الفصل 1
الكهرباء الساكنة
Static Electricity

أنواع الشحنات الكهربائية

- موجب — Proton
- سالب — Electron

طرق شحن الأجسام

الشحن بالدلك

يحدث عند دلك جسمان معزولان من مادتين مختلفين حيث أن بعض الإلكترونات تنتقل من أحد الجسمين للآخر

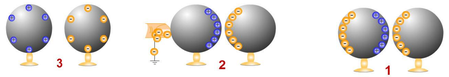
- جذب القرص المدمج للغبار عند تمسيحه بالقماش
- شحن ساق المطاط بشحنة سالبة عند دلكه بالصوف
- التصاق بعض الملابس ببعضها بعد إخراجها من مجفف الملابس
- تولد شرارة كهربائية عند لمس مسكة الباب بسبب احتكاك الحذاء بالسجاد

الشحن بالتوصيل

عملية شحن جسم متعادل أو مشحون بملامسة جسم مشحون آخر

الشحن بالحث

شحن جسم متعادل أو مشحون دون ملامسته، بحيث تفصل شحنات الجسم المتعادل ثم تفرغ أحدى شحنتيه.



حفظ الشحنة الكهربائية

لا يمكن إنتاج الشحنة الكهربائية ولا إزالتها لأنها محفوظة، والشحن ليس إلا فصل للشحنات الكهربائية وبمعنى آخر نقل الإلكترونات .

إذا مشّطت شعرك في يوم جاف فسوف يشحن المشط بشحنة سالبة، وسيكتسب الشعر شحنة موجبة، لأن الشحنة محفوظة

التأريض: هو التخلص من الشحنة الكهربائية الفائضة على الجسم بتوصيله بالأرض

تطبيقات الكهرباء الساكنة

الكهرباء الساكنة هي شحنات كهربائية تتجمع وتحتجز في مكان ما

تتركّز التطبيقات على التحكم في الشحنة الساكنة

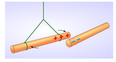
- تتحكم في عمل بعض الأجهزة مثل : آلة الطباعة وآلة التصوير و مُنقي الهواء وآلة الطلاء الكهربائي الساكن والمكثف الكهربائي
- تفسر الكهرباء الساكنة الكثير من الظواهر مثل البرق وفرقعة الصوت والومضات كهربية عند تمشيط الشعر الجاف وعند خلع الملابس الصوفية

تحديد نوع شحنة الجسم

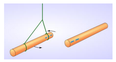
- إذا تنافر من جسم موجب فإنّه موجب
- إذا تنافر من جسم سالب فإنّه سالب
- إذا انجذب للموجب والسالب فإنّه متعادل

القوة المتبادلة بين الشحنات

تؤثر الشحنات في بعضها عن بُعد ، وتزداد كلما قلت المسافة بين الأجسام المشحونة



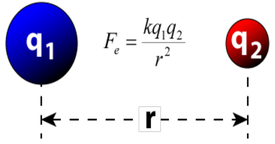
قوى تجاذب بين الشحنات المختلفة



قوى تنافر بين الشحنات المتشابهة

قانون كولوم

القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين تتناسب طرديا مع مقداري الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما



$1C = 6.24\times10^{18}$ electrons

$1electron = 1.60\times10^{-19}$ C

$q = N\,e$

C الكولوم : وحدة قياس الشحنة الكهربائية

الشحنة الأساسية هي مقدار الشحنة لإلكترون واحد

نقل الشحنات

موصلات : تسمح بمرور الشحنات من خلالها ، مثل :الجرافيت ، النحاس ، الحديد، والفلزات.

تتوزع الشحنات على كامل سطح الموصلات

عوازل : لا تسمح بمرور الشحنات من خلالها بسهولة ، مثل الزجاج ، الخشب، البلاستيك.

تبقى الشحنات على العوازل في المكان الذي توضع فيه

الهواء عازل ، وتحت ظروف معيّنة يكون موصلا فتتحرك الشحنات من خلاله ، مثل ظروف : التفريغ والبلا

الكشاف الكهربائي

يكشف عن وجود شحنات كهربائية

قرص فلزي مثبّت على ساق فلزي متصل بقطعتين فلزيتين خفيفتين ورقيقتين

تنفرج ورقتي الكشاف الكهربائي عند تقريب الساق الموجب أو الساق السالب

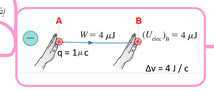
الفصل 2 — المجالات الكهربائية Electric Fields

الجهد الكهربائي

تعريفه
يمكن قياس الجهد الكهربائي عند نقطة مفردة ، لأن الجهد هو مقياس لمقدار الطاقة اللازمة لنقل شحنة اختبار من نقطة إلى أخرى

إذا تساوت نقطتين أو أكثر في فرق الجهد الكهربائي ، تسمى هذه النقاط بـ : سطح تساوي الجهد الكهربائي

وحدة فرق الجهد (فولت) وتكافئ جول لكل كولوم



$$V = \frac{w}{q}$$

الشغل اللازم لتحريك شحنة بين نقطتين

تغير طاقة الوضع لوحدة الشحنات داخل المجال الكهربائي

أنواعه

جهد كهربائي موجب

القوة والإزاحة في نفس الاتجاه ، مثل ابعاد الشحنات المختلفة عن بعضها البعض تقريب الشحنات المتشابهة من بعضها البعض

تزداد طاقة الوضع
يزداد فرق الجهد الكهربائي
الشغل موجب
فرق الجهد موجب

جهد كهربائي سالب

القوة والإزاحة في اتجاهين متعاكسين ، مثل تقريب الشحنات المختلفة من بعضها البعض ابعاد الشحنات المتشابهة عنها بعضها البعض

تقل طاقة الوضع
يقل فرق الجهد الكهربائي
الشغل سالب
فرق الجهد سالب

تجربة قطرة الزيت لميلكان

الفكرة : تعليق قطرة الزيت المشحونة

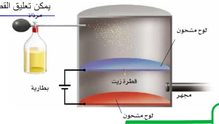
الهدف حساب الشحنة بدلالة كتلة القطرة وشدة المجال الكهربائي وتسارع الجاذبية الأرضية

المبدأ : القوى المؤثرة على قطرة سالبة في مجال كهربائي هي قوة جذب الأرض إلى الأسفل وقوة كهربائية إلى الأعلى

(على اعتبار أن اللوح العلوي موجب)

يمكن تعليق القطرات المشحونة بضبط الجهد المطبق بحيث تتساوى قوى الجاذبية الأرضية إلى الأسفل مع قوى الكهربائية إلى الأعلى

$$F_g = F_e$$
$$m\,g = q\,E$$



نتائج تجربة ميلكان

الشحنة مكممة من مضاعفات الشحنة الأساسية

$$1\text{electron} = 1.60\times10^{-19}\ \text{C}$$

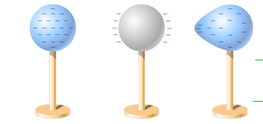
توزيع الشحنات

تتوزع الشحنات على الموصل المصمت بانتظام

وتتقرب الشحنات بعضها إلى بعض عند الأطراف المدببة

وتتوزع بانتظام على السطح الخارجي فقط للموصل الأجوف على أما السطح الداخلي فلا توجد عليه شحنات

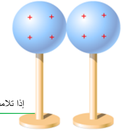
عند تلامس جسم مشحون بالأرض فإن الشحنات تنتقل إلى الأرض ، حتى يصبح فرق الجهد بين الجسم والأرض صفر



تتوزع الشحنات بين الأجسام المتلامسة حسب نسبة مساحتها السطحية

بحيث تنتقل الشحنات من الجهد المرتفع إلى الجهد المنخفض حتى يصبح لها نفس الجهد

إذا تلامس جسمين لهما نفس الحجم وأحدهما مشحون أو كلاهما مشحون فإن الشحنات تتوزع بينهما بالتساوي



المكثف الكهربائي

من وظائفها : تستخدم في الدوائر لتخزين الشحنات

سعة المكثف الكهربائي

نسبة الشحنة على أحد اللوحين إلى فرق الجهد بينهما

وحدتها الفاراد F

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

أبسط صورة للمكثف الكهربائي لوحين بينهما مادة عازلة

$$U_e = V.r$$

$$V = E.r$$

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

المجال الكهربائي

تعريفه
المنطقة المحيطة بالشحنة الكهربائية، وهي خاصية تغيّر خصائص الوسط

تأثيره
يولد قوة كهربائية يمكنها أنّ تنجز شغلا

شدّته
القوة الكهربائية المؤثرة على وحدة الشحنات الكهربائية

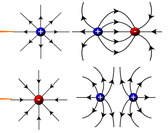
$$E = \frac{F}{q}$$

وحدته N / C

$$E = \frac{k\,q}{r^2}$$

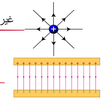
تمثيله
يمثل بخطوط تخرج من الشحنة الموجبة وتدخل إلى الشحنة السالبة

تدل كثافة الخطوط على شدة المجال الكهربائي، ولا تتقاطع



أنواعه
غير منتظم : غير ثابت الشدة والاتجاه

منتظم : ثابت الشدة والاتجاه

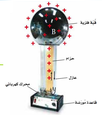


كشفه
يختبر بشحنة موجبة صغيرة جدا تتأثر بالشحنات الكهربائية ولا تؤثر فيها ، تهدف إلى الكشف عن المجال الكهربي وحساب شدته .

يعتمد المجال الكهربائي خارج الموصل المشحون على شكل الموصل ، وفرق الجهد بين الموصل وبين الأرض

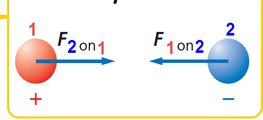
جهاز فاندي غراف
يتركب من : كرة معدنية - حزام متحرك - محرك كهربائي

يعمل على نقل شحنات كهربائية إلى الكرة المعدنية



القوة الكهربائية

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$



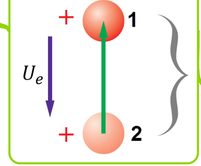
إذا كانت الشحنة موجبة فإن القوة المؤثرة عليها تكون باتجاه المجال الكهربائي

وإذا كانت الشحنة سالبة فإن القوة المؤثرة عليها تكون بعكس اتجاه المجال الكهربائي

$$F = \frac{U_e}{r}$$

طاقة الوضع الكهربائية

$$U_e = \frac{kq_1q_2}{r}$$

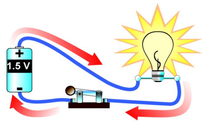


طاقة الوضع الكهربائية هي طاقة تختزن في الشحنة عندما يبذل عليها شغلا، كإبعادها عن شحنة مخالفة أوتقريبها من شحنة مماثلة

@N_Allehyani

الفصل 3 — الكهرباء التيارية — Current Electricity

الفصل 4 — دوائر التوالي والتوازي الكهربائية — Series and Parallel Circuits



الدائرة الكهربائية

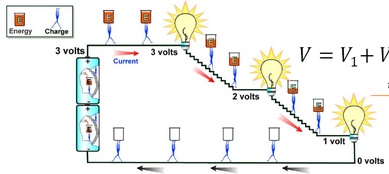
تعريفها
حلقة مغلقة تتدفق فيها الشحنات الكهربائية بسبب وجود مصدر خارجي للطاقة

دائرة التوالي
دائرة تحتوي على مسار واحد فقط للتيار

يمر في كل جزء من أجزائها التيار نفسه $I = I_1 = I_2 = I_3$

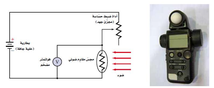
فرق الجهد الكهربائي الكلي (للمصدر) يساوي مجموع فروق الجهد (هبوط الجهد) بين أجزاء الدائرة $V = V_1 + V_2 + V_3$

والمقاومة الكلية تساوي مجموع المقاومة $R = R_1 + R_2 + R_3$



مجزئ الجهد
دائرة توالي تستخدم لتخفيض الجهد بالقيمة المطلوبة من بطارية ذات جهد كبير

تستخدم مع مجسات المقاومات الضوئية ، ويستخدم مع أجهزة قياس كمية الضوء في التصوير الفوتوغرافي

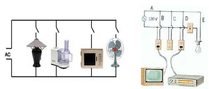


دائرة التوازي
دائرة تحتوي على مسارات متعددة للتيار الكهربائي

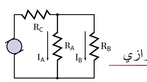
التيار الكلي يساوي مجموع التيارات التي تمر في المسارات $I = I_1 + I_2 + I_3$

فرق الجهد الكهربائي للمصدر هو نفسه لكل الأجزاء الموصلة على التوازي $V = V_1 = V_2 = V_3$

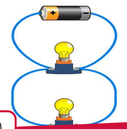
تعطى المقاومة الكلية للمقاومات الموصولة على التوازي بالعلاقة $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$



توصل الأجهزة في المنزل على التوازي



الدوائر المركبة
دائرة كهربائية معقدة، تتضمن توصيلات على التوالي والتوازي



دائرة القصر
تحدث عندما تتكون دائرة كهربائية مقاومتها صغيرة جدا مما يجعل التيار كبير جدا ينتج عنه طاقة حرارية تصهر الأسلاك

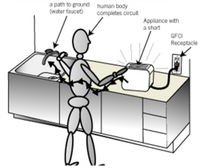
الحل : إضافة منصهر (فيوز) تنصهر عند مرور تيار كهربائي كبير ، وهذا يؤدي إلى حماية الدائرة من التلف

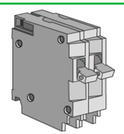
تكون مسار آخر للتيار في الجهاز
يحدث عند وجود عيب أو خلل في الجهاز أو عندما يسقط في الماء

وإذا كان الشخص جزء من هذا المسار فإن التيار يمر من خلاله

الحل : وجود " قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ " في قابس التيار

لأنه يحتوي على دائرة إلكترونية تكشف الفروق البسيطة في التيار الكهربائي، الناجمة عن مسار إضافي للتيار





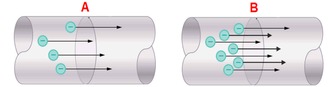
التيار الكهربائي I

الطاقة الكهربائية هي الوسيلة الأمثل لنقل الطاقة، وتتم عملية النقل عادة عند فرق جهد عالي عبر أسلاك نقل القدرة

أهميته

تعريفه
تدفق الشحنات خلال وحدة الزمن بين نقطتين بينهما فرق جهد كهربائي

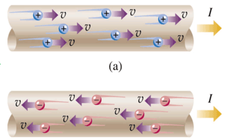
يستمر تدفق الشحنات بين نقطتين بشرط وجود فرق جهد كهربائي بينهما



وحدته
وحدة شدة التيار الأمبير= كولوم /ثانية $I = \frac{q}{t}$

التيار الحقيقي والاصطلاحي
التيار الاصطلاحي : تدفق الشحنات الموجبة من الطرف الموجب في البطارية إلى الطرف السالب .

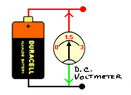
التيار الحقيقي: تدفق الشحنات السالبة من الطرف السالب في البطارية إلى الطرف الموجب .



مصادر الطاقة الكهربائية
الخلايا الجلفانية : تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية

الخلايا الشمسية : تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة

البطارية: عدة خلايا جلفانية



التيار المستمر والمتردد
التيار المستمر : ثابت الشدة والاتجاه

التيار المتردد : متغير الشدة والاتجاه

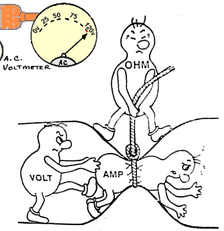
طرق زيادة شدة التيار الكهربائي
تقليل المقاومة الكهربائية

رفع الجهد الكهربائي

قانون أوم

$V = IR$

يتناسب شدة التيار تناسبا طرديا مع فرق الجهد وثابت التناسب هي المقاومة الكهربائية

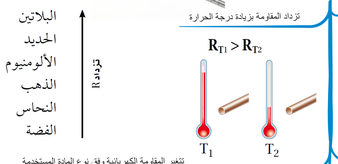


المقاومة الكهربائية
هي الخاصية التي تحدد مقدار التيار الكهربائي الذي سيمر وتساوي نسبة فرق الجهد الكهربائي إلى شدة التيار

المقاوم الكهربائي : جهاز ذو مقاومة محددة، تستخدم للتحكم في التيار الكهربائي المار في الدوائر الكهربائية

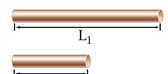
العوامل المؤثرة في مقاومة السلك

تزداد المقاومة بزيادة درجة الحرارة



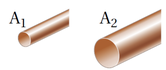
تتغير المقاومة الكهربائية وفق نوع المادة المستخدمة.

$R_{L1} > R_{L2}$



تزداد المقاومة الكهربائية بزيادة الطول

$R_{A1} > R_{A2}$



تزداد المقاومة الكهربائية بنقصان مساحة المقطع العرضي

المواد فائقة التوصيل
مادة مقاومتها تساوي صفر، عند تبريدها إلى درجات حرارة منخفضة ، توصل الكهرباء دون فقدان

تستخدم في صناعة المغانط لأجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي وفي مسرع الجسيمات

القدرة P

الطاقة المبذولة خلال وحدة الزمن، المعديل الزمني لتحول الطاقة $P = \frac{E}{t}$

قانون التكلفة
$cost = P_{KWh}\ t_h\ s_{\text{عملة}}$

تحولات الطاقة في بعض الأجهزة
المحرك الكهربائي : يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية

المولد الكهربائي : يحول الطاقة الميكانيكة إلى طاقة كهربائية

المصباح الكهربائي : يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية وحرارية

مجفف الشعر : يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية

القدرة الضائعة
الطاقة الحرارية الناتجة عن مقاومة أسلاك التوصيل $P = I^2R$

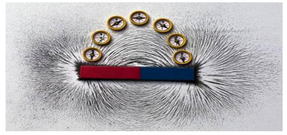
طرق تقليل القدرة الضائعة
تقليل المقاومة باستعمال أسلاك ذات نصف قطر كبير وموصليه عالية

بتقليل التيار من خلال رفع الجهد لتبقى القدرة كما هي $P = I\,V$

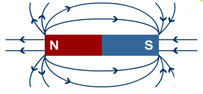
@N_Allehyani

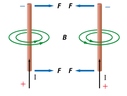
الفصل 5 — المجالات المغناطيسية — Magnetic Fields

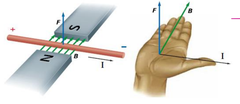
المجال المغناطيسي

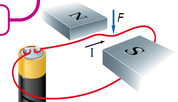


- **تعريفه**: المنطقة المحيطة بالمغناطيس والتي يظهر فيها أثر القوة المغناطيسية
- **تمثيله عمليا**: يمثل المجال المغناطيسي باستخدام برادة الحديد ، فتصبح كل قطعة صغيرة من برادة الحديد مغناطيسا بالحث فتكون موازية للمجال المغناطيسي
- **خطوط المجال المغناطيسي**: خطوط وهمية تساعد على تصوّر المجال المغناطيسي ومقياس لشدّته، تخرج من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي
  - التدفق المغناطيسي : عدد خطوط المجال التي تخترق السطح
- **أشكال المجال المغناطيسي**
  - خارج من الورقة ..... داخل الورقة
  - **حول سلك مستقيم**: يشكل مجال مغناطيسي على شكل حلقات مغلقة، يحدد اتجاهها بالقاعدة الأولى لليد اليمنى
    - اكتشفه العالم اورستد
  - **حول سلك حلزوني**: يشكل مجال مغناطيسي يشبه المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم، يحدد اتجاهها بالقاعدة الثانية لليد اليمنى
    - يعتبر الملف الحلزوني الذي يمر فيه تيار مغناطيس له قطبين، قطبه الشمالي عند الابهام
    - يصبح مغناطيس كهربائي عند وضع قلب حديدي بداخله







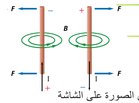


القوة المغناطيسية

- **على سلك**: تتولد قوة مغناطيسية على السلك الذي يمر فيه تيار عندما يوضع في مجال مغناطيسي
  - يحدد اتجاه القوة المغناطيسية بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى

$$F = IBl\,sin\theta$$

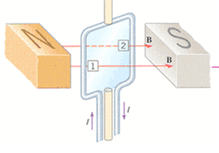
- **بين سلكين**: تتولد قوة مغناطيسية بين سلكين عندما يمر فيهما تيار بسبب أنّ كلا منهما يقع في المجال المغناطيسي للآخر
  - يتجاذب السلكان إذا كان اتجاه التيار فيهما في نفس الاتجاه
  - يتنافر السلكان إذا كان اتجاه التيار فيهما متعاكسين

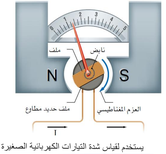


- **على شحنة**: تنحرف الالكترونات عندما توضع في مجال مغناطيسي
  - يحدد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الشحنات الموجبة بالقاعدة الثانية لليد اليمنى
  - تستخدم انحراف الالكترونات بواسطة المجالات المغناطيسية للتحكم في حركة حزمة الالكترونات إلى الأمام والخلف وأفقيا ورأسيا لتكوين الصورة على الشاشة
  - تُخزن المعلومات في صورة وحدات صغيرة في أقراص التخزين التي تغطى بجسيمات مغناطيسية موزعة بصورة متساوية على شريحة التخزين

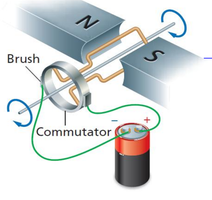
$$F = vBq\,sin\theta$$

- **على حلقة (ملف)**: تدور الحلقة التي يمر بها تيار عند وضعها في مجال مغناطيسي
  - سبب محصلة العزم الناشيء عن قوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه

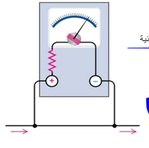


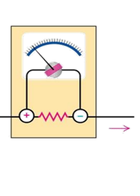


- **المحرك الكهربائي**
  - تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية
  - تركيبه : ملف – فرشين – حلقة معدنية
  - مبدأ عمله : دوران حلقة يمر فيها تيار موضوعة في مجال مغناطيسي



- **الجلفانومتر**
  - يستخدم لقياس شدة التيارات الكهربائية الصغيرة جدا
  - مبدأ عمله : دوران حلقة يمر فيها تيار موضوعة في مجال مغناطيسي
  - يضبط دورانها نابض، ويُعاير بمعرفة مقدار الدوران
- **الأميتر**
  - يقيس شدة التيار الكهربائي في أي فرع من الدائرة الكهربائية
  - يوصل في الدائرة على التوالي
  - تركيبه : مقاومة صغيرة جدا على التوازي مع الجلفانومتر
  - حتى لا يغير في قيمة التيار
- **الفولتميتر**: يقيس فرق الجهد الكهربائي في أي جزء من الدائرة الكهربائية
  - يوصل في الدائرة على التوازي
  - تركيبه : مقاومة كبيرة على التوالي مع الجلفانومتر
  - حتى لا يسحب تيارا كبيرا



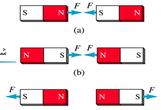


@N_Allehyani

الفصل 6 — الحث الكهرومغناطيسي — Electromagnetic induction

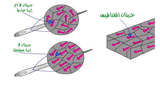
المغانط

- **أقطابها**
  - شمالي وجنوبي، مستقطبة
  - تتجاذب وتتنافر
  - لا يمكن فصلها



- **أهميتها**
  - المولدات والمحركات الكهربائية
  - تستجيل والأقراص الصلبة
  - أجهزة التلفاز وشاشات العرض

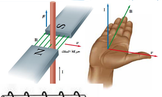
- **أمثلة على المغانط**
  - المغناطيس الدائم : سبيكة مستقطبة من النيكل والألمونيوم والكوبالت
  - الكواكب عبارة عن مغانط ضخمة
  - الاجسام الفلزية المستقطبة

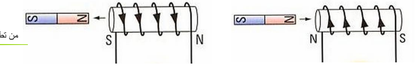


الحث الكهرومغناطيسي

- **تعريفه**: توليد تيار كهربائي في دائرة كهربائية مغلقة بتحريك سلك في مجال مغناطيسي ، أو حركة مجال مغناطيسي خلال سلك
  - يسمى التيار المتولد بالتيار الحثي ويحدد اتجاه بالقاعدة الرابعة لليد اليمنى

- **قانون لنز**: (قانون لنز) اتجاه التيار الحثي يقاوم المسبب له
  - عند تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من إحدى طرفي الملف تتولد قوة تمانعه بحيث يصبح هذا الطرف شمالي والعكس بالعكس
  - من تطبيقات قانون لنز المولدات والمحركات والميزان الحساس

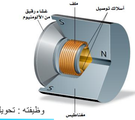




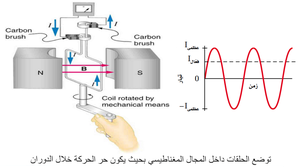
- **القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF**: فرق الجهد الكهربائي الناشيء عن حركة السلك في المجال المغناطيسي
  - تعتمد على شدة المجال وطول السلك وسرعة السلك داخل المجال الكهربائي
  - فرق الجهد الكهربائي الناشيء عن حركة السلك يمر فيه تيار في المجال المغناطيسي، اتجاه التيار الناتئي يعاكس اتجاه التيار
  - **القوة الدافعة الكهربائية العكسية**

$$EMF = vBl\,sin\theta$$

- **تطبيقات**
  - **الميكروفون**
    - عشاء رقيق يتصل بملف سلكي حر الحركة موضوع داخل مجال مغناطيسي
    - تعمل الموجات الصوتية على اهتزاز الغشاء الرقيق الذي يحرك الملف داخل المغناطيس
    - مما يسبب تولد القوة الدافعة الكهربائية الحثية بين طرفي الملف وفق تزدادت الصوت



  - **المولد الكهربائي**
    - وظيفته : تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية
    - تركيبه : مجال مغناطيسي - حلقات من السلك ملفوفة حول قلب من الحديد
    - مبدأ عمله : الحث الكهرومغناطيسي ، يعتمد على طول السلك (عدد اللفات) وعلى شدة المجال المغناطيسي



    - توضع الحلقات داخل المجال المغناطيسي بحيث يكون حر الحركة خلال الدوران
    - تقطع الحلقات خطوط المجال فتتولد قوة دافعة جثية
    - تيار متردد بحيث يزداد التيار لقيمة عظمى ويقل حتى يساوي الصفر ، وله واتجاهين متعاكسين

$$I_{eff} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{max} \qquad V_{eff} = \frac{\sqrt{2}}{2} V_{max}$$

- **الحث الذاتي**
  - اكتشفه فاراداي
  - ظاهرة تولد تيار حثي في ملف نتيجة تغير المجال المغناطيسي المحيط بالملف
  - بسبب تغير شدة التيار نتيجة فتح أو غلق الدائرة
  - **المحول الكهربائي**
    - جهاز يقوم برفع أو خفض الجهد الكهربائي المتناوب
    - يتركب من : ملف ابتدائي – ملف ثانوي – قلب حديدي
    - محول رافع : عدد لفات الملف الثانوي أكبر من عدد لفات الملف الابتدائي
    - محول خافض : عدد لفات الملف الابتدائي أكبر من عدد لفات الملف الثانوي
    - نقل الطاقة الكهربائية مسافات طويلة، أجهزة الشحن،

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p}$$