

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

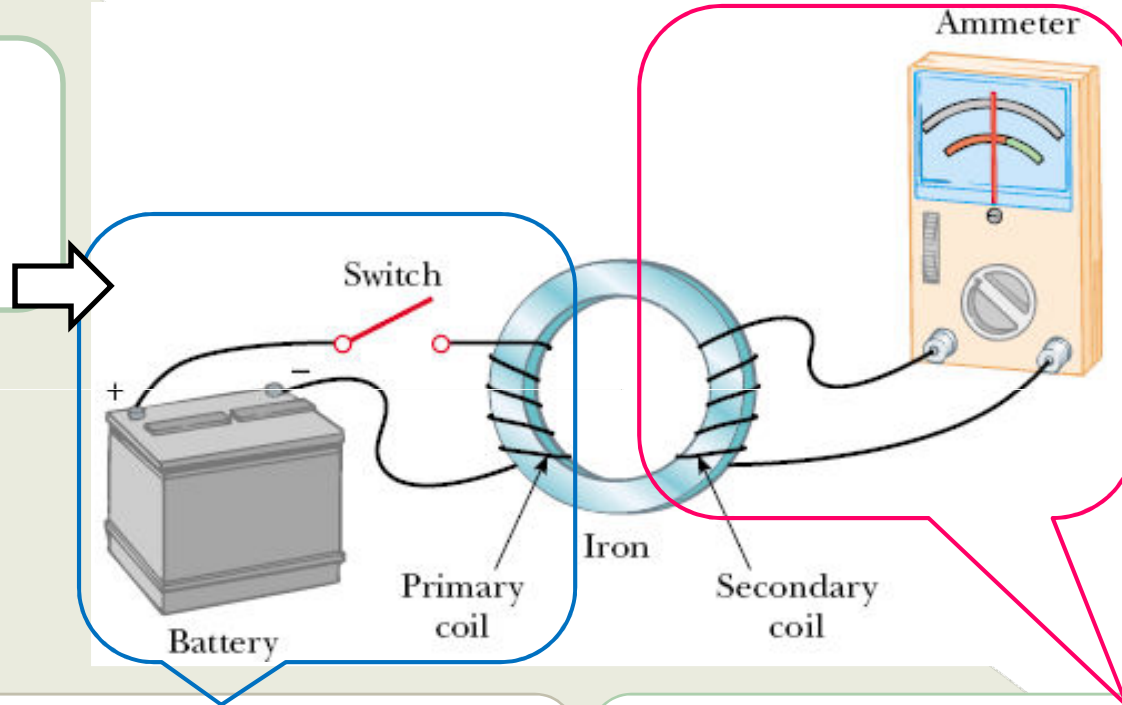
هل يمكن الحصول على تيار كهربائي من المجال المغناطيسي؟

أجاب كل من مايكل فارادي البريطاني و جوزيف هنري الأمريكي على هذا التساؤل. فبعد أن قام كل من العالمين بعدة تجارب كلاً على حدة اكتشفا عام ١٨٣١ 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 الكهربائية الحثية Induced EMF

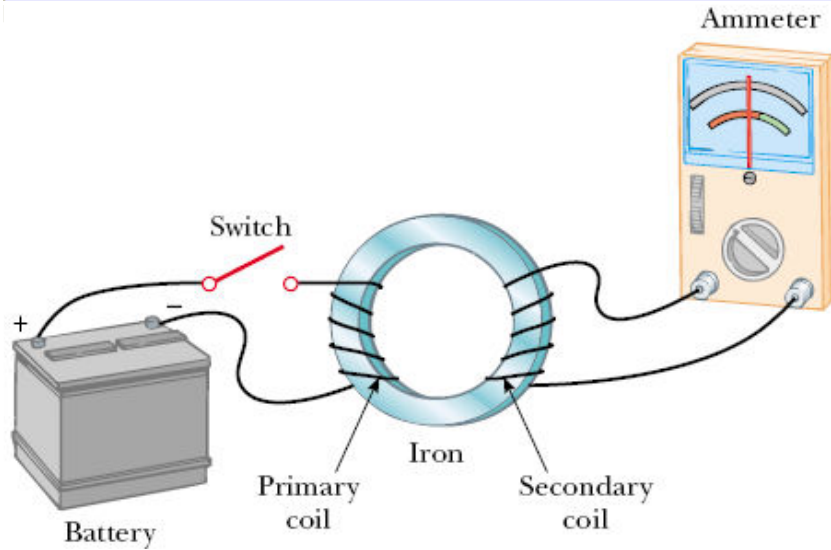
ملاحظة

عند لحظة اغلاق مفتاح الدائرة الكهربائية 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 كهربائي في الدائرة عن طريق مجال مغناطيسي متغير، يمر هذا التيار لفترة قصيرة و يختفي عندما يصبح المجال المغناطيسي ثابت.

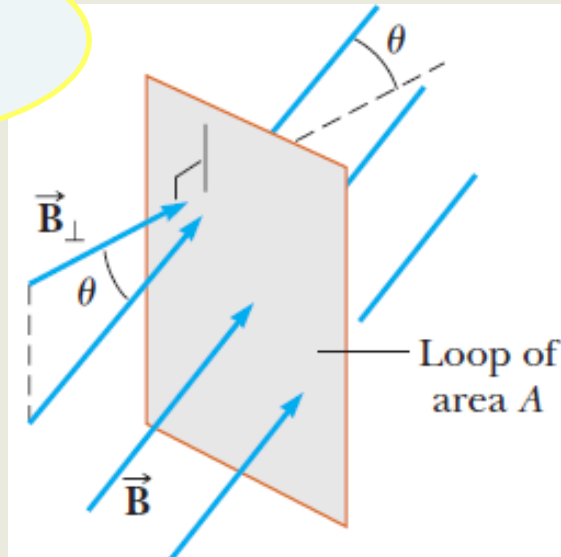
تعتبر الدائرة الثانوية مصدراً للقوة الدافعة الكهربائية emf وناجمة عن تغير في المجال المغناطيسي.

ما سبب تكون القوة الدافعة الكهربائية 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 كهربائياً حثياً متولداً.

المولد الكهربائي (electric generator) أفضل مثال على هذه الحالة

كيف
يحدث هذا



حلقة موصل تدور في مجال
مغناطيسي ثابت

القوة الدافعة الكهربائية الحثية و الفيض المغناطيسي

ما سبب تكون المجال الكهربائي في الحالتين؟

التغير في الفيض المغناطيسي

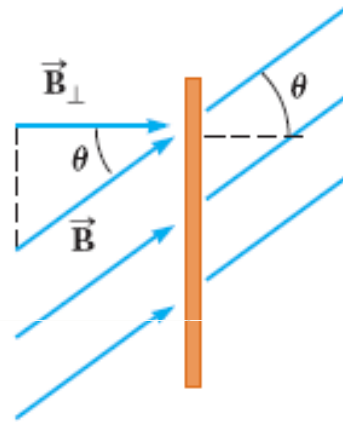
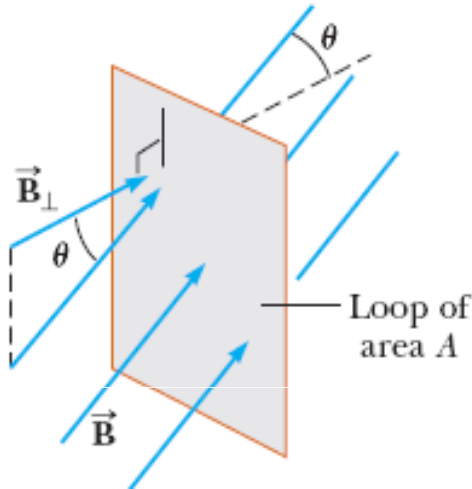
تغير الفيض المغناطيسي (changing magnetic flux) هو الكمية الفيزيائية المرافقة للمجال المغناطيسي المنتج للمجال الكهربائي.

يمكن تعريفه بطريقة مماثلة للفيض الكهربائي.

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)

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$$

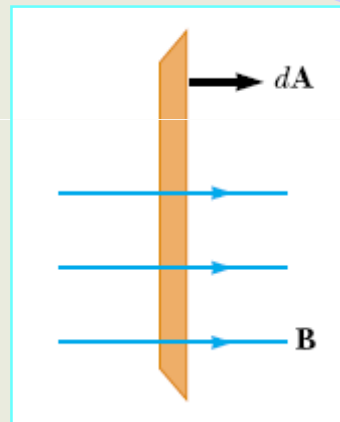
$$\Phi_B \equiv B_{\perp} A = BA \cos \theta$$

مركبة المجال $\mathbf{B}$ العمودي على
مستوى الحلقة.

الزاوية بين المجال $\mathbf{B}$ و العمودي
على مستوى الحلقة.

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

خطوط المجال المغناطيسي
موازية لمستوى الحلقة، الفيض
المغناطيسي يساوي صفر

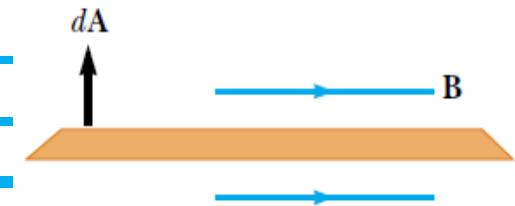
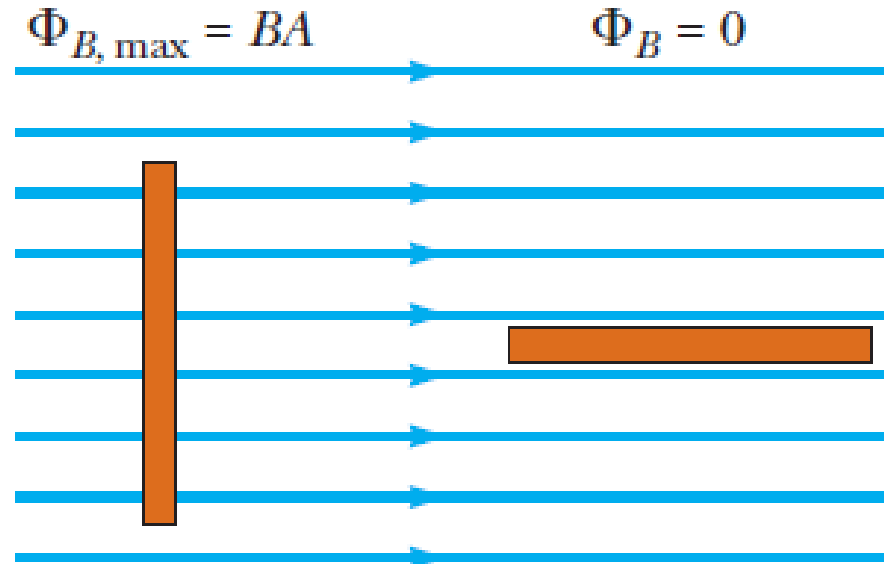


$$\theta = 0^\circ$$

$$\Phi_{B, \max} = BA$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$\Phi_B = 0$$

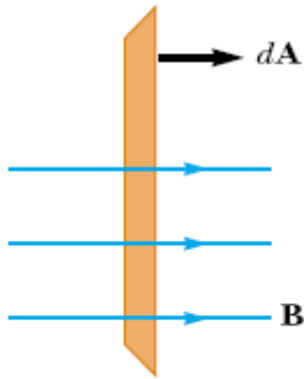


متى يكون الفيض المغناطيسي سالباً؟

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

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**.

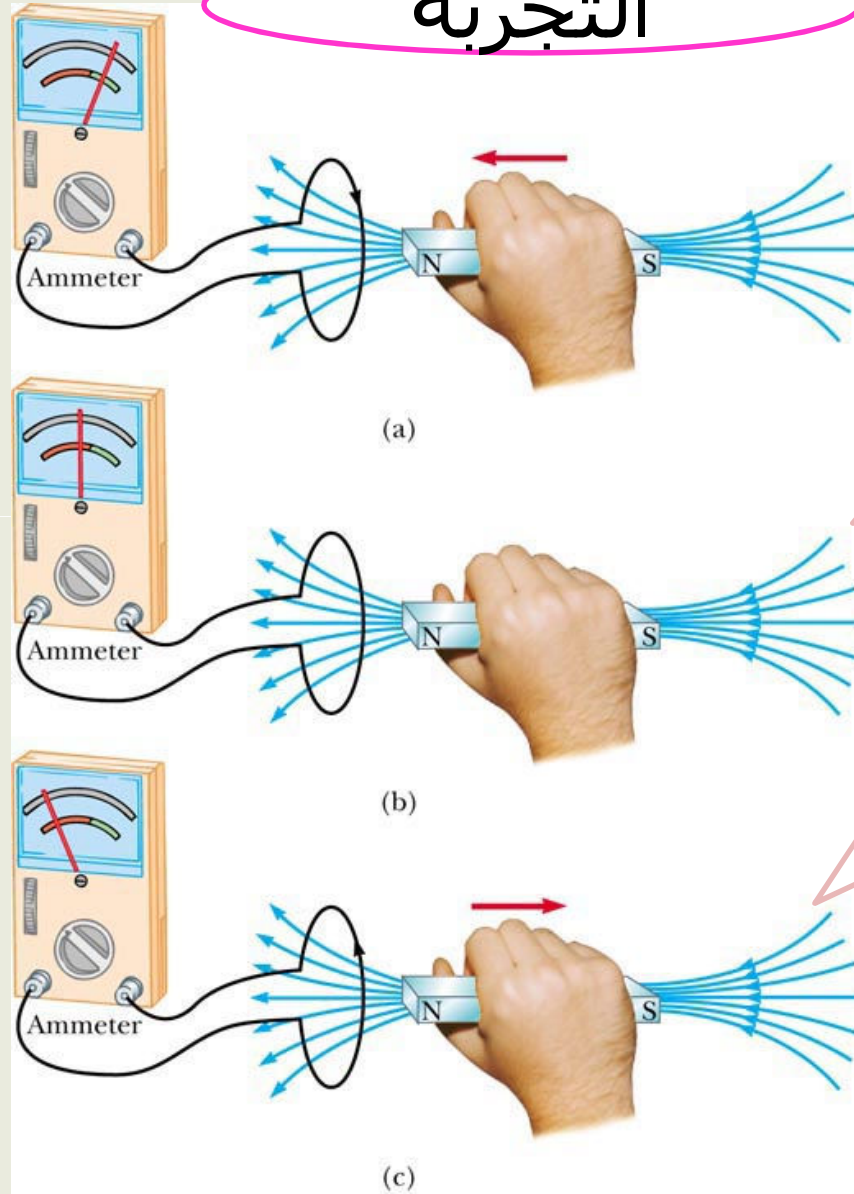


إذا كان الفيض المغناطيسي **موجباً** فهذا يشير إلى أن خطوط المجال **خارجة** من السطح. أما إذا كان الفيض المغناطيسي **سالباً** فهذا يشير إلى أن خطوط المجال **داخلة** إلى السطح.

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 الآخر

عند ثبوت المغناطيس و تحرك الدائرة تحدث نفس المشاهدات السابقة.

قانون فارادي للحث Faraday's Law of Induction

استنتاج

مرور تيار كهربى فى الدائرة عند حركة المغناطيس بالرغم من عدم وجود بطارية.

يمر تيار كهربى فى الدائرة طالما وجدت حركة نسبية بين المغناطيس والحلقة.

عُرف هذا التيار بالتيار الحثى Induced Current وهو ناشئ عن قوة

دافعة كهربية تأثيرية حثية Induced Electromotive Force

تناسب القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية الناتجة فى الدائرة مع معدل التغير فى الفيض المغناطيسى خلال الدائرة.

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

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

قانون 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 الكهربائية المتولدة emf induced في الدائرة خلال Δt يساوي:

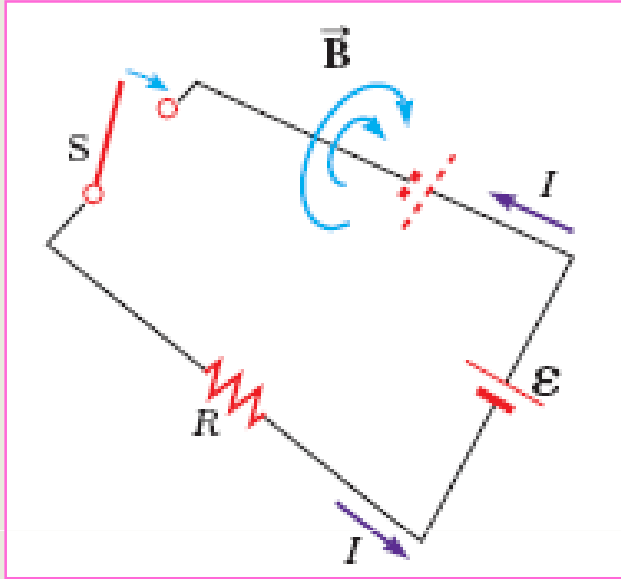
$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

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

$$B A \cos\theta$$

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

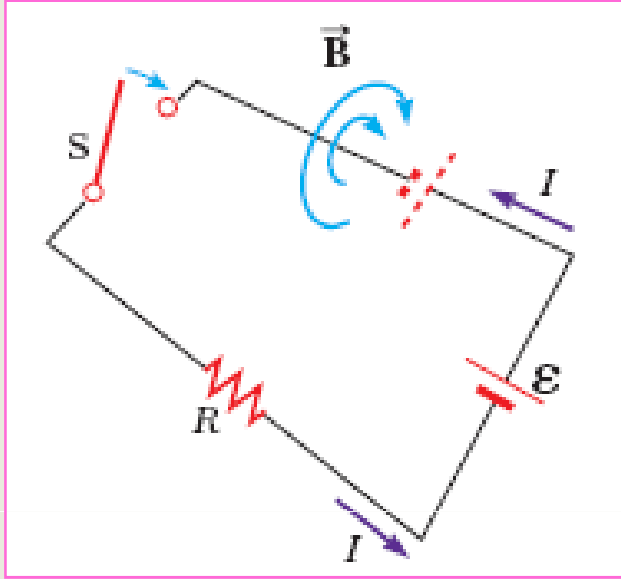
الحث الذاتي Self-Inductance



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

عند غلق المفتاح لا يقفز التيار فجأة من الصفر إلى قيمته
العظمى $\mathcal{E}/R$ 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 الكهربائية 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 الدافعة الكهربائية 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

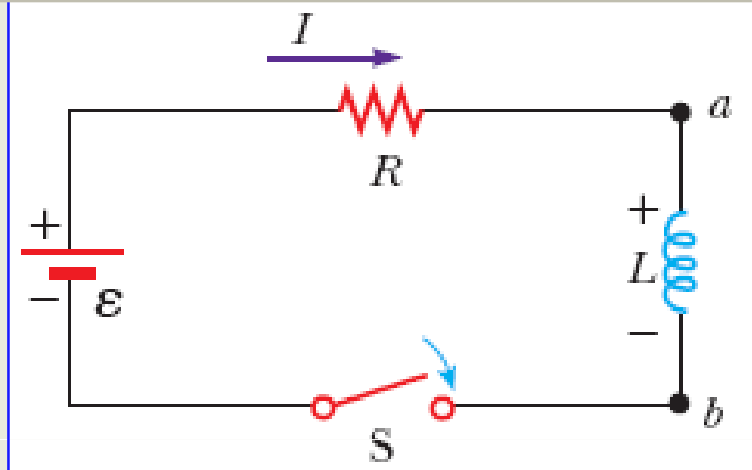
يعتمد معامل الحث الذاتي L على الأبعاد الهندسية للملف.

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

$$1\text{H} = 1 \text{ V} \cdot \text{s/A}$$

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 فجأة من الصفر إلى قيمته العظمى ϵ/R

