الوحـدة الخامسة

الكهرباء الساكنة

أهـداف الوحـدة:

نتوقع منك عزيزي الطالب بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن:

- ❖ تعرف كلاً من : المجال الكهربائي لشحنة – شدة المجال الكهربائي عند نقطة – الجهد الكهربائي لجسم – فرق الجهد بين نقطتين – الجهد الكهربائي عند نقطة – الفولت – المجال الكهربائي المنتظم – شدة المجال الكهربائي – السعة الكهربائية لموصل – الفاراد – سعة المكثف .
- ❖ نحسب كلاً من : شدة المجال الكهربائي عند نقطة – فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين – السعة الكهربائية لموصل كروي معزول – الطاقة الكامنة في مكثف – السعة الكلية لعدة مكثفات متصلة معاً .
- ❖ تخطط المجال الكهربائي لشحنة وشحنتين مختلفتين ومتشابهتين .
- ❖ تستنتج العلاقة بين شدة المجال الكهربائي المنتظم وفرق الجهد .
- ❖ توضح بالرسم تركيب مولد فان دي جراف .
- ❖ تذكر العوامل التي تتوقف عليها شدة المكثف .
- ❖ تفسر زيادة سعة المكثف بوضع وسط عازل بين لوحيه .
- ❖ نقوم بحل بعض المسائل على قوانين تلك الوحدة بجدارة ودقة .

المجال الكهربائي لشحنة:

هو الحيز المحيط بالشحنة من جميع الجهات وتظهر فيه آثار القوة الكهربائية لهذه الشحنة.

شدة المجال الكهربائي عند نقطة:

" هي القوة الكهروستاتيكية التي يؤثر بها المجال على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة".

$\overrightarrow{مج} = \frac{\overrightarrow{ق}}{س}$ نيوتن/ كولوم وعليه $\overrightarrow{ق} = ش \times مج$ نيوتن

حيث (مج) شدة المجال، (ق) القوة ، (س) الشحنة

ملحوظة: ١ــ شدة المجال كمية متجهة (علــل)

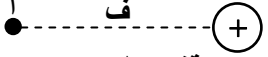
لأن $\overrightarrow{مج} = \frac{\overrightarrow{ق}}{س}$ = $\frac{\text{كمية متجهة}}{\text{كمية قياسية}}$ = كمية متجهة

٢ــ إذا أردنا أن نعين شدة المجال الكهربائي (مج) عند نقطة تبعد مسافة (ف)متر عن شحنة (س) موضوعة في الهواء أو الفراغ نستخدم العلاقة:

مج = ٩ × ١٠ ^{٩} × $\frac{ش}{ف^{2}}$ نيوتن/ كولوم

٣ــ لمعرفة القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على شحنتين كهربائيتين (س$_{١}$ ، س$_{س}$) كولوم موضوعتين في الهواء أو الفراغ نستخدم قانون كولوم وهو:

ق = $\frac{ك \times ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}}$ نيوتن



حيث (كـ) مقدار ثابت يسمى ثابت العزل الكهربائي ويتوقف على:

أــ نوع الوسط الفاصل بــ نوع الوحدات المستخدمة

فإذا كان الوسط هواء والوحدات الدولية هي المستخدمة فإن

قيمة (كـ) = ٩ × ١٠ ^{٩} نيوتن م^{٢}/ كولوم^{٢}

وإذا كان الوسط هواء والوحدات النظرية (وحدات نظام جاوس) هي المستخدمة فإن قيمة (كـ) = ١ داين سم٢/ استاتوكولوم^{٢}

∴ ق = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}}$ نيوتن ، ق = $\frac{ش^{1} \times ش^{2}}{ف^{2}}$ داين

٤ــ هناك قانون آخر يستخدم لحساب شدة المجال الكهربائي بين لوحين مشحونين فرق الجهد بينهما (جـ) فولت وبينهما مسافة (ف) متر هو: مج = $\frac{جـ}{ف}$ فولت/متر

مثال١: وضعت شحنة كهربائية مقدارها (٤) ميكرو كولوم عند نقطة من المجال الكهربائي لجسم مشحون فتأثرت بقوة مقدارها ٨ × ١٠ $^{-٣}$ نيوتن. أحسب شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة.

الحل: ش = ٤× ١٠ $^{-٦}$ كولوم ، ق = ٨ × ١٠ $^{-٣}$ نيوتن ، مج = ؟؟ ،

مج = $\frac{ق}{ش}$ نيوتن/ كولوم = $\frac{8 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-6}}$ = ٢ × ١٠ ^{٣} نيوتن/كولوم

✍مثال٢: وضعت شحنة موجبة مقدارها (٤) ميكروكلوم تبعد عن النقطة (ب) مسافة (٢٠سم) أحسب شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة. علماً بأن الوسط هواء، كما بالشكل

الحل: ش = ٤ × ١٠⁻⁶ كولوم ، ف = ٢٠ سم = $\frac{20}{100}$ = ٠.٢م ، مـج = ؟؟

مج = ٩ × ١٠⁹ × $\frac{ش}{ف^2}$ نيوتن/كولوم = $\frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-6}}{(0.2)^2}$ = ٩×١٠⁵ نيوتن/كولوم

✍مثال٣: وضعت شحنة نقطية مقدارها (٥ × ١٠⁻⁷) كولوم في مجال كهربائي شدته (٣ × ١٠⁴) نيوتن/ كولوم. أحسب القوة الكهروستاتيكية التي يؤثر بها المجال على هذه الشحنة، ثم حدد اتجاهها.

الحل: ش = ٥ × ١٠⁻⁷ كولوم ، مـج = ٣ × ١٠⁴ نيوتن/كولوم ، ق = ؟؟

ق = ش × مـج نيوتن = ٥ × ١٠⁻⁷ × ٣ × ١٠⁴ = ١٥ × ١٠⁻³ نيوتن = ١٥ ملي نيوتن

❖ اتجاه القوة الكهروستاتيكية يكون:

أ– في اتجاه المجال إذا كانت الشحنة موجبة.

ب– عكس اتجاه المجال إذا كانت الشحنة سالبة.

ملحوظات:

١- شدة المجال الكهربائي كمية متجهة ويكون اتجاهها هو اتجاه القوة المؤثرة فيكون خارجاً من الشحنة إذا كانت الشحنة موجبة ومتجها نحو الشحنة إذا كانت سالبة.

٢- يكون اتجاه المجال الكهربائي شحنة موجبة خارجاً منها.

٣- أما إذا كانت الشحنة سالبة فيكون اتجاه المجال في اتجاهها.

✍مثال٤: شحنتان كهربائيتان مقدارهما (+١٠٠) ميكروكولوم، (٠.٤٠) ملي كولوم تفصلهما مسافة في الهواء مسافة ٣٠سم، أحسب القوة الكهروستاتيكية بينهما علماً بأن كـ = ٩ × ١٠⁹ نيوتن م²/ كولوم²

الحل:

ش١ = ١٠٠M كولوم = ١٠٠ × ١٠⁻⁶ = ١٠⁻⁴ كولوم ،

ش٢ = ٠.٤ ملي كولوم = ٠.٤ × ١٠⁻³ = ٤ × ١٠⁻⁴ كولوم .

ف = ٣٠سم = $\frac{30}{10}$ = ٠.٣م ، ق = ؟؟

ق = $\frac{ك\times ش_1\times ش_2}{ف^2}$ = $\frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-4}\times10^{-4}}{(0.3)^2}$ = $\frac{7\times36}{0.09}$ = ٤ × ١٠³ نيوتن .

✍مثال٥: إذا كان فرق الجهد بين لوحين متوازيين = ٥٠٠ فولت، وكانت المسافة بين اللوحين (٠.٠١)م، فما القوة المؤثرة على جسم موجود بين اللوحين وشحنته (١.٦ × ١٠⁻¹⁹) كولوم.

الحل:

جـ = ٥٠٠ فولت ، ف = ٠.٠١م ، ق = ؟؟ ، ش = ١.٦ × ١٠⁻¹⁹ كولوم ، مج = ؟؟

مج = $\frac{جـ}{ف}$ = $\frac{500}{0.01}$ = ٥ × ١٠⁴ فولت / متر

ق = ش × مج = ١.٦ × ١٠⁻¹⁹ × ٥ × ١٠⁴ = ٨ × ١٠⁻¹⁵ نيوتن .

تخطيط المجال الكهربائي:

١- المجال الكهربائي لشحنة.
٢- المجال الكهربائي لشحنتين مختلفتين.
٣- المجال الكهربائي لشحنتين متشابهتين.

الجهد الكهربائي لجسم

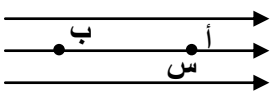
" هو حالة الجسم الكهربائية التي تحدد انتقال الكهرباء منه أو إليه عند اتصاله بموصل آخر".

- **عند توصيل موصل (أ) بآخر (ب) عن طريق سلك ومر تيار كهربائي (شحنة كهربائية موجبة) من (أ) إلى (ب) فيقال أن (أ) أعلى جهداً من (ب) لوجود فرق في الجهد بينهما.**
- **عندما يتساوى الجهدين يتوقف (ينعدم) مرور التيار.**
- **مرور التيار الكهربائي لا يتوقف على مقدار شحنة الجسمين وإنما يتوقف على وجود فرق في الجهد بينهما.**
- **من المعلوم أننا إذا رفعنا جسماً من سطح الأرض إلى موضع أعلى فإننا نبذل شغلاً ضد قوة الجاذبية الأرضية. هذا الشغل يختزن في الجسم على شكل طاقة وضع. فإذا ترك الجسم ليسقط سقوطاً حراً على الأرض بفعل الجاذبية فإن طاقة الوضع الكامنة فيه تتحول تدريجياً إلى طاقة حركة كلما هبط الجسم.**
- **بالمثل إذا تحركت شحنة كهربائية (جسيم مشحون) في مجال كهربائي فإنها تكون واقعة تحت تأثير قوة كهروستاتيكية ناشئة عن المجال. ولتحريك هذه الشحنة في المجال الكهربائي ضد القوة الكهروستاتيكية يستلزم بذل شغل على الشحنة، وأن هذا الشغل يكمن فيها على هيئة طاقة وضع كهربائية. وإذا تركت الشحنة وشأنها فإنها ستتحرك بفعل المجال وتعود إلى موضعها الأصلي فيه. وفي أثناء ذلك تنجز الشحنة شغلاً مساوياً لما بذل في تحريكها.**
- **وكما أن طاقة وضع الجسم الموضوع في مجال الجاذبية تزداد أثناء حركته ضد قوة الجاذبية الأرضية وتنقص أثناء حركته بفعل الجاذبية.**
- **بالمثل فإن الشحنة الكهربائية الموضوعة عند نقطة في المجال يكون لها طاقة وضع كهربائية، وأن هذه الطاقة تزداد إذا تحركت الشحنة ضد اتجاه المجال وتنقص إذا تحركت تحت تأثير المجال. أي أن طاقة الوضع للشحنة تتغير عند تحركها بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم.**
- **يسمى التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات الموجبة عند انتقالها بين نقطتين في مجال كهربائي بفرق الجهد بين النقطتين.**

حساب فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين:

لو فرضنا أن شحنة موجبة مقدارها (ش) كولوم تحركت من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) في مجال كهربائي منتظم فإنه لابد من بذل شغل خارجي على الشحنة مقداره (شغ).

وهذا الشغل يكمن في الشحنة عند النقطة (ب) على شكل طاقة وضع كهربائية.



وإذا رمزنا للجهد عند النقطة (ب) بالرمز (جـ ب) وعند النقطة (أ) بالرمز(جـ أ) فإن فرق الجهد بين النقطتين (أ ، ب) هو جـأب = جـب – جـم = $\frac{\text{شغ}_{أ\leftarrow ب}}{\text{ش}}$ جول/كولوم

ومنها شغ$_{أ\leftarrow ب}$ = جـ$_{أ}$ × ش جول

أي أن الفرق في الجهد بين النقطتين يمكن قياسه بالشغل اللازم لنقل وحدة الشحنات الموجبة ضد المجال الكهربائي من إحدى النقطتين إلى الأخرى.

فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين:

هو مقدار التغير في طاقة الوضع لوحدة الشحنات الكهربائية الموجبة عند تحركها بين نقطتين في مجال كهربائي.

أو هو مقدار الشغل اللازم بذله لنقل وحدة الشحنات الموجبة ضد المجال الكهربائي من نقطة لأخرى.

❖ **إذا انتقلت وحدة الشحنة الموجبة من ما لانهاية (نقطة افتراضية تكون طاقة الوضع الكهربائية عندها تساوي صفراً) إلى نقطة أخرى في المجال الكهربائي فإن الشغل المبذول ضد قوى المجال يساوي طاقة وضعها الكهربائية عند تلك النقطة.**

الجهد الكهربائي عند نقطة:

هو الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات الموجبة من ما لانهاية إلى تلك النقطة.

أو هو طاقة الوضع الكهربائية الكامنة في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة.

ملحوظة: ١– وحدة قياس الجهد الكهربائي في النظام العالمي (م. كجم. ث) أو (SI) هي جول/كولوم، وقد اصطلح على تسمية هذه الوحدة بالفولت نسبةً للعالم الإيطالي فولتا. ∴ فولت = $\frac{\text{جول}}{\text{كولوم}}$

تعريف الفولت:

هو الفرق في الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي عندما يبذل شغل مقداره جول واحد لنقل شحنة مقدارها كولوم واحد من إحدى النقطتين إلى الأخرى.

٢– أجزاء ومضاعفات الفولت:

ملي فولت = ١٠$^{-٣}$ فولت **ميكروفولت = ١٠$^{-٦}$ فولت**

كيلوفولت = ١٠^{٣} فولت **ميجافولت = ١٠^{٦} فولت**

٣– الجهد الكهربائي كمية قياسية (علل).

لأن جـ = $\frac{\text{شغ}}{\text{ش}}$ جول/كولوم وأن كل من الشغل والشحنة كمية قياسية، قياسية ÷ قياسية = قياسية.

٤– الجهد الكهربائي إما أن يكون موجباً أو سالباً تبعاً للشحنة المولدة للمجال:

أ– فإذا كانت الشحنة المولدة للمجال موجبة كان الجهد عند أية نقطة في المجال موجباً.

ب– وإذا كانت الشحنة المولدة للمجال سالبة كان الجهد عند أي نقطة في المجال سالباً.

مثال١: إذا كان فرق الجهد بين نقطتين موضوعتين في مجال كهربائي (٢٥)فولت، فما الشغل اللازم بذله لنقل شحنة موجبة مقدارها (٥) كولوم بين هاتين النقطتين؟

الحل: ∵ **جـ =** $\frac{\text{شغ}}{\text{ش}}$ **جول/ كولوم**

∴ **شغ = جـ × ش جول = ٢٥ × ٥ = ١٢٥ جولاً.**

مثال٢: إذا بذل شغل مقداره (١٠٠) جول لنقل شحنة مقدارها (٤) ميكروكولوم بين نقطتين. أحسب فرق الجهد بين النقطتين.

الحل: شغ = ١٠٠ جول، س = ٤ μ كولوم = ٤ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ، جـ = ؟؟

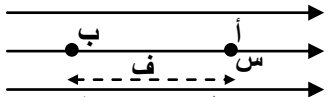
جـ = $\frac{\text{شغ}}{\text{ش}}$ **جول/كولوم =** $\frac{100}{4\times10^{-6}}$ **= ٢٥ × ١٠^{٦} فولت**

المجال الكهربائي المنتظم: **هو المجال الذي تكون خطوطه مستقيمة متوازية، وعلى أبعاد متساوية من بعضها البعض وتكون شدته متساوية عند جميع نقاطه.**

العلاقة بين شدة المجال الكهربائي المنتظم وفرق الجهد:

نفرض مجال كهربائي منتظم شدته (مـج) وضعت فيه شحنة موجبة مقدارها (س) كولوم عند نقطة (أ) فإن المجال سيؤثر عليها بقوة كهروستاتيكية مقدارها

ق = مـج × ش نيوتن .....(١)



ويكون اتجاهها في اتجاه المجال.

وعند تحريك الشحنة الموجبة من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) في اتجاه مضاد لاتجاه المجال الكهربائي وكانت المسافة بين النقطتين (ف). فإن الشغل اللازم بذله لنقل الشحنة الموجبة من (أ) إلى (ب):

شغ$_{أ\leftarrow ب}$ = ق × ف جول..... (٢)

من ١ ، ٢ ينتج أن: شغ$_{أ\leftarrow ب}$ = مج × ش × ف جول ولكن شغ$_{أ\leftarrow ب}$ = جـ$_{أ ب}$ × ش

∴ **مج × ش × ف = جـ$_{أ ب}$ × ش**

∴ **مج =** $\frac{\text{جـ}_{أ ب}}{\text{ف}}$ **فولت / متر**

ومن هنا يمكن تعريف شدة المجال الكهربائي بالتعريف التالي:

شدة المجال الكهربائي:

هي مقدار التغير في الجهد الكهربائي لوحدة الأطوال.

مثال : إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين لوحين معدنيين متوازيين المجال الكهربائي بينهما منتظم مقداره (٥٠٠) فولت، والمسافة بينهما (١٠)سم. فما مقدار القوة المؤثرة على جسيم مشحون شحنته (١.٦ × ١٠$^{-١٩}$) كولوم يتحرك بين اللوحين.

الحل: جـ = ٥٠٠ فولت ، ف = ١٠سم = $\frac{10}{100}$ **= ٠.١م**

، س = ١.٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم ، ق = ؟؟

مـج = $\frac{\text{جـ}}{\text{ف}}$ فولت/متر = $\frac{500}{0.1}$ = ٥٠٠٠ فولت/متر.

ق = مـج × ش نيوتن = ٥٠٠٠ × ١.٦ × ١٠$^{-١٩}$ = ٨ × ١٠ $^{-١٦}$ نيوتن

مصادر الحصول على شحنات كهربائية

عرفت من دراستك السابقة عزيزي الطالب أن المنبع الأساسي للشحنات هي الذرات. وقد أمكن الحصول على شحنات كهربائية بمقادير صغيرة بعدة طرق منها:

١ــ طريقة التكهرب بالدلك: **عند دلك مادة بمادة أخرى تنتقل بعض الإلكترونات بين الدالك والمدلوك.**

أــ فالمادة التي تفقد بعض إلكتروناتها تشحن بشحنة موجبة.

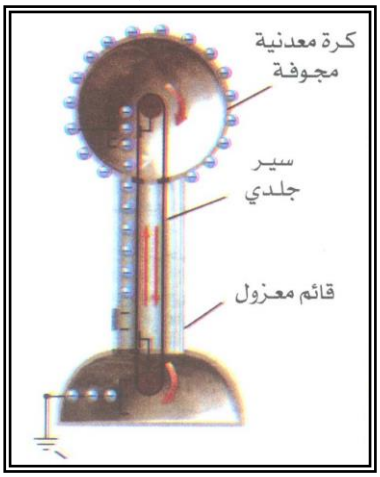
بــ والمادة التي تكتسب هذه الإلكترونات تشحن بشحنة سالبة.

جــ مقدار الشحنة السالبة يساوي مقدار الشحنة الموجبة.

٢-طريقة التكهرب بالتأثير: **عند تقريب جسم مشحون من آخر غير مشحون أو العكس فيتم شحن الجسم الغير مشحون بالتأثير أولاً بحيث يتكون على الوجه القريب شحنة مخالفة لشحنة المؤثر ويتكون على الوجه البعيد شحنة مشابهة لشحن المؤثر، ثم يحدث تجاذب بينهما بعد ذلك.**

٣-طريقة التكهرب باللمس: **عندما يلامس جسم مشحون جسماً آخر غير مشحون يتم شحن الجسم باللمس ويحدث تجاذب بينهما ثم يتنافران بعد ذلك لانتقال جزء من شحنة الجسم المشحون إلى الجسم الآخر فتصبح شحنتاهما متشابهتين فيتنافران.**

*** يمكن الحصول على شحنات كهربائية كبيرة جداً وفرق جهد كهربائي عال يصل إلى مئات الآلاف أو ملايين من الفولتات باستخدام جهاز يسمى مولد فان دي جراف نسبة إلى مصممه العالم الأمريكي فان دي جراف عام ١٩٣١م.**



مولد فان دي جراف

وظيفته:

١ــ يستخدم في الحصول على شحنات كهربائية كبيرة جداً وفرق جهد كهربائي عال يصل إلى ملايين الفولتات.

٢ــ ويستخدم في تعجيل الدقائق الموجبة والسالبة على السواء في تجارب الفيزياء النووية.

فكرة عملــه: **تعتمد فكرة عمل المولد على أنه إذا تلامس موصل مشحون بالسطح الداخلي لموصل آخر أجوف وليكن على شكل كرة فإن الشحنة تنتقل كلياً إلى السطح الخارجي للكرة.**

تركيبــه: **يتركب هذا المولد في أبسط صورة من:**

١- كرة معدنية مجوفة، ومعزولة (ك) ترتكز على قائم رأسي من مادة عازلة كالزجاج.

٢- سير من مادة عازلة كالحرير أو البلاستيك يُلف حول بكرتين (ب ، ب`) مثبتتين على القائم الرأسي وتدار البكرة السفلى بواسطة محرك كهربائي. والعليا تكون سائبة.

٣- مشطان معدنيان: يقابل السير مشطان معدنيان أحدهما من أسفل (م١) يتصل بمصدر شحنات ذي جهد عال والآخر (م٢) من أعلى ويلامس سطح الكرة المعدنية المجوفة من الداخل.

شرح عملــه:

١– عندما يدار السير يحمل الشحنات المتولدة على المشط (م١) وينقلها إلى المشط العلوي (م٢) الذي ينقلها بدوره إلى الكرة المعدنية حيث تستقر على السطح الخارجي لها.
٢– باستمرار دوران السير تتكاثف الشحنات على السطح الخارجي للكرة ويرتفع جهدها تدريجياً تبعاً لذلك كلما زاد تراكم الشحنات عليها.
٣– عندما تصل الشحنات على الكرة إلى وضع الاتزان (حيث يكون معدل فقد الكرة للشحنات مساوياً لمعدل اكتسابها لها) يتخذ الجهد قيمة معينة تصل إلى عدة ملايين من الفولتات بالنسبة للأرض.

ملحوظات :

١– جهد الأرض يعتبر صفراً.
٢– إذا وصل المشط السفلي (م١) بالقطب الموجب لمصدر الجهد العالي فإن الشحنة الموجبة تتدفق إلى أعلى بواسطة السير ومنه إلى الكرة المعدنية عبر المشط (م٢) بينما تتدفق الشحنات السالبة إلى أسفل من الكرة إلى الأرض عن طريق السير.
٣– أما إذا وصل المشط السفلي (م١) بالقطب السالب لمصدر الجهد العالي فإن الشحنة السالبة هي التي تتدفق إلى أعلى والموجبة تتدفق إلى أسفل.
٤– لا يصح زيادة جهد الكرة (ك) عن (١٠) مليون فولت حتى لا تتسرب الشحنات إلى الهواء الملامس لها وخاصةً إذا كان رطباً فيتكهرب الجو المحيط وإذا اقترب شخص من هذا الحيز فإنه يصعق ويموت.

السعة الكهربائية والمكثفات

السعة الكهربية:

إذا شحنا موصلاً معزولاً (كرة معدنية مجوفة مثلاً) بشحنة كهربائية فإن جهده يرتفع بمقدار معين يتناسب مع مقدار الشحنة التي شحن بها حتى يصل إلى قيمة معينة لا تتغير مهما زاد تراكم الشحنات عليه وقيمة هذا الجهد (جـ) تعين من العلاقة:

$$\text{جـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{\text{ش}}{\text{نق}} \quad \text{فولت}$$

حيث (ش) كمية الشحنة المتراكمة على سطحه الخارجي، (نق) نصف قطر الجسم المعدني الكروي المعزول.

*** يتوقف الجهد الكهربائي لكرة معدنية مجوفة معزولة ومشحونة على:**
أ– كمية الشحنة عليها ب– نصف قطر الكرة

*** عندما نشحن كرتين معدنيتين مختلفتين في الحجم ($نق_١ \neq نق_٢$) حتى يصبح جهداهما متساويين فإن الكرة الكبرى تختزن كمية من الشحنات أكبر مما تختزنه الكرة الصغرى بالرغم من تساويهما في الجهد. ويقال في هذه الحالة أن لكل من الكرتين سعة كهربائية خاصة بها.**

*** قد أثبتت التجارب العلمية أن السعة الكهربائية لأي موصل معزول تتحدد بالنسبة بين شحنة الموصل وجهده الناتج عن هذه الشحنة.**

*** النسبة بين شحنة الموصل المعزول وجهده تساوي دائماً مقدار ثابت أي أن**

$$\frac{\text{ش}}{\text{جـ}} = \text{مقدار ثابت.}$$

- **هذا المقدار الثابت يسمى السعة الكهربائية للموصل ويرمز بالرمز (سع) وتتوقف قيمته على حجم وشكل الموصل ونوع الوسط الفاصل.**
- **نستطيع أن نعبر عن السعة الكهربائية رياضياً بالعلاقة التالية:**

$$\text{سع} = \frac{\text{ش}}{\text{جـ}} \text{ كولوم / فولت}$$

❖ **تقاس السعة الكهربائية بوحدة كولوم/ فولت وتسمى فاراد في نظام (م. كجم. ث) أو (SI).**

تعريف السعة الكهربائية لموصل :

هي كمية الكهرباء اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار فولت واحد .

تعريف الفاراد: هو سعة موصل يرتفع جهده بمقدار فولت واحد إذا شحن بشحنة موجبة مقدارها كولوم واحد.

حساب السعة الكهربائية لموصل كروي معزول:

$$\text{سع} = \frac{\text{ش}}{\text{جـ}} \text{ فاراد} \quad ، \text{ جهد الكرة (جـ)} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{\text{ش}}{\text{نق}} \text{ فولت}$$

$$\therefore \text{سع} = \frac{\text{ش}}{\frac{\text{ش}}{\text{نق}} \times 9\times10^{9}} \quad \text{وعليه فإن} \quad \text{سع} = \frac{\text{نق}}{9\times10^{9}} \text{ فاراد}$$

أي أن سعة الموصل الكروي المعزول تساوي عددياً نصف قطره بالمتر مقسوماً على (٩×١٠^٩) إذا كان الوسط العازل هو الهواء أو الفراغ.

ملحوظات :

١– سعة الموصل الكروي المعزول تساوي عددياً نصف قطره بالسنتم إذا كان الوسط هواء لأن ثابت العزل الكهربائي (K) في هذه الحالة = ١ داين سم^٢ / استاتوكوم^٢

٢– وحدة الفاراد من الناحية العملية كمية كبيرة لا تتناسب مع المكثفات المستخدمة في الدوائر الإلكترونية للأجهزة التي نراها في منازلنا والمحلات الإلكترونية.

٣– من الناحية العملية توجد وحدة صغيرة جداً تتناسب مع الصناعات الإلكترونية هذه الوحدة هي الميكروفاراد ويرمز لها بالرمز (fμ) وهي تساوي (١٠^-٦) فاراد.

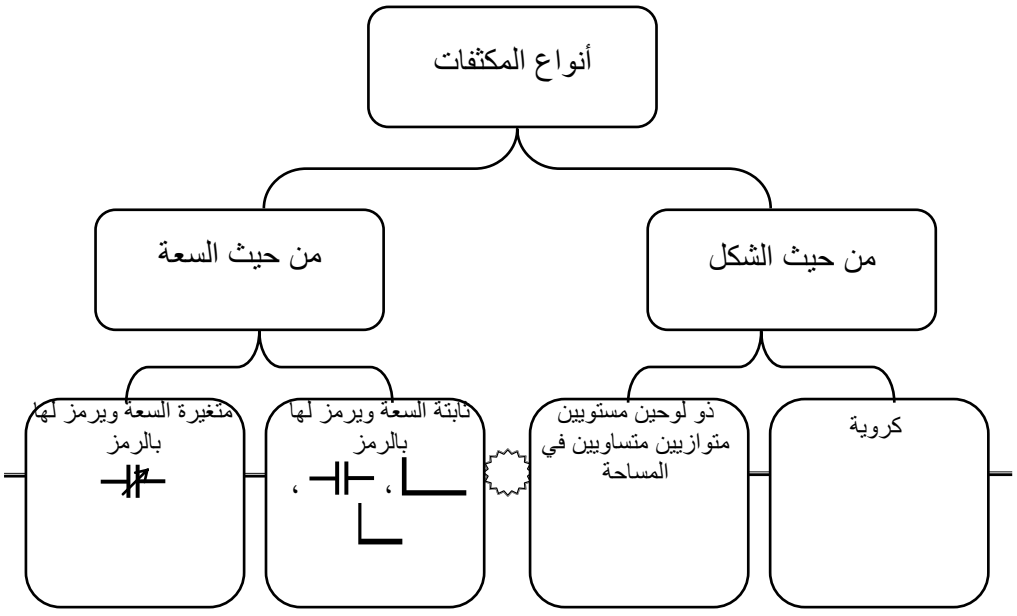
المكثف الكهربائي

تعريفه: **هو جهاز بسيط يستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية وحفظها.**

هو أداة تختزن فيها الشحنات الكهربائية.

الغرض منه: **١– الحصول على طاقة كهربائية وقت الحاجة.**

٢– يستخدم في الدوائر الكهربائية الإلكترونية للأجهزة مثل الراديو والتلفاز والتليفون والكمبيوتر وغيرها.

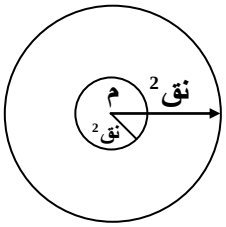


أولاً: المكثف المعدني الكروي:

تركيبه: يتكون في أبسط صورة من كرتين معدنيتين مجوفتين متداخلتين متحدتان في مركز التكور تفصل بينهما مادة عازلة. كما بالشكل.

ثانياً: المكثف ذو اللوحين المعدنيين المتوازيين:

تركيبه: يتركب من لوحين معدنيين مستويين متوازيين ومتساويين في المساحة بينهما مسافة صغيرة وتفصل بينهما مادة عازلة كالهواء أو الورق أو الزجاج أو المطاط أو الميكا.



سعة المكثف تحسب بالعلاقة : $\boxed{\text{سع} = \frac{\text{س}}{\text{ف}\pi 4} \times \frac{1}{9 \times 10^9}}$ **فاراد**

سع = $\frac{\text{س}}{\text{ف}} \times \frac{1}{K\pi 4}$ فاراد ، ∵ K = ٩ × ١٠^{٩} إذا كان الوسط هواء .

، ∵ $\frac{1}{\pi 4} \times \frac{1}{9 \times 10^9}$ = ϵ_2 = ٨.٨٥ × ١٠$^{-١٢}$ فاراد/م

∴ سع = ϵ_5 × $\frac{\text{س}}{\text{ف}}$ فاراد

، سع = ٨.٨٥ × ١٠$^{-١٢}$ × $\frac{\text{س}}{\text{ف}}$ فاراد إذا كان الوسط هواء .

العوامل التي تتوقف عليها سعة المكثف:

١ــ المساحة المتقابلة من اللوحين (س): تزداد سعة المكثف بزيادة المساحة المتقابلة من اللوحين. (علـــل)

لأنه بزيادة المساحة المتقابلة من اللوحين يقل فرق الجهد بينهما فتزداد السعة.

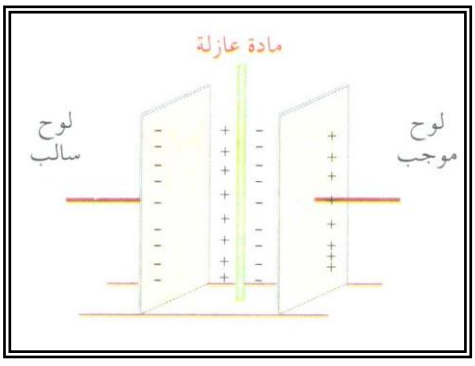
لأن سع = $\frac{\text{ش}}{\text{جـ}}$ فاراد

∴ تتناسب السعة طردياً مع المساحة المتقابلة سع ; س

٢ــ المسافة بين اللوحين (ف): تزداد السعة كلما نقصت المسافة بين اللوحين. (علـــل) **لأنه إذا نقصت المسافة بين اللوحين يقل فرق الجهد بينهما فتزداد السعة.**

∴ تتناسب السعة عكسياً مع البعد بين اللوحين ∴ سع ; $\frac{1}{\text{ف}}$

٣ــ نوع العازل بين اللوحين: تختلف سعة المكثف باختلاف نوع المادة العازلة الموجودة بين لوحيه.



تفسير زيادة السعة بوضع وسط عازل بين لوحي المكثف:

١- عندما نضع مادة عازلة بين لوحي المكثف تقع جزئياتها المتعادلة كهربائياً تحت تأثير شحنتي اللوحين.

٢- تجذب الشحنة الموجبة إلكترونات المادة العازلة نحوها بينما تجذب الشحنة السالبة الأيونات الموجبة نحوها.

٣- تتعرض الأيونات الموجبة وإلكترونات المادة العازلة الموضوعة

بين لوحي المكثف لإزاحات جانبية في اتجاه لوحي المكثف الموجب والسالب.

٤- هذه الإزاحات تكوِّن طبقتين من الشحنات على المادة العازلة. إحداهما سالبة تتجه نحو اللوح الموجب والأخرى موجبة تتجه نحو اللوح السالب.

٥- نتيجة لذلك ينقص فرق الجهد (جـ) بين لوحي المكثف مما يؤدي إلى زيادة سعته بمقدار يتناسب مع ثابت العزل للمادة العازلة.

ملحوظة: لقد وجد من التجارب العملية أن المواد العازلة تجعل المكثف قابلاً للاستخدام تحت فرق جهد عالي دون حدوث شرارة كهربائية بين لوحيه.

سعة المكثف (سع): هي النسبة بين الشحنة على أحد لوحيه وفرق الجهد بينهما.

مثال١: شحن موصل كروي نصف قطره (١) سم بشحنة موجبة مقدارها (٨ × ١٠$^{-٧}$) كولوم، فكم تكون سعة المكثف؟

الحل: نق = ١سم = $\frac{1}{100}$ = ٠.٠١ م

، سع = $\frac{\text{نق}}{9\times10^{9}} = \frac{0.01}{9\times10^{9}} = \frac{1\times10^{11}}{9}$ فاراد = استاتوفاراد

ملحوظات:

١- ١ كولوم = ٣ × ١٠ ^{٩} ستاتوكولوم ، ستاتوكولوم = $\frac{1}{3}$ × ١٠$^{-٩}$ كولوم

٢- ١ فاراد = ٩ × ١٠ ^{١١} ستاتوفاراد ، ستاتوفاراد = $\frac{1}{9}$ × ١٠$^{-١١}$ فاراد

٣- ١ ستاتوفولت = ٣٠٠ فولت ، فولت = $\frac{1}{300}$ ستاتوفولت

٤- البيكوفاراد = ميكروميكروفاراد = ١٠$^{-٦}$ × ١٠$^{-٦}$ = ١٠$^{-١٢}$ فاراد

مثال٢: موصل كروي نصف قطره (٩) سم، فكم تكون سعته بالوحدات النظرية؟

الحل:

نق = ٩سم ∴سع = ٩ ستاتوفاراد = ٩ × $\frac{1}{9}$ × ١٠$^{-١١}$ = ١٠$^{-١١}$ فاراد

مثال٣: مكثف ذو لوحين متوازيين مساحة كل من لوحيه (١) م^{٢} ، والمسافة بينهما (٠.١) مم، أوجد:

١- سعة المكثف في الهواء أو الفراغ.

٢- مقدار الشحنة على كل لوح، مع العلم أن فرق الجهد بين اللوحين (١٠٠) فولت، وأن سماحية الهواء أو الفراغ ϵ_5 = ٨.٨٥ × ١٠$^{-١٢}$ فاراد/متر

الحل:

س = ١م^{٢} ، ف = ١٠٠مم = ١٠٠ × ١٠$^{-٣}$ = ١٠$^{-٤}$ متر ، سع = ؟؟ ، س = ؟؟ ، جـ = ١٠٠ فولت ، ϵ_2 = ٨.٨٥ × ١٠$^{-١٢}$ فاراد/متر

١- سع = ϵ_5 × $\frac{\text{ش}}{\text{ف}}$ فاراد = ٨.٨٥ × ١٠$^{-١٢}$ × $\frac{1}{10^{-4}}$ = ٨.٨٥ × ١٠$^{-٨}$ فاراد

٢- ∵ سع = $\frac{\text{س}}{\text{جـ}}$ فاراد ∴ ش = سع × جـ كولوم

∴ ش = ٨.٨٥ × ١٠$^{-٨}$ × ١٠٠ = ٨.٨٥ × ١٠$^{-٦}$ كولوم = ٨.٨٥ ميكروكولوم

حساب الطاقة الكامنة (المختزنة) في مكثف مشحون

*** عندما نحاول شحن مكثف بشحنة قدرها (ش) كولوم فإن فرق الجهد بين لوحيه يتزايد بانتظام من القيمة (صفر) حتى يصل إلى القيمة (جـ) فولت، وعندما تصل قيمة الشحنة إلى (ش) كولوم، تكون القيمة المتوسطة لفرق الجهد أثناء عملية الشحن = $\frac{\text{صفر} + \text{جـ}}{2}$ = $\frac{1}{2}$ جـ فولت**

*** ولشحن المكثف بشحنة قدرها (ش) كولوم يلزم بذل شغل مقداره: (شغ) وعليه يكون مقدار الشغل اللازم بذله لشحن المكثف بالشحنة (ش) هو :**

$$\text{شغ} = \frac{1}{2} \text{جـ} \times \text{ش} \quad \text{جول}$$

❖ **ويختزن هذا الشغل في المكثف على شكل طاقة كهربائية، وعند تفريغ المكثف لشحنته يظهر هذا الشغل على شكل طاقة كهربائية أو تظهر على صورة أخرى من صور الطاقة مثل الضوء أو الصوت أو الحرارة ....**

❖ **وتسمى هذه الطاقة بالطاقة الكامنة (المختزنة) في المكثف ويرمز لها بالرمز (ط م) ، وبذلك تكون:**

ط م = $\frac{1}{2}$ جـ × ش جول ، ∵ ش = سع × جـ كولوم

∴ ط م = $\frac{1}{2}$ سع × جـ^{2} جول

∵ جـ = $\frac{\text{ش}}{\text{سع}}$ فولت

∴ ط م = $\frac{1}{2}$ × $\frac{\text{س}^{2}}{\text{سع}}$ جول

مثال١: تم شحن مكثف سعته الكهربائية (٤) ميكروفاراد، فأصبح فرق الجهد بين لوحيه (٥٠٠) فولت. أحسب الطاقة الكهربائية المختزنة فيه.

الحل:

سع = ٤ μ فاراد = ٤ × ١٠$^{-٦}$ فاراد ، جـ = ٥٠٠ فولت ، ط م = ؟؟

ط م = $\frac{1}{2}$ × سع × جـ^{٢} = $\frac{1}{2}$ × ٤ × ١٠$^{-٦}$ × (٥٠٠)^{٢} = ٢ × ١٠$^{-٦}$ × ٢٥٠٠٠٠ = ٠.٥ جول

مثال٢: مكثف ذو لوحين متوازيين المسافة بين لوحيه (٠.١)سم. فإذا كان الهواء يملأ الحيز بين لوحي المكثف وكان فرق الجهد بينهما (١٠٠) فولت. فاحسب شدة المجال الكهربائي بين لوحي المكثف.

الحل:

ف = ٠.١ سم = ٠.١ × ١٠$^{-٢}$ = ١٠$^{-٣}$ ، جـ = ١٠٠ فولت ، مج = ؟؟

∵ مج = $\frac{\text{جـ}}{\text{ف}}$ فولت / متر ∴ مج = $\frac{100}{10^{-3}}$ = ١٠^{٥} فولت / متر .

ملحوظة : تختلف شدة المجال بين لوحي المكثف باختلاف نوع الوسط العازل الموضوع بين لوحيه.

(علـــل)

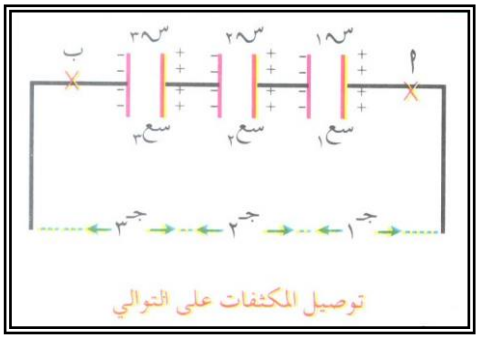
لأن سعة المكثف تختلف باختلاف نوع الوسط العازل.

∵ سع = $\frac{\text{ش}}{\text{جـ}}$ فاراد ∴ جـ = $\frac{\text{ش}}{\text{سع}}$ فولت ، مج = $\frac{\text{جـ}}{\text{ف}}$ فولت/متر

∴ باختلاف نوع الوسط الفاصل تختلف سعة المكثف فتختلف شدة المجال.

طرق توصيل المكثفات في الدوائر الكهربائية

توجد عدة طرق لتوصيل المكثفات في الدوائر الكهربائية ومن هذه الطرق ما يلي:



توصيل المكثفات على التوالي

١)طريقة التوصيل على التوالي:

إذا وصلت عدة مكثفات سعاتها (سع١، سع٢، سع٣، .....) معاً على التوالي كما بالشكل، فإن الشحنة تتوزع بالتساوي على جميع المكثفات ولكن الهد الكلي يتوزع على المكثفات كلٌ حسب سعته.

جـ ك = جـ١ + جـ٢ + جـ٣ + ... فولت، وبما أن جـ = $\frac{ش}{سع}$ فولت

$$\therefore \frac{ش}{سع_ك} = \frac{س}{سع_1} + \frac{س}{سع_2} + \frac{س}{سع_3} + ...$$

$$\frac{ش}{سع_ك} = ش\left(\frac{1}{سع_1} + \frac{1}{سع_2} + \frac{1}{سع_2} + ...\right)$$

$$\therefore \frac{1}{سع_ك} = \frac{1}{سع_1} + \frac{1}{سع_2} + \frac{1}{سع_3} + ... \frac{1}{فاراد}$$

أي أن مقلوب السعة الكلية للمكثفات يساوي مجموع مقلوبات السعات وتكون أصغر من أصغر سعة .

ملحوظات: ١ــ إذا كانت المكثفات متساوية السعة لكل منها (سع) وعددها (ن) فإن:

$$سع_ك = \frac{سع}{ن} \text{ فاراد}$$

٢ــ إذا اتصل مكثفان معاً على التوالي فإن: سع ك = $\frac{سع_1 \times سع_2}{سع_1 + سع_2}$ ـ فاراد

٢)طريقة التوصيل على التوازي:

إذا وصلت عدة مكثفات سعاتها (سع١، سع٢، سع٣ ، .....) معاً على التوازي فإن الجهد لا يتجزأ ويتوزع بالتساوي بينهما، ولكن الشحنة الكلية تتوزع على المكثفات كلٌ حسب سعته، وعليه فإن:

ش ك = ش١ + ش٢ + ش٣ + ...

، ∵ ش = سع × جـ

∴ سع ك × جـ = سع١ × جـ + سع٢ × جـ + سع٣ × جـ +.....

∴ سع ك = سع١ + سع٢ + سع٣ +..... فاراد

أي أن السعة الكلية للمكثفات تساوي مجموع سعاتها وتكون أكبر من أكبر سعة.

ملحوظة : إذا كانت المكثفات متساوية السعة لكل منها (سع) وعددها (ن) فإن:

سع ك = سع × ن فاراد

مثال١: ثلاثة مكثفات سعاتها ١٠، ٢٠، ٣٠ ميكروفاراد وُصلت معاً. أحسب السعة الكلية لها. إذا كان التوصيل على: أــ التوالي ب\ــ التوازي

الحل

سع١ = ١٠ μ فاراد سعم = ٢٠ μ فاراد سع٣ = ٣٠ μ فاراد

١– على التوالي: $\frac{1}{سع_ك} = \frac{1}{سع_1} + \frac{1}{سع_2} + \frac{1}{سع_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{2+3+6}{60} = \frac{11}{60}$

∴ سعك = $\frac{60}{11}$ × ١٠$^{-٦}$ فاراد = $\frac{6}{11}$ × ١٠$^{-٥}$ فاراد

٢– على التوازي: سع ك = سع١ + سع٢ + سع٣ +..... فاراد

= ١٠ + ٢٠ + ٣٠ = ٦٠ فاراد = ٦٠ × ١٠$^{-٦}$ = ٦ × ١٠$^{-٥}$ فاراد

✍مثال٢: ثلاثة مكثفات متساوية السعة لكل منها (١٢) ميكروفاراد. أحسب السعة الكلية لها إذا وصلت معاً على: أ– التوالي ب– التوازي

الحل:

سع = ١٢ μ فاراد = ١٢ × ١٠$^{-٦}$ فاراد ، سع ك = ؟؟ ، ن =٣

أ– على التوالي:

سع ك = $\frac{سع}{ن}$ فاراد = $\frac{12\times10^{-6}}{3}$ = ٤ × ١٠$^{-٦}$ فاراد = ٤ μ فاراد

ب– على التوازي:

سعك = سع × ن فاراد = ١٢ × ١٠$^{-٦}$ × ٣ = ٣٦ × ١٠$^{-٦}$ فاراد = ٣٦ μ فاراد

✍مثال٣: مكثفان سعتاهما ١٢ μ فاراد ، ٢٤ μ فاراد وصلت معاً أحسب السعة الكلية لهما إذا كان التوصيل على: أ– التوالي ب– التوازي

الحل: سع١ = ١٢ μ فاراد ، سع٢ = ٢٤ μ فاراد ، سع ك = ؟؟

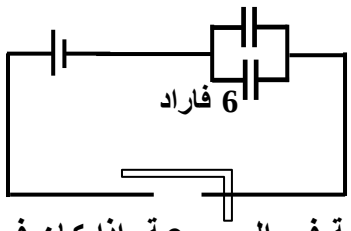
أ– على التوالي:

سعك = $\frac{سع_1 \times سع_2}{سع_1 + سع_2}$ فاراد = $\frac{24\times12}{24+12}$ = ٨ μ فاراد = ٨ × ١٠$^{-٦}$ فاراد

ب– على التوازي:

سع ك = سع١ + سع٢ = ١٢ + ٢٤ = ٣٦ μ فاراد = ٣٦ × ١٠$^{-٦}$ فاراد

واجب: أحسب السعة الكلية للمكثفات الموضحة بالشكل المقابل:



✍مثال٤: في المثال (٣) احسب الشحنة على كل مكثف والطاقة المختزنة في المجموعة. إذا كان فرق الجهد الكلي في الدائرة = ٢٠٠ فولت في حالة التوصيل على التوازي.

١– س١ = سع١ × جـ = ١٢ × ١٠$^{-٦}$ × ٢٠٠ = ٢٤ × ١٠$^{-٤}$ كولوم = ٢.٤ ملي كولوم

س٢ = سع٢ × جـ = ٢٤ × ١٠$^{-٦}$ × ٢٠٠ = ٤٨ × ١٠$^{-٤}$ كولوم = ٤.٨ ملي كولوم

٢)حساب الطاقة المختزنة في المجموعة (ط م):

سعك = ٨ μ فاراد = ٨ × ١٠$^{-٦}$ فاراد ، جـ = ٢٠٠ فولت

ط م = $\frac{1}{2}$ سع × جـ^{٢} = $\frac{1}{2}$ × ٨ × ١٠$^{-٦}$ × (٢٠٠)^{٢} = ٤ × ١٠$^{-٦}$ × ٤٠٠٠٠ = ٠.١٦ جول

أجوبة أسئلة الوحدة الخامسة

س١/ أكمل الفراغات التالية بما يناسبها:

أ- يتم توصيل المكثفات الكهربائية بطريقتين هما طريقة التوصيل على..... وتكون السعة الكلية لها تساوي..... وطريقة التوصيل على..... ويكون فيها مقلوب السعة الكلية لها يساوي.....

ب- يقاس فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في موصل بوحدة..... في النظام الدولي للقياس وقد اتفق على تسميتها باسم..... بينما السعة الكهربية تقاس بوحدة..... وتسمى فاراد.

جـ- كمية الكهرباء اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار فولت واحد يطلق عليها اسم..... بينما الشغل المبذول لنقل شحنة كهربائية من نقطة إلى أخرى في مجال كهربي يطلق عليه اسم.....

جـ١/ أ- التوالي - مجموع سعاتها - التوازي - مجموع مقلوبات سعاتها.

ب- جول/ كولوم - فولت - كولوم/ فولت

جـ- السعة الكهربائية للموصل - فرق الجهد بين النقطتين.

س٢/ ضع علامة (🗑) أو (🖷) أمام العبارات التالية:

أ- مكثف سعته (٢ × ١٠$^{-٦}$) فاراد ، فرق الجهد بين لوحيه (٥٠٠) فولت فإن الطاقة الكامنة فيه = ٠.٢٥ جول. ( )

ب- المكثف ذو اللوحين المتوازيين مساحة كل منهما مختلفة. ( )

جـ- وجد بالتجارب العملية أن المواد العازلة في المكثف تجعله قابلاً للاستخدام تحت فرق جهد عالٍ. ( )

د- القوة المؤثرة على وحدة الشحنة الكهربائية الموجبة تسمى الفولت. ( )

هـ- المجال الكهربائي يعتبر كمية متجهة لأنه يقاس بالقوة وهي كمية متجهة. ( )

جـ٢/ أ- (🗑) لأن طـ$_م$ = $\frac{1}{2}$ سع × جـ^{٢} = $\frac{1}{2}$ × ٢ × ١٠$^{-٦}$ × (٥٠٠)^{٢}

= ١٠$^{-٦}$ × ٢٥٠٠٠٠ = ٠.٢٥ جول

ب- (🖷) جـ- (🗑) د- (🖷) هـ- (🖷) لأن المجال ليس كمية فيزيائية أصلاً حيث أن الكمية الفيزيائية هي صفة يمكن قياسها كما سبق وأن عرفت .

ولكن شدة المجال الكهربائي كمية فيزيائية متجهة لأنها صفة للمجال ويمكن قياسها، مـج = $\frac{ق}{ش}$ نيوتن/كولوم

وهي تقدر بالقوة المؤثرة على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة في المجال الكهربائي.

س٣/ اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس للعبارات الآتية:

أ- عند وضع شحنة نقطية موجبة مقدارها (٥ × ١٠$^{-٧}$) كولوم في مجال كهربائي شدته (٣ × ١٠^{٤}) نيوتن/كولوم فإن القوة الكهروستاتيكية التي يؤثر بها المجال على الشحنة النقطية تساوي: (٠.٠٢ ، ٠.٣ ، ٠.٤ ، ٠.٠١٥) نيوتن.

ب- اتجاه خطوط المجال الكهربائي المتولد من شحنة موجبة يكون:

(خارجاً منها - داخلاً إليها - في اتجاهها - لا شيء مما ذكر)

جـ- الفرق في الجهد الكهربائي بين نقطتين عندما تبذل شحنة كهربائية موجبة مقدارها واحد كولوم شغلاً مقداره واحد جول للانتقال من إحدى النقطتين للأخرى يسمى: (جول - فولت - أمبير - نيوتن)

د- كمية الكهرباء اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار واحد فولت يطلق عليها اسم: (الجهد - شدة المجال - السعة الكهربائية).

جـ٣/ أ- ق = ش × مـج = ٥ × ١٠^-٧ × ٣ × ١٠^٤ = ٠.٠١٥ نويتن

ب- خارجاً منها جـ- فولت د- السعة الكهربائية

س٤/ علل العبارات الآتية تعليلاً علمياً:

أ- العازل في المكثف الكهربائي يزيد من قدرته على العمل عند فرق جهد عالٍ.

ب- تعد شدة المجال الكهربائي كمية متجهة.

جـ٤/ أ- لأنه:

١- عندما نضع مادة عازلة بين لوحي مكثف فإن جزيئاتها المتعادلة كهربياً تقع تحت تأثير شحنتي اللوحين.

٢- تجذب الشحنة الموجبة للوح الموجب إلكترونات المادة العازلة نحوها بينما اللوح السالب للمكثف يجذب إليه الأيونات الموجبة للمادة العازلة.

٣- تتعرض الأيونات الموجبة وإلكترونات المادة العازلة لإزاحات جانبية في اتجاه لوحي المكثف.

٤- بسبب هذه الإزاحات تتكون طبقتين من الشحنات على المادة العازلة إحداهما سالبة تتجه نحو اللوح الموجب والأخرى موجبة تتجه نحو اللوح السالب.

٥- نتيجة لذلك ينقص فرق الجهد بين لوحي المكثف مما يؤدي إلى زيادة سعته بمقدار يتناسب مع ثابت العزل الكهربائي للمادة العازلة.

ب- تعد شدة المجال الكهربائي كمية متجهة. لأن

$$\text{شدة المجال (مـج)} = \frac{\text{القوة}}{\text{الشحنة}} = \frac{\text{ق}}{\text{ش}} \text{ ، القوة كمية متجهة}$$

$$\text{، كمية الشحنة كمية قياسية ، } \frac{\text{متجهة}}{\text{قياسية}} = \text{متجهة}$$

س٥/ عرف كلاً من: (شدة المجال الكهربائي – السعة الكهربائية لموصل)

جـ٥/ شدة المجال الكهربائي**: هي القوة الكهروستاتيكية التي يؤثر بها المجال على وحدة الشحنات الموجبة.**

السعة الكهربائية لموصل**: هي كمية الشحنة الكهربائية اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار فولت واحد.**

السعة الكهربائية لمكثف**: هي النسبة بين شحنة أحد لوحيه وفرق الجهد بينهما.**

أو هي مقدار الشحنة الكهربائية اللازمة لجعل فرق الجهد بين لوحيه = الوحدة

س٦/ ثلاثة مكثفات سعاتها هي (٤، ٨ ، ١٦) ميكروفاراد، وصلت بدائرة كهربائية بطريقة التوالي والتوازي. أحسب السعة المكافئة لها في كل حالة.

جـ٦/

سع١ = ٤ μ فاراد ، سع٢ = ٨ μ فاراد ، سع٣ = ١٦ μ فاراد ، سعك = ؟؟

أ- على التوالي:

$$\frac{1}{\text{سع}_1}+\frac{1}{\text{سع}_2}+\frac{1}{\text{سع}_3}\ldots\ldots\frac{1}{\text{فاراد}}=\frac{1+2+4}{16}=\frac{7}{16} \quad = \quad \frac{1}{16}+\frac{1}{8}+\frac{1}{4}$$

$$\therefore \text{ سعك} = \frac{16}{7}\ \mu\text{ فاراد} = \frac{16}{7} \times 10^{-6} \text{ فاراد}$$

ب- على التوازي:

سع ك = سع١ + سع٢ + سع٣ = ٤ + ٨ + ١٦ = ٢٨ μ فاراد = ٢٨ × ١٠^-٦ فاراد

س٧/ شحنتان كهربائيتان مقدار كل منهما (٥ ، ١٠) كولوم، والمسافة بينهما (١٠)سم ، وضعتا في الهواء. ما مقدار القوة الكهروستاتيكية المتولدة بينهما؟

جـ٧/ $ش_1$ = ٥ كولوم ، $ش_2$ = ١٠ كولوم

، ف = ١٠سم = $\frac{10}{100}$ = ٠.١م ، ق = ؟؟

∴ ق = $\frac{ك \times ش_1 \times ش_2}{ف^2}$ نيوتن = $\frac{10\times5\times10^{9}\times9}{(0.1)^{2}}$ = $\frac{45\times10^{10}}{0.01}$ = ٤٥ × ١٠ ^{١٢} نيوتن

س٨/ مكثف كهربائي سعته (٥ × ١٠$^{-٦}$) فاراد، شُحن بشحنة مقدارها (٢٠) كولوم. أحسب فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه.

جـ٨/ سع = ٥ × ١٠$^{-٦}$ فاراد ، ش = ٢٠ كولوم ، جـ = ؟؟

جـ = $\frac{ش}{سع}$ كولوم/ فاراد = $\frac{20}{10\times5^{-6}}$ = ٤ × ١٠ ^{٦} فولت

س٩/ استعن بالبيانات الموضحة بالشكلين (أ ، ب) ثم أحسب شدة المجال الكهربائي في كل حالة:

جـ٩/ الشكل أ : ش = ٢٠ μ كولوم = ٢٠ × ١٠$^{-٦}$ = ٢ × ١٠$^{-٥}$ كولوم

، ف = ٢٥سم = ٠.٢٥ متر

∴ مجـ = ٩ × ١٠ ^{٩} × $\frac{ش}{ف^2}$ = $\frac{10\times2\times10^{9}\times9}{(0.25)^{2}}$ = ٢.٨٨ × ١٠$^{-٦}$ نيوتن/ كولوم

الشكل ب : ش = ـ ٥ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ، ف = ٢٥سم = ٠.٢٥م

مـج = ٩ × ١٠ ^{٩} × $\frac{ش}{ف^2}$ = $\frac{(10\times5-)\times10^{9}\times9}{(0.25)^{2}}$ = ـ ٧٢ × ١٠ ^{٤} نيوتن/ كولوم

والإشارة السالبة هنا تعني أن القوة المؤثرة على وحدة الشحنات الموجبة تكون في اتجاه مضاد لاتجاه المجال.

س١٠/ إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين موضوعتين في مجال كهربائي هو (٢٠) فولت. فما الشغل اللازم بذله لنقل شحنة موجبة مقدارها (٤) ميكروكولوم؟ ،إذا استبدلت الشحنة بشحنة موجبة مقدارها (٤) كولوم، فكم يكون الشغل اللازم بذله؟ ثم قارن بين الشغلين وفسر الناتج في الحالتين.

جـ١٠/ جـ = ٢٠ فولت ، شغ١ = ؟؟

، $س_1$ = ٤ μ كولوم = ٤ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ، $ش_2$ = ٤ كولوم، شغ$_2$ = ؟؟

شغ$_1$ = $ش_1$ × جـ = ٤ × ١٠$^{-٦}$ × ٢٠ = ٨٠ × ١٠$^{-٦}$ جول

شغ$_2$ = $ش_2$ × جـ = ٤ × ٢٠ = ٨٠ جولاً

∴ $\frac{شغ_2}{شغ_1}$ = $\frac{80}{10\times80^{-6}}$ = ١٠$^{-٦}$

أي أن الشغل المبذول في الحالة الثانية أكبر من الشغل المبذول في الحالة الثانية بمليون مرة والسبب هو كبر الشحنة في الحالة الثانية وكلما زادت الشحنة زاد الشغل المبذول .

س١١/ شحن مكثف سعته الكهربائية (٥ × ١٠$^{-٦}$) فاراد ، وأصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (١١٠) فولت، فما مقدار الطاقة الكهربائية المختزنة فيه؟

جـ١١/ سع = ٥ × ١٠$^{-٦}$ فاراد ، جـ = ١١٠ فولت ، ط م = ؟؟

ط م = $\frac{1}{2}$ سع × جـ^{٢} = $\frac{1}{2}$ × ٥ × ١٠$^{-٦}$ × (١١٠)^{٢}

= ٢.٥ × ١٠^-٦ × ١٢١٠٠ = ٠.٠٣٠٢٥ جول
= ٣٠٢.٥ × ١٠^-٤ جولاً

س١٢/ أكتب تقريراً علمياً لما عرفته عن المكثفات الكهربائية عن فوائدها في الحياة.

جـ١٢/ يترك للطالب عمل هذا التقرير.

س١٣/ أثبت بالتجربة العملية أن الشحنات الكهربائية تتراكم على السطوح الخارجية للأجسام المشحونة وليست على السطوح الداخلية

جـ١٣/ تجربة الأجوف المشحون:

– الأدوات المطلوبة: **يستخدم في هذه التجربة كرة مجوفة من البرونز معزولة عن الأرض بحامل عازل وبها ثقب صغير. يكفي لدخول مستوى اختبار صغير كما بالشكل.**

– الخطوات:

١– نشحن الكرة الجوفاء بشحنة معينة بطريقة الحث.

٢– نفحص وجود الشحنة الكهربائية على السطح الداخلي للكرة حيث يسمح لمستوى الاختبار بلمس الكرة في أماكن مختلفة لسطحها الداخلي ثم نخرجه ونلمس به قرص كشاف كهربائي. ماذا نلاحظ؟

٣– نكرر ما سبق وذلك بلمس السطح الخارجي للكرة في أماكن مختلفة بواسطة مستوى الاختبار ثم نلمس به قرص الكشاف. ماذا نلاحظ؟

الملاحظة: ١– في الحالة الأولى لا يحدث انفراج ورقتي الكشاف.
٢– في الحالة الثانية يحدث انفراج ورقتي الكشاف.

الاستنتاج: **الشحنة تستقر على السطح الخارجي للكرة ولا يوجد أي أثر للشحنة على سطحها الداخلي.**

تجربة شبكة فارادي:

– الأدوات: **شبكة مخروطية الشكل من القطن (وهو موصل للكهرباء بينما الحرير عازل للكهرباء) سميت بشبكة فارادي والشبكة مركبة على حلقة معدنية مثبتة على ساق عازلة أفقية كما بالشكل – ويتصل رأس الشبكة المخروطية من الداخل بخيط من الحرير لجعل السطح الداخلي للشبكة خارجياً والعكس.**

– الخطوات:

١– نشحن الشبكة بالكهرباء عن طريق الحث.

٢– ننقل الشحنات الكهربائية من سطحي الشبكة الخارجي والداخلي بواسطة مستوى الاختبار إلى قرص كشاف كهربائي وذلك لمعرفة ما إذا كانت الشحنة موجودة أم لا.

٣– تقلب الشبكة بواسطة سحب خيط الحرير الداخلي إلى الخارج ثم يعاد الكشف عن وجود الشحنة الكهربائية على سطحي الشبكة كما سبق.

الملاحظة: الشحنة الكهربائية موجودة فقط على السطح الخارجي للشبكة في الحالتين.

– الاستنتاج: **الشحنات الكهربائية تتراكم على السطوح الخارجية للأجسام المشحونة وليست على السطوح الداخلية.**

س١٤/ وضح بالرسم تركيب مولد فان دي جراف، ثم اشرح عمله.

جـ١٤/ أنظر الكتاب ص

س١٥/ ماذا يحدث في الحالات التالية:

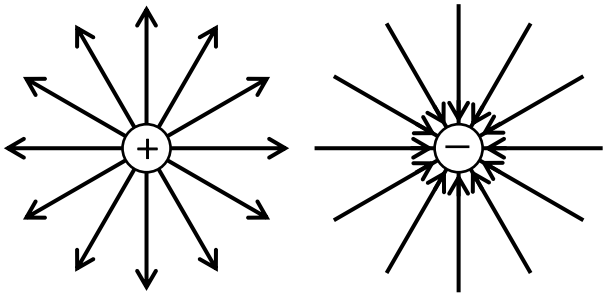
أ– إذا دلك مشط على شعر رأسك وقربت منه قصاصات ورق؟

ب– إذا قربت جسم مشحون بشحنة كهربائية موجبة بجسم آخر مشحون بنفس الشحنة؟

جـ١٥/ أ) يجذب المشط قصاصات الورق.

ب) يتنافر الجسمان.

س١٦/ وضح بالرسم المجال المتكون لشحنة كهربائية موجبة وأخرى سالبة.



س١٧/ لماذا يتوقف شعر الرأس عندما يلامس شخص بيده السطح الخارجي لكرة مولدفان دي جراف؟

جـ١٧/ لانتقال الشحنة من الكرة إلى الشخص ومنها إلى شعر رأسه فيحدث تنافر بين الشعر فتتوقف الشعرات.

س١٨/ ما المقصود بالفاراد؟ وما العلاقة بينه وبين الميكروفاراد؟

جـ١٨/ الفاراد**: هو سعة موصل يرتفع جهد بمقدار فولت واحد إذا شحن بشحنة موجبة مقدارها كولوم واحد.**

العلاقة بين الفاراد والميكروفاراد**:**

الفاراد = ١٠ ^{٦} ميكروفاراد ، الميكروفاراد = ١٠ $^{-٦}$ فاراد

س١٩/ لماذا يعتبر الفاراد وحدة غير صالحة كوحدة لقياس السعة الكهربائية من الناحية العملية في الأجهزة الإلكترونية؟

جـ١٩/ لأن الفاراد وحدة كبيرة جداً لا تتناسب مع المكثفات المستخدمة في الدوائر الإلكترونية للأجهزة الكهربائية. ولكي نحصل على مكثف سعته فاراد واحد يجب أن يكون كلاً من لوحيه على شكل مربع طول ضلعه (١٠.٦) كيلومتر. وهذا مستحيل.

س٢٠/ مكثف ذو لوحين متوازيين المسافة بينهما (١مم) فإذا كانت سعة المكثف فاراد واحد. فما مساحة لوح المكثف؟ ثم فسر النتيجة.

جـ٢٠/

ف = ١مم = ١٠ $^{-٣}$ م ، سع = ١ فاراد ، س = ؟؟

∵ سع = $\frac{\text{س}}{\text{ف}\pi 4} \times \frac{1}{9\times 10^{9}}$ فاراد ∴ س = ٤ π ف × ٩ × ١٠ ^{٩} × سع ٢٠

∴ س = ٤ × $\frac{22}{7}$ × ١٠ $^{-٣}$ × ٩ × ١٠ ^{٩} × ١ = ١١٣.١٤٣ × ١٠ ^{٦} م ^{٢}

ولوكان لوح الكثف مربع الشكل فإن طول ضلعة = $\sqrt{\text{١١٣.١٤٣×١٠}^{٦}}$ = $\sqrt{\text{١٠٦٣٧}}$م = ١٠.٦٤كم

الاستنتاج**: نستنتج أن الفاراد مقدار هائل جداً لا يستخدم في الأغراض العلمية لأن المكثف الذي سعته واحد فاراد سيكون كلاً من لوحيه على شكل مربع طول ضلعه ١٠.٦٤ كيلومتراً وهذا مستحيل. لذا تكون المكثفات المستخدمة في الأجهزة العلمية كالراديو والتليفون والتلفزيون كلها من مرتبة الميكروفاراد، البيكوفاراد.**

ملحوظة: الميكروفاراد = ١٠ $^{-٦}$ فاراد ، البيكوفاراد = ١٠ $^{-١٢}$ فاراد

س٢١/ استعن بإحدى اللوحات لأي جهاز إلكتروني. ثم ارسم كل مكثف وسجل السعة المكتوبة عليه في دفترك، وكذلك سجل فرق الجهد الكهربائي بين لوحي كل مكثف.

جـ٢١/ يترك للطالب القيام بهذا النشاط مع الاستعانة بمعلمه.

ملحوظات :

١) ثابت العزل الكهربائي للهواء K= ٩ × ١٠^٩ نيوتن م^٢/كولوم^٢

٢) المقدار $\frac{1}{K\pi 4}$ = ϵ_5 حيث ϵ_5 هي سماحية الوسط العازل

= ٨.٨٥ × ١٠^-١٢ كولوم^٢/نيوتن × م^٢ أو فاراد/متر إذا كان الوسط هواء ϵ_5 ،

تم التحميل من مدونة ملخصات ثالث ثانوي المنهج اليمني

/http://ye-thirdsecondr.blogspot.com

ومدونة اقرا معي وتعلم على الانترنت

/https://aimn2013.blogspot.com