

$$E=mc^2$$



# الجزء فج الفيزياء



للفرعين علمي-صناعي

شرح بالتفصيل-اسئلة شاملة  
اسئلة وزارية

## الفصل الاول

اعداد المعلم

براء جابر

٠٧٨١٤٣١٠٤١

## مبدأ تكميم الشحنة

\* تتكون المواد من ذرات وتتكون الذرة الواحدة من نواة تحتوي على البروتونات التي لها شحنة موجبة و النيوترونات ومن إلكترونات تدور حول النواة في مدارات محددة لها طاقة وتمتلك الإلكترونات شحنة سالبة.

— تُشحن الأجسام بطرق مختلفة بعملية تسمى **التكهرب** وهناك طرق مختلفة لشحن الأجسام وهي :

### (١) الشحن بالدلك. (٢) الشحن بالتوصيل. (٣) الشحن بالحث.

# كل الأجسام في الطبيعة مشحونة ، لكن لا يظهر أثر الشحنات الكهربائية لأنها تكون في حالة تعادل كهربائي.

— عند شحن الأجسام بإحدى الطرق التي ذكرناها سابقاً ، تصبح ذرات المادتين قريبة جداً من بعضهما البعض فتنتقل الإلكترونات من مادة إلى أخرى ، فتصبح المادة التي فقدت إلكترونات مشحونة بشحنة موجبة والمادة التي اكتسبت إلكترونات مشحونة بشحنة سالبة ، وحسب مبدأ حفظ الشحنة يكون مقدار ما يفقده الجسم الأول مساوياً لما يكسبه الجسم الثاني.

— تعد شحنة الإلكترون أصغر شحنة موجودة في الطبيعة مقدارها (  $1,6 \times 10^{-19}$  كولوم ) وسميت بالشحنة الأساسية.

— عندما تُشحن الأجسام ، تكسب أو تفقد عدداً صحيحاً من الإلكترونات فلا يمكن لجسم أن يفقد أو يكسب عدد غير صحيح من الإلكترونات فلا يمكننا القول بأن جسم فقد (  $0,43$  إلكترون ) أو جسم كسب (  $2,6$  إلكترون ) ، وبما أن الإلكترون له شحنة فإن شحنة أي جسم يجب أن تكون من مضاعفات شحنة الإلكترون وهذا ما يسمّى بمبدأ تكميم الشحنة.

### سؤال : ما المقصود بمبدأ تكميم الشحنة ؟

الإجابة : أن شحنة أي جسم يجب أن تكون من مضاعفات شحنة الإلكترون.

### مبدأ تكميم الشحنة :

$$\text{ش جسم} = \text{ن شح}$$

### حيث :

ن : يمثل عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة.

شح : تمثل شحنة الإلكترون وتساوي (  $1,6 \times 10^{-19}$  كولوم ).

مثال ( ١ ) : جسم فقد (  $0,25 \times 10^{11}$  إلكترون ) ، احسب شحنة الجسم وحدد نوعها .

### الحل :

$$\text{ش جسم} = \text{ن شح}$$

$$\text{ش جسم} = \frac{1}{4} \times 10^{11} \times 1,6 \times 10^{-19}$$

$$\text{ش جسم} = \frac{1}{4} \times 10^{11} \times \frac{4}{1} \times 10^{-19}$$

ش جسم =  $4 \times 10^{-19}$  كولوم ، وهي موجبة لأنها فقدت إلكترونات.

$$\frac{1}{4} = 0,25$$

**مثال ( ٢ ) :** جسم يمتلك شحنة مقدارها ( ٣,٢ × ١٠<sup>-٦</sup> كولوم ) ، **احسب** عدد الإلكترونات المفقودة.  
**الحل :**

$$\text{شـجـسـم} = \text{ن شـهـ}$$

$$١٩-١٠ \times ١,٦ \times \text{ن} = ٦-١٠ \times ٣,٢ \quad \leftarrow \quad \frac{٢٠-١٠ \times ١٦}{٢٠-١٠ \times ١٦} = \frac{٧-١٠ \times ٣٢}{٢٠-١٠ \times ١٦} \text{ ن}$$

$$\text{ن} = ٢ \times ١٠^{١٣} \text{ إلكترون}$$

**مثال ( ٣ ) :** هل يمكن لجسم أن يمتلك شحنة مقدارها ( - ٤٨ × ١٠<sup>-٥</sup> كولوم ) ؟ **فسّر إجابتك.**  
**الحل :**

$$\text{شـجـسـم} = \text{ن شـهـ}$$

$$١٩-١٠ \times ١,٦ \times \text{ن} = ٥-١٠ \times ٤٨ \quad \leftarrow \quad \frac{٥-١٠ \times ٤٨}{٢٠-١٠ \times ١٦} = \text{ن}$$

$$\text{ن} = ٣ \times ١٠^{١٥} \text{ إلكترون} / \text{نعم يمكن ، لأن عدد الإلكترونات المكتسبة عددًا صحيحًا.}$$

**# نلاحظ** أن الإشارة السالبة لم تعوّض ، لأن الإشارة السالبة تدل على أن الجسم قد كسب إلكترونات ، والإشارة الموجبة تدل على أن الجسم قد فقد إلكترونات.

**مثال ( ٤ ) :** جسم يحمل شحنة مقدارها ( ٣,٢ × ١٠<sup>-٥</sup> كولوم ) **فما** مقدار الإلكترونات التي تجعل شحنته تساوي ( - ٦,٤ × ١٠<sup>-٥</sup> كولوم ) ؟

**الحل :**

$$\text{شـجـسـم} = \text{ن شـهـ} \quad \leftarrow \quad \frac{٢٠-١٠ \times ١٦}{٢٠-١٠ \times ١٦} = \frac{٦-١٠ \times ٣٢}{٢٠-١٠ \times ١٦} \text{ ن}$$

$$\text{ن} = ٢ \times ١٠^{١٤} \text{ إلكترون}$$

$$\text{شـجـسـم} = \text{ن شـهـ} \quad \leftarrow \quad \frac{٢٠-١٠ \times ١٦}{٢٠-١٠ \times ١٦} = \frac{٦-١٠ \times ٦٤}{٢٠-١٠ \times ١٦} \text{ ن}$$

$$\text{ن} = ٤ \times ١٠^{١٤} \text{ إلكترون}$$

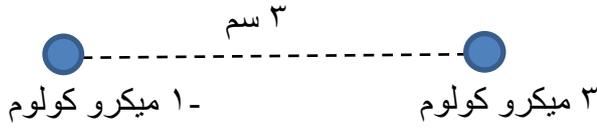
$$\text{ن كلي} = \text{ن} + \text{ن} = ٢ \times ١٠^{١٤} + ٤ \times ١٠^{١٤} / \text{يجب على الجسم أن يكسب } ٦ \times ١٠^{١٤} \text{ إلكترون}$$

$$\text{ن كلي} = ٦ \times ١٠^{١٤} \text{ إلكترون} \quad \leftarrow \quad \text{لأنه فقد } ٢ \times ١٠^{١٤} \text{ إلكترون وكسب } ٤ \times ١٠^{١٤} \text{ إلكترون}$$

**مثال ( ٥ ) :** هل يمكن لجسم أن يمتلك شحنة مقدارها ( ٣,١ × ١٠<sup>-١٩</sup> كولوم ) ؟ **فسّر ذلك.** (( تمرين ))



مثال ( ١ ) : بناءً على الشكل **جد** مقدار واتجاه القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين.  
الحل :



الشحنة السالبة لا تعوّض

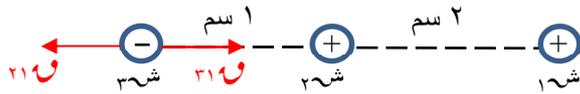
$$= 3 \times 10^{-6} \text{ نيوتن (تجاذب)}$$

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 3 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{(3)^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 3 \times 3 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-6}}$$

مثال ( ٢ ) : يمثل الشكل ثلاث شحنات نقطية على استقامة واحدة ، **احسب** القوة الكهربائية المحصلة على الشحنة الثالثة إذا علمت أن الشحنات متساوية وقيمتها (  $3 \times 10^{-6}$  كولوم ) ؟  
الحل :



$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

$$= 31.9 \text{ ن} \leftarrow \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-6}}$$

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

$$= 21.9 \text{ ن} \leftarrow \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-6}}$$

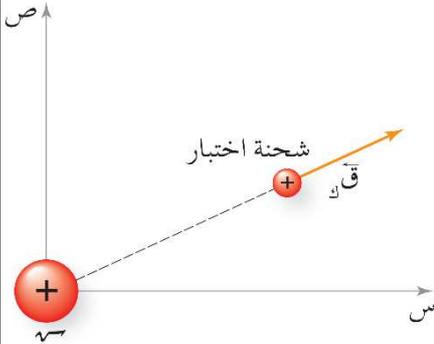
متعاكسات في الاتجاه

$$= 11,25 \times 10^{-6} \text{ ن} = 11,25 \times 10^{-6} \text{ ن} - 20,25 \times 10^{-6} \text{ ن} = 31,9 \text{ ن} - 21,9 \text{ ن}$$

مثال ( ٣ ) : شحنتان متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع ، تفصل بينهما مسافة ( ٣٠ ملم ) ، إذا علمت أن القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين تساوي ( ١,٠ نيوتن ) **احسب** مقدار كلاً من الشحنتين ؟ (( تمرين ))

**ثانيًا : المجال الكهربائي.**

– كان يعتقد العلماء قديمًا أنه إذا أردنا تحريك جسمًا ما ، يجب أن نؤثر على الجسم بقوة تلامسه ، أما القوة الكهربائية تعد ذات تأثير عن بُعد وهذا أثار فضول العالم فارادي فتمكن من تفسير تأثيرها بافتراض مفهوم المجال الكهربائي ، إذ يُعد المجال الكهربائي خاصية للحيز المحيط بالشحنة الكهربائية ( شـ ) ويظهر تأثيره على شكل قوة كهربائية تؤثر في شحنة أخرى ( شـ ) .توضع في هذا الحيز.



– تُصنّف القوة الكهربائية بأنها قوة مجال مثل الجاذبية الأرضية و القوة المغناطيسية.

المجال الكهربائي عند نقطة : هو القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة.

\* تُستخدم شحنة اختبار موجبة صغيرة للكشف عن وجود مجال كهربائي عند نقطة ما ولتخطيط المجال الكهربائي.

\* ويمكن حساب المجال الكهربائي عند نقطة عند وضع شحنة اختبار باستخدام :

المجال الكهربائي كمية متجهة تُحدد بمقدار واتجاه وتقاس بوحدة ( نيوتن / كولوم )

تستخدم هذه العلاقة لحساب القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة موضوعة عند نقطة مجالها معلوم

$$E = \frac{F}{q}$$

**حيث :**

**E :** المجال الكهربائي عند تلك النقطة.

**F :** القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة الاختبار.

**q :** شحنة الاختبار.

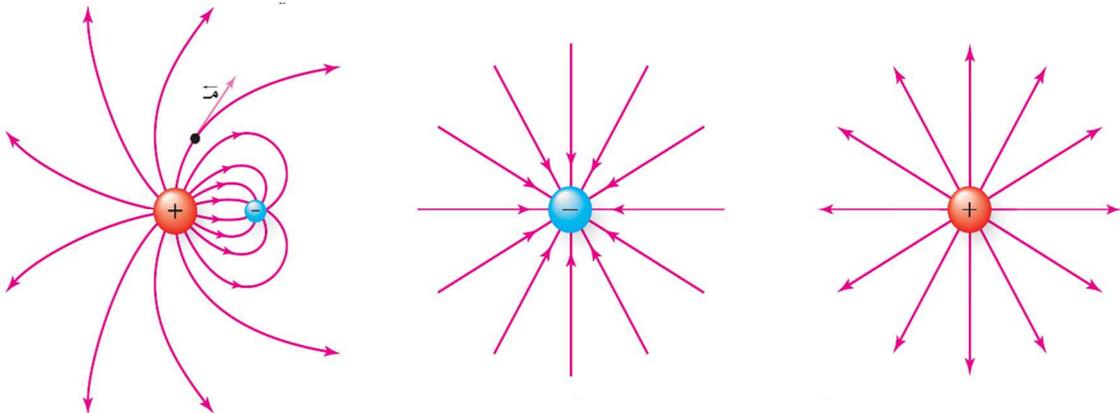
**ثالثًا : خطوط المجال الكهربائي.**

تُرسم خطوط المجال الكهربائي للتعرف على اتجاه ومقدار المجال الكهربائي.

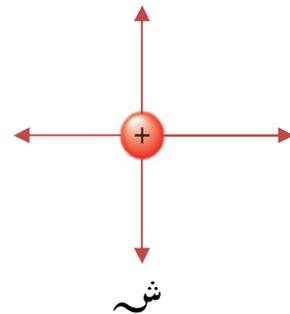
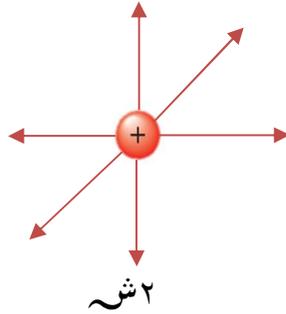
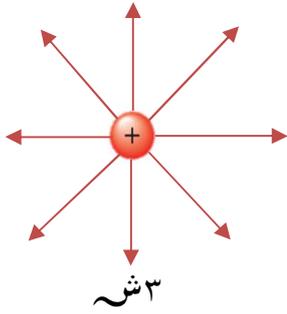
– خطوط المجال الكهربائي : المسار الوهمي الذي تسلكه شحنة اختبار صغيرة موجبة حرة الحركة عند وضعها في مجال كهربائي.

لخطوط المجال الكهربائي خصائص مهمة وهي :

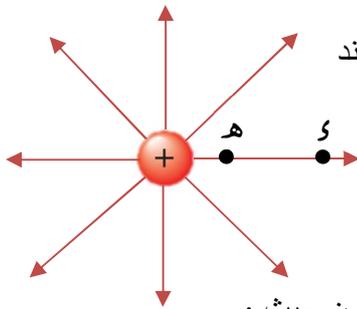
(١) خطوط المجال الكهربائي تخرج من الشحنة الموجبة وتدخل في الشحنة السالبة.



- (٢) يدل اتجاه المماس لخط المجال عند أي نقطة على اتجاه المجال الكهربائي عند تلك النقطة.  
(٣) يتناسب مقدار المجال الكهربائي طرديًا مع مقدار الشحنة.



- (٤) تدل كثافة خطوط المجال الكهربائي في منطقة ما على مقدار المجال الكهربائي في تلك النقطة ( حيث في منطقة تقارب الخطوط يكون المجال كبيرًا و عند منطقة تباعد الخطوط يكون المجال قليلًا ).



- # في الشكل المجاور يكون المجال عند النقطة ( هـ ) أكبر من النقطة ( و ) وذلك لأنه عند منطقة تقارب الخطوط يكون المجال الكهربائي أكبر من منطقة تباعد الخطوط.

**سؤال :** بين كيف يرتبط المجال الكهربائي وخط المجال الكهربائي ببعضهما البعض من حيث :  
(١) مقدار المجال الكهربائي. (٢) اتجاه المجال الكهربائي. (وزاري)

**الإجابة :**

- (١) تدل كثافة الخطوط على مقدار المجال الكهربائي.  
(٢) يدل اتجاه المماس لخط المجال على اتجاه المجال الكهربائي عند تلك النقطة.

**سؤال :** ماذا نعني بقولنا أن المجال الكهربائي عند نقطة يساوي ( ١٢٠ نيوتن/كولوم ) ؟  
**الإجابة :**

أن المجال الكهربائي يؤثر بقوة مقدارها ( ١٢٠ نيوتن ) في وحدة الشحنات الموضوعة عند تلك النقطة.

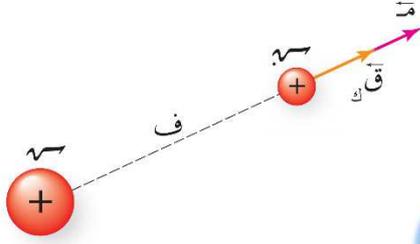
**سؤال :** وضح كيف تتصرف الشحنات عند وضعها في مجال كهربائي ؟  
**الإجابة :**

- \* إذا كانت الشحنة موجبة فإنها تتأثر بقوة كهربائية فتتحرك بنفس اتجاه المجال ( بنفس الاتجاه ).  
\* إذا كانت الشحنة سالبة فإنها تتأثر بقوة كهربائية فتتحرك بعكس اتجاه المجال ( عكس الاتجاه ).

**سؤال :** يُعد الكولوم وحدة قياس كبيرة نسبيًا من الناحية العلمية ، بين ذلك عن طريق حساب عدد الإلكترونات التي يفقدها الجسم أو يكسبها لتصبح شحنته ( ١ ) كولوم. (( تمرين ))

### المجال الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية

– إذا وضعت شحنة اختبار في مجال كهربائي فإنها ستتأثر بقوة كهربائية من قبل المجال الكهربائي ، وبما أن الشحنات نقطية ستكون القوة الكهربائية بين الشحنتين وفقاً لقانون كولوم :



وبتعويض  $Q$  ،

$$F = \frac{k \cdot q \cdot Q}{r^2}$$

$$F = m \cdot a$$

$$m \cdot a = \frac{k \cdot q \cdot Q}{r^2}$$

$$a = \frac{k \cdot q \cdot Q}{m \cdot r^2}$$

\*\* لا تعوّض الإشارة السالبة لأن المجال الكهربائي كمية متجهة.

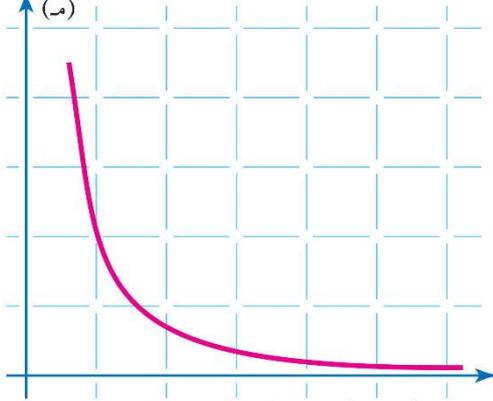
**سؤال :** اذكر العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية ؟ (وزاري)  
**الإجابة :**

(١) مقدار الشحنة **طردياً**.

(٢) مربع المسافة ما بين الشحنة والنقطة **عكسياً**.

(٣) السماحية الكهربائية للوسط **عكسياً**.

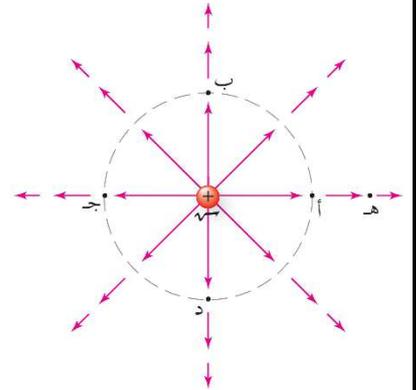
المجال الكهربائي  
(م)



بعد النقطة عن الشحنة (ف)

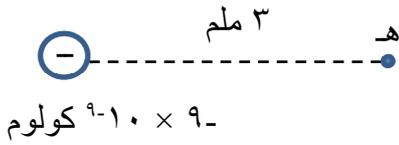
– تبين العلاقة الرياضية أن مقدار المجال الكهربائي يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة وعكسياً مع مربع المسافة ويمثل الشكل الآتي التمثيل البياني للعلاقة بين المجال الكهربائي عند نقطة وبُعد هذه النقطة عن الشحنة.

#نلاحظ من الشكل بأن المجال الكهربائي يقل كلما ابتعدنا عن الشحنة المولدة للمجال ، ويمكننا القول بأن المجال الكهربائي الناشئ من شحنة نقطية غير ثابت في المقدار.



يُعد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية مجالاً غير منتظماً ؛ أي أنه غير ثابت في المقدار والاتجاه ، في الشكل المجاور يكون مقدار المجال الكهربائي عند النقاط ( أ ، ب ، ج ، د ) متساوياً ، لأن لهذه النقاط البعد نفسه عن الشحنة النقطية ( شـ ) إلا أن اتجاه المجال الكهربائي عند كل منها مختلف ، وكذلك فإن مقدار المجال الكهربائي عند النقطة ( هـ ) أقل من مقداره عند النقطة ( أ ) بالرغم من أن المجال الكهربائي الاتجاه نفسه عند هاتين النقطتين.

مثال ( ١ ) : احسب مقدار المجال الكهربائي عند النقطة ( هـ ) .  
الحل :



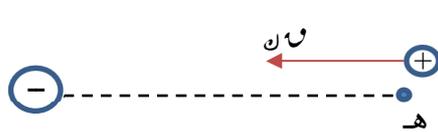
$$م = \frac{q}{r^2}$$

$$م = \frac{9 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$م = \frac{9 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-9}}{1.0 \times 10^{-3}}$$

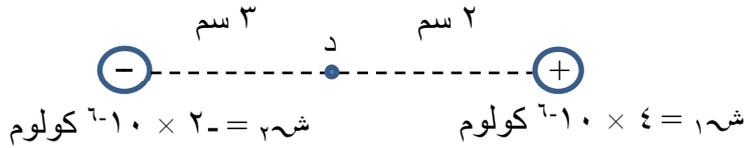
$$م = 2 \times 10^3 \text{ نيوتن / كولوم ، تس}$$

– لتحديد اتجاه المجال الكهربائي نضع شحنة اختبار صغيرة موجبة عند النقطة المراد حساب المجال عندها ، فنتأثر بقوة كهربائية من الشحنة المولدة للمجال ، فيكون اتجاه المجال الكهربائي باتجاه القوة الكهربائية التي تأثرت بها شحنة الاختبار .



سيكون اتجاه المجال مع القوة الكهربائية التي تأثرت بها شحنة الاختبار فيكون اتجاه المجال نحو محور السينات السالب أي نحو اليسار .

مثال ( ٢ ) : احسب المجال الكهربائي عند النقطة ( د ) .  
الحل :



تتأثر النقطة ( د ) من مجالين ناشئين عن شحنتين نقطيتين ، نقوم بحساب هذان المجالان :

$$م١ = \frac{q}{r^2}$$

$$م١ = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2}$$

$$م١ = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4}}$$

$$م٢ = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$م٢ = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}}$$

$$م٢ = 2 \times 10^7 \text{ نيوتن / كولوم ، تس}$$

$$م = م١ + م٢ = 9 \times 10^7 + 2 \times 10^7 = 11 \times 10^7 \text{ نيوتن / كولوم ، تس}$$

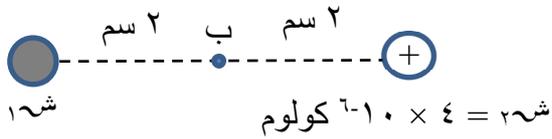
نفس الاتجاه نجمع

**مثال ( ٣ ) :** يمثل الشكل المجاور شحنتان نقطيتان على استقامة واحدة في الفراغ ، إذا علمت أن الشحنة الأولى فقدت (٠,٥ × ١٠<sup>٤</sup> إلكترون) ، **جد :**

- (١) المجال الكهربائي عند النقطة (ب) مقدارًا واتجاهًا.  
(٢) المجال الكهربائي عند الشحنة الثانية.

**الحل :**

أولاً نجد مقدار الشحنة الأولى لحساب المجال عند النقطة (ب) التي تتأثر من الشحنتين.



ش جسم = ن ش<sub>e</sub>

$$\text{ش} = ٨ = ١٠^{-٦} \times ٨ \text{ كولوم}$$

$$\text{ش} = ١ = \frac{١ \times ١٠^٤ \times ١.٦}{٢ \times ١٠^{-١٠}} = ٨ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$



$$\text{م} = \frac{\text{ش} \cdot \text{ف}}{\text{ر}^٢}$$

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

$$\text{م} = ١٨ \times ١٠^{-٧} \text{ نيوتن / كولوم ، } \oplus$$

$$\text{م} = \frac{٩ \times ١٠^{-٦} \times ٩}{٤ \times ١٠^{-٤}}$$

$$\text{م} = \frac{\text{ش} \cdot \text{ف}}{\text{ر}^٢}$$

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

$$\text{م} = ٩ \times ١٠^{-٧} \text{ نيوتن / كولوم ، } \ominus$$

$$\text{م} = \frac{٩ \times ١٠^{-٦} \times ٩}{٤ \times ١٠^{-٤}}$$

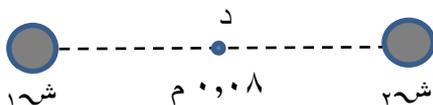
$$\text{م} = ٢ - ١ = ٩ \times ١٠^{-٧} - ١٨ \times ١٠^{-٧} = ٩ \times ١٠^{-٧} \text{ نيوتن / كولوم ، } \oplus$$

(٢) نعتبر بأن الشحنة الثانية وكأنها نقطة ، أي أنها تتأثر من الشحنة الأولى فقط.

$$\text{م} = ٤,٥ \times ١٠^{-٧} \text{ نيوتن / كولوم ، } \oplus$$

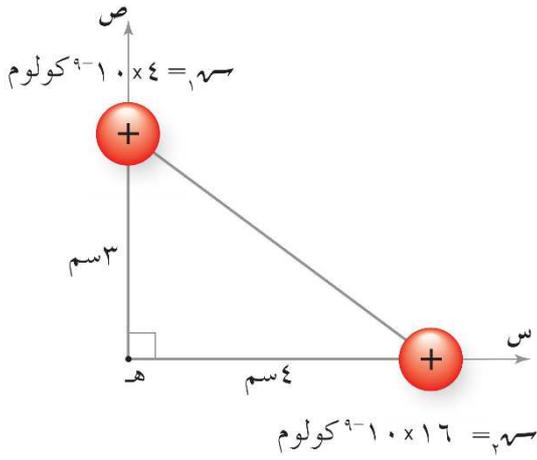
$$\text{م} = \frac{\text{ش} \cdot \text{ف}}{\text{ر}^٢} = \frac{٩ \times ١٠^{-٦} \times ٩}{٢(٢-١٠ \times ٤)}$$

**مثال ( ٤ ) :** شحنتان نقطيتان كما في الشكل ، كسبت الشحنة الأولى ( ١ × ١٠<sup>١١</sup> إلكترون ) فكانت القوة الكهربائية بين الشحنتين ( ١ × ١٠<sup>٢</sup> نيوتن ) فتناورت الشحنتان ، وكانت المسافة بين الشحنتين ( ٨,٠٠ م ) ، **احسب** المجال الكهربائي عند النقطة التي تقع في منتصف المسافة بين الشحنتين. (( تمرين ))



**مثال ( ٥ ) :** في الشكل المجاور شحنتان نقطيتان في الهواء ، **جد** مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في بروتون موضوع عند النقطة ( هـ ).

**الحل :**



$$F_1 = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-10} \times 16 \times 10^{-10}}{(3^2 + 4^2)}$$

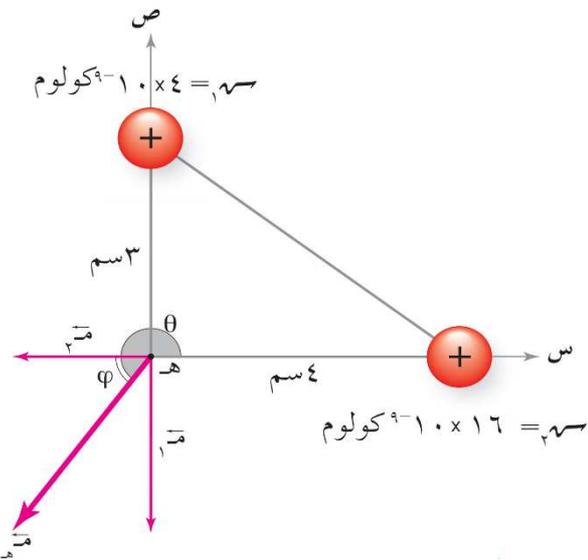
$$F_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 16 \times 10^{-20}}{25} = 2.304 \times 10^{-10} \text{ نيوتن / كولوم ، ص}$$

$$F_2 = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 16 \times 10^{-10} \times 16 \times 10^{-10}}{(3^2 + 4^2)}$$

$$F_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 16 \times 16 \times 10^{-20}}{25} = 9.216 \times 10^{-10} \text{ نيوتن / كولوم ، ص}$$

بما أن المجالين متعامدين كما في الشكل ، فإن المجال المحصل يحسب من قاعدة فيثاغورس.



$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$F = \sqrt{(2.304 \times 10^{-10})^2 + (9.216 \times 10^{-10})^2}$$

$$F \approx 9.8 \times 10^{-10} \text{ نيوتن / كولوم}$$

والمجال المحصل يصنع زاوية (  $\phi$  ) مع المحور السيني السالب

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{F_1}{F_2} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{2.304}{9.216} \right) = 14.0^\circ$$

ويُحدد اتجاه المجال الكهربائي المحصل بالزاوية المحصورة بين المحور السيني الموجب والمجال الكهربائي المحصل (  $\theta$  ) بعكس عقارب

$$\theta = (180^\circ + 14.0^\circ) = 194.0^\circ$$

$$F = 9.8 \times 10^{-10} \text{ نيوتن / كولوم ، ص} \leftarrow F = 9.8 \times 10^{-10} \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.568 \times 10^{-17} \text{ نيوتن ، } 194.0^\circ$$

اتجاه القوة الكهربائية مع اتجاه المجال الكهربائي إذا كانت الشحنة موجبة.

**مثال ( ٦ ) :** يُمثل الشكل شحنتين نقطيتين في الهواء على رأسي مثلث قائم الزاوية ، اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل المجاور **احسب** مقدار المجال الكهربائي عند النقطة ( د ).

الحل :

$$ش٢ = ٢٠ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

$$م١د = \frac{ش١}{ر١^٢}$$

$$م١د = \frac{٩ \times ١٠^{-٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^٢}$$

$$م١د = \frac{٩ \times ١٠^{-٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{٤ \times ١٠^{-٤}} = ٩ \times ١٠^{-١١} \text{ نيوتن / كولوم ، ص}$$

$$م٢د = \frac{ش٢}{ر٢^٢}$$

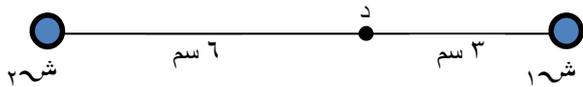
$$م٢د = \frac{٣ \times ١٠^{-٩} \times ١٦ \times ١٠^{-٦}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^٢}$$

$$م٢د = ٣ \times ١٠^{-١١} \text{ نيوتن / كولوم ، س}$$

\* قم بإيجاد المجال المحصل واتجاهه **كتمرين** .. الإجابة { ٥ نيوتن / كولوم ، ٥٣ }.

**مثال ( ٧ ) :** إذا كسب الجسم الأول ( ٠,٢٥ × ١٠<sup>١١</sup> إلكترون ) وكان المجال الكهربائي المحصل عند النقطة ( د ) يساوي ( ١٠ نيوتن / كولوم ) بإتجاه الجسم الأول ، **جد** نوع ومقدار الشحنتان. (( سؤالي المفضل 😊 ))

الحل :



ش٢ جسم = ن ش١

$$ش١ = \frac{١ \times ١١ \times ١٠^{-١٠} \times ١}{٤ \times ١٠^{-٩}} = ١٠^{-١٠} \text{ كولوم ، سالبة} \leftarrow \text{لأنه كسب إلكترونات}$$

$$م١د = \frac{ش١}{ر١^٢}$$

$$م١د = \frac{٩ \times ١٠^{-٩} \times ١ \times ١٠^{-١٠}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^٢} \leftarrow م١د = ٤ \times ١٠^{-١٠} \text{ نيوتن / كولوم ، لليمين}$$

$$م٢د = م١د - م٢د$$

$$١ \times ١٠^{-١٠} = ٤ \times ١٠^{-١٠} - م٢د$$

$$م٢د = ٣ \times ١٠^{-١٠} \text{ نيوتن / كولوم ، لليسا}$$

$$م٢د = \frac{ش٢}{ر٢^٢} \leftarrow م٢د = \frac{٩ \times ١٠^{-٩} \times ش٢}{(٦ \times ١٠^{-٢})^٢}$$

$$ش٢ = ١٢ \times ١٠^{-٩} \text{ كولوم ، سالبة} \leftarrow \text{حسب اتجاه المجال}$$

**نلاحظ :** بأن المجال الناشئ عن الشحنة الأولى أكبر من المجال المحصل ، وهذا يعني أنه سيوجد مجالاً آخر معاكس للمجال الأول ليجعل المجال المحصل يساوي ١ × ١٠<sup>-١٠</sup> نيوتن / كولوم.



**##نقطة انعدام المجال الكهربائي :**

هي النقطة التي يكون عندها المجال الكهربائي المحصل يساوي صفراً ؛ لوجود مجالين كهربائيين متساويين في المقدار ومتعاكسين في الاتجاه.

– يتم حل هذه المسائل بوضع (( م ع = صفر أي أن م<sub>١</sub> = م<sub>٢</sub> )) .

\*\* الحالات التي تُسبب نقطة الانعدام :

**(١) شحنتان متشابهتان في النوع.**

– متساويتان في المقدار : تكون نقطة الانعدام بينهما في المنتصف.

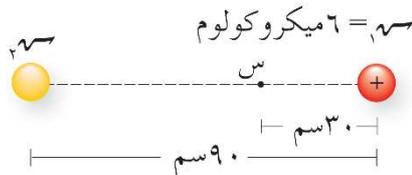
– غير متساويتان في المقدار : تكون نقطة الانعدام بينهما وأقرب للشحنة الأقل.

**(٢) شحنتان مختلفتان في النوع.**

– متساويتان في المقدار : لا توجد نقطة انعدام.

– غير متساويتان في المقدار : تكون نقطة الانعدام خارجهما وأقرب للشحنة الأقل ( مع إهمال الإشارة السالبة ).

**مثال ( ١ ) :** شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء كما في الشكل ، اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل وإذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة ( س ) يساوي صفراً { نقطة انعدام المجال الكهربائي } ، جد مقدار ونوع الشحنة. **الحل :**



بما أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة ( س ) يساوي صفر :

$$م ع = صفر$$

$$م_١ = م_٢$$



$$\frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2} \quad \leftarrow \quad \frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2} \quad \leftarrow \quad \frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2}$$

$$q_1 = 24 \times 10^{-6} \text{ كولوم ، موجبة}$$

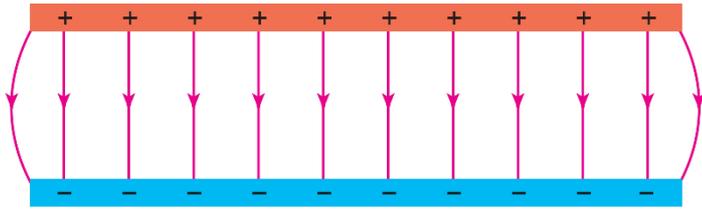
بما أن المجال من الشحنة الأولى نحو محور السينات السالب ، يجب أن يكون هناك مجالاً نحو محور السينات الموجب معاكس للمجال الأول وهنا ستكون الشحنة موجبة.

**مثال ( ٢ ) :** شحنتان نقطيتان ( -٢ ميكروكولوم ، ش-٢ ) تفصل بينهما مسافة مقدارها ( ٦ سم ) ، فإذا علمت أن النقطة ( هـ ) تمثل نقطة انعدام المجال الكهربائي بين الشحنتين وتبعد عن الشحنة الأولى مسافة ( ٢ سم ) ، جد مقدار ونوع الشحنة الثانية.

(( تمرين ))

## المجال الكهربائي المنتظم

- عند شحن صفيحتين موصلتين بشحنتين مختلفتين فإن الشحنات تتوزع على سطحيهما بانتظام ، فينشأ مجالاً كهربائياً منتظماً ثابتاً في المقدار والاتجاه في الحيز بين الصفيحتين بعيداً عن الأطراف.
- المجال الكهربائي المنتظم يكون ثابتاً في المقدار والاتجاه عند أي نقطة على خط المجال وتكون خطوطه متوازية ومستقيمة والبعد بينهما متساوي ، وعدد خطوط المجال تتناسب طردياً مع مقدار المجال.



- مصدر المجال هو الشحنات التي تتوزع على سطحي الصفيحتين.

\* إذا كان مقدار الشحنة على إحدى الصفيحتين ( شـ ) ومساحة الصفيحة ( P ) ، فإن كمية الشحنة الكهربائية المتوزعة على هذه المساحة ( لكل وحدة مساحة ) تسمى الكثافة السطحية للشحنة ، ويرمز لها بالرمز ( σ ) حيث أن :

حيث أن ( σ ) تقاس بوحدة { كولوم / م<sup>٢</sup> }

$$\sigma = \frac{\text{شـ}}{P}$$

- يتناسب مقدار المجال الكهربائي المنتظم طردياً مع الكثافة السطحية للشحنة على الصفيحتين.
- يعتمد المجال الكهربائي المنتظم على السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بينهما ، فإذا كانت الكثافة السطحية للشحنة على الصفيحتين متساوية وكان الوسط الفاصل بين الصفيحتين هواء ، فإن المجال الكهربائي المنتظم يعطى بالعلاقة الآتية :

$$E = \frac{\text{شـ}}{P \epsilon}$$

أو

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$\epsilon = 8,85 \times 10^{-12}$  كولوم<sup>٢</sup> / نيوتن . م<sup>٢</sup> و P مساحة الصفيحة و شـ شحنة الصفيحة.

- \* اتجاه المجال الكهربائي المنتظم خارج من الصفيحة الموجبة وداخل في السالبة.
- \* عند دخول جسيم مشحون بشحنة كهربائية في منطقة مجال كهربائي منتظم فإنه يتأثر بقوة كهربائية ثابتة في المقدار والاتجاه ، وعندما يتأثر أي جسم بقوة فإنه يكتسب تسارعاً ثابتاً حسب قانون نيوتن الثاني يعطى بالعلاقة :

$$F = m \cdot a \quad \text{حيث} \quad F = q \cdot E$$

تذكر :

التسارع كمية متجهة  
تحدد بمقدار واتجاه.

$$a = \frac{q \cdot E}{m}$$

- \* التسارع ثابت عند أي نقطة داخل المجال الكهربائي المنتظم وذلك لأن المجال ثابت والشحنة والكتلة أيضاً.
- \* اتجاه التسارع مع اتجاه القوة الكهربائية. ( مهمة )

\* بما أن الجسم يتأثر بقوة ثابتة ويكتسب تسارعًا ثابتًا فيمكن تطبيق معادلات الحركة في تسارع ثابت :

ت : تسارع الجسم  
٢ع : السرعة النهائية  
١ع : السرعة الابتدائية  
ز : الزمن  
س : الإزاحة

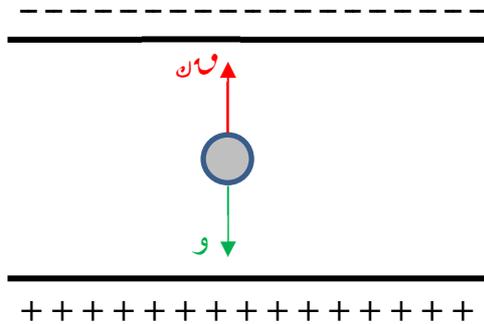


$$\begin{aligned} ٢ع &= ١ع + ت ز \\ س &= ١ع ز + \frac{١}{٢} ت ز^2 \\ ٢٢ع &= ٢١ع + ت س \end{aligned}$$

\* إذا كان الجسم داخل مجال كهربائي متزنًا فهذا يعني أنه تأثر بقوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

**مثال ( ١ ) :** اترن جسم مشحون شحنته (  $٩ \times ١٠^{-٦}$  كولوم ) عند وضعه في مجال كهربائي منتظم مقداره (  $٣ \times ١٠^٢$  نيوتن / كولوم ) كما في الشكل ، **احسب** كتلة الجسم وحدد نوع شحنته .

**الحل :**



بما أن الجسم متزن ، فإن الجسم تأثر بقوتان متعاكستان في الاتجاه ونعلم بأن الوزن متجه للأسفل دائمًا ، وبما أن الجسم في مجال كهربائي فإنه تأثر بقوة كهربائية يجب أن تكون معاكسة للوزن في الاتجاه أي نحو الأعلى ومساوية له في المقدار.

$$و = و \leftarrow ك ج = مشـ$$

$$ك = مشـ \leftarrow ك = \frac{٦-١٠ \times ٩ \times ٣ \times ٢١٠ \times ٣}{١٠} \leftarrow ك = ٢٧ \times ١٠^{-٤} \text{ كغ}$$

– إذا كانت اتجاه القوة الكهربائية مع اتجاه المجال ستكون الشحنة موجبة كما ذكرنا سابقًا ، لهذا فإن شحنة الجسم موجبة.

**مثال ( ٢ ) :** صفيحتان موصلتان متوازيتان مساحة كل منهما (  $١ \times ١٠^{-٢}$  م<sup>٢</sup> ) ، شحنت إحداهما بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة وكانت الشحنة الكهربائية على كل صفيحة (  $١٧,٧ \times ١٠^{-٩}$  كولوم ) ، **احسب :**  
(١) المجال الكهربائي في الحيز. (٢) القوة المؤثرة على إلكترون موضوع داخل الحيز.

**الحل :**

$$(١) \quad م = \frac{ش}{٢ع} \leftarrow م = \frac{١٧,٧ \times ١٠^{-٩}}{٢-١٠ \times ١ \times ١٢-١٠ \times ١٨,٥} \leftarrow م = ٢ \times ١٠^{-٩} \text{ نيوتن / كولوم}$$

$$(٢) \quad و = مشـ$$

$$و = ٢ \times ١٠^{-٩} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٦} = ٣,٢ \times ١٠^{-٢٥} \text{ نيوتن}$$

$$\begin{aligned} ش_p &= ١,٦ \times ١٠^{-٩} \text{ كولوم} \\ ش_e &= ١,٦ \times ١٠^{-٩} \text{ كولوم} \end{aligned}$$

$$و = ٣,٢ \times ١٠^{-٢٥} \text{ نيوتن}$$

- مثال ( ٣ ) :** يتحرك جسيم من السكون مشحون بشحنة (  $4 \times 10^{-9}$  كولوم ) وكتلته (  $2 \times 10^{-10}$  كغ ) عند وضعه في مجال كهربائي منتظم مقداره (  $2 \times 10^3$  نيوتن / كولوم ) ، **احسب :**
- (١) القوة الكهربائية المؤثرة على الجسيم المشحون.
  - (٢) تسارع الجسيم المشحون.
  - (٣) الزمن عندما تصل سرعة الجسيم (  $10$  م / ث ) .
  - (٤) المسافة التي يقطعها الجسيم عندما تصبح سرعته (  $10$  م / ث ) .

**الحل :**

$$(١) \quad \text{ق} = \text{م.ش.} \leftarrow \text{ق} = 2 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-9} = 8 \times 10^{-6} \text{ نيوتن}$$

$$(٢) \quad \text{ت} = \frac{\text{م.ش.}}{\text{ك}} \leftarrow \text{ت} = \frac{2 \times 10^3 \times 8}{4 \times 10^{-10}} = 4 \times 10^{13} \text{ م / ث}^2$$

$$(٣) \quad 20 = 2 \times \text{ت} \times \text{ز} \leftarrow 10 = 2 \times 4 \times 10^{13} \times \text{ز} \leftarrow \text{ز} = 1.25 \times 10^{-13} \text{ ث}$$

$$(٤) \quad 20 = 20 + 2 \times \text{ت} \times \text{س} \leftarrow 100 = 2 \times 4 \times 10^{13} \times \text{س} \leftarrow \text{س} = 1.25 \times 10^{-12} \text{ م}$$

- مثال ( ٤ ) :** دخل جسيم مشحون شحنته (  $4 \times 10^{-10}$  كولوم ) في مجال كهربائي منتظم بين لوحين فلزيين مشحونين بشحنة مقدارها (  $8,85 \times 10^{-9}$  كولوم ) ومساحة كل لوح (  $1 \times 10^{-2}$  م<sup>٢</sup> ) ، بسرعة مقدارها (  $1 \times 10^4$  م / ث ) وكتلته (  $2 \times 10^{-10}$  كغ ) ، إذا علمت أن هذا الجسيم قطع مسافة (  $2 \times 10^{-10}$  م ) ، **احسب :**
- (١) تسارع الجسيم.
  - (٢) السرعة النهائية للجسيم عند قطعه لتلك المسافة.

**الحل :**

$$(١) \quad \text{ت} = \frac{\text{م.ش.}}{\text{ك}} \quad \text{نقوم بإيجاد مقدار المجال الكهربائي} \quad \text{م} = \frac{\text{ش.}}{\text{ق.ع.}}$$

$$\text{ت} = \frac{4 \times 10^{-10} \times 8,85 \times 10^{-9} \times 1}{2 \times 10^{-10} \times 1 \times 10^{-2}} = 1.96 \times 10^4 \text{ م / ث}^2$$

$$\text{م} = \frac{8,85 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-10}}{2 \times 10^{-10} \times 1 \times 10^{-2}} = 1.96 \times 10^4 \text{ نيوتن / كولوم}$$

$$(٢) \quad 20 = 20 + 2 \times \text{ت} \times \text{س} \leftarrow 20 = 2 \times 1.96 \times 10^4 \times 2 \times 2 + 1.96 \times 10^4 \times 1 = 20 = 20 + 2 \times 2 \times 1.96 \times 10^4 \times 2 + 1.96 \times 10^4 \times 1$$

$$20 = 20 + 2 \times 2 \times 1.96 \times 10^4 \times 2 + 1.96 \times 10^4 \times 1 \leftarrow 20 = 20 + 1.568 \times 10^5 + 1.96 \times 10^4$$

- مثال ( ٥ ) :** تحرك إلكترون من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره (  $91 \times 10^3$  نيوتن / كولوم ) ، بإهمال تأثير الجاذبية الأرضية ، **احسب** سرعة الإلكترون بعد قطعه مسافة مقدارها (  $0,2$  ملم ) . اعتبر (  $1.6 \times 10^{-19}$  كغ )

**الحل :**

$$20 = 20 + 2 \times \text{ت} \times \text{س} \quad \text{نقوم بإيجاد التسارع} \quad \text{ت} = \frac{\text{م.ش.}}{\text{ك}}$$

$$20 = 20 + 2 \times 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 91 \times 10^3 \times 2 + 1.6 \times 10^{-19} \times 91 \times 10^3 = 20 = 20 + 5.824 \times 10^{-16} + 1.456 \times 10^{-16}$$

$$20 = 20 + 5.824 \times 10^{-16} + 1.456 \times 10^{-16} \leftarrow 20 = 20 + 7.28 \times 10^{-16}$$

تم تحريك الفواصل وجعل الأرقام صحيحة ، وتحويل المسافة من ملي متر إلى متر كما ورد في التأسيس.

$$\text{ت} = 1.6 \times 10^{16} \text{ م / ث}^2$$

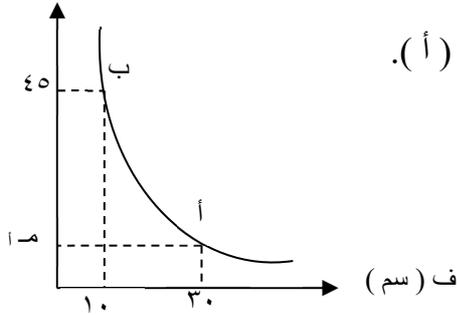
## { أسئلة عامة على فصل المجال الكهربائي }

**تمرين ( ١ ) :** يتزن جسيم مشحون كتلته ( ٠,٤ غم ) داخل مجال كهربائي منتظم مقداره (  $١٠ \times ١٠^{-١٠}$  نيوتن / كولوم ) **احسب** عدد الإلكترونات التي يمتلكها هذا الجسم عند شحنه.

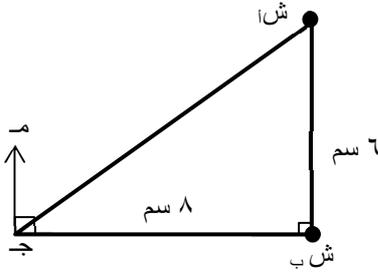
**تمرين ( ٢ ) :** بدأ بروتون من الحركة من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره (  $٣,٣٤ \times ١٠^{-٣}$  نيوتن / كولوم ) وقطع مسافة مقدارها ( ٠,٠٢ م ) باعتبار (  $ك ب = ١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}$  كغ ) ، **احسب :**  
(١) تسارع البروتون. (٢) القوة الكهربائية المؤثرة بالبروتون. (٣) سرعته بعد قطع المسافة.

**تمرين ( ٣ ) :** شحنتان كهربائيتان متماثلتان في النوع موضوعتان في الهواء تفصل بينهما مسافة ( ٠,٢ سم ) والشحنة الأولى تساوي ثلاثة أضعاف الشحنة الثانية ، إذا علمت أن الشحنة الثانية فقدت (  $٠,٥ \times ١٠^{-١٠}$  إلكترون ) **احسب :**  
(١) مقدار ونوع كل من الشحنتين. (٢) القوة الكهربائية المتبادلة مقدارًا واتجاهًا. (٣) المجال الكهربائي في منتصف المسافة بين الشحنتين.

م  $\times ١٠^{-١٠}$  نيوتن / كولوم

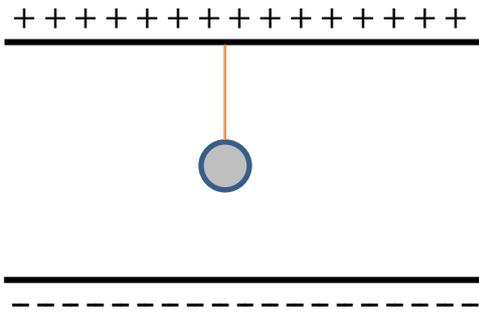


**تمرين ( ٤ ) :** بالاعتماد على الشكل ، **احسب** المجال الكهربائي عند النقطة ( أ ) .

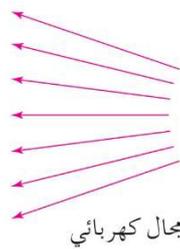
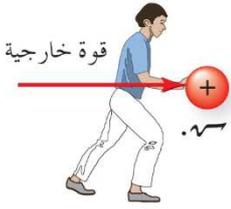


**تمرين ( ٥ ) :** في الشكل المجاور إذا كان (  $م = ٦ \times ١٠^{-٣}$  نيوتن / كولوم ) هو المجال الكهربائي الكلي عند النقطة ( ج ) ، **جد** مقدار ونوع الشحنتين.

**تمرين ( ٦ ) :** يمثل الشكل المجاور جسيم مشحون بشحنة (  $١ \times ١٠^{-٤}$  كولوم ) كتلته ( ١ غم ) ، تم تعليق الجسيم بواسطة خيط على إحدى الصفائح ، إذا علمت أن المجال الكهربائي المنتظم بين الحيز مقداره (  $٤ \times ١٠^{-٣}$  نيوتن / كولوم ) ، **احسب** قوة الشد في الخيط ؟



## الجهد الكهربائي



- في المجال الكهربائي اصطلح على أن اللانهاية ( $\infty$ ) هي النقطة المرجعية التي تكون طاقة الوضع عندها صفرًا ( $ط_و = 0$ ) ، ولبناء نظام معين كما في الشكل ، نفترض أن الشحنة الكهربائية ( ش.م ) في اللانهاية ، ولنقلها إلى نقطة ضمن المجال الكهربائي بسرعة ثابتة تؤثر فيها بقوة خارجية مساوية للقوة الكهربائية في المقدار وتعاكسها في الاتجاه وعندئذ تبذل القوة الخارجية شغلًا يخزن في الشحنة الكهربائية على شكل طاقة وضع كهربائية ( ط و ) حيث تبقى طاقتها الحركية ثابتة أي أن ( $\Delta ط ح = صفر$ ).

- يُعرف الجهد الكهربائي : مقدار طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة موضوعة عند نقطة في مجال كهربائي.

## الفولت:

إذا وضعت شحنة كهربائية مقدارها ( ١ ) كولوم عند تلك النقطة ، فإنها ستخزن طاقة وضع كهربائية مقدارها ( ١ ) جول.

\* رياضياً :

$$ج = \frac{ط_و}{ش.م}$$

- الجهد كمية قياسية ويُقاس بوحدة ( جول/كولوم ) وتسمى ( فولت ).

- يتخذ الجهد الكهربائي عند نقطة ما قيمة محددة ، ولا يعتمد على ( ش.م ) ، فإذا تغيرت ( ش.م ) فإن طاقة الوضع ( ط و ) تتغير بحيث تبقى النسبة ( $\frac{ط_و}{ش.م}$ ) ثابتة.

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

$$ج = \infty$$

$$ط_و = \infty$$

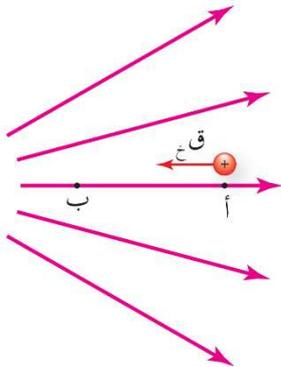
$\Delta ط و$  : التغير في طاقة الوضع.

$\Delta ج$  : فرق الجهد الكهربائي.

\* رياضياً :

$$\Delta ج = \frac{\Delta ط_و}{ش.م}$$

- إذا أثرت قوة خارجية على شحنة كهربائية لنقلها من النقطة ( أ ) إلى النقطة ( ب ) بسرعة ثابتة ضمن مجال كهربائي فإن الشغل الذي تبذله القوة الخارجية يظهر على شكل تغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة :



$$(ش خ) أ - ب = \Delta ط_و$$

$$\Delta ط_و = ش.م \cdot \Delta ج$$

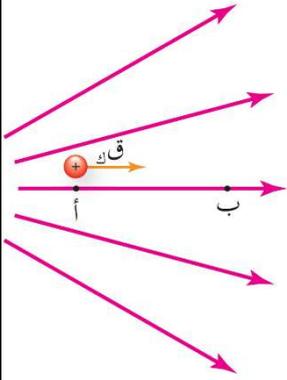
فإن :

$$(ش خ) أ - ب = ش.م \cdot (ج ب - ج أ)$$

$$\Delta ط_و = ش$$

$$\Delta ط ح = 0$$

– إذا تأثرت الشحنة عند وجودها في مجال كهربائي من القوة الكهربائية فقط ، فإنها ستنتقل من النقطة ( أ ) للنقطة ( ب ) وتؤدي حركة الشحنة تحت تأثير القوة الكهربائية فقط إلى نقصان في التغير في الطاقة الوضع ويقابلها زيادة مساوية في الطاقة الحركية ، فالقوة الكهربائية تبذل شغلاً ( ش ك ) على الشحنة تحوّل طاقة الوضع المخزنة فيها إلى طاقة حركية :



$$\Delta ط و = - ش$$

$$\Delta ط ح = ش$$

$$(ش ك) \sim أ - ب = - ش . (ج ب - ج أ)$$

$$ش ك = - \Delta ط و$$

$$ش ك = - \Delta ط و \text{ ومنها}$$

\* إن نظام ( الشحنة الكهربائية – المجال الكهربائي ) نظام محافظ ، أي أن الطاقة الميكانيكية محفوظة (  $\Delta ط م = 0$  ) .

**\* ملاحظات :**

$$(١) ج ا ب = ج ا - ج ب .$$

$$(٢) ج ب ا = - ج ا ب .$$

(٣) شغل القوة الخارجية القانون موجب أما بالقوة الكهربائية سالب .

**سؤال :** يعتمد الجهد الكهربائي عند نقطة على طاقة الوضع الكهربائية وليس الشحنة .  
**الإجابة :** لأنه إذا تغيرت الشحنة تغيرت معها طاقة الوضع بحيث تبقى النسبة ثابتة (  $\frac{ط و}{ش}$  ) ، إذا غيرت طاقة الوضع للشحنة عند وجودها في مجال كهربائي فهذا يعني وجود فرق في الجهد الكهربائي .

**سؤال :** ماذا نعني بقولنا أن الجهد الكهربائي عند نقطة يساوي ( ٣ فولت ) ؟

**الإجابة :** طاقة وضع مقدارها ( ٣ جول ) تخزنها شحنة مقدارها ( ١ كولوم ) عند وضعها عند تلك النقطة .

**سؤال :** ماذا نعني بقولنا أن الجهد الكهربائي عند نقطة يساوي ( - ٥ فولت ) ؟

**الإجابة :** طاقة وضع مقدارها ( ٥ جول ) تخزنها شحنة مقدارها ( - ١ كولوم ) عند وضعها عند تلك النقطة .

**سؤال :** الجهد عند اللانهاية يساوي صفرًا ؟

**الإجابة :** وذلك لعدم وجود مجال كهربائي يؤثر على شحنة اختبار بقوة كهربائية موضوعة خارج النظام ، وهذا يعني أن طاقة الوضع تساوي صفرًا أي أن الجهد الكهربائي يساوي صفرًا .

**سؤال :** ماذا نعني بقولنا أن الفرق في الجهد الكهربائي يساوي ( ١٢ فولت ) ؟

**الإجابة :** تغير في طاقة الوضع مقداره ( ١٢ جول ) عند نقل شحنة قدرها ( ١ كولوم ) بين نقطتين ضمن مجال كهربائي .

**مثال ( ١ ) :** شحنة نقطية مقدارها (  $١ \times 10^{-٤}$  كولوم ) تحركت بفعل القوة الكهربائية من النقطة ( أ ) إلى النقطة ( ب ) فإذا علمت أن فرق الجهد الكهربائي بين ( أ ) و ( ب ) يساوي ( ٢ فولت ) ، احسب شغل القوة الكهربائية .

**الحل :**

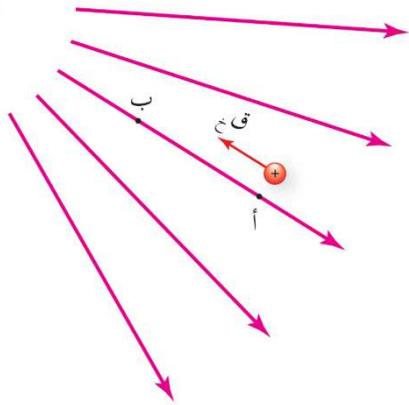
$$ج ا ب = ٢ \text{ فولت}$$

$$ج ب ا = -٢ \text{ فولت}$$

$$(ش ك) \sim أ - ب = - ش . (ج ب - ج ا)$$

$$ش = -١ \times 10^{-٤} \times (-٢) \text{ جول} \leftarrow ش = ٢ \times 10^{-٤} \text{ جول}$$

**مثال ( ٢ ) :** شحنة نقطية مقدارها ( ٩ نانوكولوم ) نُقلت من النقطة ( أ ) إلى النقطة ( ب ) في مجال كهربائي بسرعة ثابتة إذا بذلت القوة الخارجية شغلاً قدره (  $14 \times 10^{-9}$  جول ) ، **احسب** فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين ( ب ) و ( أ ) .

**الحل :**

$$\begin{aligned} \text{ش}_{\text{ب-أ}} &= (ج_ب - ج_أ) \cdot v \\ 14 \times 10^{-9} &= (ج_ب - ج_أ) \times 2 \\ ج_ب - ج_أ &= 7 \text{ فولت.} \end{aligned}$$

**مثال ( ٣ ) :** شحنة كهربائية تحمل شحنة ( - ٤ ميكروكولوم ) موضوعة عند النقطة ( د ) التي جهدها ( ٢ فولت ) ، **احسب :**

- (١) طاقة الوضع الكهربائية عند النقطة ( د ) .
- (٢) شغل القوة الخارجية اللازم لنقل إلكترون من اللانهاية إلى النقطة ( د ) .
- (٣) التغير في طاقة الوضع الكهربائية عند نقل بروتون من اللانهاية للنقطة ( د ) بفعل القوة الكهربائية .

**الحل :**

$$\begin{aligned} (١) \text{ ط}_و &= \text{ش} \cdot ج \longleftarrow \text{ط}_و = 4 \times 10^{-6} \times 2 \\ (٢) (\text{ش} \cdot خ)_{\infty} &= \text{ش} \cdot e (ج_د - ج_{\infty}) \longleftarrow \text{ش} \cdot خ = 1,6 \times 10^{-19} \times (0 - 2) \\ (\text{ش} \cdot خ)_{\infty} &= 3,2 \times 10^{-19} \text{ جول} \\ (٣) (\Delta \text{ط}_و)_{\infty} &= - (\text{ش} \cdot ك)_{\infty} \\ (\Delta \text{ط}_و)_{\infty} &= - (\text{ش} \cdot p) (ج_د - ج_{\infty}) \longleftarrow (\Delta \text{ط}_و)_{\infty} = 1,6 \times 10^{-19} \times (0 - 2) \\ (\Delta \text{ط}_و)_{\infty} &= 3,2 \times 10^{-19} \text{ جول} \end{aligned}$$

**تمرين ( ١ ) :** نُقلت شحنة كهربائية مقدارها (  $3 \times 10^{-6}$  كولوم ) من النقطة ( هـ ) التي جهدها ( ٢ فولت ) إلى النقطة ( د ) بفعل القوة الكهربائية فكان الشغل المبذول (  $6 \times 10^{-6}$  جول ) ، **احسب** جهد النقطة ( د ) .

**تمرين ( ٢ ) :** نقطتان ( د ) و ( هـ ) ضمن مجال كهربائي ، إذا كان ( ج\_د = - ٤ فولت ) و ( ج\_هـ = ٨ فولت ) **احسب :**

- (١) شغل القوة الكهربائية المبذول لنقل إلكترون من النقطة ( د ) إلى النقطة ( هـ ) .
- (٢) شغل القوة الخارجية المبذول لنقل بروتون من اللانهاية إلى النقطة ( د ) بسرعة ثابتة .
- (٣) مقدار التغير في طاقة الوضع الكهربائية للإلكترون والبروتون في الفرعين السابقين .



### الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية

– وُجد تجريبيًا أن الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية موضوعة في الهواء ، عند نقطة تبعد مسافة من الشحنة يُعطى :

(( يمكن أن يكون الجهد سالبًا أو موجبًا وفقًا لنوع الشحنة المولدة للمجال الكهربائي ))

**\*\* السالب يُعَوِّض \*\***

$$ج = \frac{ش \cdot \rho}{ف}$$

**سؤال :** اذكر العوامل التي يعتمد عليها الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية ؟

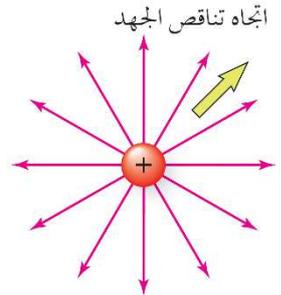
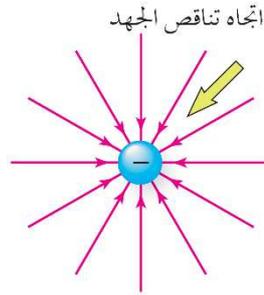
**الإجابة :**

- (١) مقدار الشحنة **طرديًا**.
- (٢) المسافة ما بين الشحنة والنقطة **عكسيًا**.
- (٣) السماحية الكهربائية للوسط **عكسيًا**.

– إشارة الجهد تساعدنا على ترتيب النقاط من الأقل جهدًا إلى الأعلى جهدًا ، أي أن اتجاه المجال الكهربائي دائمًا باتجاه تناقص الجهد الكهربائي ، كلما اقتربنا من الشحنة الموجبة يكون الجهد مرتفعًا ، أما عند الاقتراب من الشحنة السالبة يقل الجهد الكهربائي.

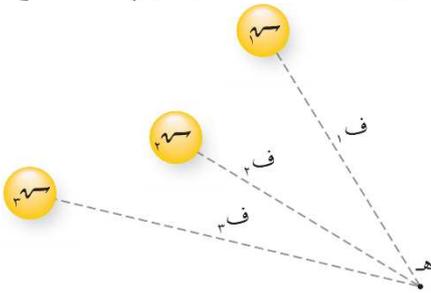
**\* إذا كان :**

جأب = + ، هذا يعني أن جأ < جب  
جأب = - ، هذا يعني أن جأ > جب



– الجهد كمية قياسية أي يُحدد بمقدار فقط ، فإن الجهد الكهربائي الناشئ من شحنات نقطية عدة عند نقطة يساوي المجموع الجبري لهذه الجهود ، كمثال لحساب الجهد عند النقطة ( هـ ) :

$$ج هـ = ج١ + ج٢ + ج٣ + \dots$$



$$ج هـ = \left( \dots + \frac{ش٣}{ف٣} + \frac{ش٢}{ف٢} + \frac{ش١}{ف١} \right)$$

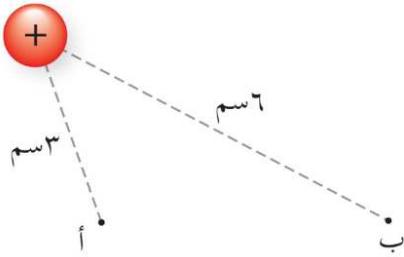
**سؤال :** ماذا يعني أن الجهد الكهربائي عند نقطة يساوي صفرًا ؟

**الإجابة :** يعني أن طاقة الوضع الكهربائي لوحدة الشحنات عند تلك النقطة تساوي صفرًا ، أي لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

\* نقطة انعدام الجهد الكهربائي تكون بين أو خارج الشحنتين المختلفتين وأقرب للشحنة الأقل.

\* لا توجد نقطة انعدام الجهد الكهربائي للشحنات المتشابهة.

**مثال ( ١ ) :** في الشكل المجاور شحنة كهربائية مقدارها ( ٣ نانوكولوم ) ، ونقطتان ( أ ) و ( ب ) تبعدان عن الشحنة مسافة ( ٣ سم ) و ( ٦ سم ) على الترتيب ، **احسب :**



(١) جاب .

(٢) جاب إذا كانت الشحنة سالبة.

**الحل :**

$$(١) \text{ ج } = \frac{q}{r^2}$$

$$\text{جاب} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-9}}{3^2} = 900 \text{ فولت}$$

$$= 900 \text{ فولت}$$

$$\text{جاب} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-9}}{6^2} = 450 \text{ فولت}$$

$$= 450 \text{ فولت}$$

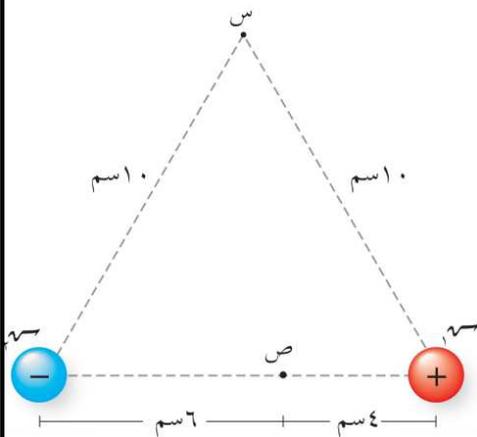
جاب = ج<sub>١</sub> - ج<sub>٢</sub> = 900 - 450 = 450 فولت. (أي أن ج<sub>١</sub> < ج<sub>٢</sub>).

(٢) بما أن الشحنة المولدة للمجال الكهربائي سالبة ، فإن الجهد الكهربائي عند النقطتين سالب :  
ج<sub>١</sub> = - 900 فولت ، ج<sub>٢</sub> = - 450 فولت.

جاب = - 900 - (- 450) = - 450 فولت. (أي أن ج<sub>١</sub> > ج<sub>٢</sub>).

**مثال ( ٢ ) :** يُبين الشكل المجاور شحنتين نقطيتين موضوعتين في الفراغ ( ش<sub>١</sub> = ٤ ، ش<sub>٢</sub> = - ٤ ) ميكروكولوم معتمداً

على البيانات المثبتة على الشكل ، **احسب** جهد كل من النقطتين ( س ) و ( ص ) .

**الحل :**

$$\text{جس} = \text{ج}_١ + \text{ج}_٢$$

$$\text{جس} = \left( \frac{q_1}{r_1^2} + \frac{q_2}{r_2^2} \right) \times 9 \times 10^9$$

$$\text{جس} = \left( \frac{4 \times 10^{-6}}{10^2} + \frac{-4 \times 10^{-6}}{10^2} \right) \times 9 \times 10^9 = \text{صفر}$$

$$\text{جص} = \text{ج}_١ + \text{ج}_٢$$

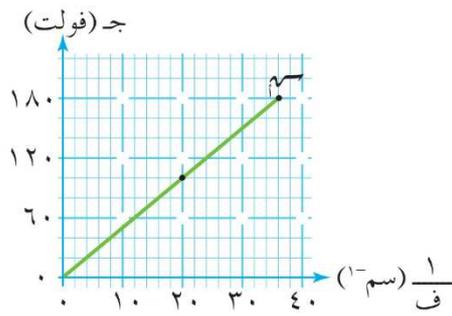
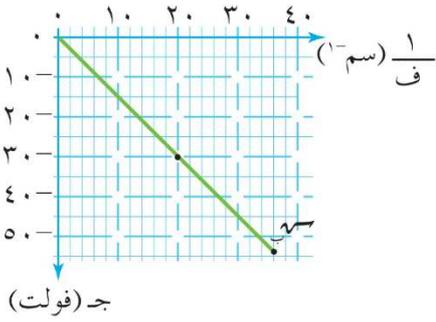
$$\text{جص} = \left( \frac{q_1}{r_1^2} + \frac{q_2}{r_2^2} \right) \times 9 \times 10^9$$

$$= \left( \frac{4 \times 10^{-6}}{6^2} + \frac{-4 \times 10^{-6}}{4^2} \right) \times 9 \times 10^9$$

$$\text{جص} = \left( \frac{2}{3} - 1 \right) \times 4 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^9$$

$$\text{جص} = 3 \times 10^5 \text{ فولت}$$

**نُلاحظ** تعويض الإشارة السالبة أثناء الحل وذلك لأن الجهد كمية قياسية ، فجهد الشحنة الموجبة موجب وجهد الشحنة السالبة سالِب.



**مثال ( ٣ ) :** يُبين الشكل تمثيلًا بيانيًا للعلاقة بين الجهد الناشئ عن كل من الشحنتين (ش<sub>١</sub> ، ش<sub>٢</sub>) ومقلوب البعد عن كل منهما ، اعتمادًا على الشكل **جـ** مقدار ونوع كل من الشحنتين.

**الحل :**

**الرسم البياني الأول :**

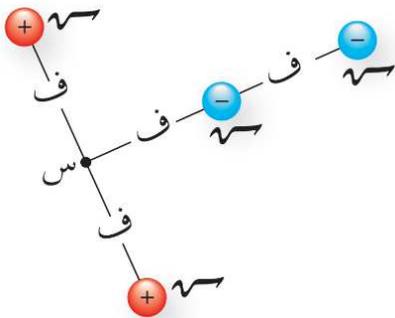
$$\text{جـ} = \frac{\text{ش}}{\text{ف}} = 100 \leftarrow \text{ش} = 10 \times 20 \times 20 \times 9 = 100 \leftarrow \text{ش} = 10 \times \frac{5}{9} = 10 \text{ كولوم} \quad \text{موجبة}$$

**الرسم البياني الثاني :**

$$\text{جـ} = \frac{\text{ش}}{\text{ف}} = 30 \leftarrow \text{ش} = 10 \times 20 \times 20 \times 9 = 30 \leftarrow \text{ش} = 10 \times \frac{1}{9} = 10 \text{ كولوم} \quad \text{سالبة}$$

**مثال ( ٤ ) :** في الشكل المجاور ، احسب الجهد الكهربائي عند النقطة ( س ) ، علمًا بأن ( ش = ٥ ميكروكولوم ) و ( ف = ٤ سم ) .

**الحل :**



$$\text{جـ} = \left( \frac{\text{ش}_1}{\text{ف}_1} + \frac{\text{ش}_2}{\text{ف}_2} + \frac{\text{ش}_3}{\text{ف}_3} + \frac{\text{ش}_4}{\text{ف}_4} \right) \times 9 = 9 \times \left( \frac{5 \times 10^{-6}}{4} + \frac{5 \times 10^{-6}}{4} + \frac{5 \times 10^{-6}}{4} + \frac{5 \times 10^{-6}}{4} \right) = 9 \times \frac{40 \times 10^{-6}}{4} = 90 \text{ فولت}$$

**مثال ( ٥ ) :** يُمثل الشكل شحنتين نقطيتين موضوعتين في الهواء ، بناءً على الشكل **احسب** الشغل المبذول من القوة الخارجية لنقل إلكترون من اللانهاية إلى النقطة ( د ) .

**الحل :**

$$\text{ش}_1 = 3 \text{ سم} \quad \text{د} \quad \text{ش}_2 = 4 \text{ سم}$$

$$\text{ش}_1 = 10^{-10} \times 6 = 6 \text{ كولوم} \quad \text{ش}_2 = 10^{-10} \times 4 = 4 \text{ كولوم}$$

$$\text{شخ} = \text{ش}_\infty - \text{ش}_\text{د} = 0 - 6 = -6 \text{ جول}$$

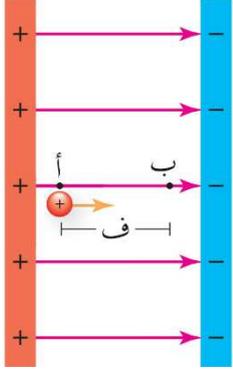
$$\text{جـ} = \left( \frac{\text{ش}_1}{\text{ف}_1} + \frac{\text{ش}_2}{\text{ف}_2} \right) \times 9 = 9 \times \left( \frac{6 \times 10^{-10}}{3} + \frac{4 \times 10^{-10}}{4} \right) = 9 \times 10^{-10} = 900 \text{ فولت}$$

$$\text{شخ} = \text{ش}_\infty - \text{ش}_\text{د} = 0 - 900 = -900 \text{ جول}$$

$$\text{شخ} = \text{ش}_\infty - \text{ش}_\text{د} = 0 - 1.44 \times 10^{-9} = -1.44 \text{ جول}$$

### فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم

– إذا وُضعت شحنة كهربائية في مجال كهربائي ستتأثر بقوة كهربائية فتتحرك الشحنة وتقطع إزاحة ، وهذه القوة الكهربائية ستبذل شغلاً على الشحنة :



$$(ش ك) \sim ب = ق ك . ف \sim ب$$

$$(ش ك) \sim ب = ق ك ف \sim ب جتا \theta \quad \text{بتعويض } ق ك = م ش$$

$$(ش ك) \sim ب = م ش ف \sim ب جتا \theta \quad \boxed{1}$$

ويمكن أن نعبر عن الشغل المبذول من القوة الكهربائية من خلال :

$$(ش ك) \sim ب = - ش (ج ب - ج أ) \quad \text{وبتعويض المعادلة 1 :}$$

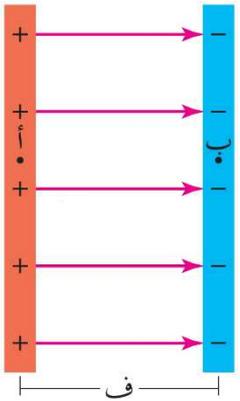
$$0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$$

$$م ش ف \sim ب جتا \theta = - ش (ج ب - ج أ) \quad \text{تُصبح العلاقة : } ج \sim ب = م ف \sim ب جتا \theta$$

\* تُستخدم هذه العلاقة لحساب فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم.

\* م : المجال الكهربائي ، ف \sim ب : الإزاحة ما بين النقطتين ،  $\theta$  : الزاوية المحصورة ما بين المجال الكهربائي والإزاحة.

\* يُمكن حساب فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين عند فرض النقاط عليهما من خلال :



$$ج \sim ب = م ف \sim ب جتا \theta \quad \text{ج \sim ب} = م ف \sim ب جتا \theta$$

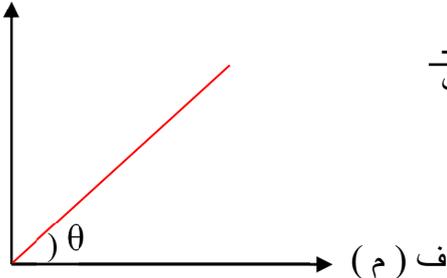
$$\boxed{ج = م ف}$$

\* يُقاس المجال الكهربائي أيضًا بوحدة ( فولت/م ) ، ويمكننا القول بأن المجال الكهربائي هو مقياس للتغير في الجهد مع تغير الموقع.

– عند تمثيل العلاقة ما بين فرق الجهد الكهربائي والمسافة ما بين النقطتين في مجال كهربائي منتظم بيانياً فإن :

ج ( فولت )

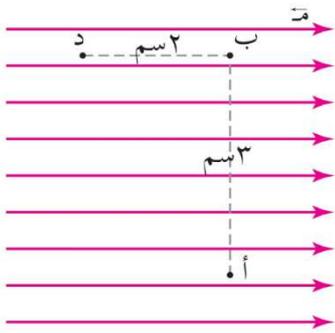
$$\text{الميل} = \theta = م = \frac{ج}{ف}$$



القوة الكهربائية قوة محافظة ، أي أن الشغل المبذول منها لا يعتمد على المسار ، مما يعني أن فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم لا يعتمد على المسار.

\* إذا انتقلت الشحنة الموجبة إلى الجهد المرتفع تزداد طاقة الوضع لها ، وإذا انتقلت الشحنة السالبة إلى الجهد المنخفض تزداد طاقة الوضع لها.

\* فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين تقعان على الخط الواصل بينهما ويعامد المجال الكهربائي يساوي صفر ، أي أن النقطتان متساوية في الجهد الكهربائي.



**مثال ( ١ ) :** يُبين الشكل ثلاث نقاط ( أ ، ب ، د ) ضمن مجال كهربائي منتظم مقداره ( ٢١٠ فولت/م ) مُعتمداً على الشكل **احسب** ( ج١ب ) و ( ج١ب ) .

**الحل :**

نلاحظ أن المجال نحو اليمين  
والإزاحة نحو اليسار أي أن  
الزاوية  $180^\circ$

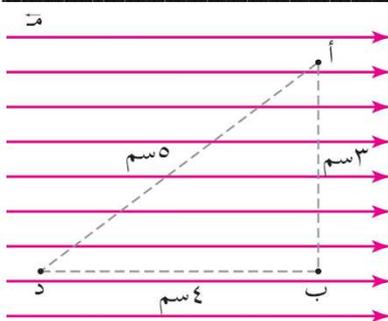
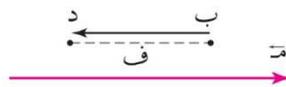
$$(١) \quad \text{ج١ب} = \text{مرف} \text{ب} \leftarrow \text{د} \text{جتا} \theta$$

$$\text{ج١ب} = 2 \times 210 \times \cos 180^\circ = -420 \text{ فولت.}$$

$$(٢) \quad \text{ج١ب} = \text{مرف} \text{أ} \leftarrow \text{ب} \text{جتا} \theta.$$

$$\text{ج١ب} = 3 \times 210 \times \cos 90^\circ = 0.$$

$$\text{ج١ب} - \text{ج١ب} = 0 \text{ أي أن } \text{ج١ب} = \text{ج١ب}.$$



**مثال ( ٢ ) :** يُبين الشكل المجاور ثلاث نقاط ( أ ، ب ، د ) في مجال كهربائي منتظم مقداره ( ٢٠٠ نيوتن/كولوم ) ، معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل **احسب** :  
(١) ج١د ( أ ← د ) .  
(٢) ج١د ( أ ← ب ← د ) .

**الحل :**

(١) لحساب الجهد عبر المسار ( أ ) إلى ( د ) علينا تحديد الزاوية (  $\theta$  )

حيث :  $\theta = 180^\circ - \text{جتا} \theta$

$$\text{ج١د} = \text{مرف} \text{أ} \leftarrow \text{د} \text{جتا} \theta$$

$$= -2 \times 200 \times \cos 180^\circ = 400$$

$$\text{ج١د} = 400 \text{ فولت.}$$

(٢)

$$\text{ج١د} = \text{ج١ب} + \text{ج١ب}$$

$$\text{ج١د} = \text{مرف} \text{أ} \leftarrow \text{ب} \text{جتا} 90^\circ + \text{مرف} \text{ب} \leftarrow \text{د} \text{جتا} 180^\circ$$

$$= 0 + 2 \times 200 \times \cos 180^\circ = -400$$

$$\text{ج١د} = -400 \text{ فولت.}$$

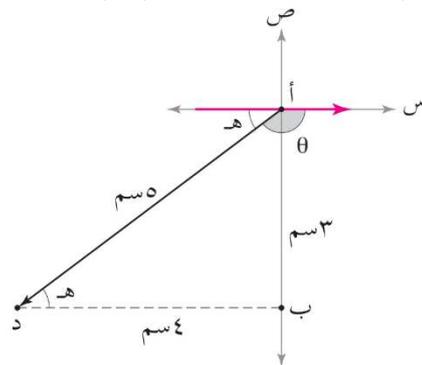
نذكر : أن القوة الكهربائية قوة

محافظت فشغلها لا يعتمد على

المسار ؛ وهذا السبب أن فرق الجهد

بين النقطتين متساوي في كلا

المسارين.



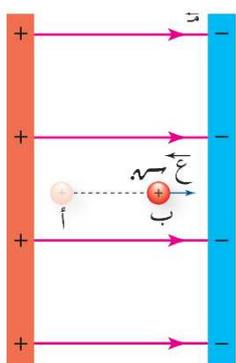
**مثال ( ٣ ) :** يتحرك بروتون من السكون من النقطة ( أ ) إلى النقطة ( ب ) ، إذا كان فرق الجهد بينهما يساوي ( ج ) ، **أثبت** أن سرعة البروتون بعد قطعه الإزاحة تساوي : 
$$v = \sqrt{\frac{2qE}{m}}$$

**الحل :**

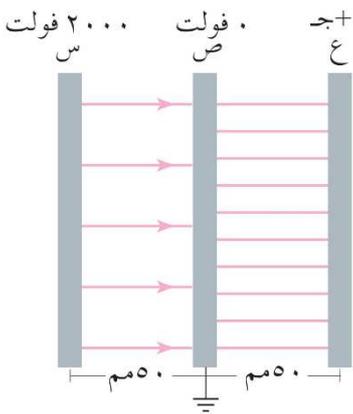
$$2qE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$2qE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2qE}{m}}$$



$$\frac{1}{2}mv^2 = qE$$



**مثال ( ٤ ) :** معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل ، والذي يُبين ثلاث صفائح موصلة مختلفة في الجهد . **أجب** عن ما يلي :

- (١) كيف يتناسب عدد خطوط المجال الكهربائي مع الكثافة السطحية للشحنة ؟
- (٢) احسب مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين ( س ) و ( ص ) .
- (٣) احسب المجال الكهربائي بين الصفيحتين ( ص ) و ( ع ) مقداراً واتجاهاً .
- (٤) احسب جهد الصفيحة ( ع ) .

**الحل :**

(١) يتناسب عدد خطوط المجال الكهربائي طردياً مع الكثافة السطحية للشحنة .

$$(٢) \text{ م } = \text{ جـ } / \text{ ف } = (٠ - ٢٠٠٠) / (٠ - ١٠ \times ٥٠) = ٤ \times ١٠ \text{ فولت/م}$$

(٣) نلاحظ أن عدد خطوط المجال بين الصفيحتين ( ص ) و ( ع ) ضعفا عددها بين الصفيحتين ( س ) و ( ص ) لذلك سيتضاعف المجال ، أي أن :

$$\text{م ص ع} = ٢ \text{ م س ص} = ٢ \times ٤ \times ١٠ = ٨ \times ١٠ \text{ فولت/م} ، \text{ نحو محور السينات السالب.}$$

$$(٤) \text{ جـ ع} - \text{ جـ ص} = \text{م ف جتا}\theta$$

$$\text{جـ ع} - ٠ = ٠ - ١ \times ١٠ \times ٥٠ \times ٤ \times ٨ = ٠ - ١٠ \times ٨ \times ٥٠$$

$$\text{جـ ع} = ٤٠٠٠ \text{ فولت}$$

**مثال ( ٥ ) :** يمثل الشكل لوحين فلزيين ، 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 . **احسب :**

(١) المجال الكهربائي عند النقطة ( هـ ) .

(٢) فرق الجهد ( جـ و ) .

(٣) شغل القوة الخارجية لنقل بروتون من ( و ) إلى ( ك ) .

**الحل :**

$$(١) \text{ م } = \text{ جـ } / \text{ ف } = ٢ / ٠,١ = ٢٠ \text{ فولت/م}$$

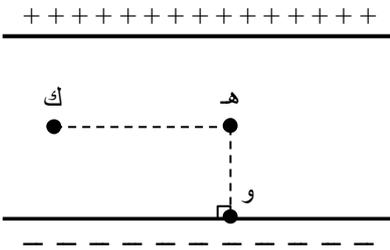
$$(٢) \text{ جـ و} = \text{م ف جتا}\theta$$

$$= ٢٠ \times ٠,١ \times ٥ \times ٢ = ١ \text{ فولت}$$

$$(٣) \text{ (شـ خ) و-ك} = \text{شـ هـ} . \text{ (جـ ك - جـ و)}$$

$$= ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \text{ ( ١ )}$$

$$\text{ (شـ خ) و-ك} = ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$



المسافة بين ( هـ ) و ( و )  
تساوي ٠,١ / ٢ = ٠,٠٥ م

$$\text{جـ و ك} = \text{جـ و هـ} + \text{جـ هـ ك}$$

$$\text{جـ و ك} = \text{جـ و هـ} - \text{جـ هـ و}$$

$$\text{جـ و ك} = ١ - \text{فولت}$$

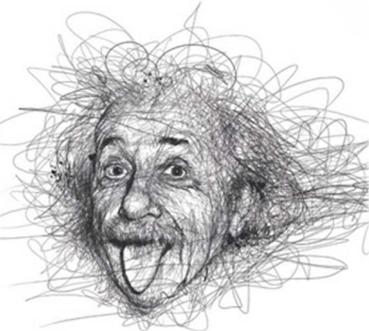
**تمرين :** تحرك جسيم شحنته ( ٢ × ١٠<sup>-٤</sup> كولوم ) وكتلته ( ٤ × ١٠<sup>-١٠</sup> غم ) من السكون ، من اللوح الموجب إلى اللوح

السالب في الحيز بين لوحين فلزيين متوازيين ، إذا كانت المسافة بين اللوحين ( ١ × ١٠<sup>-٢</sup> م ) وسرعة وصول الجسيم

إلى اللوح السالب ( ٤ × ١٠<sup>٤</sup> م / ث ) ، **احسب :**

(١) فرق الجهد بين اللوحين الفلزيين .

(٢) القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم أثناء حركته .

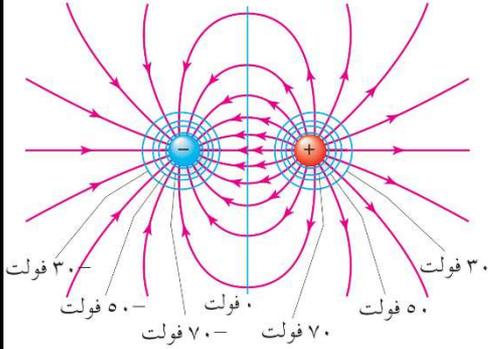


\* هذا الدرس للفرع العلمي فقط \*

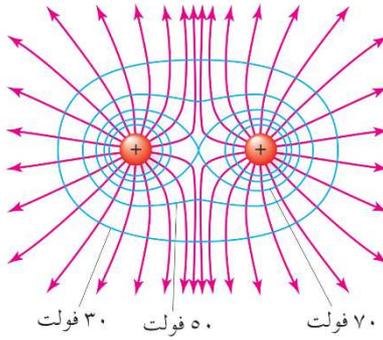
سطوح تساوي الجهد

\* هذا الدرس للفرع العلمي فقط \*

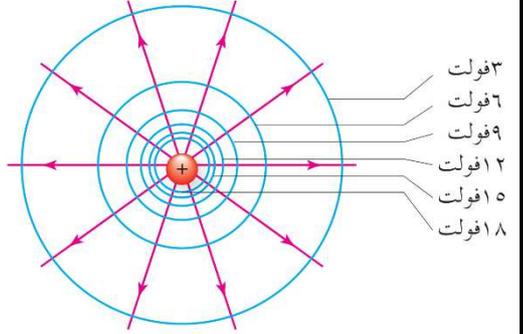
- سطح تساوي الجهد : هو السطح الذي يكون عند نقاطه جميعها متساوياً ويساوي قيمة ثابتة.  
\* تُمثل الأشكال التالية بعض سطوح تساوي الجهد :



شحنتان مختلفتان



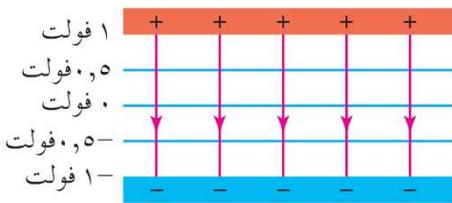
شحنتان متشابهتان



شحنة نقطية

- نلاحظ أن سطوح تساوي الجهد للشحنة النقطية تأخذ شكلاً كروياً ، وتكون أكثر تقارباً بالقرب من الشحنة ، أي كلما زادت قيمة المجال الكهربائي اقتربت سطوح تساوي الجهد ، وذلك لأن المجال الناشئ عن الشحنة النقطية غير منتظماً.  
- كلما اقتربت سطوح تساوي الجهد دلت على قيمة كبيرة للمجال الكهربائي ، والعكس صحيح.

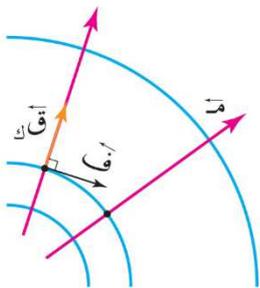
\*\* أما سطوح تساوي الجهد عند الصفيحتين :



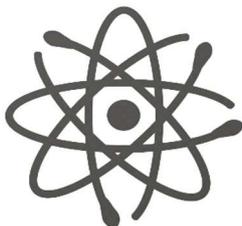
- تظهر سطوح تساوي الجهد متوازية وبينهما مسافات متساوية ، لتدل على أن المجال الكهربائي منتظم.  
- سطوح تساوي الجهد لا تتقاطع ، لأنه لا يمكن لنقطة أن تتخذ أكثر من قيمة للجهد.  
- تكون السطوح متساوية الجهد متعامدة مع المجال الكهربائي.

**سؤال :** علل ، لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة على سطح تساوي الجهد.

علل ، سطوح تساوي الجهد عمودية على خطوط المجال الكهربائي.



**الإجابة :** لأنه لا يوجد فرق جهد كهربائي بين أي نقطتين واقعتين على سطح تساوي الجهد ، وتكون هذه السطوح دائماً عمودية على خطوط المجال الكهربائي ، ويمكن إثباتها من خلال العلاقة ( ش = ق ف جتاθ ) وبما أن شغل القوة الكهربائية يساوي صفراً ، وهذا يعني أن الزاوية ما بين القوة الكهربائية والإزاحة تساوي ( ٩٠° ) ويكون هذا صحيحاً عندما تتعامد الإزاحة مع اتجاه القوة الكهربائية.

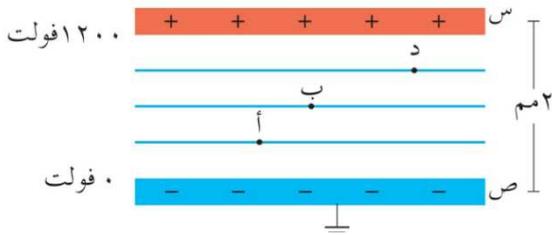


إذا لم تحاول أن تفعل شيئاً أبعد مما قد أتقنته فأنت لا تتقدم أبداً



**مثال ( ١ ) :** صفيحتان موصلتان متوازيتان ، شُحنت الصفيحة ( س ) بشحنة موجبة ، والصفيحة ( ص ) وُصِلت بالأرض فَشُحنت بالحث بشحنة سالبة ، وُبيّن الشكل سطوح تساوي الجهد في الحيز بين الصفيحتين . **احسب :**

(١) المجال الكهربائي بين الصفيحتين .  
(٢) الجهد الكهربائي عند النقاط ( أ ، ب ، د ) .

**الحل :**

$$(١) \quad \text{ج} = 1200 - 0 = 1200 \text{ فولت.}$$

$$\text{م} = \frac{\text{ج}}{\text{ف}} = \frac{1200}{3.14 \times 20} = 10 \times 6 = 60 \text{ فولت/م}$$

(٢) بما أن المجال الكهربائي منتظم فالمسافات بين السطوح تساوي الجهد متساوية :

$$\text{ف}_{\text{أص}} = \frac{\text{ف}}{4} \leftarrow \text{ف}_{\text{أص}} = \frac{20}{4} = 5 \text{ فولت}$$

$$\text{ج}_{\text{أص}} = \text{م} \times \text{ف}_{\text{أص}}$$

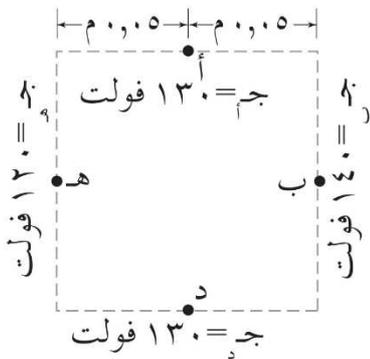
$$\text{ج}_{\text{أص}} = 0 - 10 \times 5 \times 10 \times 6 = -300 \text{ فولت}$$

وبالمثل نتوصل إلى أن:

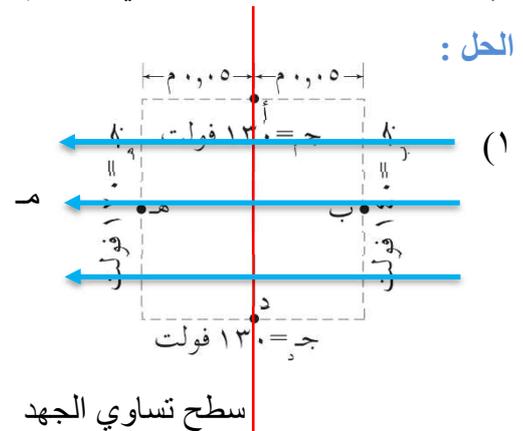
$$\text{ج}_{\text{ب}} = 600 \text{ فولت.}$$

$$\text{ج}_{\text{د}} = 900 \text{ فولت.}$$

**مثال ( ٢ ) :** تقع أربع نقاط ( أ ، ب ، د ، هـ ) في منطقة مجال كهربائي منتظم . معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل **أجب** عن ما يلي :



(١) ارسم واحداً من سطوح تساوي الجهد الكهربائي ، وثلاثة من خطوط المجال الكهربائي مُحدداً على هذه الخطوط اتجاه المجال.  
(٢) احسب مقدار المجال الكهربائي المنتظم.

**الحل :**

نلاحظ أن جهد النقطة ( ب ) أكبر من جهد النقطة ( هـ ) ، ويكون اتجاه المجال الكهربائي من الجهد المرتفع إلى الجهد المنخفض.

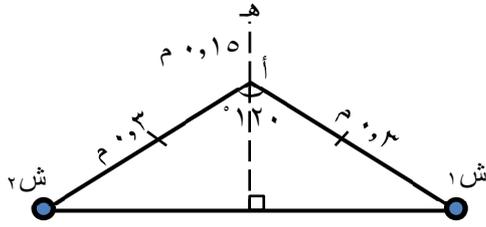
$$(٢) \quad \text{ج}_{\text{ب}} - \text{م} \text{ ف جتا} \theta$$

$$140 - 120 = 10 \times 10 \times 10 \times 1 = 200 \text{ فولت/م} \leftarrow \text{م} = 200 \text{ فولت/م}$$

## { أسئلة عامة على فصل المجال و الجهد الكهربائي }

س ١ : إذا علمت أن الشحنتان متساويتان وقيمة كل منهما (  $5 \times 10^{-10}$  كولوم ) ، بالإعتماد على الشكل **احسب** :

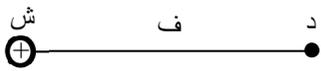
- (١) المجال الكهربائي عند النقطة ( أ ) مقداراً واتجاهاً.
- (٢) مقدار ونوع الشحنة النقطية الواجب وضعها في النقطة ( هـ ) ليصبح الجهد الكهربائي الكلي عند النقطة ( أ ) يساوي صفراً.



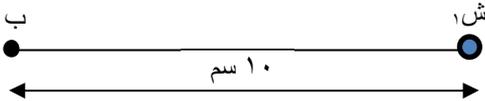
س ٢ : شحنتان نقطيتان ، المسافة بينهما ( ف ) ، الأولى ( ٨ ميكروكولوم ) والثانية ( -٤ ميكروكولوم ) . إذا كانت القوة الكهربائية المتبادلة بينهما ( ٤٥ نيوتن ) ، **احسب** الشغل اللازم لنقل الشحنة الأولى من موضعها إلى اللانهاية.

س ٣ : يبين الشكل شحنة نقطية موضوعة في الهواء ، إذا كان مقدار المجال الكهربائي عند النقطة ( د ) يساوي ( ٥٠ نيوتن / كولوم ) ومقدار الجهد الكهربائي عند النقطة ( د ) يساوي ( ٣٠ فولت ) **احسب** :

- (١) مقدار الشحنة ( ش ) .
- (٢) شغل القوة الخارجية المبذول لنقل شحنة ( ٤ بيكوكولوم ) من اللانهاية إلى النقطة ( د ) بسرعة ثابتة.



س ٤ : شحنة كهربائية نقطية ( ش ١ ) تبعد مسافة ( ١٠ سم ) عن النقطة ( ب ) ، فإذا كانت القوة الكهربائية التي تؤثر بها الشحنة ( ش ١ ) على شحنة اختبار ( ش' =  $9 \times 10^{-10}$  كولوم ) موضوعة عند النقطة ( ب ) تساوي (  $1,8 \times 10^{-3}$  نيوتن ) باتجاه محور السينات الموجب . **احسب** :

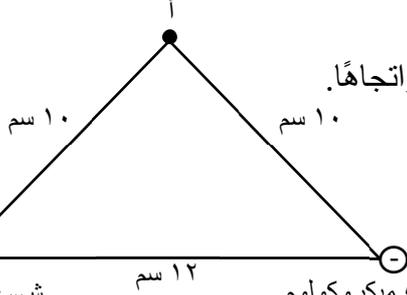


- (١) المجال الكهربائي عند النقطة ( ب ) .
- (٢) مقدار الشحنة ( ش ١ ) ونوعها.
- (٣) الشغل المبذول من قبل قوة خارجية لنقل ( ش ) من النقطة ( ب ) إلى اللانهاية.

س ٥ : شحنتان كهربائيتان متماثلتان في النوع موضوعتان في الهواء ، تفصل بينهما مسافة ( ٠,٢ سم ) والشحنة الأولى تساوي ثلاثة أضعاف الشحنة الثانية ، إذا علمت أن الشحنة الثانية فقدت (  $0,5 \times 10^{10}$  إلكترون ) ، **احسب** :

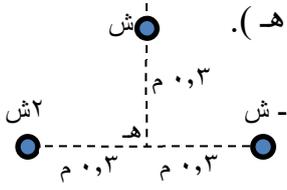
- (١) مقدار ونوع كل من الشحنتين.
- (٢) القوة الكهربائية المتبادلة مقداراً واتجاهاً.
- (٣) المجال الكهربائي في منتصف المسافة بين الشحنتين.
- (٤) الشغل المبذول لنقل الشحنة الأولى من موضعها إلى منتصف المسافة بين الشحنتين.

س ٦ : يمثل الشكل شحنتان موضوعتان في الهواء . اعتماداً على الشكل والبيانات المعطاه ، **احسب** :

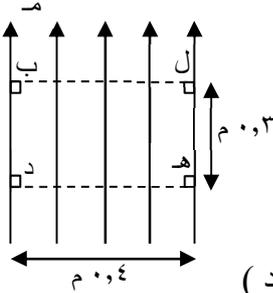


- (١) مقدار واتجاه المجال عند النقطة ( أ ) .
- (٢) القوة الكهربائية المؤثرة في إلكترون موضع في النقطة ( أ ) مقداراً واتجاهاً.
- (٣) الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل ( ش ١ ) إلى اللانهاية.

س٧ : ثلاث شحنات كهربائية موضوعة في الهواء . إذا علمت أن ( ش =  $6 \times 10^{-9}$  كولوم ) ، **احسب** :  
(١) الجهد الكهربائي عند النقطة ( هـ ).  
(٢) الشغل الذي تبذله القوة الخارجية لنقل شحنة ( ش =  $3 \times 10^{-6}$  كولوم ) من اللانهاية إلى النقطة ( هـ ).

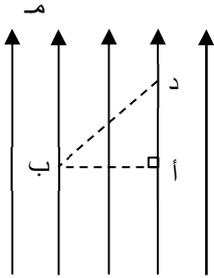


س٨ : يمثل الشكل مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره (  $3 \times 10^3$  فولت / م ) اعتماداً على الشكل والبيانات المثبتة عليه ، **احسب** :



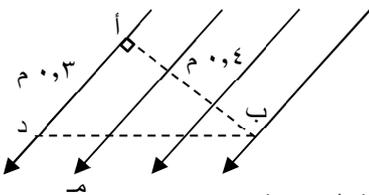
(١) جـ اـ هـ .  
(٢) الشغل اللازم من قبل القوة الكهربائية لنقل شحنة مقدارها (  $+1$  ميكروكولوم ) من النقطة ( هـ ) إلى النقطة ( ب ).

س٩ : يمثل الشكل مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره (  $2 \times 10^4$  فولت / م ) والنقاط ( أ ، ب ، د ) واقعة في المجال الكهربائي ، بحيث تقع النقطتان ( أ ، د ) على خط مجال واحد والزاوية ( د أ ب ) قائمة ، وطول ( أ د ) يساوي ( ٨ سم ) ، **أجب عما يأتي** :

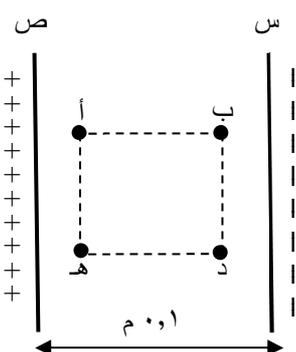


(١) ماذا يحدث لإلكترون حر عند وضعه في النقطة ( د ) ؟  
(٢) احسب الشغل المبذول في نقل شحنة كهربائية مقدارها (  $3$  نانوكولوم ) من النقطة ( د ) إلى النقطة ( ب ).  
(٣) احسب كتلة جسيم شحنته (  $1$  نانوكولوم ) إذا اتزن عند وضعه عند النقطة ( ب ).

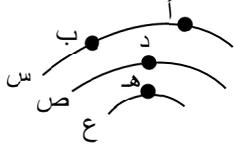
س١٠ : مجال كهربائي منتظم يؤثر بالاتجاه الموضح بالشكل ، إذا كان مقدار الشغل اللازم لنقل شحنة كهربائية مقدارها (  $2 \times 10^{-6}$  كولوم ) من النقطة ( د ) إلى النقطة ( ب ) يساوي (  $6 \times 10^{-5}$  جول ) ، اعتماداً على الشكل **احسب** مقدار المجال الكهربائي ( م ).



س١١ : يمثل الشكل المجاور لوحين فلزيين ( س ، ص ) متوازيين ، تفصل بينهما مسافة (  $0.1$  م ) والنقاط ( أ ، ب ، د ، هـ ) تقع داخل المجال الكهربائي بين اللوحين وتمثل رؤوس مربع طول ضلعه (  $4$  سم ) ، حيث أن الضلع ( أ هـ ) عمودي على المجال. فإذا علمت أن التسارع لجسيم مشحون شحنته (  $2 \times 10^{-6}$  كولوم ) وكتلته (  $2 \times 10^{-16}$  كغ ) داخل المجال الكهربائي يساوي (  $1 \times 10^3$  م / ث<sup>٢</sup> ) **احسب** :  
(١) فرق الجهد بين اللوحين.  
(٢) الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (  $5 \times 10^{-6}$  كولوم ) من النقطة ( أ ) إلى النقطة ( د ).  
(٣) السرعة النهائية للجسيم إذا بدأ الحركة من السكون ليصل من اللوح الموجب إلى اللوح السالب.



**س١٢ :** يبين الشكل سطوح تساوي الجهد (س ، ص ، ع ) لشحنة نقطية والنقاط ( أ ، ب ، د ، هـ ) واقعة على هذه السطوح ، إذا علمت أن ( جـ = ٨ فولت ) ، وأن شغل القوة الكهربائية المبذول لنقل شحنة ( -٢ × ١٠<sup>-٦</sup> كولوم ) من ( د ) إلى ( ب ) يساوي ( ٤ × ١٠<sup>-٦</sup> جول ) . **احسب** جـ هـ د .

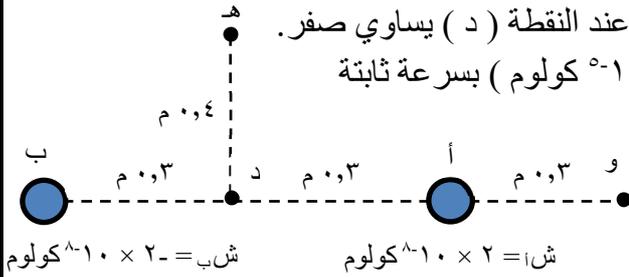


**س١٣ :** يبين الشكل شحنتين نقطيتين ( أ ، ب ) موضوعتين في الفراغ ، اعمادًا على الشكل ، **احسب** :  
(١) جـ و هـ .

(٢) المجال الكهربائي عند النقطة ( د ) .

(٣) الشحنة الواجب وضعها عند النقطة ( هـ ) لجعل الجهد الكهربائي عند النقطة ( د ) يساوي صفر .

(٤) الشغل المبذول من القوة الخارجية لنقل شحنة مقدارها ( +٢ × ١٠<sup>-٦</sup> كولوم ) بسرعة ثابتة من النقطة ( هـ ) إلى النقطة ( و ) .

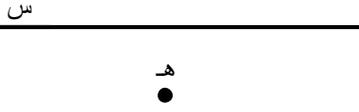


**س١٤ :** يبين الشكل صفيحتين متوازيتين (س ، ص ) مساحة كل منهما ( ١ × ١٠<sup>-٢</sup> م<sup>٢</sup> ) ، شُحنت إحداهما بشحنة

موجبة والأخرى بشحنة سالبة ، فنشأ في الحيز بين الصفيحتين مجال كهربائي منتظم . فإذا وُضع عند النقطة ( هـ ) جُسيم مشحون شحنته ( -٢ نانوكولوم ) ، وكتلته ( ٨ × ١٠<sup>-٦</sup> كغم ) فأتزن . **أجب** عما يلي :

(١) حدّد نوع الشحنة على كل صفيحة .

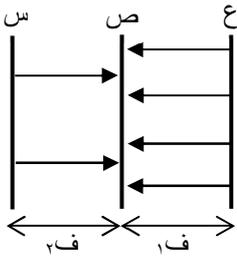
(٢) احسب مقدار الشحنة الكهربائية على كل صفيحة .



ص

**س١٥ :** معتمدًا على الشكل والبيانات المثبتة عليه ، والذي يمثل ثلاث صفائح موصلة (س ، ص ، ع ) ، وإذا علمت أن

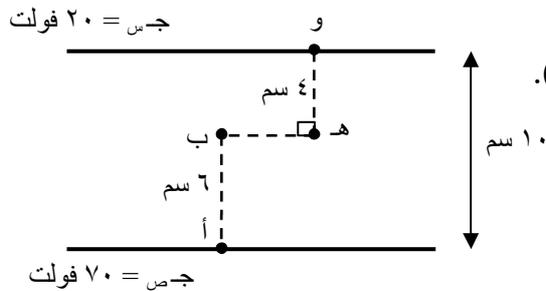
$$(جـ = ع = جـ) \text{ أثبت أن } F_1 = \frac{1}{2} F_2 .$$



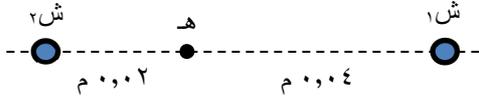
**س١٦ :** بالاعتماد على الشكل ، **احسب** :

(١) الجهد الكهربائي عند النقطة ( ب ) .

(٢) كتلة جسيم مشحون ( ٢ × ١٠<sup>-٦</sup> كولوم ) متزن عند النقطة ( هـ ) .



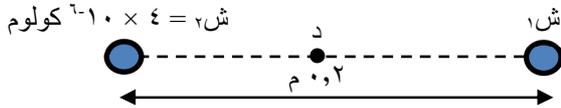
**س١٧ :** شحنتان نقطيتان مجهولتان في النوع والمقدار تبعد الشحنة الأولى مسافة (٠,٠٤ م) عن النقطة (هـ) التي تبعد عن الشحنة الثانية مسافة (٠,٠٢ م) ، إذا كسبت الشحنة الثانية (٠,٣ × ١٤١٠ إلكترون) ، فاعدم المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) ، **احسب :**



- (١) نوع ومقدار كل من الشحنتين.
- (٢) الشغل اللازم لنقل (ش١) إلى اللانهاية.
- (٣) الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ).
- (٤) الشغل اللازم لجعل المسافة بين الشحنتين (٠,٠١٠ م).

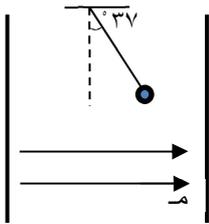
**س١٨ :** إذا كان الجهد عند النقطة (د) الواقعة في منتصف المسافة بين الشحنتين يساوي صفرًا ، **احسب :**

- (١) مقدار ونوع الشحنة (ش١).
- (٢) التغيير في طاقة الوضع بفعل القوة الكهربائية للشحنة (ش١) عند انتقالها من النقطة (أ) إلى (د).

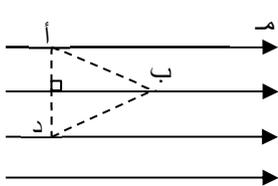


**س١٩ :** شحنة كهربائية مقدارها (٦ × ١٠<sup>-٩</sup> كولوم) ، ووزنها (٢ × ١٠<sup>-٣</sup> نيوتن) ، معلقة بخيط

بين صفيحتين متوازيتين البعد بينهما (٤ × ١٠<sup>-٣</sup> م) ، وعند وصل الصفيحتين بفرق جهد انترتت الشحنة في وضع يميل فيه الخيط عن الرأسية بزاوية (٣٧°) كما في الشكل ، **احسب** فرق الجهد الكهربائي للمصدر.



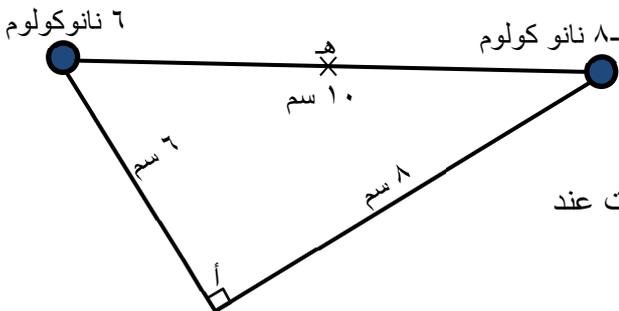
**س٢٠ :** يوضّح الشكل مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره (١٠ فولت / م) ، النقاط (أ ، ب ، د) واقعة في المجال وتمثل



رؤوس مثلث متطابق الأضلاع طول ضلعه (٢ سم) والخط الواصل بين (أ ، د) عمودي على خط المجال . **احسب** الشغل المبذول من قبل القوة الخارجية لنقل شحنة كهربائية سالبة مقدارها (١ × ١٠<sup>-٩</sup> كولوم) من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) بسرعة ثابتة عبر المسار (أ ب د).

**س٢١ :** تحرك إلكترون من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره (٤ × ١٠<sup>-٣</sup> فولت / م) بالاتجاه الأفقي ، **احسب** سرعة الإلكترون بعد قطعه إزاحة أفقية (٨,٣ مم).

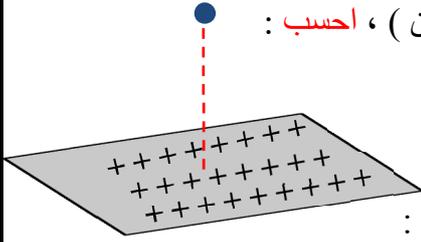
**س٢٢ :** يمثل الشكل شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء البعد بينهما (١٠ سم) ، اعتمادًا على البيانات المثبتة بالشكل **احسب :**



- (١) القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين.
- (٢) المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) منتصف المسافة بين الشحنتين.
- (٣) الشغل اللازم لنقل إلكترون من اللانهاية إلى النقطة (أ).
- (٤) طاقة الوضع لشحنة سالبة مقدارها (٣ × ١٠<sup>-٩</sup> كولوم) إذا وضعت عند النقطة (أ).

**س٢٣ :** يُبين الشكل المجاور كرة صغيرة الحجم خفيفة ومن مادة غير موصلة ومشحونة ، اتزنت في الهواء فوق مركز صفيحة أفقية غير موصلة مستوية رقيقة وواسعة جدًا ومشحونة بشحنة موجبة موزعة عليها بانتظام بكثافة سطحية مقدارها  $( ١٧,٧ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم / م}^2 )$  ، إذا كان وزن الكرة في الهواء  $( ٠,٠٠٣ \text{ نيوتن} )$  ، **احسب :**

(١) مقدار المجال الكهربائي المؤثر في الكرة.  
(٢) مقدار ونوع شحنة الكرة.

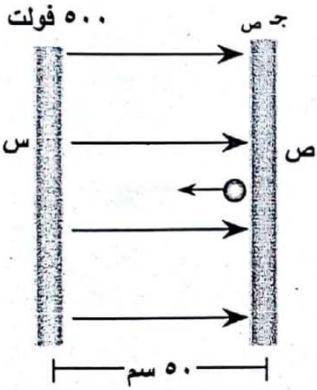
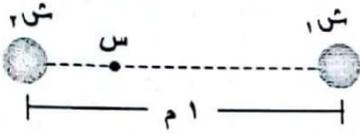


**س٢٤ :** جسيم نقطي موضوع في الفضاء ، شُحن بإعطائه ( مليون إلكترون ) ، **احسب :**

(١) شحنة الجسيم ونوعها.  
(٢) طاقة الوضع الكهربائي لشحنة مقدارها  $( ٠,٥ \text{ ميكروكولوم} )$  تبعد  $( ٤ \text{ سم} )$  عن الجسيم المشحون.

**س٢٥ :** في الشكل المجاور يمثل شحنتين نقطيتين متشابهتين الأولى ( ش١ ) أربعة أضعاف الشحنة الثانية ( ش٢ ) ، إذا علمت أن الجهد الكهربائي عند النقطة ( س ) التي تبعد عن الشحنة الثانية ربع المسافة الكلية بين الشحنتين يساوي  $( ٨٤ \times ١٠^٢ \text{ فولت} )$  ، **أجب** عما يأتي :

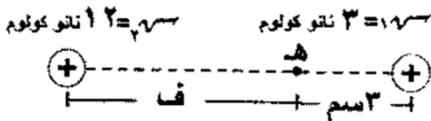
(١) نوع ومقدار كل من الشحنتين.  
(٢) القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة مقدارها  $( + ٤ \text{ ميكروكولوم} )$  عند وضعها عند النقطة ( س ).  
(٣) إذا زادت المسافة بين الشحنتين إلى الضعف بين ماذا يحدث للمجال الكهربائي عند النقطة ( س ).



**س٢٦ :** يمثل الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً ناشئاً عن صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين ومختلفتين في النوع والكثافة السطحية للشحنة على كل منهما  $( \sigma )$  ، وُضع جسيم مشحون شحنته  $( - ٦ \text{ ميكروكولوم} )$  وكتلته  $( ١٢ \times ١٠^{-١٠} \text{ كغم} )$  عند الصفيحة ( ص ) وُترك ليتحرك من السكون فوصل الصفيحة ( س ) بسرعة مقدارها  $( ٦١٠ \text{ م / ث} )$  ، **أجب** عما يلي :

(١) جهد الصفيحة ( ص ).  
(٢) المجال الكهربائي بين الصفيحتين.  
(٣) الكثافة السطحية للشحنة على كل من الصفيحتين.

**س٢٧ :** يُبين الشكل المجاور شحنتين نقطيتين موضوعتين في الهواء . إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة ( هـ ) يساوي صفراً ، **فجد** الشغل المبذول من القوة الخارجية لنقل شحنة  $( - ٢ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم} )$  من النقطة ( هـ ) إلى اللانهاية بسرعة ثابتة.



**س٢٨ :** شحنتان كهربائيتان موضوعتان في الهواء تفصل بينهما مسافة  $( ٠,٢ \text{ م} )$  ، إذا علمت أن مقدار الشحنة الأولى  $( ٩ \text{ نانو كولوم} )$  وطاقة الوضع لها تساوي  $( ٧٢ \times ١٠^{-١٠} \text{ جول} )$  ، **احسب** المجال الكهربائي عند النقطة التي تُنصف المسافة بين الشحنتين.

## المواسعة الكهربائية

- تُستخدم المواسعات لتخزين الطاقة الكهربائية في الدارة الكهربائية.
- **المواسع الكهربائي** : هو أداة تتألف من لوحين فلزيين مشحونين تُستخدم لتخزين الشحنات والطاقة الكهربائية.
- يتكون المواسع من موصلين تفصلها مادة عازلة مثل الورق والهواء والبلاستيك.
- توجد أشكال للمواسع الكهربائي منها :

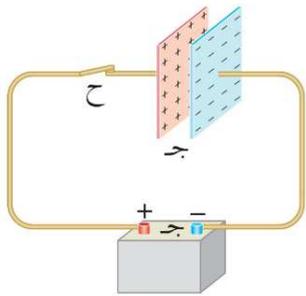
## (١) المواسع ذو اللوحان.

## (٢) المواسع الكروي.

## (٣) المواسع الأسطواني.

\* يتكون المواسع ذو الصفيحتين من لوحين فلزيين متساويين في المساحة ، وتفصل بينهما مادة عازلة كالهواء .

\* تُشحن إحدى الصفيحتين بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة مساوية ، عند توصيل المواسع بمصدر للجهد كالبطارية فيتكون مجال كهربائي منتظم بين الصفيحتين ، وتكون المسافة بين صفيحتي المواسع صغيرة جداً مقارنةً بأبعاد الصفيحتين .



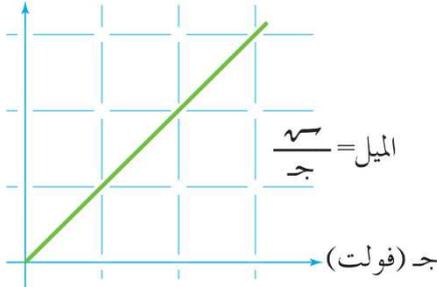
## - كيف يُشحن المواسع الكهربائي ؟

عند توصيل المواسع بالبطارية تُشحن إحدى الصفيحتين بشحنة موجبة لاتصالها بالقطب الموجب للبطارية والأخرى بشحنة سالبة مساوية لاتصالها بالقطب السالب للبطارية ، فينتج فرق جهد بين الصفيحتين أقل من فرق جهد البطارية ، فتستمر البطارية بإمداد الصفيحتين بالشحنات إلى أن يتساوى فرق جهد الصفيحتين مع فرق الجهد بين طرفي البطارية.

## - متى تنتهي عملية شحن المواسع الكهربائي ؟

تنتهي عملية الشحن عندما يتساوى فرق جهد صفيحتي المواسع مع فرق الجهد بين طرفي البطارية ، عندها تصل الشحنة على المواسع إلى قيمتها النهائية ، وتكون كمية الشحنة على الصفيحتين متساوية في المقدار .

ش (كولوم)



- يُبين الرسم البياني الآتي العلاقة الخطية ما بين جهد المواسع وشحنته ويمثل ميل الخط المستقيم كمية فيزيائية تُسمى المواسعة الكهربائية ، ويرمز لها بالرمز ( س ) :

ش : شحنة المواسع عند أي لحظة ، ويُعبر عنها بالقيمة المطلقة على أي من صفيحتي المواسع.  
ج : فرق الجهد بين طرفي المواسع.

$$S = \frac{Q}{V}$$

\* تُعرف المواسعة الكهربائية : النسبة بين كمية الشحنة المخزنة في المواسع وفرق الجهد بين طرفيه ، وهي كمية ثابتة تدل على مقدرة المواسع في تخزين الشحنات.

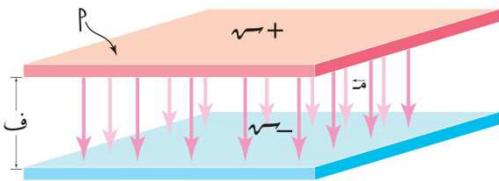
\* تُقاس المواسعة الكهربائية بوحدة ( كولوم / فولت ) وتكافئ الـ ( فاراد ) .

\* فاراد : مواسعة مواسع يخزن شحنة مقدارها ( ١ ) كولوم عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه ( ١ ) فولت.

**سؤال** : ماذا نعني بقولنا أن مواسعة مواسع تساوي ( ٤ ملي كولوم ) ؟

**الإجابة** : أن المواسع يخزن شحنة مقدارها ( ٤ ملي كولوم ) عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه ( ١ ) فولت.

– يُبين الشكل المجاور مواسعًا مشحونًا مساحة كل من صفيحتيه ( P ) ، والبعد بينهما ( ف ) ، ويفصل بينهما هواء .



– عند شحن المواسع فإن الشحنات تنتشر على سطحي صفيحتيه ، فإذا زادت مساحة صفيحتيه فإن المواسع يصبح قادرًا على استيعاب كمية أكبر من الشحنة .

\* عند زيادة مساحة الصفيحتين تزداد الشحنة المخزنة في المواسع فتزداد مواسعته .

– ينشأ في الحيز مجالًا كهربائيًا منتظمًا ؛ وذلك لأن البعد بين الصفيحتين صغيرًا مقارنةً بأبعاد الصفيحتين ، فإذا قلَّت المسافة بين اللوحين إلى النصف ، فإن المجال الكهربائي يجب أن يصبح ضعفي ما كان عليه حسب ( ج = م ف ) ، وهذا يعني أن الشحنة على الصفيحتين يجب أن تصبح ضعفها ما كانت عليه .

\* عند تقليل المسافة بين الصفيحتين تزداد الشحنة المخزنة للمواسع وتزداد مواسعته .

– يُمكن التعبير عن مواسعة المواسع :

$$س = \frac{ق}{م} = \frac{ق}{م ف}$$

$$\text{وبتعويض ( م = } \frac{\sigma}{\epsilon} \text{ ) ، نجد أن : } س = \frac{ق \cdot \epsilon}{\sigma}$$

$$\text{وبتعويض ( } \sigma = \frac{ق}{م} \text{ ) ، فإن : } س = \frac{ق \cdot \epsilon}{م}$$

$$\text{وبذلك تُعطي العلاقة : } س = \frac{ق \cdot \epsilon}{م}$$

مع بقاء البطارية يبقى الجهد ثابتًا  
وتتغير الشحنة.  
عند فصل البطارية تبقى الشحنة  
ثابتة ويتغير الجهد.

**سؤال :** ما العوامل التي تعتمد عليها مواسعة المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين ؟

**الإجابة :** (١) السماحية الكهربائية **طرديةً** .

(٢) مساحة الصفيحتين **طرديةً** .

(٣) البعد بين الصفيحتين **عكسيةً** .

– يكون للمواسع حد أعلى في تخزين الشحنة الكهربائية ، فإذا زادت الشحنة على هذا الحد يزداد الجهد ، ويحدث تفريغ كهربائي عبر المادة العازلة الفاصلة بين الصفيحتين ، مما يؤدي إلى تلف المواسع الكهربائي .

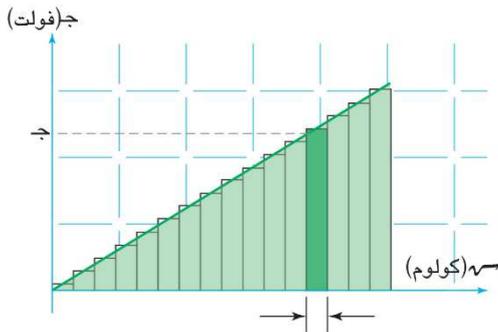
### الطاقة المخزنة في المواسع

– عند اتصال المواسع مع البطارية ، تبذل البطارية شغلًا لنقل الشحنات إلى صفيحتي المواسع ، وهذا الشغل يُخزن في المجال الكهربائي بين صفيحتي المواسع على شكل طاقة وضع كهربائية .

– المساحة تحت المنحنى تمثل الشغل الكهربائي الذي بذلته البطارية لشحن المواسع .

المساحة تحت المنحنى = مساحة المثلث

الطاقة المخزنة = مساحة المثلث



$$ش = س ج$$

$$ط = \frac{1}{2} ش ج$$

$$ط = \frac{1}{2} س ج^2$$

$$ط = \frac{1}{2} \frac{ش^2}{س}$$

تقل الطاقة المخزنة في المواسع عند زيادة المسافة بين صفيحتيه ، لأن المواسعة ستقل وهذا يعني بأن الشحنة ستقل ، فتقل الطاقة المخزنة فيه .

**مثال ( ١ ) :** مواسع ذو صفيحتين متوازيتين ، وصل مع بطارية فرق الجهد بين طرفيها ( ١٢ فولت ) ، فاكتمت شحنة مقدارها ( ٦ × ١٠<sup>-٦</sup> كولوم ) ، **أجب** عن ما يأتي :

(١) احسب مواسعة المواسع. (٢) إذا وُصل المواسع مع بطارية جهدها أكبر ، ماذا يحدث لشحنته ومواسعته.

**الحل :**

$$(١) \quad \frac{٦ \times ١٠^{-٦}}{١٢} = \frac{٧}{ج} = س$$

$$س = ٠,٥ \times ١٠^{-٦} \text{ فاراد.}$$

$$= ٠,٥ \text{ ميكروفاراد}$$

(٢) عند وصل المواسع مع بطارية ذات فرق جهد أكبر يزداد فرق الجهد بين طرفيه ليصبح مساوياً لفرق جهد طرفي البطارية ويتحقق ذلك باكساب المواسع شحنة أكبر ؛ أي أن التغير في الجهد يقابله تغير في الشحنة ، بحيث تبقى النسبة بينهما ثابتة والتي تمثل المواسعة ( س ).

**مثال ( ٢ ) :** مواسع البعد بين صفيحتيه ( ٨,٨٥ مم ) ، ومساحة كل لوح ( ٢ × ١٠<sup>-٤</sup> م<sup>٢</sup> ) وصل مع بطارية فرق جهدها ( ٢٠ فولت ) حتى تُشحن تماماً ، ثم فُصل عن البطارية ، **أجب** عما يلي :

(١) احسب مواسعة المواسع وشحنته والطاقة المختزنة.

(٢) إذا قل البعد بين صفيحتي المواسع إلى النصف ، فكيف يتغير كل من مواسعته وشحنته و فرق الجهد بين طرفيه.

**الحل :**

(١) ■ مواسعة المواسع:

$$س = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-٢} \times ٢ \times ١٠^{-٤}}{٣-١٠ \times ٨,٨٥} = \frac{٢٠٤}{ف}$$

$$س = ٢ \times ١٠^{-٣} \text{ فاراد}$$

■ شحنة المواسع:

$$س = ٢ \times ١٠^{-٣} \times ٢٠ = ٤ \times ١٠^{-٢} \text{ كولوم.}$$

$$س = ٤ \times ١٠^{-٢} \text{ كولوم.}$$

$$ط = \frac{١}{٢} \text{ شه ج} \quad ط = \frac{١}{٢} \times ٤ \times ١٠^{-٢} = ٢٠ \times ١٠^{-٢} \text{ جول}$$

$$ط = ٤ \times ١٠^{-١} \text{ جول}$$

(٢) عندما يقل البعد بين الصفيحتين إلى النصف ، والمواسع مفصول عن البطارية:

■ تصبح المواسعة ضعفي ما كانت عليه وفق العلاقة:  $س = \frac{٢٠٤}{ف}$  ، أي أن:

$$س = ٤ \times ١٠^{-٣} \text{ فاراد.}$$

■ تبقى شحنة المواسع ثابتة لأنه غير موصول مع البطارية، أي أن:

$$س = ٤ \times ١٠^{-٢} \text{ كولوم.}$$

■ يحسب جهد المواسع من العلاقة:

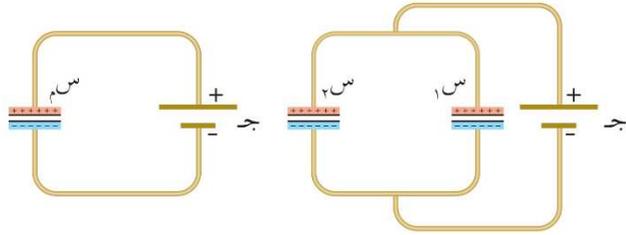
$$ج = \frac{س}{س}$$

$$ج = \frac{٤ \times ١٠^{-٢}}{٤ \times ١٠^{-٣}} = ١٠ \text{ فولت}$$

## توصيل المواسعات

## # التوصيل على التوازي :

يكون فرق الجهد على طرفي كل مواسع متساوي والشحنة تتوزع؛ ولذلك لأن المواسعات تتصل بصورة مباشرة مع البطارية. عند استبدال المواسعان بمواسع له نفس تأثيرهما معًا :



$$ج ك = ج١ = ج٢$$

$$ش ك = ش١ + ش٢$$

بتعويض ( ش = س ج ) :

$$س م = س١ + س٢ + \dots$$

$$س ك / ج ك = س١ / ج١ + س٢ / ج٢$$

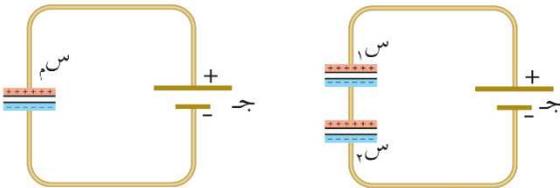
- عند التوصيل على التوازي تزداد المواسعة.

\* عند تشابه المواسعات في المقدار ( س ) وعددها ( ن ) ، فإن المواسعة المكافئة :

$$س م = ن \times س$$

## # التوصيل على التوالي :

تكون الشحنة متساوية على طرفي كل مواسع والجهد يتوزع. عند استبدال المواسعان بمواسع له نفس تأثيرهما معًا :



$$ش ك = ش١ = ش٢$$

$$ج ك = ج١ + ج٢$$

بتعويض ( ج = ش / س ) :

$$\dots + \frac{1}{س١} + \frac{1}{س٢} = \frac{1}{س م}$$

$$\frac{ش ك}{س ك} + \frac{ش ك}{س١} = \frac{ش ك}{س م}$$

- عند التوصيل على التوالي تقل المواسعة.

\* عند تشابه المواسعات في المقدار ( س ) وعددها ( ن ) ، فإن المواسعة المكافئة :

$$\frac{1}{س م} = \frac{1}{ن \times س}$$

- إذا كان مواسعان على التوالي في الدارة نستطيع استخدام :

$$س م = \frac{س١ \times س٢}{س١ + س٢}$$

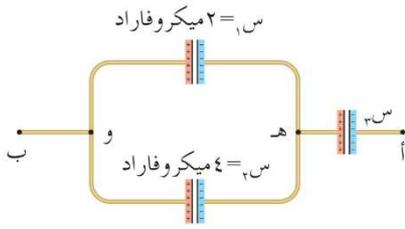


**مثال ( ١ ) :** إذا كان ( ج هـ = ٨ فولت ) و ( ج ا ب = ٢٠ فولت ) ، **احسب :**

(١) شحنة المواسعين (س١ ، س٢) .

(٢) مواسعة المواسع (س٣) .

**الحل :**



فرق الجهد بين النقطتين (هـ، و) يساوي فرق جهد المواسع الأول ويساوي فرق جهد

المواسع الثاني (ج١ = ج٢ = ٨ فولت )

لحساب الشحنة على كل مواسع:  $س١ = س٢ = ٨ \times ٢ = ١٦ \times ١٠^{-٦}$  كولوم

$س٣ = س٣ = ٨ \times ٤ = ٣٢ \times ١٠^{-٦}$  كولوم

المواسع (س١ ، س٢) يتصلان على التوازي، ويمكن استبدال مواسع مكافئ بهما مواسعته (س٣١) .

وبما أن المواسع (س٣) يتصل مع (س٣١) على التوالي فإن :

$$س٣١ + س٣ = س٣١ = س٣$$

$$س٣١ = س٣ - س٣ = ١٦ \times ١٠^{-٦} \times ٤٨ = ٣٢ + ١٦ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

$$ج ا ب = ج٣١ + ج٣ = ٢٠$$

$$ج٣ + ٨ = ٢٠$$

$$ج٣ = ١٢ \text{ فولت}$$

ولحساب المواسعة (س٣) نطبق العلاقة:

$$س٣ = \frac{س٣١}{ج٣}$$

$$= \frac{١٦ \times ٤٨}{١٢}$$

$$= ٤ \times ١٠^{-٦} \text{ فاراد}$$

**مثال ( ٢ ) :** مجموعة من المواسعات بين النقطتين ( هـ ، د ) ، إذا علمت أن المواسعات متساوية في المواسعة ومواسعة

كل منها ( ٣ ميكروفاراد ) و ( ج ا د = ٦ فولت ) ، **احسب** الشحنة الكلية لمجموعة المواسعات و جهد .

**الحل :**

(س١ ، س٢ ، س٣) توازي

$$س٤ = س١ + س٢ + س٣ = ٦ \text{ ميكروفاراد}$$

$$شك = س٤ \times ج ا د = ٦ \times ٦ \times ١٠^{-٦} = ٣٦ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

وهي الشحنة الكلية.

(س١ ، س٢ ، س٣) توازي

$$س٣١ = س١ + س٢ + س٣ = ٩ \text{ ميكروفاراد}$$

(س٣١ ، س٤) توازي

$$س٣١ = \frac{٩ \times ٦}{٩ + ٦} = ٣,٦ \text{ ميكروفاراد}$$

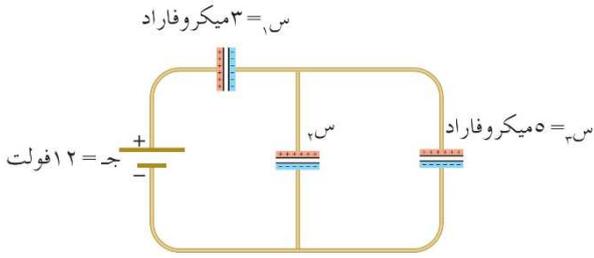
$$ومنها \quad ج هـ = \frac{شك}{س٣}$$

$$ج هـ = \frac{٣٦}{٣,٦} = ١٠ \text{ فولت}$$

**مثال ( ٣ ) :** في الشكل إذا كانت الطاقة المخزنة في المجموعة تساوي( ١٤٤ × ١٠<sup>-٦</sup> جول ) ، **احسب :**

( ١ ) الطاقة المخزنة في المواسع الأول.

( ٢ ) مواسعة المواسع الثاني.

**الحل :**

$$(١) \quad ط = \frac{1}{2} ش = ١٤٤ \times ١٠^{-٦} = \frac{1}{2} ش \times ١٢ \times ١٢$$

$$ش = ٢٤ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم} \quad ش = ٣٢ = ش = ١٢$$

$$ط = \frac{1}{2} ش = \frac{1}{2} \times ٣٢ = ١٦ \text{ جول} \quad ط = \frac{1}{2} ش = \frac{1}{2} \times ٣٢ = ١٦ \text{ جول} \quad ط = \frac{1}{2} ش = \frac{1}{2} \times ٣٢ = ١٦ \text{ جول}$$

$$(٢) \quad ش = ١٢ = ش = ١٢ \quad ش = ١٢ = ش = ١٢ \quad ش = ١٢ = ش = ١٢$$

$$ش = ٣٢ = ١٢ - ١٢ = ٤ \text{ فولت}$$

$$ش = ٣٢ = ش = ٣٢ \quad ش = ٣٢ = ش = ٣٢ \quad ش = ٣٢ = ش = ٣٢$$

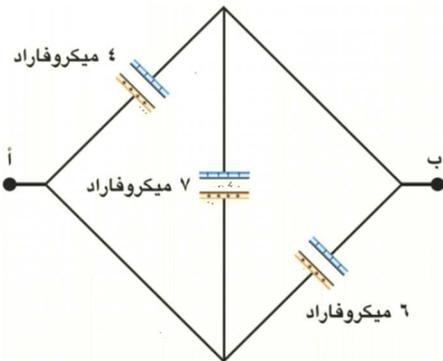
$$ش = ٣٢ = ش = ٣٢ \quad ش = ٣٢ = ش = ٣٢ \quad ش = ٣٢ = ش = ٣٢$$

**مثال ( ٤ ) :** مجموعة مواسعات كما في الشكل ، إذا علمت أن (جأب = ٤٨ فولت)**احسب :**

( ١ ) المواسعة المكافئة للمجموعة.

( ٢ ) الشحنة على كل مواسع..

( ٣ ) الطاقة المخزنة في المواسع ( ٤ ميكروفاراد ) .

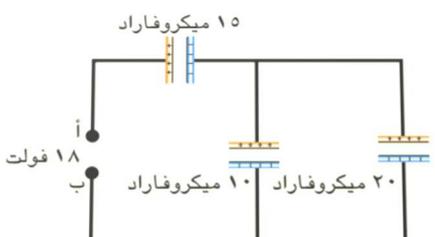
**الحل :**( ١ ) المواسعات الثلاثة على التوازي  $ش = ١٧ = ٦ + ٧ + ٤$  س

$$(٢) \quad ش = ١٢ = ش = ١٢ \quad ش = ١٢ = ش = ١٢ \quad ش = ١٢ = ش = ١٢$$

$$ش = ٣٢ = ش = ٣٢ \quad ش = ٣٢ = ش = ٣٢ \quad ش = ٣٢ = ش = ٣٢$$

$$ش = ٣٢ = ش = ٣٢ \quad ش = ٣٢ = ش = ٣٢ \quad ش = ٣٢ = ش = ٣٢$$

$$(٣) \quad ط = \frac{1}{2} ش = \frac{1}{2} \times ٣٢ = ١٦ \text{ جول} \quad ط = \frac{1}{2} ش = \frac{1}{2} \times ٣٢ = ١٦ \text{ جول} \quad ط = \frac{1}{2} ش = \frac{1}{2} \times ٣٢ = ١٦ \text{ جول}$$

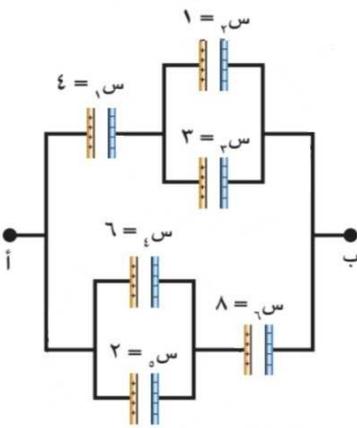
**تمرين :** ما الطاقة المخزنة في المواسع ( ١٠ ميكروفاراد ) ؟

## { أسئلة عامة على فصل المواسعة الكهربائية }

**س ١ :** مواسع ذو لوحين ، إذا علمت أن مساحة كل من لوحيه ( ١ سم<sup>٢</sup> ) والشحنة على كل منهما ( ٨٠ ميكروكولوم ) عندما كان فرق الجهد بينهما ( ١٦ فولت ) ، **احسب :**

- (١) مواسعة المواسعة.
- (٢) المسافة بين اللوحين.
- (٣) الكثافة السطحية للشحنة.
- (٤) المجال الكهربائي بين اللوحين.
- (٥) الطاقة المخزنة في المواسع.
- (٦) إذا أصبح فرق الجهد بين اللوحين ( ٤٢ فولت ) مع بقاء المواسعة ثابتة ، فكم تُصبح الطاقة المخزنة.

**س ٢ :** مجموعة من المواسعات متماثلة عددها ( ن ) ، وُصِلت مرة على التوالي ومرة أخرى على التوازي ، فكانت المواسعة المكافئة على التوازي ( ١٠٠ ) ضعف المواسعة المكافئة على التوالي ، **فما** عدد المواسعات في المجموعة.



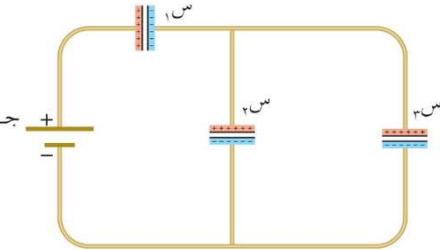
**س ٣ :** وُصِلت مجموعة من المواسعات كما في الشكل ، إذا علمت أن ( جواب = ٤٨ فولت )

وأن قيم المواسعة معطاه بالميكروفاراد ، **احسب :**

- (١) المواسعة المكافئة للمجموعة
- (٢) فرق الجهد بين طرفي كل مواسع وشحنته.
- (٣) الطاقة المخزنة في المجموعة.

**س ٤ :** مواسعان يتصلان على التوالي مع مصدر فرق جهد ، مساحة صفيحتي المواسع الثاني ضعفا مساحة صفيحتي المواسع الأول ، والبعد بين صفيحتي كل من المواسعين متساوي ، إذا كانت الطاقة المخزنة في المواسع الأول ( ٦ × ١٠<sup>-٣</sup> جول ) **فاحسب** مقدار الطاقة المخزنة في المواسع الثاني.

**س ٥ :** مواسعان ( س<sub>١</sub> = ٢٥ ، س<sub>٢</sub> = ٥ ) ميكروفاراد وصلا على التوازي مع مصدر جهد ( ١٠٠ فولت ) ، فكانت الطاقة المخزنة في المجموعة ( ط ) ، إذا أردنا أن يخترن المواسعان الطاقة نفسها عند توصيلهما على التوالي ، **فما** فرق جهد المصدر الذي يُحقق ذلك.

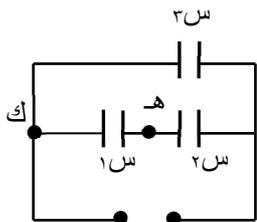


**س ٦ :** إذا كانت المواسعات الثلاثة ( س<sub>١</sub> = ٣ س ، س<sub>٢</sub> = ٢ س ، س<sub>٣</sub> = ٥ س )

- (١) **جد** المواسعة المكافئة بدلالة ( س ).
- (٢) **رتب** هذه المواسعات وفقاً لشحنتها تنازلياً.

**س ٧ :** إذا علمت أن ج<sub>دك</sub> = ٢٠ فولت ، وكانت قيمة ( س<sub>١</sub> = ٣ μF ، س<sub>٢</sub> = ٦ μF ، س<sub>٣</sub> = ٤ μF ) ، **احسب :**

- (١) فرق الجهد بين طرفي المصدر.
- (٢) الطاقة في المواسع ( س<sub>٣</sub> ).



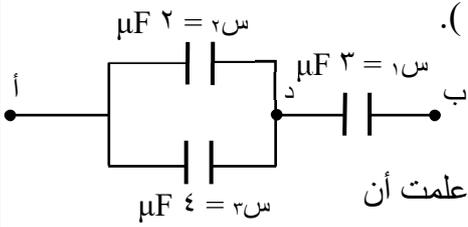
**س ٨ :** مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين ، مساحة كل منهما ( ١٠٠ سم<sup>٢</sup> ) والمسافة بينهما

( ٢ مم ) ، وصل لوحاه بفرق جهد مقداره ( ١٢٠ فولت ) ، **احسب :**

- (١) مواسعة المواسع وشحنته.
- (٢) المجال الكهربائي بين اللوحين.

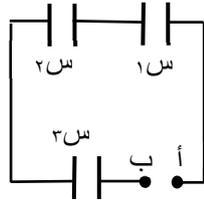
- س٩ :** مواسع ذو لوحين فلزيين متوازيين ، شحنة كل لوح (  $١٧,٧ \times ١٠^{-١٠}$  كولوم ) ومساحة كل لوح (  $١٠^{-٤}$  م<sup>٢</sup> ) والمسافة بينهما ( ١ مم ) موصل مع مصدر للجهد **أجب** عما يلي :
- (١) المجال بين طرفي المواسع.
  - (٢) الجهد الكهربائي بين طرفي المواسع.
  - (٣) مواسعة المواسع.
  - (٤) الطاقة المخزنة في المواسع.
  - (٥) ماذا يحدث لكل من المواسعة والشحنة والجهد إذا قلت المساحة إلى النصف مع إزالة البطارية.

**س١٠ :** معتمداً على الشكل وبياناته ، إذا كان فرق الجهد بين ( ب ، د ) يساوي ( ١٠ فولت ) ، **احسب** :



(١) المواسعة المكافئة للمجموعة. (٢) جـ أب . (٣) الطاقة المخزنة في (س٣).

**س١١ :** ثلاث مواسعات متماثلة كما في الشكل ، لكل منها ( ٦ ميكروفاراد ) ، إذا علمت أن



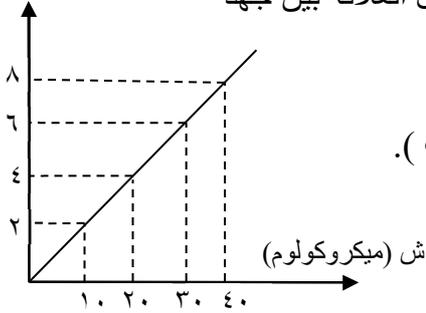
شحنة المواسع (س١) تساوي ( ٦ ميكروفاراد ) **احسب** :

(١) المواسعة المكافئة.

(٢) الشغل اللازم لشحن المواسع (س١).

(٣) جـ أب .

( فولت ) جـ



**س١٢ :** مواسع ذو صفيحتين وُصل مع مصدر جهد مقداره ( ٨ فولت ) ، يمثل الشكل العلاقة بين جهد

المواسع وشحنه أثناء عملية الشحن ، **احسب** :

(١) مواسعة المواسع.

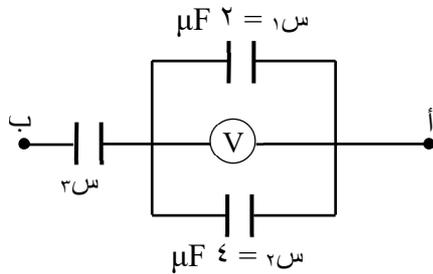
(٢) الطاقة المخزنة في المواسع عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه يساوي ( ٢ فولت ).

(٣) الطاقة المخزنة في المواسع عند رفع جهده إلى ( ١٢ فولت ).

**س١٣ :** معتمداً على الشكل وبياناته ، إذا علمت أن ( جـ أب = ٢٠ فولت ) ، وأن قراءة

الفولتميتر ( ٨ فولت ) ، **احسب** :

(١) شحنة كل مواسع. (٢) مواسع المواسع (س٣).

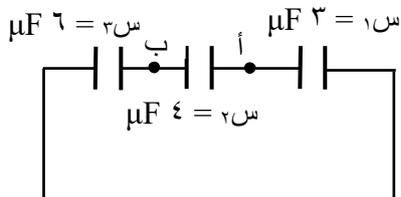


**س١٤ :** بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الشكل وإذا علمت أن ( جـ أب = ١٢٠ فولت ) ، **احسب** :

(١) المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات.

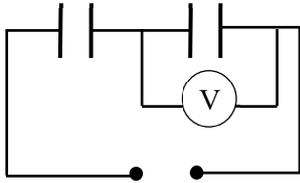
(٢) الشحنة والجهد الكهربائيين على المواسع (س١).

(٣) الطاقة الكهربائية المخزنة في المواسع (س٣).



**س١٥:** يبين الشكل مواسعين متصلين معًا على التوالي وموصولين مع مصدر جهد كهربائي ( ج ) ، معتمدًا على الشكل وإذا علمت أن قراءة الفولتميتر تساوي ( ٥٠ فولت ) دون الاستعانة في الموسعة

$$\mu F ٥ = ٢س \quad \mu F ٣ = ١س$$



المكافئة للمجموعة ، احسب :

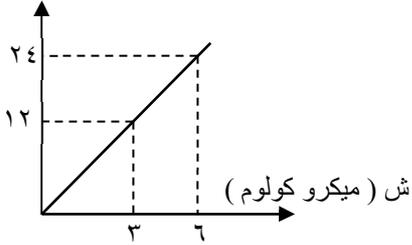
(١) الشحنة الكلية في الدارة.

(٢) فرق جهد المصدر.

(٣) الطاقة الكلية المخزنة في المجموعة.

**س١٦:** وُصل مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين البعد بينهما ( ٢ مم ) ، بفرق جهد كهربائي مقداره ( ٢٤ فولت ) حتى شُحن كليًا ، اعتمادًا على الرسم البياني ، الذي يمثل العلاقة ما بين جهد المواسع وشحنه.

ج ( فولت )



احسب :

(١) موسعة المواسع الكهربائي.

(٢) الطاقة الكهربائية المخزنة في المواسع.

(٣) مساحة لوحي المواسع.

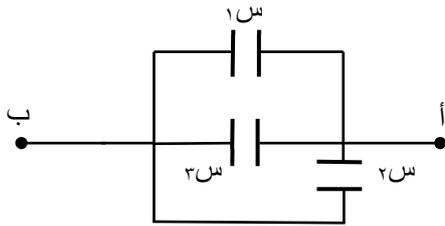
(٤) المجال الكهربائي بين اللوحين.

**س١٧:** ثلاث مواسعات موسعة كل منها ( ٦ ميكروفاراد ) متصلة معًا كما في الشكل ، إذا علمت أن شحنة المواسع

( ٣س ) تساوي (  $٣٦٠ \times ١٠^{-٦}$  كولوم ) ، احسب :

(١) الموسعة المكافئة.

(٢) فرق الجهد ( أ ب ).



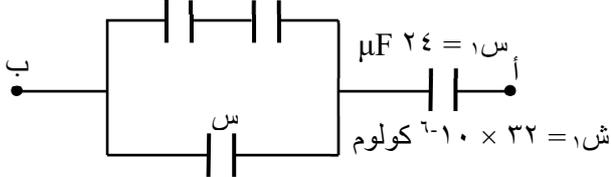
**س١٨:** وصلت مجموعة من المواسعات الكهربائية مع بعضها كما في الشكل ، إذا علمت أن فرق الجهد بين النقطتين

$$\mu F ٩ = ٢س \quad \mu F ١٨ = ٣س$$

( أ ، ب ) يساوي ( ٤ فولت ) ، احسب :

(١) الشحنة الكلية للمجموعة.

(٢) مقدار الموسعة الكهربائية ( س ) .

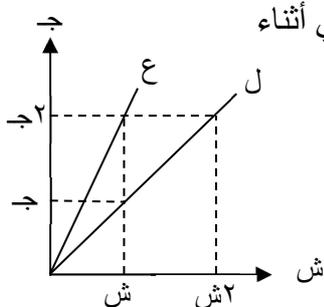


**س١٩:** يبين الشكل العلاقة البيانية بين الجهد الكهربائي والشحنة لواسعين ( ل ، ع ) في أثناء

عملية الشحن للحد الأعلى من الجهد ( ٢ ج ) ، **أجب** عما يلي :

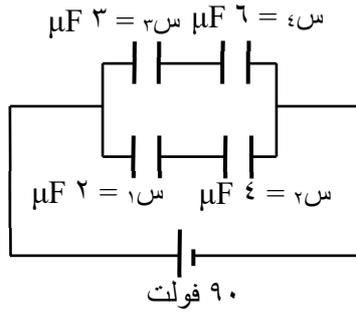
(١) أي المواسعين يختزن طاقة أكبر ، ولماذا ؟

(٢) ماذا يحدث للمواسع ( ل ) إذا وُصل مع بطارية جهدها ( ٣ ج ) .



**س٢٠:** مواسع ذو صفيحتين وصل مع مصدر فرق جهد ( ١٥٠ فولت ) ، فكانت الكثافة السطحية للشحنة على صفيحتيه

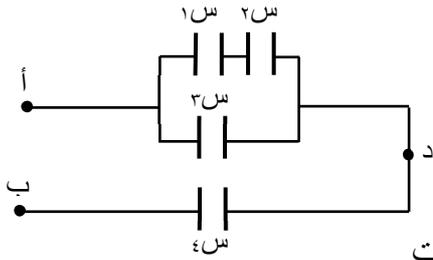
( ٣٠ نانوكولوم / سم<sup>٢</sup> ) ، احسب البُعد بين صفيحتيه.



س٢١ : بناءً على الشكل وبياناته ، احسب :

- (١) المواسعة المكافئة للمجموعة.
- (٢) شحنة وجهد كل مواسع.
- (٣) الطاقة المخزنة في المجموعة ، والمواسع (س١).

س٢٢ : في الشكل إذا علمت أن كل مواسع مواسعته (  $٤ \times ١٠^{-٦}$  فاراد ) ، وأن (ج١ = ٣٠ فولت) ، احسب :



(١) شحنة وجهد كل مواسع.

(٢) ج١ د.

س٢٣ : مواسع ذو صفيحتين ، وُصل مع مصدر فرق جهد ( ٢٠ فولت ) ، إذا علمت

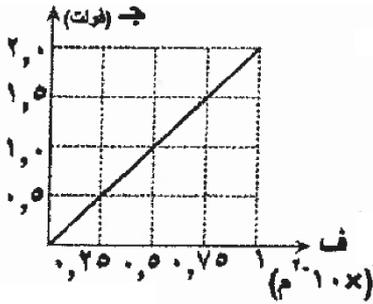
أن المسافة بين صفيحتيه ( ١٧,٧  $\times ١٠^{-٢}$  م ) ، والوسط الفاصل بينهما هواء ، احسب الكثافة السطحية للشحنة.

س٢٤ : يُبين الشكل المجاور تغيرات الجهد الكهربائي بين صفيحتي مواسع متوازيتين

والبعد بينهما ، إذا علمت أن الشحنة النهائية للمواسع ( ٨,٨٥  $\times ١٠^{-١٢}$  كولوم ) ، احسب :

(١) مساحة إحدى الصفيحتين.

(٢) مواسعة المواسع.

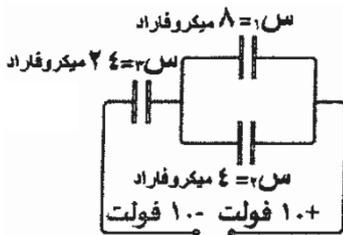


س٢٥ : مُعتمداً على الشكل المجاور ، أجب عما يلي :

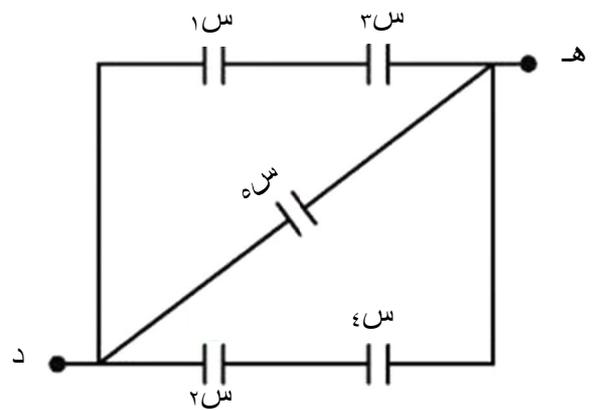
(١) احسب المواسعة المكافئة للمجموعة.

(٢) جد فرق جهد المصدر.

(٣) أي المواسعين (س١ ، س٢) يختزن شحنة أكبر ؟ فسّر إجابتك.



س٢٦ : جد المواسعة المكافئة في الشكل.

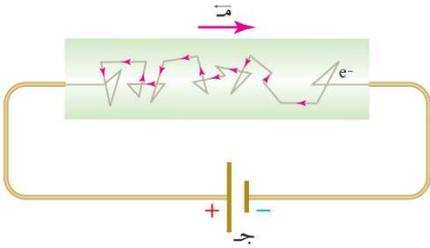


## التيار الكهربائي

– تحتوي الموصلات على ناقلات الشحنة تُسمى إلكترونات حرة ، تتحرك بحركة عشوائية بسرعات مختلفة مقدارًا واتجاهًا ويكون معدل هذه السرعات يساوي صفرًا ؛ لأن متوسط عدد الإلكترونات الحرة التي تعبر أي مقطع من الموصل باتجاه ما يساوي متوسط عدد الإلكترونات الحرة التي تعبره بالاتجاه المعاكس ؛ ولهذا لا ينتج تيار من الحركة العشوائية للإلكترونات.

**سؤال :** لا ينتج عن الحركة العشوائية للإلكترونات الحرة ؟

**الإجابة :** لأن متوسط عدد الإلكترونات الحرة التي تعبر أي مقطع من الموصل باتجاه ما يساوي متوسط عدد الإلكترونات الحرة التي تعبره بالاتجاه المعاكس.



\* عند وصل الموصل مع بطارية سينشأ فرق جهد بين طرفي الموصل وهذا يُؤدِّد مجالًا كهربائيًا داخل الموصل ، فتتأثر الإلكترونات الحرة بقوة كهربائية لوجود المجال الكهربائي ، فتندفع هذه الإلكترونات في اتجاه واحد ، وحركة الشحنات في اتجاه واحد بانتظام تولد تيارًا كهربائيًا.

– التيار الكهربائي : كمية الشحنة التي تعبر مقطع الموصل خلال وحدة زمن.

اصطلح أن يكون اتجاه التيار الكهربائي في الموصل بحركة الشحنات الموجبة أي مع المجال الكهربائي وبالعكس اتجاه حركة الإلكترونات.

ت : التيار الكهربائي.

$\Delta q$  : كمية الشحنة التي تعبر الموصل.

$\Delta t$  : الزمن.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

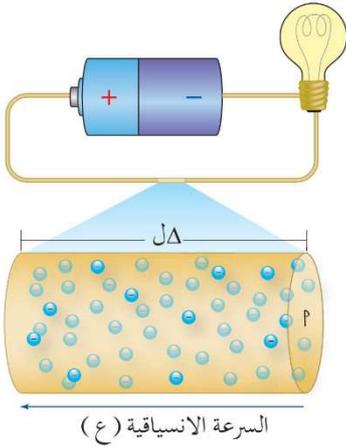
– يُقاس التيار الكهربائي بوحدة ( كولوم / ث ) وتكافئ الـ ( أمبير ).

– الأمبير : التيار الكهربائي المار في موصل عندما يعبر مقطع هذا الموصل شحنة مقدارها ( 1 ) كولوم في ثانية واحدة.

– تصطدم الإلكترونات الحرة عندما تتحرك في الموصل مع بعضها البعض ومع ذرات الموصل ، فنقل سرعتها وتفقد جزءًا من طاقتها الحركية ، لكن المجال الكهربائي يسرّع هذه الإلكترونات باتجاه القوة الكهربائية ، فتكمل هذه الإلكترونات حركتها بعكس اتجاه المجال الكهربائي ، نتيجةً هذه التصادمات تتحرك الإلكترونات بسرعات متفاوتة وبمسارات متعرجة كما في الشكل.

– السرعة الإنسيابية : متوسط سرعة الإلكترونات الحرة داخل الموصل عندما تتساق بعكس اتجاه المجال الكهربائي المؤثر فيها.

– تكون حركة الإلكترونات بعكس اتجاه المجال الكهربائي وعكس اتجاه التيار.



– لتوضيح العلاقة بين التيار الكهربائي والسرعة الإنسيابية للإلكترونات الحرة عند ثبات درجة الحرارة سندرس حركتها.

عدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم يرمز لها ( ن ) ، وهو ثابت عند ثبات درجة الحرارة فيكون ( ن = ن Δ ح ) وكمية الشحنة ( ش = ن ش = ن ش ) و ( ش = ن ش ) ، تصبح العلاقة

$$\frac{J \Delta L}{z \Delta} = I = \frac{v \Delta}{z \Delta} \quad \text{وبالقسمة على } (\Delta z) :$$

حيث  $\Delta L / \Delta z$  تمثل  
السرعة

$$I = n e v$$

فتصبح العلاقة :

**سؤال :** ترتفع درجة حرارة الموصل عند مرور تيار كهربائي فيه ؟

**الإجابة :** بسبب التصادمات الهائلة للإلكترونات الحرة مع بعضها البعض ومع ذرات الموصل.

**سؤال :** تكون السرعة الإنسيابية صغيرة جدًا لا تتعدى بضعة المليمترات ؟

**الإجابة :** يكون عدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم كبيرًا جدًا وهذا يزيد من التصادمات بين الإلكترونات وبين ذرات الموصل فتعيق حركتها وتفقد جزءًا من طاقتها الحركية فتقل سرعتها.

– تنتقل الطاقة الحركية لذرات الفلز مما يؤدي إلى اتساع اهتزازات ذرات الفلز وارتفاع درجة حرارة الموصل.

**مثال ( ١ ) :** يمر تيار كهربائي ( ٤,٨ أمبير ) في موصل مساحة مقطعه ( ٠,٣ مم<sup>٢</sup> ) ، إذا علمت أن عدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم من الموصل تساوي (  $10 \times 10^{28}$  إلكترون / م<sup>٣</sup> ) ، **احسب :**

(١) السرعة الإنسيابية للإلكترونات الحرة في هذا الموصل.

(٢) عدد الإلكترونات التي تعبر مقطع الموصل في زمن مقداره ( ١٠ ثوانٍ ).

**الحل :**

$$(١) \quad I = n e v$$

$$v = \frac{I}{n e}$$

$$= \frac{4,8}{10 \times 10^{28} \times 1,6 \times 10^{-19} \times 0,3 \times 10^{-3}}$$

$$(٢) \quad Q = n e v t = 10 \times 10^{28} \times 1,6 \times 10^{-19} \times 4,8 \times 10 = 768 \text{ كولوم}$$

$$n = \frac{Q}{e v t} = \frac{768}{1,6 \times 10^{-19} \times 4,8 \times 10} = 10 \times 10^{28} \text{ إلكترون / م}^3$$

$$n = \frac{Q}{e v t} = \frac{768}{1,6 \times 10^{-19} \times 4,8 \times 10} = 10 \times 10^{28} \text{ إلكترون / م}^3$$

المقاومة الكهربائية  
وقانون أوم

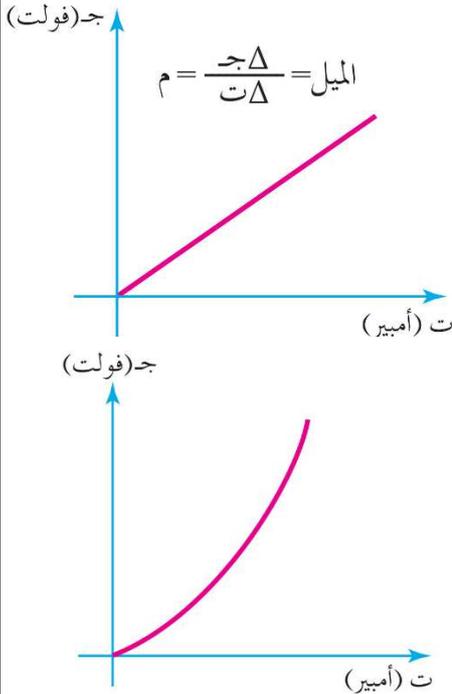
- عند وصل الموصل ببطارية ينشأ فرق جهد عند طرفي الموصل مما يولد مجالاً كهربائياً بداخله يعمل على حركة الإلكترونات ، وهذه الإلكترونات تتعرض للتصادمات مما تعيق من حركتها ، هذه الإعاقة تُسمى المقاومة الكهربائية.
- \* المقاومة الكهربائية : هي إعاقة حركة الإلكترونات الحرة في الموصل عند مرور تيار كهربائي فيه.
- تُعطى المقاومة الكهربائية بالعلاقة :

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

– تُقاس المقاومة الكهربائية بوحدة ( فولت / أمبير ) وتكافئ الـ ( أوم ) ، ويرمز له بالرمز (  $\Omega$  ).

أوم : مقاومة موصل يمر فيه تيار كهربائي مقداره ( ١ أمبير ) عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه ( ١ فولت).

- قام العالم أوم بدراسة العلاقة ما بين فرق الجهد بين طرفي الموصل والتيار الكهربائي المار فيه عند ثبات درجة الحرارة.
- وينص قانون أوم : " التيار الكهربائي المار في موصل يتناسب تناسباً طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبات درجة الحرارة. "



\* المقاومة الأومية : مقاومة الموصلات الفلزية التي ينطبق عليها قانون أوم وتكون نسبة الجهد بين طرفي الموصل والتيار المار فيها نسبة ثابتة.

مثال : المقاومة الثابتة.

\* المقاومة اللاأومية : مقاومة الموصلات الفلزية التي لا ينطبق عليها قانون أوم وتكون نسبة الجهد بين طرفي الموصل والتيار المار فيها غير ثابتة.

مثال : أشباه الموصلات ، الريوستات.

– يكون الميل غير ثابت ويتغير التيار على نحو غير خطي بتغير فرق الجهد.

– تُستخدم المقاومات الكهربائية للتحكم في قيمة التيار الكهربائي وحماية الأجهزة من التلف.

\* كلما زاد طول الموصل زادت فرصة حدوث تصادمات الإلكترونات الحرة فيه مع بعضها البعض ومع ذرات الموصل وهذا يؤدي إلى إعاقة حركة الإلكترونات الحرة ، مما يؤدي لزيادة المقاومة فيها.

\* كلما زاد مساحة المقطع العرضي للموصل قلت فرصة حدوث تصادمات الإلكترونات ، مما يؤدي لزيادة المقاومة فيها.

\* وتختلف المقاومة حسب نوع المادة.

تُقاس المقاومة الكهربائية  
بوحدة (  $\Omega \cdot m$  )

$$\rho = \frac{R \cdot A}{L}$$

– يُمكن حساب المقاومة الكهربائية :

المقاومية (  $\rho$  ) : تساوي عددياً مقاومة جزء من تلك المادة طوله ( ١ م ) ومساحته ( ١ م<sup>٢</sup> ) عند درجة حرارة محددة.

**سؤال :** على ماذا تعتمد مقاومة الموصل ؟

**الإجابة :** (١) طول الموصل **طرديًا**.

(٢) درجة الحرارة **طرديًا**.

(٣) مساحة مقطعه العرضي **عكسيًا**.

(٤) نوع مادة الموصل.

**سؤال :** ماذا نعني بقولنا أن مقاومة موصل تساوي (  $٨ \times ١٠^{-١٠} \Omega$  . م ) ؟

**الإجابة :** أن مقاومة جزء من الموصل طوله ( ١ م ) ومساحته ( ٢ م<sup>٢</sup> ) تساوي (  $٨ \times ١٠^{-١٠} \Omega$  ).

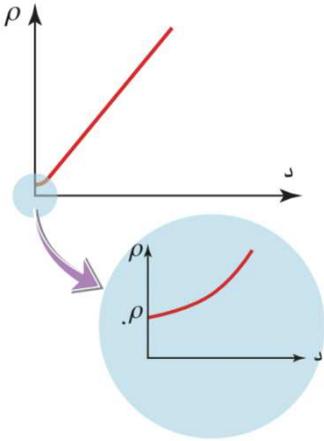
– تُعطى المقاومة عند درجة حرارة معينة وتختلف قيمته من مادة إلى أخرى ، فتزداد قيمتها بزيادة درجة الحرارة.

– المواد الموصلة تكون المقاومة الكهربائية لها صغيرة جدًا ، أي أنها موصلة جيدة للكهرباء.

– المواد العازلة تكون المقاومة الكهربائية لها عالية ، أي أنها غير موصلة للكهرباء.

– المواد شبه الموصلة تكون المقاومة الكهربائية متوسطة.

– تعتمد المقاومة فقط على درجة الحرارة ونوع مادة الموصل.



\* عند درجات الحرارة المنخفضة تنشد المقاومة للموصل عن السلوك الطردي بسبب وجود شوائب في الموصل ، فتتولد مقاومة الموصل إلى الصفر ويصبح الموصل **فائق التوصيل**.

**سؤال :** علل زيادة قيم المقاومة للموصلات الفلزية بزيادة درجة الحرارة ؟

**الإجابة :** وذلك بسبب زيادة الطاقة الحركية للإلكترونات الحرة فيها ، ويؤدي ذلك المزيد من التصادمات.

**سؤال :** علل زيادة قيم المقاومة للموصلات الفلزية بزيادة درجة الحرارة ؟

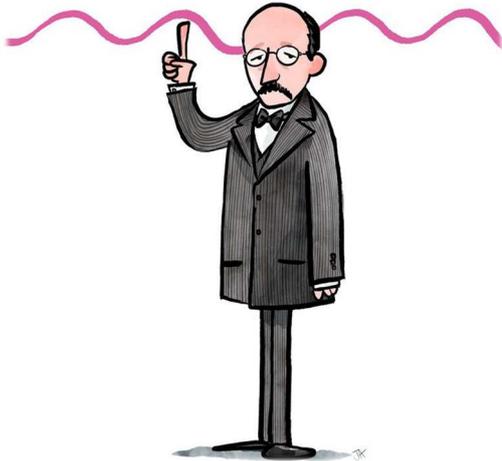
**الإجابة :** لأن درجة الحرارة تعمل على زيادة اتساع الحركة الاهتزازية لذرات الموصل ، وهذا يعمل على زيادة التصادمات فتقل الطاقة الحركية للإلكترونات وتقل سرعتها فتكون الإعاقة في حركتها عالية.

**سؤال :** ما أهمية المواد فائقة التوصيل الكهربائي ؟

**الإجابة :** (١) إنتاج مجالات مغناطيسية قوية ، تُستخدم في التصوير بالرنين المغناطيسي.

(٢) نقل الطاقة وتخزينها من غير أي ضياع.

(٣) القطارات السريعة.



سنكون الأمور على ما برام ، عندما تضع هدفًا أمامك.

**مثال ( ١ ) :** موصل فلزي يمر فيه تيار كهربائي قدره ( ٤ أمبير ) عندما وُصِل مع فرق جهد كهربائي ( ٨ فولت ) ، إذا علمت أن طول الموصل ( ١ م ) ومقاومية مادته الكهربائية ( ١,٦ × ١٠<sup>-١٠</sup> Ω . م ) وعدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم ( ١ × ٢٨١٠ إلكترون / م<sup>٣</sup> ) ، **احسب :**

(١) مساحة لمقطع العرضي للموصل.  
(٢) السرعة الإنسيابية.

**الحل :**

$$\frac{ج}{ت} = \rho \quad \leftarrow \quad \frac{ل \rho}{م} = \rho \quad (١)$$

$$\frac{٨}{٤} = \rho$$

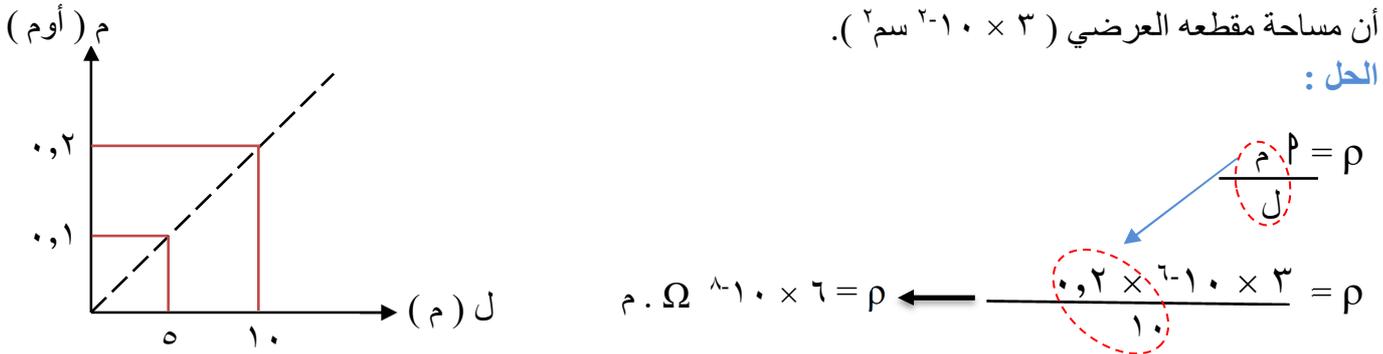
$$٢ = \rho$$

$$٢ \times ١٠^{-١٠} \times ٨ = \rho$$

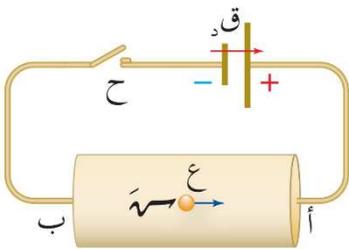
$$٢ = ت \quad \rho = ٢ \times ١٠^{-١٠} \times ٨ = ٤ \quad \leftarrow \quad ت = ٤ \times ١٠^{-١٠} \times ١,٦ \times ٤ = ٤$$

$$٤ = ع \quad ٤ = ٣ \times ١٠^{-١٠} \times ٤ = ٤$$

**مثال ( ٢ ) :** يُمثل الشكل العلاقة ما بين مقاومة موصل والطول ، بناءً على الشكل **احسب** مقاومة هذا الموصل إذا علمت أن مساحة مقطعه العرضي ( ٣ × ١٠<sup>-١٠</sup> سم<sup>٢</sup> ).

**الحل :**

**مثال ( ٣ ) :** يمر تيار كهربائي مقداره ( ١٠ أمبير ) في موصل نحاسي متصل مع بطارية ، **أجب** عما يلي :



(١) ما اتجاه المجال الكهربائي الناشئ في الموصل؟ وما اتجاه التيار الكهربائي المار فيه؟  
(٢) إذا علمت أن الشحنة (شـ) تتحرك بسرعة إنسيابية داخل الموصل بالاتجاه المبين في الشكل ، فما نوع الشحنة (شـ)؟  
(٣) احسب السرعة الإنسيابية للشحنة ، إذا علمت أن مساحة مقطع الموصل تساوي ( ٢ مم<sup>٢</sup> ) وأن ( ن = ٨,٥ × ٢٨١٠ إلكترون / م<sup>٣</sup> ).

**الحل :**

(١) اتجاه المجال الكهربائي من النقطة ( أ ) إلى النقطة ( ب ) واتجاه التيار مع اتجاه المجال.  
(٢) سالبة ، لأنها تتأثر بقوة كهربائية بعكس اتجاه المجال الكهربائي.  
(٣) ت = ن × ع = ١٠ ← ١٠ = ٢ × ١٠^{-١٠} × ٨,٥ × ٢٨١٠ × ٤ × ١٠^{-١٠} = ١٠

$$٤ = ع \quad ٤ = ٣٧ \times ١٠^{-١٠} \times ٤ = ٤$$

**مثال ( ٤ ) :** سلك نحاسي مساحة مقطعه العرضي  $( ٥ \times ١٠^{-٦} \text{ م}^٢ )$  ، وعدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم من مادة السلك تساوي  $( ٢٩١٠ \text{ إلكترون / م}^٣ )$  . إذا علمت أن كمية الشحنة التي تعبر مقطعه العرضي في زمن مقداره  $( ٠,٥ \text{ ثانية} )$  يساوي  $( ٢ \text{ كولوم} )$  . **احسب :**

(١) متوسط التيار الكهربائي المار في السلك .  
(٢) السرعة الإنسيابية للإلكترونات في السلك .

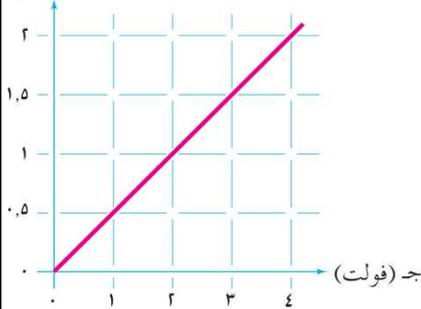
**الحل :**

$$(١) \quad \text{ت} = \frac{\Delta \text{ش}}{\Delta \text{ز}} \longleftarrow \text{ت} = \frac{٢}{٠,٥} \longleftarrow \text{ت} = ٤ \text{ أمبير}$$

$$(٢) \quad \text{ت} = \text{ن} \times \text{ع} \text{ ش.ه} \longleftarrow \text{ع} = \frac{\text{ت}}{\text{ن} \times \text{ش.ه}} = \frac{٤}{٢٩١٠ \times ١٠^{-٦} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١٠^{-٤} \text{ م}^٣ / \text{ث}$$

**مثال ( ٥ ) :** سلك مساحة مقطعه العرضي  $( ١ \text{ مم}^٢ )$  ، وكانت العلاقة ما بين فرق جهد طرفي الموصل والتيار المار فيه كما في الشكل عند ثبات درجة الحرارة ، مُعتمداً على البيانات **أجب** عما يلي :

ت (أمبير)



(١) جد مقاومة السلك  $( \text{م} )$  .

(٢) جد طول السلك إذا كانت مقاومة السلك  $( ١٠ \times ١٠^{-٨} \Omega \cdot \text{م} )$  .

(٣) إذا استُخدم جزءاً من السلك طوله  $( \text{ل} = ٢ \text{ م} )$  ، فجد مقاومة  $( \text{م} )$  السلك ومقاوميته .

**الحل :**

$$(١) \quad \text{الميل} = \frac{\Delta \text{ت}}{\Delta \text{ج}} = \frac{١}{٢}$$

$$\Omega ٢ = \text{م} \iff \frac{١}{٢} = \frac{١-٢}{٢-٤} = \frac{١}{٢}$$

$$(٢) \quad \frac{\rho \text{ ل}}{\text{م}} = \text{م}$$

$$\frac{٢^{-١٠} \times ١ \times ٢}{١٠^{-٨} \times ١٠} = \frac{\rho \times \text{م}}{\rho} = \text{ل}$$

$$\text{م} ٢٠ = \text{ل}$$

(٣) بما أن المقاومة تعتمد فقط على درجة الحرارة ونوع مادة الموصل؛ فإنها تبقى ثابتة عند تغيير

طول الموصل، وبما أن المقاومة تتناسب طردياً مع طول الموصل عند ثبات كل من  $( \rho, \text{ل} )$

فإن:

$$\frac{\text{ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{م}}{\text{م}}$$

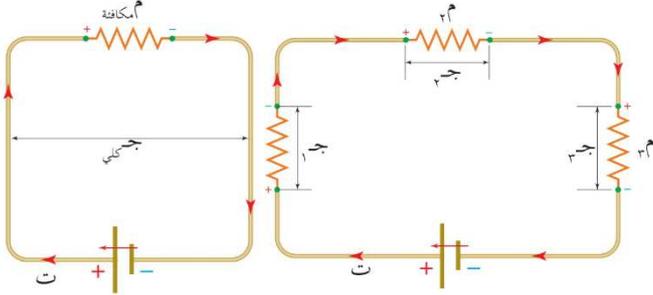
$$\text{م} \text{ ل} = \text{ل} \text{ م}$$

$$\text{م} ٢٠ = ٢ \times ٢ = \text{م} ٠,٢ \Omega$$

## توصيل المقاومات

## # التوصيل على التوالي :

يكون التيار المار في المقاومات متساوي وجهد المصدر يتوزع بنسبة طردية مع مقدار المقاومة.  
عند استبدال المقاومات بمقاومة لها نفس تأثير المقاومات معًا :



$$R_m = R_1 + R_2 + \dots$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = V$$

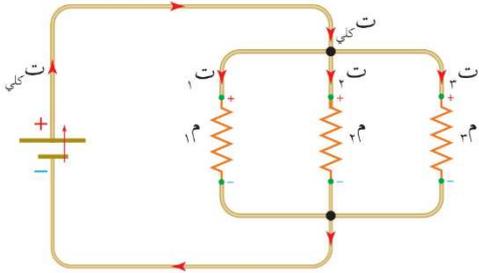
بتعويض (  $V = IR$  ) :

$$I R_1 + I R_2 + I R_3 = I R_m$$

- تكون المقاومة المكافئة على التوالي أكبر من أكبر مقاومة موجودة في الدارة .
- أهم خصائص التوصيل على التوالي ، أنه إذا تم قطع سلك إحدى المقاومات فإن التيار يتوقف فيها جميعها.
- يعمل التوصيل على التوالي على تقليل التيار وتجزئة الجهد.
- مثال على التوصيل على التوالي ، توصيل جهاز الأميتر على التوالي ومقاومته قليلة ليقاس التيار الكهربائي.

## # التوصيل على التوازي :

يكون فرق الجهد بين كل طرفي فرع متساوي لفرق جهد المصدر ويتجزأ التيار (  $I$  ) عند نقطة التفرع بين هذه المقاومات  
بنسبة عكسية مع مقدار المقاومة.



عند استبدال المقاومات بمقاومة لها نفس تأثير المقاومات معًا :

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V$$

بتعويض (  $V = IR$  ) :

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\frac{I}{R_m} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} + \dots$$

- تكون المقاومة المكافئة على التوازي أقل من أقل مقاومة موجودة في الدارة .
- أهم خصائص التوصيل على التوازي ، أنه إذا تم قطع سلك إحدى المقاومات يتوقف التيار عنها فقط ، ويبقى في باقي الدارة.
- يعمل التوصيل على التوازي على تجزئة التيار.
- مثال على التوصيل على التوازي ، توصيل جهاز الفولتميتر على التوازي ويمتاز بمقاومته الكبيرة ليقاس فرق الجهد بين طرفي أي عنصر من غير أن يؤثر في التيار المار فيه.

مثال ( ١ ) : جد المقاومة المكافئة بين النقطتين ( س ، ص ).

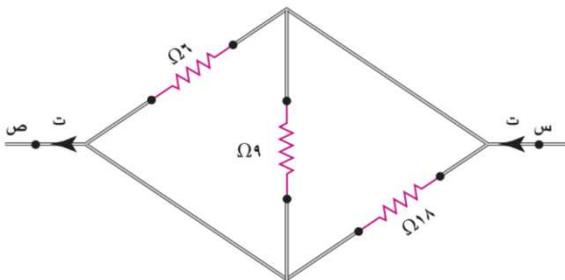
الحل :

( ١٨ أوم ، ٦ أوم ، ٩ أوم ) توازي.

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{18} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9}$$

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18}$$

$$R_m = 3 \Omega$$



**مثال ( ٢ ) :** جد المقاومة المكافئة بين النقطتين ( س ، ص ).

**الحل :**

( ٦ أوم ، ٣ أوم ) توازي.

$$\frac{1}{3م} + \frac{1}{6م} = \frac{1}{36م}$$

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{36م}$$

( ٤ أوم ، ١٢ أوم ) توازي.

$$\frac{1}{12م} + \frac{1}{4م} = \frac{1}{124م}$$

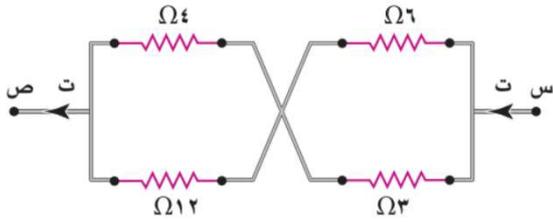
$$\frac{1}{12} + \frac{1}{4} = \frac{1}{124م}$$

$$2م = 36م$$

$$3م = 124م$$

( ٢ أوم ، ٣ أوم ) توالي.

$$5م = 2 + 3 = 5م$$



**مثال ( ٣ ) :** وُصلت مجموعة المقاومات كما في الشكل ، اعتمادًا على الشكل **أجب** عما يلي :

(١) هل يمكننا القول أن ( ٣م ) موصولة على التوازي مع ( ٥م ) ؟ ولماذا ؟

(٢) جد المقاومة المكافئة للمقاومات بين النقطتين ( أ ، ب ).

**الحل :**

(١) لا ، لأن المقاومتين ( ٣م ، ٥م ) ليس لهما فرق الجهد نفسه ، فهما اشتركتا في نقطة البداية ، ولم تشتركا في نقطة النهاية ، فالمقاومة ( ٣م ) متصلة مع ( ٥م ) على التوالي من نقطة التفرع ( د ) إلى نقطة التفرع ( هـ ).

$$٧م = ٣م + ٤م$$

$$٧م = 2 + 4 = ٦م$$

أما ( ٧م ، ٥م ) فموصولتان على التوازي ومكافئتهما ( ٨م ) كما يبين الشكل

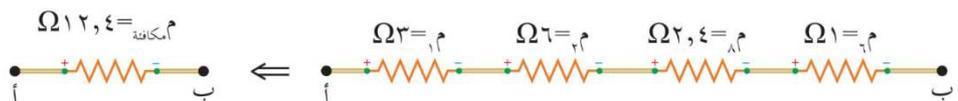
(لاحظ انه يمر فيهما تيار مختلف، حيث يتجزأ التيار الكهربائي عند نقطة التفرع (د)، ويعود

ليجتمع عند النقطة (هـ)).

$$\frac{1}{٥م} + \frac{1}{٧م} = \frac{1}{٨م}$$

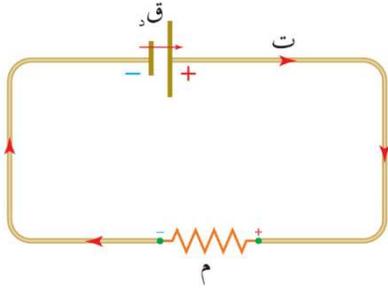
$$\Omega_{2,4} = \frac{24}{10} = ٨م \leftarrow \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{1}{٨م}$$

ومن الشكل نلاحظ أن المقاومات ( ١م ، ٣م ، ٥م ، ٦م ) موصولة معًا على التوالي ويمكن حساب المقاومة المكافئة بين النقطتين ( أ ، ب ):



$$١٠م = ١م + ٦م + ٨م + ٦م$$

$$\Omega_{12,4} = 1 + 2,4 + 6 + 3 = 10م$$

**القوة الدافعة الكهربائية**

- تعمل البطارية على إدامة التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية ، وتزود الدارة بالطاقة الكهربائية ، وتنقل كمية ثابتة من الشحنة والمحافظة على قيمة ثابتة للتيار في الدارة.  
- تبذل البطارية شغلاً على الشحنات لتتابع حركتها في داخل البطارية من القطب السالب ذو الجهد المنخفض إلى القطب الموجب ذو الجهد المرتفع.  
- يكون مقدار الشغل الذي تبذله البطارية لنقل الشحنات مساوياً للطاقة المستهلكة من قبل المقاومات في الدارة.

\* **القوة الدافعة الكهربائية** : الشغل الذي تبذله البطارية لدفع وحدة الشحنات الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخلها.

تقاس القوة الدافعة الكهربائية بوحدة ( جول / كولوم ) وتكافئ الـ ( فولت ).  
ش : الشغل الذي تبذله البطارية. شـ : كمية الشحنة المنقولة.

$$Q_d = \frac{W}{q}$$

- يُعبر عن اتجاه دفع البطارية للشحنات داخلها من قطبها السالب إلى قطبها الموجب بسهم فوق البطارية (  $\leftarrow$  ق د ).

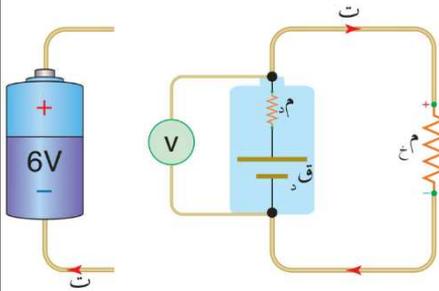
**سؤال** : متى يتلاشى التيار في الدارة الكهربائية ؟

**الإجابة** : عند فتح الدارة الكهربائية ، وعندما تُستهلك الطاقة المخزنة في البطارية.

**سؤال** : يتلاشى التيار عند فتح الدارة الكهربائية ؟

**الإجابة** : لأن المجال الكهربائي ينعدم ويتوقف إمداد الشحنات بالطاقة.

- تُستهلك معظم الطاقة التي تنتجها البطارية في المقاومات الخارجية ( م ح ) ، وجزءاً صغيراً من هذه الطاقة بداخل البطارية لوجود مقاومة داخلية ( م د ) تُعيق حركة الشحنات عند مرورها عبر البطارية.



- يُمثل الرقم المكتوب على البطارية مقدار القوة الدافعة الكهربائية وعندما تكون الدارة مغلقة ، نجد أن قراءة الفولتميتر تمثل فرق جهد البطارية وتكون أقل من القوة الدافعة الكهربائية بمقدار ( ت م د ) ؛ بسبب استهلاك جزء من الطاقة التي تنتجها البطارية في المقاومة الداخلية للبطارية.

- لحساب فرق جهد البطارية :

عندما يكون الفولتميتر  
موصول مع البطارية.

$$\begin{aligned} \text{ج} - \text{ق د} - \text{ت م د} &= \text{في عملية التفريغ} \\ \text{ج} = \text{ق د} + \text{ت م د} &= \text{في عملية الشحن} \end{aligned}$$

- يسمى المقدار ( ت م د ) الهبوط في الجهد.

**سؤال** : متى يكون فرق جهد البطارية مساوياً للقوة الدافعة ؟

**الإجابة** : ( ١ ) عندما تكون المقاومة الداخلية مهملة ( م د = صفر ) / البطارية مثالية.

( ٢ ) عندما تكون الدارة مفتوحة ( ت = صفر ).

عندما يكون الفولتميتر  
موصول مع المقاومة.  
 $\text{ج} = \text{ت م}$

## القدرة الكهربائية

\* القدرة الكهربائية : الشغل المبذول لنقل شحنة بين نقطتين بينهما فرق جهد كهربائي خلال وحدة زمن.  
تُعطى القدرة الكهربائية بالعلاقة الآتية :

تُقاس القدرة بوحدة  
( جول / ث )  
وتكافئ الـ ( واط ).

$$\text{القدرة} = \frac{\text{ش}}{\text{ز}}$$

- القدرة المنتجة للبطارية :

ش = ق<sub>د</sub> × شه بقسمة الطرفين على الزمن :  $\frac{\text{ش}}{\Delta \text{ز}} = \text{ق}_د \times \frac{\text{ش}}{\Delta \text{ز}}$  وتُصبح : القدرة المنتجة = ق<sub>د</sub> × ت

- القدرة المستهلكة في المقاومة :

ش = شه × ج بقسمة الطرفين على الزمن :  $\frac{\text{ش}}{\Delta \text{ز}} = \frac{\text{ش}}{\Delta \text{ز}} \times \text{ج}$  وتُصبح : القدرة = ت × ج

\* وبتعويض قانون أوم تُصبح القدرة :

(( تُسمى القدرة المستهلكة في المقاومة أيضًا معدل الطاقة المستهلكة ))

$$\begin{aligned} \text{القدرة} &= \text{ج} \cdot \text{ت} \\ \text{القدرة} &= \text{م} \cdot \text{ت}^2 \\ \text{القدرة} &= \frac{\text{ج}^2}{\text{م}} \end{aligned}$$

- لحساب الطاقة المصروفة ( المستهلكة ) في المقاومة :

$$\text{ط} = \text{القدرة (كيلو . واط)} \times \text{الزمن (ساعة)}$$

تُقاس بوحدة الـ ( جول ).

$$\text{ط} = \text{القدرة} \times \text{الزمن}$$

تُقاس بوحدة الـ ( كيلو واط . ساعة ).

**سؤال :** جد الطاقة المكافئة للكيلو واط . ساعة بوحدة الجول ؟

**الإجابة :**

$$١ \text{ كيلو واط . ساعة} = ١٠٠٠ \text{ واط} . ٦٠ \times ٦٠ \text{ ث}$$

$$= ٣٦ \times ١٠ \text{ واط} . \text{ ث}$$

$$= ٣٦ \times ١٠ \text{ جول} . \text{ ث}$$

$$= ٣٦ \times ١٠ \text{ جول} . \text{ ث}$$

$$= ٣٦ \times ١٠ \text{ جول} .$$

- من قانون حفظ الطاقة فإن القدرة التي تنتجها البطارية مساوية للقدرة المستهلكة في المقاومات الداخلية والخارجية :

$$\text{ق}_د \text{ ت} = \text{م} \text{ ج} \text{ ت} + \text{م}_د \text{ ت}$$

**سؤال :** ماذا نعني بقولنا أن قدرة مجفف شعر كهربائي تساوي ( ٢ كيلو واط ) ؟  
**الإجابة :** أن المجفف يستهلك طاقة كهربائية مقدارها ( ٢٠٠٠ جول ) في ثانية واحدة.

**سؤال :** ماذا نعني بقولنا أن القوة الدافعة الكهربائية لبطارية تساوي ( ٣ فولت ) ؟  
**الإجابة :** أن البطارية تبذل شغلاً مقداره ( ٣ جول ) لنقل شحنة مقدارها ( ١ كولوم ) من القطب السالب للموجب.

**سؤال :** عند وصل مجموعة المقاومات على التوازي ، فإن المقاومة الأقل مقدارًا تكون أكثر استهلاكًا للقدرة ؟  
**الإجابة :** عند توصيل المقاومات على التوازي فإن الجهد متساوي في كل مقاومة ، والقدرة تتناسب عكسيًا مع المقاومة حسب العلاقة ( القدرة =  $\frac{J}{M}$  ) ، فأقل مقاومة ستستهلك قدرة أكبر.

**سؤال :** عند وصل مجموعة المقاومات على التوالي ، فإن المقاومة الأكبر مقدارًا تكون أكثر استهلاكًا للقدرة ؟  
**الإجابة :** عند توصيل المقاومات على التوالي فإن التيار متساوي في كل مقاومة ، وحسب ( القدرة =  $M \cdot T$  ) فكلما زادت المقاومة زادت القدرة وتكون المقاومة الأكبر هي الأكثر استهلاكًا للقدرة الكهربائية.

**مثال ( ١ ) :** وُصل مجفف كهربائي مع مصدر جهد مقداره ( ٢٠٠ فولت ) ، إذا كانت قدرة المجفف ( ١ كيلو واط ) **احسب :**  
(١) مقاومة ملف المجفف.

(٢) الطاقة الكهربائية المستهلكة عند تشغيل المجفف لمدة ( ١٥ دقيقة ) بوحدة ( كيلو واط . ساعة ).

**الحل :**

$$(١) \text{ القدرة} = \frac{J}{M}$$

$$\Omega \cdot 40 = \frac{40000}{1000} = M \leftarrow \frac{(200)^2}{M} = 310 \times 1$$

$$(٢) \text{ ط} = \text{القدرة} \times \text{ز} \text{ (لتحويل الدقائق إلى ساعات نقسم على ٦٠؛ وعليه فإن ١٥ دقيقة = ٠,٢٥ ساعة)}$$

$$\text{ط} = 1 \times 0,25 = 0,25 \text{ كيلو واط. ساعة}$$

**مثال ( ٢ ) :** سخّان كهربائي كُتب عليه : ٢٢٠٠ واط ، ٢٢٠ فولت . صُنعت مقاومته من سلك فلزي مساحة مقطعه العرضي

( ٠,١٦ مم<sup>٢</sup> ) ، ومقاومية مادته ( ١,٦ × ١٠<sup>-١٠</sup> Ω . م ) ، **احسب :**

(١) طول السلك الفلزي الذي صُنعت منه المقاومة.

(٢) أكبر تيار يمر في سلك المقاومة.

(٣) الطاقة الحرارية عند تشغيل السخّان لمدة ساعتين.

**الحل :**

$$(١) \text{ القدرة} = \frac{J}{M} \leftarrow M = \frac{J}{\text{القدرة}} = \frac{(220)^2}{2200} = \Omega \cdot 22$$

$$\text{لكن : } M = \frac{\rho \cdot L}{A} \text{ ، فتكون : } L = \frac{A \cdot M}{\rho} = \frac{10^{-10} \times 1,6 \times 22}{10^{-10} \times 1,6} = 220 \text{ م}$$

$$(٢) \text{ ج} = \text{ت} \cdot \text{م} \leftarrow \text{ت} = \frac{220}{22} = 10 \text{ أمبير}$$

$$(٣) \text{ الطاقة المصروفة} = \text{القدرة} \times \text{الزمن} = 2200 \times 2 \times 60 \times 60 = 15840000 = 1584 \text{ كيلو واط . ساعة}$$



**مثال ( ٣ ) :** مدفأة كانت مقاومة سلك الملف لها ( ٢٢ أوم ) ، **جد** المعدل الزمني للطاقة المستهلكة في الحالتين :  
(١) إذا وُصلت المدفأة بمصدر جهد قدره ( ٢٢٠ فولت ).

(٢) إذا قُطع ملف التسخين إلى نصفين ، ثم وُصل أحد جزئيه إلى مصدر فرق جهد ( ٢٢٠ فولت ).

**الحل : (١)** المعدل الزمني للطاقة المستهلكة يمثل القدرة، ويمكن حسابها من العلاقة:

$$\frac{P}{M} = \text{القدرة}$$

$$\text{القدرة} = \frac{220}{22} = 2200 \text{ واط}$$

تزداد القدرة بنقصان المقاومة ؛ وذلك  
بسبب زيادة التيار المار في الجهاز.

(٢) عند قطع ملف التسخين إلى نصفين؛ فإن مقاومة كل جزء تصبح:

$$M = \frac{22}{2} = 11 \Omega$$

$$\frac{P}{M} = \text{القدرة}$$

$$= \frac{220}{11} = 4400 \text{ واط (ضعفنا معدل استهلاك طاقة الملف كاملاً).}$$

**مثال ( ٤ ) :** جهاز كهربائي قدرته ( ٤٤٠٠ واط ) ، ويعمل على فرق جهد ( ٢٢٠ فولت ) ، وكان طول السلك ( ١ م ) ومقاوميته ( ١,٦ × ١٠<sup>-١٠</sup> أوم . م ) ، **احسب :**

(١) مقاومة السلك.

(٢) مساحة المقطع العرضي للسلك.

(٣) أكبر تيار يمر فيه.

(٤) الطاقة المصروفة عند تشغيل الجهاز خلال نصف دقيقة.

**الحل :**

$$(١) \text{القدرة} = \frac{P}{M} \longleftarrow 4400 = \frac{220 \times 220}{M} \longleftarrow M = 0,09 \text{ أوم}$$

$$(٢) \frac{P}{M} = P \longleftarrow \frac{1 \times 10^{-10} \times 16}{2 \times 10^{-9}} = P \longleftarrow P = 1,7 \times 10^{-7} \text{ م}^2$$

$$(٣) \text{القدرة} = \text{ج ت} \longleftarrow 4400 = 220 \times \text{ت} \longleftarrow \text{ت} = 20 \text{ أمبير}$$

$$(٤) \text{ط} = \text{القدرة} \times \text{الزمن} \longleftarrow \text{ط} = 30 \times 4400 = 132000 \text{ جول}$$

**تمرين :** مصباحان كُتِب على الأول ( ٤٠ واط ، ١٢٠ فولت ) ، وكُتِب على الثاني ( ٦٠ واط ، ١٢٠ فولت ) ، **جد** القدرة المستهلكة في كل مصباح في الحالتين الآتيتين:

(أ) إذا وُصل معًا على التوالي ، ثم وصل مع مصدر للجهد يعطي ( ١٢٠ فولت ).

(ب) إذا وُصل معًا على التوازي ، ثم وصل مع مصدر للجهد يعطي ( ١٢٠ فولت ).

**تمرين :** ثلاث مقاومات ( ٢ أوم ، ٣ أوم ، ٦ أوم ) **كيف** تصلها مع مصدر فرق جهد ثابت لتكون القدرة المستهلكة في:

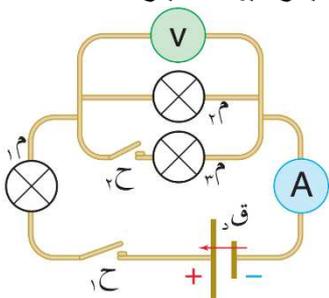
(١) المقاومة ( ٢ Ω ) أكبر ما يمكن.  
(٢) المقاومة ( ٦ Ω ) أكبر ما يمكن.

## معادلة الدارة البسيطة

– قلنا أن القدرة المنتجة من البطارية تساوي القدرة المستهلكة في المقاومات الخارجية والمقاومات الداخلية :

$$ق د ت = ق م ت + ق د ت \quad \text{وبالقسمة على ( ت ) وترتيب العلاقة نجد أن :} \quad ت = \frac{ق د}{(م + د)}$$

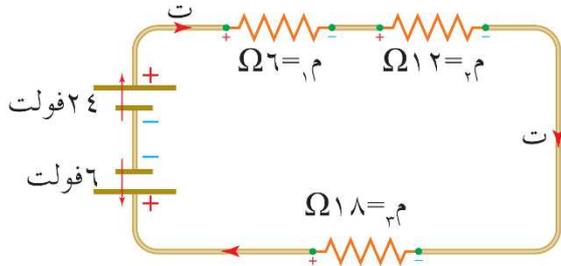
$$\text{فتكون معادلة الدارة البسيطة :} \quad ت = \frac{ق د}{م + د}$$



- \* عند إغلاق المفتاح ( ح ) فقط ، تكون شدة إضاءة المصباحين ( ١م ، ٢م ) متماثلة ، فكلاهما يمر فيهما التيار نفسه .
- \* عند إغلاق المفتاح ( ح ) يُضاف مقاومة ثالثة على التوازي إلى الدارة ، فنقل المقاومة الكلية في الدارة ، وحسب معادلة الدارة البسيطة ، فإن نقصان المقاومة الكلية يؤدي إلى زيادة التيار الكلي في الدارة ، وهذا يُفسر زيادة قراءة الأميتر ، وزيادة شدة إضاءة المصباح الأول ( ١م ) ، ومجموع فرق جهد المصباحين ( ٢م ، ١م ) يجب أن يساوي فرق جهد البطارية.
- \* عند إغلاق المفتاحين يزداد التيار المار في المصباح ( ١م ) وهذا يدل على زيادة جهده حسب العلاقة ( ج = ت م ) ، فيقل جهده ( ٢م ) ويُفسر نقصان قراءة الفولتميتر وانخفاض شدة إضاءة المصباح ( ٢م ).
- \*\* يزداد التيار المار في الدارة عند توصيل المقاومات على التوازي ، ويقل التيار عند وصلها على التوالي.\*\*

\*\* يكون اتجاه التيار مع البطارية ذات القوة الدافعة الأكبر في الدارة. \*\*

**مثال ( ١ ) :** وُصلت ثلاثة مقاومات على التوالي مع بطاريتين ، جد :



- (١) التيار الكلي للدارة.
- (٢) القدرة المستهلكة في المقاومة ( ٦ ، ١٨ Ω ) .

**الحل :**

- (١) نجد المقاومة المكافئة وتُصبح ( م مكافئة = ٣٦ Ω ) ، لتبسيط الدارة. نلاحظ أن اتجاه التيار خارج من البطارية ذات القوة الدافعة الأكبر وأيضاً اتجاه القوة الدافعة للبطاريات متعاكس وهذا يعني :

$$\sum ق د = ق د الأكبر - ق د الأقل$$

ولحساب التيار المار في الدارة :

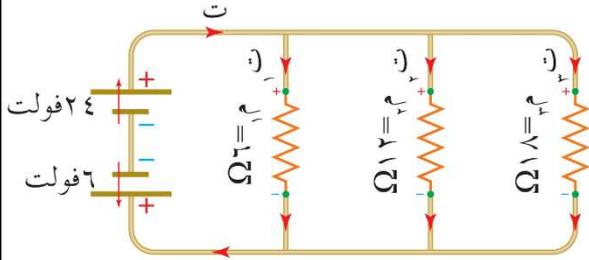
$$ت = \frac{\sum ق د}{م + د}$$

$$= \frac{6 - 24}{18 + 12 + 6} = 0,5 \text{ أمبير}$$

$$(٢) \quad \text{القدرة المستهلكة في المقاومة } 6 \Omega = ت^2 م = 1,5 \text{ واط}$$

$$\text{القدرة المستهلكة في المقاومة } 18 \Omega = ت^2 م = 4,5 \text{ واط}$$

**مثال ( ٢ ) :** وُصلت ثلاثة مقاومات على التوازي مع بطاريتين ، **جد :**



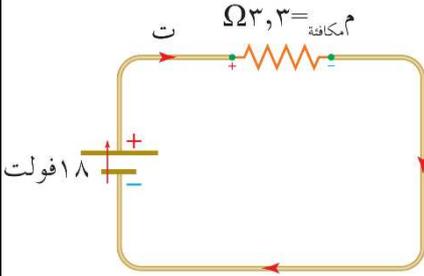
(١) التيار الكلي للدارة.

(٢) القدرة المستهلكة في المقاومة ( ٦ ، ١٨ Ω ) .

**الحل :**

(١) نجد المقاومة المكافئة لتبسيط الدارة.

التيار من البطارية ذات القوة الدافعة الأكبر ، والاتجاه متعاكس للبطاريات كما في المثال السابق.



$$\Omega_{3,3} = \Omega_{\text{المكافئة}} = \frac{36}{11} \leftarrow \frac{1}{18} + \frac{1}{12} + \frac{1}{6} = \frac{1}{\Omega_{\text{المكافئة}}}$$

$$I = \frac{E}{R}$$

$$I = \frac{18 \times 11}{36} = 5,5 \text{ أمبير}$$

$$(٢) \text{ القدرة المستهلكة في المقاومة } 6 \Omega = \frac{218}{6} = \frac{2}{12} = 54 \text{ واط}$$

$$\text{القدرة المستهلكة في المقاومة } 18 \Omega = \frac{218}{18} = \frac{2}{36} = 18 \text{ واط}$$

**مثال ( ٣ ) :** مُعتمداً على الشكل ، **جد :**

(١) قراءة الأميتر.

(٢) قراءة الفولتميتر.

(٣) التيار الكهربائي المار في كل مقاومة.

**الحل :**

(١) نعمل على تبسيط الدارة.

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2} + \frac{1}{12} = \frac{1}{2}$$

$$\Omega_2 = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \text{ م}$$

$$\Omega_3 = 2 \text{ م} \leftarrow 4 + 2 = 2 \text{ م} + 2 \text{ م} = 4 \text{ م}$$

$$\Omega_3 = 3 \text{ م} \leftarrow 1 + 1 + 1 = 3 \text{ م} + 3 \text{ م} + 3 \text{ م} = 9 \text{ م}$$

$$(٢) \text{ ج} = 2 \text{ م} \quad \text{ج} = 4 \times 2 = 8 \text{ فولت}$$

(٣) لحساب التيار الكهربائي المار في المقاومة (٦) Ω، لاحظ أن المقاومتين (٦ م و ٣ م) موصولتان على التوازي، فيكون لكل

منهما ومكافئتهما الجهد نفسه:

$$I_1 \times 6 = I_2 \times 3$$

$$I_1 = 2 \times I_2$$

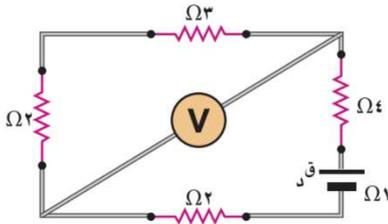
$$6 \times I_1 = 2 \times 2$$

$$I_1 = \frac{2 \times 2}{6} = \frac{2}{3} \text{ أمبير}$$

وبالطريقة نفسها نحسب تيار المقاومة (٣) Ω

$$I_2 = \frac{2 \times 2}{3} = \frac{4}{3} \text{ أمبير}$$

أما المقاومة (٤) Ω فيمر فيها تيار الدارة كاملاً، أي أن  $I = 2$  أمبير.



**مثال ( ٤ ) :** مُعتمداً على الشكل ، وإذا كانت قراءة الفولتميتر تساوي ( ١٥ فولت )  
**جد :**

- (١) القوة الدافعة الكهربائية. (٢) قدرة البطارية. (٣) القدرة المستهلكة بالبطارية.
- (٤) الهبوط في الجهد داخل البطارية. (٥) الحرارة المتولدة في ( ٤ أوم ) لدقيقة.

**الحل :**

$$١- \text{قراءة (V)} = (٢ + ٣) \text{ ت} = ١٥ \text{ فولت} \Rightarrow \text{ت} = ٣ \text{ أمبير.}$$

وحيث إن الدارة بسيطة، فإن:

$$\text{ت} = \frac{\sum \text{ق}_\text{ر}}{\sum \text{م}} = ٣ \Rightarrow \frac{\text{ق}_\text{ر}}{(٢ + ٣ + ٢ + ١ + ٤)} = ٣ \Rightarrow \text{ق}_\text{ر} = ١٢ \times ٣ = ٣٦ \text{ فولت.}$$

$$٢- \text{القدرة التي تنتجها البطارية} = \text{ق}_\text{ر} \text{ ت} = ٣ \times ٣٦ = ١٠٨ \text{ واط.}$$

$$٣- \text{القدرة المستهلكة داخل البطارية} = \text{ت}^2 \text{ م} = ٩ \times ٩ = ٨١ \text{ واط.}$$

$$٤- \text{الهبوط في الجهد داخل البطارية} = \text{ت} \text{ م} = ٣ \times ٣ = ٩ \text{ فولت.}$$

$$٥- \text{الحرارة المتولدة في (٤Ω)} = \text{ت}^2 \text{ م} = ٩ \times ٤ \times ٦٠ = ٢١٦٠ \text{ جول.}$$

**مثال ( ٥ ) :** مُعتمداً على الشكل ، **جد :**

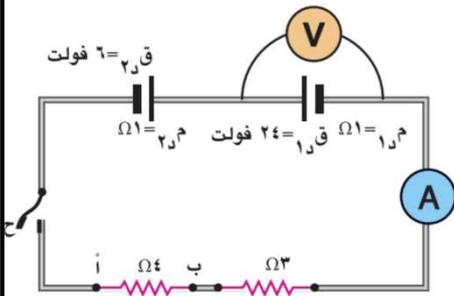
(١) جد قراءة الفولتميتر قبل إغلاق المفتاح.

(٢) بعد إغلاق المفتاح ، **جد :**

(أ) جواب .

(ب) قيمة المقاومة الواجب توصيلها مع ( ٣ أوم ) وكيفية توصيلها لتصبح قراءة الأميتر تساوي ( ٢,٢٥ أمبير ).

**الحل :**



١- لا يمر تيار في الدارة قبل إغلاق المفتاح، فتكون قراءة الفولتميتر مساوية للقوة الدافعة للبطارية الموصل بين طرفيها، وعليه تكون قراءة (V) = ٢٤ فولت.

٢- بعد إغلاق المفتاح، ولإيجاد جوابي، نجد أولاً التيار المار في الدارة:

$$\text{أ- ت} = \frac{\sum \text{ق}_\text{ر}}{\sum \text{م}} = \frac{(٦ - ٢٤)}{(٤ + ٣ + ١ + ١)} = ٢ \text{ أمبير.}$$

$$\text{وعليه جواب} = \text{ت} \text{ م} \Rightarrow \text{جواب} = ٤ \times ٢ = ٨ \text{ فولت.}$$

ب- لنفرض أن المقاومة المراد إضافتها مع (٣Ω) تساوي (م)، ومكافئتهما تساوي م .

$$\text{وعليه: ت} = \frac{\sum \text{ق}_\text{ر}}{\sum \text{م}} = ٢,٢٥ \Rightarrow \frac{(٦ - ٢٤)}{(١ + ١ + ٤ + \text{م})} = ٢,٢٥ \text{، ومنها: م} = ٢ \text{ Ω.}$$

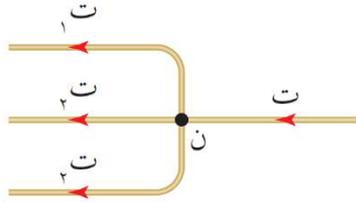
ولأن (م > ٣Ω)، فإن المقاومة (م) موصلة مع (٣Ω) على التوازي،

$$\text{وعليه: م} = \frac{\text{م} \times ٣}{\text{م} + ٣} = ٦ \text{ Ω.}$$

الدارات الكهربائية  
وقاعدتا كيرشوف

## # قاعدة كيرشوف الأولى :

عند وصول التيار لنقطة تفرع فإن التيار يتجزأ إلى تيارات عدة مُعتمداً على مبدأ حفظ الشحنة ، مما يعني أن كمية الشحنات الداخلة لنقطة التفرع تساوي كمية الشحنة الخارجة منها :



$$I_{\text{الداخلة}} = I_{\text{الخارجة}}$$

$$I_{\text{الداخلة}} = I_1 + I_2 + I_3$$

وبقسمة طرفي المعادلة على الزمن المستغرق لعبور الشحنات ( $\Delta z$ ) نتوصل إلى :

$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

وبشكل عام عند أي نقطة تفرع في دارة يكون:  $\sum I = 0$  (ت = صفر)

\* وتنص قاعدة كيرشوف الأولى : " المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائية تساوي صفرًا. "

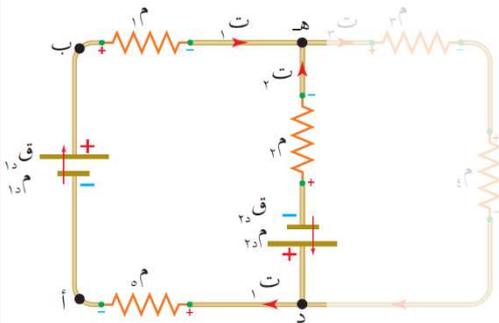
(وزاري)

- تُعد قاعدة كيرشوف الأولى صورة من صور مبدأ حفظ الشحنة.

- التيار الذي يدخل في نقطة التفرع موجباً والتيار الخارج منها سالباً ، أي أن مجموع التيارات الداخلة في نقطة تفرع يساوي مجموع التيارات الخارجة منها.

## # قاعدة كيرشوف الثانية :

القدرة التي تنتجها البطارية مساوية للقدرة المستهلكة في المقاومات الخارجية والداخلية (  $Q_3 = Q_1 + Q_2$  ) باختصار ( ت ) من العلاقة نجد أن القوة الدافعة تساوي مجموع فروق الجهود بين أطراف المقاومات الداخلية والخارجية



أي أن :  $Q_3 = Q_1 + Q_2$  (ت = صفر)

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

$$\sum Q = 0 \text{ (ت = صفر)}$$

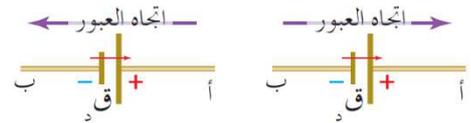
وتنص قاعدة كيرشوف الثانية : " المجموع الجبري للتغيرات في الجهد

الكهربائي عبر عناصر أي مسار مغلق في دارة كهربائية يساوي صفرًا. "

- تُعد قاعدة كيرشوف الثانية صورة من صور مبدأ حفظ الطاقة.

- لدراسة التغيرات في الجهد للمقاومات والبطاريات :

(وزاري)



$$J_B = J_A + I \times R$$

$$J_B = J_A - I \times R$$

$$J_B = J_A - Q$$

$$J_B = J_A + Q$$

- يمر التيار الكهربائي في الأسلاك من النقطة الأعلى جهداً إلى النقطة الأقل جهداً.

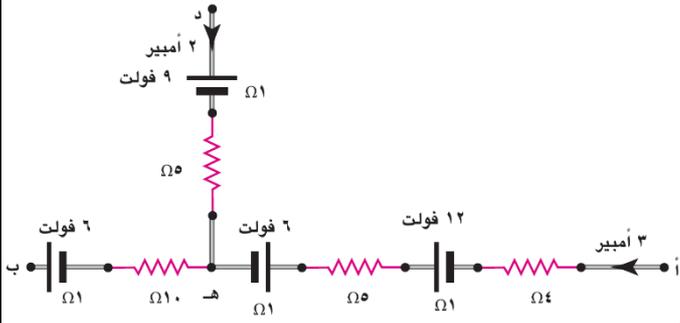
- لحساب فرق جهد نقطتين في الدارة نطبق :  $J_A - J_B = I \times R + Q$  (ت = صفر)



مثال ( ٣ ) : بناءً على الشكل ، **جد** جواب .  
**الحل :**

نجد أولاً التيار المارّ في الفرع (هـ ب) ، ولنفرضه (ت). وبتطبيق قاعدة كيرتشفوف الأولى عند هـ نجد أن :

$$\begin{aligned} 2 + 3 &= ت \Rightarrow ت = 5 \text{ أمبير، بالاتجاه من هـ إلى ب.} \\ \leftarrow ج_1 - 3 - (1 + 5 + 1 + 4) &= (6 + 6 - 12) + (1 + 10) \cdot 5 - (1 + 5 + 1 + 4) \\ \leftarrow ج_1 - 3 - 33 - 33 &= 12 + 55 - 76 = 76 \text{ فولت.} \end{aligned}$$



مثال ( ٤ ) : حسب البيانات المثبتة على الشكل ، **احسب :**

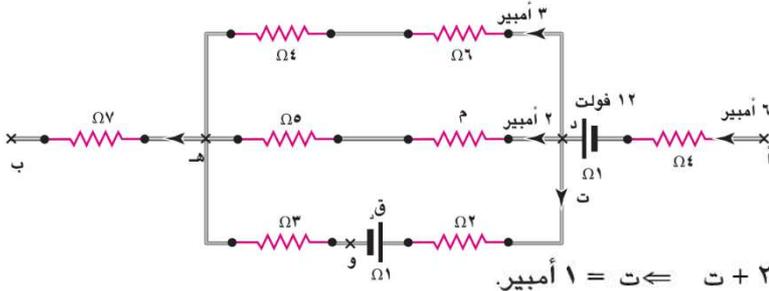
(١) التيار الكهربائي (ت) .

(٢) المقاومة (م) .

(٣) القوة الدافعة الكهربائية (قد) .

(٤) جواب .

**الحل :**



١- بتطبيق قاعدة كيرتشفوف الأولى عند (د)، فإن :  $ت + ٢ + ٣ = ٦$  ، فإن  $١ = ت$  أمبير.

$$٢- ج_٢ = (٤ + ٦) ٣ = ٣٠ \text{ فولت.}$$

ج\_٢ = ٣٠ فولت (عبر المسار العلوي).

$$ج_٢ - ٢ = (٥ + م) ٢ = ٣٠$$

ج\_٢ = ٣٠ (عبر المسار الأوسط).

$$\leftarrow ٣٠ = ٢(٥ + م) \Rightarrow ١٥ = م + ٥، ومنها : م = ١٠ \Omega$$

٣- بتطبيق قاعدة كيرتشفوف الثانية على المسار المغلق (د هـ و د)، فإن :

$$- ٢ - (٥ + ١٠) ٢ + (٢ + ١ + ٣) ١ + ق_٢ = ٠$$

$$\leftarrow ٢٤ = ق_٢ - ٣٠ + ٦ = ٠ \text{ فولت.}$$

$$٤- ج_١ - ٦ - (١ + ٤) ٦ - (٥ + ١٠) ٢ - (٥ + ٧) ٦ + ١٢ = ٠$$

$$ج_١ - ٣٠ - ٣٠ - ٣٠ - ٤٢ + ١٢ = ٠$$

$$ج_١ = ٩٠ \text{ فولت.}$$

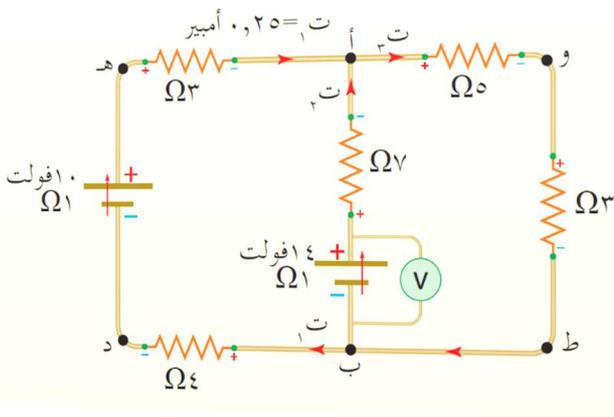
**تمرين :** بناءً على الشكل ، **احسب :**

(١) ت٢ ، ت٣ .

(٢) قراءة الفولتميتر .

(٣) القدرة الكهربائية المستهلكة في المقاومة (٥ Ω) .

(٤) جواباً .



## { أسئلة عامة على فصل التيار الكهربائي }

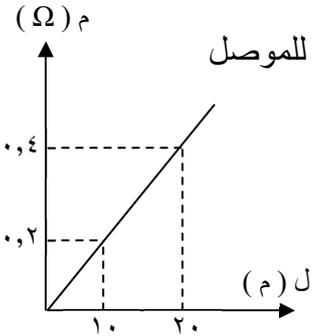
**س ١ :** سلك من النحاس طوله ( ١٠٠ سم ) ومساحته ( ١ مم<sup>٢</sup> ) ، وُصل طرفاه بمصدر جهد مقداره ( ٨ فولت ) إذا علمت أن مقاومة النحاس ( ١,٦ × ١٠<sup>-١٠</sup> Ω . م ) ، **احسب :**  
(١) مقاومة السلك. (٢) التيار المار فيه.

**س ٢ :** إذا علمت أن ( ١٢ × ١٨١٠ إلكترون ) يعبر مقطعاً عرضياً لموصل فلزي خلال ( ٠,١ ث ) ، **احسب :**  
(١) متوسط التيار الكهربائي المار في الموصل.  
(٢) كمية الشحنة التي تعبر المقطع العرضي للموصل.

**س ٣ :** سلكان من نفس المادة ونفس الطول ، المقاومة الكهربائية للسلك الأول ( ١٨ Ω ) ونصف قطره مثلي نصف قطر السلك الثاني ، **أجب** عما يلي :  
(١) ما نسبة المساحة بينهما.  
(٢) احسب المقاومة الكهربائية للسلك الثاني.

**س ٤ :** لديك سخانين كهربائيين الأول قدرته ( ٢٠٠٠ واط ) والثاني مقاومته ( ١٠ Ω ) ، وكلاهما يعمل بفرق جهد مقداره ( ٢٠ فولت ) ، **أجب** عما يلي :  
(١) أيهما يستهلك طاقة كهربائية أكثر عن استخدامهما لنفس الفترة الزمنية ؟ مبيئاً السبب ؟  
(٢) احسب التيار المار في السخان الأول.

**س ٥ :** يمثل الشكل العلاقة بين مقاومة موصل فلزي وطوله ، إذا كانت مساحة المقطع العرضي للموصل تساوي ( ٢,٨ مم<sup>٢</sup> ) ، **احسب :**  
(١) مقاومة الفلز.  
(٢) التيار المار عندما تكون المقاومة ( ٠,٤ أوم ) و وُصل مع فرق جهد مقداره ( ٢٠ فولت ) .



**س ٦ :** مقاومة كهربائية تستهلك طاقة بمعدل ( ٥٠٠ جول / ث ) ، وتعمل على فرق جهد مقداره ( ١٠٠ فولت ) ، صُنعت من سلك فلزي مساحة مقطعه ( ١٦ × ١٠<sup>-٦</sup> سم<sup>٢</sup> ) ومقاومية مادته تساوي ( ١,٦ × ١٠<sup>-١٠</sup> Ω . م ) ، **احسب :**  
(١) مقاومة السلك. (٢) طول السلك. (٣) التيار المار في المقاومة.

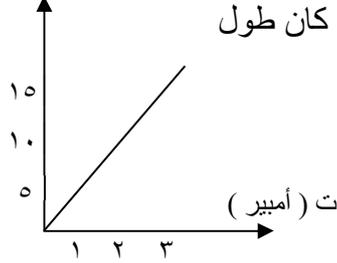
**س ٧ :** موصل فلزي مقاومته ( ٥ Ω ) وطوله ( ٢٠ م ) ومساحة مقطعه ( ١٠<sup>-٢</sup> سم<sup>٢</sup> ) ، يمر فيه تيار كهربائي مقداره ( ١,٦ أمبير ) ، فإذا كان متوسط سرعة الإلكترونات الحرة فيه ( السرعة الانسيابية ) تساوي ( ٢ × ١٠<sup>-٤</sup> م / ث ) . **احسب :**

(١) عدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم من الموصل.  
(٢) مقاومة الموصل ( ρ ) .

**س ٨ :** مقاومتان مجهولتان وُصِلتا على التوازي فكانت المقاومة المكافئة لهما ( ١,٦ Ω ) ، ثم وُصِلتا على التوالي فكانت المقاومة المكافئة لهما ( ١٠ Ω ) ، **احسب** مقدار كل مقاومة.

**س٩ :** موصل كهربائي طوله ( ٢ م ) ومساحة مقطعه العرضي ( ٤ سم<sup>٢</sup> ) ومقاومته ( ١,٢ × ١٠<sup>-٦</sup> Ω . م ) **فاحسب** السرعة الانسيابية ، إذا علمت أن عدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم ( ٦ × ١٠<sup>٢٠</sup> إلكترون/م<sup>٣</sup> ) ووصل مع فرق جهد مقداره ( ٨ فولت ) .

جـ ( فولت )



**س١٠ :** يمثل الرسم العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي موصل فلزي والتيار المار فيه ، فإذا كان طول الموصل ( ٥ م ) ومساحة مقطعه ( ١ × ١٠<sup>-٦</sup> م<sup>٢</sup> ) . **احسب :**  
(١) مقاومة الموصل.  
(٢) مقاومة مادة الموصل.

**س١١ :** موصل مساحته ( ٢ سم<sup>٢</sup> ) وعدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم ( ١ × ١٠<sup>٢٤</sup> إلكترون / م<sup>٣</sup> ) والسرعة الانسيابية ( ٤ × ١٠<sup>-٤</sup> م / ث ) ، وطوله ( ١ م ) إذا علمت أنه موصل بفرق جهد ( ٢ فولت ) ، **احسب :**  
(١) التيار الكهربائي المار فيه.  
(٢) عدد الإلكترونات التي تعبره خلال ( ٠,١ ث ) .  
(٣) المقاومة الكهربائية لمادة الموصل.

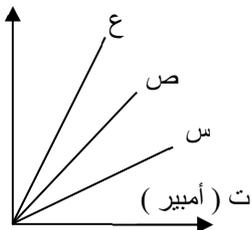
**س١٢ :** يبين الجدول قيم المقاومة لثلاثة مواد ( أ ، ب ، ج ) عند درجة حرارة ( ٢٥ س<sup>٠</sup> ) بالاعتماد على الجدول **أجب** عما يلي :

المقاومية ( Ω . م )	المادة
$٢ \times ١٠^{-٨}$	أ
$٣,٤ \times ١٠^{-٣}$	ب
$١,٦ \times ١٠^{-١}$	ج

(١) أي المواد يُفضل استخدامها في التوصيلات الكهربائية ولماذا ؟  
(٢) احسب مقاومة المادة ( ج ) ، إذا علمت أن طول السلك الذي صنعت منه المقاومة ( ٠,٢ سم ) ومساحته ( ١ سم<sup>٢</sup> ) .

**س١٣ :** سخّان يعمل على فرق جهد ( ١٠٠ فولت ) صنعت مقاومته من سلك فلزي طوله ( ٣٢٠ م ) ومقاومته ( ٢ × ١٠<sup>-٨</sup> أوم . م ) ، فإذا علمت أن الطاقة المستنفدة عند تشغيله لساعة تساوي ( ٧٢ × ١٠<sup>١٠</sup> جول ) ، **احسب :**  
(١) أكبر تيار يمر في مقاومة السخان.  
(٢) مساحة مقطع السلك.

جـ ( فولت )



**س١٤ :** رُسمت العلاقة البيانية لثلاثة موصلات مختلفة ( س ، ص ، ع ) بين التيار المار فيها وفرق الجهد بين طرفيها كما في الشكل ، **أجب** عما يلي :  
(١) أي الموصلات مقاومتها أكبر ؟ ولماذا ؟  
(٢) إذا كان للموصلات نفس الطول ومساحة المقطع ، فأى الموصلات يُفضل استخدامها في التوصيلات الكهربائية ولماذا ؟

**س١٥ :** موصلان ( س ، ص ) وُصلا مع مصدر جهد كهربائي متغيّر فكان التيار المار في كل منهما عند قيم مختلفة

جـ ( فولت )	٣	٥	١٠
ت <sub>س</sub> (أمبير)	٠,٦	١	٢
ت <sub>ص</sub> (أمبير)	٠,٦	٠,٩	١,٢

لفرق الجهد كما موضح في الجدول ، **أجب** عما يلي :  
(١) أي الموصلين يعد موصلًا أوميًا ؟ ولماذا ؟  
(٢) اذكر مثالًا على كل من الموصلات الأومية واللأومية.

**س١٦ :** موصلان ( أ ، ب ) من مادتين مختلفتين لهما نفس الطول ومساحة المقطع ويمر فيهما نفس التيار ، إذا علمت أن عدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم للموصل ( أ ) أكبر من عددها للموصل ( ب ) ، **أجب** عما يلي :

(١) في أي الموصلين تكون السرعة الانسيابية أكبر ؟ ولماذا ؟

(٢) أي الموصلين يسخن أولاً ؟ ولماذا ؟

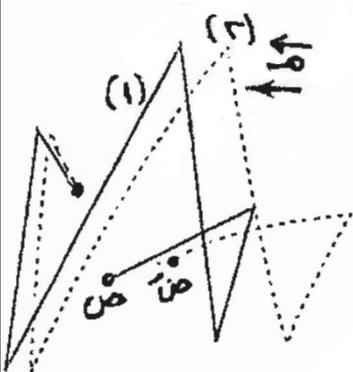
**س١٧ :** ما أثر زيادة كل من : طول الموصل ، مساحة مقطعه ، ودرجة حرارته على كل من :  
(١) مقاومة الموصل. (٢) مقاومة الموصل.

**س١٨ :** سلك فلزي مساحته  $( ٢ \times ١٠^{-٤} م^٢ )$  يمر فيه تيار كهربائي مقداره  $( ٦,٩ أمبير )$  ، فإذا علمت أن السرعة الانسيابية للإلكترونات الحرة تساوي  $( ٣ \times ١٠^{-٤} م / ث )$  ، **احسب** :  
(١) كمية الشحنة الكهربائية التي تعبر السلاك خلال  $( ٢٠ ث )$ .  
(٢) عدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم من السلك.

**س١٩ :** موصل فلزي طوله  $( ٢ \pi م )$  ونصف قطر مقطعه العرضي  $( ١ \times ١٠^{-٣} م )$  ومقاومته تساوي  $( ٢ \times ١٠^{-٨} \Omega . م )$  يحوي  $( ١,٦ \times ١٠^{٢٨} إلكترون / م^٣ )$  عندما وُصل طرفي هذا الموصل بمصدر للجهد عبر مقطع الموصل شحنة مقدارها  $( \pi كولوم )$  في زمن قدره  $( ٥,٥ ث )$  ، **احسب** :  
(١) مقاومة الموصل. (٢) السرعة الانسيابية.

**س٢٠ :** ( أ ، ب ) موصلان فلزيان لهما الطول نفسه ، ويمر فيهما التيار نفسه عند وصلهما مع فرق الجهد نفسه ، إذا كانت النسبة بين مقاومتيهما  $( \rho ، \rho )$  كنسبة  $( ٩ : ٤٠ )$  ، **فجد** :  
(١) النسبة بين نصفي قطري مقطعيهما.  
(٢) النسبة بين سرعة الإنسياب بينهما علمًا بأن نسبة عدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم  $( ن_أ : ن_ب )$  كنسبة  $( ١ : ٢ )$ .

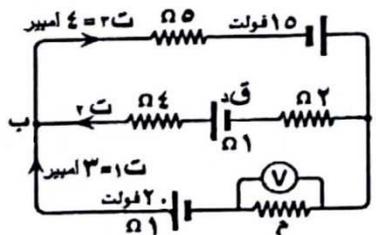
**س٢١ :** دائرة بسيطة تتكون من مقاومتان  $( ٢,٥ أوم ، ١,٥ أوم )$  موصولتان على التوالي ، يمر فيها تيار  $( ت )$  ، **ما هي** قيمة المقاومة  $( ر م )$  الواجب وصلها حتى يتضاعف التيار مع بقاء الجهد ثابت.



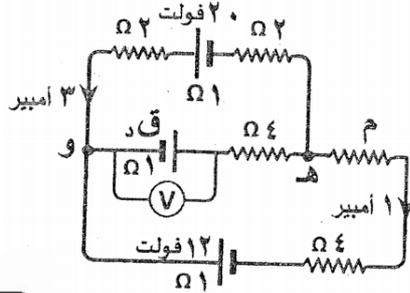
**س٢٢ :** يُمثل الشكل مسارين محتملين  $( ١ )$  ،  $( ٢ )$  للإلكترون حر داخل فلز ، إحداهما يمثل المسار بغياب المجال الكهربائي والآخر حدث بوجود مجال كهربائي ، **أجب** عما يلي :  
(١) أي المسارين حدث بوجود المجال الكهربائي ؟ فسّر إجابتك.  
(٢) ما سبب المسار المتعرج للإلكترونات الحرة ؟  
(٣) ماذا تُسمى السرعة التي اندفعت بها الإلكترونات من النقطة  $( ص )$  إلى  $( ص )$ .

**س٢٣ :** مُعتمداً على الشكل ، **احسب** :

(١) القدرة الكهربائية للبطارية  $( ق د )$ .  
(٢) قراءة الفولتميتر.

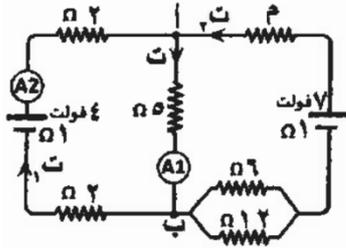


س٢٤ : مُعتمداً على الشكل ، احسب :



- (١) قراءة الفولتميتر.
- (٢) المقاومة الكهربائية ( م ).

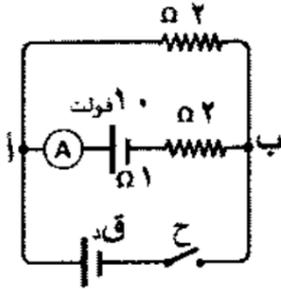
س٢٥ : بناءً على الشكل ، وإذا علمت أن ( جاب = ٣ فولت ) ، احسب :



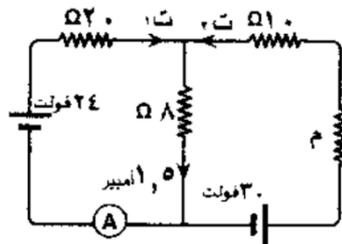
- (١) قراءة كل من الأميتر ( A١ ) والأميتر ( A٢ ).
- (٢) المقاومة الكهربائية ( م ).

س٢٦ : مُعتمداً على الشكل وبإهمال المقاومات الداخلية للبطاريات ، احسب :

- (١) جد قراءة الأميتر ( A ) عندما يكون المفتاح مفتوحاً.
- (٢) جد القوة الدافعة الكهربائية ( ق د ) وقراءة الأميتر ( A ) عند غلق المفتاح وكان ( جاب = ٧ فولت ).

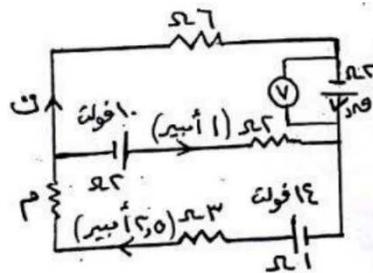


س٢٧ : بناءً على الشكل ، احسب :



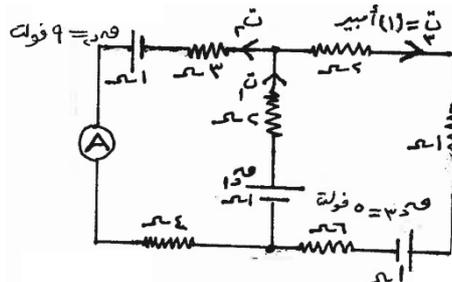
- (١) قراءة الأميتر.
- (٢) المقاومة الكهربائية.

س٢٨ : اعتماداً على الشكل ، احسب :



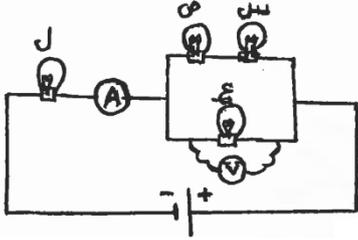
- (١) قيمة المقاومة.
- (٢) قراءة الفولتميتر.

س٢٩ : بناءً على الشكل ، احسب :



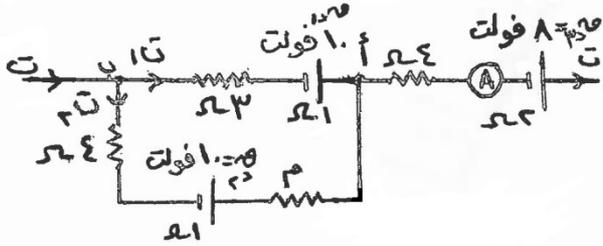
- (١) قراءة الأميتر ( A ).
- (٢) مقدار ( ق د ).
- (٣) القدرة المستهلكة في المقاومة ( ٦ Ω ).

س٣٠ : وُصلت أربعة مصابيح كهربائية متماثلة مع بعضها ، مقاومة كل منها ( م ) ، كما في الشكل . مُعتمداً على الشكل **أجب** عما يلي :



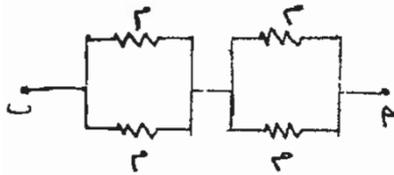
(١) رتّب المصابيح ( ع ، س ، ل ) تنازلياً حسب شدة إضاءة كل منها.  
(٢) ماذا يحدث لكل من قراءة الأميتر وقراءة القولتميتر إذا احترق فتيل المصباح ( س ) ؟

س٣١ : يُمثل الشكل جزءاً من دارة كهربائية ، إذا كان ( جاب = ٥ فولت ) والقدرة المستهلكة في البطارية ( ق د ) تساوي ( ٠,٢٥ واط ) ، **احسب** :

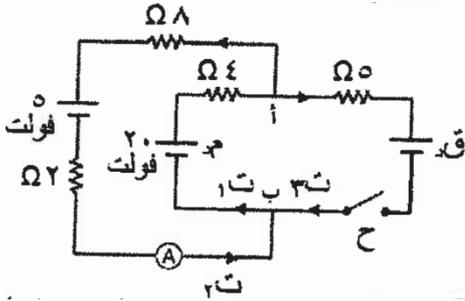


(١) قراءة الأميتر ( A ).  
(٢) مقدار المقاومة ( م ).

س٣٢ : إذا علمت أن المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات في الشكل المجاور تساوي ( ٣ Ω ) ، **فاحسب** قيمة المقاومة ( م ).



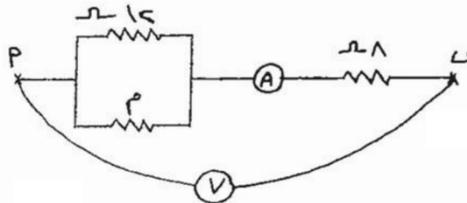
س٣٣ : مُعتمداً على الشكل ، **أجب** عما يلي :



أولاً : إذا كانت قراءة الأميتر ( A ) قبل إغلاق المفتاح ( ح ) تساوي ( ١ أمبير ) **احسب** المقاومة الداخلية ( م د ).

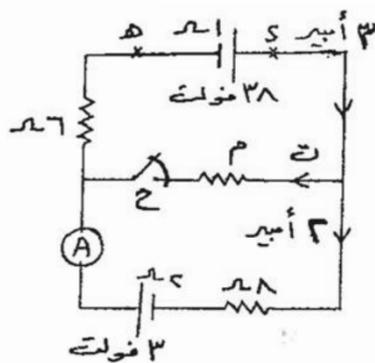
ثانياً : بعد غلق المفتاح ( ح ) إذا كان ( جاب = ١١ فولت ) ، **احسب** :  
(١) قراءة الأميتر ( A ).  
(٢) مقدار القوة الدافعة الكهربائية.

س٣٤ : إذا كانت قراءة الأميتر في الشكل المجاور تساوي ( ٠,٥ أمبير ) وقراءة القولتميتر ( ٥,٥ فولت ) ، **احسب** :



(١) معدل الطاقة المستهلكة في المقاومة ( ٨ Ω ) .  
(٢) مقدار المقاومة المجهولة ( م ).

س٣٥ : بناءً على الشكل ، **أجب** عما يلي :

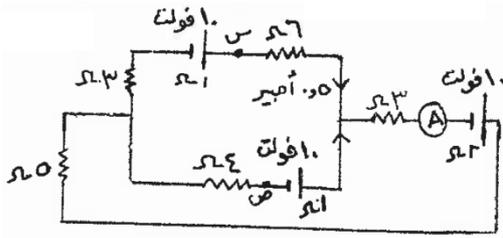


أولاً : **احسب** والمفتاح ( ح ) مغلق كل مما يأتي :  
(١) مقدار ( ت ) .

(٢) ج د هـ .

(٣) مقدار المقاومة ( م ) .

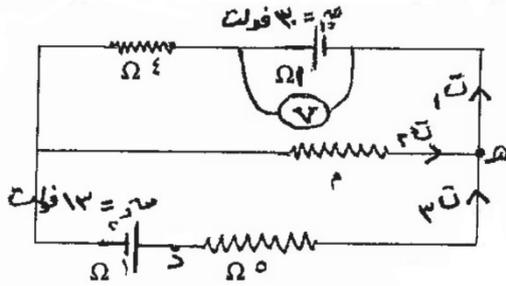
ثانياً : **احسب** قراءة الأميتر ( A ) عند فتح المفتاح ( ح ) .



س٣٦ : اعتماداً على الشكل ، احسب :

- (١) قراءة الأميتر ( A ) .
- (٢) فرق الجهد الكهربائي ( جـ ص ) . وأي النقطتين ( س ، ص ) أعلى جهداً ؟ ولماذا ؟

س٣٧ : في الشكل إذا علمت أن قراءة الفولتميتر ( V ) تساوي ( ٢٥ فولت ) ، احسب :



(١) مقدار المقاومة المجهولة ( م ) .

(٢) فرق الجهد بين النقطتين ( د ، هـ ) .

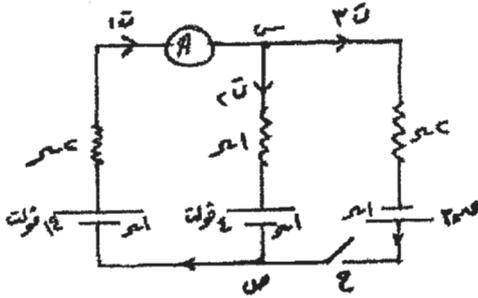
س٣٨ : اعتماداً على الشكل وبياناته ، احسب :

(١) قراءة الأميتر ( A ) قبل إغلاق المفتاح ( ح ) .

(٢) بعد إغلاق المفتاح ( ح ) ، إذا علمت أن قراءة الأميتر تساوي ( ٣ أمبير ) ، احسب :

– فرق الجهد بين النقطتين ( س ، ص ) .

– مقدار ق د .

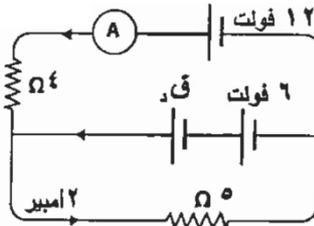


س٣٩ : بناءً على الشكل ، احسب :

(١) القوة الدافعة الكهربائية ( ق د ) .

(٢) قراءة الأميتر ( A ) .

(٣) القدرة الكهربائية المستهلكة في المقاومة ( ٤ Ω ) .



س٤٠ : اعتماداً على الشكل ، احسب :

(١) جـ اب .

(٢) المقاومة ( م س ) .

(٣) ق د ٢ .

(٤) المقاومة لمادة المقاومة ( م س ) ، إذا علمت أن طولها ( ٠,٨ م ) ومساحة

مقطعها ( ٧ × ١٠<sup>-٦</sup> م<sup>٢</sup> ) .

