

الشحنة الكهربائية

التكهرب : العملية التي يشحن بها الجسم بشحنة كهربائية .

إن المادة تتكون من جزيئات صغيرة تدعى (الذرات) وتتكون كل ذرة من:

- ١- نواة مركزية تحتوي على جسيمات موجبة الشحنة تسمى بروتونات، و نيوترونات متعادلة .
- ٢- الكترونات تدور حول النواة في مدارات محددة مشحونة بشحنة سالبة.

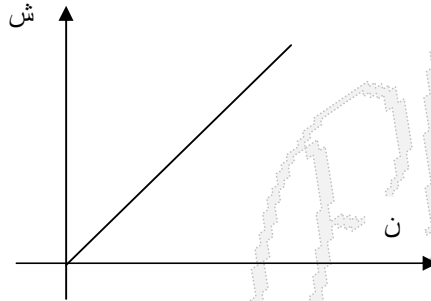
ملاحظات:

- ١- مقدار شحنة البروتون = مقدار شحنة الإلكترون.
- ٢- الذرة المتعادلة كهربائياً: عدد الالكترونات يساوي عدد البروتونات في الذرة المتعادلة كهربائياً.
- ٣- فإذا فقدت الذرة عدداً من الكتروناتها فإن الجسم يمتلك شحنة موجبة.
- ٤- إذا اكتسب عدداً من الالكترونات فإن الجسم يمتلك شحنة سالبة .
- ٥- طرق الشحن (الشحن بالدلك - الشحن بالتوصيل - الشحن بالحث) .

مبدأ تكميم الشحنة :

أي جسم مشحون يجب أن تكون شحنته عدداً صحيحاً من مضاعفات شحنة الإلكترون (أو البروتون) .

ويعبر عنها رياضياً بالعلاقة التالية :



يوضح الشكل العلاقة بين عدد الالكترونات وشحنة الجسم

$$\text{ش الجسم} = N \text{ ش } e$$

حيث:

N : عدد صحيح موجب , N = ١, ٢, ٣, ٤,٤

ش_e: شحنة الإلكترون و تساوي ١.٦ × ١٠^{-١٩} كولوم . (الشحنة الأساسية)

ملاحظات :

- ١- لا يمكن لأي شحنة حرة في الطبيعة أن تكون ٠.٥ أو ١.٢٥ أو ٠.٤٥ ... من شحنة الإلكترون.
- ٢- أقل شحنة في الطبيعة شحنة الإلكترون لذلك تسمى بالشحنة الأساسية.
- ٣- يوجد نوعان من الشحنات الكهربائية موجبة (+) وسالبة (-) .
- ٤- الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب .

والشحنة الكهربائية تخضع لقانون حفظ الشحنة الذي ينص على ما يلي :
يكون المجموع الكلي للشحنات ثابتاً خلال عملية الشحن في نظام مغزول .

مثال (١):

- ١- ما شحنة جسم فقد (١٠٠٠) الكترون ؟
- ٢- هل يمكن لجسم أن يحمل شحنة (3×10^{-19}) كولوم ؟ علل اجابتك .

الحل :

$$(1) \quad \text{ش الجسم} = \text{ن ش } e \quad \leftarrow \quad \text{ش الجسم} = (1000) (1.6 \times 10^{-19})$$

$$\text{ش الجسم} = + 1.6 \times 10^{-16} \text{ كولوم (نوع الشحنة موجب لان الجسم فقد الالكترونات)}$$

$$(2) \quad \text{ش الجسم} = \text{ن ش } e \quad \leftarrow \quad 3 \times 10^{-19} = \text{ن} (1.6 \times 10^{-19})$$

$$\text{ن} = 1.875 \quad \text{لا يمكن ان يمتلك الجسم هذه الشحنة لانها غير مكتملة .}$$

مثال (٢):

ما عدد الالكترونات التي يجب أن يفقدها جسم لتصبح شحنته + ١ كولوم ؛ علماً بأن شحنة الالكترون = $- 1.6 \times 10^{-19}$ كولوم ؟

الحل :

حتى تكون شحنة الجسم موجب يجب أن يخسر عدد من الالكترونات

$$\text{ش الجسم} = \text{ن ش } e \quad \leftarrow \quad 1 = \text{ن} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\text{ن} = 6.25 \times 10^{18} \text{ الكترون}$$

مسائل :

(١) ماذا تدل العبارة التالية " مقدار شحنة أي جسم يجب أن تساوي عدداً صحيحاً من شحنة الإلكترون " .

(٢) إذا فقد جسم متعادل (١٠^{١٢}) إلكترون ، ما نوع و مقدار شحنة الجسم ؟

(٣) يمتلك جسم شحنة مقدارها (٨,٤ × ١٠^{-١٠}) كولوم ، ما هو عدد الإلكترونات المفقودة من الجسم ؟

(٤) إذا كانت شحنة موصل (+ ٤.٨ ميكرو كولوم) ، كيف يمكن ان يصبح متعادلاً .

(٥) اي من الشحنات التالية يمكن ان تتواجد في الطبيعة ؟

أ- ١,٦ × ١٠^{-٢٠} كولوم ب- ٣,٢ × ١٠^{-١٩} كولوم ج- ٨ × ١٠^{-١٨} كولوم

د- ٨,٦ × ١٠^{-١٧} كولوم هـ- ٩,٦ × ١٠^{-١٩} كولوم

(٦) دلكت ساق من الالبونايت بقطعة من الصوف فاكتسب ساق الالبونايت شحنة سالبة مقدارها

(٤,٦ × ١٠^{-٦}) . احسب : أ- شحنة الصوف بعد ذلك

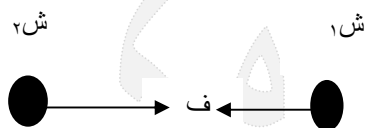
ب- عدد الالكترونات التي انتقلت بين ساق الالبونايت و قطعة الصوف .

قانون كولوم

نص قانون كولوم:

إن القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين (ش_١ ، ش_٢) تفصل بينهما مسافة (ف)، تتناسب طرديا مع مقدار كل من الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما .

ويعبر عنه رياضيا بالعلاقة التالية :



$$ق = ثابت \times \frac{ش١ ش٢}{ف^2}$$

حيث أن :

ق : القوة المتبادلة بين الشحنتين (نيوتن) .

ف: المسافة بين الشحنتين (متر) .

ش: مقدار الشحنة الكهربائية (كولوم) .

ثابت : يعتمد على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات .

$$إذا كان الوسط الهواء أو الفراغ فإن الثابت = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ نيوتن} \cdot \text{م}^2 / \text{كولوم}^2$$

ε. ثابت يعرف بالسماحية الكهربائية للوسط الفاصل (الفراغ) . و تساوي ٨,٨٥ × ١٠^{-١٢} كولوم^٢ / نيوتن . م^٢ جميعها مقاسة بنظام الوحدات العالمي (SI) .

(تعد قيمة السماحية الكهربائية للفراغ أقل من قيمة أي سماحية وسط اخر غير الهواء والفراغ)

ملاحظات:

١- القوة الكهربائية كمية متجهة تحدد بمقدار واتجاه .

٢- استنتج كولوم العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية بإستخدام جهاز ميزان اللي.

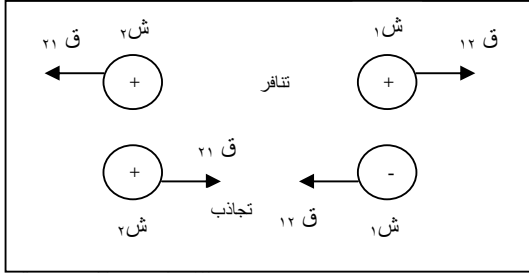
٣- قانون كولوم ينطبق على أ- الشحنات النقطية

ب- الأجسام الكروية المشحونة

٤- الشحنات النقطية: التي تكون أبعادها مهملة مقارنة بالمسافات الفاصلة بين الشحنات .

٥- يمكن تطبيق قانون كولوم على الشحنات الكروية: لأنه يعتبر الشحنات الكهربائية تتمركز في مركز الجسم الكروي.

٦- القوة الكهربائية بين شحنتين هي قوة متبادلة: أي أنه إذا أثرت شحنة على شحنة أخرى بقوة كهربائية فإن الشحنة الأخرى تؤثر بنفس القوة التي تأثرت بها على تلك الشحنة ولكن تخالفها بالإتجاه بسبب الفعل ورد فعل (حسب القانون الثالث لنيوتن الفعل ورد الفعل) (ق_{١٢} = - ق_{٢١}) كما في الشكل المجاور .



يلاحظ من الشكل أن الشحنات المتشابهة تتنافر، أما الشحنات المختلفة تتجاذب.

طريقة حل المسائل الحسابية على قانون كولوم:

١- نطبق قانون كولوم على الشحنة المراد حساب القوة المؤثرة عليها من الشحنات الأخرى بصيغته الرياضية الصحيحة التالية:

$$ق = \frac{ش١ ش٢}{ف^٢} \times ٩ \times ١٠^٩$$

٢- في أسئلة الوزارة تثبتت الرسمة على ورقة الاجابة. لذا يجب عليك تحديد اتجاه القوى الكهربائية على الشحنة المراد حساب القوة المؤثرة عليها.

(حدد اتجاه حركة الشحنة المراد حساب القوة عليها من كل شحنة مجاورة على حدا).

٣- تعويض القيم بالشكل الصحيح كما وردت في السؤال وإهمال إشارة الشحنة (لان القوة كمية متجهة) .

٤- معالجة القانون معالجة رياضية (متجهات) أي إيجاد مقدار واتجاه القوة المحصلة .

٥- إيجاد النتيجة النهائية وتثبيت وحدة القياس .

تذكرة (٢)

$$١ م = ١٠٠ سم$$

$$١ م = ١٠٠ سم$$

تذكرة (١)

$$١٠ \times ١٠^{-٣} = \text{الميلي}$$

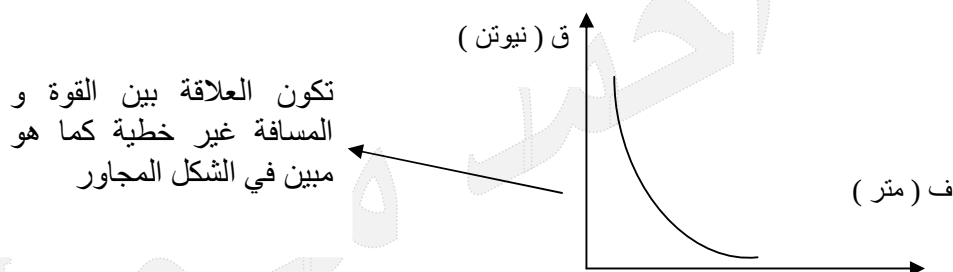
$$١٠ \times ١٠^{-٦} = \text{ميكرو}$$

$$١٠ \times ١٠^{-٩} = \text{نانو}$$

$$١٠ \times ١٠^{-١٢} = \text{البيكو}$$

تناسب القوة الكهربائية حسب قانون كولوم، تناسبا عكسيا مع مربع المسافة وهو ما يعرف بقانون التربيع العكسي.

تمثيل العلاقة بين القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين مع المسافة التي تفصل بينهما .



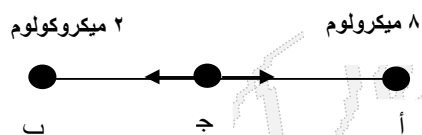
من الأمثلة المهمة على قانون التربيع العكسي قانون نيوتن في الجاذبية .

- عند حساب القوة المتبادلة بين الجسيمات المشحونة فإننا نهمل قوة الجذب الكتلي لصغر قيمتها مقارنة بالقوة الكهربائية.

مثال (٣) :

شحنتان نقطيتان (أ،ب) ، على الترتيب (٢،٨) ميكروكولوم والبعد بينهما ٤ سم موضوعتان في الهواء، احسب :
القوة المؤثرة على شحنة ثالثة ج مقدارها ٢ ميكروكولوم موضوعة في منتصف المسافة بين الشحنتين .

الحل :



$$ق = \frac{ش_أ \cdot ش_ب}{ف^2} = 9 \times 10^9$$

$$ق_أ = 9 \times 10^9 = \frac{2^{-10} \times 8^{-10} \times 2^{-10}}{(2^{-10} \times 2)^2} = 360 \text{ نيوتن، لليسار.}$$

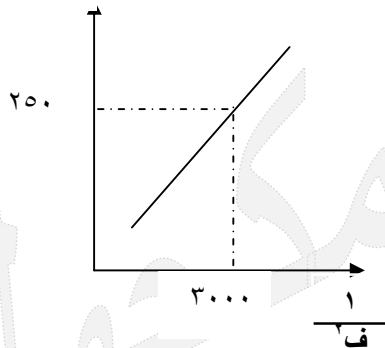
$$ق_ب = 9 \times 10^9 = \frac{2^{-10} \times 2^{-10} \times 2^{-10}}{(2^{-10} \times 2)^2} = 90 \text{ نيوتن، لليمين.}$$

$$ق_ج = ق_أ - ق_ب = (360 - 90) = 270 \text{ نيوتن، لليسار.}$$

مثال (٤):

مثلث العلاقة بين القوة المتبادلة بين شحنتين متماثلتين و مقلوب مربع المسافة الفاصلة بينهما حسب الرسم الاتي احسب قيمة كل من الشحنتين:

ق (نيوتن)



$$Q = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 9 \times 10^9 \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$\text{الميل} = \frac{\Delta Q}{\Delta \left(\frac{1}{r^2}\right)} = \frac{250}{3000} = 0,83 \text{ (نيوتن م}^2\text{)}$$

$$\text{الميل} = 9 \times 10^9 \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow q^2 = \frac{\text{الميل} \times r^2}{9 \times 10^9} = \frac{0,83 \times 3000}{9 \times 10^9} \Rightarrow q = 10^{-3} \text{ كولوم}$$

ملاحظة :

نلاحظ من الرسم السابق ، أن العلاقة الخطية لم تبدأ من نقطة الاصل لان القوة عند تلك النقطة توؤل الى المالا نهائية . (ف ← صفر ، ق ← ∞) .

مثال (٥):

باستخدام قانون كولوم أثبت أن وحدة ε هي كولوم / نيوتن م² .

الحل:

باستخدام الوحدات العالمية SI وباستخدام علاقة كولوم

$$Q = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

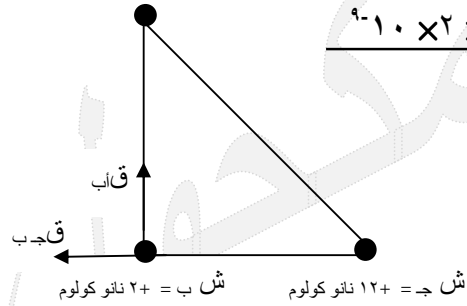
$$\text{نيوتن} = \frac{1}{\{ \epsilon \}} \times \frac{\text{كولوم}^2}{\text{م}^2} \Rightarrow \epsilon = \frac{\text{كولوم}^2}{\text{نيوتن م}^2}$$

مثال (٦) :

أ ب ج مثلث قائم الزاوية في (ب) وضعت عند رؤوسه (أ ، ب ، ج) على الترتيب الشحنات -10×10^{-9} كولوم ، $-10 \times 12 \times 10^{-9}$ كولوم ، $-10 \times 16 \times 10^{-9}$ كولوم .
أ- احسب القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة الموضوعة عند (ب) علما بأن أ ب = ٤ م ، ب ج = ٣ م ، و الشحنات موضوعة في الهواء .

ش أ = -16×10^{-9} كولوم

الحل:



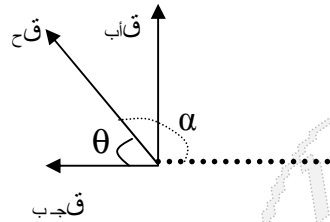
$$F_{AB} = \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = \frac{(-16 \times 10^{-9}) \times (-12 \times 10^{-9})}{4^2} = 9 \times 10^{-18} \text{ نيوتن}$$

محور الصادات الموجب

$$F_{BC} = \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = \frac{(-12 \times 10^{-9}) \times (-10 \times 10^{-9})}{3^2} = 9 \times 10^{-18} \text{ نيوتن}$$

$$F_{AC} = \frac{q_A q_C}{r_{AC}^2} = \frac{(-16 \times 10^{-9}) \times (-10 \times 10^{-9})}{5^2} = 9 \times 10^{-18} \text{ نيوتن}$$

محور السينات السالب



$$F_{AC} = \sqrt{F_{AB}^2 + F_{BC}^2} = \sqrt{(9 \times 10^{-18})^2 + (9 \times 10^{-18})^2} = 12.7 \times 10^{-18} \text{ نيوتن}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{F_{AB}}{F_{BC}}\right) = \arctan\left(\frac{9}{9}\right) = 45^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - 36.8^\circ - 143.2^\circ = 0^\circ$$

(لان محور السينات الموجب محور مرجعي ، لذلك ننسب كل الزوايا اليه)

ب- احسب القوة المؤثرة على الشحنة الموضوعة عند النقطة ج . (واجب)

مثال (٧) :

شحنتان نقطيتان تتجاذبان بقوة ٢ نيوتن عندما تكون المسافة بينهما ١٠ سم. أوجد مقدار القوة بينهما إذا أصبحت المسافة بينهما ٢٠ سم, ٥ سم, ١ سم.

الحل:

نفترض ان القوة المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين على مسافة ف هي ق لشحنتين ش١ و ش٢

$$ق = ٩ \times ١٠ \frac{ش١ ش٢}{ف^٢} \dots\dots\dots (١)$$

وإذا غيرنا المسافة لتصبح ف فتكون القوة الجديدة ق وتعطى بالعلاقة التالية

$$ق = ٩ \times ١٠ \frac{ش١ ش٢}{ف^٢} \dots\dots\dots (٢)$$

بقسمة (١) على (٢) نحصل على قانون التربيع العكسي

$$ق ف = ق ف^٢$$

عندما تكون المسافة ٢٠ سم

$$٢ \times ١٠ \times ١٠^{-٤} = ق \times ٤٠٠ \times ١٠^{-٤} \Longleftarrow ق = ٠.٥ \text{ نيوتن}$$

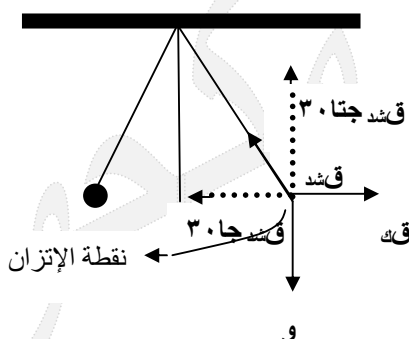
$$\text{عندما تكون المسافة ٥ سم} \Longleftarrow ق = ٨ \text{ نيوتن}$$

$$\text{عندما تكون المسافة ١ سم} \Longleftarrow ق = ٢٠٠ \text{ نيوتن}$$

مثال (٨) :

كرتان موصلتان متماثلتان ، كتلة كل منهما $3\sqrt{}$ كغم، معلقان بخيطين طول كل منهما ١٠ سم . شحنتا بشحنتين متشابهتين ومتساويتين ، فتنافرتا إلى أن أصبحت الزاوية بين الخيطين 60° ، احسب شحنة كل منهما .
الحل:

النظام في هذه الحالة متزن أي يتأثر بعدة قوى مجموعها يساوي صفر
بعد تحليل القوة إلى مركبات أفقية وعمودية
في الإتجاه الأفقي (السيني)



$$\sum Q_{\text{المؤثرة}} = \text{صفر}$$

$$Q - Q_{\text{شج}30} = \text{صفر}$$

$$(1) \dots\dots\dots Q_{\text{شج}30} = \frac{Q_{\text{ش}1} \times 9}{F} \dots\dots\dots$$

في الإتجاه العمودي (الصادي)

$$و - Q_{\text{شج}30} = \text{صفر} \leftarrow Q_{\text{ش}2} \times ج = Q_{\text{شج}30} \dots\dots\dots (2)$$

قسمة المعادلة ١ على المعادلة ٢ على اعتبار أن الشحنتين متماثلتين نحصل على :



$$\frac{Q_{\text{ش}2} \times ج \times F \times ظا30}{9 \times 10} = Q_{\text{ش}1}$$

لإيجاد المسافة ف استعن بالمثلث المجاور

$$جا30 = \frac{F}{2 \times 10}$$

$$\frac{F}{2 \times 10} = \frac{1}{2} \leftarrow F = 10 \text{ سم}$$

$$Q_{\text{ش}2} = \frac{10 \times 10 \times 10^{-11}}{9 \times 10} = 1,1 \times 10^{-11} \leftarrow Q_{\text{ش}3} = 3,3 \times 10^{-10} \text{ كولوم}$$

مسائل :

(١) من خلال دارستك لقانون كولوم للقوة المتبادلة بين الشحنات الكهربائية أجب عما يأتي :

أ- اذكر نص قانون كولوم بالكلمات وعبر عنه بالرموز ؟

ب- بين العوامل المؤثرة في القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنات .

ج- اذا كانت القوة المتبادلة بين شحنتين متماثلتين ٩٠ نيوتن، والمسافة بينهما ١م، احسب مقدار كل من الشحنتين .

(٢) باستخدام قانون كولوم أثبت ان وحدة ثابت كولوم هي نيوتن . م^٢ / كولوم^٢ .

(٣) شحنتان كهربائيتان نقطيتان متساويتان تتنافران بقوة (١،٠) نيوتن ، اذا كانت المسافة بينهما في الهواء (٥٠) سم

احسب :

أ- مقدار كل من الشحنتين .

ب- مقدار القوة بينهما لو كان الوسط الفاصل بينهما سماحيته (١٠) أضعاف سماحية الفراغ .

(٤) شحنتان نقطيتان ش^١ و ش^٢ تقعان على استقامة واحدة و المسافة بينهما ٣٠ سم ، اذا علمت أن ش^١ = ١٠×١٠^{-٦}

كولوم ، ش^٢ = ٤×١٠×١٠^{-٦} كولوم، ما موقع ومقدار شحنة ثالثة (ش^٣) موضوعة على امتداد الخط الواصل بين

الشحنتين، بحيث يكون النظام في حالة اتزان .

(٥) جسيमान متماثلان يحما أحدهما شحنة ٦ ميكروكولوم ولآخر ٢- ميكروكولوم، قوة التجاذب بينهما على مسافة ف

تبلغ ٢ نيوتن. اذا تلامس الجسمان ثم فصلا حتى مسافة ٢ف، فجد القوة المؤثرة فيهما .

المجال الكهربائي

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

المجال الكهربائي في نقطة ما :

هي القوة التي يؤثر بها ذلك المجال في شحنة اختبار صغيرة موجبة (ش.) موضوعة في تلك النقطة، مقسومة على مقدار تلك الشحنة.

و يعبر عنه رياضيا بالعلاقة التالية

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

حيث:

م : المجال الكهربائي ويقاس بوحدة نيوتن / كولوم .

ق: القوة المؤثرة على شحنة الاختبار الموجبة .

ش.: شحنة الاختبار الموجبة موضوعة عند النقطة المراد حساب المجال عندها .

ملاحظة :

المجال الكهربائي كمية متجهه، و يكون اتجاهه في نقطة ما باتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار الموجبة الموضوعة في تلك النقطة .



حساب المجال الكهربائي لشحنة نقطية (ش)

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

$$q = \frac{1}{\epsilon \pi r^2} \frac{F}{F}$$

بالتعويض في العلاقة السابقة

$$\vec{E} = \frac{1}{\epsilon \pi r^2} \frac{F}{F}$$

{ وهو المجال الناتج عن شحنة نقطية او كروية من مركزها إلى
النقطة المراد حساب المجال عندها.

$$\vec{E} = \frac{1}{\epsilon \pi r^2} \frac{Q}{F}$$

حيث أن :

م : المجال الكهربائي لشحنة كهربائية .

ش: الشحنة المولدة للمجال الكهربائي.

ف: بعد النقطة المراد حساب المجال الكهربائي عندها .

$$\frac{1}{\epsilon \pi r^2} = \text{ثابت يساوي } 9 \times 10^9 \text{ نيوتن } \cdot \text{م}^2 / \text{كولوم}^2 .$$

ملاحظة: تكون شحنة الاختبار صغيرة وموجبة بحيث لا تؤثر على قيمة المجال الكلي المراد حسابه وموجبة حتى نضمن أن يكون اتجاه المجال مع اتجاه القوة.

طريقة الحل لحساب المجال الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية (مجموعة شحنات نقطية):

١ - نفرض وجود شحنة اختبار صغيرة وموجبة عند النقطة المراد حساب المجال الكهربائي عندها لتحديد اتجاه المجال الكهربائي ومن ثم تطبيق الصيغة الرياضية التالية:

$$m = \frac{q \cdot 9 \times 10^9}{\frac{ش}{ف^2}}$$

٢- في أسئلة الوزارة تثبتت الرسمة على ورقة الاجابة . لذا يجب عليك تحديد اتجاه المجالات الكهربائية عند النقطة

المراد حساب المجال عندها. (حدد اتجاه حركة شحنة الاختبار المفترضة من كل شحنة) .

٣- تعويض القيم بالشكل الصحيح كما وردت في السؤال وإهمال إشارة الشحنة (لان المجال كمية متجهة) .

٤- معالجة القانون معالجة رياضية (متجهات) أي إيجاد مقدار واتجاه المجال المحصلة.

٥- إيجاد النتيجة النهائية وتثبيت وحدة القياس.

مثال (٩): يقاس مجال كهربائي عند نقطة ما، بوضع شحنة اختبار موجبة صغيرة في تلك النقطة. اذا كانت شحنة

الاختبار ١ نانو كولوم وتعاني قوة كهربائية : ق = ٠.٦ نيوتن ، ١٥° ، فما المجال الكهربائي في موضع شحنة

الاختبار ؟ اذا كانت الشحنة سالبة، فكيف ستتغير الاجابة؟

الحل:

$$m = \frac{ق}{ش} = \frac{0.6}{1 \times 10^{-9}} = 0.6 \times 10^9 \text{ نيوتن / كولوم} , 15^\circ .$$

اذا كانت الشحنة سالبة فان الاتجاه سوف ينعكس بزاوية مقدارها (١٨٠)

$$m = 0.6 \times 10^9 \text{ نيوتن / كولوم} , 195^\circ .$$

مثال (١٠):

وضعت شحنة كهربائية نقطية مقدارها 2×10^{-1} كولوم في مجال كهربائي شدته 4×10^4 نيوتن / كولوم ، 25° .
احسب مقدار القوة التي يؤثر بها المجال على هذه الشحنة،
الحل:

$$Q = m \text{ ش} = 2 \times 10^{-1} \times 4 \times 10^4 = 0,8 \text{ نيوتن} , 25^\circ .$$

إذا كانت الشحنة سالبة ؟؟؟؟؟

يعطي القيمة نفسها ولكن تتغير الزاوية لتصبح $25 + 180 = 205^\circ$ عن محور السينات الموجب.

مثال (١١):

شحنتان نقطيتان قيمتهما ش_١ = 16 ميكروكولوم و ش_٢ = -9 ميكروكولوم و تفصلهما في الهواء مسافة 10 سم، احسب شدة المجال الكهربائي عند نقطة تقع في منتصف المسافة بينهما .

الحل:

$$m = \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2} = \frac{16 \times 9}{10^2} = 1,44 \text{ نيوتن / كولوم} , \text{ لليمين}$$

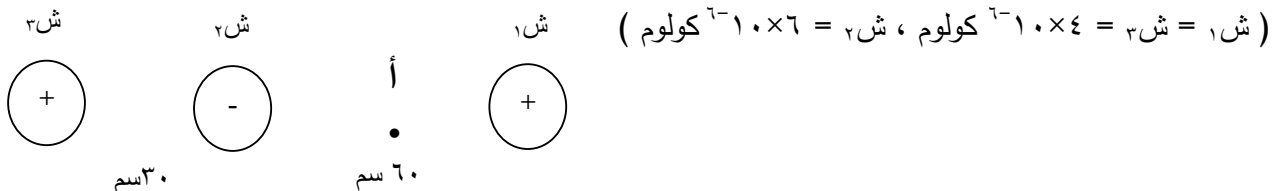
$$m_1 = \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2} = \frac{16 \times 9}{10^2} = 1,44 \text{ نيوتن / كولوم} , \text{ لليمين}$$

$$m_2 = \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2} = \frac{16 \times 9}{10^2} = 1,44 \text{ نيوتن / كولوم} , \text{ لليمين}$$

$$m_{\text{ح}} = m_1 + m_2 = 1,44 + 1,44 = 2,88 \text{ نيوتن / كولوم} , \text{ لليمين}$$

مثال (١٢):

بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل المجاور أوجد المجال الكهربائي عند النقطة (أ) التي تتصف المسافة بين الشحنتين (ش_١) و (ش_٢) .



مثال (١٣) :

أ ب ج مثلث قائم الزاوية في ب ، فيه أ ب = ٣ سم ، ب ج = ٤ سم وضعت عند رؤوسه أ ج على الترتيب الشحنات 9×10^{-9} كولوم و -16×10^{-9} كولوم ، احسب :
أ- المجال عند النقطة ب .

ب- القوة المؤثرة على شحنة مقدارها -4×10^{-9} كولوم عند تلك النقطة .

الحل:

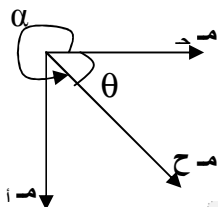
(أ)

$$م أ = 9 \times 10^{-9} = \frac{ش أ}{ف ب} = 9 \times 10^{-9} = \frac{9 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-9}}$$

$$\leftarrow 9 \times 10^{-9} \text{ نيوتن/كولوم ، الصادي السالب}$$

$$م ب = 9 \times 10^{-9} = \frac{ش ب}{ف أ} = 9 \times 10^{-9} = \frac{9 \times 10^{-9}}{16 \times 10^{-9}}$$

$$\leftarrow 9 \times 10^{-9} \text{ نيوتن/كولوم ، السيني الموجب .}$$



$$م ح = \sqrt{م أ^2 + م ب^2} = \sqrt{(9 \times 10^{-9})^2 + (16 \times 10^{-9})^2} = 18.2 \times 10^{-9} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$\theta = \frac{م أ}{م ح} = \frac{9}{18.2} = 28.5^\circ \leftarrow \theta = 45^\circ$$

$$\leftarrow \alpha = 360^\circ - 45^\circ = 315^\circ \text{ عن محور السينات الموجب عكس عقارب الساعة}$$

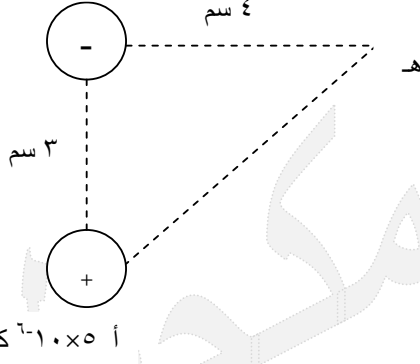
(ب)

$$ق = م \times ش = 12.7 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9} = 50.9 \times 10^{-9} \text{ نيوتن ، } 135^\circ \text{ عن محور السينات الموجب}$$

مثال (١٤) :

شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء، كما في الشكل المجاور . احسب ما يأتي :

ب 1.0×10^{-8} كولوم



أ 1.0×10^{-5} كولوم

١- المجال الكهربائي عند النقطة (ه) .

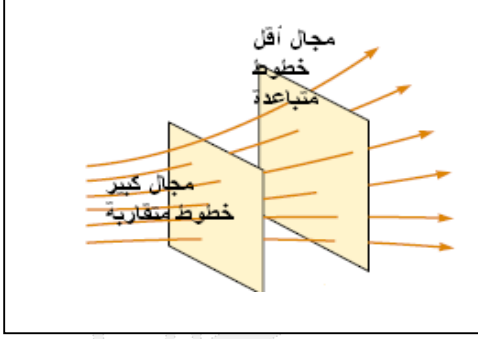
٢- القوة المؤثرة في شحنة (- ١ بيكوكولوم) موضوعة عند (ه) .

الحل :

خطوط المجال الكهربائي :

هو المسار الوهمي التي تسلكه شحنة الاختبار الموجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال الكهربائي.

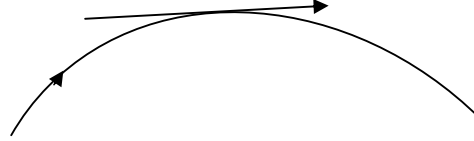
خصائص خطوط المجال الكهربائي :



تناسب كثافة خطوط المجال مع قيمته

(١) يكون اتجاه المجال خارج من الشحنة الموجبة داخل الى الشحنة السالبة و يكون :

أ- يكون متجه المجال الكهربائي مماساً لخط المجال الكهربائي عند أي نقطة .



ب- يتناسب عدد خطوط المجال الكهربائي التي تعبر عمودياً وحدة المساحة من سطح ما مع مقدار المجال عند ذلك السطح.

خطوط متقاربة (مجال كبير) خطوط متباعدة (مجال صغير)

(٢) يتناسب عدد خطوط المجال طردياً مع مقدار الشحنة .

(٣) خطوط المجال لا تتقاطع . علل؟

لأنها لو تقاطعت فهذا يعني وجود أكثر من اتجاه للمجال عند نقطة التقاطع وهذا خطأ .
(يوجد مماس واحد واتجاه واحد لحركة الشحنة الموجبة عند تلك النقطة).

أنواع المجال الكهربائي :

١- مجال كهربائي غير منتظم و هو مجال متغير المقدار والاتجاه عند كل نقطة ونحصل عليه من الشحنات النقطية.

٢- مجال كهربائي منتظم هو مجال ثابت المقدار والاتجاه عند كل نقطة فيه ونحصل عليه من المواسعات الكهربائية.

سؤال : هل يعد المجال الكهربائي الناجم عن شحنة نقطية مجالاً منتظماً أم لا ؟ فسر إجابتك .

لا، لأن خطوط المجال تتباعد في كل الاتجاهات كلما ابتعدنا عن الشحنة مما يدل على تناقص مقدار المجال كلما ابتعدنا عن الشحنة كما أن خطوط المجال تشير في اتجاهات مختلفة مما يعني أن اتجاهه غير ثابت .

قواعد رسم خطوط المجال الكهربائي

- ١- تبدأ الخطوط من الشحنة الموجبة وتنتهي في الشحنة السالبة (حسب حركة شحنة الاختبار)
- ٢- عدد خطوط المجال الخارجة من الشحنة الموجبة أو تلك الداخلة في الشحنة السالبة يتناسب مع مقدار الشحنة.
- ٣- لا تتقاطع خطوط المجال الكهربائي.

نقطة انعدام المجال الكهربائي:

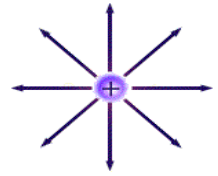
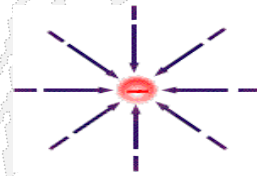
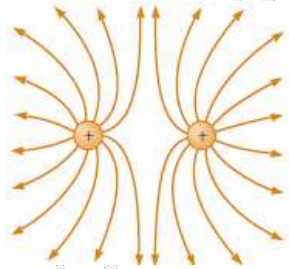
إذا وضع جسم مشحون عند نقطة ما في مجال كهربائي ولم يتأثر بأي قوة كهربائي فإن هذه النقطة تسمى نقطة انعدام المجال الكهربائي. (أي أن محصلة المحال الكهربائي عندها صفر) .

ينعدم المجال الكهربائي عند النقاط الآتية:

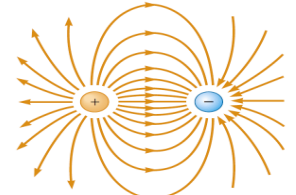
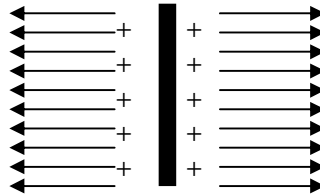
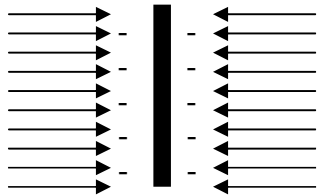
- ١- نقطة على الخط الواصل بين شحنتين متشابهتين في النوع ومختلفتين في المقدار وتكون أقرب إلى الشحنة الصغرى.
- ٢- نقطة على امتداد الخط الواصل بين شحنتين مختلفتين في النوع ومختلفتين في المقدار تكون خارجهما وأقرب إلى الشحنة الصغرى.

أمثلة على رسم خطوط المجال الكهربائي :

- ١ - شحنة نقطية موجبة : ٢ - شحنة نقطية سالبة : ٣ - شحنتان متشابهتان



- ٤ - شحنتان مختلفتان ٥ - لوح مشحون شحنة موجبة : ٦ - لوح مشحون شحنة سالبة :



ملاحظة : عندما نريد الحصول على مجال منتظم يمكن الحصول عليه عن طريق شحن لوحين متوازيين فيكون المجال بينهما ثابت المقدار و الإتجاه.

مثال (١٥):

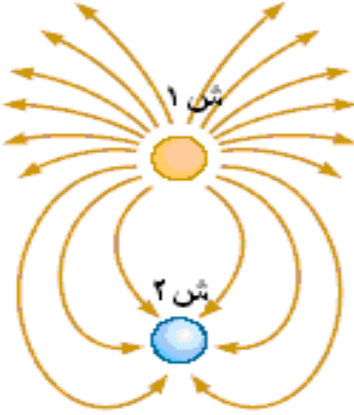
بالاعتماد على الشكل التالي، رتب النقاط تنازليا حسب قيم المجال الكهربائي عندها .



الحل : المجال (أ) < المجال (ب) < المجال (ج) .

ملاحظة : خطوط متقاربة (مجال كبير) خطوط متباعدة (مجال صغير)

مثال (١٦) :



بالاعتماد على الشكل المجاور :

أ) ما هو نوع كل من الشحنة ش ١ و ش ٢ ؟

ب) حدد نسبة ش ١ : ش ٢ ؟

ج) إذا علمت أن (ش ١ = 1.8×10^{-6} كولوم، احسب مقدار (ش ٢) .

الحل:

أ) ش ١ ← موجبة (خطوط المجال خارجة من الشحنة)

و ش ٢ ← سالبة (خطوط المجال داخلة الى الشحنة)

$$\text{ب) } \frac{\text{ش ١}}{\text{ش ٢}} = \frac{\text{عدد الخطوط من الشحنة الاولى}}{\text{عدد الخطوط من الشحنة الثانية}} = \frac{18}{6} = \frac{3}{1}$$

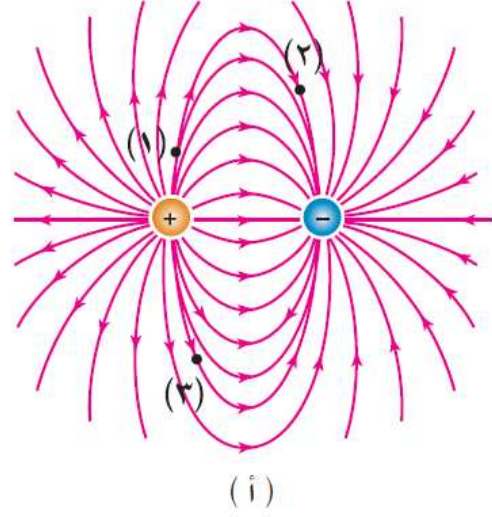
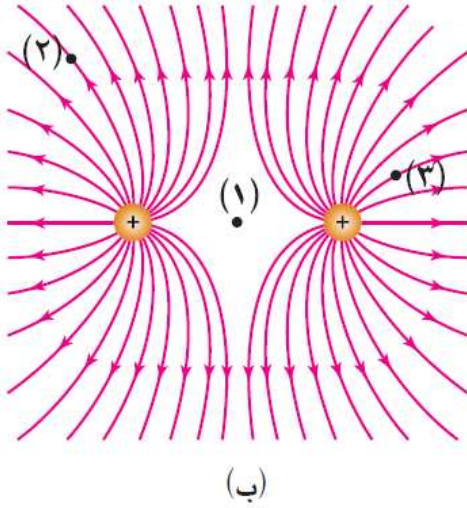
ملاحظة: يتناسب عدد خطوط المجال طرديًا مع مقدار الشحنة .

$$\text{ج) } \text{ش ٢} = \frac{1}{3} \text{ ش ١} \leftarrow \text{ش ٢} = \frac{1}{3} (1.8 \times 10^{-6})$$

$$\text{ش ٢} = 6 \times 10^{-7} \text{ كولوم (النوع سالب)}$$

مثال (١٧) :

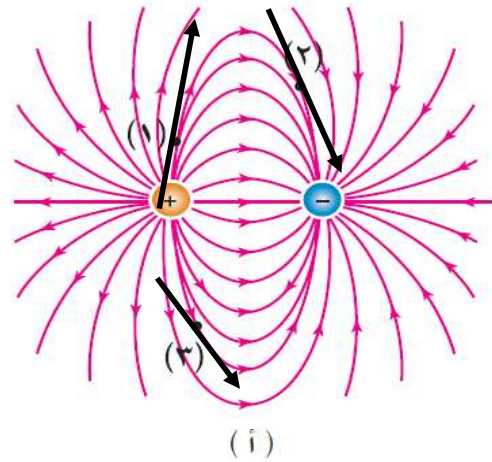
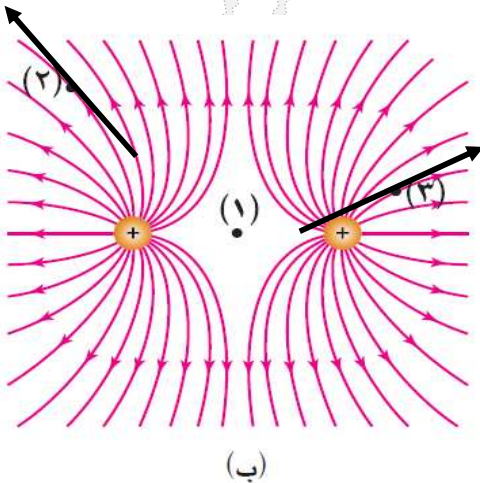
يبين الشكل المجاور خطوط المجال لشحنتين متساويتين مختلفتين (أ)، ولشحنتين متساويتين متماثلتين (ب) .
تأمل الشكلين، ثم أجب عما يأتي :



- ١- حدد نقطة يكون مقدار المجال الكهربائي عندها أكبر ما يمكن في الشكل (أ) .
- ٢- حدد نقطة ينعدم عندها المجال في الشكل (ب) .
- ٣- حدد اتجاه المجال الكهربائي عند النقاط (١)، (٢)، (٣)، في كلا الشكلين .

الحل :

- ١- النقطة (١) . (لان خطوط المجال عندها متقاربة - أقرب الى الشحنة) .
- ٢- النقطة (١) . (لانه لا يمر أي خط مجال في النقطة) .
- ٣- اتجاه المجال يكون باتجاه المماس لخط المجال عند النقطة .

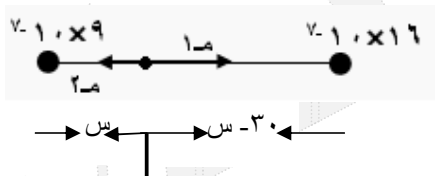


مثال (١٨) :

شحنتان مقدارهما 9×10^{-7} كولوم ، 16×10^{-7} كولوم و المسافة بينهما ٣٠ سم أوجد موضع النقطة التي ينعدم عندها المجال (نقطة التعادل) اذا كانت الشحنتان :

أ- متشابهتان ب- مختلفتان

الحل:



أ - متشابهتان تكون نقطة التعادل محصورة بين الشحنتين وأقرب إلى الأصغر

$$r_1 = r_2$$

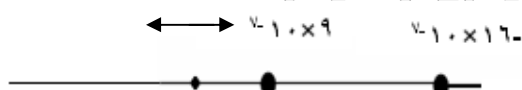
$$\frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{9 \times 10^{-7}}{s^2} = \frac{16 \times 10^{-7}}{(30-s)^2}$$

$$\frac{9}{s^2} = \frac{16}{(30-s)^2} \Rightarrow \frac{3}{s} = \frac{4}{30-s} \Rightarrow 3(30-s) = 4s \Rightarrow 90 - 3s = 4s \Rightarrow 90 = 7s \Rightarrow s = 12.9 \text{ سم}$$

$$s = 12.9 \text{ سم}$$

$$s_3 = s_4 - 90$$

(عن الشحنة الواقعة على اليسار وتبعد ١٧,١ سم عن الشحنة الأخرى) .



أما إذا كانتا الشحنتان مختلفتان فإن نقطة التعادل تقع خارج

المنطقة الواقعة بينهما على امتداد الخط الواقع بينهما عند

الشحنة الأصغر قيمة $r_1 = r_2$

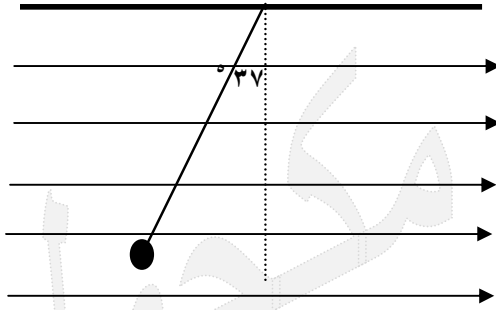
$$\frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{9 \times 10^{-7}}{s^2} = \frac{16 \times 10^{-7}}{(s+30)^2}$$

$$\frac{9}{s^2} = \frac{16}{(s+30)^2} \Rightarrow \frac{3}{s} = \frac{4}{s+30} \Rightarrow 3(s+30) = 4s \Rightarrow 3s + 90 = 4s \Rightarrow 90 = s \Rightarrow s = 90 \text{ سم}$$

$$s_3 = s_4 + 90$$

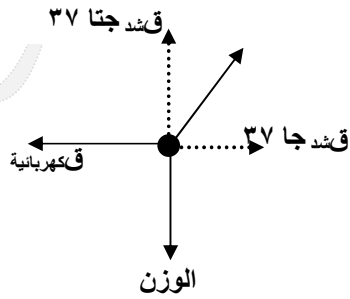
مثال (١٩) :

علقت كرة مشحونة كتلتها ١٠٠ غ، في مجال كهربائي منتظم 3×10^3 نيوتن/كولوم ، فانحرقت عن الوضع الأصلي بزاوية 37° كما في الشكل احسب مقدار شحنة الكرة ونوعها .



الحل :

الجسم متزن ، وبالتالي مجموع القوة المؤثرة عليه صفر
عن طريق تحليل القوى نحصل على



ق. شد جا 37 = ش م (١)

ق. شد جتا 37 = الوزن (٢)

بقسمة المعادله ١ على ٢ وبالتعويض بالقيم

نجد أن ش = ٢,٥ ميكروكولوم ونوعها سالبه .

ملاحظة :

إذا كانت الشحنة سالبة تتحرك بعكس اتجاه المجال الكهربائي

حركة جسم مشحون في مجال كهربائي منتظم :

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

وبما أن المجال ثابت و الشحنة و الكتلة أيضاً كذلك فإن قيمة التسارع لا تتغير على أي نقطة داخل المجال .

$$ق = ك \times ت$$

$$م ش = ك \times ت$$

$$\frac{م ش}{ك} = ت \quad \leftarrow$$

و بالتالي يمكن استخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت:

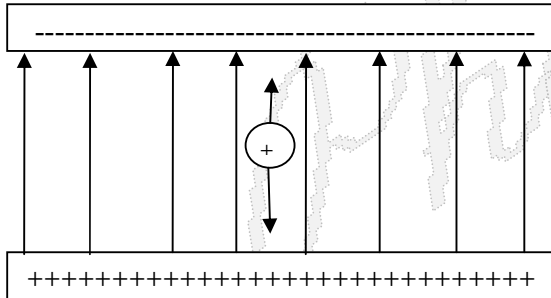
$$٢ع = ١ع + ت ز$$

$$ف = ١ع ز + \frac{٢}{١} ت ز^٢$$

$$٢ع = ١ع + ٢ ت ف$$

مثال (٢٠) :

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



الحل :

$$ك ج = ش م$$

$$\frac{م ش}{ج} = ك \quad \leftarrow$$

$$ك = \frac{١٠ \times ١٠^{-٩} \times ٣}{١٠} = ٣ \times ١٠^{-١٠} \text{ كغ}$$

مثال (٢١) :

- دخل الكترون مجل كهربائي منتظم مقداره 10×10^3 نيوتن / كولوم باتجاه محور السينات السالب بسرعة 10×10^3 م/ث باتجاه المجال، اذا علمت أن كتلة الالكترون 9.1×10^{-31} كغ جد :
- أ- القوة الكهربائية المؤثرة في الالكترون
- ب- تسارع الالكترون
- ج- الزمن اللازم لإيقاف الالكترون في هذا المجال .
- د- المسافة التي يقطعها الالكترون في المجال قبل أن يتوقف (أهمل تأثير الجاذبية الأرضية) .

الحل:

أ- $Q = q = 10 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-16}$ نيوتن، عكس اتجاه المجال

ب- $a = \frac{Q}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-16}}{9.1 \times 10^{-31}} = 1.75 \times 10^{14}$ م/ث^٢

يكون التسارع سالب لان الالكترون ينباطاً (يتحرك عكس اتجاه القوة) .

ج- عندما يتوقف الالكترون تكون سرعته تساوي صفر ($v = 0$) .

$v = 0 = v_0 + at = 10 \times 10^3 - 1.75 \times 10^{14} t = 0 \Rightarrow t = 5.7 \times 10^{-12}$ ث

د- $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 10 \times 10^3 \times 5.7 \times 10^{-12} + \frac{1}{2} \times (-1.75 \times 10^{14}) \times (5.7 \times 10^{-12})^2 = 1.6 \times 10^{-16}$ م

مثال (٢٢) :

- تحرك الكترون من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره $(4 \times 10^3$ نيوتن/كولوم) بالاتجاه الافقي . أهمل تأثير الجاذبية، واحسب سرعة الالكترون بعد قطعه مسافة أفقية مقدارها (٨.٣ مم) .

الحل:

$a = \frac{Q}{m} = \frac{4 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}} = 7 \times 10^{14}$ م/ث^٢

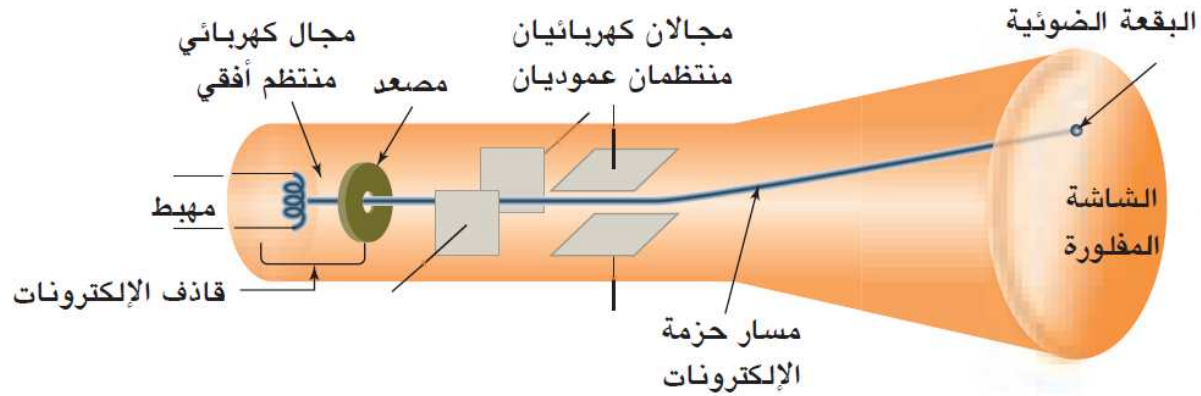
$v^2 = v_0^2 + 2as = 0 + 2 \times 7 \times 10^{14} \times 8.3 \times 10^{-3} = 1.16 \times 10^{12} \Rightarrow v = 1.08 \times 10^6$ م/ث

أهم تطبيقات المجال الكهربائي أنبوب أشعة المهبط والمستخدم في جهاز الحاسوب وجهاز راسم الذبذبات.

أنبوب أشعة المهبط :

حيث تخرج الإلكترونات من الفتيل (المهبط) ويقوم المجال الكهربائي (الأفقي) بتسريع الإلكترونات وإخراجها من ثقب صغير جداً على شكل حزمة .

وبعد ذلك يتم توجيهها يمينا ويساراً ثم إلى أعلى وإلى أسفل بواسطة مجالان كهربائيين منتظمين وعموديين على مسار حزمة الإلكترونات والتحكم بهذه العملية للوصول إلى الشاشة المفلورة والحصول على البقعة الضوئية.



رسم تخطيطي لأنبوب أشعة المهبط.

سؤال :

حدد دور المجالات الكهربائية المنتظمة في تسريع الإلكترونات وتوجيه حركتها داخل الأنبوبة .

الحل :

المجال الكهربائي المنتظم الأفقي يقوم بتسريع الإلكترونات .

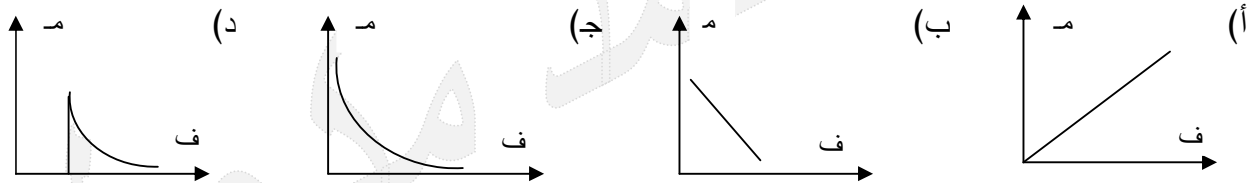
المجالان الكهربائيان المنتظمان العموديان يقومان بتوجيه الإلكترونات .

مسائل :

١- ضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة لكل مما يأتي :

- ١- مقدار القوة الكهربائية (بالنيوتن) المؤثرة في إلكترون يقع في تأثير مجال كهربائي (٢٠٠ نيوتن / كولوم) هي :
(أ) ٨×١٠^{-٢٢} (ب) ٣.٢×١٠^{-٢١} (ج) ٣.٢×١٠^{-١٧} (د) ٦.٤×١٠^{-١٥}

٢- الشكل الذي يوضح العلاقة بين شدة المجال الكهربائي حول شحنة نقطية والبعد عنها هو :



٣- المجال الكهربائي في الحيز بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين مختلفتين يكون :

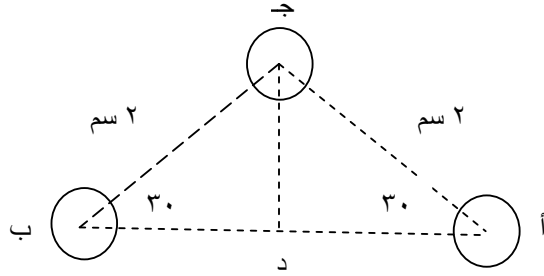
- (أ) صفر
(ب) منتظم في الحيز بين الصفيحتين
(ج) أكبر ما يمكن بالقرب من الصفيحة الموجبة
(د) أكبر ما يمكن في منتصف المسافة بين الصفيحتين
٤- ان وحدة المجال الكهربائي هي :

- (أ) نيوتن . كولوم^٢ (ب) كولوم / نيوتن (ج) نيوتن / كولوم (د) كولوم / م^٢
٥- يتحرك إلكترون بسرعة معينة نحو الشمال ليدخل مجالاً كهربائياً منتظماً اتجاهه نحو الشمال أيضاً، فان هذا الإلكترون سوف :

- (أ) تزداد سرعته (ب) تباطأ
(ج) ينحرف شرقاً (د) يستمر في الحركة شمالاً بالسرعة نفسها
٦- يتحرك بروتون بسرعة معينة نحو الشمال ليدخل مجالاً كهربائياً منتظماً اتجاهه نحو الشمال أيضاً، فان هذا البروتون سوف :

- (أ) تزداد سرعته (ب) تباطأ
(ج) ينحرف شرقاً (د) يستمر في الحركة شمالاً بالسرعة نفسها
٧- المجال الكهربائي الناجم عن شحنة نقطية هو مجال كهربائي :

- (أ) ثابت المقدار والاتجاه (ب) ثابت المقدار ومتغير الاتجاه
(ج) متغير المقدار وثابت الاتجاه (د) متغير المقدار و الاتجاه
٨- إذا تحرك إلكترون وبروتون من حالة السكون بتأثير مجال كهربائي منتظم لفترة زمنية معينة، فانهما يتساويان في :
(أ) المسافة التي يقطعانها (ب) السرعة التي يبلغانها
(ج) التسارع الذي يكتسبانه (د) مقدار القوة التي يتأثران بها



٢- في الشكل المجاور، احسب ما يلي :

١- المجال الكهربائي عند النقطة (د) .

٢- القوة المؤثرة على إلكترون عند وضعه في النقطة (د) .

(ش_أ = ش_ب = ٤ ميكروكولوم ، ش_ج = - ٤ ميكروكولوم)

٣- شحنتين نقطيتين مقدارهما (ش_١ = ٩ ميكروكولوم ، ش_٢ = - ٤ ميكروكولوم) والمسافة بينهما ٤ م ، احسب المجال الكهربائي في نقطة تنصف المسافة بين الشحنتين .

٤- شحنتان نقطيتان (- ٥ × ١٠^{-٦} كولوم ، ١٦ × ١٠^{-٦} كولوم) ، المسافة بينهما ٥ م . احسب المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن الشحنة الأولى مسافة ٣ م ، وعن الشحنة الثانية مسافة ٤ م .

٥- شحنتان نقطيتان ٥ ميكروكولوم ، ٨٠ ميكروكولوم والمسافة بينهما ٢٠ سم . احسب نقطة انعدام المجال

الكهربائي : (١) إذا كانت الشحنتان من نفس النوع .

(٢) إذا كانت الشحنتان مختلفتين في النوع .

٦- بدأ بروتون حركته من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره ٥٠٠ نيوتن / كولوم . فإذا قطع مسافة ٥ سم احسب : (١) تسارع البروتون .

(٢) سرعته بعد قطع المسافة .

٧- يتحرك إلكترون في مجال كهربائي منتظم مقداره (١ × ١٠^٦ نيوتن / كولوم) بسرعة (١.٧٦ × ١٠^٦ م/ث)

إذا علمت أن كتلة الإلكترون (٩.١١ × ١٠^{-٣١} كغ) جد :

(١) القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون .

(٢) تسارع الإلكترون .

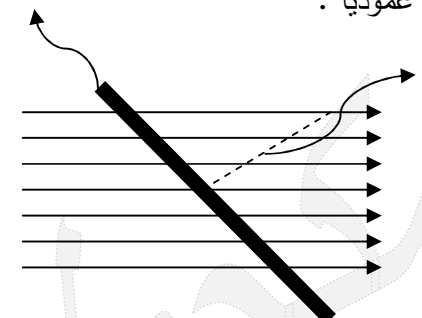
(٣) الزمن اللازم لايقاف الإلكترون في هذا المجال .

(٤) المسافة التي يقطعها الإلكترون في هذا المجال قبل أن يتوقف .

التدفق الكهربائي وقانون غاوس

التدفق الكهربائي:

هو عدد خطوط المجال الكهربائي لكل وحدة مساحة التي تخترق سطحاً ما عمودياً .
ويعبر عنه رياضياً :



$$\Phi = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA \cos \theta$$

حيث أن :

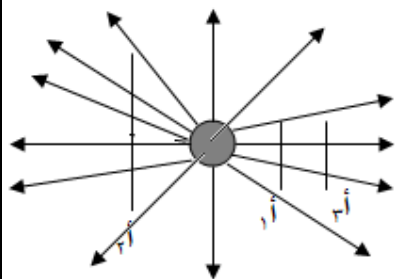
Φ : التدفق الكهربائي (نيوتن.م^٢/ كولوم).

E : المجال الكهربائي (نيوتن/ كولوم).

A : مساحة السطح (م^٢).

θ : الزاوية بين العمودي على السطح و خط المجال الكهربائي.

يعتمد التدفق الكهربائي على عدة عوامل هي :



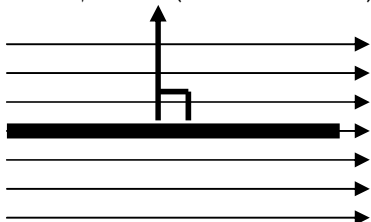
(١) المساحة: كلما زادت مساحة السطح زاد التدفق (طردى).

رغم أن اللوحين A_1 و A_2 على نفس البعد من الشحنة لكن التدفق من السطح $A_1 < A_2$. عدد خطوط التي تعبر $A_1 < A_2$.

(٢) مقدار المجال الكهربائي : كلما زاد مقدار المجال الكهربائي زاد التدفق الكهربائي (طردى) .

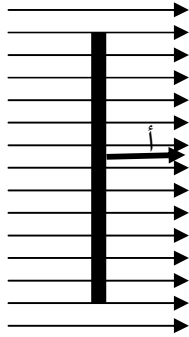
رغم أن مساحة A_1 تساوي مساحة A_2 ، وجد هناك اختلاف في مقدار التدفق وهذا يعود إلى اختلاف قيمة المجال الكهربائي عند كل نقطة .

(٣) الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال والمتجه العمودي على السطح (متجه المساحة) و تقسم كما يلي :



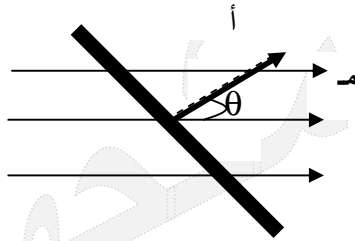
١- إذا كان المجال موازي للسطح $\theta = 90^\circ$.

$\Phi = 0$ المجال لا يخترق السطح



٢- اذا كان المجال عمودي على السطح $\theta = 0$ صفر.

$$\Phi = 0 \text{ م. أكبر قيمة للتدفق}$$

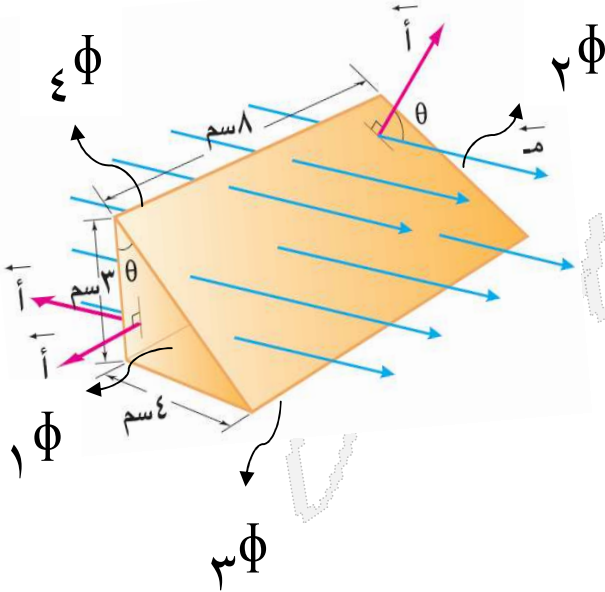


٣- اذا كان المجال يصنع زاوية صفر $0 < \theta < 90^\circ$

$$\Phi = 0 \text{ م. أ جتا } \theta$$

مثال (٢٣) :

في الشكل المجاور، احسب التدفق الكهربائي الكلي عبر السطح المغلق عند وضعه في مجال منتظم مقداره (٦٠٠ نيوتن/كولوم).



الحل :

نعمل على تقسيم الشكل الى خمس أجزاء كما يلي
الجانبين مثلثي الشكل ، القاعدة مستطيلة الشكل
المستطيل المواجه لخطوط المجال ، السطح المائل .

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3 = \Phi_4 = 0 \text{ صفر}$$

$$\text{لان } (\theta = 90^\circ)$$

أي أن خطوط المجال لا تخترق السطح

$$\Phi_5 = 0 \text{ م. أ جتا } \theta \leftarrow \theta = 180^\circ$$

$$\Phi_5 = 0 = 600 \times (0.08 \times 0.03) \times (-1) = -1.44 \text{ نيوتن } \cdot \text{ م}^2 / \text{كولوم}$$

$$\Phi_6 = 0 = 600 \times (0.08 \times 0.05) \times \frac{0.03}{0.05} = 1.44 \text{ نيوتن } \cdot \text{ م}^2 / \text{كولوم}$$

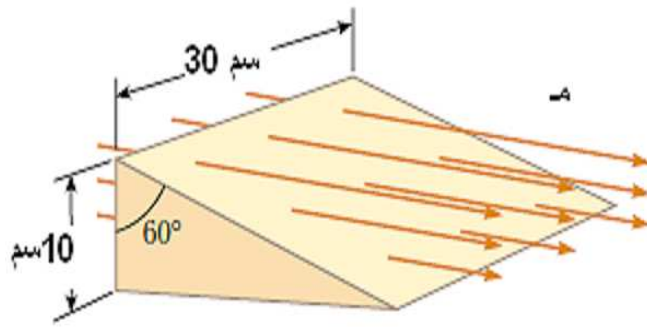
$$\Phi_{\text{الكلي}} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6 = 0 + 0 + 0 + 0 - 1.44 + 1.44 = 0 \text{ صفر}$$

ملاحظة :

التدفق يكون موجب إذا كانت خطوط المجال خارجة من السطح، وسالباً إذا كانت خطوط المجال داخله فيه، وصفرًا إذا كانت خطوط المجال موازية للسطح .

مثال (٢٤) :

في الشكل المجاور أحسب التدفق الكهربائي الكلي على هذا الجسم علماً بأن قيمة المجال الكهربائي $E = 100$ نيوتن/كولوم .

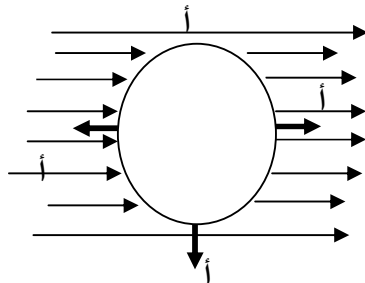


الحل :

مثال (٢٥) :

احسب التدفق الكهربائي الكلي لكرة مغمورة كلياً في مجال كهربائي منتظم لا يحتوي بداخله شحنات

الحل :



للتوضيح سوف نعمل على تجزئة الكرة إلى أربعة أجزاء

$$\Phi_{\text{كلى}} = \Phi_{\text{أيمن}} + \Phi_{\text{أيسر}} + \Phi_{\text{علوي}} + \Phi_{\text{سفلي}}$$

$$= 0 \text{ م.أ.جتاً} + 0 \text{ م.أ.جتاً} + 90 \text{ م.أ.جتاً} + 90 \text{ م.أ.جتاً} = 180$$

$$= 0 \text{ م.أ.} - 0 \text{ م.أ.} = 0$$

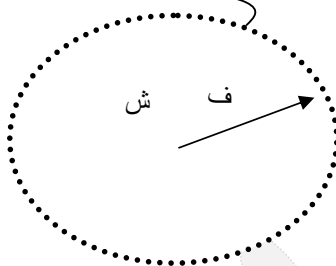
واستفاد العالم غاوس من مفهوم التدفق الكهربائي في استنباط قانون جديد للتدفق الكهربائي يعتمد على مقدار الشحنة

الكهربائي كما يلي:

نفترض أن السطح المغلق يحتوي بداخله شحنة (ش)

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

سطح غاوس



$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E \cos \theta dA$$

قانون غاوس

$$\oint \frac{\vec{E} \cdot d\vec{A}}{\epsilon_0} = \Phi$$

نص قانون غاوس :

التدفق الكهربائي عبر أي سطح مغلق يساوي مقدار الشحنة الكلية المحصورة داخل السطح مقسوما على السماحية الكهربائية للوسط .

مثال (٢٦) :

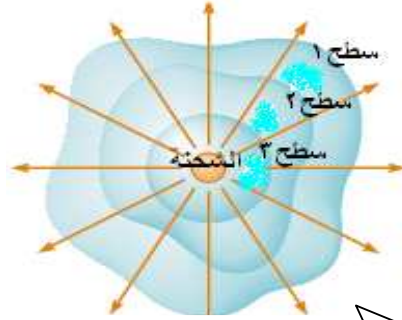
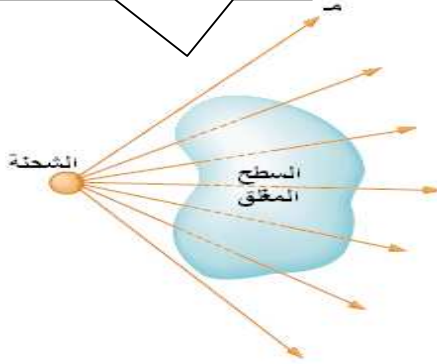
الشحنات الاتية موجودة داخل سطح مغلق: (٥ ، -٨ ، ٢٤ ، -٧٥) ميكروكولوم. فما التدفق الكهربائي عبر هذا السطح ؟ قارن عدد خطوط المجال التي تدخل السطح بتلك التي تخرج منه .

الحل :

$$\Phi = \oint \frac{\vec{E} \cdot d\vec{A}}{\epsilon_0} = \frac{10^{-6} \times (5 - 8 + 24 - 75)}{8.85 \times 10^{-12}} = \frac{10^{-6} \times (-54)}{8.85 \times 10^{-12}} = -6.1 \times 10^4 \text{ نيوتن } \cdot \text{م}^2 / \text{كولوم}$$

عدد الخطوط الداخلة أكثر من عدد الخطوط الخارجة ، لأن مقدار الشحنة السالبة أكبر من مقدار الشحنة الموجبة

لا يوجد شحنات كهربائية داخل هذا السطح
التدفق الكهربائي يساوي صفر



التدفق على جميع الأسطح متساو لأنها
تحتوي على نفس قيمة الشحنة

وبشكل عام:

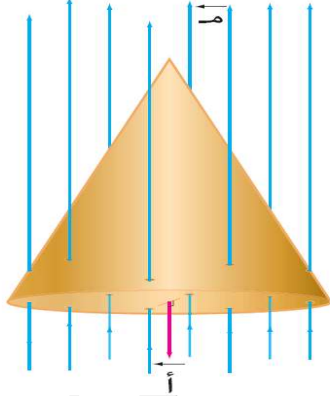
تدفق الخطوط الداخلة
سالب

تدفق الخطوط الخارجة
موجب

- ١ - عدد خطوط المجال الكهربائي الخارجة من السطح يساوي عدد خطوط المجال الكهربائي الداخلة في السطح فإن التدفق الكلي على السطح يساوي صفر .
- ٢ - التدفق الكلي لجسم مغمر كلياً في مجال كهربائي منتظم لا يحتوي بداخله شحنات يساوي صفر .
- ٣ - عدد خطوط المجال الكهربائي الخارجة أكبر من عدد خطوط المجال الكهربائي الداخلة فإن التدفق الكهربائي الكلي موجب .
- ٤ - عدد خطوط المجال الكهربائي الداخلة أكبر من عدد خطوط المجال الكهربائي الخارجة فإن التدفق الكهربائي الكلي سالب .

مثال (٢٧) :

مخروط دائري قائم نصف قطر قاعدته (١ سم) يخترقه مجال كهربائي منتظم (٤٠٠ نيوتن / كولوم) عمودياً على قاعدته نحو الأعلى، كما في الشكل المجاور . فما التدفق الكهربائي عبر السطح المخروطي للمخروط ؟
الحل :



طريقة ايجاد المجال الكهربائي عن طريق استخدام قانون غاوس :

- (١) نفرض سطح ما ((سطح غاوس الوهمي)) بحيث يكون حدود السطح عند النقطة المراد حساب المجال الكهربائي و تحيط بالشحنة بشكل تام .
- (٢) تطبيق العلاقة التالية:

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}$$

حيث أن (أ) مساحة سطح غاوس الافتراضي

- (٣) الأخذ بعين الاعتبار التوزيعات المتصلة للشحنات الكهربائية لأنه في الغالب نلجأ للتعبير عن المجال الكهربائي بدلالاتها والتي هي على النحو الآتي:

(أ) توزيع طولي (λ) : هي كمية الشحنة لكل وحدة طول .

$$\lambda = \frac{Q}{L} \quad (\text{كولوم / متر}) \quad \text{حيث أن } L : \text{طول الموصل .}$$

(ب) توزيع السطحي (σ) : هي كمية الشحنة لكل وحدة مساحة .

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad (\text{كولوم / متر}^2) \quad \text{حيث أن } A : \text{مساحة سطح الموصل .}$$

(ج) توزيع حجمي (ρ) : هي كمية الشحنة لكل وحدة حجم .

$$\rho = \frac{Q}{V} \quad (\text{كولوم / متر}^3) \quad \text{حيث أن } V : \text{حجم الشحنة الكلية .}$$

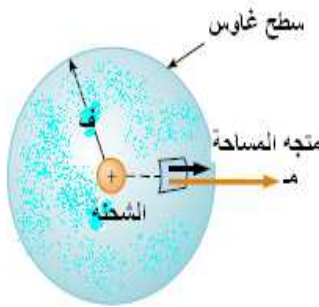
ملاحظة مهمة جداً:

يستخدم قانون غاوس لحساب المجال الكهربائي الناتج عن توزيعات متصلة للشحنات الكهربائية عالية التماثل مثل كرات مشحونة بانتظام ، اسلاك لانهاية الطول و سطوح مستوية ذات مساحة غير محدودة.
شروط استخدام قانون غاوس:

- ١- أن يكون السطح الافتراضي على بعد من الشحنة مساوٍ لبعد النقطة المراد حساب المجال الكهربائي عندها وأن يكون هذه السطح مغلق وذو تماثل هندسي عالي مع توزيع الشحنات على سطح الجسم المشحون.
- ٢- أن يكون توزيع الشحنات الكهربائية متصل وعالية التماثل.

مثال (٢٨):

باستخدام قانون غاوس ، جد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (ف) عن شحنة نقطية (ش) .



$$\text{الحل : } \frac{\text{ش}}{\epsilon} = \text{م أجتا } \theta$$

$$\frac{\text{ش}}{\epsilon} = \text{م } (\pi \text{ ف}^2) \text{ جتا صفر}$$

$$\frac{\text{ش}}{\text{ف}^2} = \frac{1}{\epsilon \pi}$$

ونلاحظ من هنا أن هذه النتيجة مطابقة تماماً لقانون كولوم ويعتبر قانون غاوس أعم من قانون كولوم

ملاحظة :

تمتاز الموصلات بأنها تحتوي على شحنات حرة، تتحرك في الموصل بحركة عشوائية ونتيجة لقوى التنافر الكهروسكونية بين الشحنات تتوزع الشحنات على سطح الموصل (مستوى الاستقرار) أي توجد شحنات على سطح الموصل (القشرة الفلزية الرقيقة) وتتوزع على سطحه بترتيب معين.

مثال (٢٩) :

موصل كروي نصف قطره (نق) مشحون بشحنة كهربائية (ش) ، احسب المجال الكهربائي في نقطة تبعد (ف) عن

مركز الموصل، بحيث :

أ- ف < نق .

ب- ف > نق .

الحل :

مثال (٣٠) :

كرة غير موصلة موضوعة في الهواء ، نصف قطرها نق و مشحونة بشحنة كهربائية ش تتوزع بانتظام داخل الكرة .
جد المجال الكهربائي في نقطة تبعد مسافة ف عن مركز الكرة ، اذا كانت :

١- ف < نق

٢- ف > نق

$$\text{الحل : } \quad \text{م أ جتا } \theta = \frac{\text{ش}}{\epsilon}$$

$$\text{م (} \epsilon \pi \text{ ف } ^2 \text{) جتا صفر} = \frac{\text{ش}}{\epsilon}$$

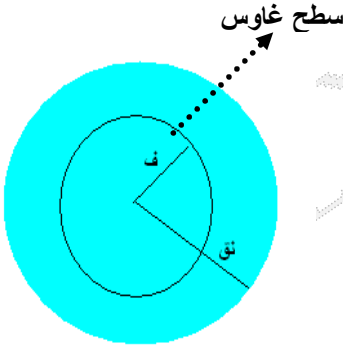
$$\text{م} = \frac{\text{ش}}{\text{ف}^2} \frac{1}{\epsilon \pi}$$

ونلاحظ من هنا أن هذه النتيجة مطابقة تماماً لقانون كولوم عندما اعتبر أن التعامل مع الكرات لإيجاد المجال خارجها وكأنها شحنة نقطية تتركز في مركز الكرة .

٢ -

ف > نق

$$\text{الحل : } \quad \text{م أ جتا } \theta = \frac{\text{ش}}{\epsilon} \quad (١) \dots \dots \dots$$



حيث أن ش هي الشحنة المحصورة داخل سطح غاوس الافتراضي والمرسوم عند النقطة المراد حساب المجال الكهربائي عندها ولكننا سوف نقوم بالتعبير عن المجال الكهربائي داخل هذه الكرة بدلالة شحنتها الكلية ونصف قطرها وبعد النقطة ف (علاقة عامة) . وحتى نقوم بذلك يجب

أن نجد مخرجاً للتعبير عن الشحنة الجزئية بدلالة الشحنة الكلية عن طريق مفهوم الكثافة الحجمية المنتظمة للشحنات حيث أن كثافة الشحنات على حجم غاوس هو نفسه على حجم الكرة بما أنها منتظمة . وبالتالي :

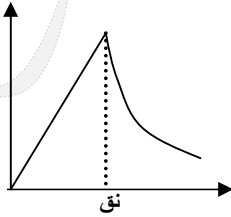
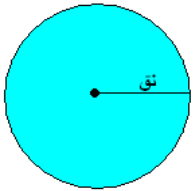
$$\rho_{\text{حجم غاوس}} = \rho_{\text{حجم الكرة}}$$

$$\frac{\text{ش}}{\text{حكلي}} = \frac{\text{ش}}{\text{ح غاوس}} \quad \leftarrow \quad \frac{\text{ش}}{\epsilon \pi \text{ ف}^2} = \frac{\text{ش}}{\epsilon \pi \text{ نق}^2}$$

أن ش / = ش ف^٣ / نق^٣ بالتعويض في العلاقة ١ نحصل على

$$\frac{\text{ش ف}^2}{\epsilon \text{ نق}} = \text{م (} \pi \text{ ف}^2 \text{) جتافر}$$

$$\text{م} = \left(\frac{\text{ش}}{\text{نق}^3} - \frac{1}{\epsilon \pi \text{ ف}^2} \right) \text{ ف}$$

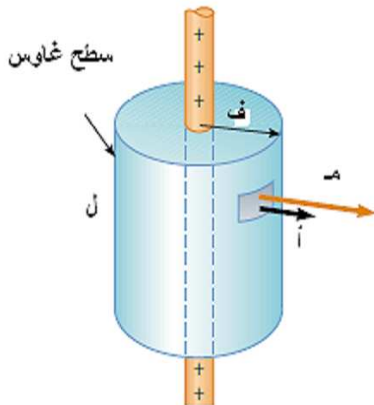


الشكل يمثل العلاقة بين المجال الكهربائي الناتج عن كرة غير موصلة وبعد النقطة ف عن مركز الكرة .

وهي علاقة خطية من الدرجة الأولى بين المجال المؤثر في وحدة الشحنات والمسافة التي تبعد فيها عن مركز الكرة حيث أن المقدار داخل القوس قيمة ثابتة . وتمثل هذه العلاقة علاقة عامة لإيجاد المجال الكهربائي كرة مشحونة تتوزع الشحنة على حجمها بانتظام، فكلما ازدادت المسافة ف ازدادت قيمة المجال داخل الكرة إلى أن يبلغ قيمته العظمى عند سطح الكرة وبعد ذلك يتناقص بشكل تربيعي خارج الكرة. والشكل المجاور يوضح هذه العلاقة .

مثال (٣١) :

سلك مستقيم لا نهائي الطول و مشحون بشحنة موجبة موزعة بانتظام على طوله و بكثافة طولية (λ) ، علما بأن (λ) هي الشحنة لوحدة الاطوال. جد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن محور السلك مسافة ف .
الحل :



كما نلاحظ من الشكل أن التدفق الكهربائي يكون فقط على المساحة الجانبية للإسطوانة، لأن التدفق الكهربائي على القاعدتين يساوي صفر (بسبب أنه لا يوجد أي خط مجال قطع وحدة المساحة في القاعدتين ومن لغة رياضية نقول أن الزاوية بين متجه المساحة والمجال الكهربائي تساوي ٩٠ درجة بالتالي جتا ٩٠ = صفر)

$$\text{م أ جتا} \theta = \frac{\text{ش}}{\epsilon}$$

المساحة الجانبية للأسطوانة
= محيط القاعدة × الارتفاع

$$\frac{\lambda L}{\epsilon} = \text{م (} \pi^2 \text{ ف ل) جتا صفر}$$

$$\frac{\lambda}{\text{ف}} = \frac{1}{\epsilon \pi^2}$$

$$9 \times 10^{-9} = \frac{1}{\epsilon \pi^2}$$

مثال (٣٢):

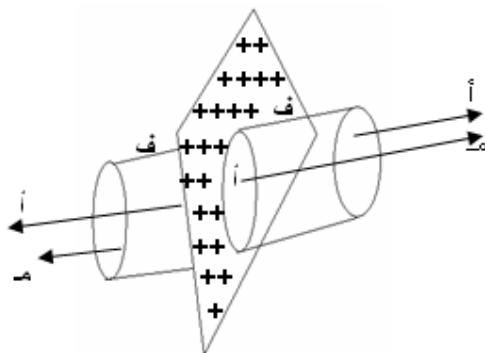
احسب المجال الكهربائي لسلك لانهائي الطول مشحون في نقطة تبعد عن محوره مسافة = ١٠ سم ، علماً بان كثافة الشحنة الطولية تساوي ٥ ميكروكولوم / م .
الحل:

مثال (٣٣) :

صفيحة رقيقة غير موصلة مسوية وواسعة جدا (لانهاية الابعاد) مشحونة بشحنة موجبة موزعة بانتظام على مساحة الصفيحة و كثافة سطحية (σ) حيث σ هي الشحنة لكل وحدة مساحة. جد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن الصفيحة مسافة f .

الحل:

يكون التدفق هنا فقط على القاعدتين (التدفق على المساحة الجانبية للإسطوانة صفر لماذا؟؟)



$$\sum \vec{E} \cdot \vec{A} = \frac{Q_{ش}}{\epsilon}$$

$$\vec{E} \cdot \vec{A} = \frac{\sigma A}{\epsilon} \quad (\text{أ}) \quad \text{جنا صفر} = \frac{\sigma A}{\epsilon}$$

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

سؤال :

ان المجال الكهربائي عند أي نقطة بالقرب من الصفيحة الرقيقة، لا يعتمد على بعد النقطة عن الصفيحة، هل يعني هذا أن المجال منتظم في هذه الحالة ؟ ناقش ذلك .

الحل :

نعم ، لان المجال لا يعتمد على بعد النقطة عن الصفيحة وبذلك نثبت أن المجال هو مجال كهربائي منتظم .

مثال (٣٤) :

إذا كان المجال الكهربائي بالقرب من صفيحة مشحونة لا نهائية الأبعاد (٥٠٠ نيوتن / كولوم) وكان اتجاه هذا المجال نحو الصفيحة، فما كثافة الشحنة السطحية على الصفيحة ؟

الحل :

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \leftarrow \quad \sigma = \epsilon E = 8.85 \times 10^{-12} \times 500 = 4.425 \times 10^{-9} \text{ كولوم/م}^2$$

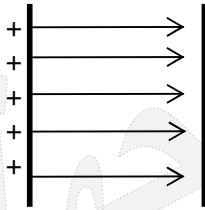
ان الكثافة السطحية تكون ساب لان خطوط المجال نحو الصفيحة ($\sigma = - 4.425 \times 10^{-9} \text{ كولوم / م}^2$)

مثال (٣٥):

احسب مقدار المجال الكهربائي و اتجاهه عند نقطة تقع في الحيز بين لوحين فلزيين متوازيين مشحونين بشحنتين متساويتين و مختلفتين في النوع .

الحل:

عند وضع شحنة اختبار صغيرة موجبة في المنطقة بين اللوحين سوف تتأثر بقوة كهربائية كما في الشكل المجاور . وتنتج هذه القوة عن محصلة مجالين كهربائيين من الصفيحتين بنفس الإتجاه



$$\frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\sigma}{\epsilon_2} + \frac{\sigma}{\epsilon_2} = \sigma$$

وهنا نلاحظ كما ذكرنا سابقاً أن المجال الكهربائي يكون منتظماً ولكن يبقى شذوذ عند الأطراف لأنها محدودة الأبعاد.

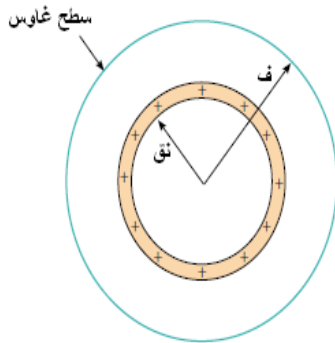
مثال (٣٦):

قشرة كروية فلزية رقيقة الشكل نصف قطرها (نق) وتحمل شحنة (ش) موزعة على سطحها بانتظام. اوجد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن مركز الموصل مسافة (ف) حيث:

أ- ف < نق

ب- ف > نق

ج- ف = نق



الحل : أ- ف < نق .

نختار سطح غاوسي (افتراضي) عند النقطة المراد حساب المجال الكهربائي عندها وهو سطح كروي متحد مع مركز القشرة الكروية

$$\frac{ش}{\epsilon} = \theta \text{ أ جتا}$$

$$\frac{ش}{\epsilon} = (\pi f^2) \text{ جتا صفر}$$

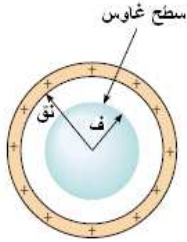
$$\frac{ش}{f^2} = \frac{1}{\epsilon \pi}$$

ونلاحظ من هنا أن هذه النتيجة مطابقة تماماً لقانون كولوم عندما اعتبرنا تعامل مع الكرات لإيجاد المجال خارجها وكأنها شحنات نقطية تتركز في مركز الكرة .

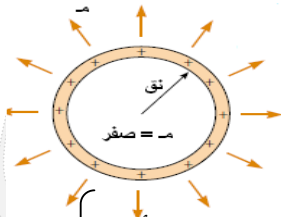
وبشكل عام عند حساب المجال الكهربائي خارج كرة (موصلة أو عازلة) نتعامل معها وكأنها شحنة نقطية

ب- فحق

داخل الموصل نختار سطح غاوسي افتراضي وهو سطح كروي متحد مع مركز الكرة



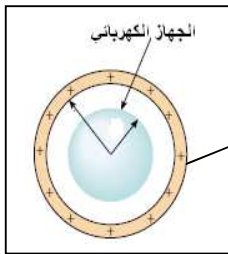
الحل : $\frac{ش}{\epsilon} = \theta \text{ جتا}$



ب- $\frac{\text{صفر}}{\epsilon} = \theta \text{ جتا صفر}$ ($\epsilon \pi \text{ ف}^2$)
لا يوجد شحنات داخل الموصل
 $\theta = \text{صفر}$

وهي نتيجة عامة لجميع أنواع الموصلات مهما كان شكلها تذكر عزيزي الطالب أن المجال داخل أي موصل يساوي صفر

ونلاحظ من النتيجة السابقة والشكل المجاور أن خطوط المجال لا تخترق جسم الموصل ومن هنا نجد أنه يمكن استخدام الموصل درع وقاية وحماية للأجهزة الحساسة

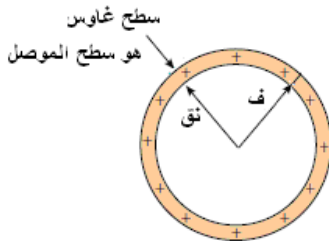


درع حماية ووقاية

ممن المجالات الكهربائية الخارجية وذلك عن طريق وضعها داخلها .

ج- ف=نق

$\frac{ش}{\epsilon} = \theta \text{ جتا}$



ب- $\frac{\text{ش}}{\epsilon} = \theta \text{ جتا صفر}$ ($\epsilon \pi \text{ ف}^2$)

$\frac{ش}{\epsilon \pi \text{ ف}^2} = \frac{1}{\text{نق}^2}$

ونلاحظ من هذه النتيجة أن أكبر قيمة للمجال الكهربائي تكون على سطح الموصل

مسائل :

(١) الشحنات الاتية موجودة داخل سطح مغلق (٥ ميكروكولوم، -٩ ميكروكولوم، ٢٧ ميكروكولوم، -٨٤ ميكروكولوم ما التدفق الكلي عبر السطح؟

(٢) إذا علمت أن التدفق الكهربائي عبر سطح مغلق يساوي (+ ٨.٨٥ × ١٠^{-٦}) نيوتن . م^٢ / كولوم أجب عما يأتي:

أ- ما المعنى الفيزيائي للإشارة الموجبة للتدفق .

ب- احسب مجموع الشحنة الكهربائية داخل السطح المغلق .

(٣) إذا علمت أن التدفق الكهربائي عبر سطح ورقة موضوعة على نحو معامد لمجال كهربائي منتظم هو (٢٥ نيوتن . م^٢ / كولوم)، فكم يكون التدفق الكهربائي عبر الورقة إذا أميلت بزاوية (٦٠ °) .

(٤) وضعت شحنة نقطية (٥ ميكروكولوم) في مركز مكعب، ما التدفق الكهربائي عبر أحد أوجه المكعب .

(٥) كرة موصلة نصف قطرها ٤ سم موضوعة في الهواء إذا كان التدفق الكهربائي عبرها (- ١٠ × ٥^٢ نيوتن . م^٢ / كولوم) أوجد الكثافة السطحية للشحنة .

(٦) مكعب طول ضلعه ١٠ سم ومغمور في مجال كهربائي مقداره ١٠٠ نيوتن/كولوم ، وباتجاه محور السينات السالب، احسب التدفق الكهربائي عبر كل سطح منه؟ ثم احسب التدفق الكهربائي الكلي عبر المكعب؟

(٧) اثبت أن المجال على سطح أي موصل مهما كان شكله يعطى بالعلاقة ($\sigma = \epsilon \cdot E$) .

(٨) كرة غير موصلة موضوعة في الهواء ، نصف قطرها نق ومشحونة بشحنة كهربائية ش تتوزع بانتظام داخل الكرة . أثبت أن المجال الكهربائي في نقطة تبعد مسافة ف عن مركز الكرة بالعلاقة التالية :

$$E = \frac{p_{\text{نق}}}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{حيث أن } F < \text{نق}$$

٩) كرة غير موصلة موضوعة في الهواء ، نصف قطرها نق و مشحونة بشحنة كهربائية ش تتوزع بانتظام داخل الكرة. أثبت أن المجال الكهربائي في نقطة تبعد مسافة ف عن مركز الكرة بالعلاقة التالية :

$$E = \frac{\rho_f}{\epsilon_0} \quad \text{حيث أن ف حق}$$

١٠) كرة غير موصلة موضوعة في الهواء، نصف قطرها نق و مشحونة بشحنة كهربائية ش تتوزع بانتظام داخل الكرة. أثبت أن المجال الكهربائي على سطح الكرة يعطى بالعلاقة التالية :

$$E = \frac{\rho_{نق}}{\epsilon_0}$$

١١) موصل كروي نصف قطره (نق) مشحون بشحنة موجبة وموزعة عليه بانتظام بكثافة شحنات سطحية σ (كولوم/م^٢) أثبت أن المجال الكهربائي عند النقطة التي تبعد مسافة نق عن مركز الموصل يعطى بالعلاقة التالية

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

١٢) كرة غير موصلة نصف قطرها (نق) ومشحونة بشحنة سالبة موزعة عليها بانتظام اثبت ان المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن مركز الكرة مسافة ٣ نق يعطى بالعلاقة التالية :

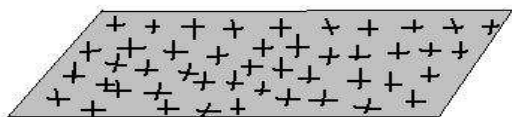
$$E = \frac{\rho_{نق}}{\epsilon_0}$$

١٣) يبين الشكل المجاور كرة صغيرة الحجم خفيفة ومن مادة غير موصلة ومشحونة ، وزنها في الهواء ٠.٠٠٣ نيوتن ، إترنيت في الهواء فوق مركز صفيحة أفقية غير موصلة مستوية ورقيفة وواسعة جداً ، ومشحونة بشحنة موجبة موزعة عليها بانتظام ، وبكثافة سطحية تساوي ١٧.٧ × ١٠^{-٦} كولوم/ م^٢ ، إحسب ما يلي :

أ- مقدار المجال الكهربائي المؤثر في الكرة ؟

ب - مقدار ونوع شحنة الكرة ؟

(بإهمال قوة الطفو في الهواء)



الجهد الكهربائي

إن مجموع الطاقة الميكانيكية في أي نظام محافظ عبارة عن طاقة حركية بالإضافة الى طاقة وضع تختزن في النظام فعند رفع كتلة إلى ارتفاع معين فاننا نبذل شغل ضد قوة الجاذبية الارضية ضمن مجالها و يختزن داخل النظام (كتل) طاقة وضع و تظهر هذه الطاقة على شكل طاقة حركية عند عودته عند موضع الاتزان (سطح الارض) .

و بالمقارنة مع النظام الكهربائي فاننا نحتاج لنقل أي جسم مشحون في منطقة المجال الكهربائي شغل ضد القوة الكهربائية (المنطقة التي يؤثر بها المجال الكهربائي على الشحنات الكهربائية) وهذا الشغل يختزن على شكل طاقة وضع كهربائية أثناء وجود الشحنة في موضعها .



إذا أردنا نقل الشحنة الموجبة من موضعها (د) إلى النقطة (ب) كما في الشكل المجاور، فإن الشحنة سوف تتعرض لقوة تتأفر كهربائية ضمن مجال الشحنة ش، لذا لكي نضمن وصول الشحنة من النقطة (د) إلى النقطة (ب) بسرعة ثابتة

(دون تغير في الطاقة الحركية حتى نضمن أن يكون جميع الجهد الكهربائي المراد حسابه عند النقطة ب على شكل طاقة وضع كهربائية كما هو موضح سابقاً) يجب بذل شغل عليها بفعل قوة خارجية تكون مساوية للقوة الكهربائية مقدراً وتعاكسها في الإتجاه. ويختزن هذا الشغل في الشحنة المنقولة على شكل طاقة وضع كهربائية أثناء وجود الشحنة في موضعها مع

ملاحظة :

١- أن مقدار هذا الشغل المبذول على الشحنة لا يعتمد على المسار المتبع للوصول من النقطة د إلى النقطة ب بل يعتمد على موضع النقطة د و موضع النقطة ب بالنسبة للشحنة المولدة للمجال الكهربائي.

٢- إشارة الشغل المبذول على الشحنة المنقولة داخل منطقة المجال الكهربائي تعتمد على عدة عوامل منها:
١- إشارة الشحنة المنقولة.

٢- إشارة الشحنة المولدة للمجال الكهربائي (أو إتجاه المجال الكهربائي بالنسبة لحركة هذه الشحنة).

٣- بالإضافة إلى نقطة بداية إنطلاق الشحنة ونقطة الوصول وليس مسارها.

تذكرة:

- ١- الشغل الميكانيكي = القوة المسببة لهذا الشغل. اتجاه الإزاحة بين نقطتي البداية والنهاية وبصيغة رياضية : الشغل = ق ف جتا θ
 - ٢- إذا الشغل مبذول من النظام تكون إشارة الشغل موجبة (اتجاه القوة مع اتجاه الإزاحة).
 - ٣- إذا الشغل مبذول على النظام تكون إشارة الشغل سالبة (اتجاه القوة عكس اتجاه الإزاحة).
 - ٤- مبرهنة الشغل والطاقة
- الشغل = مجموع الطاقة الميكانيكية $\Delta ط + \Delta ط$

جهد نقطة ما :

هو الشغل المبذول من قبل قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الكهربائية من المالا لنهاية إلى تلك النقطة بسرعة ثابتة؛ بحيث لا تتغير الطاقة الحركية للشحنة .
(أي أن القوة الخارجية تساوي القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الكهربائية وتعاكسها بالإتجاه).

لحساب جهد نقطة ما في منطقة مجال كهربائي:

- ١- نختار نقطة مرجعية تكون طاقة وضعها صفر (في المالا لنهاية) (أو جهدا صفر)
- ٢- ننقل شحنة كهربائية من تلك النقطة المرجعية ويكون مقدار الشغل المبذول في نقل وحدة الشحنة الكهربائية من المالا لنهاية إلى هذه النقطة (المُراد حساب الجهد عندها) بسرعة ثابتة هو مقدار طاقة الوضع الكهروستاتيكية
- ٣- وبالتالي يمكن حساب الجهد الكهربائي عند هذه النقطة عن طريق قسمة طاقة الوضع الكهروستاتيكية على وحدة الشحنات المنقولة.

$$\text{الشغل}_{\infty \leftarrow} = \text{ش} \text{منقولة} (ج \rightarrow - ج \leftarrow)$$

ويختزن هذا الشغل في النظام على شكل طاقة وضع كهروستاتيكية.

ولقد تم فرض جهد النقطة التي تقع في المالا لنهاية يساوي صفر (لأنها تكون بعيدة عن مصدر الشحنات)

$$\text{الشغل}_{\infty \leftarrow} = \text{ش} \text{منقولة} ج \rightarrow = ط \rightarrow$$

وحدة قياس الجهد الكهربائي:

$$[\text{الجهد}] = \frac{[\text{الشغل}]}{[\text{الشحنة}]} \leftarrow \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}} = \text{فولت}$$

ملاحظات مهمة جداً:

- ١- الجهد الكهربائي عبارة عن كمية قياسية تحدد بمقدار فقط.
- ٢- عزيزي الطالب يجب تعويض إشارة الشحنة عند حساب الجهد (سواءً أكانت الشحنة المنقولة أو الشحنة المولدة للمجال).

سؤال :

ماذا نعني بقولنا إن الجهد عند نقطة هو ٥ فولت ؟

الحل :

أي أن شغلاً مقداره (٥ جول) يبذل من قبل قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من المالا نهائية إلى تلك النقطة بسرعة ثابتة .

سؤال :

لماذا يكون جهد نقطة في المالا نهائية يساوي صفر ؟

لان المجال الكهربائي لا يؤثر في شحنة اختبار موضوعة عندها بأي قوة كهربائية، أي أن طاقة الوضع تكون صفر.

فرق الجهد الكهربائي :

هنا لا نحتاج إلى توضيحات أخرى لكن بدل من نقل الشحنة من المالا نهائية إلى نقطة نستطيع حساب الجهد عند سوف ننقل الشحنة بين نقطتين تكون قيمة الجهد عندهما معروفة .

لو أردنا نقل شحنة من أ إلى ب

$$\text{الشغل} \text{ أ} \rightarrow \text{ب} = \text{ش} \text{ منقولة } (\text{ج ب} - \text{ج أ}) = (\text{ط ب} - \text{ط أ})$$

طريقة الحل المسائل الحسابية على الجهد الكهربائي بشكل عام:

- ١- لإيجاد الشغل اللازم لنقل شحنة كهربائية من نقطة إلى أخرى داخل منطقة مجال كهربائي معين فإننا نقوم أولاً بتحديد نقطتي البداية والنهاية ثم حساب فرق الجهد الكهربائي بين هاتين النقطتين (ج نهائي - ج ابتدائي) ثم نقوم بضرب القيمة الناتجة بالشحنة الكهربائية المنقولة. ويكون مقدار هذا الشغل ماو لمقدار التغير في طاقة الوضع الكهروستاتيكي

حسب العلاقة الرياضية التالية:

$$\text{الشغل} \text{ بداية} \rightarrow \text{نهاية} = \text{ش} \text{ منقولة } (\text{ج نهاية} - \text{ج بداية}) = (\text{ط ب} - \text{ط أ})$$

٢- لإيجاد طاقة وضع شحنة معينة في نقطة معينة نقوم بحساب الجهد الكهربائي عند هذه النقطة بفعل المجال الكهربائي من الشحنات الكهربائي المحيطة وضرب هذه القيمة بمقدار الشحنة الموضوعه في هذه النقطة حسب العلاقة الرياضية التالية:

$$ط أ = ش \cdot منقولة ج أ$$

٣- حساب فرق الجهد الكهربائي يعتمد على قيمة المجال ونوعه .

٤- تثبيت القيم بالأرقام مع وحدات القياس الفيزيائية .

مثال (٣٧) :

بالاعتماد على الشكل التالي :

أجب عما يأتي :

١- أيهما أعلى جهد أ أم ب ؟

٢- ما اشارة الشغل اللازم لنقل شحنة موجبة من أ ← ب ؟ أو إشارة التغير في طاقة الوضع؟

٣- ما اشارة الشغل اللازم لنقل شحنة سالبة من ب ← أ ؟ أو إشارة التغير في طاقة الوضع؟

الحل :

١- (أ)

٢- (سالب) ويمكن تفسير ذلك بعدة طرق منها:

لأن جهد النقطة أ أعلى من جهد النقطة ب حيث الشغل = ش · منقولة (ج ب - ج أ) كمية سالبة .

من مفهوم فرق الجهد الكهربائي هو الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات الكهربائية من أ إلى ب، فعند نقلنا

شحنة موجبة من أ إلى ب سوف تتسارع هذه الشحنة بفعل قوة التنافر الكهربائية لكن لنضمن نقل الشحنة

بسرعة ثابتة يجب التأثير على الشحنة بقوة خارجية إتجاهها من ب إلى أ . فتكون إتجاه القوة عكس اتجاه

الإزاحة (الشغل على النظام).

٣- (سالب) حاول أن تفسرها اعتماداً على ما سبق.

مثال (٣٨) :

بالاعتماد على الشكل التالي :

١- أيهما أعلى جهد أ أم ب ؟

٢- ما اشارة الشغل اللازم لنقل شحنة موجبة من أ ← ب ؟ أو إشارة التغير في طاقة الوضع؟

٣- ما اشارة الشغل اللازم لنقل شحنة سالبة من ب ← أ ؟ أو إشارة التغير في طاقة الوضع؟

الحل :

١- (ب) ٢- (موجب) ٣- (موجب)

مثال (٣٩) :

احسب الشغل اللازم لنقل شحنة نقطية موجبة مقدارها ٤ ميكروكولوم من النقطة أ الى النقطة ب
(ج أ = ٤٠ فولت ، ج ب = ٦٠ فولت) .

الحل:

$$\text{الشغل أ ← ب} = \text{ش (ج ب - ج أ)} \quad \leftarrow \quad \text{الشغل أ ← ب} = ١٠ \times ٤^{-٦} = (٦٠ - ٤٠)$$

$$\text{الشغل أ ← ب} = ١٠ \times ٨^{-٥} \text{ جول}$$

مثال (٤٠) :

شحنة كهربائية ٢×١٠^{-٨} كولوم، موضوعة عند النقطة (أ) التي جهداها ٥ فولت، جد ما يأتي:

١- طاقة الوضع الكهربائية للشحنة .

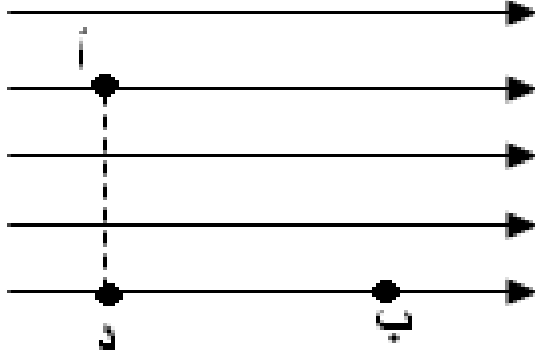
٢- الشغل اللازم لنقل الشحنة من موقعها عند (أ) إلى النقطة (ب) التي جهداها ١٢ فولت .

٣- التغير في طاقة وضع الشحنة عند نقلها من (أ) إلى (ب) .

الحل :

فرق الجهد الكهربائي في مجال منتظم :

إذا وضعت شحنة كهربائية في مجال منتظم فإنها تتجز شغل بفعل القوة الكهربائية و بالتالي تتسارع الشحنة .
أما إذا أردنا تحريك الشحنة بسرعة ثابتة فإننا نحتاج الى شغل ضد القوة الكهربائية .



لو أردنا نقل شحنة من ب ← أ

الشغل ب ← أ = ش ج ب

الشغل ب ← أ = ق خ ف أ ب جتا θ

ولكن ق خارجية = ق كهربائية

ش ج = م ش ف جتا θ

ج ب = م ف أ ب جتا θ

حيث:

Δ ج: فرق الجهد (فولت).

م: المجال الكهربائي (نيوتن/كولوم) .

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

θ : الزاوية بين ($\vec{M}$ و $\vec{F}$) .

طريقة حل المسائل على ايجاد فرق الجهد الكهربائي في منطقة المجال الكهربائي المنتظم:

١- التأكد من السؤال أن المنطقة المراد حساب المجال بها هي منطقة مجال كهربائي منتظم.

٢- تحديد النقطتين المراد حساب فرق الجهد بينهما.

٣- كتابة العلاقة التالية: (على فرض أن السؤال طلب ج ب)

ج ب = م ف أ ب جتا θ

٤- الإنتباه إلى الزاوية: فإذا كانت التحرك من النقطة إلى أ إلى النقطة ب مع اتجاه المجال تكون موجبة والعكس صحيح.

٥- إذا طلب السؤال الشغل اللازم لنقل شحنة (أو التغير في طاقة الوضع الكهربائية) من النقطة أ إلى النقطة ب فإننا نقوم بحساب ج ب ثم نقوم بضرب الناتج بالشحنة المراد نقلها حسب العلاقة التالية:

الشغل ب ← أ = ش منقولة ج ب

٦- تعويض اشارة الشحنة السالبة (لأن الجهد كمية قياسية) وأخيراً تثبيت وحدات القياس.

سؤال :

تبين المعادلة التالية (جـ ب = م فـ ب جـ ثا) العلاقة بين المجال والجهد عندما يكون المجال منتظماً، استعن بهذه المعادلة لتثبت أن وحدة قياس المجال : (نيوتن / كولوم) تكافئ (فولت / م) .

الحل :

$$\text{وحدة المجال} = \frac{\text{فولت}}{\text{متر}} = \frac{\text{جول/كولوم}}{\text{متر}} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم.متر}} = \frac{\text{نيوتن.متر}}{\text{كولوم.متر}} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم}}$$

مثال (٤١) :

تحرك بروتون شحنته (1.6×10^{-19}) كولوم ، و كتلته (1.67×10^{-27}) كغ من السكون من نقطة (أ) عند اللوح الموجب الى نقطة (ب) عند اللوح السالب في الحيز بين لوحين موصلين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين تفصل بينهما مسافة (٤ سم) . اذا كان المجال الكهربائي بين اللوحين (٦٢٥ نيوتن / كولوم) فجد ما يلي :

- ١- فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين .
- ٢- التغير في طاقة وضع البروتون عند انتقاله بين اللوحين .
- ٣- سرعة البروتون بعد قطعه هذه المسافة .

الحل :

$$١- \text{جـ ب} = \text{جـ ا} - \text{ب} = \text{م فـ ب جـ ثا} = ٦٢٥ \times ٤ \times 10^{-2} \times 1 = ٢٥ \text{ فولت}$$

$$٢- \Delta \text{ ط} = \text{ط ب} - \text{ط ا} = \text{ش (جـ ب - جـ ا)} = (١.٦ \times 10^{-19} - ٢٥) \times ٤ = -١.٠ \times 10^{-18} \text{ جول}$$

$$٣- \text{ع} = \text{ع} + ٢ \text{ ت ف}$$

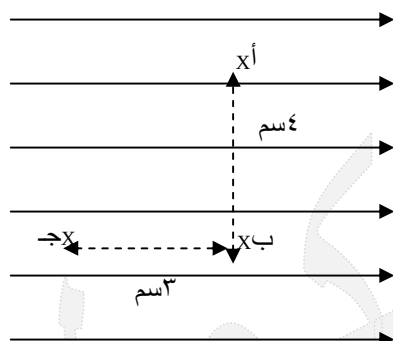
$$\text{ع} = \text{صفر} + ٢ \times \frac{\text{م} \times \text{ش}}{\text{ك}} = ٢ \times \frac{١.٠ \times 10^{-18}}{١.٦ \times 10^{-19}}$$

$$\text{ع} = ٢ \times \frac{١.٠ \times 10^{-18} \times ٦٢٥}{١.٦ \times 10^{-19}} = ٦٩ \times ١٠^٤ \text{ م/ث}$$

واجب (حل الفرع ٣ باستخدام مبرهنة الشغل - الطاقة) .

مثال (٤٢) :

يؤثر مجال كهربائي منتظم (١٠٠) فولت / م في اتجاه السينات الموجب كما هو موضح في الشكل، أوجد ما يلي:



أ- ج ب ج ، ج ب ج ، ج ب ج ، ج ب ج .

ب- الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها ١ ميكروكولوم من النقطة أ إلى ج .

الحل :

أ-

$$\text{ج ب ج} = \text{م ف ب جتا} \theta , \quad \theta = 180^\circ$$

$$= 100 \times 3 \times 10^{-6} \times (-1) = -3 \text{ فولت} .$$

(بشكل عام ج ب = - ج ب أ)

بتطبيق القاعدة السابقة ج ب = - ج ب ج = + ٣ فولت

$$\text{ج ب} = \text{م ف ب جتا} 90 = \text{صفر}$$

(النقطتان أ وب يمتلكان نفس طاقة الوضع لأي شحنة موضوعه على الخط الواصل بينهما)

$$\text{ج ب} = \text{ج ب ج} + \text{ج ب أ} = 3 + \text{صفر} = 3 \text{ فولت ومنه}$$

(نلاحظ ان الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات من ج إلى أ هو نفس الشغل عند نقلها من ج إلى ب كما وضعنا

سابقاً لأن الشغل لا يعتمد على المسار، بل يعتمد على نقطتي البداية والنهاية)

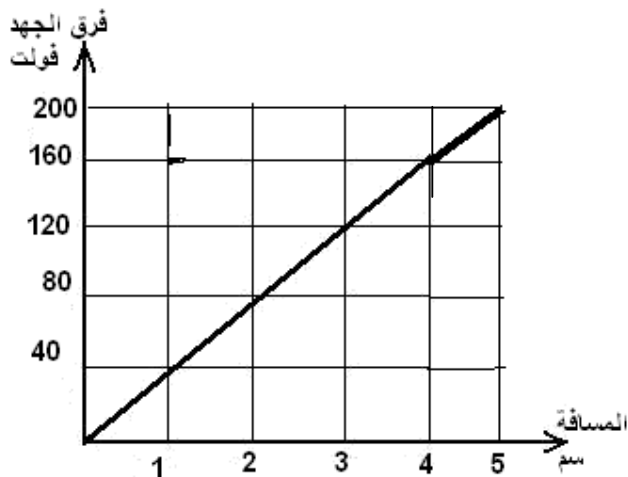
$$\text{ب- الشغل أ ج} = \text{ش المنقولة} \times \text{ج ب} = 1 \times 10^{-6} \times (3+) = 3 \times 10^{-6} \text{ جول}$$

ملاحظة :

يستخدم المجال الكهربائي في المسارعات النووية لتسريع الجسيمات الصغيرة .

مثال (٤٣) :

يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين فرق الجهد بين لوحين مشحونين متساويين ومختلفين في نوع الشحنة و المسافة الفاصلة بينهما بوحدة السينتمتر :



أ - ماذا يمثل ميل الخط المستقيم ؟

ب- أوجد المجال الكهربائي عند منتصف المسافة بين اللوحين .

ج- التغير في الطاقة الحركية عندما يدخل إلكترون ساكن من إحدى اللوحين وخرج من اللوح الآخر بسرعة ما .

د- لو قربنا المسافة بين اللوحين لتكون (٣ سم)

مع بقاء فرق الجهد ثابتاً ماذا يحدث لكل من

- المجال الكهربائي

- التغير في الطاقة الحركية في الفرع ج .

الحل:

أ- المجال الكهربائي

$$\text{ب- المجال الكهربائي} = \frac{200 - \text{صفر}}{5 - \text{صفر}} \times 10^{-10} = \frac{200}{5} \times 10^{-10} = 4 \times 10^{-8} \frac{\text{فولت}}{\text{متر}}$$

وهذه القيمة ثابتة لجميع النقاط المحصورة بين حيز اللوحين

$$\text{ج- } \Delta \text{ طح} = \text{ش ج} = 1.6 \times 10^{-19} \times 200 = 3.2 \times 10^{-17} \text{ جول}$$

د- المجال الكهربائي يزداد اما التغير في الطاقة الحركية يعتمد على فرق الجهد الذي بقي ثابتاً لذلك يبقى

الجواب كما هو في الفرع ج (إذن أن الشغل الذي بذلته القوة الكهربائية ظهر على شكل طاقة حركية)

مثال (٤٤) :

اتزن جسيم كتلته 4×10^{-10} كغم ومشحون بشحنة كهربائية سالبة بين صفيحتين معدنيتين أفقيتين ومتوازيتين (أ، ب) المسافة بينهما اسم على الترتيب كما في الشكل المجاور ، وكان المجال المؤثر في الجسيم 5×10^4 فولت/متر و جب = 100 فولت .

احسب :

أ _____

١- ج ا

ب _____

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة .

٣- شحنة الجسم .

٤- المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن ب $0,05$ سم .

الحل :

الجهد الناشئ عن شحنات نقطية :

شحنة نقطية واحدة:

$$ج_١ = ٩ \times ١٠^٩ \frac{ش}{ف}$$

حيث :

ش : شحنة الجسم (كولوم) .

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

عدة شحنات :

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

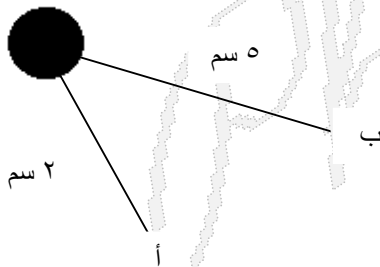
$$ج_١ = ٩ \times ١٠^٩ \left(\frac{ش_١}{ف_١} + \frac{ش_٢}{ف_٢} + \frac{ش_٣}{ف_٣} \right)$$

مثال (٤٥) :

في الشكل المجاور، وإذا علمت أن الشحنة النقطية ش = -٣ ميكروكولوم . اوجد ما يأتي :

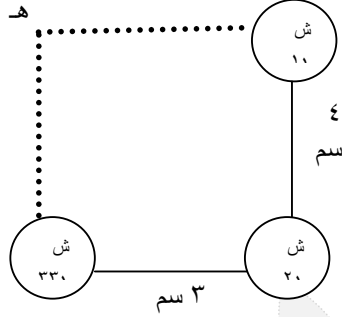
١- أيهما جهده أعلى (أ) أم (ب) .

٢- ج.ب .



مثال (٤٦) :

بالاعتماد على الشكل التالي أوجد ما يلي :



١- جهد النقطة هـ .

٢- الشغل اللازم لإزالة ش_١ من موضعها إلى المالا نهائية

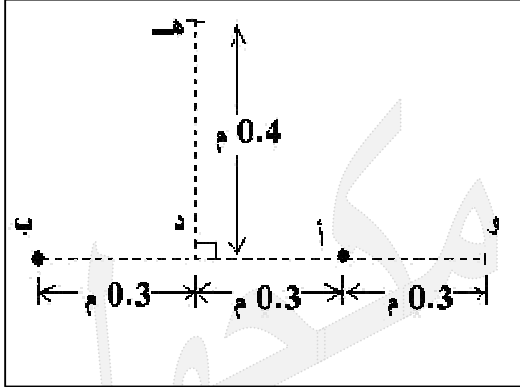
٣- الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (٦ ميكروكولوم) من المالا نهائية الى النقطة هـ (بعد إرجاع الشحنة ش_١) .

(ش_١ = ٣ ميكروكولوم، ش_٢ = ٥ ميكروكولوم، ش_٣ = ٤ ميكروكولوم) .

الحل :

مثال (٤٧) :

يبين الشكل شحنتين نقطيتين (أ ، ب) موضوعتين في الهواء، بالإعتماد على البيانات المثبتة على الشكل أوجد ما يلي، علماً بأن ش أ = 2×10^{-6} كولوم، ش ب = -2×10^{-6} كولوم:



١- المجال الكهربائي عند النقطة د ؟

٢- ج و هـ (فرق الجهد بين النقطتين و ، هـ) ؟

٣- الشغل اللازم لنقل الشحنة أ من موضعها إلى النقطة هـ.

الحل :

الجهد الكهربائي لموصل مشحون :

المجال الكهربائي على سطح أي موصل يعطى بالعلاقة $(\frac{\sigma}{\epsilon})$ مهما كان شكل الموصل (برهان ذلك) ؟

$$\frac{\sigma}{\epsilon} = \text{م أ جتا } \theta$$

$$\frac{\sigma}{\epsilon} = \text{م أ}$$

سطح الموصل هو نفس سطح غاوس $\leftarrow$ $\frac{\sigma}{\epsilon} = \text{م}$

سؤال :

بين أن اتجاه المجال الكهربائي عمودياً على سطح الموصل الكهربائي.

الحل:

في الموصلات تكون الشحنات على السطح مستقرة (ساكنة) ولو كان المجال مائلاً بزاوية معينة لتكون لديها مركبة عمودية و مركبة أفقية تقوم ببذل شغل على الشحنات وتحركها وهذا ينافي الفرض .

المركبة الأفقية تساوي صفر . $\leftarrow$

المجال على سطوح تساوي الجهد يكون عامودي . $\leftarrow$

ملاحظة:

كل النقاط الواقعة على سطح الموصل متساوية في الجهد
لذا يعد سطح الموصل سطحا متساوي الجهد .

البرهان :

أن الشحنات على سطح الموصل مستقرة ولا تتحرك لذا $\text{ج د} = \text{ج ب} = \text{صفر}$

وبذلك يكون $\text{ج د} = \text{ج ب}$

المجال داخل الموصل يساوي صفر

$\text{ج د} = \text{ج ب} = \text{صفر} \leftarrow \text{ج د} = \text{ج ب}$

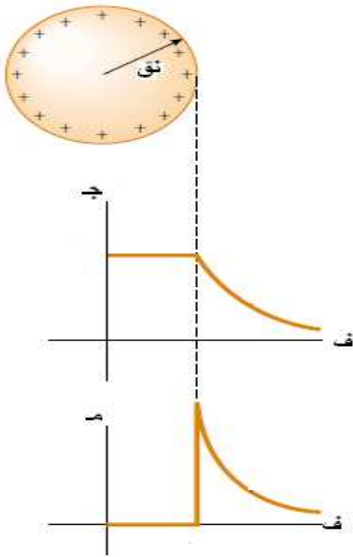
وبشكل عام يعتبر سطح الموصل (مهما كان شكله)

هو المحل الهندسي لجميع النقاط المتساوية في الجهد الكهربائي .

نتيجة عامة فرق الجهد الكهربائي لموصل من أي نقطة

من داخله ولغاية سطحه يساوي صفر

يمثل هذا الرسم الجهد الكهربائي مقارنة
بالمجال الكهربائي لموصل كروي .



الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون :

الجهد الكهربائي على أي نقطة داخل موصل كروي (معزول)

وعلى سطحه يعطى بالعلاقة :

$$ج = \frac{ش_{الموصل}}{نق_{الموصل}} \times 9 \times 10^9$$

أما على بعد ف من مركز الموصل، ف < نق يعبر

عن الجهد بالعلاقة التالية :

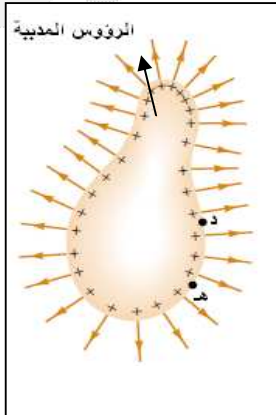
$$ج = \frac{ش}{ف} \times 9 \times 10^9$$

ملاحظات مهمة جداً:

١- يكون توزيع الشحنات على سطح " الموصل غير منتظم " غير منتظمة.

حيث تتباعد الشحنات عن بعضها وتكون كثافتها أكبر ما يمكن عند الرؤوس المدببة (لأن مساحتها أقل ما يمكن عند سطح الموصل وحتى تبقى قيمة الشحنة ثابتة تزداد σ) أما توزيع الشحنات على السطوح المنتظمة يكون منتظم

(موصل كروي)



توزيع الشحنات على سطح
الموصل الغير منتظم

٢- إذا كان الموصل موجود في مجالات كهربائية عدة ، فان جهده الكلي

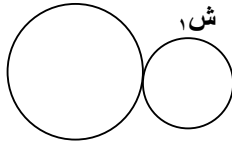
يساوي جهد بفعل شحنته الموجودة على سطحه ، و يسمى الجهد المطلق

، مضافا اليه الجهد بفعل الشحنات الاخرى المحيطة به ، و يسمى الجهد الحثي .

$$ج_{كلي} = ج_{المطلق} + ج_{الحثي}$$

٣- إذا تلامس موصلان معزولان فإن جهد كل منهما يتساوى .

$$ج_1 = ج_2$$



$$\frac{ش_1}{نق_1} \times 9 \times 10^9 = \frac{ش_2}{نق_2} \times 9 \times 10^9$$

$$\frac{ش_1}{نق_1} = \frac{ش_2}{نق_2} \leftarrow$$

وإذا كانا الموصلان متماثلان $نق_1 = نق_2$ تكون الشحنة على كل منهما متساوية ($ش_1 = ش_2$)

إلا أن الموصل الأكبر حجم تكون شحنته أكبر .

طريقة حل المسائل على إيجاد الجهد الكهربائي الناتج عن موصل وشحنات نقطية:

١- إذا كانت النقطة في الفراغ وتحيط بها مجموعة من الكرات الموصلة فإننا نتعامل معها وكأنها شحنات نقطية ونعوض العلاقة التالية:

$$ج١ = ٩ \times ١٠^٩ \left(\frac{ش١}{ف١} + \frac{ش٢}{ف٢} + \frac{ش٣}{ف٣} \right)$$

حيث أن ف هي البعد بين النقطة المراد حساب المجال عندها ومركز الموصل

٢- إذا كانت النقطة موجودة على سطح كرة موصلة ومعزولة فإننا نستخدم العلاقة التالية

$$ج = ٩ \times ١٠^٩ \frac{شالموصل}{نقالموصل}$$

٣- إذا كانت النقطة موجودة على سطح كرة موصلة وتحيط بها مجموعة من الكرات المشحونة فإننا نأخذ بعين الاعتبار الجهد حتي والجهد المطلق

$$جكلي = ج مطلق + ج حتي$$

$$ج = ٩ \times ١٠^٩ \frac{شالموصل}{نقالموصل} + ٩ \times ١٠^٩ \left(\frac{ش١}{ف١} + \frac{ش٢}{ف٢} + \frac{ش٣}{ف٣} \right)$$

ف : هي البعد بين النقطة المراد حساب المجال ومركز الموصل المحيط أو الشحنة النقطية

سؤال :

ما عدد الإلكترونات التي يجب إزالتها من موصل كروي نصف قطره ٣ سم ليصبح الجهد الكهربائي على سطحه ٧٥٠٠ فولت ؟

الحل:

$$ج = ٩ \times ١٠^٩ \frac{شالموصل}{نقالموصل} = ٧٥٠٠ \leftarrow \frac{شالموصل}{٣ \times ١٠^{-١}} \leftarrow ش = ٢.٥ \times ١٠^{-٨} \text{ كولوم}$$

$$ش = ن ش_e \leftarrow ش = ٢.٥ \times ١٠^{-٨} = ن \times ١.٦ \times ١٠^{-١٩} \leftarrow ن = ١.٦ \times ١٠^{١١} \text{ إلكترون .}$$

مثال (٤٨) :

كرة موصلة نصف قطرها ٣ سم، موضوعة في الهواء، تحمل شحماً شحنة كهربائية سالبة مقدارها 10×10^{-8} كولوم،
أوجد ما يلي :
١- جهد الكرة .

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

١- جهد الكرة :

$$ج = \frac{ش}{نق} = \frac{10 \times 10^{-8}}{0,03} = 3,33 \times 10^{-6} \text{ فولت}$$

$$ج = 3,33 \times 10^{-6} \text{ فولت}$$

٢- فرق الجهد بين النقطتين

$$ج = 2,11 \times 10^{-6} \text{ فولت} \quad \leftarrow \quad ج = 2,11 \times 10^{-6} \text{ فولت}$$

$$ج = 2,11 \times 10^{-6} \text{ فولت}$$

مثال (٤٩) :

احسب كثافة الشحنة السطحية لموصل كروي نصف قطره ٢٥ سم، علماً بأن الجهد الكهربائي ١٣٠٠ فولت على بعد
٥٠ سم من مركزه .
الحل :

مثال (٥٠) :

شحنت كرة موصل بشحنة مقدارها (8×10^{-9}) كولوم ، نصف قطرها (١٠) سم أوجد مايلي :

- ١- جهد النقطة (أ) التي تبعد (٨سم) عن مركز الكرة .
- ٢- جهد النقطة (ب) التي تبعد (٢٠سم) عن مركز الكرة .
- ٣- الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (6×10^{-9}) كولوم من أ ← ب .

الحل:

$$١- \text{جـ أ} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{8 \times 10^{-9}}{4\pi \times 9 \times 10^9 \times 0.1^2} = 720 \text{ فولت} .$$

$$٢- \text{جـ ب} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{8 \times 10^{-9}}{4\pi \times 9 \times 10^9 \times 0.2^2} = 360 \text{ فولت} .$$

$$٣- \text{الشغل أ ب} = \text{ش (جـ ب - جـ أ)} = (360 - 720) \times 6 \times 10^{-9} = -2.16 \times 10^{-6} \text{ جول}$$

$$\text{الشغل أ ب} = -2.16 \times 10^{-6} \text{ جول}$$

مثال (٥١) :

موصلان كرويان نصف قطرهما ١سم، ٢ سم على الترتيب، والمسافة بين مركزيهما ٣٦ سم. إذا علمت أن شحنة الأولى ١٠ نانوكولوم، وشحنة الثانية -٢ نانوكولوم، فجد ما يأتي :

- ١- جهد نقطة تقع في منتصف المسافة بين الكرتين .
- ٢- جهد نقطة تقع على سطح الموصل الأول .
- ٣- الشحنة على الموصل الثاني بعد وصله بالأرض .

الحل :

سطوح متساوية الجهد :

سطح تساوي الجهد :

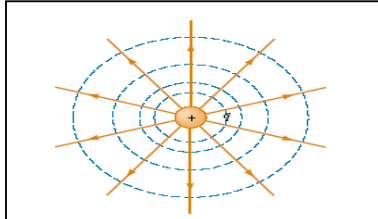
هو السطح الذي لا تحتاج القوة الكهربائية الى بذل شغل لنقل الشحنة عليه .

خصائص خطوط تساوي الجهد :

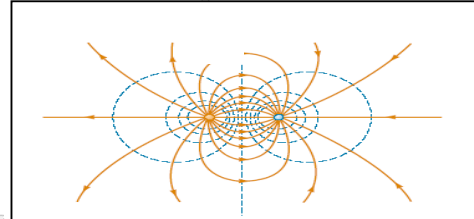
- ١- سطوح وهمية تسهم في فهم و تصور توزيع قيم الجهد .
- ٢- سطوح تساوي الجهد لا تتقاطع ، لانه لو تقاطعت لكان للجهد أكثر من قيمة عند نقطة التقاطع و هذا يخالف التعريف .

٣- سطوح تساوي الجهد متعامدة مع خطوط المجال الكهربائي :

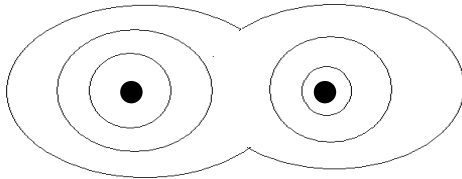
الشغل = ش م ف جتا θ ← الشغل لازم لنقل الشحنات على سطح تساوي الجهد يساوي صفر
الشغل = ش م ف جتا θ = صفر ← $\theta = 90^\circ$ أي عندما يتعامد خط المجال (م) مع الازاحة (ف)



سطوح تساوي الجهد لشحنة نقطية

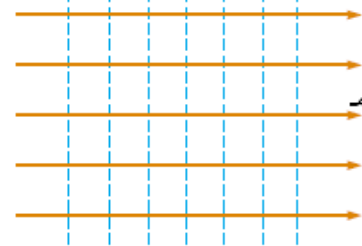


سطوح تساوي الجهد لشحنتين نقطيتين مختلفتين

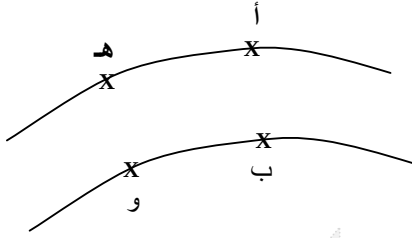


سطوح تساوي الجهد لشحنتين نقطيتين متشابهتين

سطوح تساوي الجهد عمودية على خطوط المجال



مثال (٥١) :



يمثل الشكل التالي سطحي تساوي جهد

جأ = ١٠ فولت جب = ١٥ فولت

أوجد ما يلي :

١- جـ ، جـ

٢- جأو ، جب هـ ، جاب ، جأهـ

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

الحل :

١- جـ = ١٠ فولت ، جـ = ١٥ فولت

٢- جأو = جأ - جـ = ١٠ - ١٥ = -٥ فولت .

جب هـ = جب - جـ = ١٥ - ١٥ = ٥ فولت .

جاب = جأ - جـ = ١٠ - ١٥ = -٥ فولت .

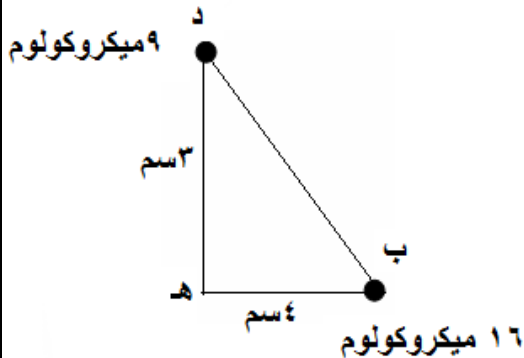
جأهـ = جأ - جـ = ١٠ - ١٥ = -٥ فولت .

٣- الشغل هـ ← و = ش (جـ - جـ) ← الشغل هـ ← و = $1.6 \times 10^{-19} \times (10 - 15)$

الشغل هـ ← و = 8×10^{-19} جول

مسائل :

١- اعتمادا على المعلومات المثبتة على الشكل، احسب ما يأتي :



أ- القوة الكهربائية المؤثرة في د.

ب- المجال الكهربائي المحصل عند هـ

ج- المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة د.

د- الجهد الكهربائي عند النقطة هـ .

هـ- الشغل الكهربائي اللازم لإحضار إلكترون إلى النقطة هـ

و- احسب الشغل اللازم لنقل الشحنة (د) من موضعها إلى هـ .

٢- شحنتان نقطيتان مقدارهما 3×10^{-9} كولوم ، -9×10^{-9} كولوم

كولوم والمسافة بينهما في الفراغ ١٠ سم. تقع في منتصف المسافة بينهما النقطة أ ، والنقطة ب تقع على بعد ٦ سم

عن الأولى و ٨ سم عن الثانية، احسب:

أ- الشغل المبذول في نقل شحنة مقدارها -2×10^{-9} كولوم من أ إلى ب.

ب- الجهد في نقطة وجود الشحنة الأولى.

ج- الجهد في نقطة وجود الشحنة الأولى.

د- طاقة وضع الشحنة الأولى.

٣- شحنتان نقطيتان إحداهما $+20$ ميكروكولوم و الأخرى -10 ميكروكولوم وعلى بعد ٨ سم من بعضهما في الهواء

احسب الشغل المبذول لجعل المسافة بينهما ١٠ سم .

٤- لوحان فلزيان متوازيان، المسافة الفاصلة بينهما ٤ ملم، ووصلا الى فرق جهد بينهما (١٠٠) فولت . فإذا تحرك

بروتون ساكن الى اللوح السالب : احسب ما يأتي :

أ- المجال الكهربائي .

ب- التغير في طاقة وضع البروتون في اللحظة التي يكون فيها على بعد (١ ملم) من اللوح السالب .

ج- سرعة وصول البروتون الى اللوح السالب .

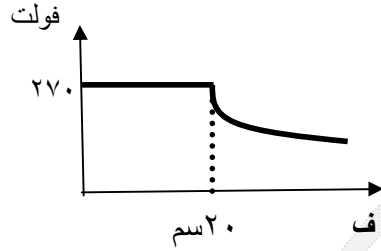
٥- (س) موصل كروي قطره (٤) سم وجهده المطلق (٢٠) فولت، (ص) موصل كروي اخر قطره (٦) سم

وجهده المطلق (٢٠-) فولت. والمسافة بين مركزيهما (٢٠) سم احسب ما يأتي :

أ- كثافة الشحنة السطحية لكل من الموصلين .

ب- الجهد الكلي لكل من الموصلين . ج- الجهد الكهربائي في منتصف المسافة بينهما .

٦- اذا كان الشكل يمثل العلاقة بين الجهد والمسافة عن مركز الموصل بالرسم البياني التالي :



أ- ما هو نصف قطر الموصل ؟

ب- ما مقدار المجال الكهربائي عند النقاط التالية

١٠ سم ٢٠ سم ٢٥ سم ٣٠ سم

ج- ارسم العلاقة بين المجال الكهربائي والمسافة ف ؟

٧- في الشكل المجاور، اذا كان الجهد الكهربائي عند (هـ) الواقعة في منتصف المسافة بين الشحنتين يساوي

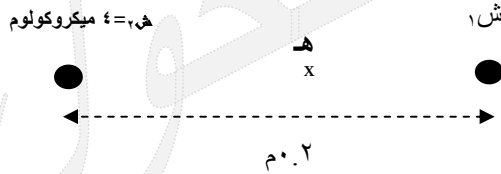
صفرًا، احسب ما يلي :

أ- شحنة (ش_١)

ب- المجال عند النقطة (هـ)

ج- التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة (ش_١)

عند انتقالها من موضعها ← (هـ) .



٨- اعتمادا على الشكل المجاور أوجد ما يأتي : (ش_١ = -٤ × ١٠^{-١١} وشحنة الكرة = ٦ × ١٠^{-١١} ، نق = ٣ سم) .

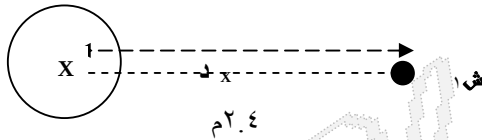
أ- جهد الكرة الأولى .

ب- جهد النقطة د والتي تقع في منتصف المسافة بينهما .

ج- الشغل اللازم لنقل الكترول من د إلى سطح الكرة .

د- إذا اتصلت الكرة بالأرض كم تصبح شحنتها .

هـ- القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة ش_١ .



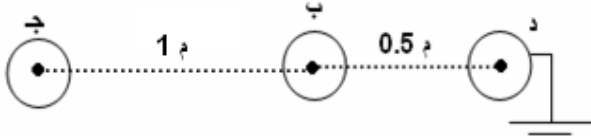
٩- ثلاث كرات موصلة (ج ب د) نصف قطر كل منهما ١ سم. شحنة ج و ب على الترتيب (-٢ ، ٤)

ميكرو كولوم في حين تتصل الكرة د بالأرض كما في الشكل المجاور :

إذا علمت أن أب = ١ م، ب د = ٠.٥ م فاحسب ما يأتي :

أ- شحنة الكرة د .

ب- جهد الكرة ج .



المواسعة الكهربائية

مفهوم المواسعة الكهربائية لموصل :

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

ش $\propto$ ج

ش = ثابت . ج

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

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

المواسعة الكهربائية :

كمية الشحنة اللازمة لرفع جهد جسم ما وحدة جهد واحدة .

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

الفاراد :

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

و الفاراد كمية كبيرة جداً . لذلك نستخدم في الحياة العملية اجزاء لتعريف مواسعات الاجسام منها :

١- ميكرو فاراد ($\mu f = 10^{-6}$)

٢- النانو فاراد ($nf = 10^{-9}$)

٣- البيكو فاراد ($pf = 10^{-12}$)

المواسع الكهربائي :

هو جهاز تم تطويره ليستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية.

يتكون المواسع من موصلين تفصل بينهما مادة عازلة (الهواء، البلاستيك أو الورق) .

يمكن قياس مواسعة لمواسع كهربائي :

١- شحن احد الموصلين بشحنة موجبة (ش) والآخر بشحنة سالبة (-ش)

٢- يقاس فرق الجهد بين اللوحين (Δ ج)

٣- تطبيق العلاقة

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

ملاحظات:

١- تبقى قيمة المواسع الكهربائي ثابتة حيث أنه إذا ازدادت قيمة الشحنة على المواسع فتزداد قيمة فرق الجهد الكهربائي بين الموصلين فتبقى النسبة بينهما ثابتة.

٢- أهمية المواسعات هي تخزين الشحنات الكهربائية مدة من زمن فمثلاً تستخدم في دارات الإرسال والإستقبال في الإذاعة والتلفزيون .وتستخدم في العديد من الدارات الكهربائية لغايات البحث العلمي وغيرها.

٣- أشكال المواسعات المتوفرة في السوق لغايات تجارية: الكروية، الاسطوانية و المواسع ذو اللوحين المتوازيين.

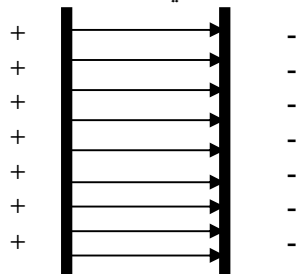
حساب مواسعة موصل كروي :

$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{لكن } V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \quad \text{لكن } C = 4\pi\epsilon_0 R$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 R \quad \text{س} = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}} = 4\pi\epsilon_0 R$$

المواسع الكهربائي ذو لوحين متوازيين :

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



$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{س} = \frac{Q}{\frac{Qd}{\epsilon_0 A}} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

لكن المجال الكهربائي بين اللوحين يساوي $\left(\frac{\sigma}{\epsilon} \right)$ وبالتعويض

$$\epsilon \frac{Q}{A} = \sigma \quad \text{لكن} \quad \frac{Q}{A} = \sigma$$

$$\epsilon \frac{Q}{A} = \sigma$$

- يرمز للمواسعة ذواللوحين ثابت المقدار بالرمز التالي $\parallel$
- يرمز للمواسعة ذو اللوحين متغيرة المقدار بالرمز التالي $\parallel \cdot$

ملاحظة :

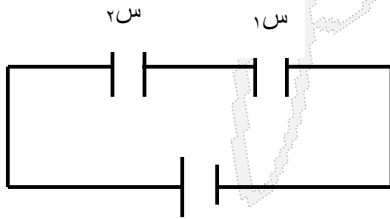
المواسعات بشكل عام هي مقياس لمدى قدرة الموصل على استيعاب الشحنات الكهربائية (تخزينها) وتعتمد على أبعادها الهندسية والسماحية الكهربائية للوسط الفاصل.

توصيل المواسعات :

الغرض من توصيل المواسعات هو الحصول على قيم من المواسعات غير متوافره وقادرة على تخزين كمية محددة في الدارة للغايات المذكورة سابقاً وبشكل عامم يوجد هناك نوعان من التوصل وهما :

١- توصيل المواسعات على التوالي :

عندما توصل مجموعة من المواسعات ، كما في الشكل بحيث لا يكون هناك تقعر في الاسلاك التي تربط ألواحها معا فاننا نقول أن المواسعات تتصل على التوالي .



ولايجاد المواسعة المكافئة (س_م) لمواسعتين مثلاً، قيمتها

(س_١ ، س_٢) نفرض اننا وصلنا هذه المجموعة الى بطارية

تولد فرق في الجهد مقداره (ج) بين طرفي المجموعة .

في هذه الحالة يسحب لوح المواسع (س_٢) من القطب الموجب

للبطارية المتصلة به ، شحنة موجبة (+ش)، وينشأ بالتأثير على الألواح الأخرى شحنات متساوية المقدار و كل منها

تساوي (ش). أما فرق الجهد (ج) الذي تولده البطارية بين طرفي المجموعة فانه يتوزع على المواسعات، فاذا كانت

جهود المواسعات هي (ج_١ ، ج_٢) على الترتيب فان :

$$ج_{كلي} = ج_١ + ج_٢ \quad \Leftrightarrow \quad ش = ش_١ = ش_٢$$

$$\begin{aligned} \frac{\text{ش}}{\text{س}} &= \text{ج} \quad \longleftrightarrow \quad \frac{\text{ش}}{\text{ج}} = \text{س} \\ \left(\frac{1}{\text{س}_2} + \frac{1}{\text{س}_1} \right) \text{ش} &= \frac{\text{ش}}{\text{س}_\text{م}} \quad \longleftrightarrow \quad \frac{\text{ش}_2}{\text{س}_2} + \frac{\text{ش}_1}{\text{س}_1} = \frac{\text{ش}}{\text{س}_\text{م}} \\ \frac{1}{\text{س}_2} + \frac{1}{\text{س}_1} &= \frac{1}{\text{س}_\text{م}} \end{aligned}$$

ملاحظات :

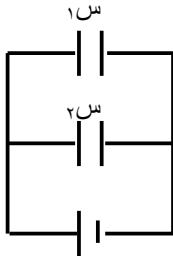
- ١- مقلوب المواسعة المكافئة لمجموعة من المواسعات يساوي مقلوب مواسعة كل منها.
في حالة تساوي المواسعات فان :

$$\frac{\text{سعة أحد المواسعات}}{\text{عدد المواسعات}} = \text{س}_\text{م}$$

- ٣- المواسعة المكافئة لمجموعة من المواسعات تكون أقل من أقل مواسعة في المجموعة.
٤- شحنة المواسعات متساوية وكل منها تساوي الشحنة التي انتقلت من البطارية أي أن:
 $\text{ش (أي مكثف)} = \text{س}_\text{م} \times \text{ج (كلي)}$

٢ - توصيل المواسعات على التوازي :

عندما توصل مجموعة من المواسعات كما في الشكل ، بحث تكون هناك تفرع في الاسلاك التي تربط بين ألواحها معا ، فاننا نقول أن المواسعات تتصل على التوازي .



ولإيجاد المواسعة المكافئة (س_م) لمواعتين مثلا ، س₁ ، س₂ ، نفرض أننا وصلنا هذه المجموعة الى يطارية تولد فرقا في الجهد مقداره (ج) بين طرفي المجموعة .

ان الشحنة الكلية (ش) التي تنتقل من البطارية الى المواسعات فانها تتوزع على المواسعات بنسبة طردية لقيمتها ، فإذا كانت شحنات المواسعات هي (ش₁ ، ش₂) على الترتيب فان :

$$\text{ش كلي} = \text{ش}_1 + \text{ش}_2 \quad \longleftrightarrow \quad \text{ج} = \text{ج}_1 = \text{ج}_2$$

$$س = \frac{ش}{ج} \quad \therefore ش = س \times ج$$

$$س_ج = س_١ ج_١ + س_٢ ج_٢ \quad \Leftrightarrow \quad س_م ج_م = (س_١ + س_٢) ج_م$$

$$\therefore س_م = س_١ + س_٢$$

ملاحظات :

- ١- الموسعة المكافئة لمجموعة من المواسعات تساوي مجموع هذه المواسعات .
- ٢- في حالة تساوي المواسعات فان : $س_م = \text{سعة أحد المواسعات} \times \text{عدد المواسعات}$.
- ٣- الموسعة المكافئة لمجموعة من المواسعات تكون أكبر من أكبر موسعة في المجموعة .
- ٤- جهود المواسعات متساوية ، و يحسب الجهد المشترك (ج) من العلاقة التالية :

$$ج_{مشترك} = \frac{\text{مجموع شحنات المواسعات}}{\text{مجموع ساعات المواسعات}}$$

الطاقة المختزنة في مواسع مشحون :

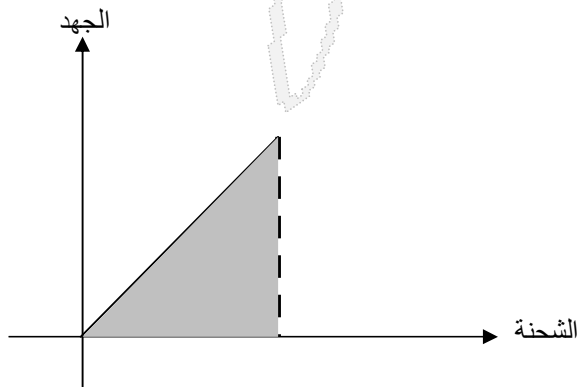
عندما توصل بطارية مع مواسع (مكثف) فانها تبذل شغلاً في شحن المواسع، وبالتالي تختزن به طاقة(طاقة وضع كهربائية) .

كما أن عملية الشحن هذه تعمل على زيادة جهد المواسع .

$$ش = \alpha ج \quad \Leftrightarrow \quad ش = س ج$$

وعند رسم العلاقة بين الشحنة و الجهد نجد أن العلاقة خطية كما في الشكل .

الشغل المبذول في عملية الشحن = المساحة تحت المنحنى .



$$\text{مساحة المثلث} = \frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع} \\ \frac{1}{س} = \text{الميل}$$

$$\text{الطاقة الكهربائية المختزنة} = \frac{1}{2} ش ج = \frac{1}{2} س ج^2 = \frac{1}{2} \frac{ش^2}{س}$$

ملاحظة :

عندما توصل بطارية مع مجموعة من المواسعات فإنها تبذل شغلا في شحن المواسعات، وبالتالي تخزن بها طاقة كهربائية. فإذا كان لدينا مجموعة من المواسعات وصلت معاً على التوالي فإنها تسحب من البطارية طاقة أقل مما لو كانت المواسعات متصلة معا على التوازي من البطارية نفسها ويمكننا تعليل ذلك اذا علمنا أن :

$$P_m = \frac{1}{P} S_m J^2$$

حيث أن (ج) ثابت فإن $P_m \propto S_m$ ولما كانت S_m (في حالة التوالي) $> S_m$ (في حالة التوازي)

فإن P_m (في حال التوالي) $> P_m$ (في حالة التوازي)

سؤال:

ما المقصود بقولنا أن السعة الكهربائية لموصل ما تساوي (٥ مايكروفاراد)؟

الحل :

المقصود هو أن هذا الموصل يتغير جهده بمقدار واحد فولت اذا تغيرت شحنته بمقدار (٥ ميكروكولوم) .

سؤال :

علل ما يلي :

- أ- المواسعة الكهربائية ثابتة للموصلات المعزولة .
- ب- موصل كروي مشحون بشحنة موجبة وجهده سالب .
- ج- تكون المسافة الفاصلة بين لوحى المواسع ذو اللوحين المتوازيين صغيره مقارنة بأبعاد اللوحين.

الحل :

أ- لأنها تعتمد على الأبعاد الهندسية للمواسع والوسط الموجود فيه وفي الموصلات العازلة تبقى كمية فرق الجهد بين طرفيها ثابتة فكلما قمنا بمقدار الشحنة على الموصل زاد فرق الجهد بترتيب ثابت حتى نحافظ على قيمة س.

ب - في هذه الحالة تتجمع العديد من الشحنات السالبة حول الموصل لتكون جهد تأثيري سالب أعلى من جهد الموصل المطلق الموجب فيكون الجهد الكلي للموصل سالب .

ج- للحصول على أكبر قيمة للمواسع لأنه يتناسب عكسياً مع المسافة الفاصلة بين اللوحين .

سؤال :

كيف يمكن زيادة مساحة موصل كروي دون تغيير شحنته و أبعاده الهندسية ؟
وذلك عن طريق:

- ١- وضع المواسع في وسط تكون قيمة السماحية الكهربائية له أعلى من الوسط الموجود فيه
- ٢- إنقاص الجهد الكلي مع بقاء الشحنة ثابتة (تقريب موصلات مشحونة بشحنة مخالفة لشحنة المواسع).

مثال (٥٢) :

موصل كروي قطرة ٤٥ سم احسب ما يلي :

- ١- مساحة الموصل
- ٢- مقدار الشحنة عليه إذا كان جهده ١٥ فولت .

الحل :

$$١- س = \frac{٠,٢٢٥}{٩١٠ \times ٩} = ٢,٥ \times ١٠^{-١١} \text{ فاراد} .$$

$$٢- ش = س \times ج = ٢,٥ \times ١٠^{-١١} \times ١٥ = ٣٧,٥ \text{ نانوكولوم} .$$

مثال (٥٣) :

- مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين مساحة كل منهما ١٠×١٠^{-٢} م والمسافة بينهما ٠.١ سم ، وصل لوحا المواسع بفرق جهد مقدارة ١٢٠ فولت :
- ١- ماهي مساحة المواسع ؟
 - ٢- الشحنة التي يكتزنها المواسع ؟
 - ٢- مقدار المجال بين لوحي المواسع .

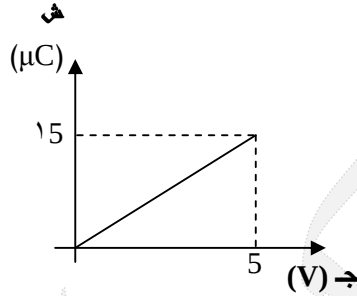
$$١- س = \frac{٤.٠}{٩} = \frac{١٠^{-٢} \times ١٠^{-٢} \times ٨,٨٥}{٩ \times ١٠^{-١٠}} = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١١} \text{ فاراد}$$

$$٢- ش = س \times ج = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١١} \times ١٢٠ = ١,٠٦٢ \times ١٠^{-٩} \text{ كولوم}$$

$$٣- م = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{ش}{\epsilon \times ١٠ \times ١٠^{-٢}} = \frac{١,٠٦٢ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-١٠} \times ٨,٨٥} = ١,٢ \times ١٠^{-٥} \text{ فولت/متر} .$$

مثال (٥٤) :

يمثل الرسم البياني التالي العلاقة بين قيمة الشحنة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي بين طرفي الموصل اوجد ما يلي :



أ- مواسعة المواسع .

ب- الطاقة المختزنة داخل المواسع

الحل : ميل الخط المستقيم يمثل المواسعة الكهربائية

$$س = \frac{(١٥ - \text{صفر}) \times ١٠^{-٦}}{٥ - \text{صفر}} = ٣ \text{ ميكروفاراد}$$

$$ط = \frac{١}{٢} ش \times ج = ٥ \times ١٥ \times ٠,٥ = ٣٧,٥ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

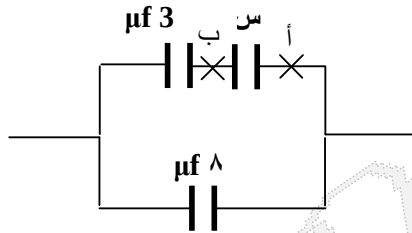
مثال (٥٥):

في مجموعة المواسعات التالية : إذا كانت الشحنة المختزنة في المواسعة ٨ ميكروفاراد ٢٤٠ ميكروكولوم

وكان ج ب = ١٠ فولت احسب المواسعة س.

(الجواب : ٦×١٠^{-٦} فاراد)

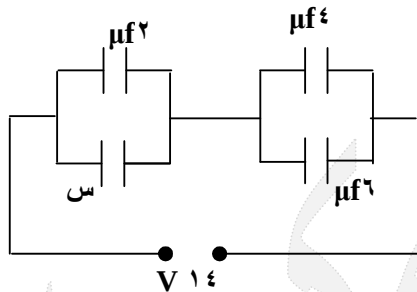
الحل:



مثال (٥٦):

بالإعتماد على المعلومات المثبتة على الشكل المجاور وعلمنا بأن س المكافئة = ٨ ميكرو فاراد .

أوجد ما يلي :



١- مقدار المواسعة (س) .

٢- الشحنة على ٦ ميكرو فاراد

٣- فرق الجهد بين طرفي المواسع ٢ ميكرو فاراد

٤- الطاقة الكلية المخزنة في النظام

الحل :

١- (٤،٦) توازي $\leftarrow$ س٤،٦ = ١٠ ميكروفاراد

نفرض أن المواسعة المكافئة للمواسعتين (٢، س) هي ص

فتصبح الماوسعتان (١٠، ص) موصولتان على التوالي ومواسعتهما المكافئة ٨ ميكروفاراد

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{ص} = \frac{1}{8} \quad \leftarrow \text{ص} = ٤٠ \text{ ميكروفاراد}$$

$$\text{لكن ص} = ٢ + \text{س} \quad \leftarrow \text{س} = ٣٨ \text{ ميكروفاراد}$$

٢- لإيجاد الشحنة على ٦ ميكروفاراد يترتب علينا إيجاد فرق الجهد بين طرفي ٦ ميكروفاراد

حيث (٦،٤) موصولان على التوازي ومواسعتهما المكافئة ١٠ ميكروفاراد وتمر فيها الشحنة التي تخرج من مصدر

فرق الجهد وتساوي

$$\text{ش الكلية} = \text{س م} \times \text{ج الكلية} = ١٠ \times ١٤ \times ٨ = ١١٢ \text{ ميكروكولوم}$$

$$\text{إذن فرق الجهد بين المواسعة ١٠ ميكروفاراد} = \frac{\text{ش}}{\text{س}} = \frac{١٠ \times ١١٢}{١٠} = ١١,٢ \text{ فولت}$$

وهو نفس فرق الجهد بين طرفي المواسعة ٦ ميكروفاراد وبالتالي

$$\text{ش} = \text{س} \times \text{ج} = ٦ \times ١٠ \times ١١,٢ = ٦٧,٢ \text{ ميكروكولوم}$$

ملاحظة للتأكد من صحة الحل نحسب الشحنة على المواسع ٤ ميكروفاراد = س × ج

$$\text{ش} = ٤٤,٨ \text{ ميكروكولوم}$$

$$\text{ش} + \text{ش} = ٦٧,٢ + ٤٤,٨ = ١١٢ \text{ وهي الشحنة الكلية}$$

٣- فرق الجهد بين طرفي المواسع ٢ ميكروفاراد = ١٤ - ١١,٢ = ٢,٨ فولت .

$$\text{٤- طاقة الكلية} = \frac{٢}{١} \times \text{ش الكلية} \times \text{ج الكلي} = ١٤ \times ١٠ \times ١١٢ \times ٠,٥ = ٧٨٤ \times ١٠^{-٦} \text{ جول} .$$

مثال (٥٧):

وصل مواسعان على التوازي فكانت مواسعتهما المكافئة ٢٥ ميكروفاراد ، وحين وصلا معا على التوالي أصبحت المواسعة المكافئة لهما ٤ ميكروفاراد احسب مقدار تلك المواسعتان .
نفرض أن المواسعان قيمتهما س وص على الترتيب
س + ص = ٢٥ (١)

$$\frac{س \times ص}{س + ص} = ٤ (٢) \quad \text{بحل المعادلتين نحسب س وص}$$

بعد حل المعادلتين نجد أن قيمتهما على الترتيب (٢٠,٥) ميكروفاراد

مثال (٥٨):

مجموعة من المواسعات المتماثلة قيمة كل منهما ٨٠ ميكروفاراد وصلت معا على التوالي ، ثم وصلت بفرق جهد مقداره ٢ فولت، إذا كان المواسعات مشحونه بشحنه مقدارها ٤×١٠^{-٦} كولوم فما عدد المواسعات ؟

$$\text{ش (أي مواسع) = س} \times \text{ج (كلي)} \quad \leftarrow \quad \text{س} = \frac{٤ \times ١٠^{-٦}}{٢} = ٢٠ \times ١٠^{-٦} \text{ فاراد}$$

$$\text{وكذلك س} = \frac{\text{سعة أحد المواسعات}}{\text{عدد المواسعات}} \quad \leftarrow \quad \text{عدد المواسعات} = \frac{٢٠ \times ١٠^{-٦} \times ٨٠}{٢٠ \times ١٠^{-٦}} = ٤ \text{ مواسعات}$$

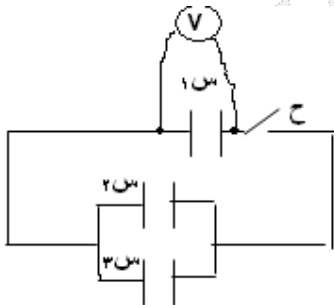
مثال (٥٩):

بالاعتماد على الشكل، اذا كانت قراءة الفولتметр، و المفتاح مفتوح، ٢٠ فولت، س_١، س_٢، س_٣ تساوي: ٤، ١، ٥ ميكروفاراد على الترتيب ، اذا كان س_٢، س_٣ غير مشحونين احسب :

١- قراءة الفولتميتر بعد اغلاق المفتاح .

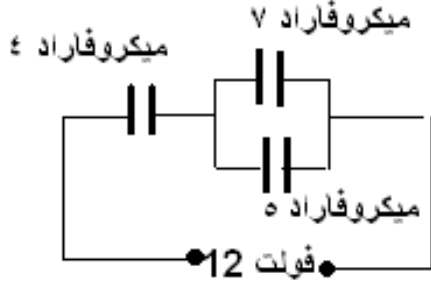
٢- الطاقة المخزنة في المواسع س_٣ .

الحل :



مثال (٦٠) :

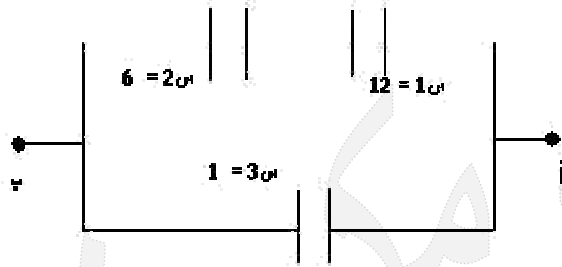
في مجموعة المواسعات التالية : احسب الشحنة وفرق الجهد بين طرفي كل مواسع :



الحل :

مسائل

١- يبين الشكل مجموعة من المواسعات الموصولة معاً ، وقيم مواسعاتها معطاة بالميكروفاراد ، فإذا كان فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب يساوي ١٠ فولت ، فاحسب ما يأتي :

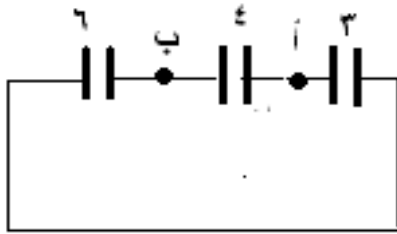


١. المواسعة المكافئة للمجموعة ؟

٢. شحنة المواسع س ٢ ؟

٣. الطاقة المختزنة في المواسع س ٣ ؟

٢- إذا كانت قيم المواسعات التالية معطاة بالميكروفاراد وكان ج ا ب = ١٢٠ فولت أوجد :



١- س م ؟

٢- فرق الجهد والشحنة بين طرفي كل مواسع ؟

٣- مجموعة من المواسعات المتماثلة. وصلت مرة على التوالي ومرة أخرى على التوازي فكانت المواسعة المكافئة على التوازي ١٦٠ ضعف المواسعة المكافئة على التوالي فما عدد المواسعات في المجموعة.

٤- مجموعة المواسعات التالية ، تم غلق المفتاح ح ١ لفترة كافية لشحن المواسع س ١، ٦ ميكرو فاراد وأصبحت الشحنة عليه ١٨٠ ميكروكولوم

وبعد ذلك فتح ح ١ وأغلق ح ٢ أوجد قراءة V

