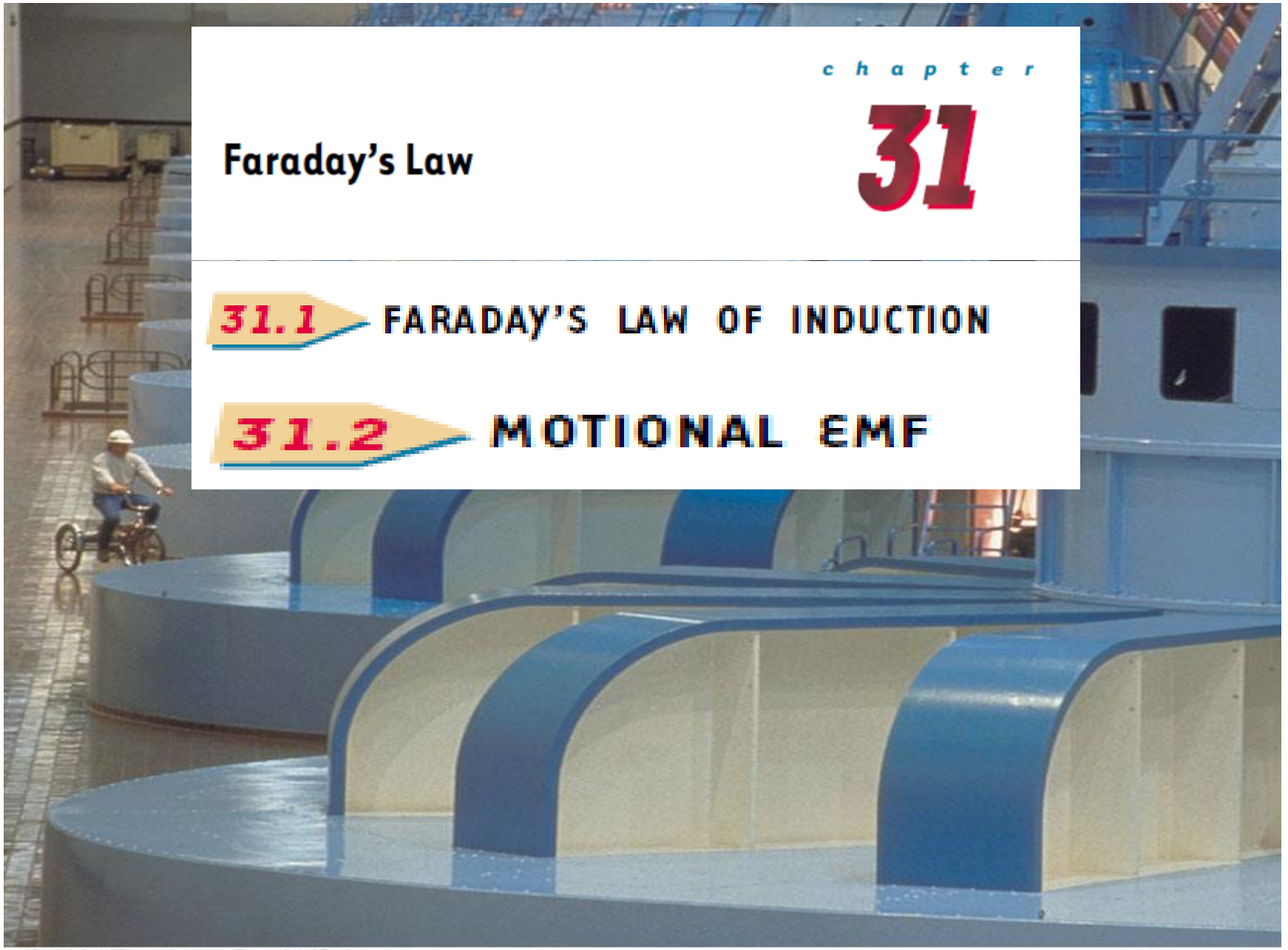


chapter

31

Faraday's Law

31.1 FARADAY'S LAW OF INDUCTION

31.2 MOTIONAL EMF

© 2004 Thomson - Brooks/Cole

Fig 31-CO, p.967

© 2004 Thomson - Brooks/Cole

لقد وجدنا أن التيار الكهربائي يولد حوله مجالا مغناطيسيا

فهل المجال المغناطيسي يولد تيارا كهربائي؟

31.1 FARADAY'S LAW OF INDUCTION

قانون فارادي:

لقد وجد فاراداي انه عند تقريب مغناطيسي من ملف فانه يتولد تيار في الملف وعند إخراج المغناطيس يتولد تيار ولكن بالاتجاه المعاكس وعند إبقاء المغناطيس داخل الملف لا يتولد أي تيار.

31.1 FARADAY'S LAW OF INDUCTION

نص قانون فاراداي:

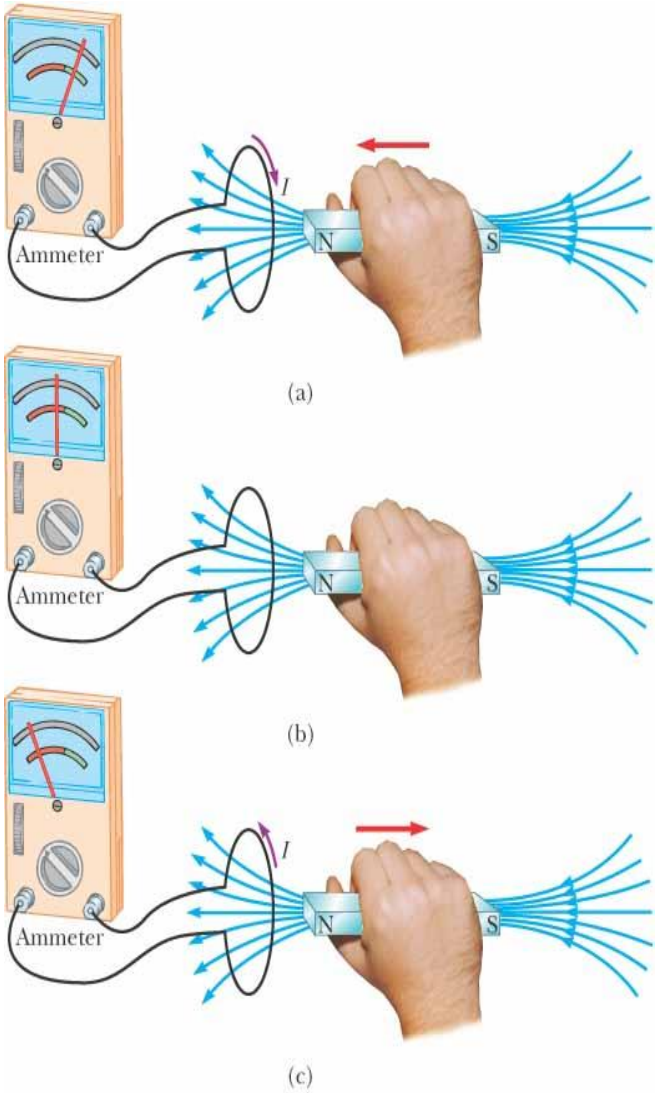
تتولد قوة دافعة كهربائية تأثيرية كلما تغير التدفق المغناطيسي خلال دائرة كهربائية

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

وإذا كانت الدائرة المغلقة مكونة من N لفه فإن:

$$\varepsilon = -\frac{N d\Phi_B}{dt} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

الإشارة السالبة تدل على إن التيار ألتأثيري المتولد يعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه (قانون لنز)



©2004 Thomson - Brooks/Cole

من المعادلة (١) فإن:

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}\int B\, dA \cos\theta \quad \ldots\ldots\ldots 3$$

أي انه يمكن توليد القوة الدافعة الكهربائية ε بإحدى ثلاث طرق:

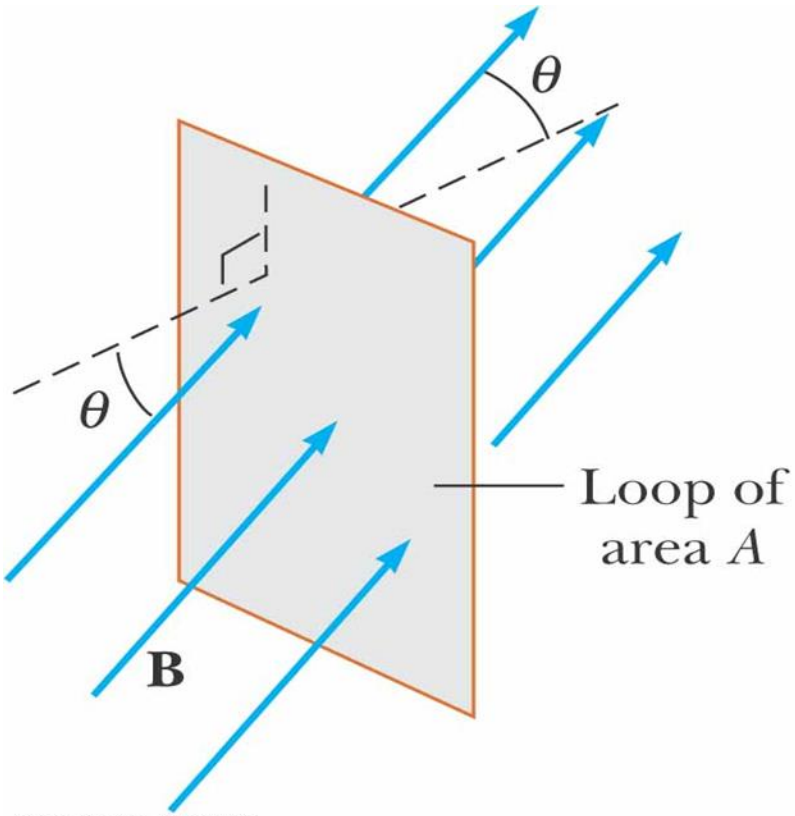
١- بواسطة تغيير شدةالمجال مغناطيسي (B)

٢- بواسطة تغيير مساحة الدائرة الكهربائية

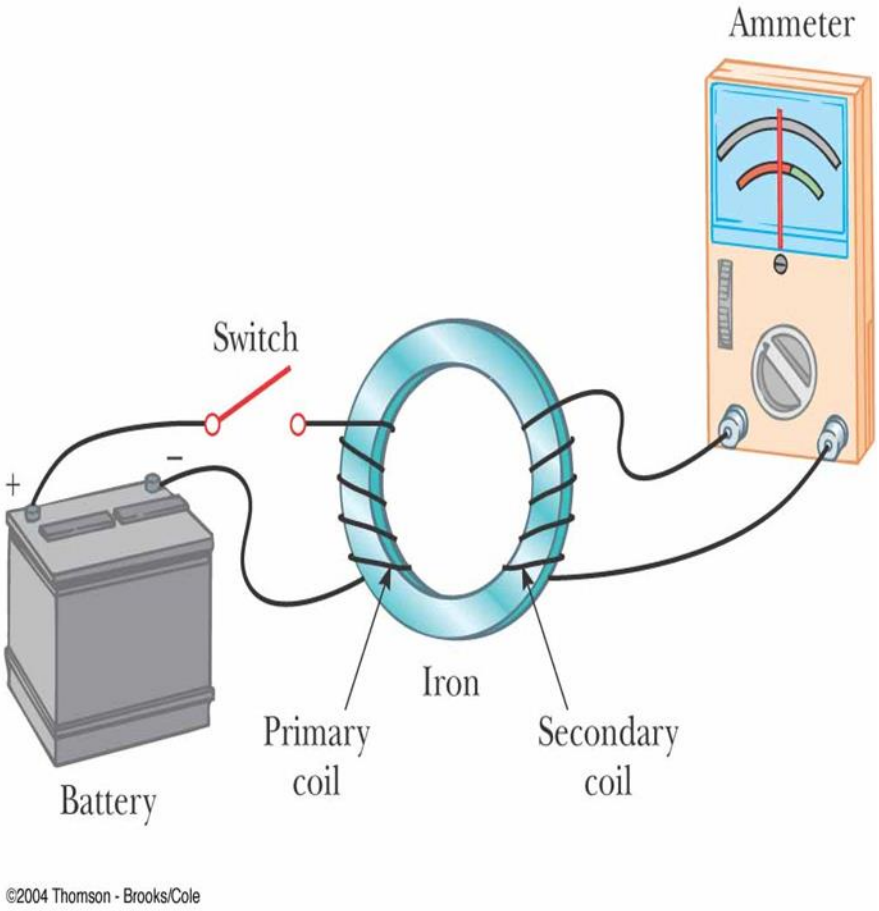
٣- بواسطة اتجاه المساحة بالنسبة للمجال (θ)

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = -\frac{N}{R}\frac{d\Phi}{dt}$$

$$dq = I\,dt = -\frac{N}{R}d\Phi$$



©2004 Thomson - Brooks/Cole



©2004 Thomson - Brooks/Cole

مثال :

ملف مكون من 250 لفه ملفوفة بشكل متراص بعضها جنب بعض على إطار مستطيل طوله 20cm وعرضه 10cmإذا علمت ان مقاومة سلك الملف الكلية 3Ω وان مجالا مغناطيسيا متعامدا مع مستوى الملف يتغير بانتظام من صفر الى 2T خلال 1.2s اوجد:

أ- مقدار القوة الدافعة الكهربائية التاثيرية المتولدة في الملف

ب-مقدار التيار التاثيري المتولد في الملف

أي انه يمكن توليد القوة الدافعة الكهربائية ε بإحدى ثلاث طرق:

١- بواسطة تغيير شدةالمجال مغناطيسي (B)
٢- بواسطة تغيير مساحة الدائرة الكهربائية
٣- بواسطة اتجاه المساحة بالنسبة للمجال (θ)

مثال :

ملف مكون من 250 لفه ملفوفة بشكل متراص بعضها جنب بعض على إطار مستطيل طوله 20cm وعرضه 10cmإذا علمت ان مقاومة سلك الملف الكلية 3Ω وان مجالا مغناطيسيا متعامدا مع مستوى الملف يتغير بانتظام من صفر الى 2Tخلال 1.2s اوجد:

أ- مقدار القوة الدافعة الكهربائية التاثيرية المتولدة في الملف
ب- مقدار التيار التاثيري المتولد في الملف

2- A flat loop of wire consisting of a single turn of cross sectional area 8.00 cm^2 is perpendicular to a magnetic field that increases uniformly in magnitude from 0.500 T to 2.50 T in 1.00 s.

What is the resulting induced current if the loop has a resistance of 2.00 Ω?

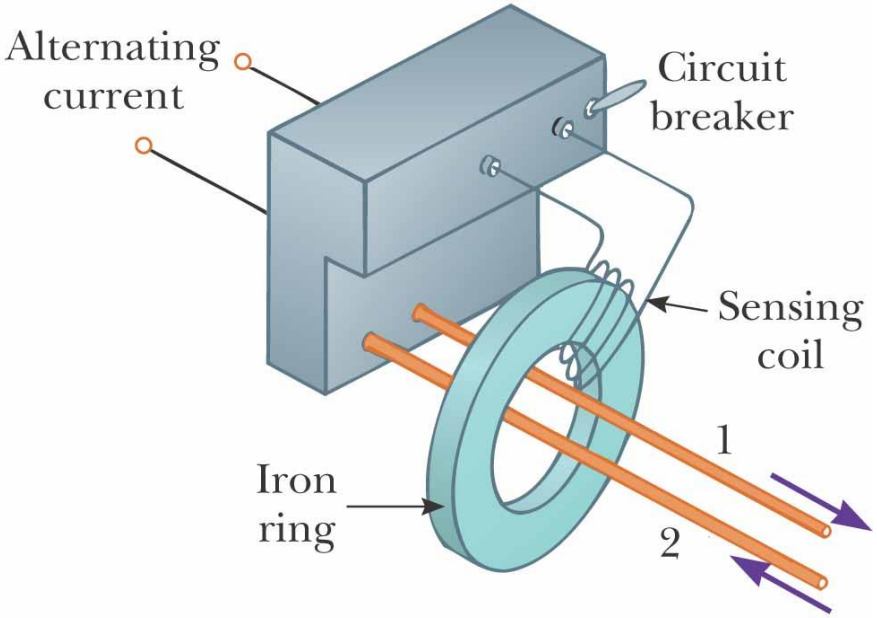
$$|\varepsilon| = \left|\frac{\Delta\phi_B}{dt}\right| = \frac{\Delta(B.A)}{dt}$$

$$= \frac{(2.5T - 0.5T)(8 \times 10^{-4} m^2)}{1\ s}\left[\frac{N.s}{C.m.s}\right]\left[\frac{V.C.m}{N}\right]$$

$$= 1.6 \times 10^{-3} V = 1.6mV$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1.6}{2} = 0.8mA$$

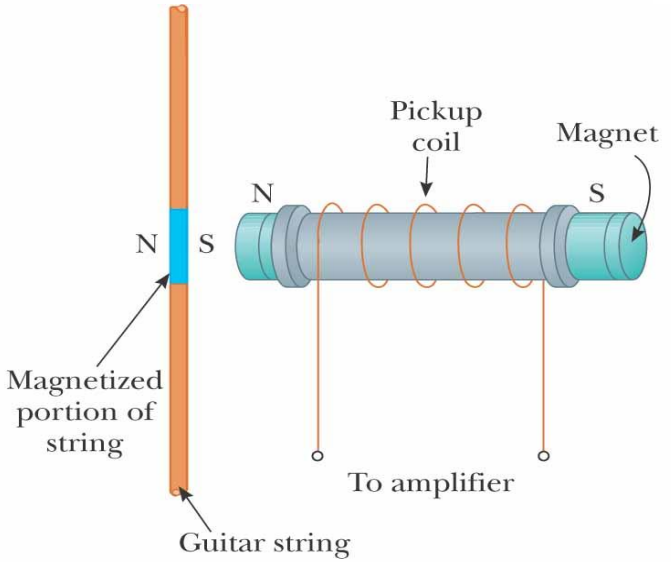
Some applications of Faraday`s law



©2004 Thomson - Brooks/Cole

(b)

©2004 Thomson - Brooks/Cole



(a)

©2004 Thomson - Brooks/Cole

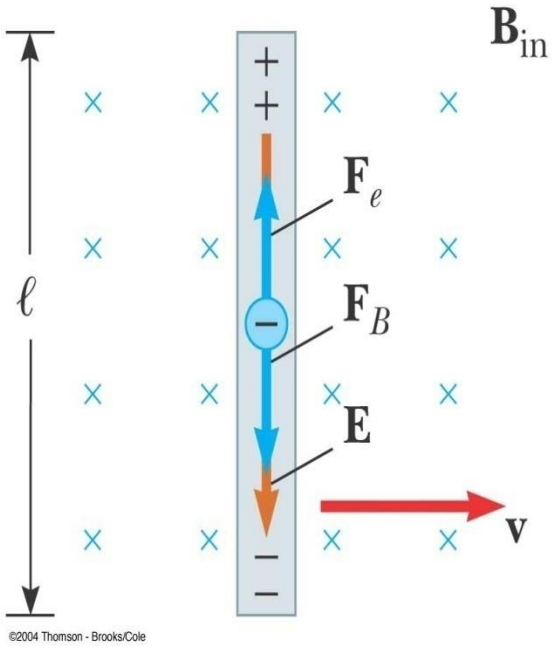
Fig 31-5, p.971

31.2 MOTIONAL EMF

القوة المحركة الكهربائية التاثيرية في موصل متحرك:

يمكن توليد قوة دافعة كهربائية عن طريق حركة موصل في مجال مغناطيسي

نفرض ان موصلا مستقيم طوله l يتحرك بسرعة v باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي B منتظم كما بالشكل المجاور فإن المجال المغناطيسي يؤثر على الالكترونات الحرة في الموصل



بقوة مقدارها qvB لأنها تعتبر متحركة بسرعة v وبالتالي تتحرك الالكترونات نحو نهاية الموصل السفلية وتتحرك الشحنات الموجبة نحو النهاية العلوية للموصل ويستمر الوضع حتى تتعادل القوة الكهربائية مع القوة المغناطيسية والتي تؤثران باتجاهين متعاكسين على الشحنات المتحركة بين نهايتي الموصل أي أن:

$$qE = q\,\mathrm{v}B$$

$$\Rightarrow E = \mathrm{v}B$$

وهذا المجال يؤدي الى ظهور فرق جهد V بين طرفي الموصل يعطى بالمعادلة التالية:

$$V = \mathrm{EL} = \mathrm{v}Bl \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

ويظل فرق الجهد هذا موجود ما دام الموصل متحرك ويستطيع ان يولد تيارا كهربائيا اذا ما وصل طرفاه بدائرة مغلقة.

كما يمكن الوصول الى نفس النتيجة من قانون فاراداي حيث أن حركة الموصل المستقيم الى اليمين تؤدي الى تغير مساحة الدائرة ومن ثم زيادة التدفق $\boldsymbol{\phi_B}$ حيث:

$$\boldsymbol{\phi_B = BA = Blx}$$

ومن قانون فاراداي فإن:

$$\boldsymbol{\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(Blx)}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon = -Bl\frac{dx}{dt}}$$

$$\varepsilon = -Blv \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

وهي نفس المعادله (١) والاشاره السالبة تدل على اتجاه التيار فقط

يمكن ايجاد قيمة التيار المار i في الدائرة اذا كانت المقاومة هي R من قانون اوم:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R} \ldots\ldots\ldots\ldots 3$$

واتجاه التيار يحدد بقانون لنز كما سبق حيث ان التيار التأثيري يعاكس السبب الذي ادى الى حدوثه.

من الشكل اذا تحرك الموصل بسرعه ثابته فان التسارع يساوي صفر وتكون القوه المحصلة تساوي صفر اي ان القوه المحركة للموصل تساوي القوة المغناطيسية وبالتالي يكون الشغل الذي تبذله القوه F في الثانية (القدره) هو:

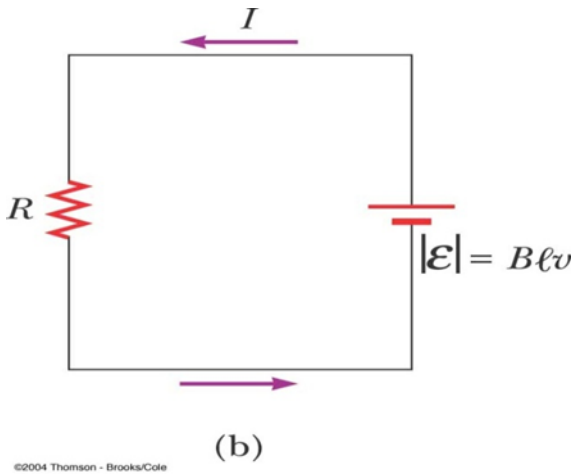
$$p = F.\mathrm{v} = iLB\mathrm{v}$$

$$p = \frac{B^2 l^2 \mathrm{v}^2}{R}$$

وبالمقابل تكون الطاقة الكهربائية المتولدة في الثانية هي:

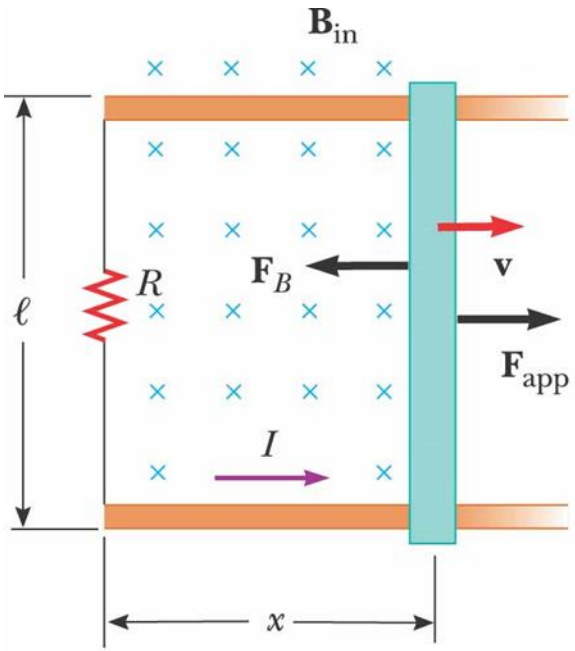
$$p = i^2 R = \frac{B^2 l^2 \mathrm{v}^2}{R}$$

وهذا يدل على ان الطاقه محفوظه حيث ان القدرة الكهربائية المتولدة تساوي القدرة المكانيكية المبذولة.



(b)

©2004 Thomson - Brooks/Cole



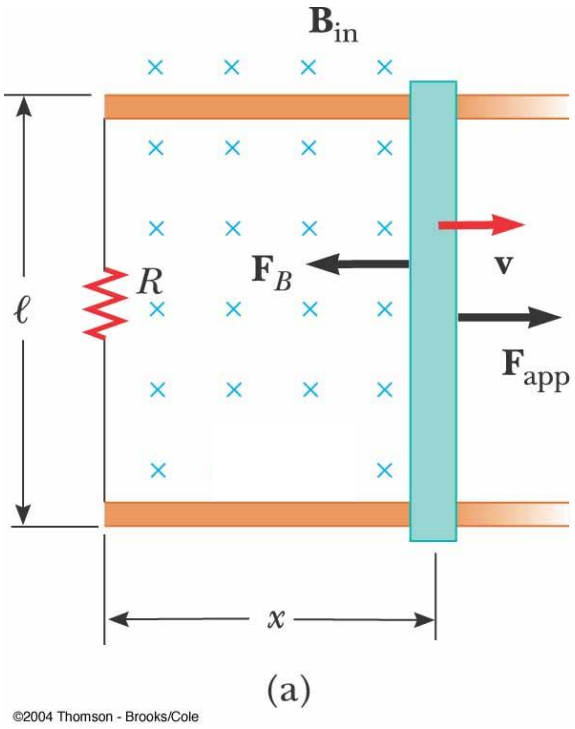
(a)

©2004 Thomson - Brooks/Cole

مثال:

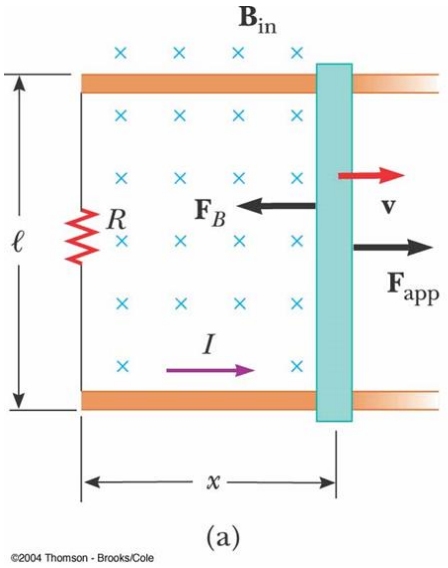
قضيب مستقيم طوله l ينزلق بدون احتكاك على طرفي موصلين مستقيمين كما بالشكل إذا كانت R=6 والمجال المغناطيسي عمودي على الصفحة ومقداره 2.5T وكان l=1.2m

أ- كم يجب إن تكون سرعة القضيب حتى يولد تيار مقداره 0.5A في المقاومة. ب- احسب القوه اللازمة لتحريك القضيب بهذه السرعة. ج- حدد اتجاه التيار المار.



$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R}$$

$$\Rightarrow v = \frac{iR}{Bl} = \frac{0.5 \times 6}{2.5 \times 1.2} = 5\ m/s$$



يتحرك القضيب بسرعة ثابتة (التسارع = صفر)

$$F_{appl} - F_B = 0$$

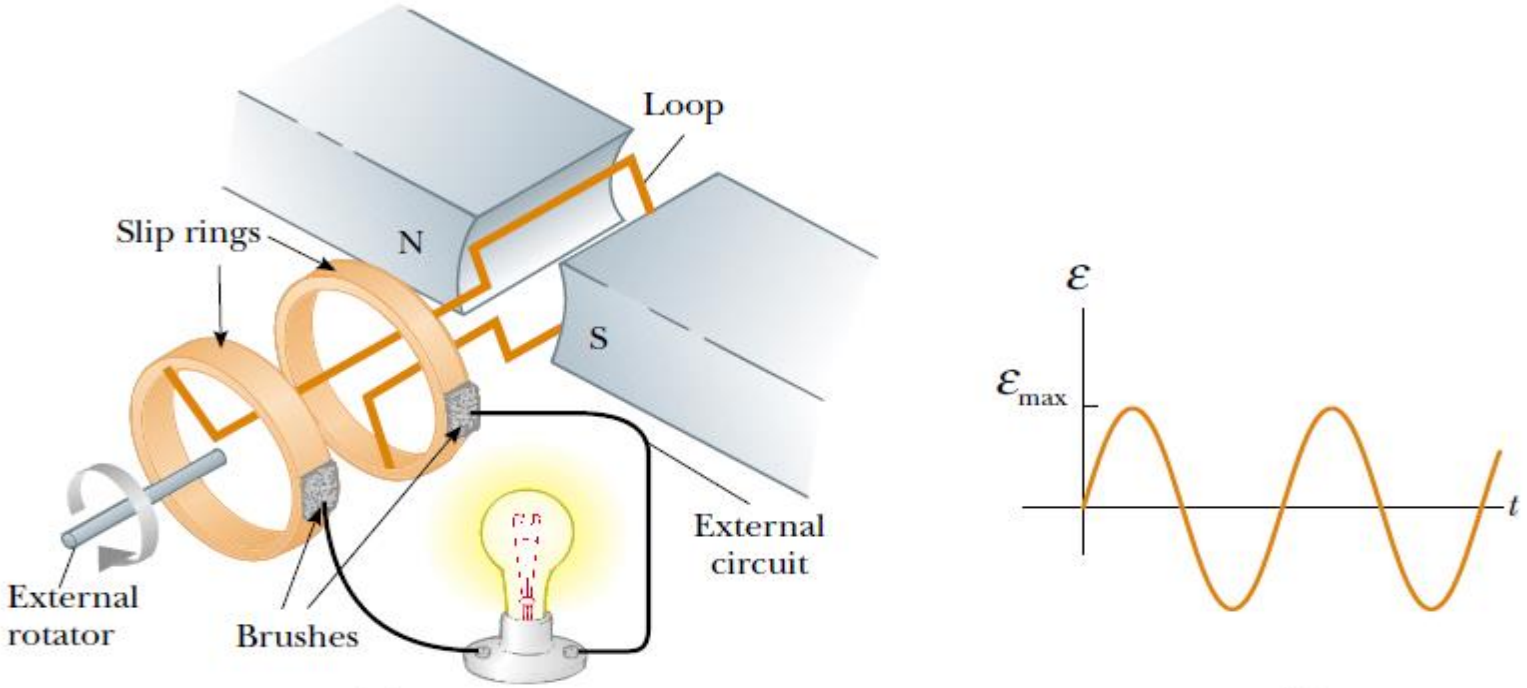
$$F_{appl} = F_B = i\,L\,B\sin\theta$$

$$= 0.5 \times 1.2 \times 2.5 \sin 90 = 1.5\text{N}$$

ج- اتجاه التيار يعاكس الزيادة في التدفق أي سيتولد تيار تأثيري يكون المجال الناتج عنه عكس المجال الأصلي. أي أن اتجاه التيار يجب أن يكون بالاتجاه من أسفل إلى اعلي في القضيب

31.5 Generators and Motors

المولد الكهربائي:



Active Figure 31.21 (a) Schematic diagram of an AC generator. An emf is induced in a loop that rotates in a magnetic field. (b) The alternating emf induced in the loop plotted as a function of time.

يتكون مولد التيار المتردد في ابسط صوره من ملف مكون من لفه تدور في مجال مغناطيسي فيتغير تدفق المجال المغناطيسي خلال الملف مع مرور الزمن مما يؤدي إلى تولد قوة محركة كهربائية داخل الملف ينتج عنها تيار كهربائي.

فاذا كان ملف المولد مكون من N لفه ومساحة اللفة A وكانت الزاوية بين المتجه العمودي على مستوى الملف والمجال المغناطيسي B هي θ فإن تدفق المجال المغناطيسي خلال الملف ϕ_B هو:

$$\phi_B = BA\cos\theta = BA\cos\omega t$$

حيث ω هو السرعة الزاويه لدوران الملف حيث $\theta = wt$

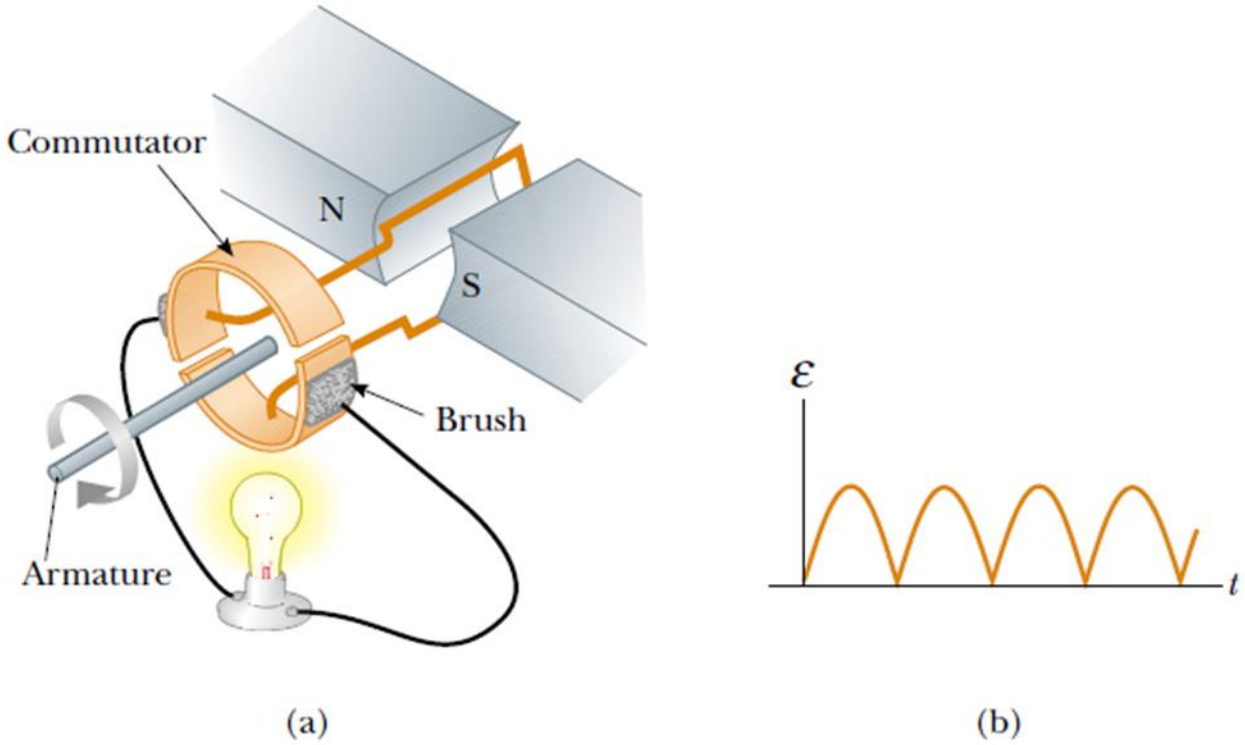
$$\varepsilon = -N\frac{\mathrm{d}\phi_B}{\mathrm{dt}} = NAB\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{dt}}(cos\omega t)$$

$$\varepsilon = NAB\omega\ sin\omega t$$

وتضح من هذه العلاقة أن القوة المحركة الكهربائية ε تتغير بشكل جيبي مع تغير الزمن وتكون اكبر قيمه لها عندما تكون

$\omega t = 90^o\ , 270^o$ وتكون ε صفر عندما تكون

$\omega t = 0^o\ , 180^o$



Active Figure 31.23 (a) Schematic diagram of a DC generator. (b) The magnitude of the emf varies in time but the polarity never changes.

مثال١ :

مولد تيار متردد يحتوي على 12 لفه ومساحة كل لفة $0.1m^2$ ومقاومة ملفه 8Ω يدور ملف المولد في مجال مغناطيسي منتظم شدته $0.2\ T$ بمعدل 50 دوره لكل ثانية اوجد:

أ- القوة المحركة الكهربائية العظمى التي ينتجها المولد

ب-القيمة العظمى للتيار ألتأثيري الناتج في ملف المولد

أ-

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\varepsilon = NAB\omega \, sin\omega t$$

$$\varepsilon_{max} = NAB\omega$$

$$\varepsilon_{mxa} = 12 \times 0.1 \times 0.2 \times 3.14 = 75.36\text{V}$$

أ-

$$i = \frac{\varepsilon_{max}}{R} = \frac{75.36}{8} = 9.42\text{A}$$

SUMMARY

Faraday's law of induction states that the emf induced in a circuit is directly proportional to the time rate of change of magnetic flux through the circuit:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \qquad (31.1)$$

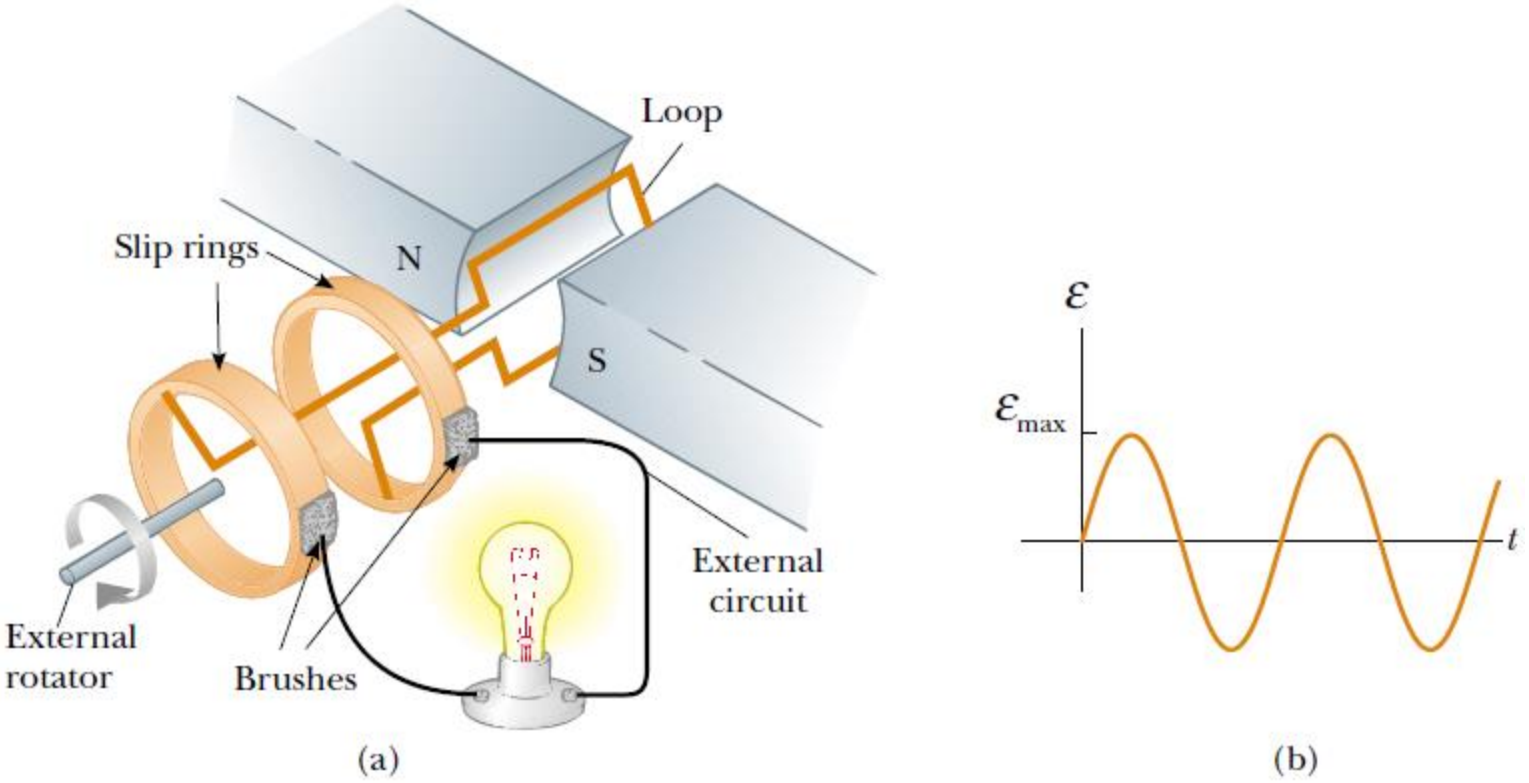
where $\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$ is the magnetic flux.

When a conducting bar of length ℓ moves at a velocity $\mathbf{v}$ through a magnetic field $\mathbf{B}$, where $\mathbf{B}$ is perpendicular to the bar and to $\mathbf{v}$, the **motional emf** induced in the bar is

$$\mathcal{E} = -B\ell v \qquad (31.5)$$

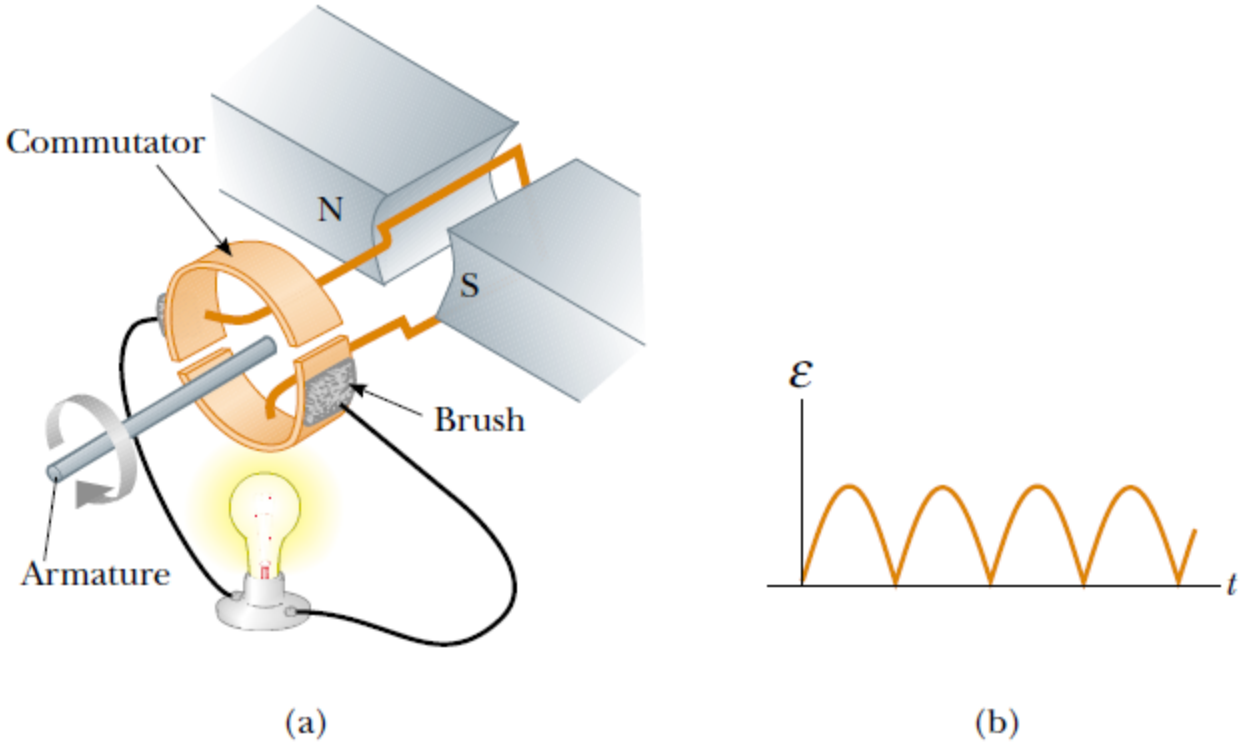
31.5 Generators and Motors

SE



Active Figure 31.21 (a) Schematic diagram of an AC generator. An emf is induced in a loop that rotates in a magnetic field. (b) The alternating emf induced in the loop plotted as a function of time.

مولد التيار المستمر:



Active Figure 31.23 (a) Schematic diagram of a DC generator. (b) The magnitude of the emf varies in time but the polarity never changes.