القوة الكهربائية

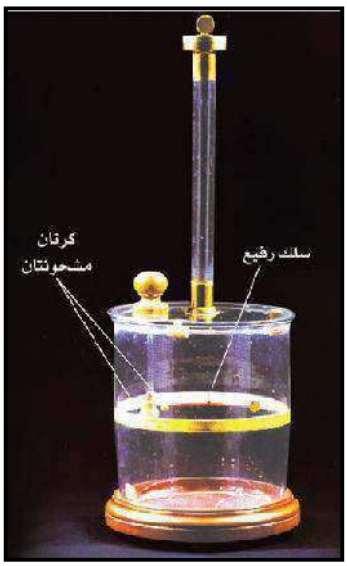
س / علل : القوى الكهربية قوى كبيرة مقارنة بقوة الجاذبية الأرضية .

ج : لأنه يُمكنها أن تُنتج بسهولة تسارعاً أكبر من التسارع الذي ينتج بفعل قوة الجاذبية الأرضية .

ملاحظات هامة :

١- القوة الكهربية قد تكون قوة تجاذب أو قوة تنافر (الشحنات الكهربائية المختلفة تتجاذب والمتشابهة تتنافر) ، بينما قوة الجاذبية الأرضية تكون قوة تجاذب فقط .

٢- توصل هنري كافندش إلى أن القوى الكهربية يجب أن تخضع لقانون التربيع العكسي .



العوامل التي تتوقف عليها القوة الكهربائية بين شحنتين

١- مقدار كل من الشحنتين : حيث تتناسب القوة الكهربائية بين شحنتين تناسباً طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين.

$$F \alpha q_A q_B$$

٢- مربع المسافة بين الشحنين : حيث تتناسب القوة الكهربائية بين شحنتين تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين .

$$F \alpha \frac{1}{r^2}$$

قانون كولوم

" مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين يتناسب طردياً مع مقدار كل من الشحنتين ، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما "

" القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين تساوي ثابت كولوم مضروباً في حاصل ضرب مقداري الشحنتين ، ومقسوماً على مربع المسافة بينهما "

$$F \alpha \frac{q_A q_B}{r^2} \quad ، \quad \boxed{F = K \frac{q_A q_B}{r^2}}$$

ملاحظات هامة :

١- تقاس الشحنة الكهربائية في النظام الدولي بوحدة " الكولوم (C) " ، والكولوم الواحد يساوي مقدار شحنة 6.24×10^{18} إلكترون أو بروتون .

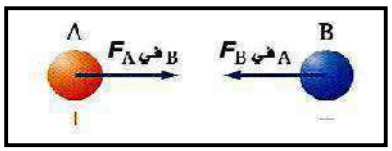
٢- يُسمى مقدار شحنة الإلكترون **الشحنة الأساسية** ، ومقدار شحنة الإلكترون المفرد تساوي 1.6×10^{-19} C

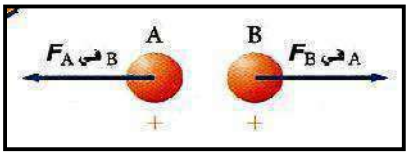
٣- يُسمى المقدار الثابت (k) ثابت كولوم ، ويساوي 9×10^9 Nm^2/C^2 .

٤- يمكن للصاعقة أن تحمل شحنة مقدارها **5 C** إلى **25 C** ، وتحتوي المواد الصغيرة مثل قطعة العملة المعدنية على شحنة سالبة قد تصل إلى 10^6**C** ، وهذا المقدار الهائل من كمية الشحنة السالبة لا يُنتج غالباً أي تأثيرات خارجية لأنه مُعادل ومُوازن بكمية شحنة موجبة مساوية له ، أما إذا كانت الشحنات غير متعادلة فستتولد قوى كهربية ، حتى لو كانت الشحنة صغيرة مثل 10^{-9} فإنها يمكن أن تولد قوى كهربائية كبيرة .

٥- القوة التي تؤثر بها الشحنة q_A في الشحنة q_B تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي تؤثر بها الشحنة q_B في الشحنة q_A حسب القانون الثالث لنيوتن .

٦- القوة الكهربائية كمية متجهة ، ولأن قانون كولوم يزودنا بمقدار القوة فقط فإنه يلزم تحديد اتجاه القوة ، فإذا كانت الشحنتان متشابهتان تكون القوة قوة تنافر ، وإذا كانت القوتان مختلفتان تكون القوة قوة تجاذب .





تطبيقات القوى الكهروستاتيكية

١- تستطيع هذه القوة تجميع السناج من المداخن ، وبالتالي تقليل تلوث الهواء .

٢- يُمكن شحن قطرات الطلاء الصغيرة جداً بالحث ، واستعمالها لطلاء السيارات والأجسام الأخرى بصورة منظمة وموحدة جداً .

٣- تستخدم آلات التصوير الفوتوجرافي الكهرباء الساكنة لوضع الحبر الأسود على الورق ، بحيث يتم نسخ صورة طبق الأصل للوثيقة الأصلية .

<u>وتتم إزالة الشحنات في بعض الحالات لأنها قد تتسبب في :</u>

١- إتلاف فيلماً إذا جذبت غباراً .

٢- تُعطل معدات إلكترونية عند تفريغ الشحنة الساكنة .

تمارين على قانون كولوم

<u>اعتبر ثابت كولوم ($K = 9 \times 10^9\ Nm^2/C^2$) :</u>

١- شحنتان كهربائيتان q_A ، q_B ، تفصل بينهما مسافة **r** ، ويؤثر كل منهما في الأخرى بقوة **F** ، حدد القوة التي تنتج في الحالات الآتية :

(أ) - مضاعفة q_A مرتين . (.....)

(ب)- تقليل q_A ، q_B إلى النصف . (.....)

(ج)- مضعفة **r** ثلاث مرات . (.....)

(د) - مضاعفة q_A ، q_B مرتين ، وتقليل **r** إلى النصف . (.....)

٢- أوجد مقدار ونوع القوة المتبادلة بين شحنتين الأولى موجبة وتساوي $8\times10^{-4}\ C$ والثانية سالبة وتساوي $4\times10^{-4}\ C$ والمسافة بينهما $30\ cm$.

قوة تجاذب , $3.2 \times 10^{4}\ N$

.....
.....
.....
.....
.....

٣- أثرت شحنة سالبة مقدارها $6 \times 10^{-6}\ c$ بقوة جذب مقدارها $65\ N$ في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة $5\ cm$ ، احسب مقدار الشحنة الثانية .

$3 \times 10^{-6}\ C$

.....
.....
.....
.....
.....
.....

٤- إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين $+8 \times 10^{-5}c$ و $+3\times10^{-5}c$ تساوي $2.4 \times 10^{2}\ N$ ، فاحسب المسافة بينهما .

$0.3\ m$

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

٥- كرتان متماثلتان مشحونتان ، المسافة بين مركزيهما $12\ cm$ فإذا كانت القوة الكهربائية بينهما $0.28\ N$ فاحسب شحنة كل كرة .

$6.7 \times 10^{-7}\ C$

.....
.....
.....
.....
.....
.....

٦- كرتين مشحونين بشحنتين موجبتين ، شحنة إحداهما ثلاثة أمثال شحنة الأخرى ، والمسافة بين مركزيهما $16cm$ ، فإذا كانت القوة بينهما $0.28\ N$ فاحسب مقدار الشحنة على كل منهما .

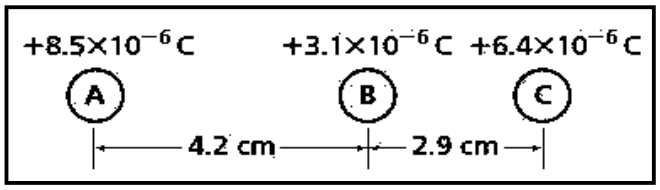
$5.15 \times 10^{-7}\ C\ ,\ 1.55 \times 10^{-6}\ C$

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

٧- وضعت كرة **A** شحنتها $+2 \times 10^{-6}\ C$ عند نقطة الأصل ، ووضعت كرة **B** شحنتها -3.6×10^{-6} **C** عند الموضع $+0.6\ cm$ على المحور **x** ، ووضعت كرة **C** شحنتها $+4 \times 10^{-6}\ C$ عند الموقع $+0.8\ cm$ على المحور **x** احسب القوة المحصلة المؤثرة على الكرة **A** .

675 N , جهة اليمين

٨- وضعت ثلاث كرات مشحونة على خط واحد ، كما هو موضح بالشكل المقابل .



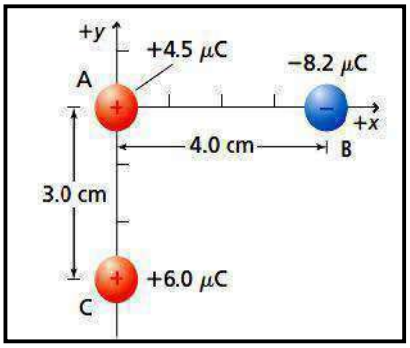
أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة **B** .

77.9 N , جهة اليسار

٩- وضعت كرة A شحنتها + 64 µC عند نقطة الأصل ، ووضعت كرة B شحنتها - 16 µC عند الموضع + 1 m على المحور x ، أين يجب وضع كرة C شحنتها + 12 µC بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها تساوي صفر ؟

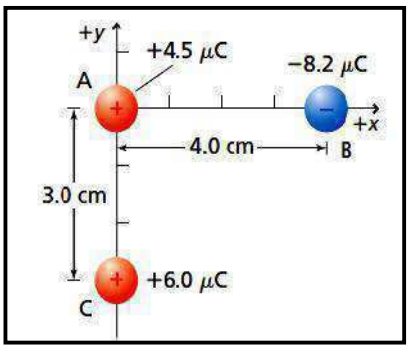
على المحور X , + 2 m

١٠- وضعت ثلاث كرات مشحونة ، كما هو موضح بالشكل المقابل . أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A .



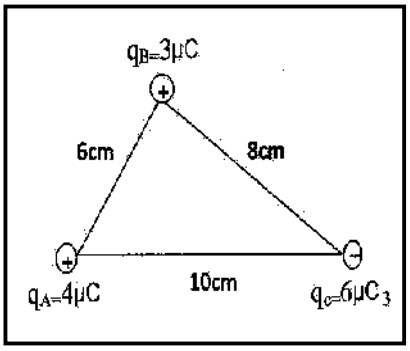
340.6 N , Θ = 52.44°

١١- وضعت ثلاث كرات مشحونة ، كما هو موضح بالشكل المقابل . أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة **B** .



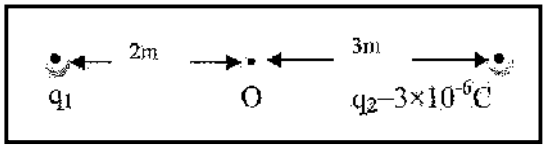
365.12 N , Θ = 16.9°

١٢- وضعت ثلاث كرات مشحونة ، كما هو موضح بالشكل المقابل . أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة **B** .



39.2 N , Θ = 49.9°

١٣- إذا علمت أن النقطة O هي النقطة التي لا تتأثر عندها شحنة الاختبار بأية قوة كهربائية ، بالاعتماد على المعلومات المبينة بالشكل المجاور ، أجب عما يأتي :



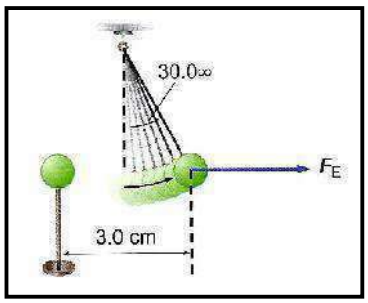
(أ) – ما نوع ومقدار الشحنة q_1 .

الشحنة موجبة , 1.33×10^{-6} C

(ب) – أوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين q_1 , q_2 .

1.44×10^{-3} N , جهة الخارج (قوة تنافر)

١٤- يوضح الشكل المقابل كرتي نخاع بيلسان ، كتلة كل منهما **1 g** ، وشحنتاهما متساويتان ، إحداهما معلقة بخيط عازل ، والأخرى قريبة منها ومثبتة على حامل عازل ، والبعد بين مركزيهما **3 cm** فإذا اتزنت الكرة المعلقة عندما شكل الخيط العازل الذي يحملها زاوية مقدارها **30°** مع الرأسي ، فاحسب :



(أ) – F_g المؤثرة في الكرة المعلقة .

9.8×10^{-3} N

(ب) – F_E المؤثرة في الكرة المعلقة .

5.7×10^{-3} N

(ج) – الشحنة على كل من الكرتين .

2.4×10^{-8} C

توليد المجالات الكهربائية وقياسها

تفسير مايكل فاراداي لتأثير قوة ما خلال الفراغ :

اقترح مايكل فاراداي أن الجسم **A** المشحون كهربائياً يؤثر بقوة في جسم آخر **B** مشحون كهربائياً عندما يكون موضوعاً في أي مكان في الفراغ أو الوسط – بسبب أن الجسم **A** يجب أن يُغير بطريقة ما من خصائص ذلك الوسط ، وسيستشعر الجسم **B** بطريقة ما ذلك التغير في الفراغ أو الوسط ، وسيتأثر بقوة ناجمة عن التغير في خصائص الوسط في موقعه .

المجال الكهربائي : " هو تغير خاصية الوسط في المنطقة المحيطة بالشحنة الكهربائية "
" هو المنطقة المحيطة بالشحنة الكهربائية ، والتي يظهر فيها أثر قوتها الكهربائية "

ملاحظات هامة :

١- المجال الكهربائي لا يعني التفاعل بين جسمين عن بُعد ، بل يعني التفاعل بين الجسم والمجال الكهربائي عند موقع الجسم .

٢- يمكن للقوى التي تؤثر بها المجالات الكهربائية أن تبذل شغلاً ، فتنتقل الطاقة من المجال إلى جسم آخر مشحون .

قياس (تحديد) المجال الكهربائي

١- لتحديد وقياس مجال كهربي تُستخدم شحنة صغيرة موجبة تُسمى **" شحنة الاختبار "** ، فإذا تأثرت شحنة الاختبار بقوة فسيكون هناك مجال كهربي .

شحنة الاختبار : " هي شحنة صغيرة موجبة تُستخدم لقياس شدة مجال كهربائي "

٢- نحسب القوة المؤثرة في شحنة الاختبار (q') ، حيث نجد أن هذه القوة ستتناسب طردياً مع مقدار شحنة الاختبار ، وذلك حسب قانون كولوم ، لذلك تبقى النسبة بين القوة والشحنة ثابتة وتُسمى " شدة المجال الكهربائي "

شدة المجال الكهربائي : " هو حاصل قسمة مقدار القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة على مقدار تلك الشحنة "

وتُقاس شدة المجال الكهربائي بوحدة : نيوتن / كولوم (**N / C**)

$$E = \frac{F_{q'}}{q'} = K\frac{q}{d^2}$$

ويكون اتجاه المجال الكهربائي في نفس اتجاه القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة .

العوامل التي تتوقف عليها شدة المجال الكهربائي عند نقطة :

١- مقدار القوة المؤثرة .
٢- موقع هذه النقطة .

ملاحظات هامة :

١- يمكن تمثيل المجال الكهربائي بمتجهات تبين شدة المجال عند مواقع مختلفة ، حيث يدل طول السهم على شدة المجال ، أما اتجاه السهم فيدل على اتجاه المجال .

٢- لإيجاد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنتين عند نقطة ما ، يتم إيجاد المجال الناشئ عن كل شحنة على انفراد عند تلك النقطة ، ثم يُجمع هذان المجالان جمعاً اتجاهياً .

٣- أي شحنة توضع في مجال كهربائي ستتأثر بقوة ناتجة عن المجال الكهربائي في ذلك الموقع ($\mathbf{F = E\ q}$)

حيث يعتمد مقدار هذه القوة على : أ- مقدار المجال الكهربائي . ب- مقدار الشحنة .
ويعتمد اتجاه هذه القوة على اتجاه المجال ، وعلى نوع الشحنة المتأثرة .

تمثيل المجال الكهربائي

خطوط المجال الكهربائي (خطوط القوة) : " هي خطوط تُستخدم لتمثيل المجال الكهربائي الفعلي في الفراغ أو الوسط المحيط بالشحنة "

خصائص خطوط المجال الكهربائي

١- يكون اتجاه المجال الكهربائي عند أي نقطة هو اتجاه المماس المرسوم على خط المجال عند تلك النقطة .

٢- تُشير المسافات بين خطوط المجال الكهربائي إلى شدة المجال الكهربائي ، فكلما كانت الخطوط متقاربة كان المجال قوياً ، وكلما تباعدت الخطوط كان المجال الكهربائي ضعيفاً .

٣- تنتشر خطوط المجال في ثلاث أبعاد (إلا أنه يتم تمثيلها في بُعدين فقط) .

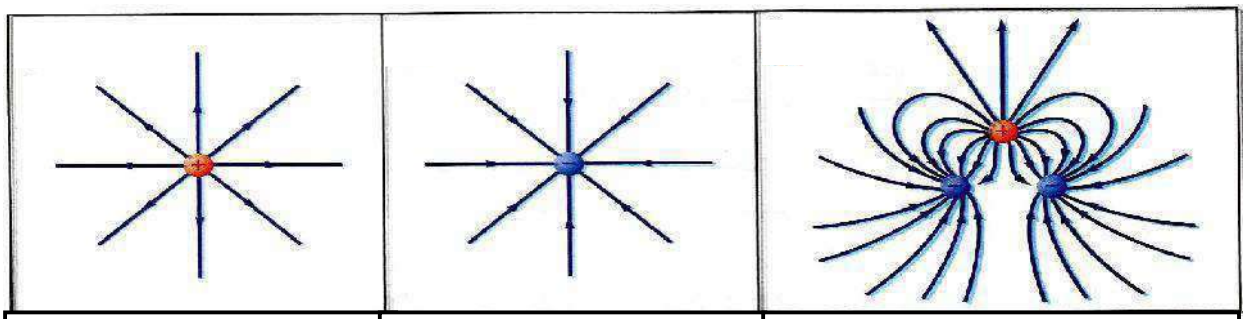
٤- يكون اتجاه خطوط المجال الكهربائي في اتجاه القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة ، أي أن خطوط المجال الكهربائي تخرج من الشحنة الموجبة وتدخل إلى الشحنة السالبة .

٥- خطوط المجال الكهربائي لا يمكن أن تتقاطع مطلقاً .

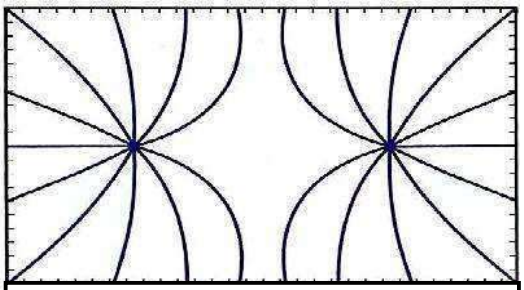
٦- خطوط المجال الكهربائي خطوط وهمية لا مجال لها في الواقع .

تعليلات هامة

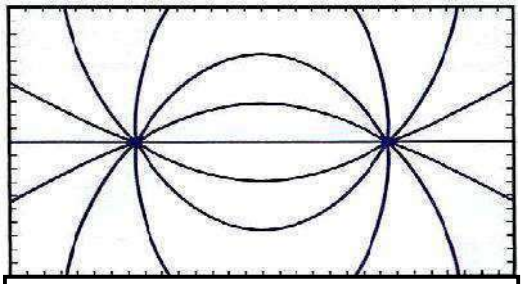
يجب أن تكون شحنة الاختبار التي تُستخدم في قياس المجال الكهربائي صغيرة جداً	حتى لا تؤثر في الشحنات الأخرى
لا تعتمد شدة المجال الكهربائي عند نقطة على مقدار شحنة الاختبار	لأن $\mathbf{E = F / q}$ ، وكلما زادت شحنة الاختبار زادت القوة بنفس النسبة فتبقى شدة المجال ثابتة
لا يمكن لخطوط المجال الكهربائي أن تتقاطع	لأنه لو تقاطع خطا مجال لتحركت وحدة الشحنات الموجبة عند نقطة التقاطع في اتجاهين متعاكسين وهذا مستحيل



خطوط المجال الكهربائي لعدة شحنات	خطوط المجال الكهربائي لشحنة	خطوط المجال الكهربائي لشحنة



خطوط المجال الكهربائي لشحنين من نفس النوع



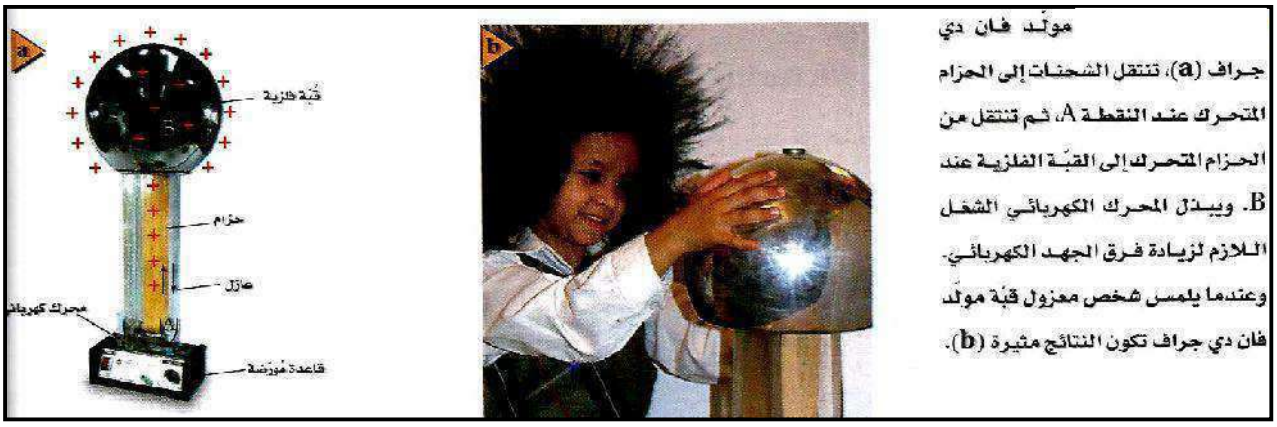
خطوط المجال الكهربائي لشحنين من نوعين

ملاحظة هامة :

عندما يكون هناك شحنتان أو أكثر فإن المجال الناتج يكون حاصل الجمع الاتجاهي للمجالات الناتجة عن هذه الشحنات ، وعندها تُصبح خطوط المجال منحنية وأنماطها أكثر تعقيداً من كل شحنة على حده .

مولد فان دي جراف

هو عبارة عن جهاز يعمل على نقل كميات كبيرة من الشحنات الكهربائية من جزء محدد من الآلة إلى طرفها العلوي الفلزي من خلال حزام متحرك عند قاعدة الجهاز ، ويبذل المحرك الشغل اللازم لزيادة فرق الجهد الكهربائي .
عندما يلمس شخص القبة الفلزية لمولد فان دي جراف يُشحن كهربائياً ، وتؤدي الشحنات إلى تنافر شعر الشخص ليأخذ اتجاه خطوط المجال الكهربائي .



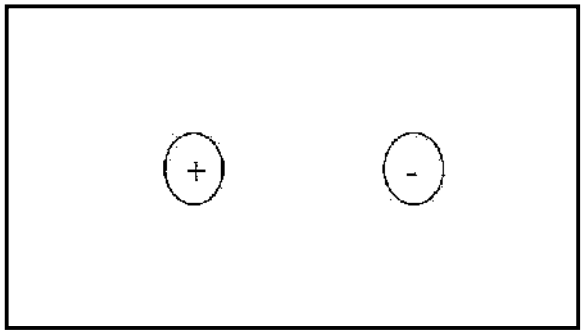
مولّد فان دي جراف (a)، تنتقل الشحنات إلى الحزام المتحرك عند النقطة A، ثم تنتقل من الحزام المتحرك إلى القبّة الفلزية عند B. ويبذل المحرك الكهربائي الشغل اللازم لزيادة فرق الجهد الكهربائي. وعندما يلمس شخص معزول قبّة مولّد فان دي جراف تكون النتائج مثيرة (b).

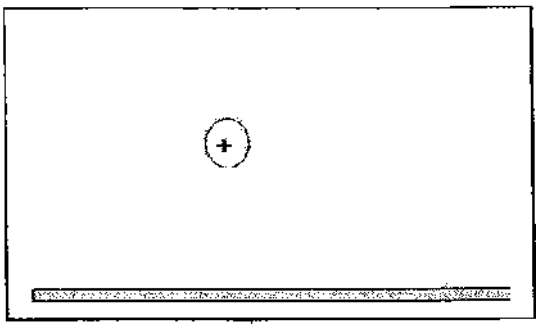
تمارين على المجال الكهربائي

اعتبر ثابت كولوم ($K = 9 \times 10^9\ Nm^2/C^2$) ، وشحنة الإلكترون ($q = 1.6 \times 10^{-19}\ C$) :

١- ارسم خطوط المجال الكهربائي لكل من :

(أ) – شحنتان متساويتان في المقدار ومختلفتين في النوع . (ب) – شحنة موجبة بجوار لوح شحنته سالبة .





٢- قيس مجال كهربائي في الهواء باستخدام شحنة اختبار موجبة مقدارها $3 \times 10^{-6}\ C$ ، فتأثرت هذه الشحنة بقوة مقدارها $12\ N$ في اتجاه يميل بزاوية 15^o شمال الشرق ، احسب مقدار واتجاه شدة المجال الكهربائي عند موقع شحنة الاختبار .

$4 \times 10^6\ N/C$, 15^o شمال الشرق

.....

.....

.....

.....

.....

٣- وضعت شحنة سالبة مقدارها $2 \times 10^{-8} c$ في مجال كهربائي ، فتأثرت بقوة مقدارها $0.06\ N$ ، في الهواء في اتجاه اليمين ، احسب مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند موقع الشحنة .

$3 \times 10^6\ N/C$, جهة اليسار

.....

.....

.....

.....

.....

٤- تؤثر قوة كهربائية مقدارها $1.5 \times 10^{-3}\ N$ في اتجاه الشرق في شحنة اختبار موجبة مقدارها $2.4 \times 10^{-8} c$ أوجد المجال الكهربائي في موقع شحنة الاختبار .

$62.5 \times 10^3\ N/C$, جهة الشرق

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٥- احسب شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد **30 cm** عن يمين كرة صغيرة مشحونة بشحنة مقدارها **-4×10^{-6} c** .

4×10^{5} N/C , جهة اليسار

.....
.....
.....
.....
.....
.....

٦- احسب شدة المجال الكهربائي على بُعد **20 cm** من شحنة نقطية مقدارها **$+8 \times 10^{-7}$ c** .

1.8×10^{5} N/C , جهة الخارج

.....
.....
.....
.....
.....
.....

٧- وضعت كرة بيلسان وزنها **2.1×10^{-3} N** في مجال كهربائي شدته **6.5×10^{4} N/C** يتجه رأسياً إلى أسفل . احسب مقدار ونوع الشحنة التي توضع على الكرة بحيث توازن القوة الكهربائية قوة الجاذبية وتبقى الكرة معلقة في الهواء .

3.23×10^{-8} C , الشحنة سالبة

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

٨- تتسارع الإلكترونات في أنبوبة الأشعة المهبطية في تلفاز تحت تأثير مجال كهربائي مقداره **6.5×10^{4} N/C** ، احسب ما يلي :

(أ) - القوة المؤثرة في الإلكترون .

1.04×10^{-14} N

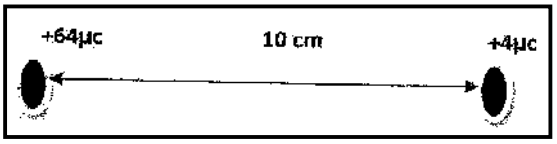
.....
.....
.....
.....

(ب) - تسارع الإلكترون إذا كان المجال منتظم . اعتبر كتلة الإلكترون **9.11×10^{-31} kg** .

1.14×10^{16} m / s^2

.....
.....
.....
.....

٩- في الشكل المقابل . أين توجد نقطة تكون فيها شدة المجال الكلي مساوية للصفر .



عن الشحنة الأكبر , 0.08 m

.....

.....

.....

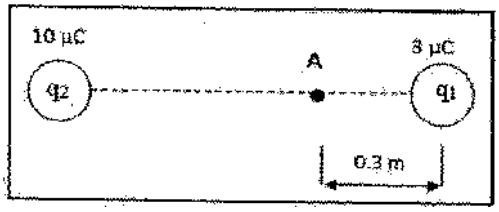
.....

.....

.....

.....

١٠- وضعت شحنتان q_1 , q_2 على استقامة واحدة في الهواء ، إذا كانت مقادير الشحنات على الترتيب $q_1 = +3\ \mu c$ ، $q_2 = +10\ \mu c$ ، والنقطة A هي نقطة تعادل ، وتبعد 0.3 m عن q_1 ، احسب كلاً من :



(أ) – المسافة بين الشحنتين q_1 , q_2 .

0.85 m

.....

.....

.....

.....

.....

(ب) – القوة المتولدة بين الشحنتين .

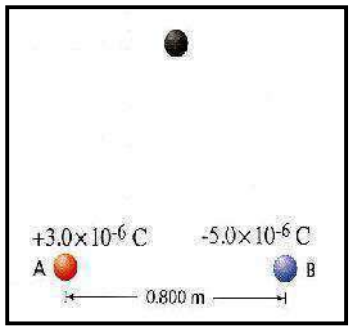
0.4 N , (قوة تنافر) جهة الخارج

.....

.....

.....

١١- وضعت الكرتان الصغيرتان A , B على محور X كما بالشكل فإذا كانت شحنة الكرة A تساوي 3×10^{-6} C والكرة B تبعد مسافة 0.8 m عن يمين الكرة A وتحمل شحنة مقدارها -5×10^{-6} C ، احسب شدة المجال الكهربي واتجاهه عند نقطة فوق المحور X بحيث تشكل هذه النقطة رأس مثلث متساوي الأضلاع مع الكرتين A , B .



6.13×10^4 N/ C , θ = 23.35°

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

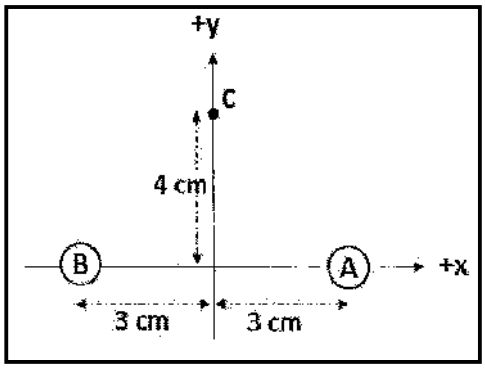
.....

.....

.....

.....

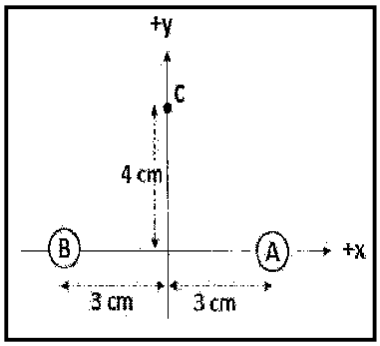
.....



١٢- كرتين مشحونتين **A , B** ، إذا كانت الشحنة على كل منهما **+ 8 µC** ، والبعد بينهما **6 cm** ، كما بالشكل المقابل ، احسب شدة المجال الكهربائي عند النقطة **C** .

4.61 × 10^7 N/C , لأعلى

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



١٣- ثلاث كرات **A , B , C** شحنتها **+ 6 µC** , **- 8 µC** , **- 8 µC** على الترتيب ، كما بالشكل المقابل ، احسب .

(أ) – مقدار واتجاه القوة الكهربائية التي تؤثر بهما الكرتان **A , B** على الكرة **C** .

276.5 N , لأسفل

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(ب) – شدة المجال الكهربائي الناتج عن الكرتين **A , B** عند موقع الكرة **C** .

4.61 × 10^7 N/C , لأسفل

.....
.....
.....
.....

تطبيقات المجالات الكهربائية

قد يؤدي الشغل المبذول في تحريك جسيم مشحون في مجال كهربائي إلى اكتساب هذا الجسيم طاقة وضع كهربائية أو طاقة حركية أو كلاهما .

الطاقة والجهد الكهربائيان

لتحريك إحدى شحنتين مختلفتين في النوع وإبعادها عن الأخرى ، يجب بذل شغل للتغلب على قوة الجذب بينهما ، فتنتقل طاقة إلى تلك الشحنة تُختزن فيها على شكل طاقة وضع كهربائية ، وكلما زاد مقدار الشحنة ، كانت الزيادة في طاقة وضعها الكهربائية (ΔPE) أكبر .

فرق الجهد الكهربائي (ΔV) بين نقطتين : " هو حاصل قسمة مقدار الشغل المبذول لتحريك شحنة اختبار موجبة بين نقطتين داخل مجال كهربائي على مقدار تلك الشحنة "

" هو النسبة بين الشغل اللازم لتحريك شحنة اختبار موجبة بين نقطتين داخل مجال كهربائي ومقدار تلك الشحنة "

ويقاس فرق الجهد الكهربائي بوحدة :
جول / كولوم = فولت ($J / C = V$)

$$\Delta V = \frac{W_{\text{في } q'}}{q'}$$

العوامل التي يتوقف عليها فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين :

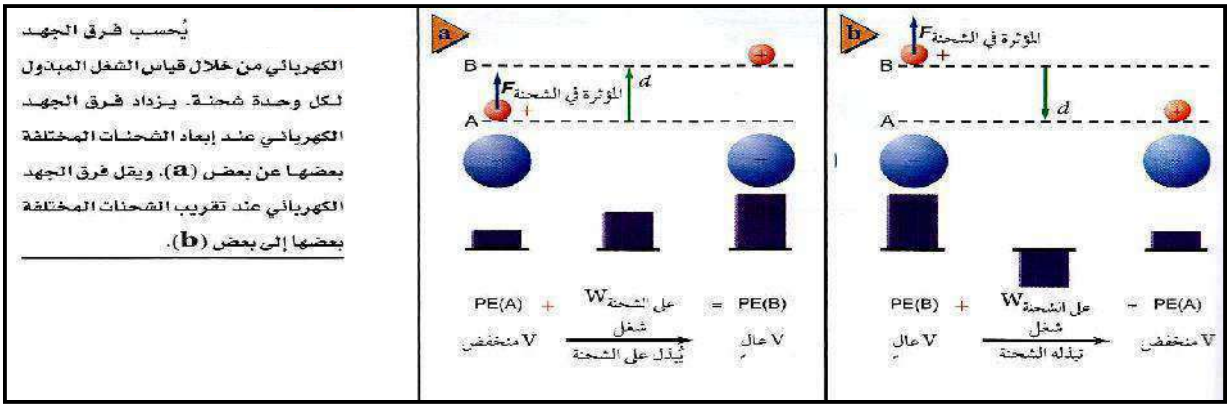
١- المجال الكهربائي .
٢- الإزاحة .

ملاحظات هامة :

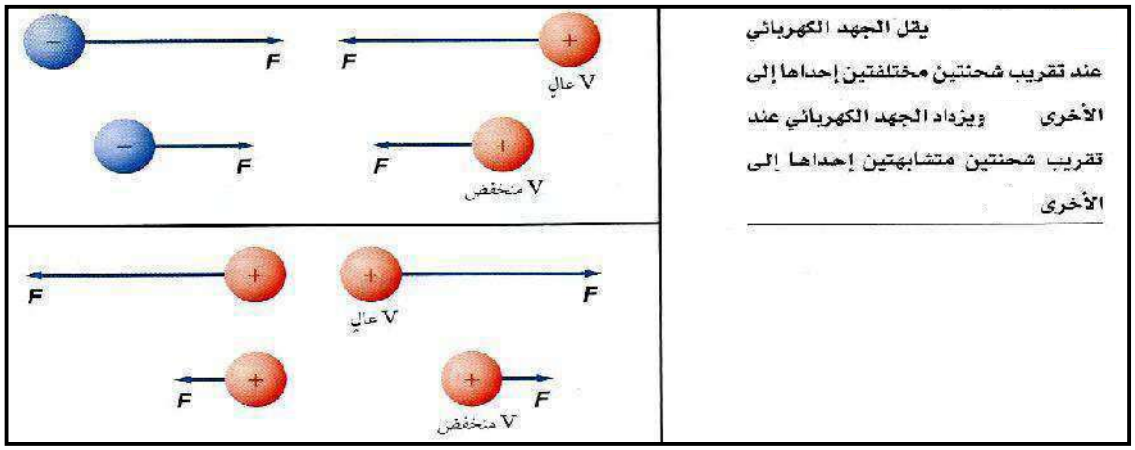
١- عند تحريك شحنة اختبار موجبة بعيداً عن شحنة سالبة ، فإن القوة المؤثرة تكون في نفس اتجاه الإزاحة ، ويكون الشغل المبذول على الشحنة موجباً ،وبالتالي يكون التغير في فرق الجهد موجباً (يزداد الجهد الكهربائي).

٢- عند تحريك شحنة اختبار موجبة نحو شحنة سالبة ، فإن القوة المؤثرة تكون عكس اتجاه الإزاحة ، ويكون الشغل المبذول على الشحنة سالباً ، وبالتالي يكون التغير في فرق الجهد سالباً (يقل الجهد الكهربائي) .

٣- فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين لا يعتمد على المسار الذي يُسلك أثناء الحركة من نقطة إلى أخرى ، وإنما يعتمد على موقع النقطتين .



٤- عند تقريب شحنتين متشابهتين (موجبتين أو سالبتين) يكون الشغل المبذول موجب فتزداد طاقة وضعهما الكهربائية ، وبالتالي يزداد فرق الجهد الكهربائي بينهما ، أما عند إبعاد الشحنتين المتشابهتين يكون الشغل المبذول سالب فتقل طاقة وضعهما الكهربائية ، وبالتالي يقل فرق الجهد الكهربائي بينهما .



يقل الجهد الكهربائي عند تقريب شحنتين مختلفتين إحداها إلى الأخرى ويزداد الجهد الكهربائي عند تقريب شحنتين متشابهتين إحداها إلى الأخرى

٥- عند تحريك شحنة اختبار في مسار دائري حول شحنة سالبة ، يكون اتجاه القوة التي يؤثر بها المجال الكهربائي في شحنة الاختبار دائماً عمودياً على اتجاه حركتها ، فيكون الشغل المبذول صفر ، وبالتالي يكون فرق الجهد الكهربائي بين أي نقطتين على المسار الدائري يساوي صفر ويُسمى **" سطح تساوي الجهد "** .

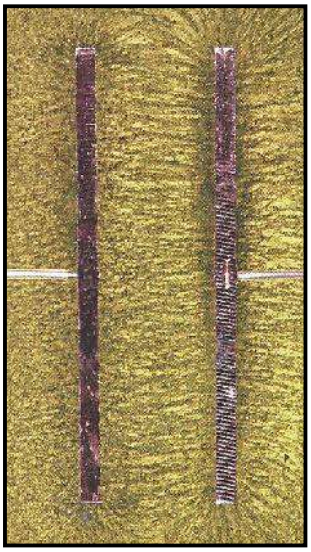
سطح تساوي الجهد : " هو السطح الذي يكون جميع النقاط عليه متساوية في الجهد "
" هو السطح الذي يكون فرق الجهد بين أي نقطتين عليه يساوي صفر "

٦- يمكن قياس التغيرات في الجهد الكهربائي بين نقطتين فقط ($\Delta V = V_B - V_A$) ، ويقاس فرق الجهد الكهربائي بجهاز يُسمى **" الفولتميتر "**.

تعليلات هامة

لا يعتمد فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين على مقدار شحنة الاختبار	لأن $\Delta V = W / q$ ، وكلما زادت شحنة الاختبار زاد الشغل المبذول بنفس النسبة فيبقى فرق الجهد ثابت
فرق الجهد الكهربائي بين أي نقطتين في مسار دائري حول شحنة كهربائية يساوي صفر	لأن جميع النقاط على المسار الدائري يكون لها نفس الجهد ، فيكون فرق الجهد بين أي نقطتين صفر
لا يُبذل شغل لنقل الشحنات بين نقاط سطح تساوي الجهد	لأن اتجاه القوة يكون دائماً عمودياً على اتجاه حركة الشحنات ، فيكون الشغل المبذول صفر
يلبس فني صيانة الأجهزة الإلكترونية حول معصمه سوار فلزي متصل بالأرض	لتفريغ الشحنات الزائدة على الفني في الأرض وعدم تفريغها في الأجزاء الحساسة في الأجهزة الإلكترونية وبالتالي حمايتها من التلف

الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم



١- القوة والمجال الكهربائيين يكونان منتظمين بين لوحين موصلين متوازيين أحدهما يحمل شحنة موجبة والآخر يحمل شحنة سالبة .

٢- يكون المجال الكهربائي بين اللوحين ثابتاً مقداراً واتجاهاً عند النقاط جميعها ما عدا النقاط التي تكون عند حواف اللوحين .

٣- يكون اتجاه المجال الكهربائي من اللوح الموجب إلى اللوح السالب .

٤- يزداد الجهد الكهربائي كلما تحركنا في اتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي ، أي أن الجهد الكهربائي يكون أكبر بالقرب من اللوح الموجب .

$$\Delta V = \frac{W_{\text{في } q'}}{q'} = \frac{Fd}{q'} = Ed$$

فرق الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم : " هو حاصل ضرب شدة المجال الكهربائي في المسافة التي تحركتها الشحنة "

ويقاس فرق الجهد الكهربائي بوحدة الفولت حيث : **(V = N m / C = J / C)**

تمارين على فرق الجهد الكهربائي

١- لوحان متوازيان مشحونان المسافة بينهما **1.5 cm** ومقدار المجال الكهربائي بينهما **1800 N/C** احسب :

(أ) - فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين . **27 V**

.....
.....
.....

(ب) - الشغل المبذول لنقل بروتون من اللوح السالب إلى اللوح الموجب (شحنة البروتون = 1.6×10^{-19} C)
4.32×10^{-18} J

.....
.....
.....
.....

٢- إذا كانت قراءة فولتميتر متصل بلوحين متوازيين مشحونين **400 v** عندما كانت المسافة بينهما **2 cm** ،
فاحسب شدة المجال الكهربائي بينهما . **2×10^{4} N/C**

.....
.....
.....
.....
.....

٣- يمكن لبطارية سيارة جهدها **12V** ومشحونة بصورة كاملة أن تختزن شحنة مقدارها **1.44×10^{6} C** ،
احسب مقدار الشغل الذي يمكن أن تبذله البطارية قبل أن تحتاج إلى إعادة شحنها . **17.3×10^{6} J**

.....
.....
.....
.....

٤- احسب الشغل المبذول لتحريك بروتون مسافة **25 cm** خلال مجال كهربائي شدته **4.5×10^{5} N/C** .
1.8×10^{-14} J

.....
.....
.....
.....
.....

٥- احسب مقدار الشغل المبذول لتحريك شحنة مقدارها **0.25 µC** بين لوحين متوازيين البعد بينهما **0.4 cm**
إذا كان المجال بين اللوحين **6400 N/C** . **6.4×10^{-6} J**

.....
.....
.....
.....
.....

٦- بذلت بطارية شغلا مقداره **1200 J** لنقل شحنة كهربية ، احسب مقدار هذه الشحنة المنقولة إذا كان فرق الجهد بين طرفي البطارية **12 V** .

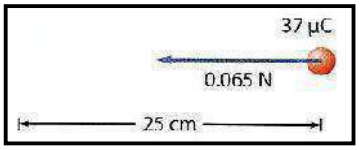
100 C

.....

.....

.....

٧- إذا لزم قوة مقدارها **0.065 N** لتحريك شحنة مقدارها **37 µC** مسافة **25 cm** في مجال كهربي منتظم كما بالشكل ، احسب مقدار فرق الجهد الكهربي بين النقطتين .



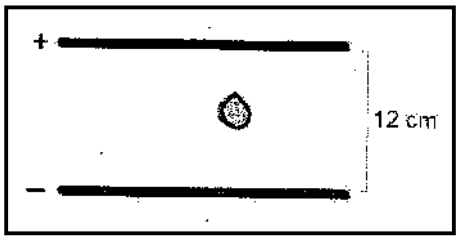
439.2 V

.....

.....

.....

٨- يوضح الشكل قطرة زيت وزنها **8.5×10^{-15} N** مُعلقة في مجال كهربائي شدته **5.6×10^{3} N/C** بين لوحين متوازيين ، ارسم خطوط المجال الكهربائي بين اللوحين ، ثم أجب عن الأسئلة التالية :



(أ) – ما مقدار واتجاه القوة الكهربائية ؟ **8.5×10^{-15} N لأعلى**

.....

.....

(ب) – ما مقدار الشحنة المتكونة على قطرة الزيت ؟ **1.52×10^{-18} C**

.....

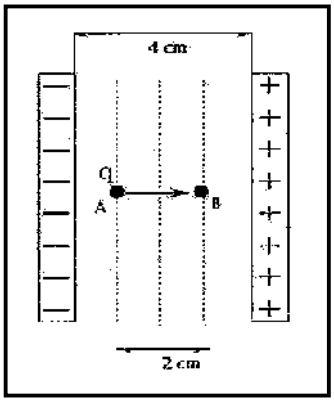
.....

(ج) – احسب فرق الجهد المتولد بين اللوحين المتوازيين . **672 V**

.....

.....

٩- لوحان متوازيان مشحونان البُعد بينهما **4 cm** ، وفرق الجهد بينهما **10 V** وضعت شحنة كهربائية مقدارها **0.5×10^{-6} C** على بُعد **1 cm** من اللوح السالب ، احسب الشغل المبذول لنقل تلك الشحنة من النقطة **A** إلى النقطة **B**



2.5×10^{-6} J

.....

.....

.....

.....

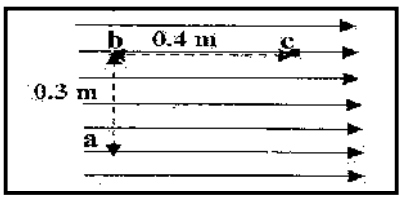
.....

.....

.....

.....

١٠- يُمثل الشكل المقابل مجال كهربائي شدته **6400 N / C** ، احسب فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين **a , c** .



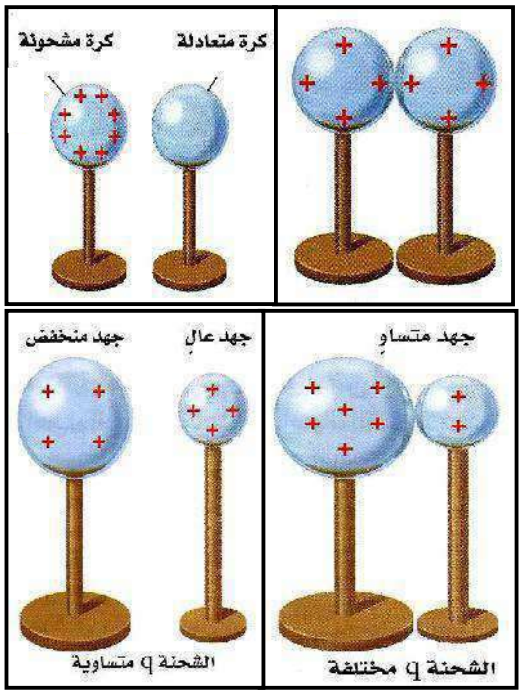
2560 V

.....

.....

.....

توزيع الشحنات الكهربائية وتقاسمها



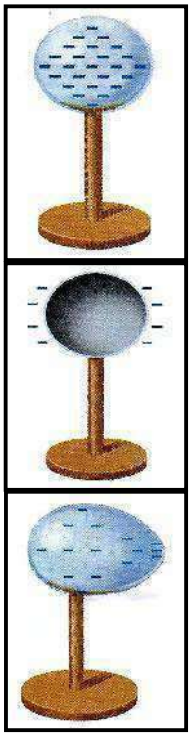
١- عند تلامس كرتين فلزيتين متساويتين في الحجم إحداهما مشحونة والأخرى متعادلة ، تنتقل الشحنات من الكرة المشحونة إلى المتعادلة دون التأثير بقوة خارجية إلى أن يُصبح فرق الجهد بينهما صفر ، وتتوزع الشحنات على الكرتين بالتساوي .

٢- عند تلامس كرتين مختلفتين في الحجم تنتقل الشحنات إلى الكرة ذات الجهد الكهربائي الأقل إلى أن يُصبح فرق الجهد بينهما صفر ، وسيكون للكرة الكبرى شحنة أكبر عند الوصول إلى حالة الاتزان .

٣- تتوزع الشحنات على الكرات المنفردة أو أي موصل آخر بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة في كل منها صفراً ، وبدون قوة محصلة لا يوجد مجال كهربائي أو مركبة له موازية لسطح الموصل ، لذا لا يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين أي نقطتين على سطحه ، ويكون سطح الموصل المشحون سطح تساوي جهد .

٤- إذا تم تأريض جسم مشحون مثل صهاريج نقل البترول أو أجهزة الحاسوب بوصله بالأرض ، فستنتقل غالباً أي شحنة عليه إلى الأرض إلى أن يُصبح فرق الجهد الكهربائي بين الجسم والأرض صفراً .

المجالات الكهربائية بالقرب من الموصلات



١- تتوزع الشحنات الكهربائية على موصل مشحون مبتعدة عن بعض أبعد ما يمكن ، بحيث تكون طاقة النظام أقل ما يمكن ، مما يؤدي إلى توزيع الشحنات الفائضة على سطح الموصل المصمت .

٢- إذا كان الموصل أجوف فستتوزع الشحنات على سطحه الخارجي ، ولن يكون هناك أي شحنات على سطحه الداخلي .

٣- يعتمد المجال الكهربائي حول موصل مشحون على شكل الموصل وفرق الجهد الكهربائي بين الموصل والأرض .

٤- عند الرؤوس المدببة من سطح الموصل تكون الشحنات أكثر قرباً بعضها من بعض ، لذا تكون خطوط المجال الكهربائي عند هذه الرؤوس أكثر تقارباً ، وتكون شدة المجال الكهربائي أكبر ، وإذا أصبحت شدة المجال كبيرة بدرجة كافية فإنه يكون قادراً على مسارعة الإلكترونات والأيونات الناتجة عن مرور الأشعة الكونية خلال الذرات ، وبتأين المزيد من الذرات ينتج وهج وردي اللون ، وإذا كان المجال كبيراً بدرجة كافية فستنتج حزمة من الأيونات والإلكترونات التي تُشكل **البلازما** - هي مادة موصلة – عندما تصطدم الجسيمات بجزيئات أخرى ، وتصدر شرارة كهربائية ، وفي الحالات الشديدة ينتج البرق .

٥- في مانعة الصواعق يكون القضيب مدبب جداً ويكون المجال الكهربائي كبيراً بالقرب من طرفه ، فيتشكل مساراً موصلاً من طرف القضيب إلى الغيوم أو العكس ، فتُفرغ شحنات الغيمة في صورة شرارة كهربائية في قضيب مانعة الصواعق وتتفرغ بصورة آمنة إلى الأرض بدلاً من تفريغها في المدخنة أو أي نقطة مرتفعة في المنزل أو البناية .

تعليلات هامة

يكون سطح الموصل المشحون سطح تساوي جهد	لأن الشحنات تتوزع على سطحه بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة في كل منها صفر ، فلا يوجد مجال كهربائي أو مركبة له موازية للسطح ، وبالتالي لا يوجد فرق في الجهد بين أي نقطتين على سطح الموصل
يوصل صهريج نقل البترول بسلك فلزي يُلامس الأرض	لتفريغ الشحنات الزائدة إلى الأرض بشكل آمن ، وتجنب حدوث انفجار إذا تم تفريغها من خلال بخار البنزين
يتم تأريض أجهزة الحاسوب	لمنع تولد فرق جهد بين الجهاز والأرض بتفريغ الشحنات الزائدة إلى الأرض ، وعدم مرورها خلال جسم شخص مما يؤدي إلى إيذاء الشخص أو تلف الجهاز
- لا يُنصح بالخروج من السيارة أثناء البرق . - " يكون الناس محميين داخل السيارة من المجالات الكهربائية الناتجة عن البرق " . - " يعمل الوعاء الفلزي المغلق عمل درع واق يحمي ما بداخله من المجالات الكهربائية " .	لأن الشحنات تتوزع على السطح الخارجي ولن يكون هناك أي شحنات على السح الداخلي ، وبالتالي لا يوجد مجال كهربائي داخل السيارة أو الوعاء
يكون المجال الكهربائي أكبر بالقرب من الرؤوس المدببة للموصلات	لأن الشحنات تكون أكثر قرباً بعضها من بعض ، لذا تكون خطوط المجال الكهربائي عند هذه الرؤوس أكثر تقارباً ، وتكون شدة المجال الكهربائي أكبر
يكون طرف مانعة الصواعق فوق البنايات مدبب جداً	حتى يكون المجال الكهربائي كبيراً فيتشكل مساراً موصلاً من طرف مانعة الصواعق إلى الغيوم فتُفرغ شحنات الغيمة في قضيب مانعة الصواعق وتنتقل بصورة آمنة إلى الأرض بدلاً من تفريغها في المدخنة أو أي نقطة مرتفعة في المنزل أو البناية
تُجعل الموصلات ذات الشحنات الكبيرة ملساء وانسيابية	حتى تتوزع الشحنات على سطحها الخارجي بانتظام وتكون القوة المحصلة على كل منها صفر ، وبالتالي لا يوجد فرق في الجهد بين نقطتين ، فيكون سطحها سطح تساوي جهد

تخزين الشحنات (المكثفات)

المكثف الكهربائي : " هو جهاز يُستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية "

ملاحظة هامة :

عند إضافة كمية من الشحنة إلى كرة صغيرة بعيدة عن الأرض فإن فرق الجهد بينها وبين الأرض يزداد ، وتكون سعتها الكهربائية قليلة ، أما الكرة الكبيرة فيمكنها أن تُخزن كمية شحنات أكبر عند فرق الجهد نفسه ، لذلك تكون سعتها الكهربائية أكبر .

تركيب المكثف :

تتكون جميع المكثفات من موصلين مشحونين بشحنتين متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع (إحداهما موجبة والأخرى سالبة) ، ويفصل بين الموصلين مادة عازلة .

السعة الكهربائية لمكثف : " هي النسبة بين الشحنة على أحد لوحي المكثف وفرق الجهد بينهما "

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

وتقاس السعة الكهربائية بوحدة (الفاراد = كولوم / فولت) : ($F = C / V$)

العوامل التي تتوقف عليها السعة الكهربائية لمكثف :

١- المساحة السطحية للوحي المكثف : والتناسب طردي حيث تزداد سعة المكثف بزيادة المساحة السطحية للوحيه ، والعكس .

٢- المسافة بين اللوحين : والتناسب عكسي حيث تزداد سعة المكثف بنقص المسافة بين لوحيه ، والعكس .

٣- نوع العازل الذي يفصل بين اللوحين : حيث تزداد الشحنة المُخزنة كلما زادت كفاءة المادة العازلة .

وتُسمى المكثفات حسب نوع المادة العازلة بين اللوحين ، مثل السيراميك ، والمايكا ، والبوليستر ، والورق ، والهواء .

أنواع المكثفات :

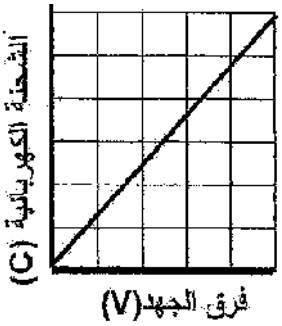
تصنع المكثفات بأشكال وأحجام مختلفة فبعضها كبيرة وضخمة جدا حتى أنها تملأ غرفة كاملة ويمكنها تخزين شحنات تكفي لإحداث برق صناعي أو تشغيل ليزرات عملاقة ، وبعض المكثفات ذات أحجام صغيرة كما في الأجهزة الإلكترونية ، ولكنها يمكنها تخزين كمية كافية من الشحنات عند فروق جهد مساوية لعدة مئات من الفولتات .

ملاحظات هامة :

١- أغلب المكثفات المستخدمة في الإلكترونيات الحديثة لها سعات كهربائية تتراوح بين **10** بيكوفاراد (10×10^{-12} F) و **500** ميكروفاراد (500×10^{-6} F) .

٢- المكثفات التي تستخدم في ذاكرة الحاسوب لمنع الضياع في الذاكرة لها سعات كهربائية تتراوح بين **0.5 F** ، **1 F** .

٣- عند رسم علاقة بيانية بين الشحنة المخزنة في مكثف أثناء زيادة فرق الجهد عليه كما بالشكل المقابل فإن :



(أ) – ميل الخط البياني يساوي مقدار سعة المكثف .

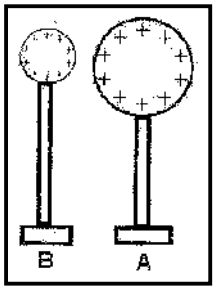
(ب) – المساحة تحت المنحنى تساوي مقدار الشغل المبذول لشحن لوحي المكثف أو مقدار الطاقة المختزنة بين لوحي المكثف .

$$W = \frac{1}{2} \Delta V\, q = \frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2} q^2 / C$$

تعليلات هامة

لا تعتمد السعة الكهربائية لمكثف على مقدار شحنته	لأن $C = q / \Delta V$ ، وكلما زادت شحنة المكثف زاد فرق الجهد بنفس النسبة فتبقى سعة المكثف ثابتة
يُنصح بعدم فتح غطاء التلفاز أو الحاسوب حتى لولم يكن متصلاً بمصدر جهد كهربائي	لأنها تحتوي على مكثفات يُمكنها تخزين كمية من الشحنات ، وتبقى هذه المكثفات مشحونة عدة ساعات بعد إغلاق التلفاز أو الحاسوب
مجموع الشحنات على لوحي المكثف تساوي صفر	لأن لوحي المكثف مشحونين بشحنتين متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع

تمارين على المجالات الكهربائية وتخزين الشحنات



١- يوضح الشكل كرتان **A , B** مشحونتان بشحنتين متساويتين ، أجب عن الأسئلة الآتية :

(أ) – أي الكرتين أعلى جهداً ؟

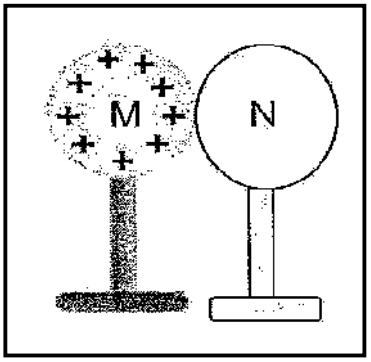
.....

(ب) – وضح ما يحدث عند تلامس الكرتان ؟

.....

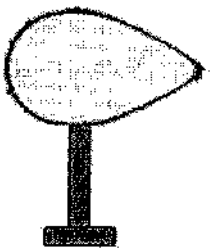
.....

٢- يوضح الشكل التالي كرة فلزية **M** مشحونة بشحنة موجبة ومعزولة عن الأرض ، لامست كرة فلزية أخرى **N** مساوية لها في الحجم ومتعادلة كهربائياً ومعزولة عن الأرض ، أكمل الجدول التالي مُستخدماً الكلمات (يزداد - يقل – يثبت – صفراً) وذلك لوصف الكميات الفيزيائية الآتية بعد ملامسة الكرتين **M , N** .



جهد الكرة **M**	
شحنة الكرة **M**	
جهد الكرة **N**	
شحنة الكرة **N**	
فرق الجهد بين الكرتين	

٣- ارسم خطوط المجال الكهربائي في الحالتين الآتيين :

1- موصل مشحون بشحنة موجبة	2- موصل كروي مشحون بشحنة سالبة
	

٤- احسب السعة الكهربائية لكرة موصلة شحنتها $2.4 \times 10^{-6}\ C$ إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين الكرة والأرض يساوي **40 V** .

$6 \times 10^{-8}\ F$

.....

.....

.....

.....

.....

٥- مكثف كهربي سعته **27 µF** ، وفرق الجهد بين لوحيه **45 V** احسب مقدار شحنة المكثف .

1.2×10^{-3} C

.....
.....
.....
.....
.....

٦- احسب مقدار فرق الجهد بين لوحين مكثف سعته **5.4 µF** ، ومشحون بشحنة مقدارها **8.1×10^{-4} C** .

150 V

.....
.....
.....
.....
.....

٧- عند إضافة شحنة مقدارها **2.5×10^{-5} C** إلى مكثف يزداد فرق الجهد بين لوحيه من **12 V** إلى **14.5 V** ، احسب مقدار سعة المكثف .

1×10^{-5} F

.....
.....
.....
.....
.....
.....

٨- مكثفان ، سعة الأول **3.3 µF** ، والثاني **6.8 µF** ، إذا وصل كل منهما بفرق جهد **24 V** فأي المكثفين له شحنة أكبر؟ وما مقدارها ؟

1.63×10^{-4} C , الثاني

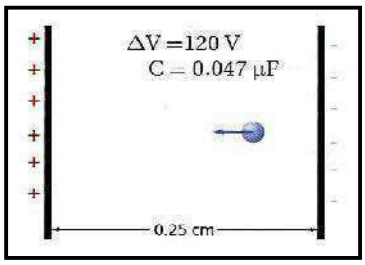
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

٩- احسب مقدار الشحنات المختزنة في مكثف سعته **0.22 µF** ، إذا كان البعد بين لوحيه **1.2 cm** والمجال الكهربائي بينهما **2400 N/C** .

6.34×10^{-6} C

.....
.....
.....
.....
.....
.....

١٠- مكثف سعته **0.047 µF** ، والمسافة بين لوحيه **0.25 cm** ، وفرق الجهد بينهما **120 V** ، كما بالشكل المقابل ، احسب :



(أ) - القوة المؤثرة على إلكترون موضوع بين لوحي المكثف ، (شحنة الإلكترون = 1.6×10^{-19} C) . **7.7×10^{-15} N**

.....

.....

.....

.....

.....

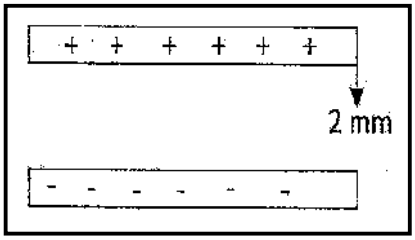
(ب) - الشغل اللازم لتحريك شحنة مقدارها **0.01 µc** بين لوحي المكثف . **1.2×10^{-6} J**

.....

.....

.....

١١- في الشكل المقابل وصل طرفي مكثف ذو لوحين متوازيين ببطارية **6 V** ، فشُحن بشحنة مقدارها **37 µc** ، أجب عما يأتي :



(أ) – ارسم على الشكل بعض خطوط المجال المتكونة نتيجة شحن المكثف .

(ب) – أوجد مقدار الطاقة المختزنة بين اللوحين . **1.11×10^{-4} J**

.....

.....

.....

(ج) – أوجد مقدار الشغل المبذول لتحريك إلكترون من اللوح الموجب إلى اللوح السالب . **9.6×10^{-19} J**

.....

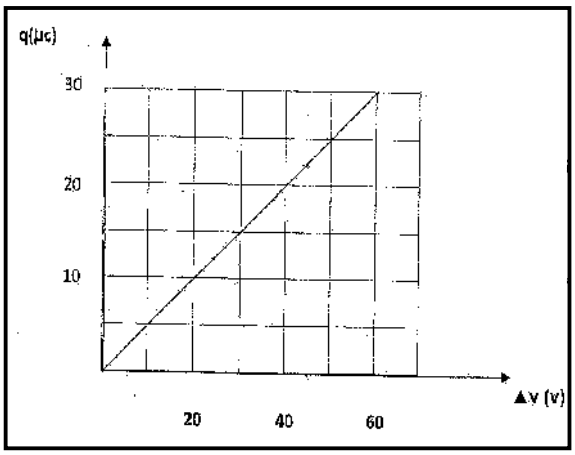
.....

(د) – احسب شدة المجال الكهربائي بين اللوحين . **3000 V / m**

.....

.....

١٢- بالاستعانة بالشكل المقابل أجب عن الآتي :



(أ) – احسب سعة المكثف . **5×10^{-7} F**

.....

.....

(ب) – احسب الشغل اللازم لشحن المكثف ليصل فرق جهده إلى **30 V** . **2.25×10^{-4} J**

.....

.....

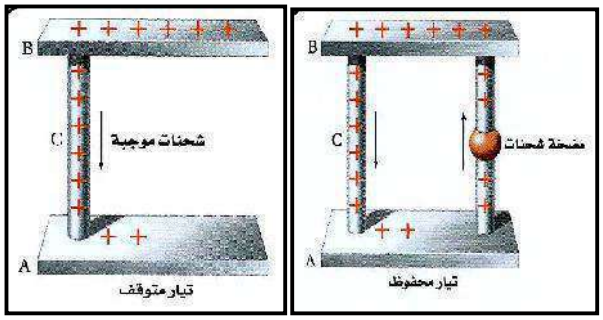
(ج) – احسب مجموع الشحنات على لوحي المكثف .

.....

التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية

التيار الكهربائي : " هو تدفق الجسيمات المشحونة بن نقطتين بينهما فرق في الجهد "

التيار الاصطلاحي : " هو تدفق الشحنات الموجبة من اللوح الموجب إلى اللوح السالب "



ملاحظات هامة :

١- تتدفق الشحنات الكهربائية من الموصل ذو الجهد الأعلى إلى الموصل ذو الجهد المنخفض حتى يُصبح فرق الجهد بينهما صفر .

٢- يمكن المحافظة على وجود فرق جهد بين الموصلين عن طريق ضخ جسيمات مشحونة لأحد الموصلين ويُستخدم لذلك مصدر طاقة خارجي مثل الخلية الفولتية أو الخلية الجلفانية (البطارية الجافة) ، والخلية الفولتية الضوئية (الخلية الشمسية) .

٣- تقوم الخلية الجلفانية بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية ، كما تقوم الخلية الشمسية بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية .

البطارية : " هي عبارة عن عدة خلايا جلفانية متصلة معاً "

الدوائر الكهربائية

الدائرة الكهربائية : " هي حلقة مغلقة أو مسار موصل يسمح بتدفق الشحنات الكهربائية "

تحتوي الدائرة الكهربائية على مضخة للشحنات تعمل على زيادة طاقة الوضع الكهربائية للشحنات ، كما تحتوي على أداة تقلل من طاقة الوضع الكهربائية للشحنات ، مثل المحرك الذي يعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية ، أو المصباح الذي يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية ، أو المدفأة التي تعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية .

قانون حفظ الشحنة : " الشحنات لا تفنى ولا تُستحدث ولكن يمكن فصلها "

القدرة الكهربائية

التيار الكهربائي (I) : " هو المعدّل الزمني لتدفق الشحنات الكهربائية " ($I = q / t$)

ويُقاس بوحدة : أمبير = كولوم لكل ثانية ($1A = 1\ C / S$)

ويُستخدم جهاز يسمى **الأميتر** لقياس شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة .

القدرة الكهربائية (p) : " هي المعدّل الزمني لتحول الطاقة الكهربائية " ($p = E / t$)

وباستخدام العلاقات : $p = E / t$ ، $E = q V$ ، $I = q / t$

يمكن استنتاج أن : $p = E / t = q V / t = I V$

القدرة الكهربائية (p) : " تساوي حاصل ضرب التيار الكهربائي في فرق الجهد "

وتقاس القدرة الكهربائية بوحدة (الوات) حيث : ($1W = 1 J / S = 1 C V / S = A V$)

المقاومة الكهربائية وقانون أوم

قانون أوم : " يتناسب التيار الكهربائي طردياً مع فرق الجهد

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

المقاومة الكهربائية (R) : " هي الخاصية التي تُحدد مقدار التيار الذي سيسري "

" هي النسبة بين فرق الجهد الكهربائي إلى التيار الكهربائي "

وتقاس المقاومة الكهربائية بوحدة (الأوم) حيث : ($1\Omega = 1 V / A$)

الأوم : " هو مقاومة موصل يسمح بمرور تيار شدته $1 A$ عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه $1 V$ "

العوامل التي تتوقف عليها المقاومة الكهربائية لموصل

١- طول الموصل والتناسب طردي ، حيث تزداد المقاومة الكهربائية بزيادة طول الموصل .

$$R_1 / R_2 = L_1 / L_2$$

٢- مساحة مقطع الموصل والتناسب عكسي ، حيث تزداد المقاومة الكهربائية بنقص مساحة المقطع العرضي للموصل .

$$R_1 / R_2 = A_2 / A_1$$

٣- درجة الحرارة والتناسب طردي ، حيث تزداد المقاومة الكهربائية بزيادة درجة الحرارة .

$$R_1 / R_2 = T_1 / T_2$$

٤- نوع مادة الموصل ، حيث تتغير المقاومة الكهربائية وفق نوع المادة المستخدمة .
ويمكن ترتيب بعض المواد حسب مقاومتها كالتالي :

البلاتين > الحديد > الألومنيوم > الذهب > النحاس > الفضة

ملاحظات هامة :

١- يحقق الموصل قانون أوم إذا كانت مقاومته ثابتة لا تعتمد على فرق الجهد بين طرفيه .

٢- بعض الأجهزة لا تُحقق قانون أوم ، مثل المذياع والآلة الحاسبة ، والمصباح الكهربائي .

التحكم في التيار الكهربائي

يمكن التحكم في مقدار التيار المار في دائرة كهربائية عن طريق تغيير فرق الجهد (**V**) ، أو المقاومة (**R**) أو كلاهما ، وذلك لأن $I = V / R$ ، فعند زيادة فرق الجهد يزداد التيار المار في الدائرة لأن التناسب بينهما طردي ، أما عند زيادة المقاومة فإن التيار المار في الدائرة يقل لأن التناسب بينهما عكسي .

المقاوم الكهربائي : " هو أداة مصممة ليكون لها مقاومة معينة "

وتستخدم المقاومات للتحكم في شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة الكهربائية ، أو في أجزاء منها .

ويمكن صنع المقاومات من الجرافيت أو أشباه الموصلات أو باستعمال أسلاك طويلة ورفيعة .

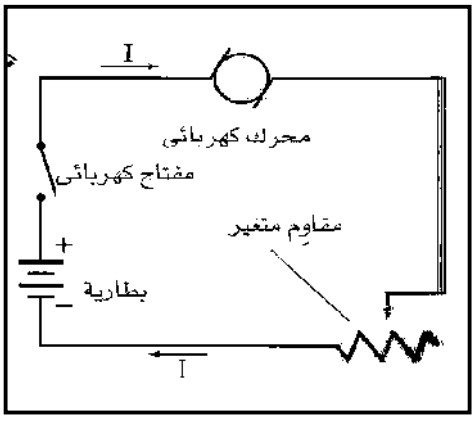
ويوجد نوعين من المقاومات هما : ١- المقاوم الثابت . ٢- المقام المتغير (الريوستات) .

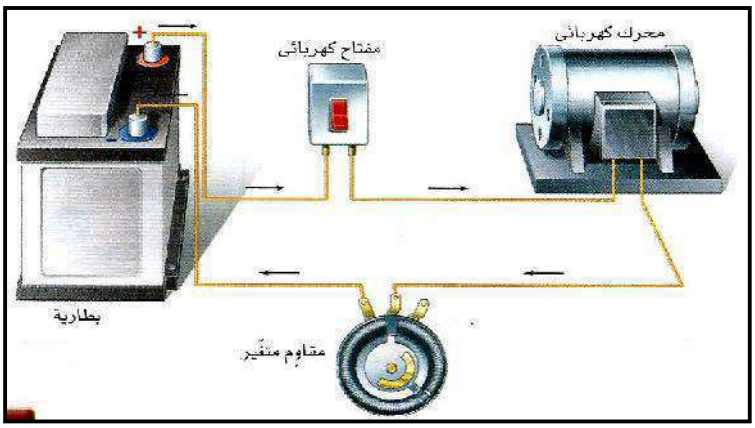
المقاوم المتغير (الريوستات)

استخداماته : يستخدم في التطبيقات التي تحتاج إلى تغير سلس ومستمر للتيار الكهربائي ، مثل :

١- التحكم في سرعة دوران المحركات الكهربائية على مدى واسع ومستمر بدلاً من التغييرات التي تكون محددة في صورة خطوة – خطوة ، كما بالشكل التالي .

٢- التحكم في مستويات الطاقة الكهربائية في التلفاز وضبطها ، مثل التحكم في الصوت ، ودرجة سطوع الصورة وتباينها ، والألوان .





تركيب وطريقة عمل المقاوم المتغير :

تُصنع بعض المقاومات المتغيرة على شكل ملف مصنوع من سلك فلزي ونقطة اتصال منزلقة (متحركة) .

بتحريك نقطة الاتصال إلى مواقع مختلفة على الملف يتغير طول السلك الذي يُصبح ضمن الدائرة الكهربائية ، فبزيادة طول السلك تزداد مقاومة الدائرة ليقل التيار المار فيها ، والعكس .

ملاحظة هامة :

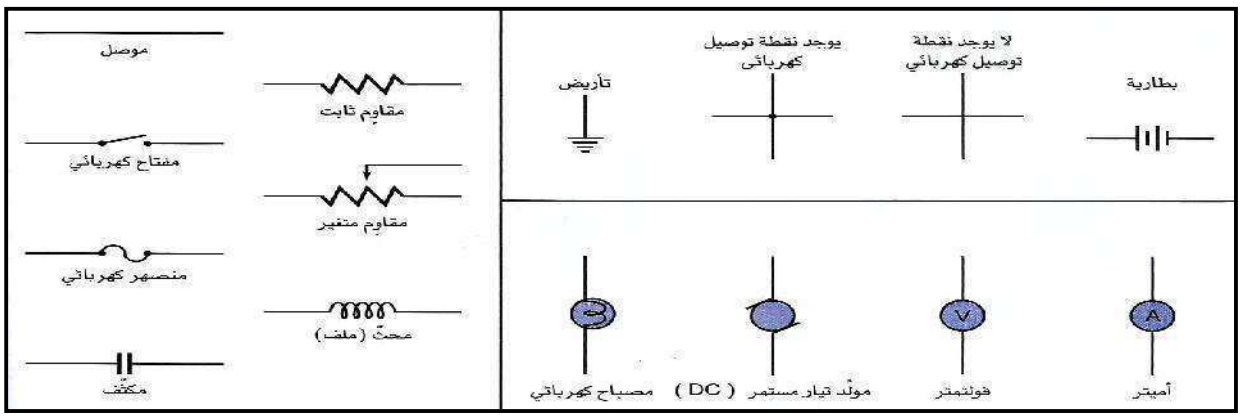
يؤثر جسم الإنسان بوصفه مقاوماً متغيراً ، حيث تكون مقاومة الجلد الجاف كبيرة بقدر كاف لجعل التيارات الناتجة عن الجهود الصغيرة والمعتدلة قليلة ، أما إذا أصبح الجلد رطباً فستكون مقاومته أقل وقد يرتفع التيار الكهربي الناتج عن هذه الجهود إلى مستويات خطرة .

تعليلات هامة

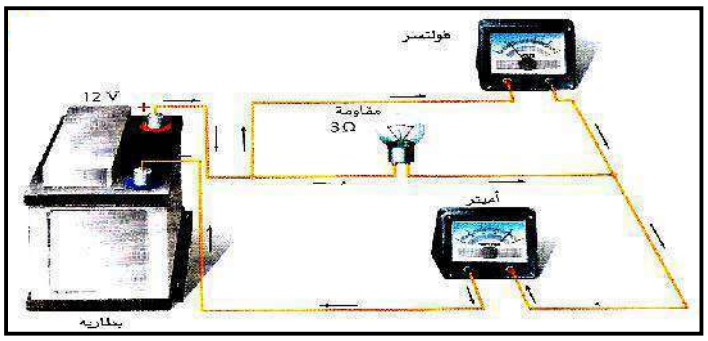
لا يُستغنى عن الطاقة الكهربائية في حياتنا اليومية أ، تعتبر الطاقة الكهربائية من أهم أنواع الطاقات في حياتنا اليومية	لسهولة نقلها لمسافات بعيدة دون فقد كميات كبيرة منها ، ولسهولة تحويلها إلى أشكال أخرى
تكون الشحنات في الدوائر الكهربائية محفوظة	لأن الكمية الكلية للشحنة (عدد الإلكترونات السالبة والأيونات الموجبة) في الدائرة الكهربائية لا تتغير
قدرة الطيور على الوقوف على خطوط الجهد المرتفع دون أن تتعرض لصدمة كهربائية	لأن فرق الجهد بين أي نقطتين على خط الجهد المرتفع يساوي صفر ، فلا يمر تيار كهربائي في جسم الطائر
المذياع والآلة الحاسبة لا تُحقق قانون أوم	لاحتوائها على العديد من الأجهزة مثل الترانزستورات والصمامات الثنائية (الدايودات) التي لا تُحقق قانون أوم.
المصباح الكهربائي لا يُحقق قانون أوم	لأن مقاومة المصباح الكهربائي تتغير بتغير درجة حرارته
تكون فرصة تلف المصباح الكهربائي أكبر لحظة إضاءته من تلفه أثناء إضاءته	لأن درجة حرارة المصباح في البداية تكون منخفضة فتكون مقاومته أقل فيمر خلاله تيار أكبر قد يؤدي إلى تلفه ، وبمرور الوقت ترتفع درجة حرارته فتزداد مقاومته فيمر خلاله تيار أقل ، وبالتالي تقل فرصة تلفه
لا يحدث نقصان أو هبوط في الجهد خلال الأسلاك المستخدمة في توصيل الأجهزة الكهربائية	لأن مقاومتها الكهربائية صغيرة جداً

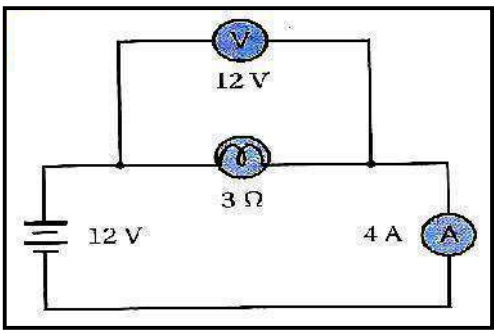
تمثيل الدوائر الكهربائية

يمكن وصف الدوائر الكهربائية بالكلمات ، أو التصوير الفوتوغرافي ، أو الرسم التخطيطي للدائرة باستخدام رموز معينة لأجزاء الدائرة ، وبعض هذه الرموز موضحة بالجدول التالي .



مثال لدائرة ممثلة بالتصوير الفوتوغرافي ، وبالرسم التخطيطي .





تمارين على التيار الكهربائي و قانون أوم

١- ارسم شكلاً تخطيطياً لدائرة كهربائية ، وحدد اتجاه التيار الاصطلاحي فيها ، باستخدام المكونات :

أ- بطارية – مصباح كهربائي – مفتاح – مقاوم متغير أميتر – فولتميتر .

ب- بطارية – مفتاح – مقاوم ثابت - أميتر - فولتميتر

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٢- ولدت بطارية جهدها **6 V** تياراً مقداره **0.5 A** في محرك كهربائي عند وصله بطرفي البطارية ، احسب :

(أ) – القدرة الواصلة إلى المحرك . **3 W**

.....

(ب) – الطاقة الكهربائية الواصلة إلى المحرك عند تشغيله لمدة **5 min** . **900 J**

.....

٣- احسب مقدار التيار الكهربي المار في مصباح قدرته **75 W** ، متصل بمصدر جهد مقداره **125 V** .

0.6 A

.....

.....

٤- أضيئ مصباح قدرته **60 W** ، ويعمل على فرق جهد مقداره **120 V** ، احسب كمية الشحنة التي تمر خلال المصباح عندما يعمل لمدة ساعة واحدة . **1800 C**

.....

.....

٥- يسري تيار كهربي مقداره **210 A** في جهاز بدء التشغيل في محرك سيارة فإذا كان فرق الجهد بين قطبي البطارية **12 V** ، فما مقدار الطاقة الكهربائية التي تصل إلى جهاز بدء التشغيل خلال **10 s** .

25.2×10^3 J

.....
.....
.....

٦- وصلت بطارية فرق الجهد بين قطبيها **30 V** بمقاوم مقداره **10 Ω** ، احسب مقدار التيار المار في الدائرة.

3 A

.....
.....
.....

٧- يسحب مصباح تياراً مقداره **0.5 A** عند توصيله بمصدر جهد مقداره **120 V** ، احسب مقدار :

(أ) – مقاومة المصباح .

240 Ω

.....
.....

(ب) – القدرة الكهربائية المستهلكة في المصباح .

60 W

.....
.....

٨- وصل مصباح كتب عليه **75 W** بمصدر جهد **125 V** احسب مقدار :

(أ) – التيار المار في المصباح .

0.6 A

.....
.....

(ب) – مقاومة المصباح .

208.3 Ω

.....
.....

٩- في المسألة السابقة إذا أضيف مقاوم للمصباح لتقليل التيار المار فيه إلى نصف قيمته الأصلية فاحسب مقدار:

(أ) – فرق الجهد بين طرفي المصباح .

62.5 V

.....
.....
.....

(ب) – المقاومة التي أضيفت إلى الدائرة .

208.3 Ω

.....
.....
.....

(ج) – القدرة الكهربائية التي يستهلكها المصباح الآن .

18.8 W

.....
.....

استخدام الطاقة الكهربائية

تحولات الطاقة في الدوائر الكهربائية :

تعمل العديد من الأجهزة الكهربائية المنزلية على تحويل الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى ، مثل :

١- المحرك الكهربائي : يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية (حركية ووضع) .

٢- المصباح الكهربائي : يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية .

ملاحظات هامة :

١- لا تتحول جميع الطاقة الكهربائية الواصلة إلى المصباح أو المحرك الكهربائي إلى أشكال مفيدة ، حيث يتحول جزء من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية .

٢- بعض الأجهزة الكهربائية مثل المكواة والمدفأة ومجفف الشعر صُممت بغرض تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية ، لأنها تعمل عمل المقاومات التي تسخن عند مرور تيار كهربائي بها .

القدرة الكهربائية

باستخدام قانون أوم ومعادلة القدرة يمكن التوصل إلى :

" القدرة تساوي مربع الجهد مقسوماً على المقاومة "

" القدرة تساوي مربع التيار مضروباً في المقاومة "

$$P = IV = \frac{V^2}{R} = I^2R$$

الطاقة الحرارية

يمكن إيجاد الطاقة الكلية المتحولة إلى طاقة حرارية باستخدام العلاقات :

" الطاقة الحرارية تساوي القدرة المستنفذة مضروبة في الزمن "

" الطاقة الحرارية تساوي مربع التيار مضروباً في المقارمة والزمن"

" الطاقة الحرارية تساوي مربع الجهد مقسوماً على المقاومة ، ومضروباً في الزمن "

$$E = Pt = I^2Rt = (\frac{V^2}{R})t$$

تعليلات هامة

لا تصل كفاءة المصباح والمحرك الكهربائي إلى **100 %**	لأن جزء من الطاقة الكهربائية الواصلة إلى المحرك أو المصباح الكهربائي يتحول إلى طاقة حرارية
عند مرور تيار كهربائي في مقاوم فإنه يسخن	بسبب تصادم الإلكترونات مع ذرات المقاوم فتزداد طاقة حركة الذرات ، ونتيجة لذلك ترتفع درجة حرارة المقاوم

الموصلات فائقة التوصيل

" هي مادة مقاومتها صفر ، حيث لا يوجد تقييد للتيار فيها ، وبالتالي لا يوجد فرق في الجهد خلالها "

١- لكي تُصبح الموصلات فائقة التوصيل يجب تبريدها إلى درجات حرارة مُنخفضة أقل من $100\ ^{o}K$.

٢- تُستخدم الموصلات فائقة التوصيل في :

(أ) – صناعة المغانط المستخدمة في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) .

(ب) – في السنكروترون (مُسرع الجسيمات) .

س / علل : يُمكن للموصل الفائق التوصيل توصيل الكهرباء دون حدوث ضياع في الطاقة .

ج : لأن القدرة المستنفذة في الموصل $P = VI$ ، ولأن مقاومة الموصلات فائقة التوصيل تساوي صفر فلا يوجد فرق في الجهد خلالها ، وبالتالي تكون القدرة المستنفذة خلالها صفر .

نقل الطاقة الكهربائية

عند نقل الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلى مناطق الاستهلاك يتم فقد جزء من الطاقة الكهربائية لتحولها إلى طاقة حرارية خلال الأسلاك بسبب مقاومتها ، وتتعين القدرة الضائعة في الأسلاك من العلاقة $P = I^2 R$.

طرق تقليل القدرة الكهربائية الضائعة في الأسلاك

١- بتقليل مقاومة الأسلاك : ويتم ذلك باستخدام أسلاك ذات موصلية كبيرة وقُطر كبير ، إلا أن تلك الأسلاك تكون باهظة الثمن وثقيلة .

٢- بتقليل مقدار التيار المار في الأسلاك : ويتم ذلك دون تقليل القدرة المنقولة خلال الأسلاك ($P = IV$) من خلال رفع الجهد ، حيث تستخدم بعض خطوط نقل القدرة الكهربائية جهوداً تزيد عن $500000\ V$ ، ويتم تقليل الجهد مرة أخرى عند المحطات الفرعية ، ثم تقليله عند مناطق الاستهلاك ليكون في حدود من $120\ V$ إلى $240V$ حسب النظام المعتمد في كل دولة .

حساب تكاليف استهلاك الأجهزة الكهربائية

تُقاس الطاقة الكهربائية المستهلكة في جهاز بوحدة : جول = واط . ثانية ($J = W . S$) ، ويُعتبر وحدة صغيرة جداً للطاقة المُستهلكة في الاستخدامات العملية ، لذلك تُستخدم وحدة الكيلو واط . ساعة ($KW . h$) لقياس الطاقة المُستهلكة في الاستخدامات العملية .

حيث : $1\ KW . h = 3.6 \times 10^6\ J$

تكاليف الاستهلاك = القدرة (بالكيلوواط) × الزمن (بالساعة) × سعر الكيلوواط . ساعة

$$Cost = P\ (KW) \times t\ (h) \times price$$

تمارين على الطاقة والقدرة الكهربائية

١- يعمل سخان كهربائي مقاومته **10 Ω** على فرق جهد مقداره **120 v** ، احسب :

(أ) – القدرة التي يستنفذها السخان الكهربائي . **1440 W**

.....
.....
.....

(ب) – الطاقة الحرارية التي يُنتجها السخان خلال **10 S** . **14400 J**

.....
.....
.....

٢- وصل مقاوم مقداره **39 Ω** ببطارية جهدها **45 V** ، احسب:

(أ) – التيار المار في الدائرة . **1.15 A**

.....
.....
.....

(ب) – الطاقة المستهلكة في المقاوم خلال **5 min** . **1.56×10^4 J**

.....
.....
.....

٣- مصباح كهربائي قدرته **100 w** وكفاءته **22 %** ، احسب :

(أ) – الطاقة الحرارية التي يُنتجها المصباح كل دقيقة . **4680 J**

.....
.....
.....

(ب) – الطاقة التي يُحولها المصباح إلى ضوء كل دقيقة أثناء إضاءته . **1320 J**

.....
.....
.....

٤- تنتج بطارية سيارة تياراً مقداره **55 A** لمدة ساعة واحدة ، وذلك عندما يكون فرق جهدها **12 V** ، ويتطلب إعادة شحنها طاقة أكبر **1.3** مرة ضعف الطاقة التي تزودنا بها . احسب الزمن اللازم لشحن البطارية باستخدام تيار مقداره **7.5 A** بفرض أن جهد الشحن هو نفسه جهد التفريغ . **34320 S = 9.53 h**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

٥- يمر تيار كهربائي مقداره **15 A** في مدفأة كهربائية عند وصلها بمصدر فرق جهده **120 V** فإذا تم تشغيل المدفأة بمتوسط **5 h** يومياً فاحسب :

(أ) – القدرة التي تستهلكها المدفأة . **1800 W**

.....

.....

(ب) – الطاقة المستهلكة في **30** يوماً بوحدة **kw.h** . **270 KW.h**

.....

.....

.....

(ج) – تكلفة تشغيل المدفأة **30** يوماً ، إذا كان ثمن الكيلوواط . ساعة **9** فلس . **2430** فلس

.....

.....

.....

٦- تبلغ مقاومة ساعة رقمية **12000 Ω** ، وهي موصولة بمصدر فرق جهد مقداره **115 V** ، احسب :

(أ) – التيار المار في الساعة . **9.6×10^{-3} A**

.....

.....

(ب) – القدرة الكهربائية التي تستهلكها الساعة . **1.1 W**

.....

.....

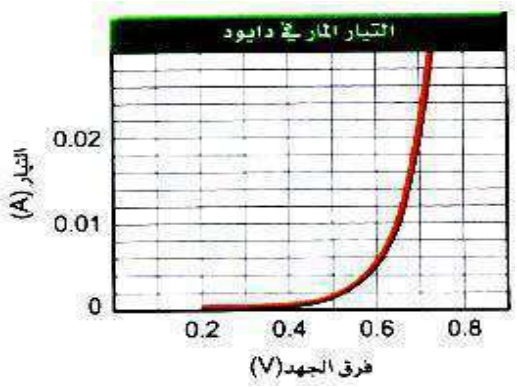
(ج) – تكلفة الساعة خلال **30** يوماً ، إذا كان ثمن الكيلوواط . ساعة **9** فلس . **7.13** فلس

.....

.....

.....

٧- يمثل الشكل المقابل العلاقة بين فرق الجهد والتيار المار في أداة تُسمى (الدايود) مصنوع من السليكون ، أجب عن الأسئلة الآتية:



(أ) – احسب مقاومة الدايود عند وصله بفرق جهد **0.7 V** .

35 Ω

.....

.....

.....

(ب) – احسب مقاومة الدايود عند وصله بفرق جهد **0.6 V** .

120 Ω

.....

.....

(ج) – هل يحقق الدايود قانون أوم ؟ ولماذا ؟

.....

.....