^{-9}$= $10x1.8^{6}$نيوتن/كولوم

2) ق= $\frac{9^{10x9} \text{ ش. ش}_1}{\text{ف}^2}$

$\frac{9^{10x9} \text{ ش}_1 \text{ x } 9^{-10x1}}{(10x10^{-2})^2}$ = $10x1.8^{-3}$

ش$_1$= $10x2^{-6}$كولوم نوعها سالبة

مثال(4) أثبت أن نقطة التعادل لشحنتين متشابهتين نوعا ومقدارا المسافة بينهما (ف) تكون في منتصف المسافة بينهما ؟



الحل :

مـ $_1$= مـ $_2$

$10x9^{9}\frac{\text{ش}_1}{\text{ف}_2}$ = $10x9^{9}\frac{\text{ش}_2}{(\text{ف}-\text{س})^2}$

$\frac{1}{\text{س}}$ = $\frac{1}{\text{ف}-\text{س}}$ ==> ف – س=س

2س= ف ==> س=$\frac{\text{ف}}{2}$ ≠

مثال(5) مجال كهربائي منتظم مقداره $10x4^{6}$ نيوتن/كولوم باتجاه الشرق وضعت شحنة مقدارها -2 ميكروكولوم وكتلتها 2كغ بداخله احسب بإهمال وزنها :

1- مقدار واتجاه القوة المؤثرة على الشحنة.
2- تسارع الشحنة.
3- سرعة الشحنة بعد 3ثواني .
4- المسافة التي تقطعها الشحنة بعد 4 ثواني .

الحل:

1- ق= مـ ش. = $10x4^{6}$ x $10x2^{-6}$= 8 نيوتن س-
2- ق= ك ت ==>8=2ت ==> ت=4 م/ث^2 س-

saleh AL-bshish

3- $ع_2 = ع_1 + ت\ ز$

$ع_2 =$ صفر $+ 3 \times 4 =$ **12م/ث**

4- $ف = ع_1 ز + \frac{1}{2} ت\ ز^2$

$ف =$ صفر $+ \frac{1}{2} 4 \times 16 =$ **32م** $\neq$

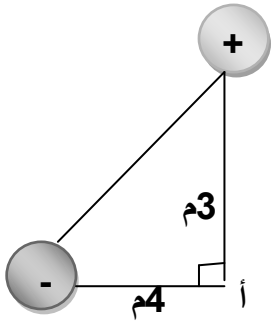
اختبر نفسك

وضعت الشحنتين ($ش_1$,$ش_2$) على رؤوس مثلث قائم الزاوية في أ كما في الشكل احسب:

أ) مقدار واتجاه المجال عند النقطة أ

ب) القوة المؤثرة على شحنة مقدارها 10×1^{-9}كولوم وضعت عند أ. $ش_1 = 10 \times 5^{-9}$كولوم

الأجابة :



أ) $مـ_أ = \sqrt{106}$ كولوم/نيوتن

$\theta = ظا^{-1} (\frac{5}{9}) =$

ب) $ق = \sqrt{106} \times 10^{-9}$ **نيوتن**

$ش_2 = -16 \times 10^{-9}$ **كولوم**

عندما تريد امتلاك الفرح صمم نحو هدفك ولا تسمح لأحد أن يضع نفسه عائق أمامك

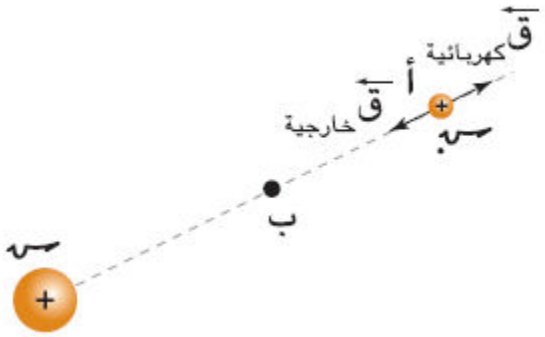
saleh AL-bshish

الجهد الكهربائي

عند وضع شحنة اختبار نقطية في مجال شحنة موجبة (ش) فأن شحنة الاختبار تتأثر بقوة تنافر كهربائية لذا يلزمنا قوة خارجية تساوي قوة التنافر مقدارا وتعاكسها بالاتجاه لنقلها من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) بسرعة ثابتة فتبذل القوة الخارجية شغلا كهربائيا (ش) يخزن في النظام (ش-ش.) على شكل طاقة وضع تسمى الطاقة الكهربائية

أي أن:

$(\Delta ط)_{و} = (ط\ و)_{ب} - (ط\ و)_{أ} = ش_{أ \leftarrow ب}$



ويعرف التغير في طاقة الوضع الكهربائية $(\Delta ط)_{و}$ مقسوما على الشحنة (ش.) بفرق الجهد بين نقطتين $(\Delta جـ)$:

$$(\Delta جـ) = جـ_{ب\ أ} = جـ_{ب} - جـ_{أ} = \frac{(ط\ و)_{ب} - (ط\ و)_{أ}}{ش.} = \frac{\Delta ط\ و}{ش.}$$

حيث ($جـ_{ب}$) الجهد الكهربائي للنقطة ب , ($جـ_{أ}$) الجهد الكهربائي للنقطة أ وتستخدم المعادلة السابقة لقياس فرق الجهد الكهربائي بين موضعين.

- **فرق الجهد بين نقطتين : هو التغير في طاقة الوضع الكهربائية $(\Delta ط\ و)$ لكل وحدة شحنة.**
- **الجهد الكهربائي عند نقطة : هو الشغل المبذول من قبل قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من المالانهاية إلى تلك النقطة بسرعة ثابتة.**

فالجهد الكهربائي كمية قياسية , لذا نعوض الإشارة السالبة للشحنة في القانون ويقاس الجهد في النظام العالمي للوحدات بوحدة (جول/كولوم) وتدعى هذه الوحدة (الفولت) نسبة الى العالم كونت اليساندرو فولتا الذي أسهم في اختراع الخلية الكهربائية(البطارية).

- **الفولت : هو الجهد الكهربائي عند نقطة يلزم شغل مقداره (1) جول لنقل وحدة الشحنات الموجبة من مالا نهاية الى تلك النقطة دون إحداث تغير في طاقته الحركية.**

س: علل الجهد الكهربائي كمية قياسية ؟

- ✓ **لأنه ناتج قسمة الشغل على الشحنة وكل من الشغل والشحنة كمية قياسية.**

س: علل الجهد الكهربائي عند نقطة بعيدة جدا (مالانهاية) يساوي صفرا؟

- ✓ **لأن المجال لا يؤثر في شحنة اختبار موضوعة عند تلك النقطة بأي قوة كهربائية وهذا يعني أن طاقة الوضع الكهربائية عندها تكون صفرا وبالتالي الجهد يساوي صفرا.**

Salem Al bshish

س: ماذا نعني بقولنا أن الجهد الكهربائي عند نقطة هو 5فولت, -5فولت ؟

- ✓ **أي أن شغلا مقداره (5جول) يبذل من قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من ما لانهاية الى تلك النقطة بسرعة ثابتة.**
- ✓ **أي أن شغلا مقداره (5جول) يبذل من قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من تلك النقطة الى ما لانهاية بسرعة ثابتة.**

س: علل لا تتغير الطاقة الحركية لوحدة الشحنات الموجبة عند نقلها من مالانهاية الى نقطة ما ؟

- ✓ **لأن القوة الخارجية لنقلها متساوية في المقدار وتعاكسها في الأتجاه القوة الكهربائية المؤثرة عليها.**

مثال(1) شحنة كهربائية 2×10^{-8}كولوم , موضوعة عند النقطة (أ) التي جهدها 5فولت , جد ما يأتي:

1. **طاقة الوضع الكهربائية للشحنة؟**
2. **الشغل اللازم لنقل الشحنة من موقعها عند (أ) الى النقطة (ب) التي جهدها 12 فولت؟**
3. **التغير في طاقة وضع الشحنة عند نقلها من (أ) الى (ب) ؟**

الحل:

1. **(ط و) كهربائية = ش جـ $=2\times10^{-8}\times5=10\times10^{-8}$جول.**
2. **= (Δط)و =ش أ ← ب = ش Δجـ =ش(جـ ب –جـ أ)= $2\times10^{-8}\times(12-5)=14\times10^{-8}$ جول.**

ومن هنا نستنتج أن الشحنة انتقلت من النقطة (أ) ذات الجهد المنخفض الى النقطة (ب)التي جهدها أعلى بفعل قوة خارجية تؤثر في الشحنة.

3. **(Δط)و=ش=+14×10^{-8} جول. لأن طاقة الوضع الكهربائية للشحنة تزداد عند انتقالها الى الجهد الكهربائي العالي.**

هام:

كلما ابتعدنا عن الشحنة الموجبة قل الجهد وإذا اقتربنا زاد الجهد.

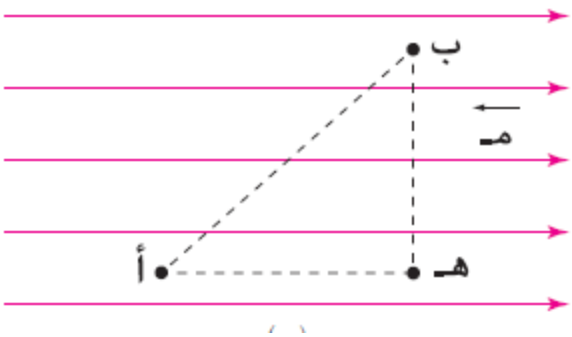
كلما ابتعدنا عن الشحنة السالبة زاد الجهد وإذا اقتربنا قل الجهد

إذا أردت أن تصبح ناجحا في عملك أخلص النية لله أولا

Saleh Al-Bshish

فرق الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم :

من خلال الشكل المجاور وضعت نقطتين أ,ب في مجال كهربائي منتظم شدته مـ والبعد بينهما ف فلو افترضنا أنه تم تحريك شحنة موجبة من النقطة أ الى ب بسرعة ثابتة تحت تأثير قوة خارجية مقدارها ق فتكون القوة (مـ ش)باتجاه المجال أيضا لوتحركت الشحنة بين النقطتين (أ,ب) بسرعة ثابتة فأن القوة تساوي (مـ ش) في المقدار ومعاكسة له في الاتجاه نستنتج أن سرعة الشحنات تبقى ثابتة.



ولحساب الشغل اللازم بذله لنقل الشحنة من ب إلى أ نطبق العلاقة الآتية :

شغل ب ← أ =(جـ أ ـجـ ب) ش منقولة ..(1)

بما أن ق = مـ ش أيضا

شغل أ ← ب = ق ف جتا θ

شغل أ ← ب = مـ ش ف جتا θ ...(2) وعند مساواة المعادلتين (1) و(2) نجد أن :

$$\text{جـ}_{أ\,ب} = \text{مـ ف}_{أ\,ب} \ \text{جتا}\theta$$

حيث θ : الزاوية المحصورة بين خطوط المجال والمسافة من أ الى ب .

س: وضح ماذا يحدث عند وضع شحنة كهربائية موجبة (ش) في مجال كهربائي منتظم ؟

- ✓ **عند وضع شحنة كهربائية موجبة في مجال كهربائي منتظم فأنها تتحرك إزاحة (ف) مع اتجاه المجال بفعل القوة الكهربائية التي تنجز شغلا بسبب الزيادة في الطاقة الحركية للشحنة (وبالتالي تتسارع الشحنة) .**
- **سطح تساوي الجهد : هو السطح الذي يكون جميع النقاط الواقعة عليه متساوية الجهد.**
- **أي نقطتان تصنعان خط عمودي مع المجال جهدهما متساوي أي أن فرق الجهد بينهما يساوي صفرا.**

س: من خلال المعادلة الموجودة في الصندوق استعن بها لتثبت أن وحدة قياس المجال (نيوتن/كولوم) تكافئ (فولت /م) ؟

✓ **المجال** $= \frac{\text{فولت}}{\text{م}} = \frac{\frac{\text{جول}}{\text{كولوم}}}{\text{م}} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم.م}} = \frac{\text{نيوتن.م}}{\text{كولوم.م}} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم}} \neq$

Salah Al-Bshish

مثال(1) تحرك بروتون شحنته (1.6×10^{-19}) كولوم , وكتلته (1.67×10^{-27}) كغ من السكون من نقطة (أ) عند اللوح الموجب الى نقطة (ب) عند اللوح السالب في الحيز بين لوحين موصلين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين تفصل بينهما مسافة 4سم . إذا كان المجال الكهربائي بين اللوحين (625نيوتن/كولوم) فجد ما يأتي:

1. **فرق الجهد بين النقطتين.**
2. **التغير في طاقة الوضع للبروتون عند انتقاله بين اللوحين .**
3. **سرعة البروتون بعد قطعه هذه الازاحة .**

الحل:

1. **$جـ_{أب} = جـ_أ - جـ_ب = مـ ف جتا صفر = 625 \times 4\times10^{-2} \times1 = 25$فولت.**
2. **$\Delta(ط و)_و = (ط و)_ب - (ط و)_أ = ش_e \times (جـ_ب - جـ_أ) = 1.6\times10^{-19} \times(-25) =$**
   $= -4\times10^{-18}$جول.
   نلاحظ أن طاقة الوضع للبروتون أعلى عند النقطة (أ)
3. **من قانون حفظ الطاقة $(ط و)_أ + (ط ح)_أ = (ط و)_ب + (ط ح)_ب$ ترتيب المعادلة**

$(ط ح)_ب = (ط ح)_أ + (ط و)_أ - (ط و)_ب$

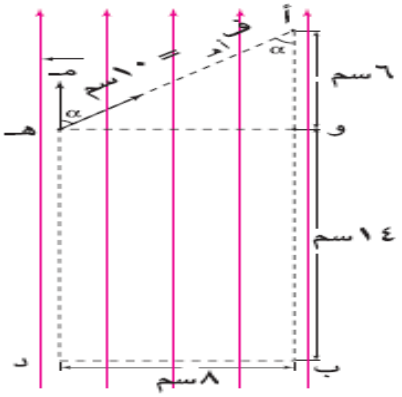
$=$ صفرا $+ 4\times10^{-18} = 4\times10^{-18}$جول

وبما أن $(ط ح)_ب = \frac{1}{2} ك ع_2 \Longrightarrow ع_ب = \sqrt{\frac{2(4\times10^{-18})}{1.67\times10^{-27}}}$

$= 6.9\times10^{4}$ م/ث.

نلاحظ أن سرعة البروتون ازدادت على نحو كبير داخل المجال الكهربائي المنتظم و لذا يستخدم مثل هذا المجال في المسارعات النووية لتسريع الجسيمات الصغيرة مثل الإلكترون والبروتون.

مثال (2) يؤثر مجال كهربائي منتظم (10^3) فولت/م في اتجاه الصادات الموجب كما في الشكل مستعينا بالبيانات التي عليه اجب عما يلي:



1. **$جـ_{أب}$ 2. $جـ_{بد}$ 3. $جـ_{دأ}$ 4. $جـ_{هأ}$**

الحل:

1. **$جـ_{أب} = مـ ف_{أب}$ $جتا\theta_{أب} = 10^3\times0.2\times$جتا$180°$**

=- 200 فولت.

نلاحظ أن اتجاه الإزاحة ف ذهب بشكل معاكس وصنع زاوية 180 مع اتجاه المجال .

2. جـ ب د = مـ ف ب د جتاθب د =10^3 x0.08x جتا90°= صفرا.

3. جـ د أ= جـ د ب + جـ ب أ = (جـ د- جـ ب) +(جـ ب - جـ أ)

= (مـ ف د ب جتاθد ب)+(مـ ف ب أ جتاθب أ)

= صفرا + 10^3 x0. 2x جتا صفر=+ 200 فولت.

هذا يعني أن جهد النقطة (د) أكبر من جهد النقطة (أ) لماذا ؟ لانه انتقل من الجهد العالي الى الجهد المنخفض.

4. جـ هـ أ= جـ هـ و + جـ و أ = (جـ هـ- جـ و) +(جـ و - جـ أ)

= (مـ ف هـ و جتاθهـ و)+(مـ ف و أ جتاθ و أ)

= صفرا + 10^3 *x0.06x* جتا صفر= + 60 فولت. ≠

ملاحظات هامة :

- **في المجال المنتظم لا نحسب جهد نقطة بل نحسب فرق الجهد بين نقطتين .**
- **كلما تحركنا باتجاه المجال يقل الجهد لذا يسمى المجال الكهربائي ممال الجهد أو انحدار الجهد**
- **عندما نتحرك بشكل معاكس للمجال يجب أن تكون إشارة فرق الجهد سالبة لأن الزاوية منفرجة وكل زاوية منفرجة جتاه سالب لذا يمكننا اخذ مكملتها ووضع إشارة سالبة عند الناتج**
- **ممال الجهد : هو المجال الكهربائي المنتظم حيث يمثل التغير في الجهد بالنسبة لوحدة الطول .**

ويمكن القول رياضيا بأن :

$$\text{مـ}_{\text{منتظم}} = \frac{\text{جـ}}{\text{ف}}$$

- **الشحنة الموجبة تتحرك على نحو حر في المجال الكهربائي المنتظم من الجهد الأعلى (جـ أ) الى الجهد المنخفض (جـ ب)**

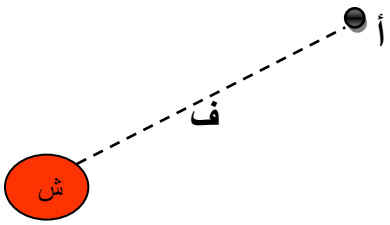
الجهد الكهربائي الناجم عن شحنات نقطية:

- ❖ **الجهد كمية قياسية, لذا نعوض الشحنة بإشارتها سواء أكانت موجبة أم سالبة .**
- ❖ **جهد نقطة في المالانهاية = جهد نقطة موصولة بالأرض = جهد الأرض =صفر**

س: الجهد الكهربائي للأرض يساوي صفرا رغم احتواءه على شحنات .. علل؟

- ✓ **لكبر مسافة سطح الأرض فلا تتأثر بالشحنات المضافة إليها.**

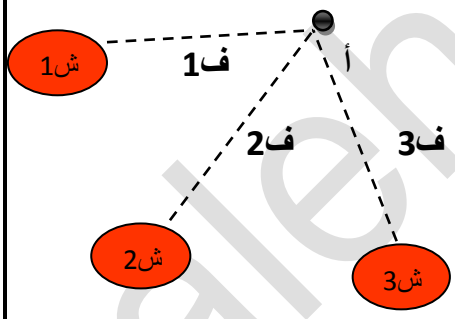
اذا كان المجال ناشئ عن شحنة نقطية كما في الشكل فأنه يمكن استخدام حساب التكامل لتوصل الى أن الجهد الكهربائي عند النقطة (أ) والناجم عن الشحنة النقطية (ش) الموضوعة في الفراغ أو الهواء يعطى بالعلاقة :



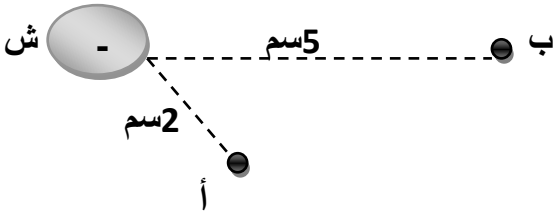
$$جـ_{أ} = 9 \times 10^{9} \times \frac{ش}{ف}$$

إما اذا كانت النقطة (أ) المراد حساب الجهد عندها , واقعة بالقرب من عدة شحنات نقطية عدة كما في الشكل فأن جهدها الكهربائي هو المجموع الجبري للجهود الناجم عن كل من هذه الشحنات أي أن:

$$جـ_{أ} = 9 \times 10^{9} \times \frac{ش1}{ف1} + \frac{ش2}{ف2} + \frac{ش3}{ف3} + ...$$



مثال(1) في الشكل المجاور جد : جـ أب , اذا علمت أن الشحنة النقطية ش =-3 ميكروكولوم .



Salen Al-bshish

الحل:

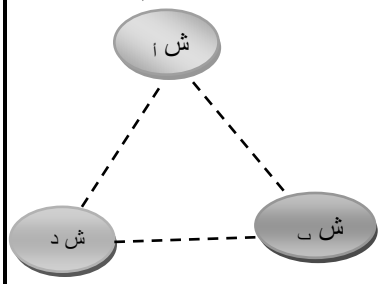
نحسب بالبداية الجهد الناجم عن الشحنة النقطية عند كل من هاتين النقطتين :

$$جـ_{أ} = \frac{ش}{ف_{أ}} = \frac{9\times10^{9}\times x - 9\times10^{9}\times3-10^{-6}}{2\times10^{-2}} = -1.35\times10^{6}\text{ فولت}$$

$$جـ_{ب} = \frac{ش}{ف_{ب}} = \frac{9\times10^{9}\times x - 9\times10^{9}\times3-10^{-6}}{2\times10^{-2}} = -5.4\times10^{5}\text{ فولت}$$

$$جـ_{أب} = جـ_{أ} - جـ_{ب} = (-1.35\times10^{6} - (-5.4\times10^{5})) = -8.1\times10^{5}\text{ فولت} \neq$$

مثال (2) في الشكل المجاور شحنات نقطية ثلاث موضوعة في الهواء , وتفصل بينهما المسافات الآتية :
أب=أد=5سم , ب د =8سم . **ش $_{أ}$= 3×10^{-9} كولوم**



جد ما يأتي :

1. **الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ)الواقعة في منتصف المسافة (ب د).**
2. **الشغل اللازم لنقل بروتون من المالانهاية إلى النقطة (هـ)**
3. **طاقة الوضع الكهربائية للبروتون في الموقع هـ .**

الحل: **ش $_{ب}$= 4×10^{-9} كولوم ش $_{د}$=-2×10^{-9} كولوم**

1. **بتطبيق المعادلة : $جـ_{هـ} = 9\times10^{9}\times x\left(\frac{ش_1}{ف_1} + \frac{ش_2}{ف_2} + \frac{ش_3}{ف_3}\right)$**

$$= 9\times10^{9}\times x\left\{\frac{3\times10^{-9}}{2\times10^{-2}} + \frac{4\times10^{-9}}{4\times10^{-2}} + \frac{-2\times10^{-9}}{4\times10^{-2}}\right\} = 1350\text{ فولت}$$

2. **شغل= ش $\Delta جـ$ = ش(جـ هـ - جـ∞) = 1.6×10^{-19} x(1350- صفر) = 2.16×10^{-16} جول**

3. **ط$_{و}$= ش = $+2.16\times10^{-16}$ جول**

(أي أن هذا القدر من طاقة الوضع الكهربائية يختزن في البروتون عند نقله من المالانهاية إلى الموقع هـ)

الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون :

❖ **عند شحن موصل تستقر الشحنات على سطحه الخارجي فقط وذلك بسبب قوى تنافر الشحنات مع بعضها مما يبقي المجال داخله صفرا, أما عند نقطة قريبة من سطح الموصل فيكون مقدار المجال ($\frac{\sigma}{\varepsilon_.}$) واتجاهه عمودي على سطح الموصل .**

س: علل المجال الكهربائي داخل الموصل يساوي صفرا ؟

✓ **لأن الشحنات تستقر على السطح الخارجي للموصل عند شحنه .**

س: عند نقطة قريبة من سطح الموصل يكون مقدار المجال الكهربائي واتجاهه عموديا على سطح الموصل ؟

✓ **لأنه لو وجدت للمجال مركبة أفقية عند سطح الموصل فأنها ستسبب حركة للشحنات وهو ما يتعارض مع حقيقة كون الشحنات مستقرة (ساكنة على السطح).**

س: يعد سطح الموصل سطح متساوي الجهد وضح ذلك ؟

✓ **لان جميع النقاط الواقعة على سطح الموصل متساوية في الجهد .**

ملاحظات هامة جدا:

❖ **جميع النقاط الواقعة على سطح الموصل متساوية في الجهد لان الشحنات على السطح الموصل مستقرة ولا تتحرك لذا فأن جـ ب - جـ أ = صفر وبذلك تساوي جـ أ = جـ ب .**

❖ **الجهد عند أي نقطة داخل الموصل ثابت ويساوي قيمة عند سطح الموصل وذلك بما أن المجال داخل الموصل يساوي صفرا فأن : جـ هـ - جـ أ = صفر وبذلك جـ هـ = جـ أ .**

❖ **يتم توزيع الشحنات على سطح موصل غير منتظم لأن السطح غير المنتظم تتباعد فيه الشحنات عن بعضها قدر المتاح وتكون الكثافة السطحية للشحنة عند الرؤوس المدببة أكبر ما يمكن.**

س: كيف يمكن الحصول على توزيع منتظم من الشحنات ؟

✓ **يمكن الحصول على السطح على ذلك فقط على السطوح المنتظمة مثل الموصل الكروي.**

- **يتكون جهد الموصل من ثلاثة أنواع (مطلق, حثي , كلي)**
- **الجهد المطلق للموصل :هو الجهد الموصل الناشئ عن وجود شحنة كلية .**

1. **الجهد المطلق للموصل:هو الجهد الناتج عن الشحنة التي يحملها الموصل نفسه . ويعطى بالعلاقة الآتية:**

$$جـ = 9 \times 10^9 \frac{ش}{نق}$$

س: اذكر العوامل التي يتوقف عليها مقدار الجهد المطلق لموصل ؟

1. **مقدار شحنة الموصل طردي 2.مساحة سطح الموصل 3.الوسط العازل المحيط بالموصل**

2.الجهد الحثي (التأثيري) لموصل كروي: هو الجهد الذي يتولد على الموصل نتيجة لوجوده في المجال الكهربائي لشحنة موصل آخر.

ويعطى بالعلاقة :

$$جـ = 9 \times 10^9 \frac{ش}{ف}$$

ويعتمد الجهد التأثيري على عدة عوامل :

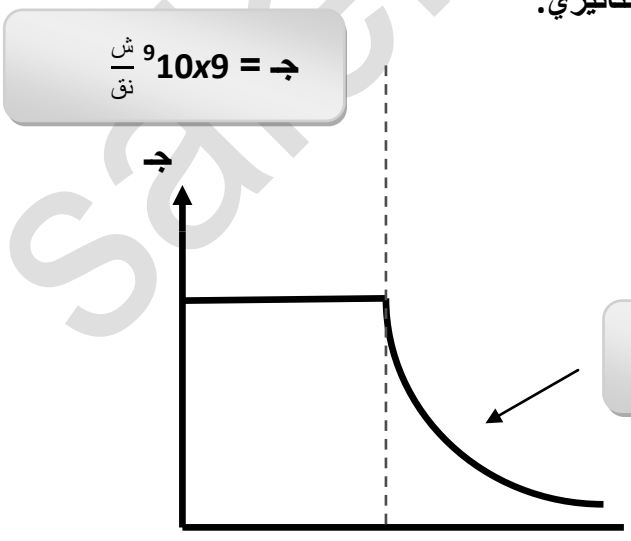
1. **مقدار شحنة المؤثر ...طردي**
2. **المسافة بين الموصل وشحنة المؤثر ...عكسي**
3. **نوع الوسط العازل بين المؤثر والمتأثر.**

3.الجهد الكلي للموصل :

هو عبارة عن مجموع الجهد المطلق بالإضافة إلى الجهد التأثيري.

ويعطى بالعلاقة :

$$جـ_{كلي} = جـ_{مطلق} + جـ_{حثي}$$



Saleh AL-bshish

مثال(1) : ما عدد الالكترونات التي يجب إزالتها من موصل كروي نصف قطره 3سم ليصبح الجهد الكهربائي على سطحه 7500فولت؟

الحل:

أولا نجد الشحنة ثم نجد عدد الالكترونات

جـ = $\frac{\text{ش}}{\text{نق}}$ $10x9^9$ $\frac{\text{ش}}{(0.03)}$ $10x9=7500^9$ = $10x25^{-9}$كولوم

ش = ن $ش_e$ ن= $10x15.6^{10}$ الكترون .

مثال(2) احسب كثافة الشحنة السطحية لموصل كروي نصف قطره 25سم , علما بأن الجهد الكهربائي 1300 فولت على بعد 50 سم من مركزه؟

الحل:

جـ =1300 فولت , الجهد على بعد ف =0.5م , نق =0.25م أولا نستخدم العلاقة التالية:

جـ = $\frac{\text{ش}}{\text{ف}}$ $10x9^9$ ==> $1300x0.5 = 9x^9 10x9$ ش == > ش= $10x7.22^{-8}$ كولوم

وبم أن الشحنات تتوزع على سطح الكرة توزيعا سطحيا منتظما لذا تكون كثافة الشحنة السطحية :

$$\sigma = \frac{\text{ش}}{\text{أ}} = \frac{\text{ش}}{2_{\text{نق}}4\pi} =$$

$$\frac{10x7.22^{-8}}{(0.25)^2x4\pi)}$$

= $10x9.2^{-8}$ كولوم / $م^2$

مثال(3) موصلان كرويان نصفا قطريهما 1سم,2سم على الترتيب , والمسافة بين مركزيهما 36سم اذا علمت أن الشحنة الاولى 10نانوكولوم ,وشحنته الثانية (-2) نانوكولوم , فجد ما يأتي:

1. **جهد نقطة تقع في منتصف المسافة بين الموصلين الكرويين.**
2. **جهد نقطة تقع على سطح الموصل الأول.**
3. **الشحنة على الموصل الثاني بعد وصله بالأرض.**

الحل:

1.جهد نقطة المنتصف هو جهد نقطة تبعد مسافة ف =18سم من مركزي الموصلين الكرويين لذا :

جـ = $(\frac{2\text{ش}}{2\text{ف}} + \frac{1\text{ش}}{1\text{ف}})x^9 10\,x9$

saleh AL-bshish

$$جـ_{هـ} = 9 \times 10^{9} \times \left\{ \frac{10 \times 10^{-9}}{18 \times 10^{-2}} + \frac{2- \times 10^{-9}}{18 \times 10^{-2}} \right\}$$

= 400 فولت

2. $جـ_{كلي} = جـ_{مطلق} + جـ_{حثي}$

$$= 9 \times 10^{9} \times \left\{ \frac{10 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-2}} \right\} + 9 \times 10^{9} \times \left\{ \frac{2- \times 10^{-9}}{36 \times 10^{-2}} \right\}$$

= 8950 فولت

3. $جـ_{كلي} = جـ_{مطلق} + جـ_{حثي}$ ==> صفر لأنه تم توصيل الكرة الثانية بالأرض وتبقى الشحنات مقيدة بسبب قيام الكرة الأولى بشحنتها بالحث فإذا تم افتراض الشحنة على الكرة الثانية ش فأن:

$$= 9 \times 10^{9} \times \left\{ \frac{ش}{2 \times 10^{-2}} \right\} + 9 \times 10^{9} \times \left\{ \frac{10 \times 10^{-9}}{36 \times 10^{-2}} \right\}$$

ش= -5.5×10^{-10} كولوم

سطح تساوي الجهد :

س: سطح متساوي الجهد لا تحتاج القوة الكهربائية فيه إلى بذل شغل لنقل الشحنة عليه ؟

- ✓ **لأن الجهد على السطح متساوي لجميع النقاط الواقعة عليه وبالتالي فرق الجهد بين أي نقطتين على السطح يساوي صفرا ($\Delta جـ$ =صفرا) وعليه فأن الشغل يساوي صفرا (ش=صفرا).**

س: اذكر خصائص سطوح تساوي الجهد ؟

1.سطوح وهمية : تسهم في فهم وتصور توزيع قيم الجهد حول شحنة نقطية أو توزيع من الشحنات.

2.تبدو على شكل سطوح كروي : تحيط بالشحنة النقطية أو موصل كروي.

3. لا تتقاطع :علل ؟ لأنها لو تقاطعت لكان للجهد أكثر من قيمة عند نقطة التقاطع وهو ما يخالف الواقع .

4.السطوح متساوية الجهد متعامدة مع خطوط المجال.

Salem AL-bshish

س: علل السطوح متساوية الجهد متعامدة مع خطوط المجال؟

- ✓ **بما أن الشغل اللازم لنقل شحنة على سطح تساوي الجهد يساوي صفرا لذا:**

ش= مـ ف جتاθ = صفراويكون ذلك صحيحا عندما θ=°90 أي عندما يتعامد خط المجال ($\overleftarrow{مـ}$) مع الأزاحة ($\overleftarrow{ف}$) .

س: فسر ..موصل يحمل شحنة كهربائية وليس له جهد ؟

- ✓ **لأن الموصل موصولة بالأرض والشحنة التي عليه مقيدة.**

س: اذكر الحالات التي ينعدم فيها الجهد:

1.عند أي نقطة خارج لوحين مشحونين متوازيين.

2.في ما لا نهاية.

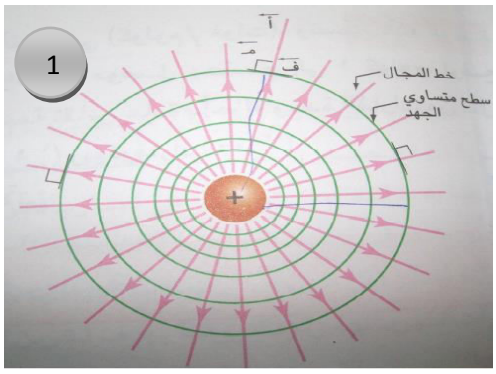
3.موصل موصول بالأرض

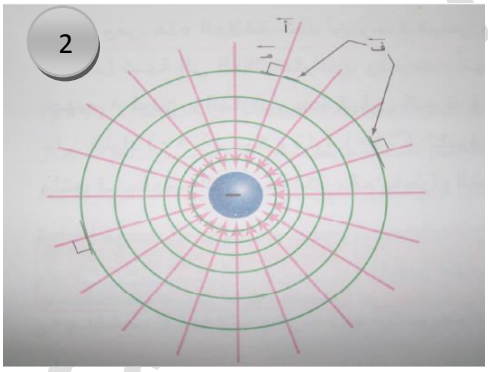
4.عند نقطة تبعد مسافتين متساويتين عن شحنتين متساويات مقدارا ومختلفتان نوعا.

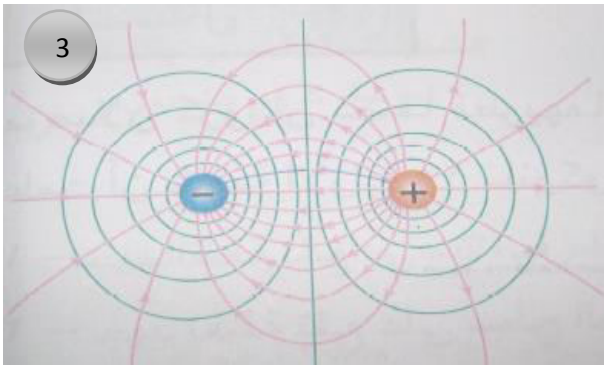
5.عند نقطة تقع بين أو خارج شحنتين مختلفتين نوعا ومقدارا وأقرب الى الشحنة الصغرى.

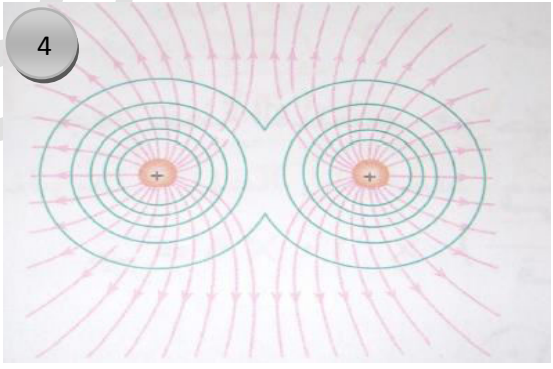
س: ارسم سطوح متساوية الجهد لكل مما يلي:

1.شحنة موجبة 2. شحنة سالبة 3.شحنتين مختلفتين بالشحنة4 . شحنتين متشابهات بالشحنة







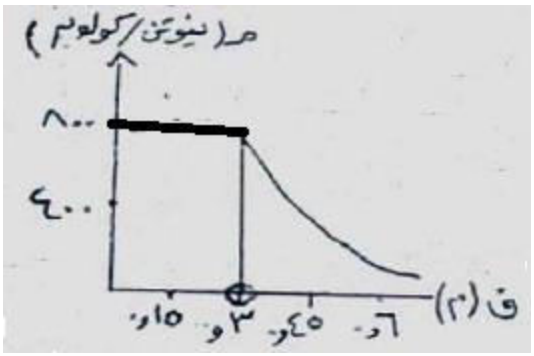


أمثلة متنوعة على الجهد :

مثال(1)رسمت العلاقة بيانيا بين المجال الكهربائي الناشئ عن موصل كروي مشحون بشحنة سالبة والبعد عن المركز. اعتمادا على الرسم المجاور احسب ما يلي:

1.الشغل اللازم لنقل شحنة (3) ميكروكولوم من النقطة (أ) تبعد(0.15)م عن سطح الموصل من الخارج الى المالانهاية .

2.عدد الالكترونات اللازمة لكي يتعادل الموصل كهربائيا.



الحل:

1. **أولا نجد الشحنة على السطح**

مـ = $\frac{\text{ش}}{\text{ق}_{\text{نق}}^2}$ 10^9x9

800=9x 10^9 $\frac{\text{ش}}{0.09}$ => ش=8x 10^{-9}كولوم

جـ أ =9x 10^9 $\frac{\text{ش}}{\text{ف}}$ ==> 9x 10^9 x(-8x 10^{-9}/ 0.45) = - 160فولت

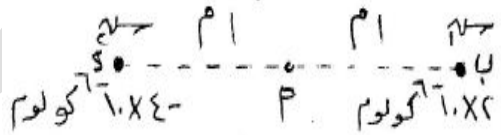
ش أ←∞ = ش(جـ∞ - جـ أ)= 3x 10^{-6}(0 -(-160))= 48x 10^{-6}جول.

2.ش= ن ش$_e$ ==> ن= (8x 10^{-9}/ 1.6 x 10^{-19}) =5x 10^{10} الكترون.

مثال(2) اعتماد على الشكل المجاور احسب :

1.طاقة الوضع الكهربائية للشحنة (ش$_1$).

2.الشغل اللازم لنقل الكترون من النقطة (أ) الى اللانهاية .



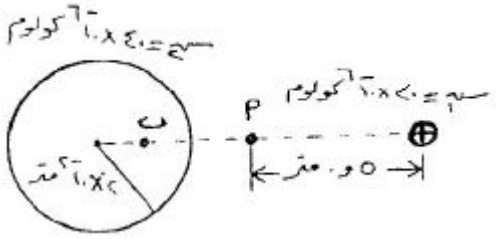
الحل :

1. **ط$_و$= ش$_1$xجـ ش$_2$= (2x 10^{-6}) (4x-)x 10^9 9x 10^{-6} / 2) =-36x 10^{-3}جول**
2. **بالبداية نقوم بحساب الجهد لكل شحنة ثم نجمعهم لتصبح هكذا: جـ أ =جـ $_1$+جـ$_2$**
   جـ أ=-18x 10^3فولت .
   ش أ ←∞= ش$_e$(جـ∞- جـ أ) =2.88x 10^{-21}جول.

مثال(3) في الشكل المجاور شحنة نقطية (ش$_1$) تبعد عن مركز موصل كروي مشحون مسافة (1)م معتمدا على الشكل وبياناته احسب:

1.جهد النقطة (ب) والتي تبعد عن مركز الموصل مسافة ($1x10^{-2}$)م .

2.الشغل اللازم لنقل الكترون من النقطة (أ) الى سطح الموصل .



الحل: بشكل مختصر

1. جـ ب = جـ مطلق + جـ حثي

جـ ب= $1818x10^{4}$فولت .

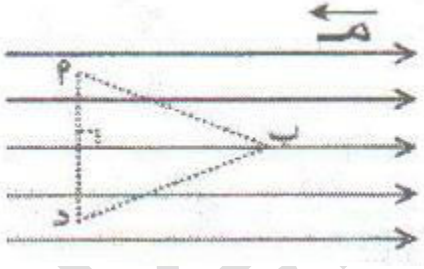
جـ أ= جـ ناتج عن الشحنة + جـ ناتج عن السطح ==>

جـ أ= $10.8x10^{5}$فولت .

أيضا جـ ب= جـ سطح

ش أ← سطح = ش$_e$(جـ سطح - جـ أ)=- $2.736x10^{-12}$ جول

مثال(4)يوضح الشكل المجاور مجالا كهربائيا منتظما مقداره (10^4) فولت /م , النقاط أ,ب,د واقعة في المجال وتمثل رؤوس مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه (2سم) والخط الواصل بين أ,د عمودي على خطوط المجال . احسب الشغل المبذول في نقل شحنة كهربائية موجبة مقدارها ($1x10^{-9}$)كولوم من النقطة أ الى ب عبر المسار(أ د ب) . الحل:



ش أ ←د ←ب = ش أ←د + ش د ←ب

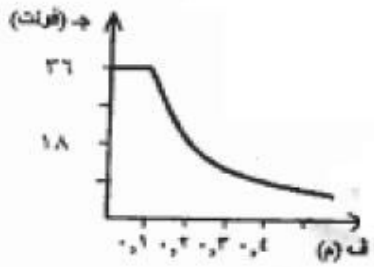
= ش جـ دأ + جـ ب د

=ش(مـ ف جتا 90) + ش(مـ ف جتا150)

= صفر +$(1x10^{-9}x2x10^{4}x0.87-10^{-2}x)$= - $174x10^{-9}$جول.

مثال(5)

يبين الرسم البياني المجاور العلاقة التي تربط الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون بشحنة موجبة والبُعد عن مركزه. معتمداً على البيانات المثبتة جد :

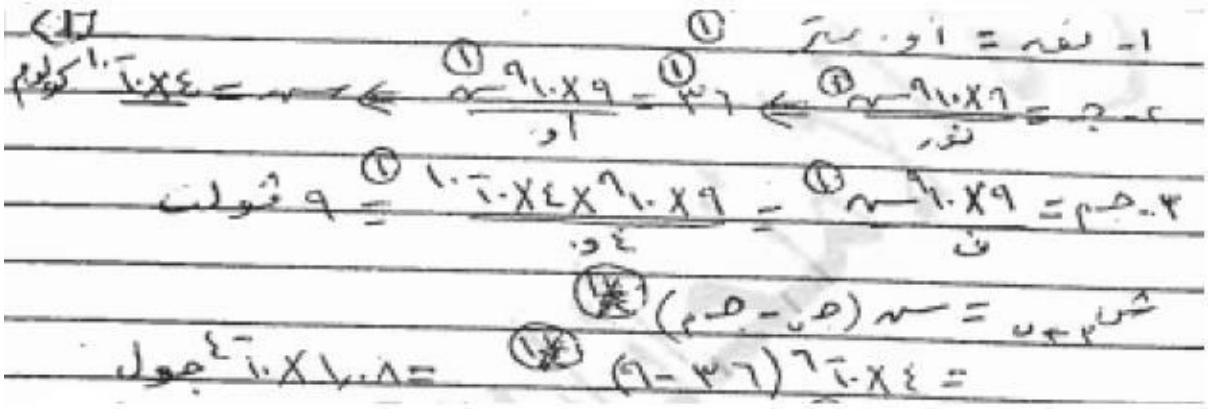


١) نصف قطر الموصل الكروي.

٢) شحنة الموصل الكروي.

٣) الشغل المبذول لنقل شحنة ($+٤ \times ١٠^{-٦}$) كولوم من نقطة (أ) والتي تبعد (٠,٤) م عن مركز الموصل الكروي إلى نقطة (ب) التي تقع على سطح الموصل.

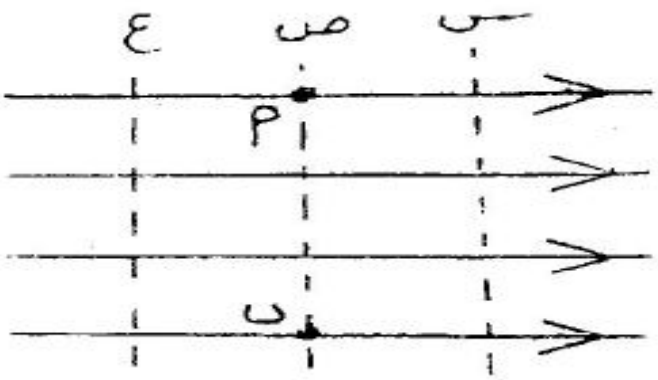
الحل:



مثال(6) يوضح الشكل المجاور مجال كهربائي منتظم وتمثل الخطوط (س,ص,ع) سطوح متساوية الجهد , معتمدا على الشكل ,أجب عما يلي:

1.رتب السطوح متساوية الجهد تنازليا حسب قيمة جهد كل منهما.

2.فسر لماذا لا يلزم شغل لنقل شحنة نقطية من النقطة (أ)إلى النقطة (ب).



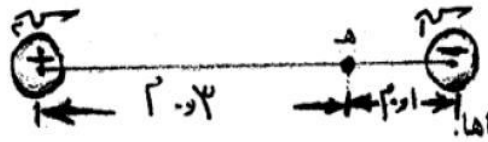
الحل:

1. **ع ,ص,س**
2. **لأن النقطتين متساويتين في الجهد بسبب وقوعهما على نفس سطح متساوي الجهد.**

مثال(7)

شتوي ٢٠٠٧

ب) شحنتان كهربائيتان نقطيتان موضوعتان في الهواء؛ ($س_1$ = -٤ × ١٠$^{-9}$ كولوم ، (١١ علامة)
$س_2$ = +٩ × ١٠$^{-9}$ كولوم) ، كما في الشكل ،



بالاعتماد على المعلومات المثبتة عليه، **أجب عما يأتي :**

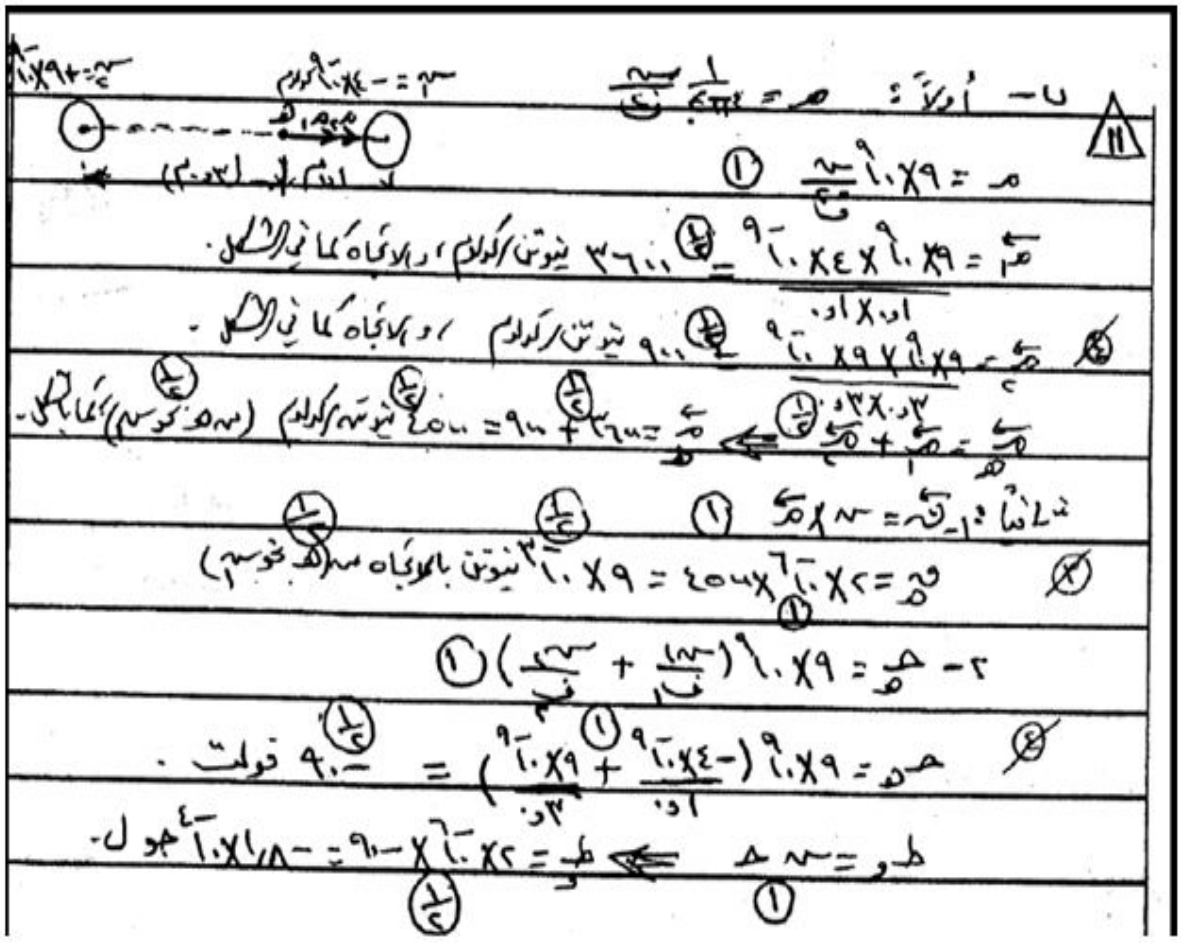
أولاً : احسب المجال الكهربائي في النقطة (هـ) **مقداراً واتجاهاً.**

ثانياً : إذا وضعت في النقطة (هـ) شحنة كهربائية نقطية ($س_3$ = +٢ × ١٠$^{-6}$) كولوم ، **فاحسب ما يأتي :**

١) القوة الكهربائية المؤثرة في ($س_3$) **مقداراً واتجاهاً.**

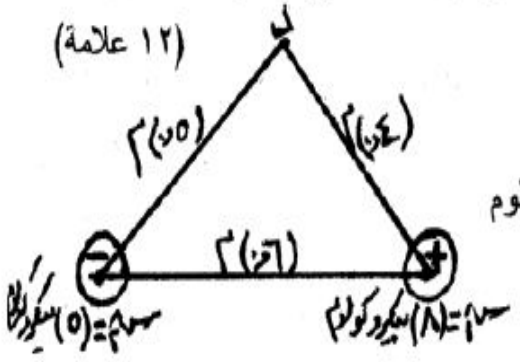
٢) طاقة الوضع الكهربائية للشحنة ($س_3$).

الحل :



مثال(8)صيفي 2007

ب) شحنتان كهربائيتان نقطيتان موضوعتان في الهواء كما في الشكل ، بالاعتماد على المعلومات المثبتة عليه

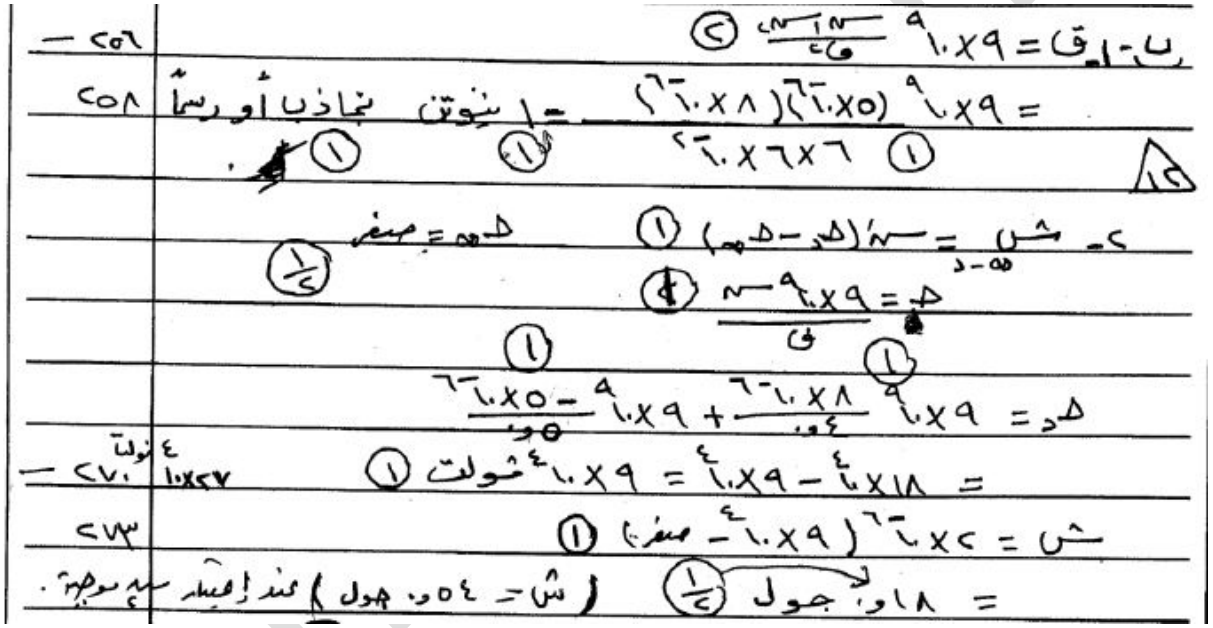


احسب ما يأتي : (١٢ علامة)

١) القوة الكهربائية المتبادلة بينهما مقداراً واتجاهاً.

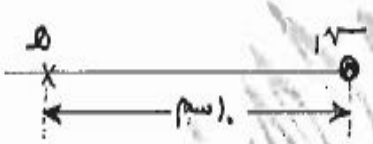
٢) الشغل المبذول لنقل شحنة موجبة مقدارها (٢×١٠^{-٦}) كولوم من المالانهاية إلى النقطة (د).

الحل:



مثال(9) شتوي 2011

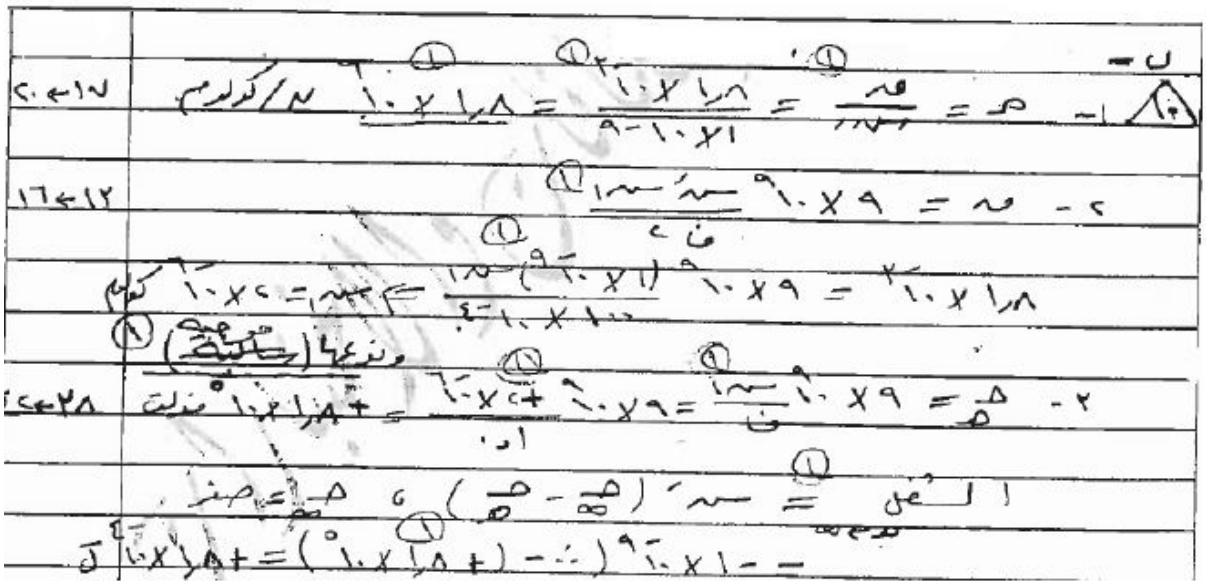
ب) شحنة كهربائية نقطية (ـهـ) موضوعة في الهواء وتبعد مسافة (١٠) سم عن النقطة (هـ). فإذا كانت القوة الكهربائية التي تؤثر بها الشحنة (ـهـ) على شحنة اختبار ($ـهـ = -١ \times ١٠^{-٩}$) كولوم موضوعة عند النقطة (هـ) تساوي ($١,٨ \times ١٠^{-٣}$) نيوتن باتجاه محور السينات الموجب. احسب : (١٠ علامات)



١) المجال الكهربائي عند النقطة (هـ)

٢) مقدار الشحنة (ـهـ) ونوعها.

٣) الشغل اللازم لنقل (ـهـ) من النقطة (هـ) إلى اللانهاية.



مثال(10) صيفي 2008

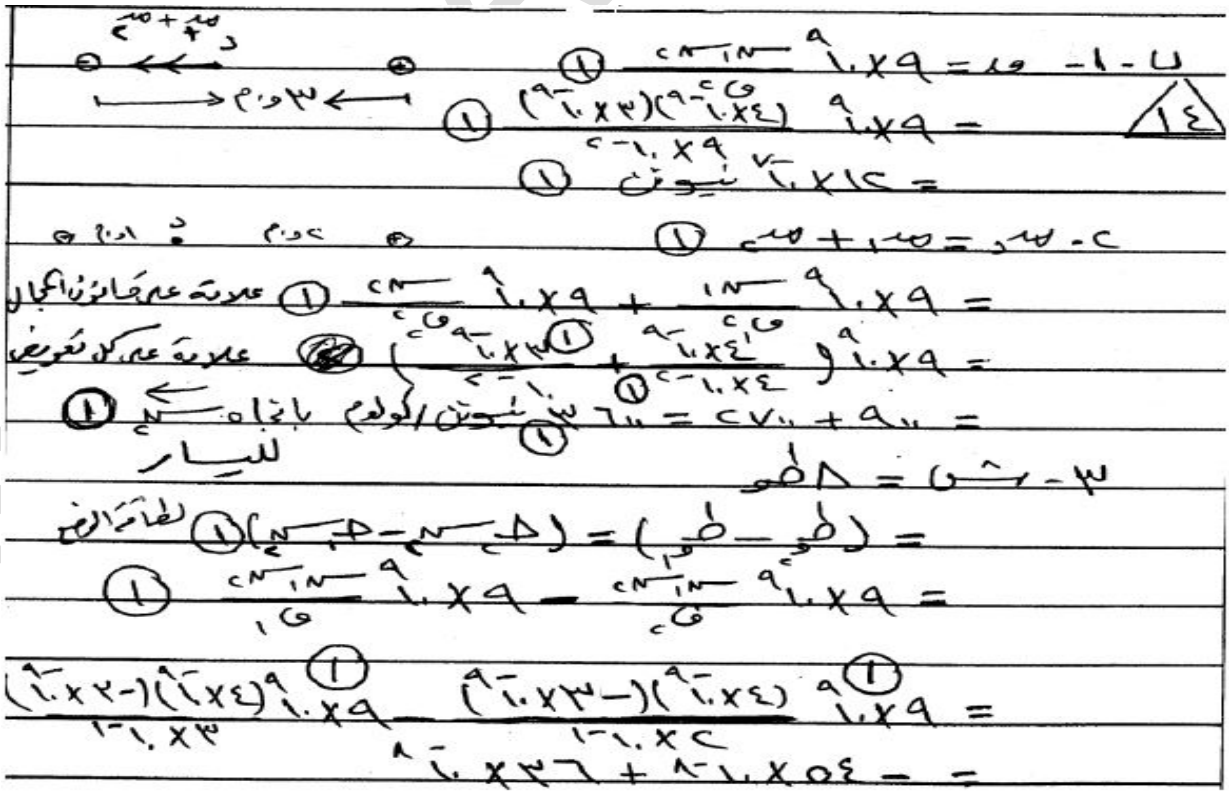
ب- يمثل الشكل المجاور شحنتان كهربائيتان نقطيتان (سم ، سم) وموضوعتان في الهواء.

اعتماداً على القيم المثبتة عليه **احسب** :

١- القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين.

٢- المجال الكهربائي عند النقطة (د) مقداراً واتجاهاً.

٣- التغير في طاقة الوضع الكهربائية في نقل الشحنة (سم) إلى النقطة (د).

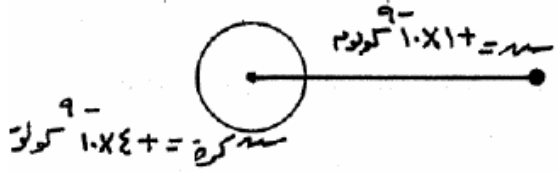


مثال(11) 2009 شتوي

ب- الشكل المجاور يمثل شحنة كهربائية نقطية مقدارها ($+1 \times 10^{-9}$) كولوم، تبعد مسافة (٠,٢) م عن مركز موصل كروي مشحون نصف قطره (٠,٠٥) م في الهواء بالاستعانة بالقيم المثبتة عليه احسب:(٨ علامات)

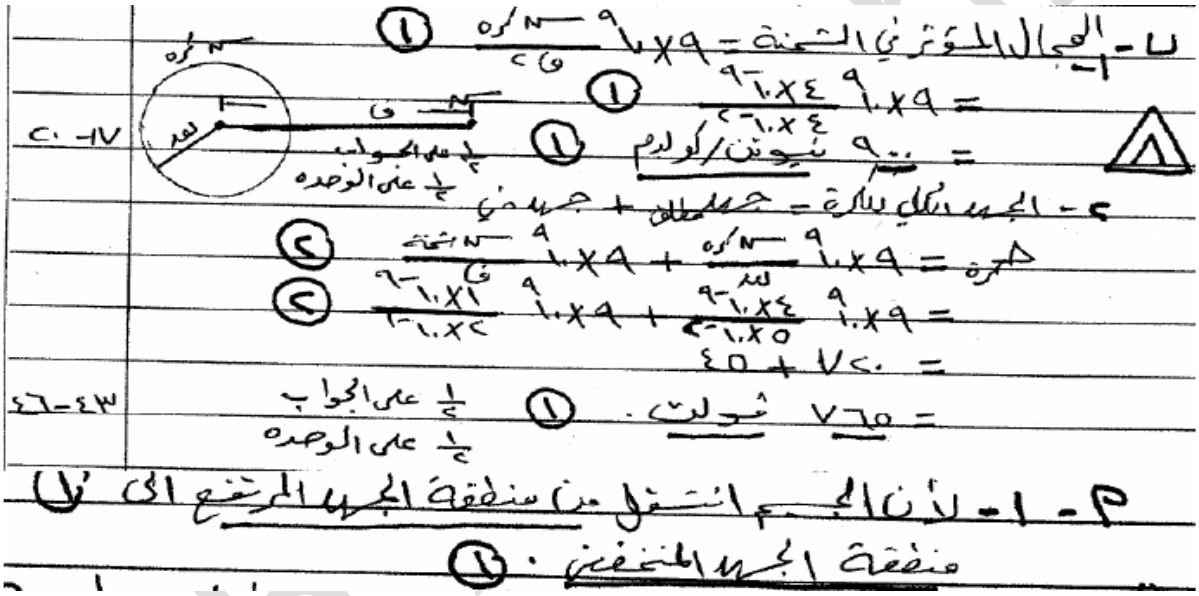
١) المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة النقطية.

٢) الجهد الكهربائي الكلي للكرة.



فسّر لكل مما يأتي : (علامتان)

١) جسيم مشحون بشحنة موجبة تحرك في مجال كهربائي منتظم باتجاه المجال فقلّت طاقة وضعه الكهربائية.

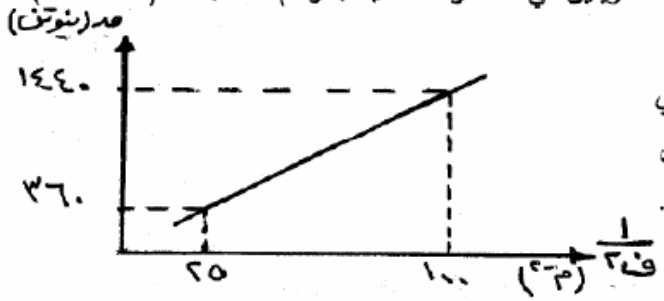


مثال(12) 2009 صيفي

ب) يُمثّل الرسم البياني المجاور العلاقة بين القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين موجبتين **ومقلوب مربع المسافة** بينهما، إذا علمت أن الشحنتين متساويتين في المقدار، مستعيناً بالرسم **احسب** : (١٢ علامة)

١) مقدار كل من الشحنتين.

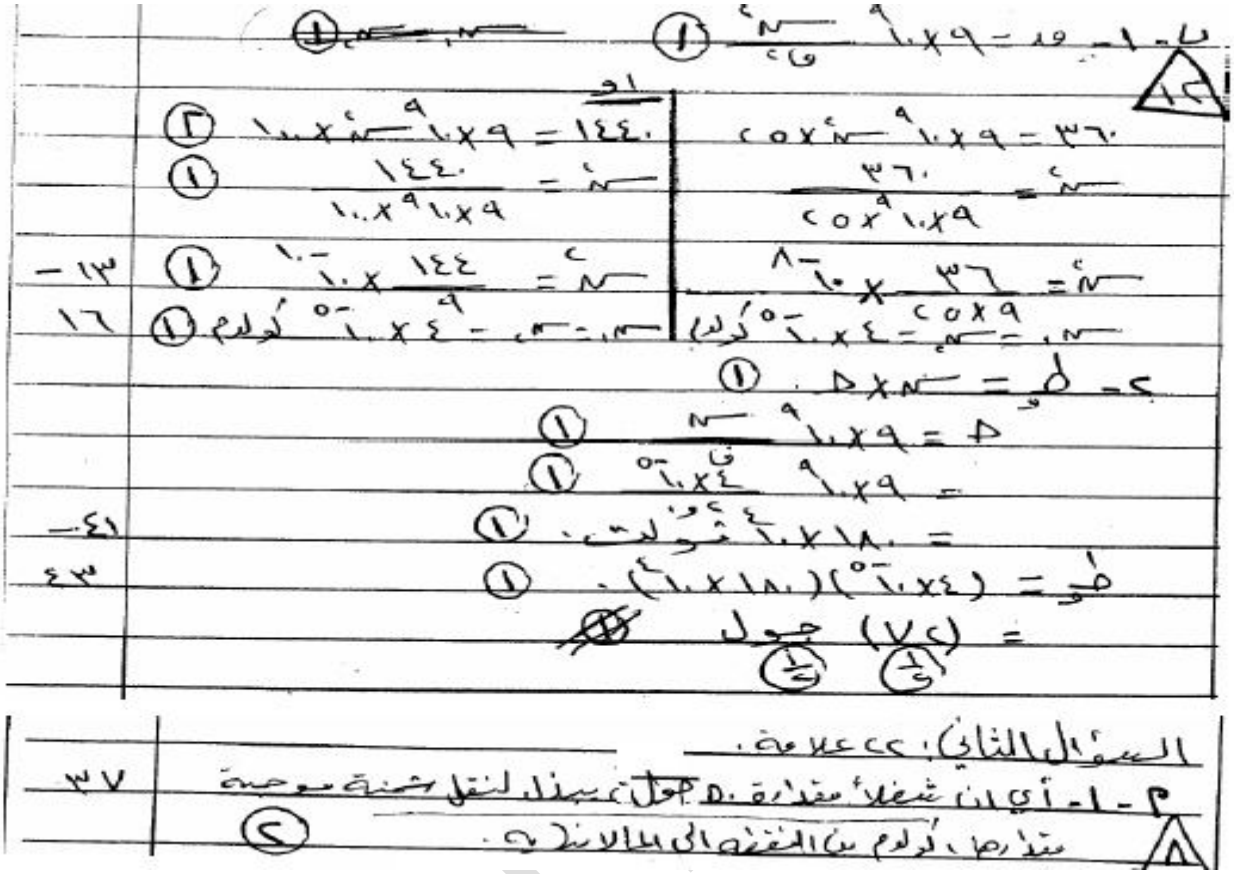
٢) طاقة الوضع الكهربائية الناجمة عن أي من الشحنتين والمؤثرة في الشحنة الأخرى عندما تكون المسافة بينهما (٠,٢) م.



السـؤال الثاني : (٢٢ علامة)

أ) علامَ تدل الإشارة السالبة في كل من العبارات الآتية : (علامتان)

١) الجهد الكلي لنقطة = (-٥٠) فولت.



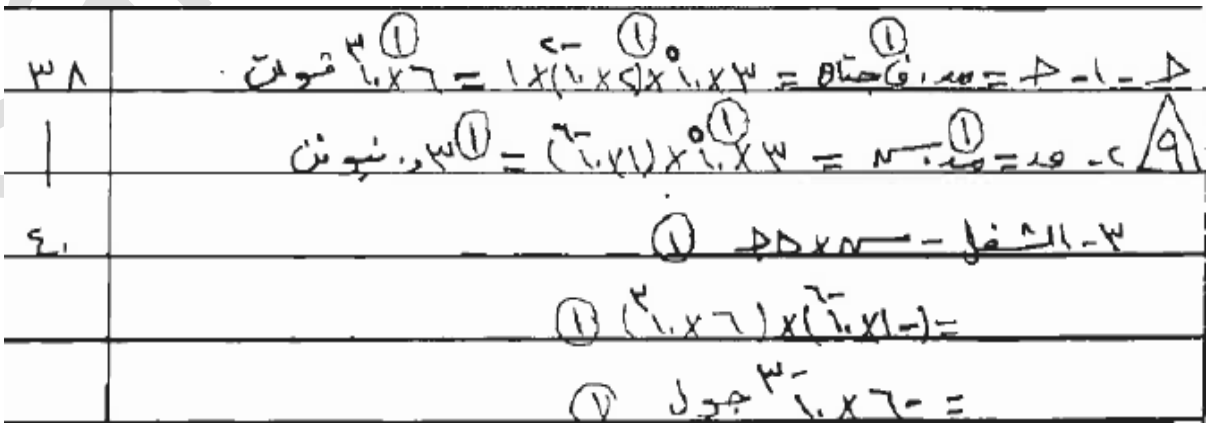
مثال(13) صيفي2010

ج) ثُبّت لوحان فلزيان مشحونان متوازيان قبالة بعضهما البعض داخل أنبوب مفرغ من الهواء وعلى بُعد (2×10^{-2}) م من بعضهما. فتولد بينهما مجالاً كهربائياً قدره (3×10^{5}) فولت/م. احسب : (9 علامات)

١) فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين.

٢) مقدار القوة المؤثرة في شحنة نقطية مقدارها (-1×10^{-6}) كولوم وضعت بين اللوحين.

٣) الشغل الذي يبذله المجال في نقل شحنة مقدارها (-1×10^{-6}) كولوم من اللوح السالب إلى اللوح الموجب.

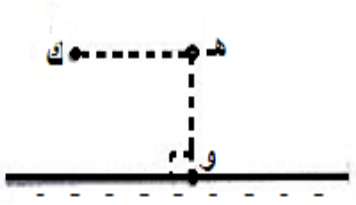


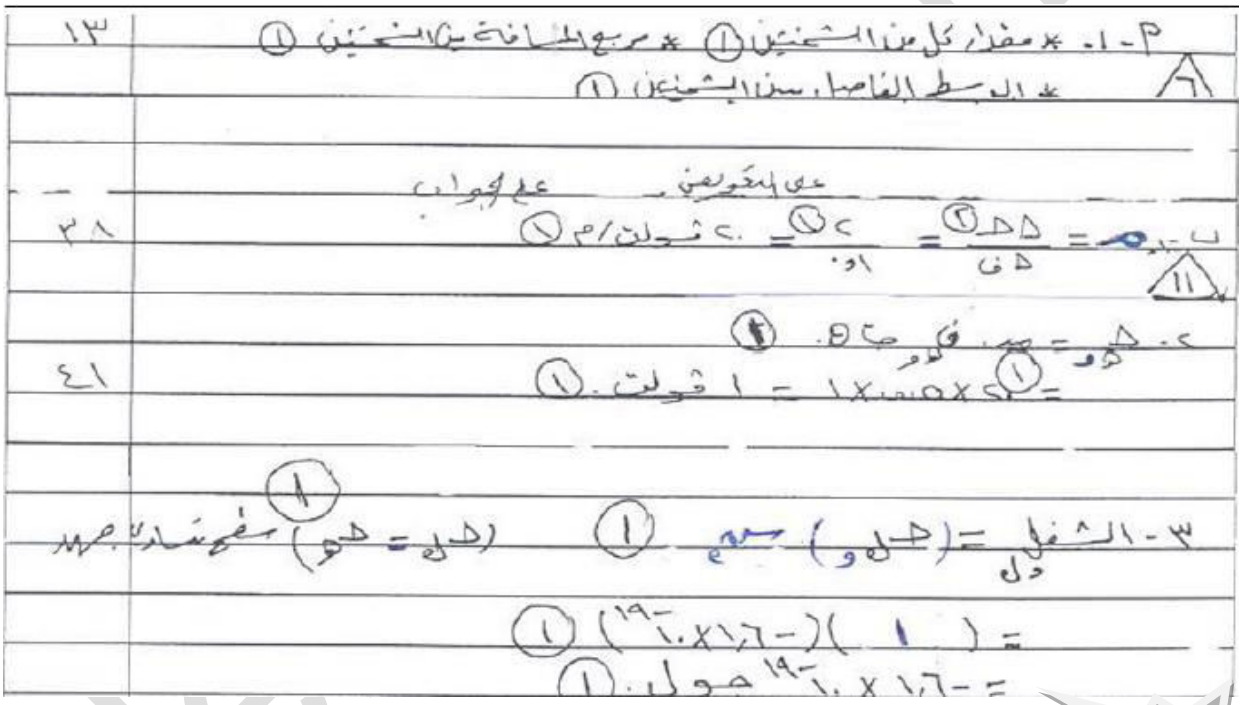
مثال(14) شتوي 2010

أ- أذكر ثلاثاً من التي يعتمد عليها:
١- القوة المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين نقطيتين (٣ علامات)

ب- يمثل الشكل المجاور لوحين فلزيين لا نهائيين الفرق في الجهد بينهما (٢ فولت). وتفصل بينهما مسافة (٠.١ م) . إذا كانت النقطتان (هـ ، ك) تقعان في منتصف المسافة بين اللوحين ،والنقطة (و) تقع على اللوح السالب أحسب : ١- المجال الكهربائي عند النقطة (هـ)
٢- فرق الجهد (جـهـو) .

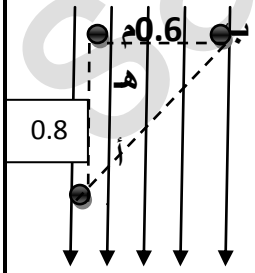
(١١ علامة)





اختبر نفسك

مجال كهربائي منتظم مقداره (325فولت/م) يؤثر بالاتجاه المبين في الشكل أجب عما يلي:



أ) احسب فرق الجهد الكهربائي جـ أ ب.
ب) ما الشغل اللازم لنقل الكترون من (أ) الى (ب) ؟

الأجابة :

أ. جـ أ ب = -260فولت.
ب. -4.16 x 10^{-17} جول.

اختبر نفسك **ثبت لوحان فلزيان قبالة بعضهما داخل أنبوب مفرغ من الهواء , ووصلا الى فرق جهد مقداره (6000فولت) أذا كانت المسافة التي تفصل بينهما (2سم) فأجب عما يأتي:**

أ)احسب مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تقع في الحيز بين اللوحين.

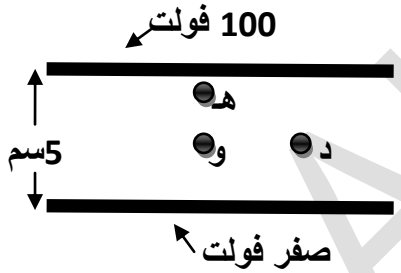
ب) أهمل تأثير الجاذبية , ثم جد مقدار الطاقة الحركية التي يكتسبها إلكترون يتسارع من السكون في الحيز بين اللوحين.

جـ)إذا استطعنا تقليل المسافة بين اللوحين لتصبح (1سم) مع الحفاظ على الفرق في الجهد بينهما , فكيف يؤثر ذلك في إجابتك عن الفرعين السابقين .

الأجابة:

أ)3×10^{5}فولت /م. ب) Δطـ= 9.6×10^{-16} جول. جـ) 6×10^{5}فولت /م

اختبر نفسك **يبين الشكل لوحين لوحين فلزيين متوازيين الفرق في الجهد بينهما (100فولت) وتفصل بينهما مسافة (5سم) .اذا كانت النقطة (و) في منتصف المسافة بين اللوحين والنقطة (د)تبعد عنها (1سم) فجد ما يأتي :**



أ) اتجاه المجال
ب) مقدار المجال عند النقاط (هـ),(و).
ت) الشغل المبذول لنقل إلكترون من (هـ) إلى (و).
ث) فرق الجهد: جـ هـو .
ج) الشغل المبذول لنقل إلكترون من (و) الى (د).
ح) فرق الجهد : جـ دو .
خ) إذا وضعت شحنة (2ميكروكولوم) عند النقطة (و) فما القوة الكهربائية المؤثرة فيها جـ هـو.

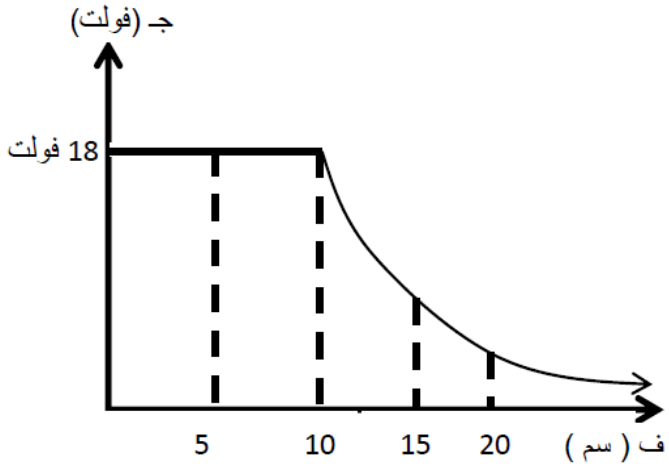
الأجابة :

أ) هـ ← و ب) مـ هـ= مـ و =2000فولت/م ت) ش هـ ←و= 8×10^{-18}جول.

ث) جـ هـو= 50 فولت. ج) ش و← د=صفر ح) جـ دو =صفر خ) 4×10^{-3}نيوتن باتجاه المجال.

اختبر نفسك **مثلث العلاقة بين الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون والبعد عن مركزه بيانيا ,كما في الشكل اعتمادا على الرسم جد ما يأتي:**

Saleh AL-bshish



أ) نصف قطر الموصل .
ب) المجال الكهربائي داخل الموصل .

ج)المجال عند سطح الموصل

د)فرق الجهد بين نقطتين تبعدان عن مركز الموصل 5سم و20سم على الترتيب.

(أ) نق = ١٠ سم .

(ب) مـ = صفر.

(جـ) لحساب المجال عند سطح الموصل، نحسب أولا الشحنة على سطحه حيث: جـ = $\frac{\text{ـــ}}{\text{نق}}$ ٩ × ١٠ ٩

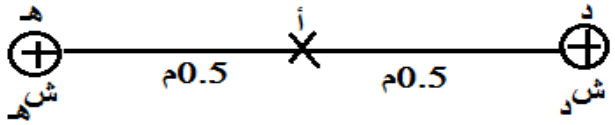
١٨ = ٩ × ١٠ ٩ $\frac{\text{ـــ}}{\text{٢ـ١٠ × ١٠}}$ ، ومنها نجد: ـــ = ٢ × ١٠ ـ١٠ كولوم ⇐

مـ = $\frac{\text{ـــ}}{\text{نق}^{٢}}$ = $\frac{\text{٩ـ١٠ × ٩}}{(\text{٢ـ١٠ × ١٠})^{٢}}$ = $\frac{\text{ـ١٠ × ٢ × ٩ـ١٠ × ٩}}{}$ = ١٨٠ نيوتن/كولوم

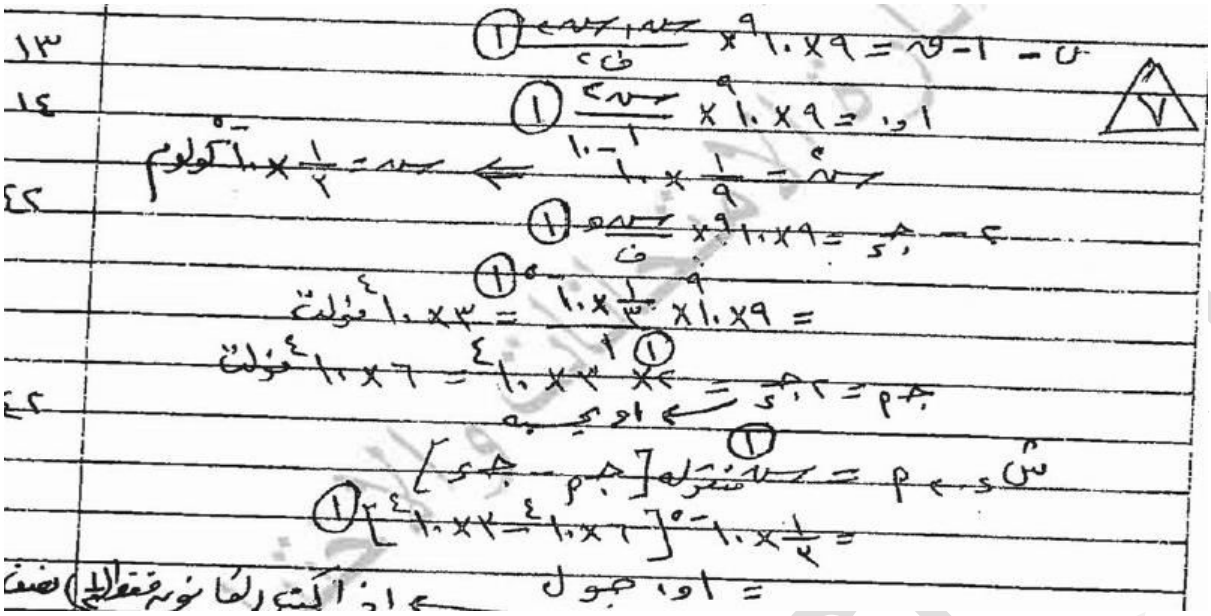
(د) جـ٥سم ـ جـ٢٠سم = ٩ × ١٠ ٩ × ($\frac{\text{ـ١٠ × ٢}}{\text{٢ـ١٠ × ١٠}}$ ـ $\frac{\text{ـ١٠ × ٢}}{\text{٢ـ١٠ × ٢٠}}$) = ٩ فولت.

اختبر نفسك 2015

اذا كانت القوة الكهربائية بين الشحنتين الكهربائيتين المتماثلتين الموضحتين في الشكل المجاور تساوي (0.1) نيوتن معتمدا على الشكل احسب :

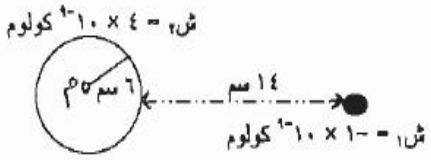


1- مقدار كل من الشحنتين 2.الشغل اللازم لنقل الشحنة ش د الى النقطة (أ)



اختبر نفسك 2016

ب) شحنة كهربائية نقطية (ش١) موضوعة في الهواء وتبعد مسافة (١٤ سم) عن سطح موصل كروي مشحون بشحنة (ش٢) ونصف قطره (٦ سم) كما في الشكل. بالاستعانة بالقيم المثبتة على الشكل، احسب :

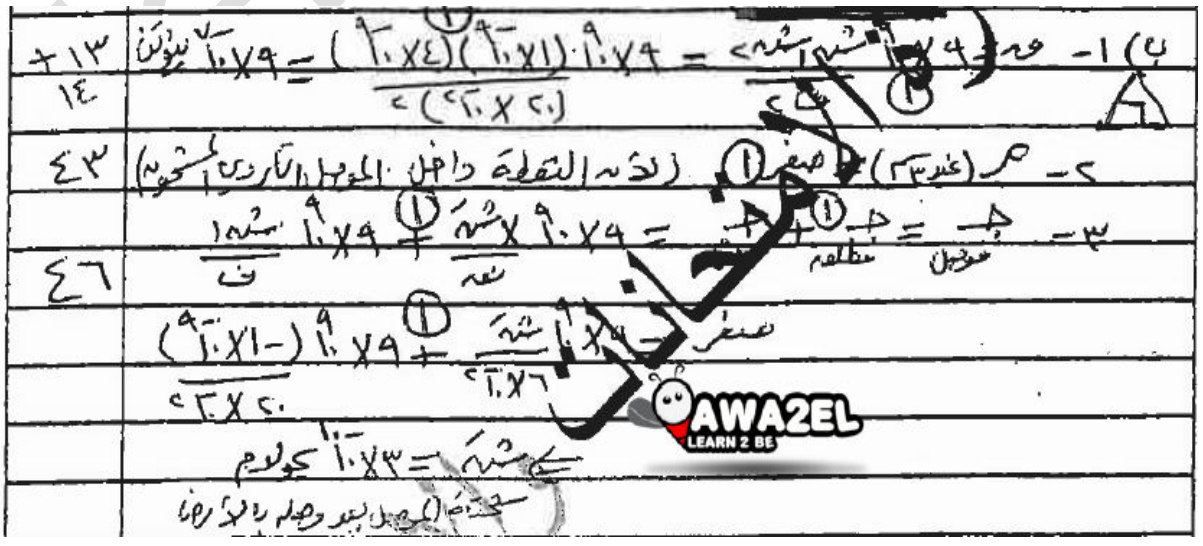


١) مقدار القوة الكهربائية التي يؤثر بها الموصل في الشحنة النقطية.

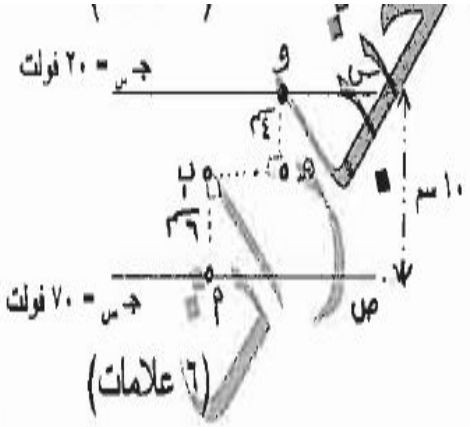
٢) مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (٣ سم) عن مركز الموصل (م).

٣) شحنة الموصل إذا تم وصله بالأرض. (٦ علامات)

الاجابة:



اختبر نفسك 2016



ج) يبين الشكل المجاور لوحين فلزيين متوازيين (س ، ص)،

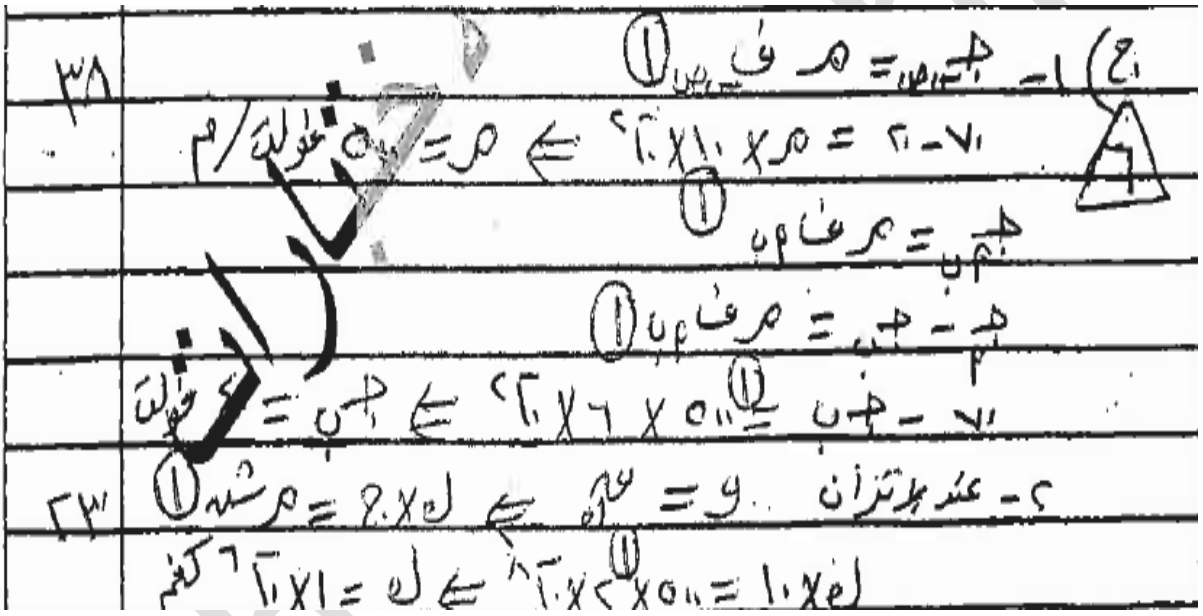
بالاعتماد على القيم المثبتة على الشكل، احسب:

١) الجهد الكهربائي عند النقطة (ب).

٢) كتلة جسيم شحنته (٢×١٠^{-٨}) كولوم متزن عند النقطة (هـ).

(٦ علامات)

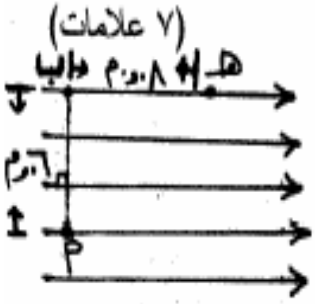
الاجابة:



اختبر نفسك 2008

يمثّل الشكل مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره ($١٠^{٤}$) فولت/م ، (أ ، ب ، هـ) نقاط واقعة داخله، اعتمادا على الأبعاد المبينة في الشكل :

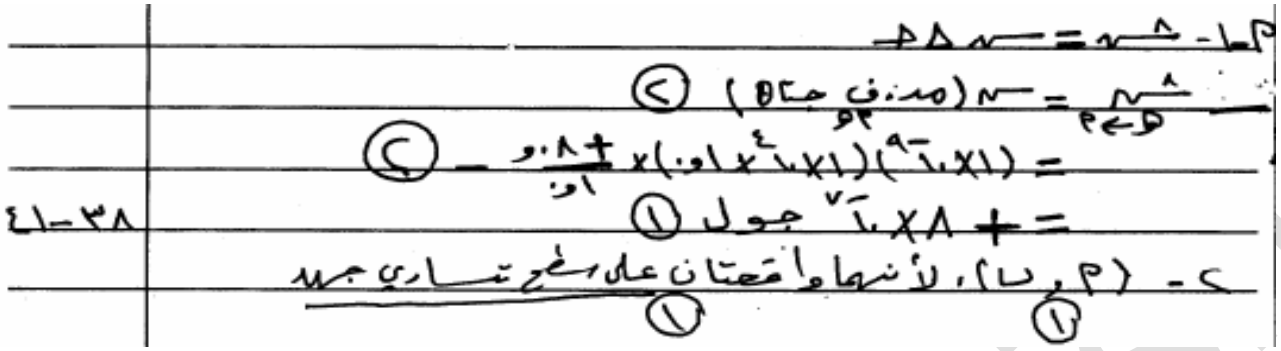
(٧ علامات)



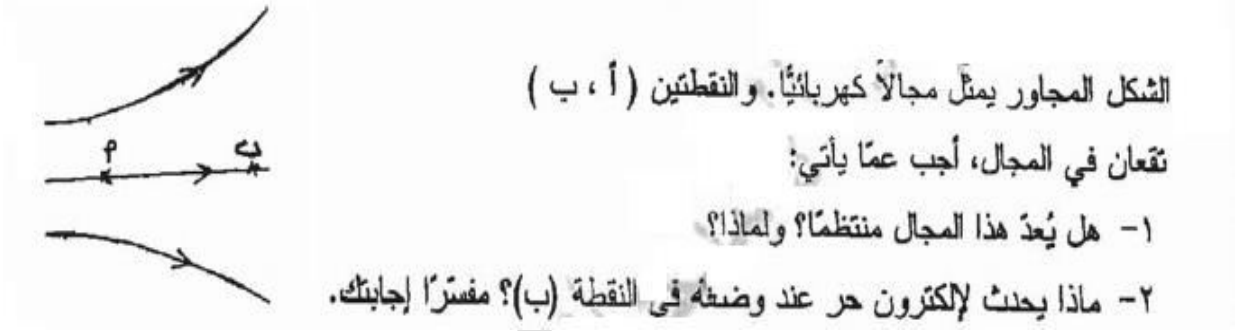
١) **احسب** الشغل المبذول لنقل شحنة مقدارها (١×١٠^{-٩}) كولوم من هـ إلى أ بسرعة ثابتة.

٢) **حدّد** نقطتان على الشكل فرق الجهد بينهما يساوي صفراً، **فسّر ذلك**.

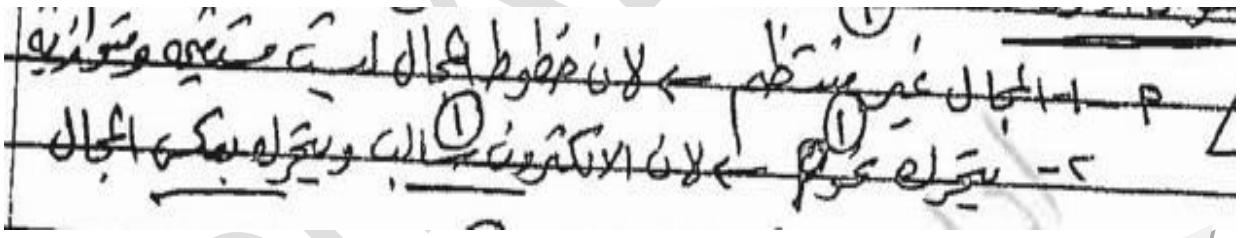
الأجابة:



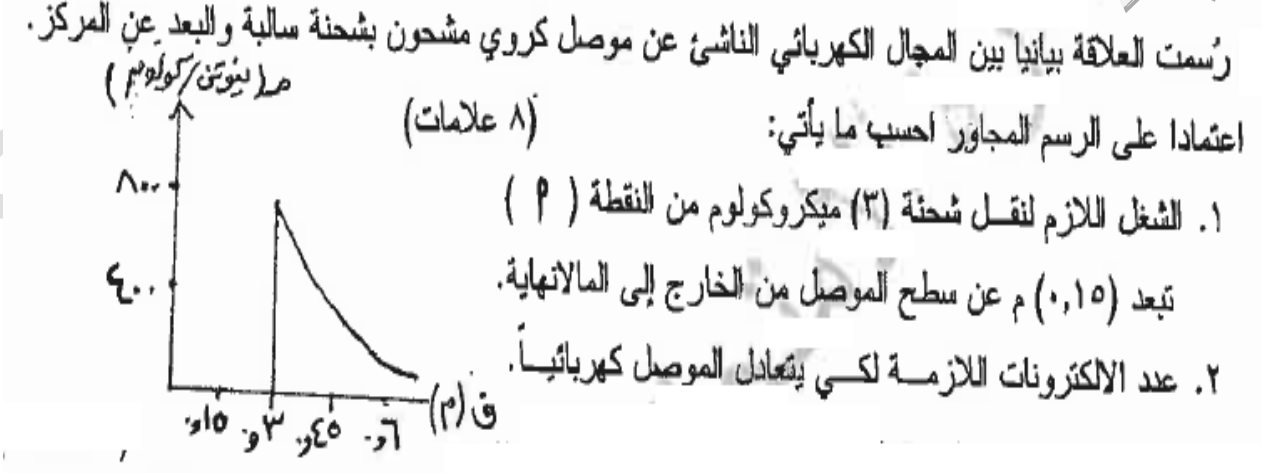
اختبر نفسك 2015



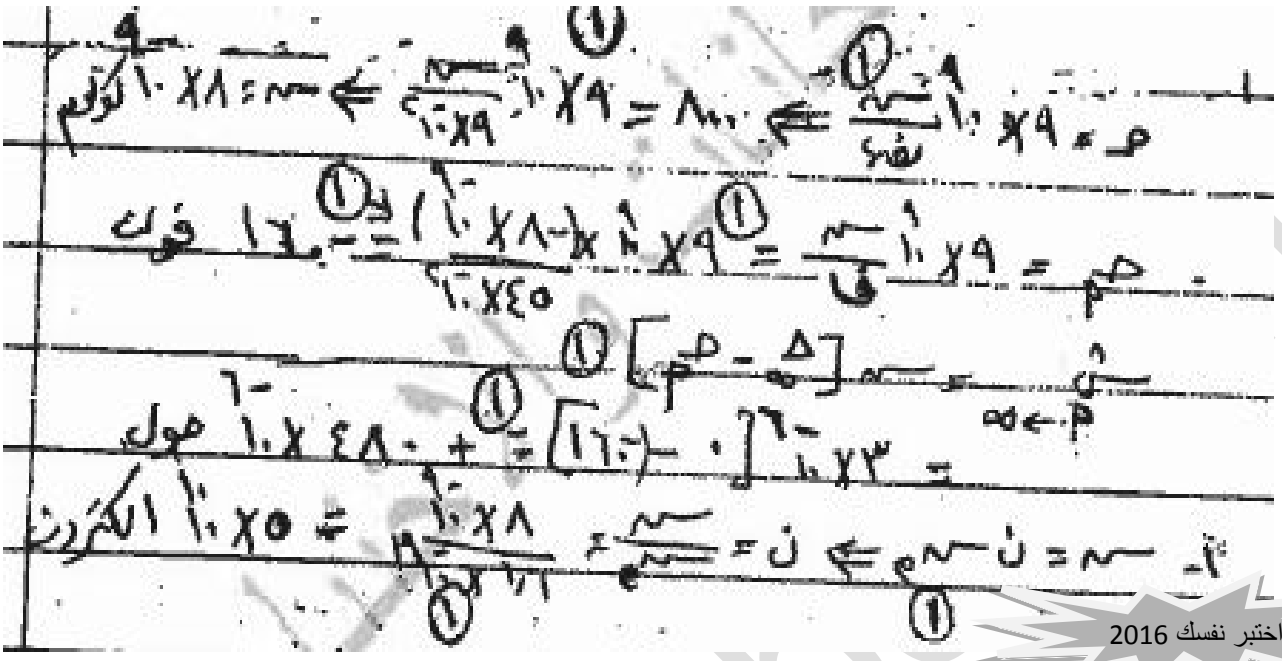
الأجابة:



اختبر نفسك 2015

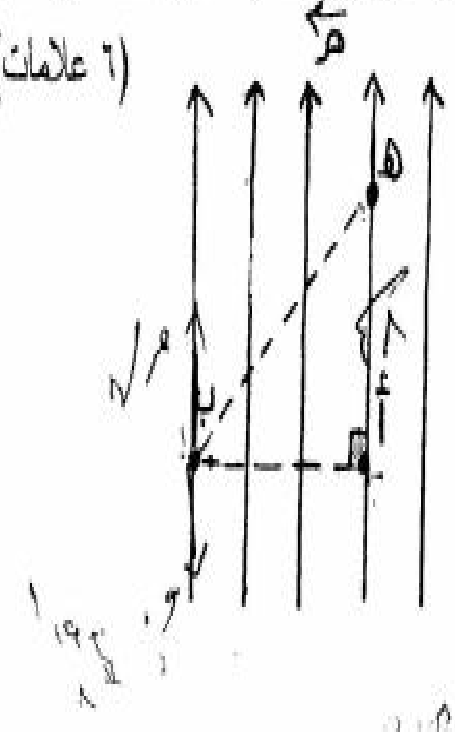


الأجابة:



اختبر نفسك 2016

يوضح الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً (مـ) مقداره (٢ × ١٠^{٤}) فولت/م والنقاط (أ ، ب ، هـ) واقعة في المجال، بحيث تقع النقطتان (أ ، هـ) على خط مجال واحد والزاوية (هـ أ ب) قائمة، وطول (أ هـ) يساوي (٨) سم. **أجب عما يأتي :** (٦ علامات)



١) ماذا يحدث لإلكترون حرّ عند وضعه في النقطة (هـ)؟

٢) احسب الشغل المبذول في نقل شحنة كهربائية مقدارها (٣ × ١٠$^{-٩}$) كولوم من النقطة (هـ) إلى النقطة (ب).

٣) احسب كتلة جسيم شحنته (١ × ١٠$^{-٩}$) كولوم إذا اتزن عند وضعه في النقطة (ب).

الأجابة:

١) يتحرك نحو (أ) لأن الإلكترون سالب

٢) الشغل هـ ← ب = ـــــ x جـ ب هـ

جـ ب هـ = جـ ب أ + جـ أ هـ ← جـ أ هـ = صفر + مـ ف جتا ٠

جـ ب هـ = ٢ ١٠ x ٤ ١٠ X ٨ X ١ X ٢- ١٠ = ١٦ X ١٠ ٢ فولت

الشغل هـ ← ب = ٣ X ١٠ ٩- X ١٦ X ٢ ١٠ ← الشغل هـ ← ب = ٤٨ X ١٠ ٧- جول

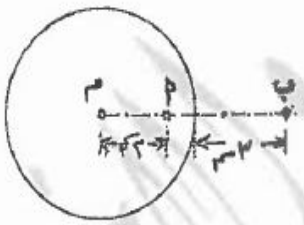
٣) ق كهربائية = ق وزن

مـ ـــــ = ك جـ ← ك = مـ ـــــ X ـــــ / جـ

ك = ٢ X ١٠ ٤- X ١ X ١٠ ٩- / ١٠ ← ك = ٢ X ١٠ ٦- كغم

اختبر نفسك 2008

يمثل الشكل موصل كروي نصف قطره (٣) سم مشحون بشحنة (+٢ × ١٠ ٨-) كولوم. احسب: (١٠علامات)

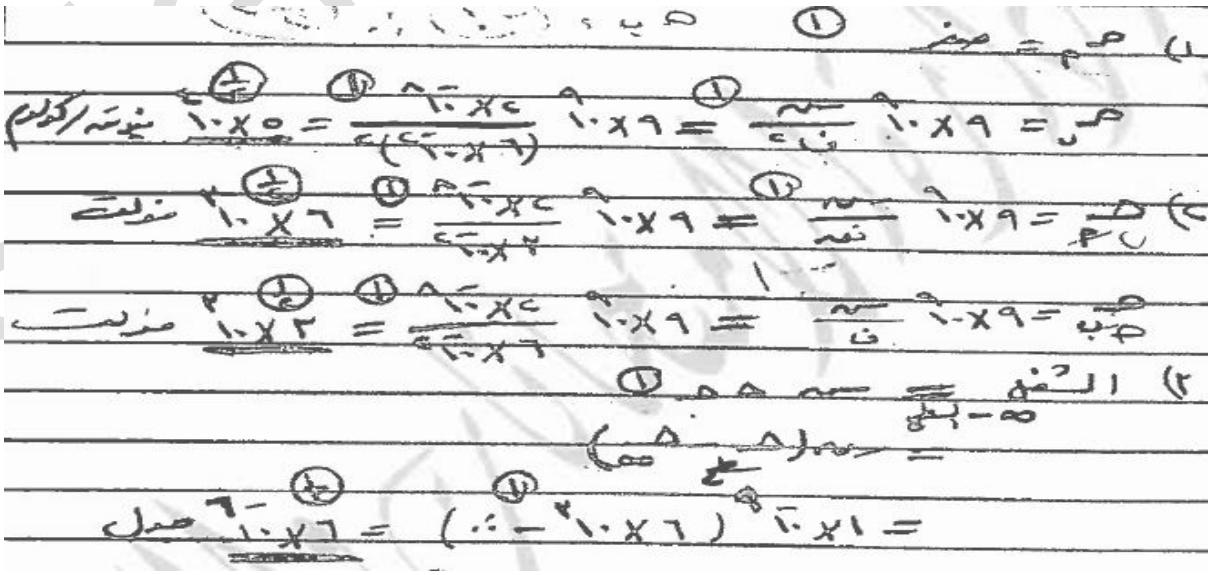


١) المجال الكهربائي عند النقطتين (أ) و (ب).

٢) الجهد الكهربائي عند النقطتين (أ) و (ب).

٣) الشغل اللازم لنقل شحنة (+١ × ١٠ ٩-) كولوم من المالانهاية إلى سطح الموصل.

الحل:



المواسعة الكهربائية

س: وضح المقصود بالمواسعة الكهربائية, مواسعة الموصل ؟

- ✓ **هي النسبة الثابتة بين شحنة الموصل وجهده.**
- ✓ **عبارة عن مقياس لقدرة الموصل على تخزين الشحنات الكهربائية (الطاقة)**

وتعطى مواسعة الموصل :

$$\text{س} = \frac{\text{ش}}{\text{جـ}} = \text{نق} \cdot 4\pi\epsilon = \frac{\text{نق}}{9_{10}x9}$$

س: المواسعة الكهربائية ,وتقاس بوحدة كولوم /فولت= فاراد.

- **الفاراد: مواسعة موصل يحتاج الى 1كولوم لرفع جهده 1فولت.**

س:على ماذا تعتمد مواسعة موصل ؟

- ✓ **1.أبعاده الهندسية (نق) 2.الوسط الموجود فيه الموصل.**

س: علل المواسعة الكهربائية كمية فيزيائية موجبة وثابتة للموصل (مع بقاء شكله ثابت) ؟

- ✓ **لأن جهد الموصل يزداد بأزدياد شحنته وبالتالي تبقى النسبة ثابتة.**

س:وضح المقصود بما يلي : موصل كروي مكتوب عليه 20 ميكروفاراد؟

- ✓ **أي أن الموصل يحتاج الى شحنة مقدارها 20 ميكروكولوم لرفع جهده 1فولت.**

ولأن الفاراد كمية كبيرة تقاس بأجزاء صغيرة منها :

الوحدة	الرمز	المقدار
ميكروفاراد	**μ . F**	**10^{-6}**
نانو فاراد	**n . F**	**10^{-9}**
بيكو فاراد	**P.F**	**10^{-12}**

- ❖ **المواسعة كمية غير متجهة.**
- ❖ **المواسعة دائما موجبا , لأنه اذا كان الموصل سالب الشحنة فأن جهده يكون أيضا سالبا , واذا كان موجبا فأن جهده يكون موجبا وفي كلا الحالتين فأن ناتج القسمة حسب المعادلة يكون موجبا.**
- ❖ **المواسعة الكهربائية لا تعتمد على مقدار شحنة الموصل.**

salem AL-bshish

المواسع الكهربائي:

- **المواسع الكهربائي: جهاز يستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية.**
- **يتكون المواسع من موصلين تفصل بينهما مادة عازلة مثل الهواء, البلاستيك...**
- **تستخدم المواسعات في الدارات الكهربائية والألكترونية كدارات الأرسال والأستقبال في الأذاعة والتلفزيون.**
- **الهدف من استخدام المواسعات تخزين الشحنة الكهربائية مدة من الزمن.**
- **تقاس مواسعة المواسع عن طريق شحن أحد الموصلين بشحنة موجبة (ش) والآخر بشحنة سالبة مماثلة (-ش) ثم يقاس فرق الجهد بينهما.**
- **تمتاز المواسعات بأشكال عديدة أهمها أنه : كروي , اسطواني, ذو اللوحين المتوازيين.**

س: فسر ما يلي :

1. مواسعة المواسع لا تعتمد على كل من شحنته وجهده ؟

✓ **لأنه بأزدياد الشحنة على المواسع يزداد فرق الجهد بين الموصلين فتبقى النسبة (س) ثابتة.**

2.الشحنات الكلية على المواسع تساوي صفرا.

✓ **لأنها متساوية في المقدار ومختلفة في نوع الشحنة على الموصلين .**

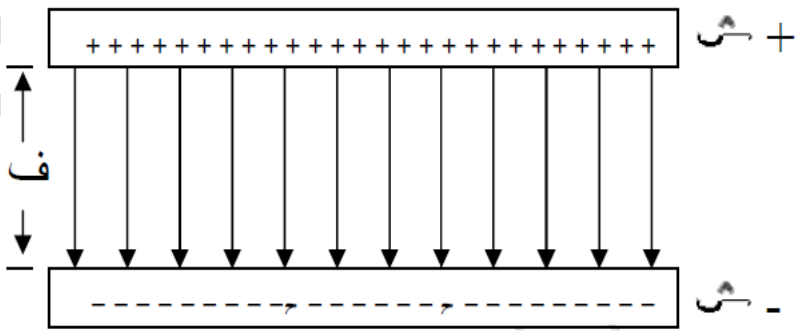
مثال(1) موصل كروي فرق الجهد بينه وبين الأرض يبلغ 60فولت عندما شحن بشحنة مقدارها 3 ميكروكولوم , ما مواسعة الموصل ؟

الحل:

س=$\frac{ش}{جـ}$ = $10x3^{-6}$/ 60 =$10x5^{-8}$فاراد ويساوي بوحدة ميكروفاراد 0.05

المواسع الكهربائي ذو اللوحين المتوازيين:

يتألف من لوحين متوازيين , مساحة كل منهما (أ) أحدهما مشحون بشحنة موجبة (ش) والآخر مشحون بشحنة سالبة مماثلة (-ش)وتفصل بينهما مسافة (ف)تعد صغيرة جدا مقارنة بأبعاد اللوحين كما يوضح الشكل :



Salah AL-bshish

تعطى مواسعة المواسع الكهربائي ذو اللوحين المتوازيين بالعلاقة التالية :

$$س = \frac{\in .أ}{ف}$$

- **تعتمد مواسعة المواسع ذو اللوحين على :**

1.مساحة اللوحين (أ) ...طرديا

2.البعد بين اللوحين (ف) ..عكسي

3.طبيعة الوسط بين اللوحين (∈) .

- **تقسم المواسعات الى نوعين:**

1. **مواسعة ثابتة القيمة: ويرمز لها بالرمز** ⊣⊢
2. **مواسعة متغيرة القيمة : وبرمز لها بالرمز** ⊣⊢

س:كيف يمكن صنع مواسع متغير المواسع ؟

- ✓ **من خلال تغير أبعاده الهندسية.**

س:هل المواسعة يمكن أن تكون سالبة ؟

- ✓ **لا يمكن , دائما المواسعة الكهربائية تكون موجبة.**

س:تكون المسافة بين لوحي المواسع صغيرة جدا مقارنة بأبعادها ؟

- ✓ **لكي تكون سعة الموصل كبيرة حيث أن العلاقة بين المواسعة والمسافة الفاصلة تعطى بالعلاقة (** $س = \frac{\in .أ}{ف}$ **).**

مثال(2) مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين ,مساحة كل منهما 100سم^2 ,والمسافة بينهما 1مم. وصل لوحاه بفرق جهد مقداره 120فولت ,فأحسب:

1.مواسعة المواسع

2.الشحنة التي يختزنها.

3.المجال الكهربائي في الحيز بين اللوحين.

الحل:

1.$س = \frac{\in .أ}{ف}$ **(100x10^{-4} x 8.85x10^{-12} / 1x10^{-3})=8.85 x10^{-11} فاراد**

saleh AL-bshish

2. س=$\frac{ش}{جـ}$ == > ش=س جـ =8.85x120 10^{-11} =1.06 10^{-8} كولوم.

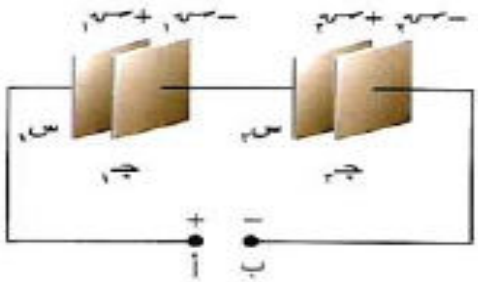
3. مـ =$\frac{جـ}{ف}$ == > (1/120 x 10 $^{-3}$) =1.2 10^{5} فولت /م .

توصيل المواسعات:

التوصيل على التوالي:

يوضح الشكل مواسعين موصلين مع بطارية تقوم البطارية بشحن اللوح الأيسر للمواسع الأول بشحنة موجبة ,وبشحن اللوح الأيمن للمواسع الثاني بشحنة سالبة مماثلة وبذلك قد يكون وصل اللوح السالب للمواسع الأول باللوح الموجب للمواسع الثاني مما يجعل الشحنة على كلا المواسعين متساوية .

لو افترضنا أن المواسعين مختلفان في المواسعة فأن الجهد الكهربائي لكل منهما يختلف عن الآخر على الترتيب غير أن مجموع جهديهما يساوي جهد البطارية .



جـ أ ب= جـ $_1$ +جـ $_2$ +.....

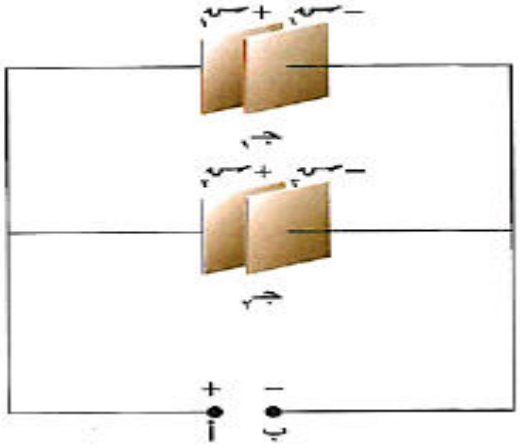
وحيث أن ش =ش$_1$=ش$_2$

فأن العلاقة تصبح :

$$\frac{1}{س} = \frac{1}{س_1} + \frac{1}{س_2} + \dots\dots$$

التوصيل على التوازي:

من خلال الرسم أذا تم وصل مواسعان فأن البطارية تقوم بشحن اللوح الأيسر لكلا المواسعين بشحنة موجبة ,واللوح الأيمن لكليهما بشحنة سالبة مماثلة ,وبذلك يكون قد وصل اللوحان الموجبان معا واللوحان السالبان معا مما يجعل الجهد على كلا المواسعين متساويا.



نلاحظ أن التوصيل على التوازي تتوزع فيه الشحنة : ش=ش$_1$+ش$_2$+.....

ويبقى الجهد متساوي :

جـ= جـ$_1$=جـ$_2$=....

وبالتالي فأنه يتم حساب المواسعة المكافئة :

س=س$_1$+س$_2$+س$_3$+.....

س: فسر ما يلي:

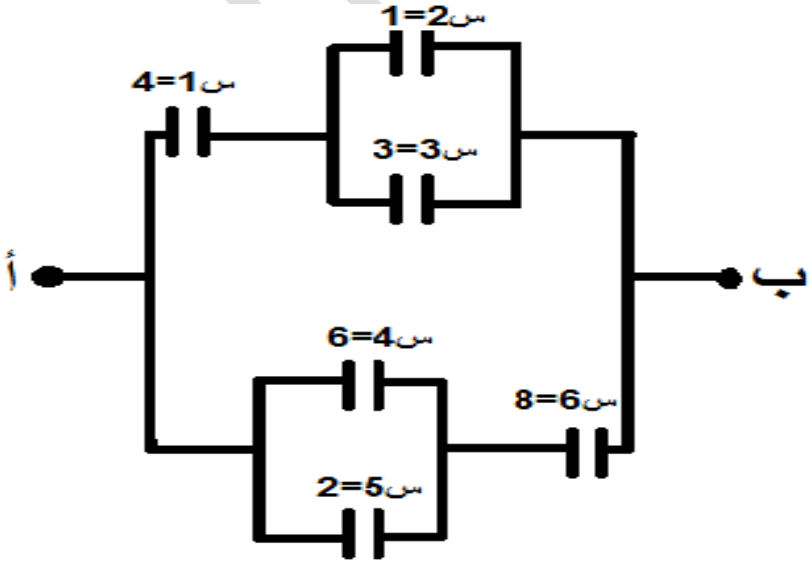
1.الشحنة على المواسعات الموصولة على التوالي متساوية.

- ✓ **لأن اللوح السالب للمواسع الأول متصل مع اللوح الموجب للمواسع الثاني واللوح الموجب للمواسع الثاني متصل باللوح السالب للمواسع الثالث وهكذا..**

2.الجهد على المواسعات الموصولة على التوازي متساوية.

- ✓ **لأن الألواح السالبة توصل معا والألواح الموجبة معا.**

مثال(3)وصلت مجموعة من المواسعات على النحو المبين في الشكل اذا كان فرق الجهد بين النقطتين (أ,ب)=48 فولت فجد ما يأتي:



1.المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات.

2.فرق الجهد بين طرفي كل مواسع وشحنته .(علما بأن قيم المواسعات في الشكل بوحدة ميكروفاراد)

الحل:

1.لأحط أن المواسعين ($س_2$,$س_3$) موصولان على التوازي وكذلك المواسعين ($س_4$,$س_5$) لذا تكون المواسعة المكافئة لكل منهما:

$س_{32}$=1+3=4ميكروفاراد

$س_{54}$= 2+6=8 ميكروفاراد

نجد أن المواسعين ($س_1$, $س_{32}$)موصولان على التوالي وكذلك المواسعين ($س_6$, $س_{54}$)

ومنها $س_{321}$= 2ميكروفاراد وكذلك $س_{546}$=4ميكروفاراد وبالاخير تحسب المواسعة على التوازي فنجد أنها $س_{مكافئة}$ = 6 ميكروفاراد.

2. $ش_{مكافئة}$= $س_{مكافئة}$ جـ = $6x10^{-6}$=$48x^{-6}10x$ 288

اختصارا للحل فكر جيدا بطريقة الحل.

وبالاخير نحصل على جهد جـ $_{أب}$=24=جـ $_1$=جـ$_2$=جـ$_3$=جـ$_4$=جـ$_5$=جـ$_6$≠

ملاحظات هامة جدا :

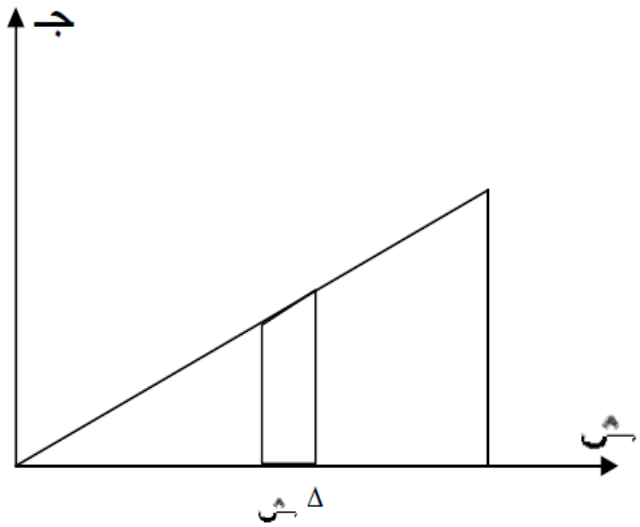
- **في توصيلة التوالي يتوزع الجهد فالمواسع ذو القيمة الأكبر يكون له الجهد الأقل .**
- **تكون المواسعة المكافئة للمواسعات الموصولة على التوالي أقل من أقل مواسعة .**
- **في توصيلة التوازي تتوزع الشحنة فالمواسع ذو المواسعة الأكبر تكون له الشحنة الأكبر.**
- **تكون المواسعة المكافئة للمواسعات الموصولة على التوازي أكبر من أكبر مواسعة .**
- **عندما تكون التوصيلة توالي تبدأ بالشحنة ثم الجهد**
- **عندما تكون التوصيلة توازي تبدأ بالجهد ثم تنتقل للشحنة .**

الطاقة المختزنة في المواسع:

- **عند شحن مواسع فأن طاقة الوضع تختزن فيه.**
- **يتطلب شحن المواسع زمنا تنمو خلاله الشحنة عليه ومع نمو الشحنة يزداد جهد المواسع.**
- **أن الشحنة على المواسع خلال عملية شحنه تزداد خطيا مع جهده .**
- **يلزم شغل (تقوم به البطارية) لأضافة مزيد من الشحنات على المواسع .**
- **يخزن هذا الشغل في المواسع على شكل طاقة وضع كهربائية تعطى الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع بالعلاقة :**

$$\text{ط} = \text{شغل} = \frac{1}{2}\ \text{ش}\ \text{جـ} = \frac{1}{2}\ \text{س}\ \text{جـ}^2 = \frac{1}{2}\ \frac{\text{ش}^2}{\text{س}}$$

وتمثل العلاقة بيانيا:



مثال(4) مواسع مواسعته 2ميكروفاراد ,وصل بفرق جهد 30فولت اذا علمت أن المسافة بين لوحيه 1مم فأحسب:

1.الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع.

2.الشحنة على المواسع

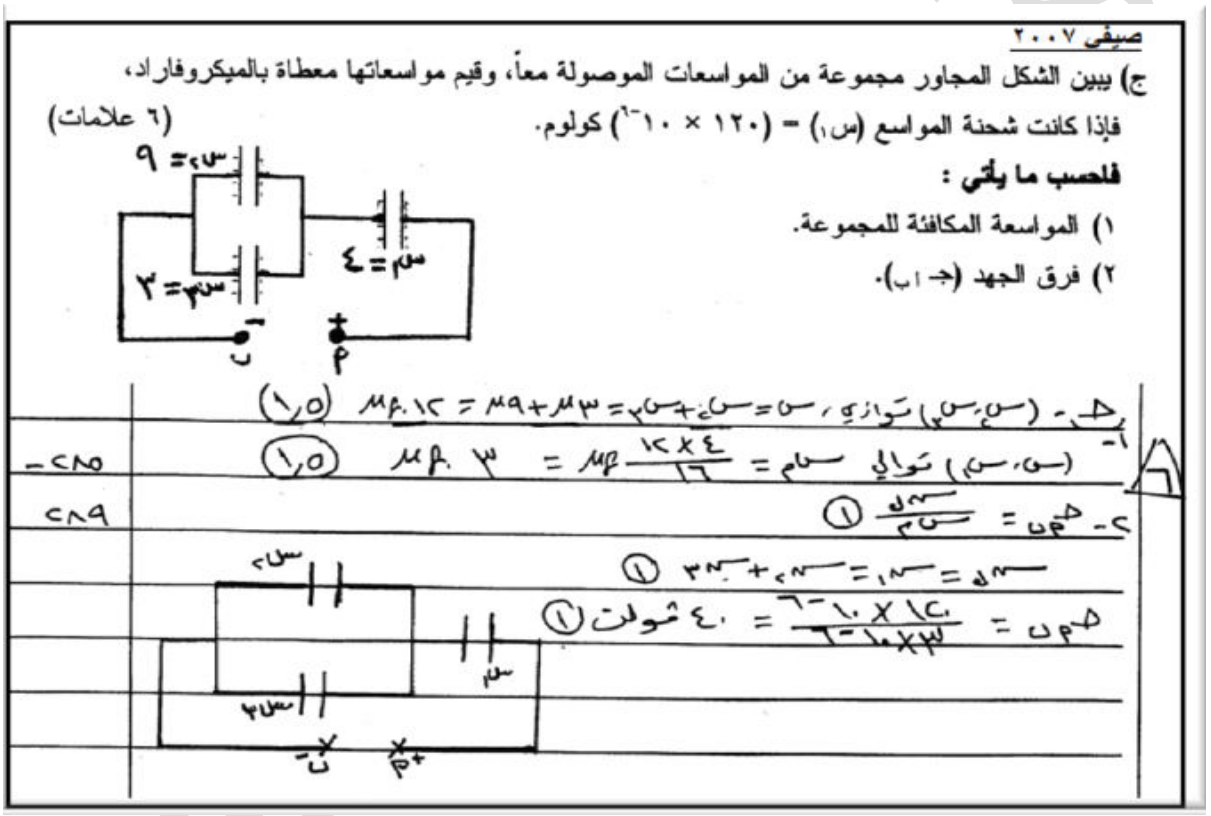
3.المجال الكهربائي بين لوحيه .

الحل:

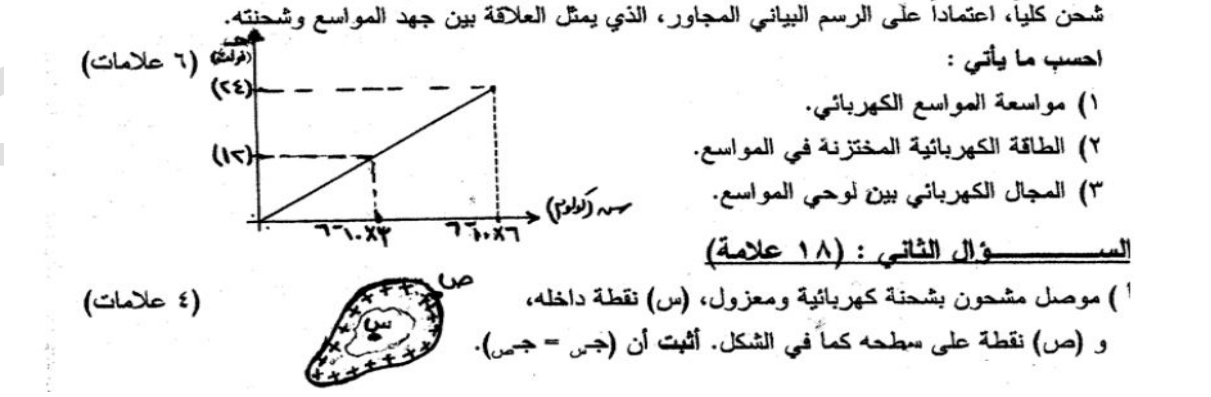
1. $ط = \frac{1}{2}$ س جـ^2 = $\frac{1}{2}$ 2x 10x^{-6} x(30)^2 = 9x10^{-4} جول.
2. ش=س جـ = 2 x 10x^{-6} =30x 10x60^{-6} كولوم = 60 ميكروكولوم
3. مـ = $\frac{جـ}{ف}$ =(30/ 1 x10^{-3})= 3 x 10^4 فولت/م. ≠

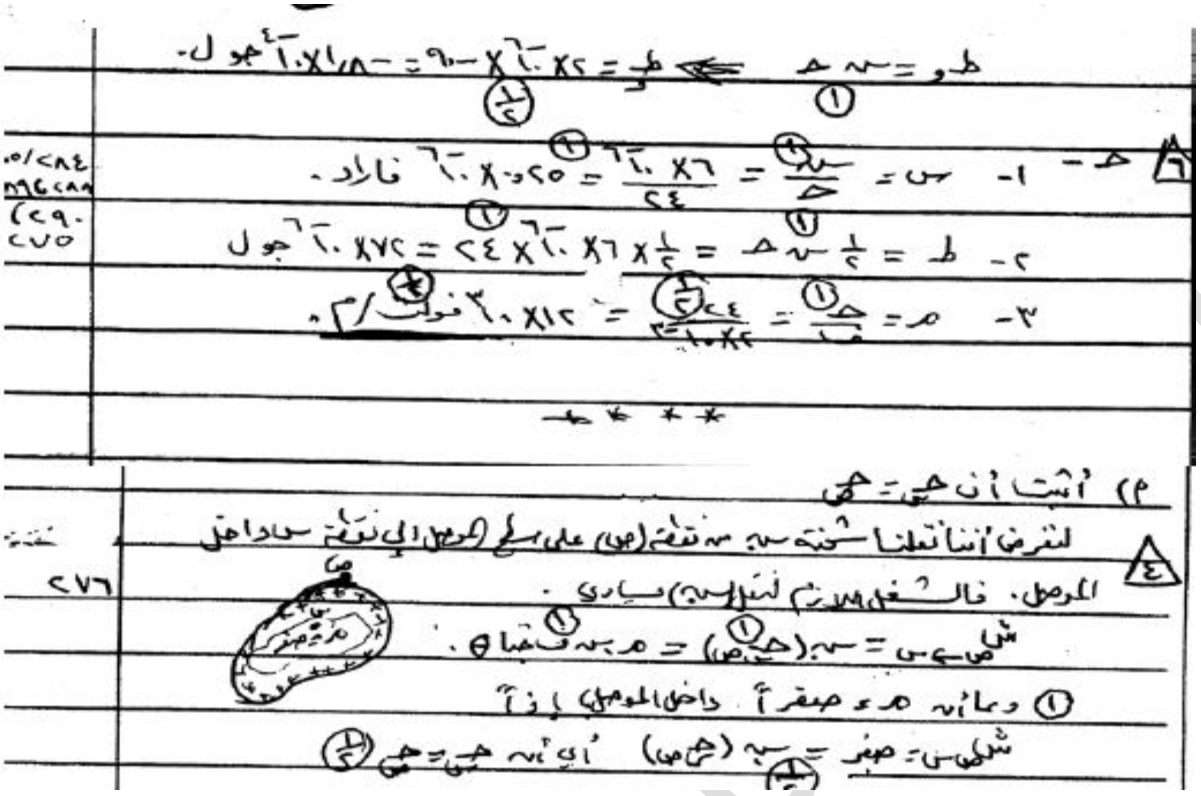
أمثلة متنوعة على المواسعات :

مثال(1)



مثال(2)



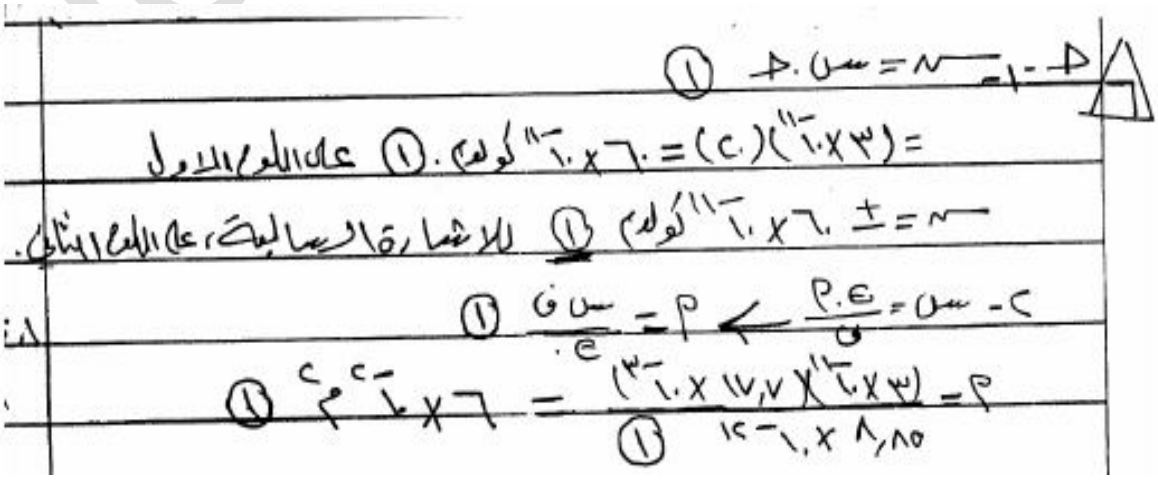


مثال(3)

٢٠٠٨ شتوي

ج- مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين مواسعته (٣×١٠^{-١١}) فاراد، وصل لوحاه بفرق جهد مقداره (٢٠) فولت. إذا علمت أن المسافة بين لوحيه ($١٧,٧ \times ١٠^{-٣}$) م والوسط الفاصل بينهما هواء، **احسب** :

١) الشحنة على كل من لوحيه. ٢) مساحة أي من لوحيه. (٦ علامات)



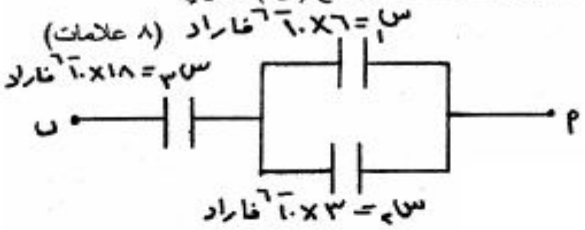
مثال(4)

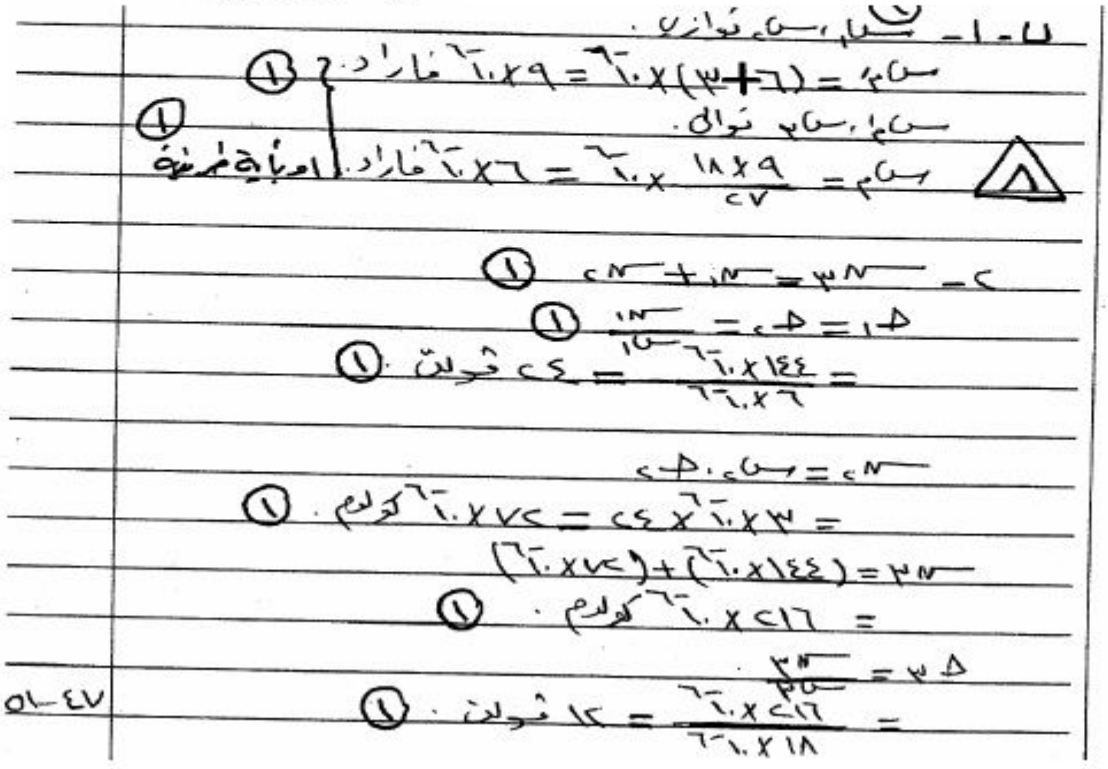
شتوي ٢٠٠٩

ب- يبيّن الشكل مجموعة من المواسعات الموصولة معاً، إذا كانت شحنة المواسع (س١) تساوي (١٤٤×١٠^{-٦}) كولوم فاحسب : (٨ علامات)

١) المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات.

٢) شحنة وجهد المواسع (س٢).





مثال(5)

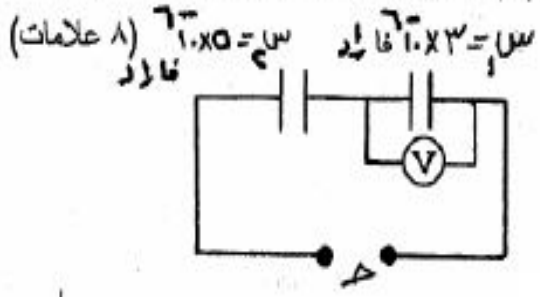
صيفي ٢٠٠٩

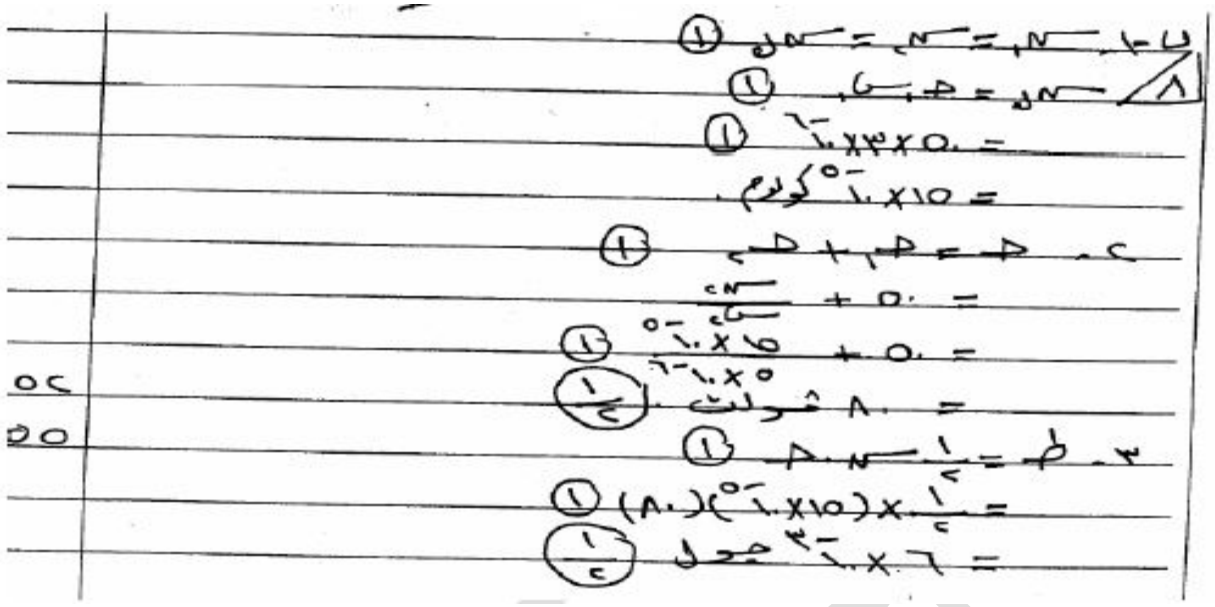
ب) يبيّن الشكل مواسعين متصلين معاً على التوالي وموصولين إلى مصدر فرق جهد كهربائي (جـ)، معتمداً على القيم الواردة على الشكل وإذا علمت أن قراءة الفولتمتر (V) تساوي (٥٠) فولت. دون الاستعانة بالمواسعة المكافئة للمجموعة احسب : (٨ علامات)

١) الشحنة الكلية في الدارة.

٢) فرق جهد المصدر (جـ).

٣) الطاقة الكلية المختزنة في المجموعة.



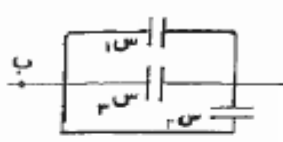


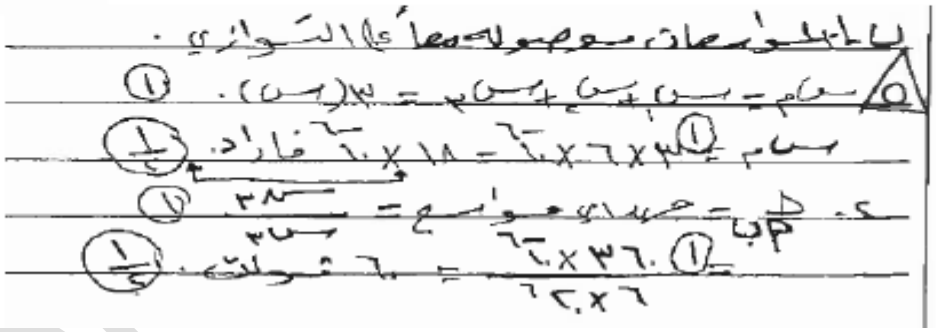
مثال(6)

صيفي ٢٠١٠

في الشكل، إذا علمت أن شحنة س٢ = (٣٦٠ × ١٠^-١) كولوم، احسب :

١) السعة المكافئة للمجموعة. ٢) فرق الجهد (أ ب). (٥ علامات)





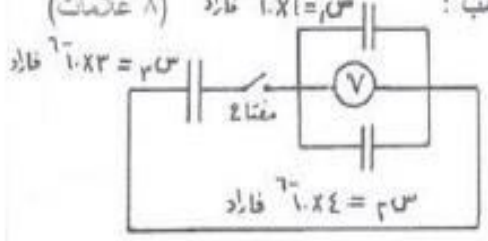
مثال(7)

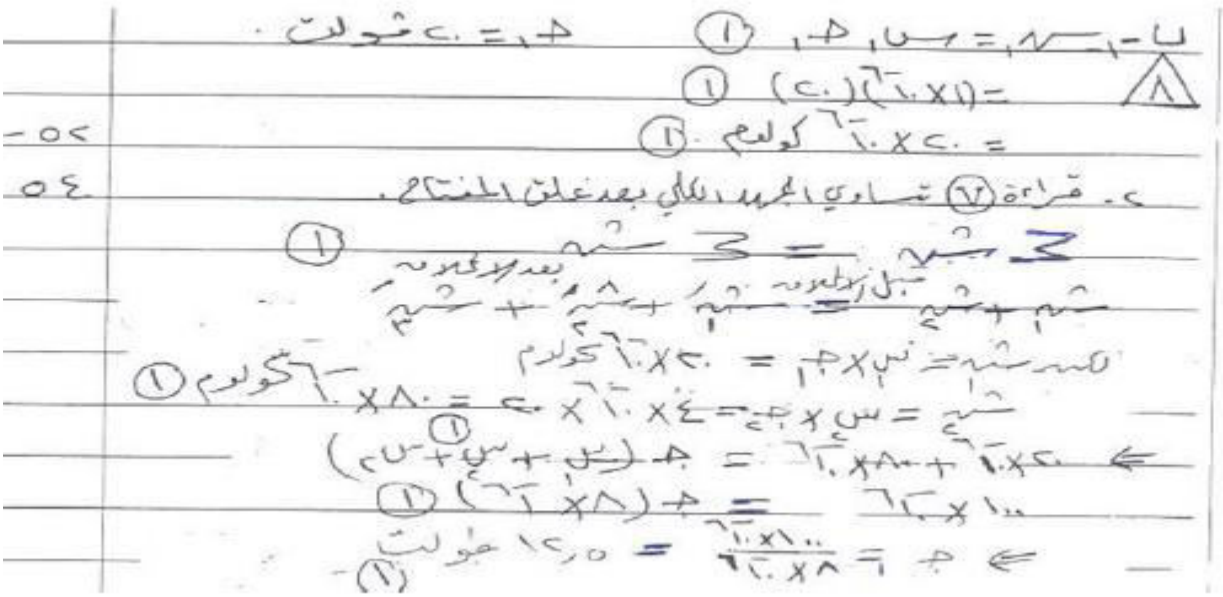
شتوي ٢٠١٠

ب) يبيّن الشكل ثلاث مواسعات : (س١ ، س٢) مشحونين، والمواسع (س٣) غير مشحون. فإذا كانت قراءة الفولتمتر (V) والمفتاح (ح) مفتوح تساوي (٢٠) فولت. احسب : (٨ علامات)

١) شحنة المواسع (س١) قبل غلق المفتاح.

٢) قراءة الفولتمتر (V) بعد غلق المفتاح.

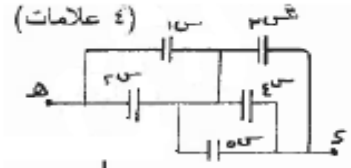


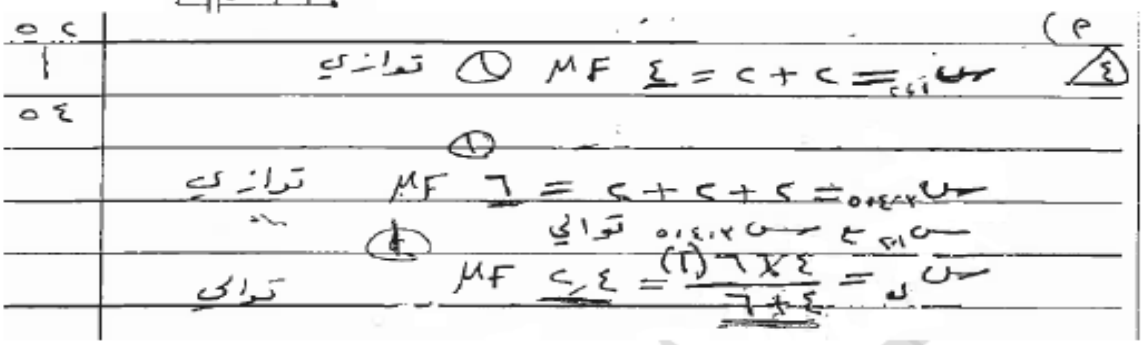


مثال(8)

شتوي ٢٠١١

أ) احسب المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات بين النقطتين (د ، هـ) علماً أنها متساوية وقيمة كل منها (٢) مايكروفاراد. (٤ علامات)



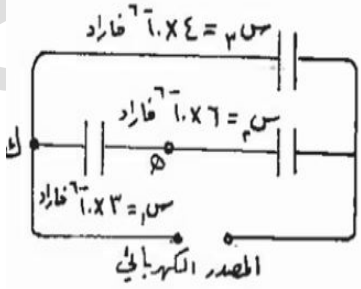


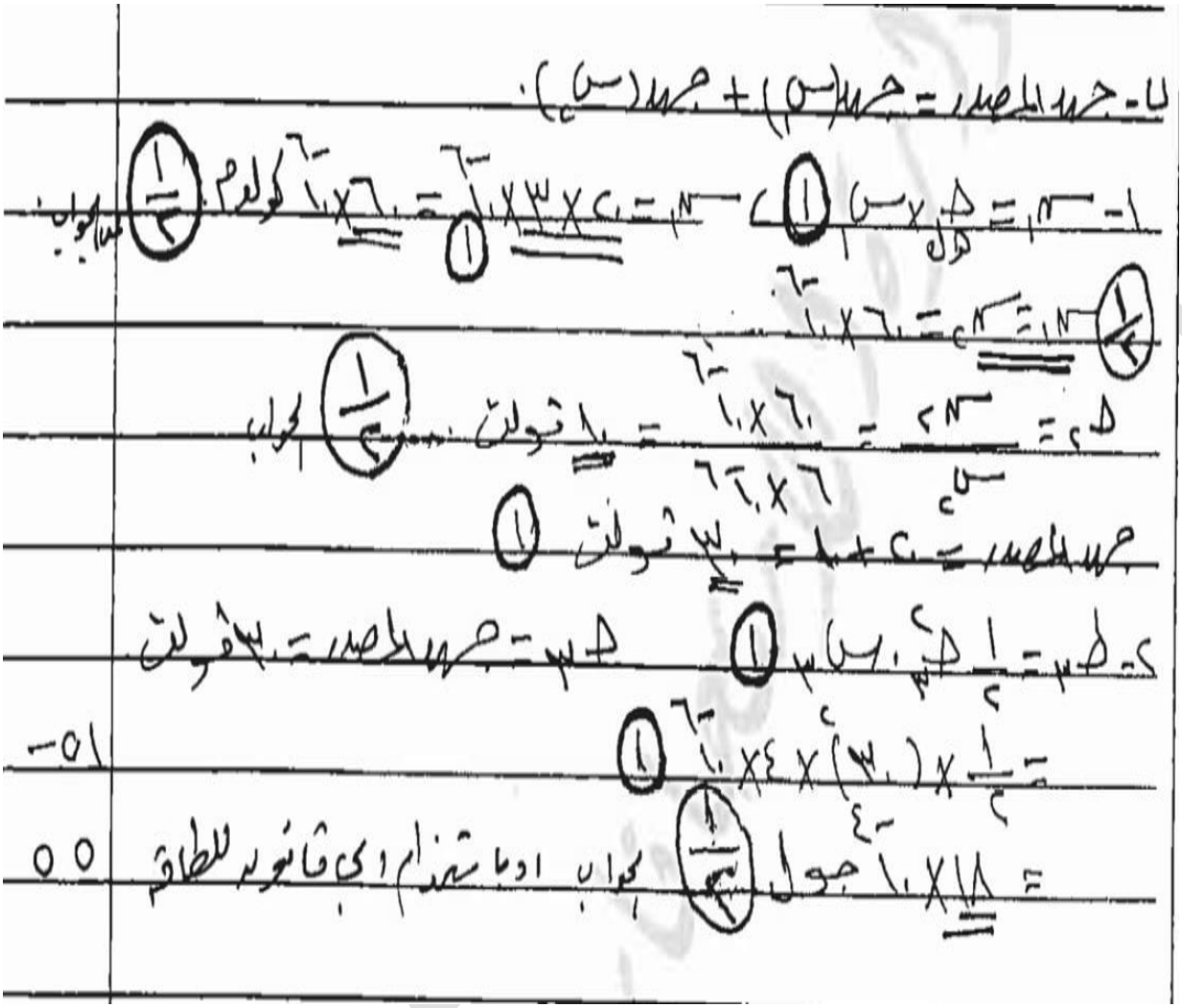
مثال(9)صيفي2011

ب) اعتماداً على البيانات المبينة على الشكل المجاور، وإذا علمت أن جهد (هـ ك) = ٢٠ فولت، (٧ علامات)

احسب: ١) فرق الجهد بين طرفي المصدر الكهربائي.

٢) الطاقة المختزنة في المواسع (س٣).





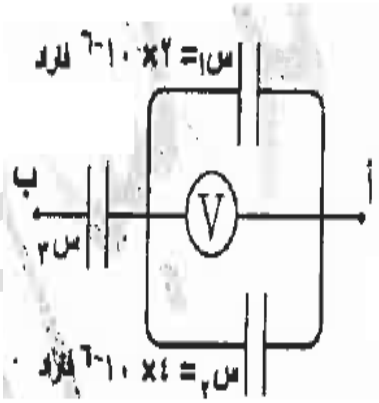
مثال(10)صيفي2012

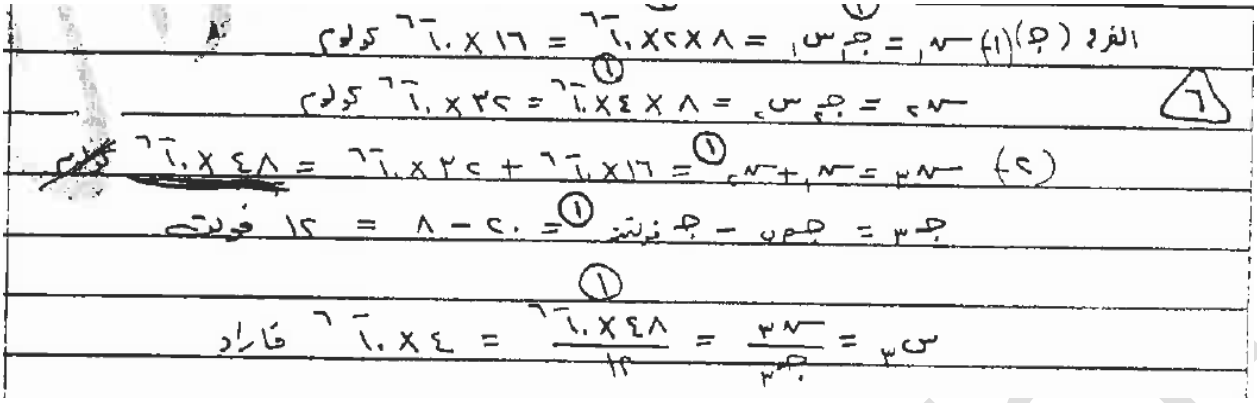
ج) معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل، وإذا علمت أن جـ$_{أب}$ = ٢٠ فولت،

وقراءة الفولتميتر (V) = (٨) فولت، احسب:

١- الشحنة على كل من المواسعين (س$_{١}$ ، س$_{٢}$).

٢- مواسعة المواسع (س$_{٣}$).



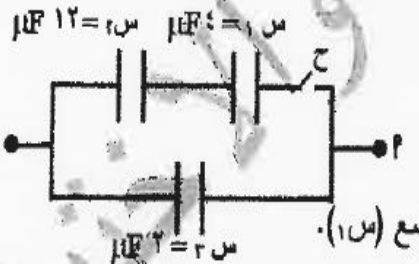


مثال(11) صيفي2013 (اختبر نفسك)

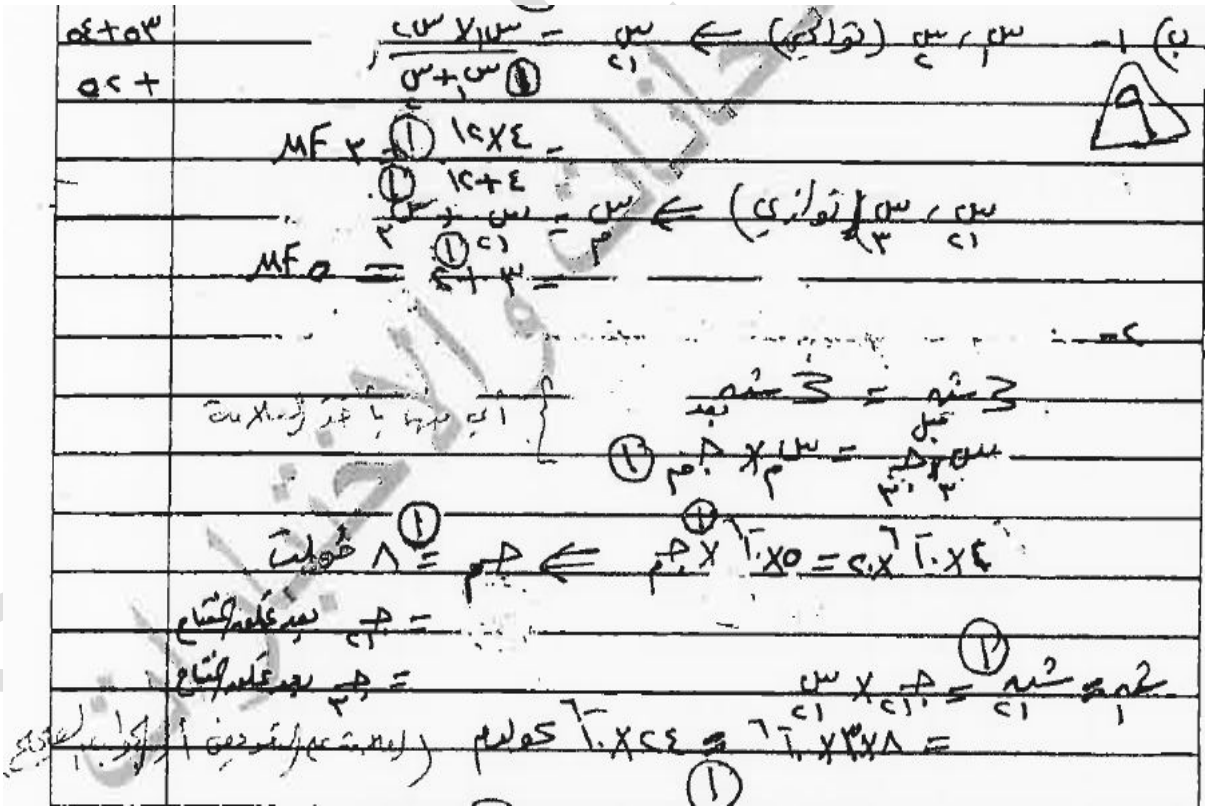
ب) وُصلت ثلاثة مواسعات كهربائية كما في الشكل المجاور، إذا علمت أن فرق الجهد بين النقطتين (أ ، ب) يساوي (٢٠)فولت عندما كان المفتاح (ح) مفتوحاً، والمواسعان س١ ، س٢ غير مشحونين . عند إغلاق المفتاح (ح) احسب:

١- المواسعة المكافئة للمواسعات. ٢- شحنة المواسع (س١).

(٩ علامات)

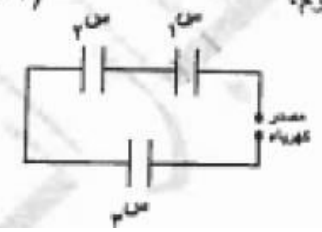


الاجابة:



مثال(12) شتوي 2013

ب) ثلاثة مواسعات كهربائية متماثلة، المواسعة الكهربائية لكل منها (٦ × ١٠$^{-٦}$) فاراد، تتصل معاً كما في الشكل، فإذا كانت شحنة المواسع (س١) تساوي (١٢ × ١٠$^{-٦}$) كولوم، (٧ علامات)

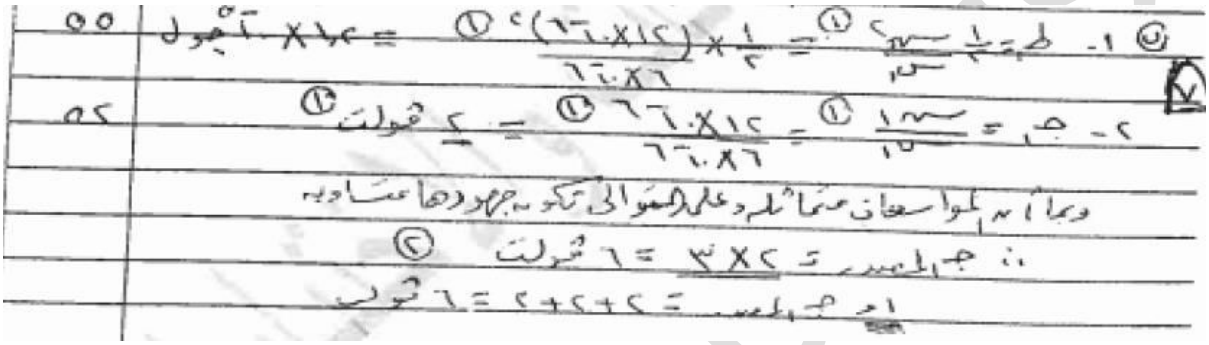


احسب :

١) الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع (س١).

٢) فرق الجهد بين طرفي المصدر.

الاجابة:



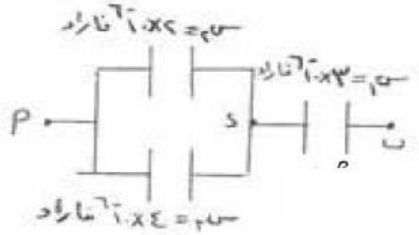
مثال(13)شتوية 2014

أ) معتمداً على الشكل المجاور وبياناته. إذا كان فرق الجهد بين النقطتين (ب ، د) يساوي(١٥) فولت، فاحسب:

١- المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات.

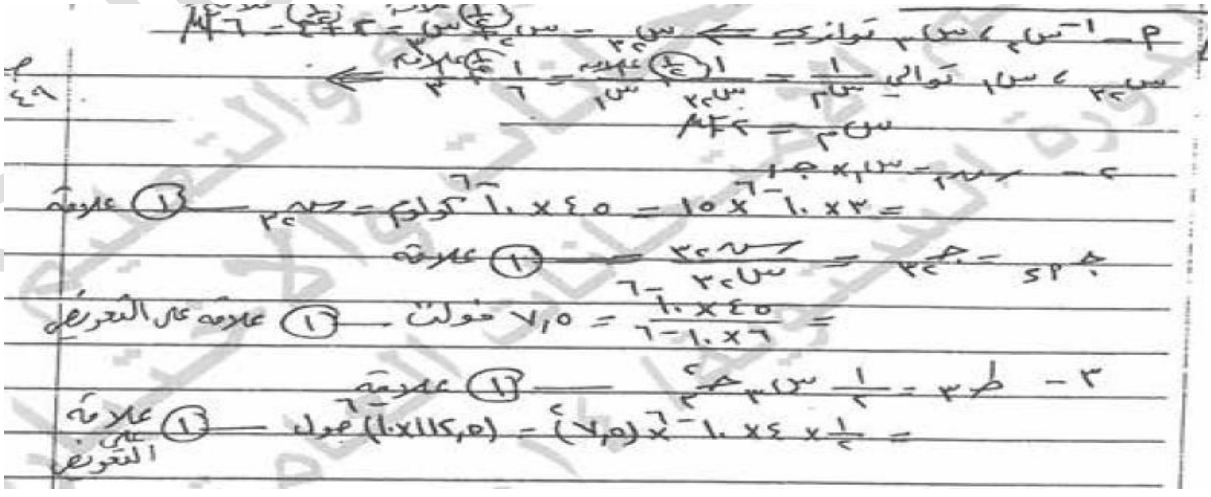
٢- فرق الجهد بين النقطتين (أ ، د).

٣- الطاقة المختزنة في المواسع (س٢).

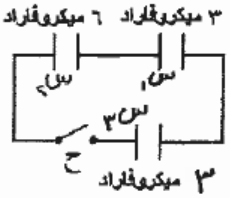


(٧ علامات)

الاجابة:



مثال(14) صيفي 2014

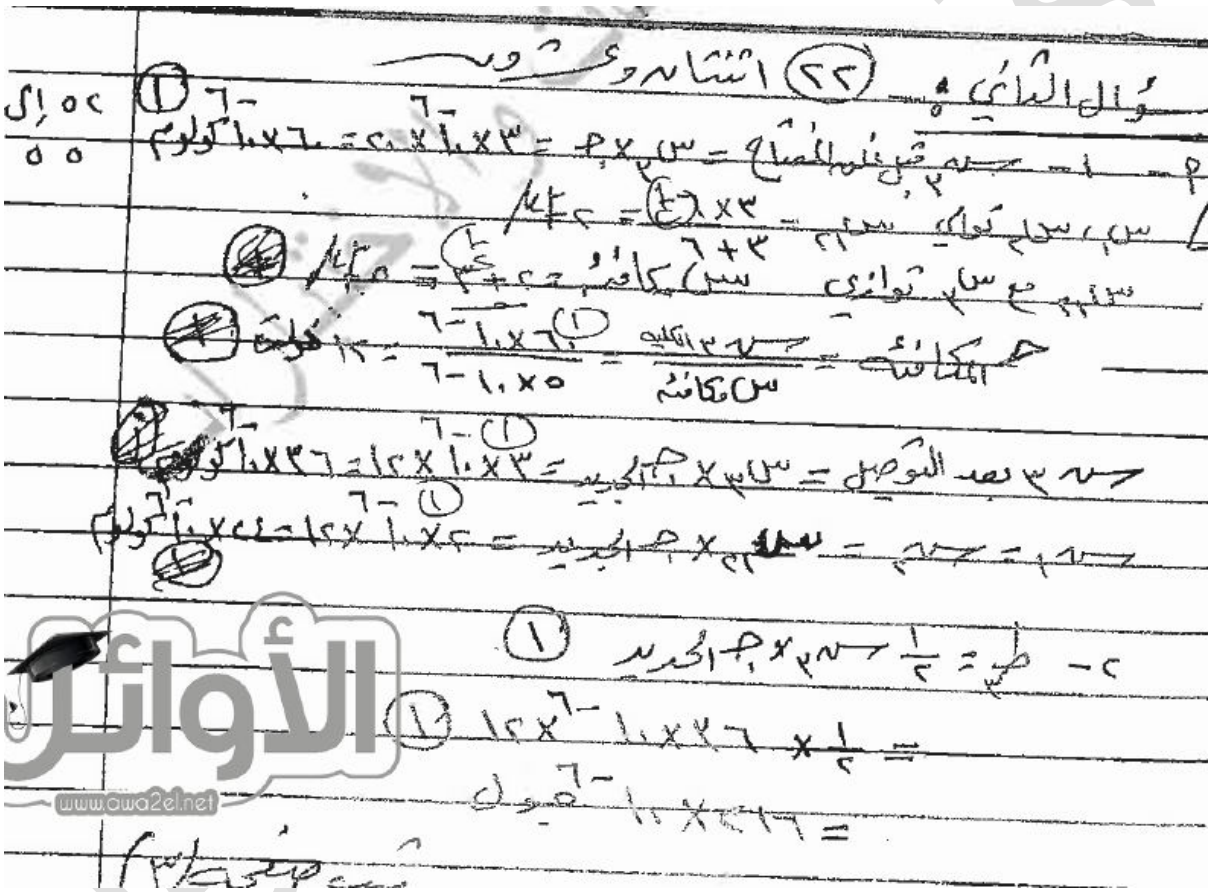


أ) معتمداً على الشكل المجاور وبياناته، إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المواسع س٣ يساوي (٢٠) فولت قبل إغلاق المفتاح (ح)، والمواسعين س١ ، س٢ غير مشحونين.

احسب بعد إغلاق المفتاح (ح) :

١- الشحنة الكهربائية لكل مواسع. ٢- الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع (س٣). (٧ علامات)

الاجابة:



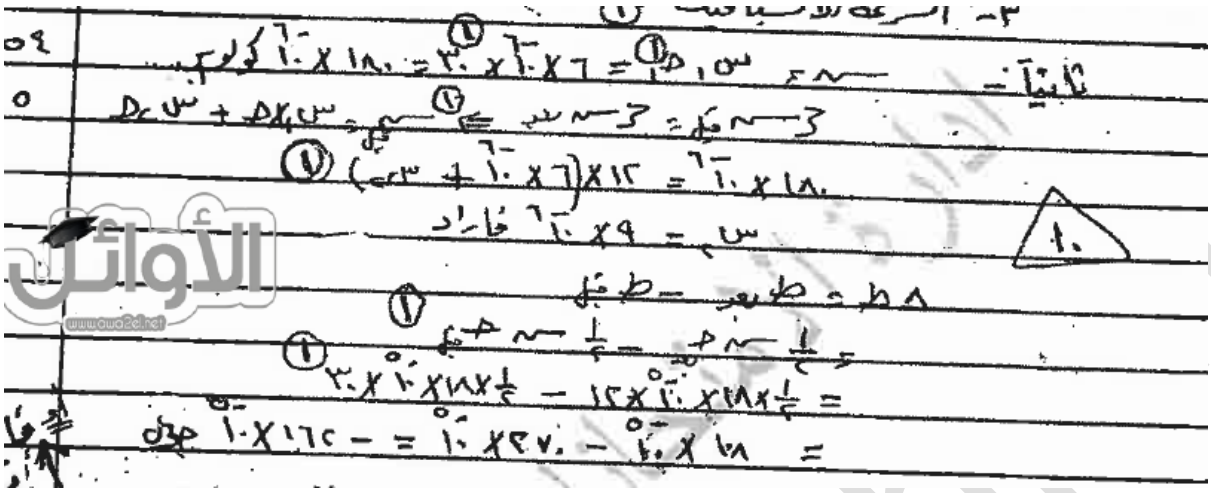
مثال(15) 2015شتوية

ثانياً: مواسع كهربائي مواسعته الكهربائية (٦) ميكروفاراد، وفرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (٣٠) فولت. وُصل طرفيه بطرفي مواسع آخر غير مشحون فانخفض جهد المواسع الأول إلى (١٢) فولت. احسب ما يأتي:

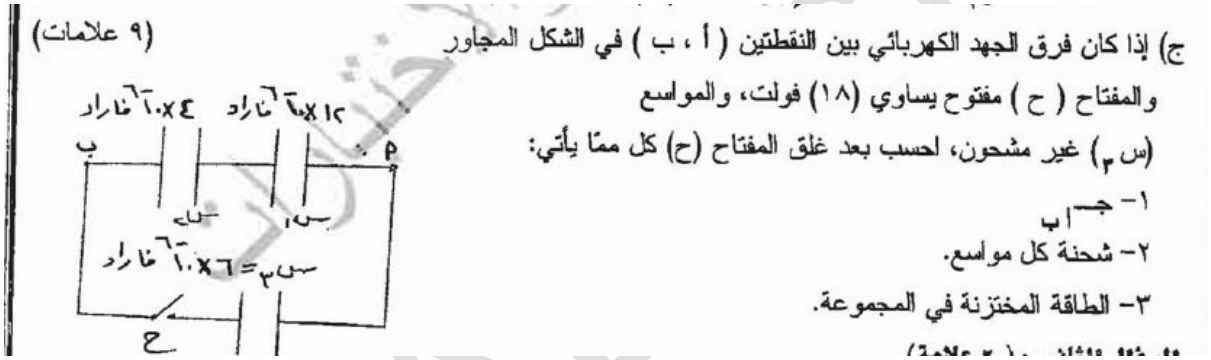
١. المواسعة الكهربائية للمواسع الثاني.

٢. مقدار النقص في الطاقة المختزنة للمجموعة، مُفسراً ذلك.

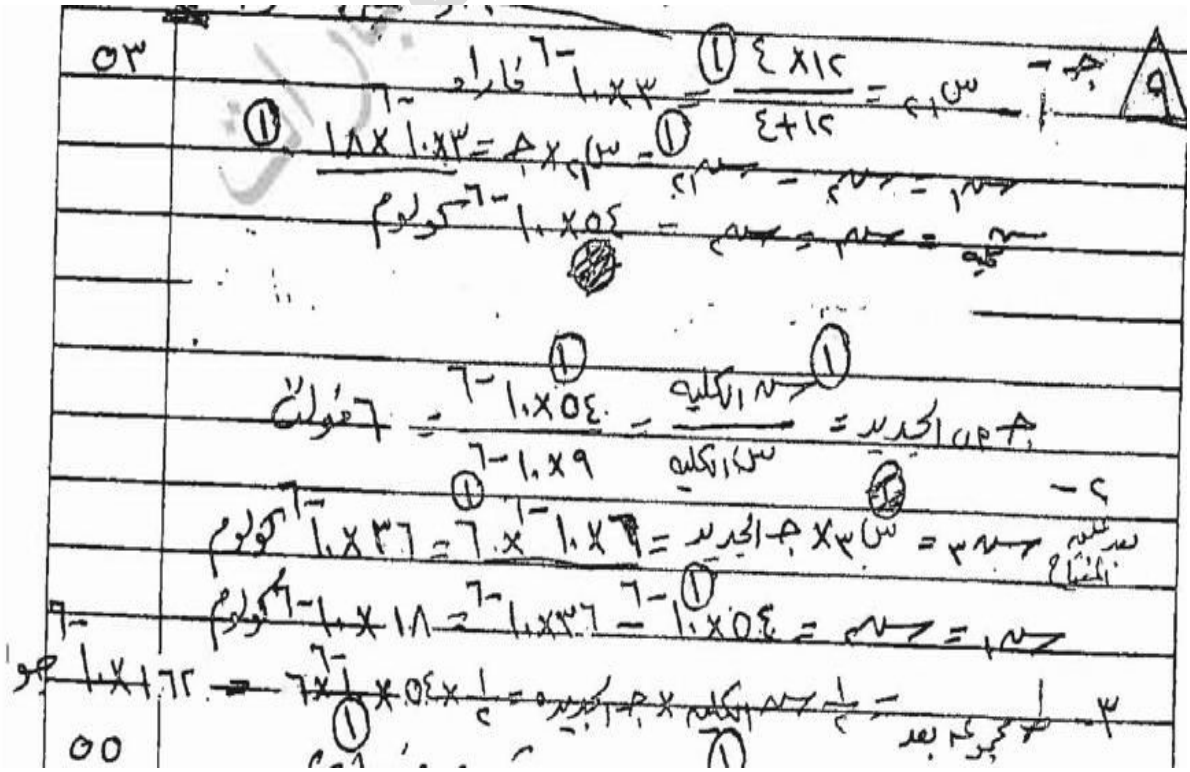
الإجابة :



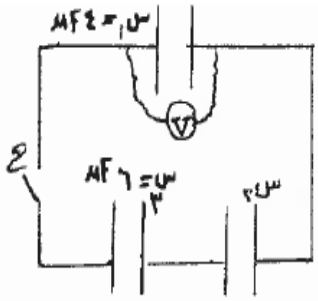
مثال(16)صيفي2015



الاجابة:



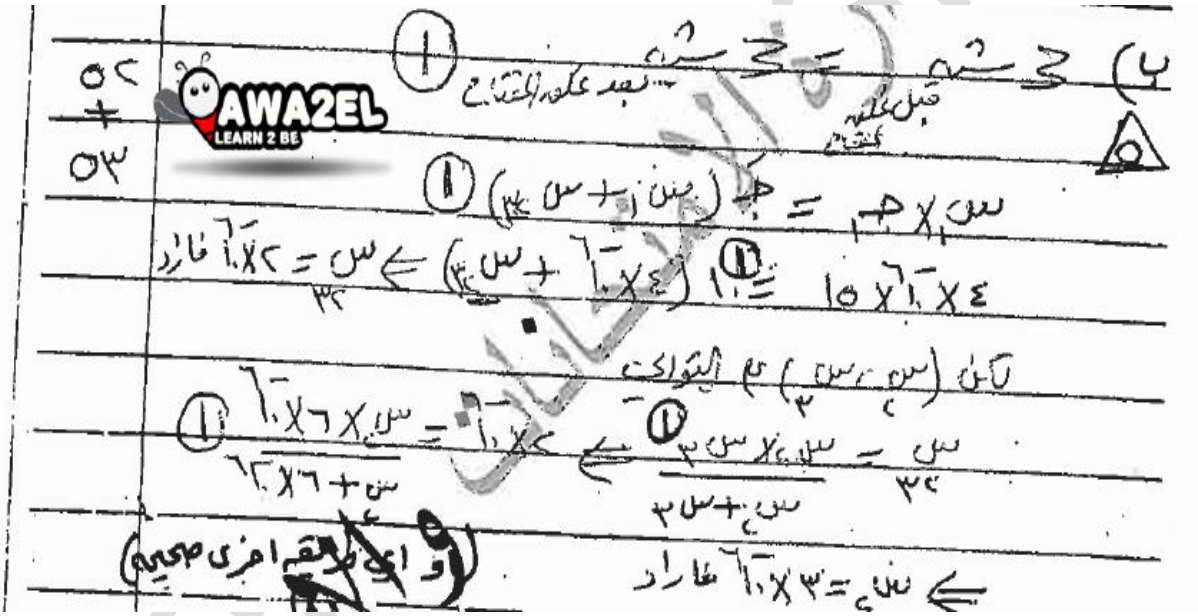
مثال(17) شتوي 2016



ب) وصلت ثلاثة مواسعات كهربائية كما في الشكل المجاور، فإذا علمت أنه عندما كان المفتاح (ح) مفتوحًا كانت قراءة الفولتيمتر (V) تساوي (١٥) فولت، وكان (س٢ ، س٣) غير مشحونين، وبعد غلق المفتاح (ح) أصبحت قراءة الفولتيمتر (V) تساوي (١٠) فولت.

احسب مقدار المواسعة الكهربائية للمواسع (س٢). (٥ علامات)

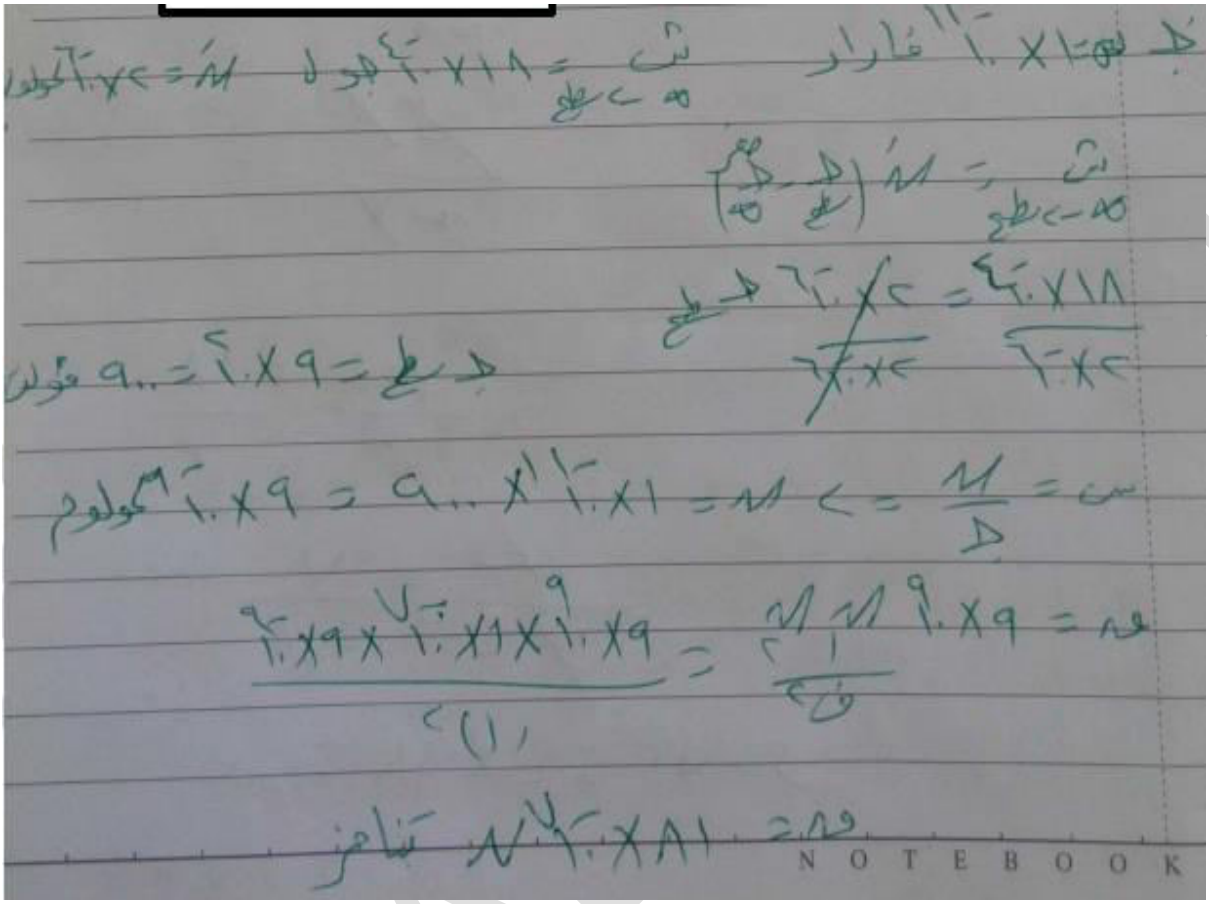
الاجابة:



مثال(18) صيفي 2016

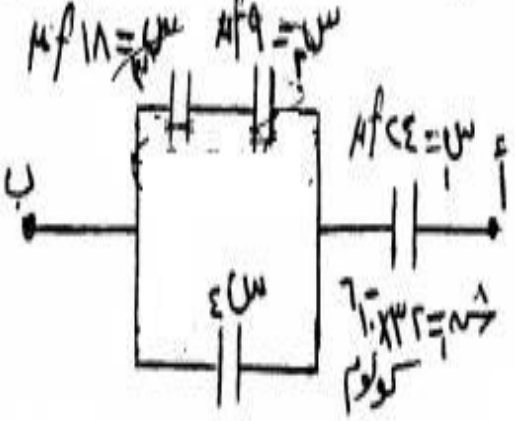
موصل كروي مشحون وموضوع في الهواء مواسعته الكهربائية (١×١٠^{-١١}) فاراد، فإذا علمت أن الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (٢×١٠^{-٦}) كولوم من اللانهاية إلى سطح الموصل يساوي (١٨×١٠^{-٤}) جول. احسب القوة الكهربائية التي يؤثر بها الموصل في شحنة نقطية مقدارها (١×١٠^{-٧}) كولوم تبعد عن مركزه (١) م

الاجابة:



مثال(19) صيفي 2016

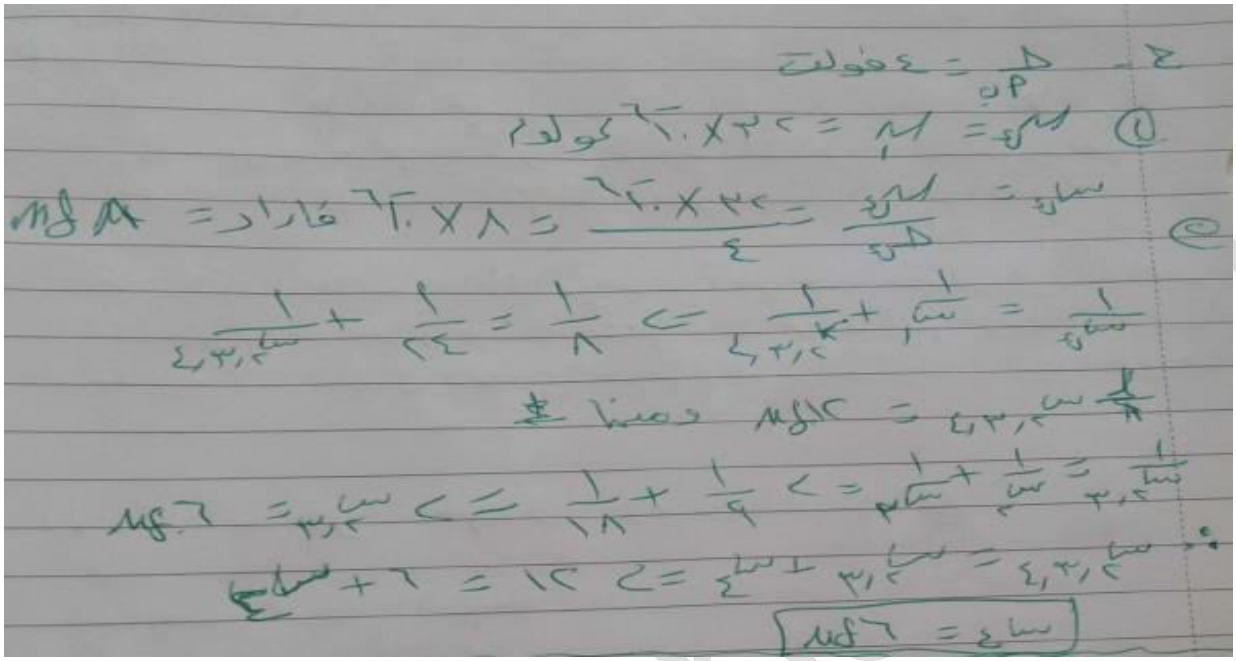
وصلت مجموعة من المواسعات الكهربائية مع بعضها كما في الشكل المجاور، فإذا علمت أن فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (أ ، ب) يساوي (٤) فولت، وبالاعتماد على القيم المثبتة على الشكل، **احسب** :



١) الشحنة الكلية في مجموعة المواسعات.

٢) مقدار المواسعة الكهربائية (س٤).

الاجابة:



مثال(20) مجموعة من المواسعات المتماثلة وصلت مرة على التوالي ومرة أخرى على التوازي فكانت المواسعة المكافئة على التوازي 100 ضعف المواسعة المكافئة على التوالي ,فما عدد المواسعات في المجموعة (ملاحظة افترض ان عددها ن).

الحل :

ليكن عدد المواسعات في هذه المجموعة ن، وعليه فإن: $س_{توازي} = س + س + ... = ن\ س$ ، بينما $س_{توالي} = \frac{س}{ن}$

وبما أن: $س_{توازي} = ١٠٠\ س_{توالي} \Leftarrow ن\ س = ١٠٠ \frac{س}{ن} \Leftarrow ن^{٢} = ١٠٠$ ، ومنها : ن = ١٠ مواسعات.

مثال(21) مواسع ذو لوحين متوازيين موضوع في الهواء ,اذا علمت أن مساحة كل من لوحيه 1سم^2 والشحنة على كل منهما 80ميكروكولوم عندما كان فرق الجهد بينهما 16فولت ,فجد ما يأتي:

1. **مواسعة المواسع**
2. **المسافة بين اللوحين .**
3. **كثافة الشحنة على كل من لوحيه .**
4. **المجال الكهربائي بين اللوحين .**
5. **الطاقة المختزنة في المواسع.**

أذا أصبح فرق الجهد بين لوحي المواسع 42فولت (مع بقاء المواسعة ثابتة) فكم تصبح الطاقة المختزنة فيه .

الحل :

(أ) س = $\frac{\text{ش}}{\text{جـ}} = \frac{٨٠ \times ١٠^{-٦}}{١٦} = ٥ \times ١٠^{-٦}$ فاراد = ٥ ميكروفاراد.

(ب) س = $\frac{\varepsilon_{\circ} \text{أ}}{\text{ف}} \Leftarrow$ ف = $\frac{\varepsilon_{\circ} \text{أ}}{\text{س}} = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times ١ \times ١٠^{-٤}}{٥ \times ١٠^{-٦}} = ١,٧٧ \times ١٠^{-١٠}$م

(جـ) σ = $\frac{\text{ش}}{\text{أ}} = \frac{٨٠ \times ١٠^{-٦}}{١ \times ١٠^{-٤}} = ٠,٨$ كولوم/م^{٢} .

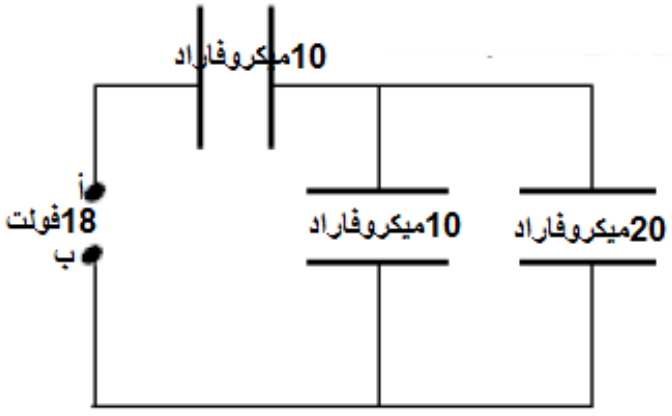
(د) مـ = $\frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}} = \frac{٠,٨}{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}} = ٩,٠٤ \times ١٠^{١٠}$ نيوتن / كولوم ،

أو مـ = $\frac{\text{جـ}}{\text{ف}} = \frac{١٦}{١,٧٧ \times ١٠^{-١٠}} = ٩,٠٤ \times ١٠^{١٠}$ فولت/م.

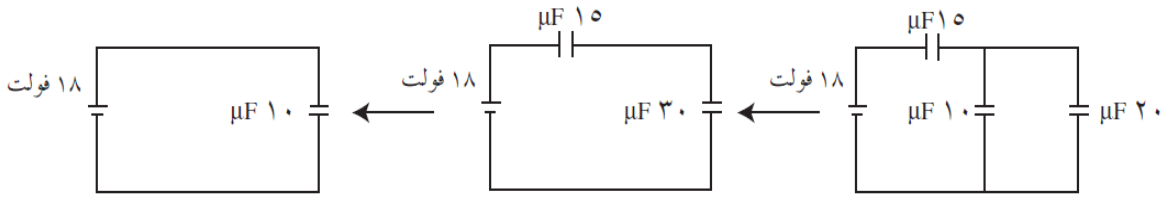
(هـ) ط = $\frac{١}{٢}$ ش جـ = $\frac{١}{٢} \times ٨٠ \times ١٠^{-٦} \times ١٦ = ٦,٤ \times ١٠^{-٤}$ جول .

(و) ط = $\frac{١}{٢}$ س جـ^{٢} = $\frac{١}{٢} \times ٥ \times ١٠^{-٦} \times (٤٢)^{٢} = ٤٤,١ \times ١٠^{-٤}$ جول.

مثال(22) ما الطاقة المختزنة في المواسع 10 ميكروفاراد كما في الشكل :



(١٦



$\Leftarrow$ $ش_{كلية} = ش_{مكافئة}$ جـ $= ١٠ \times ١٠^{-٦} \times ١٨ = ١٨٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم $= ش_{٣٠\ \mu F}$

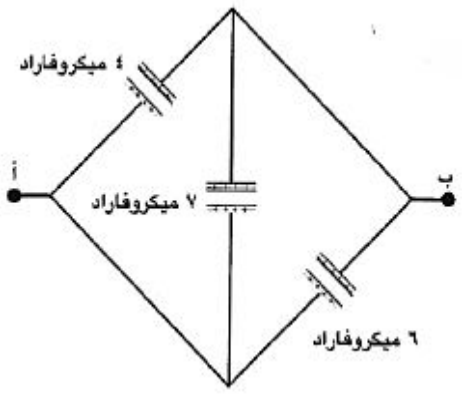
$جـ_{٣٠\ \mu F} = \frac{ش}{س} = \frac{١٨٠ \times ١٠^{-٦}}{٣٠ \times ١٠^{-٦}} = ٦$ فولت $= جـ_{١٠\ \mu F}$ $\Leftarrow$

$ط_{١٠\ \mu F} = \frac{١}{٢} س جـ^{٢} = \frac{١}{٢} \times ١٠ \times ١٠^{-٦} \times (٦)^{٢} = ١,٨ \times ١٠^{-٤}$ جول.

اختبر نفسك

وصلت مجموعة من المواسعات كما هو مبين في الشكل اذا علمت أن فرق الجهد جـ أب=48فولت جد :

أ. المواسعة المكافئة للمجموعة.
ب. الشحنة عل كل مواسع .
جـ) الطاقة المختزنة في المواسع (4ميكروفاراد).



الأجابة:

أ. المواسعة المكافئة=17ميكروفاراد

ب.

$ش_{٤\ \mu F}$ = ١٩٢ ميكروكولوم

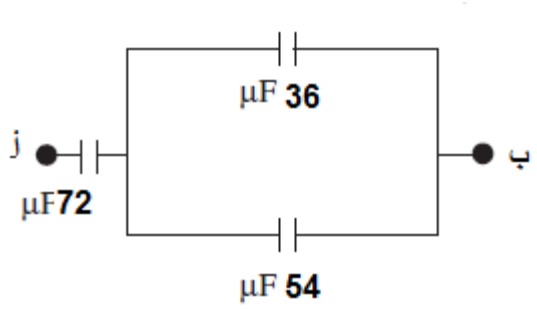
$ش_{٦\ \mu F}$ = ٢٨٨ ميكروكولوم

$ش_{٧\ \mu F}$ = ٣٣٦ ميكروكولوم

جـ. = 4608 x 10^{-6}جول.

اختبر نفسك

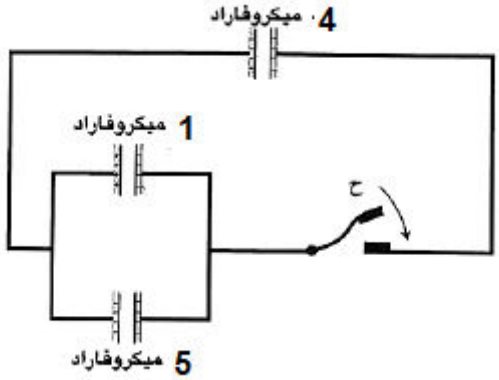
ما الطاقة الكهربائية المختزنة في مجموعة المواسعات المبينة في الشكل علما بان فرق الجهد بين النقطتين أ,ب يساوي 50 فولت .



الاجابة: ط= 0.05 جول ≠

اختبر نفسك

في الشكل المجاور جهد المواسع 4ميكروفاراد يبلغ 20 فولت عندما كان المفتاح (ح) مفتوحا , والمواسعان 1و5 ميكروفاراد غير مشحونين فما جهد المواسع 4ميكروفارادعند اغلاق المفتاح .وكم تصبح الشحنة على المواسعين 1و5 ميكروفاراد.



الأجابة :

جـ =8فولت , ش$_1$ = 8ميكروكولوم , ش$_5$= 40 ميكروكولوم.

ستختفي الكثير من المشاكل أذا تعلمت كيف تواجهها والقيام بحلها بدلا من الهروب والوقوع فيها أ.صالح البشيش