الوحدة السابعة

Induced Voltages and Inductance الجهد الحثي والمحاثة

Faraday's Law قانون فارادى

مما سبق عرفنا أنه يمكن الحصول على مجال مغناطيسي من تيار يمر في سلك.

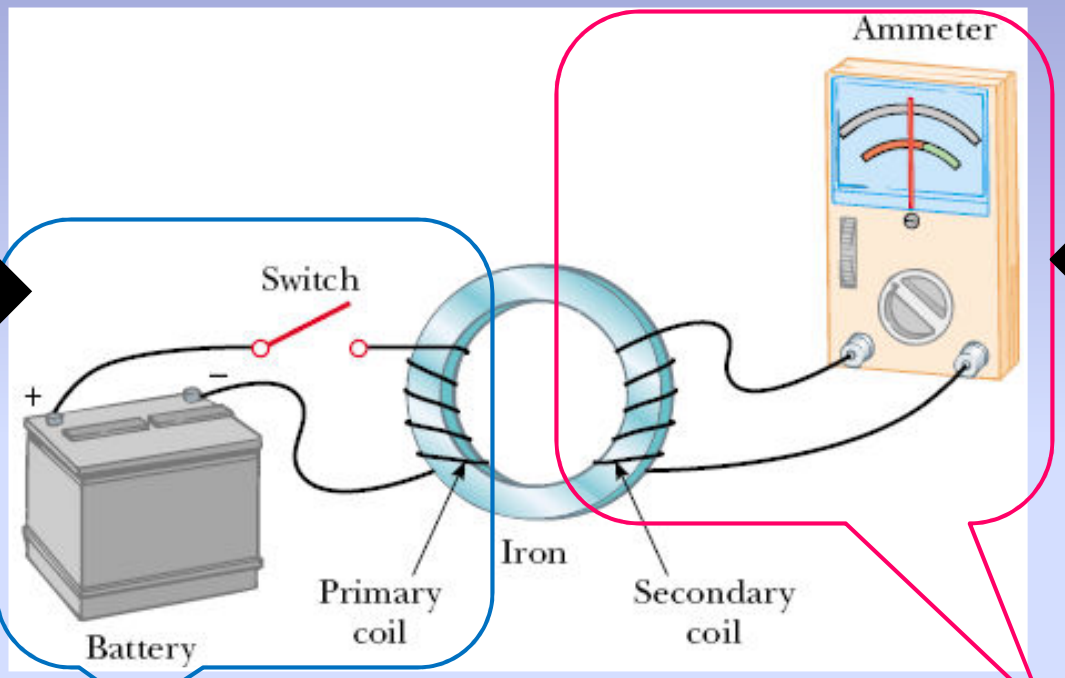
تساؤل

هل يمكن الحصول على تيار كهربي من المجال المغناطيسي؟

أجاب كل من مايكل فارادي البريطاني وجوزيف هنري الامريكي على هذا التساؤل. فبعد أن قام كل من العالمين بعدة تجارب كلاً على حدة اكتشفا عام 1831 أن تغير المجال المغناطيسي يولد تياراً كهربائياً. وبذلك وضع قانون مهم وأساسي وهو ما عرف بقانون فارادي للحث Faraday's law of induction

تجربة فارادي لتوليد تيار كهربائي من مجال مغناطيسي متغير

Loop 1
الدائرة
الابتدائية



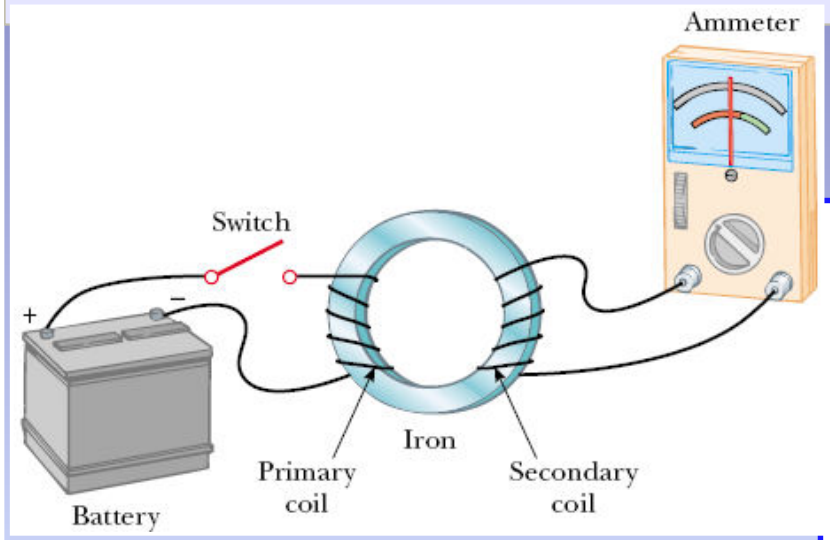
Loop 2
الدائرة
الثانوية

لف ملف ابتدائي حول حلقة ثم وصل ببطارية عن طريق مفتاح

لف ملف ثانوي حول النصف الآخر من الحلقة و وصل بأميتر حساس

ملاحظة: لا تحتوي الدائرة الثانية على بطارية و لا تتصل مع الدائرة الأولى

القوة الدافعة الكهربية الحثية Induced EMF



ملاحظة

عند لحظة اغلاق مفتاح الدائرة الكهربية ينحرف مؤشر الأميتر نحو اليمين ثم يعود إلى الصفر، و عند فتح المفتاح ينحرف المؤشر نحو اليسار و يعود للصفر مرة أخرى.

استنتاج

عند غلق أو فتح المفتاح، يمر تيار متغير في الدائرة الابتدائية ينتج عنه مجال مغناطيسي متغير يخترق الدائرة الثانوية.

هذا التغير في المجال المغناطيسي الحثي يولد تياراً في الدائرة الثانوية.

استنتاجات فارادي

يمكن توليد تيار كهربي في الدائرة عن طريق مجال مغناطيسي متغير، يمر هذا التيار لفترة قصير و يختفي عندما يصبح المجال المغناطيسي ثابت.

تعتبر الدائرة الثانوية مصدراً للقوة الدافعة الكهربية emf وناتجة عن تغير في المجال المغناطيسي.

القوة الدافعة الكهربية الحثية و الفيض المغناطيسي Induced EMF and Magnetic Flux

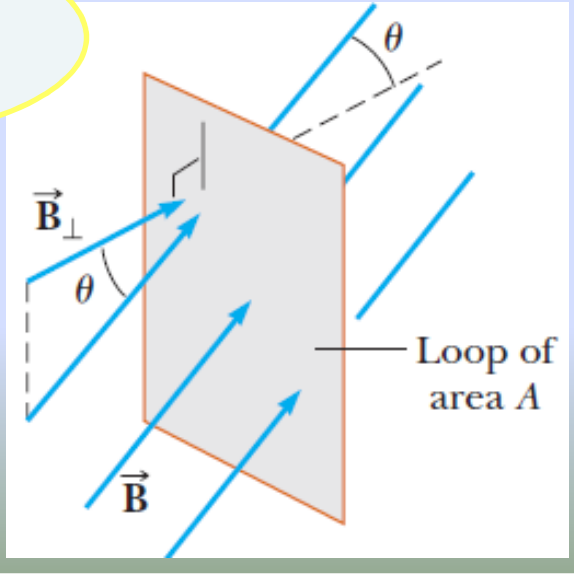
ما سبب تكون القوة الدافعة الكهربية الحثية في دائرة الملف الثانوي؟

عند تغير المجال المغناطيسي دائماً ينشأ مجال كهربائي حثي. إلا أن هناك حالات يكون فيها المجال المغناطيسي ثابتاً و مجالاً كهربياً حثياً متولداً.

المولد الكهربائي **(electric generator)** أفضل مثال على هذه الحالة

كيف يحدث هذا

حلقة موصل تدور في مجال مغناطيسي ثابت



القوة الدافعة الكهربية الحثية و الفيض المغناطيسي

ما سبب تكون المجال الكهربائي في الحالتين؟

التغير في الفيض المغناطيسي

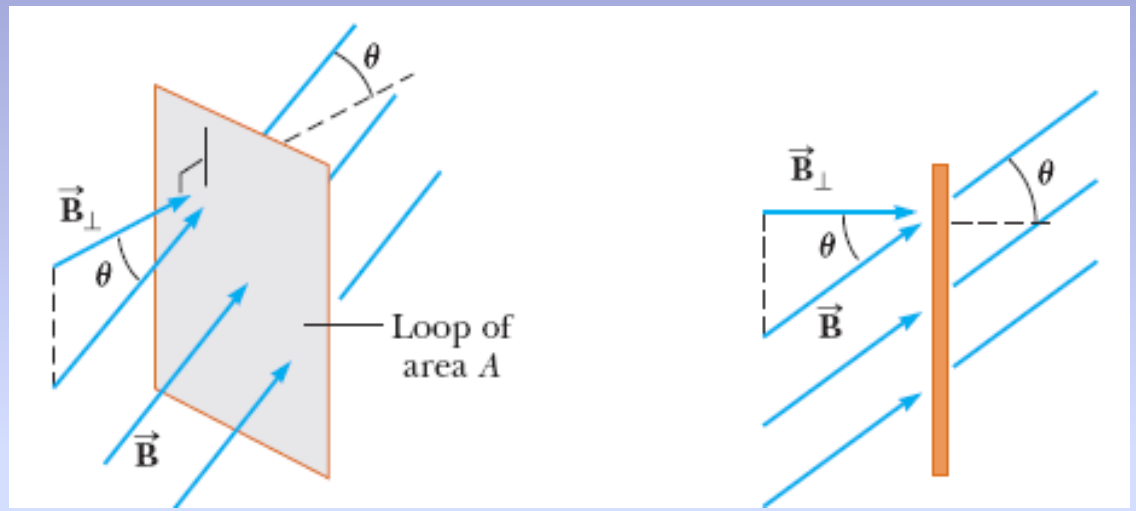
تغير الفيض المغناطيسي (changing magnetic flux) هو الكمية الفيزيائية المرافقة للمجال المغناطيسي المنتج للمجال الكهربائي.

يمكن تعريفه بطريقة مماثلة للفيض الكهربي.

يتناسب الفيض المغناطيسي مع كل من شدة المجال الذي يعبر مستوى حلقة مغلقة من السلك و مساحة الحلقة.

Induced EMF and Magnetic Flux

الفيض المغناطيسي Φ_B خلال حلقة من السلك مساحتها A



وحدة الفيض المغناطيسي هي **الويبر (Wb)**

1Wb = 1T.m²

$$\Phi_B \equiv B_\perp A = BA\cos\theta$$

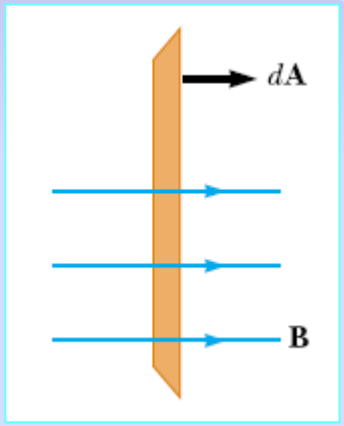
مركبة المجال **B** العمودي على مستوى الحلقة.

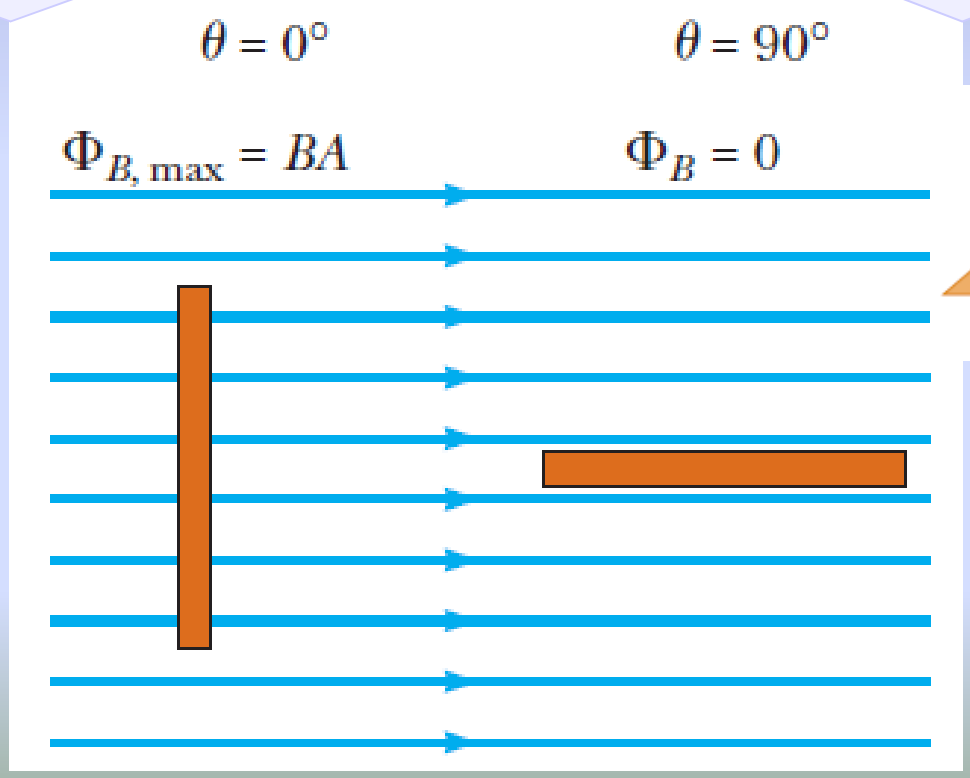
الزاوية بين المجال **B** و العمودي على مستوى الحلقة.

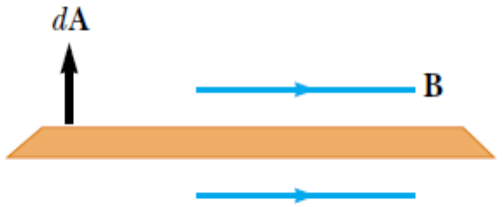
الفيض المغناطيسي Magnetic Flux

خطوط المجال المغناطيسي موازية لمستوى الحلقة، الفيض المغناطيسي يساوي صفر

خطوط المجال المغناطيسي عمودية على مستوى الحلقة، الفيض المغناطيسي عند قيمته العظمى



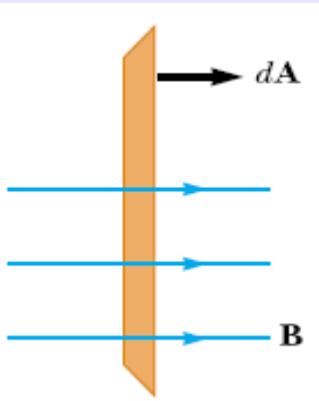




$$\Phi_B \equiv B_\perp A = BA\cos\theta$$

نتائج

تكون قيمة الفيض المغناطيسي أكبر ما يمكن عندما تكون الزاوية المحصورة بين المجال المغناطيسي ومتجه المساحة تساوي 0 أو 180 درجة وهنا أما أن يكون الفيض المغناطيسي موجباً أو سالباً.



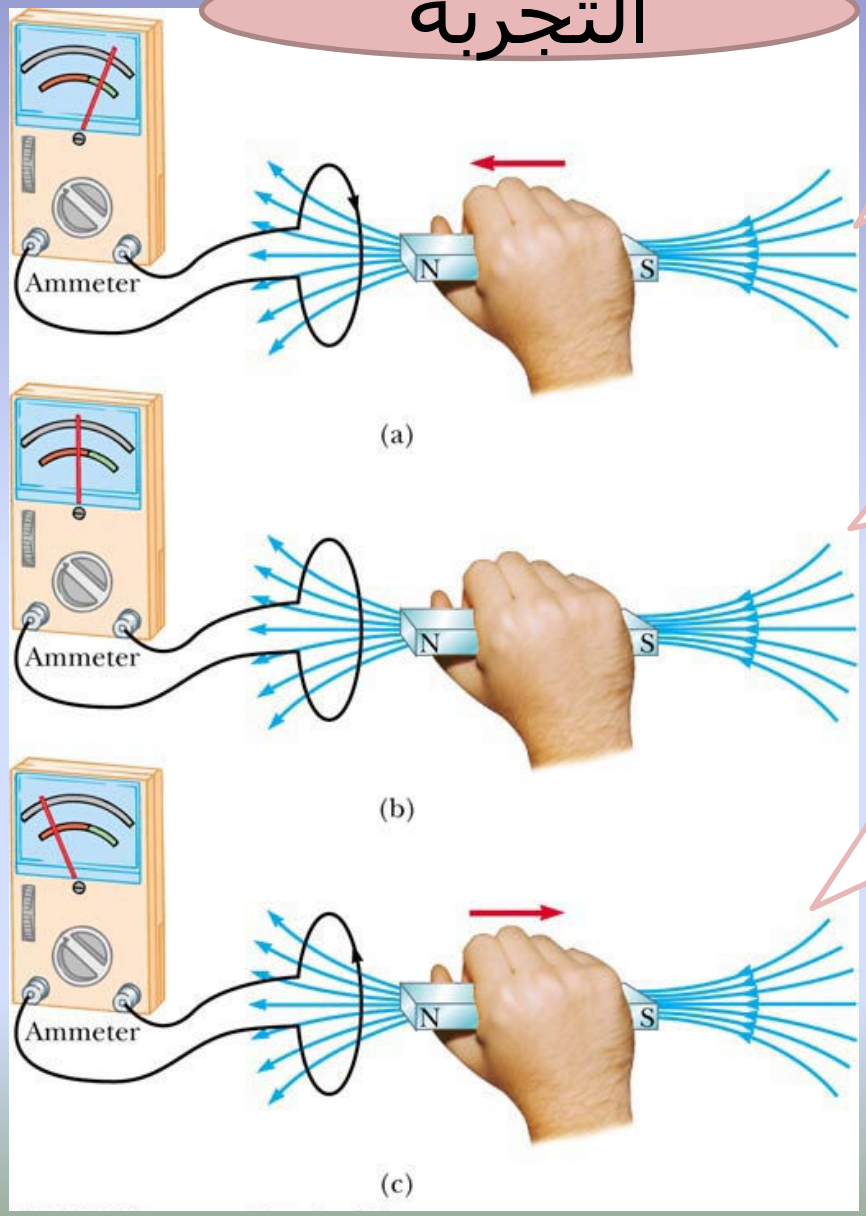
متى يكون الفيض المغناطيسي سالباً؟

إذا كان الفيض المغناطيسي موجباً فهذا يشير إلى أن خطوط المجال خارجة من السطح. أما إذا كان الفيض المغناطيسي سالباً فهذا يشير إلى أن خطوط المجال داخلة إلى السطح.

تظهر فائدة مفهوم الفيض المغناطيسي في توضيح ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي

قانون فارادي للحث Faraday's Law of Induction

التجربة



عند تقريب المغناطيس من الدائرة المغلقة يتحرك مؤشر الجلفانومتر

عند ثبوت المغناطيس يعود مؤشر الجلفانومتر إلى الصفر

عند تحريك المغناطيس في الاتجاه المعاكس ينحرف مؤشر الجلفانومتر في الاتجاه الأخر

عند ثبوت المغناطيس و تحرك الدائرة تحدث نفس المشاهدات السابقة.

قانون فارادي للحث Faraday's Law of Induction

استنتاج

مرور تيار كهربي في الدائرة عند حركة المغناطيس بالرغم من عدم وجود بطارية.

يمر تيار كهربي في الدائرة طالما وجدت حركة نسبية بين المغناطيس والحلقة.

عُرف هذا التيار بالتيار الحثي Induced Current وهو ناشئ عن قوة دافعة كهربية تأثيرية حثية Induced Electromotive Force

تتناسب القوة الدافعة الكهربية التأثيرية الناتجة في الدائرة مع معدل التغير في الفيض المغناطيسي خلال الدائرة.

قانون فارادي للحث Faraday's Law of Induction

القوة الدافعة الكهربية emf التأثيرية الناتجة في الدائرة تساوي القيمة السالبة لمعدل التغير في الفيض المغناطيسي خلال الدائرة.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

قانو ن فارادي للحث المغناطيسي

Faraday's law of magnetic induction

إذا احتوت دائرة على ملف عدد لفاته N و كان الفيض المغناطيسي خلال كل لفة يتغير بمقدار $\Delta\Phi_B$ خلال فترة زمنية Δt، فإن متوسط القوة الدافعة الكهربية المتولدة emf induced في الدائرة خلال Δt يساوي:

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Faraday's Law of Induction قانون فارادي للحث

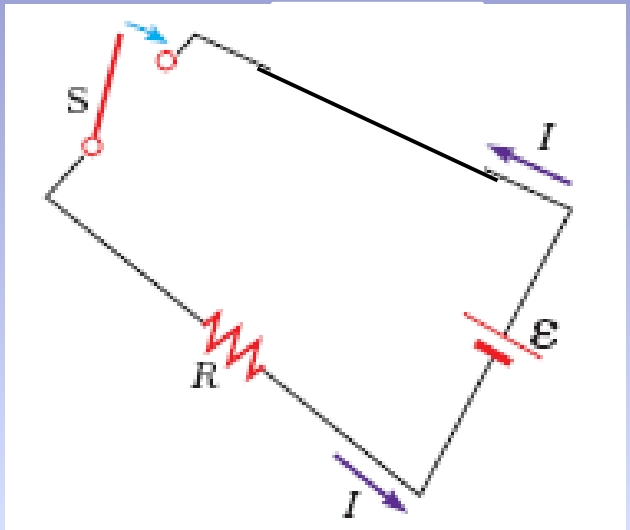
$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

B A cosθ

يتغير هذا المقدار بتغير كل من B أو A أو θ مع الزمن. و بالتالي تتولد قوة دافعة كهربية emf

الحث الذاتي Self-Inductance

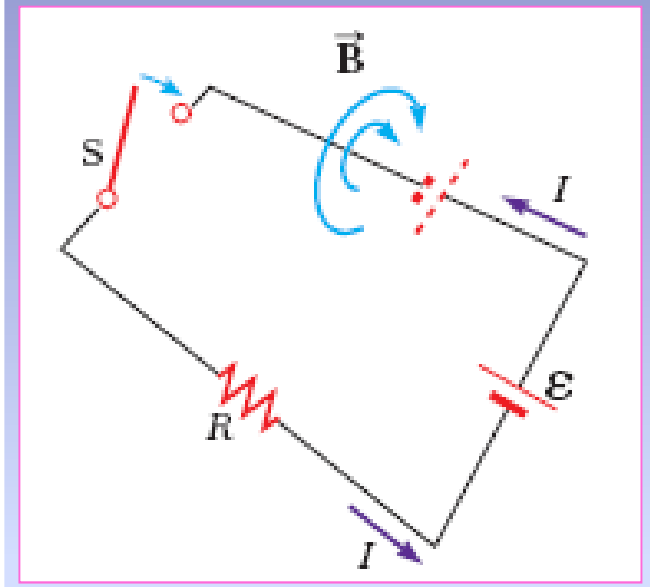
دائرة تتكون من:
قاطع، مقاومة و مصدر للقوة الدافعة الكهربية.



عند غلق المفتاح لا يقفز التيار فجأةً من الصفر إلى قيمته العظمى ε/R. قانون فارادي للحث يمنع هذا.
و لكن ماذا يحدث؟

الحث الذاتي Self-Inductance

بينما يزداد تيار المصدر مع الزمن يزداد أيضاً الفيض المغناطيسي خلال الدائرة.



الزيادة في الفيض ينشئ قوة دافعة كهربية بالحث في الدائرة. يتولد نتيجة ذلك تيار حثي يعمل على تكوين مجال مغناطيسي يعاكس المجال المغناطيسي الناتج عن تيار المصدر.

يكون اتجاه ق د ك للمصدر معاكسة لاتجاه ق د ك الحثية و هذا ما يفسر التغير التدريجي في تيار المصدر حتى يصل إلى قيمة ثابتة.

يسمى هذا التأثير بالحث الذاتي لأن التغير في الفيض خلال الدائرة ينشأ من الدائرة نفسها.

الحث الذاتي Self-Inductance

من قانون فارادي، القوة الدافعة الكهربية الحثية:

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

بما أن الفيض المغناطيسي يتناسب مع المجال المغناطيسي، والذي يتناسب مع التيار المار في اللفة. فإن القوة الدفعة الكهربية الناتجة عن الحث الذاتي لا بد من أن تتناسب مع معدل تغير التيار بالنسبة للزمن:

$$\varepsilon = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ثابت التناسب يعرف بمعامل الحث الذاتي

The negative sign indicates that a changing current induces an emf in opposition to the change.

الحث الذاتي Self-Inductance

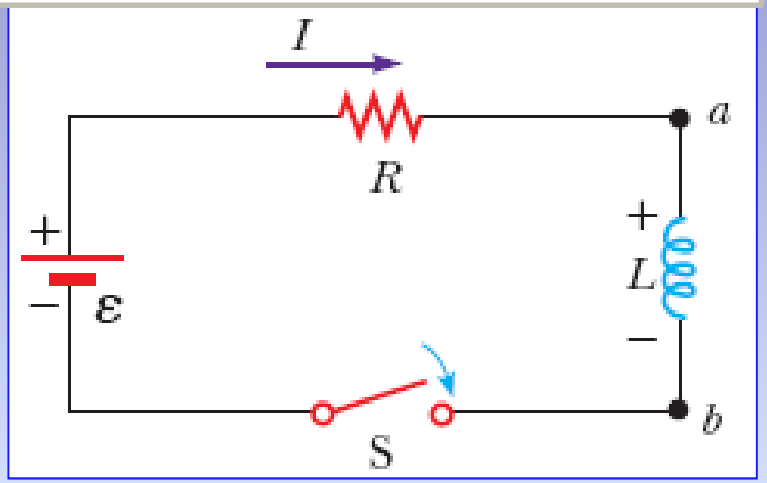
يعتمد معامل الحث الذاتي L على الأبعاد الهندسية للملف.

يقاس معامل الحث الذاتي في النظام العلمي SI بوحدة الهنري henry H

$$1H = 1\ V.\ s/A$$

دوائر مقاومة – ملف R-L Circuits

دائرة مقاومة–ملف و بطارية



بزيادة التيار يولد (الملف) ق د ك حثية تعاكس الزيادة في التيار.

النتيجة

لا يقفز التيار فجأةً من الصفر إلى قيمته العظمى ε/R