

第6章 電感與電磁

6-1 電磁的基本概念	6-3 電感量
6-2 電感器	6-4 電磁效應
6-5 電磁感應	



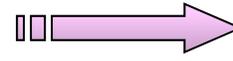
6-1 電磁的基本概念

1. 因電力作用產生磁場現象



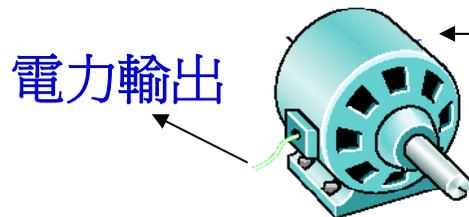
磁浮列車

電力



磁力

2. 因磁場作用產生電力現象



磁場作用

發電機

磁力



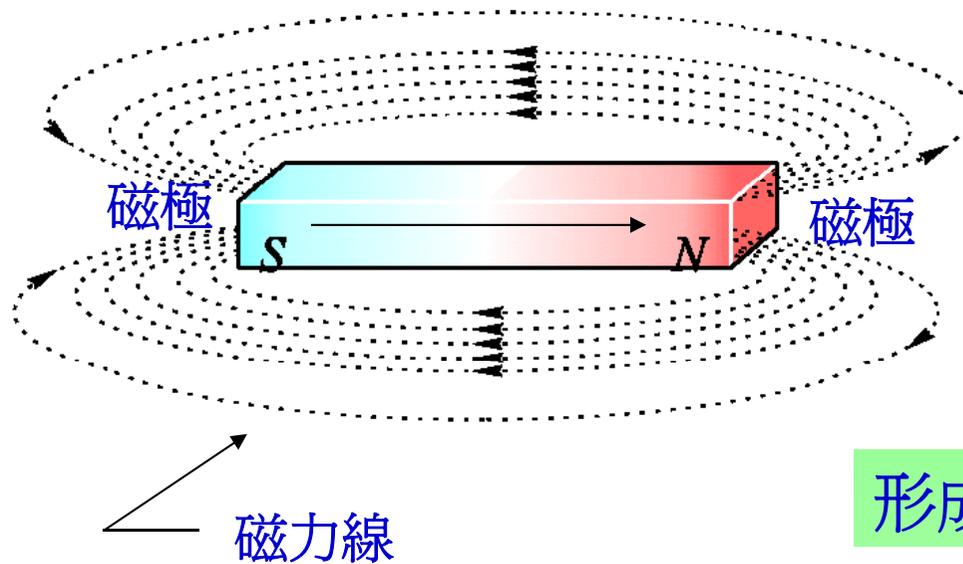
電力



6-1.1 磁力線與磁場

磁場為磁力線作用之範圍

一般以磁力線表示



1. 在磁鐵外

磁力線由N至S

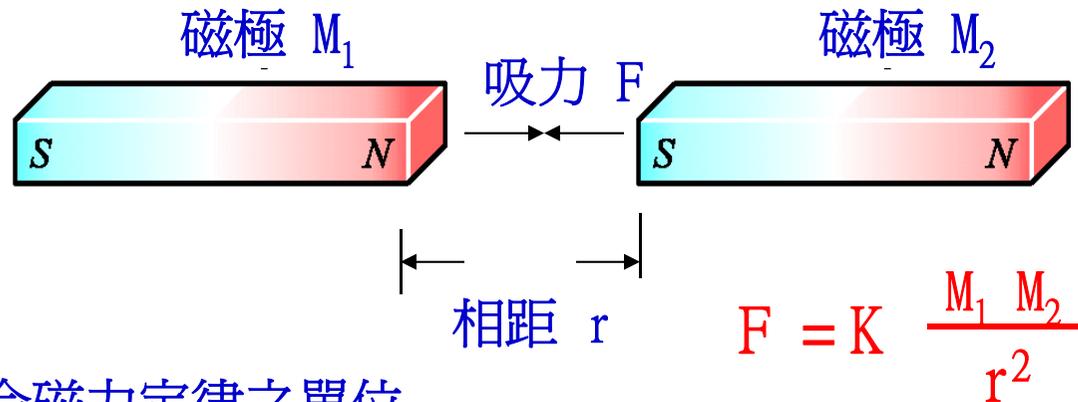
2. 在磁鐵內

磁力線由S至N

形成一封閉曲線



6-1.2 庫侖磁力定律



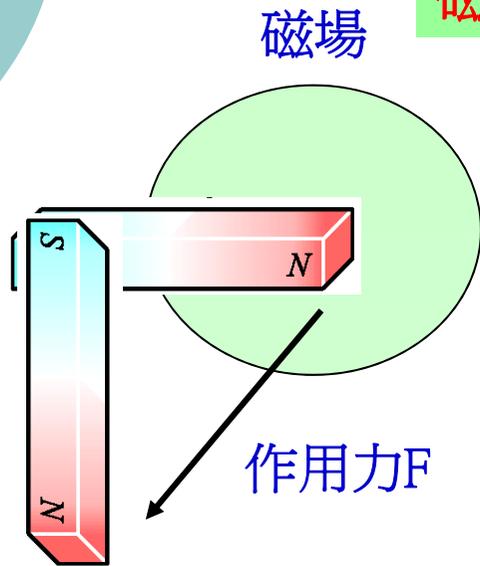
庫侖磁力定律之單位

名稱	作用力(F)	磁極(M)	距離(r)	真空或空氣中 導磁係數(μ_0)	常數(K)
MKS 制	牛頓(Nt)	韋伯(Wb)	公尺(m)	$4\pi \times 10^{-7}$	$\frac{1}{4\pi \times \mu_r \mu_0}$
CGS 制	達因(dyne)	靜磁	公分(cm)	1	$\frac{1}{\mu_r}$



6-1.2 磁場強度

磁場強度 在磁場中單位磁極所受之力



$$H = \frac{F}{M} = K \frac{M}{r^2} = 6.33 \times 10^4 \frac{M}{r^2}$$

H為磁場強度

單位是牛頓/韋伯

F為作用力

單位是牛頓

M為磁極

單位是韋伯



6-1.3 磁通量與磁通密度

磁通量是指**磁力線**的數量

代號 ϕ

單位為韋伯

磁通密度(B)為單位面積的**磁力線**數量

$$B = \frac{\phi}{A} \quad \text{韋伯/平方公尺}$$

磁力線的數量即為該磁極的**磁場強度**(M)

$$M = \phi$$

$$B = \frac{M}{A} = \mu \cdot H$$



隨堂練習

1. 兩磁極 $M_1 = 9 \times 10^{-3}$ 韋伯 $M_2 = 30 \times 10^{-3}$ 韋伯在空氣中相距 30cm，求其作用力為何？
126.6牛頓

2. 某磁極為4韋伯，在磁場中某點受20牛頓的作用力，則該點的磁場強度為多少？
5牛頓/韋伯

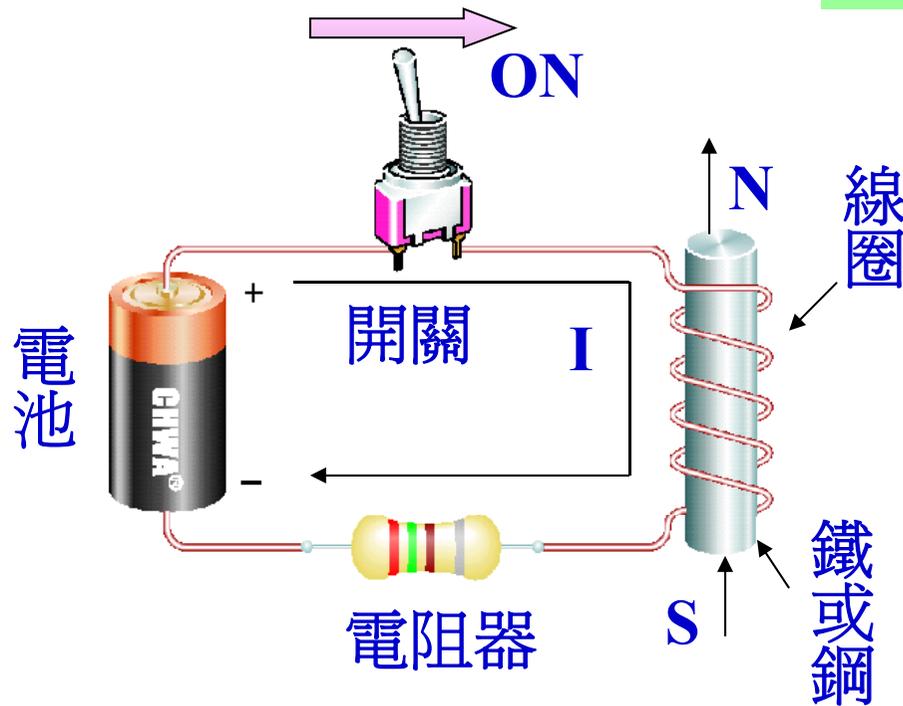
3. 某磁路的磁通密度為9韋伯/平方公尺磁場強度為 3×10^5 牛頓/韋伯，求磁路之導磁係數為何？
 3×10^{-5}

4. 某磁場通過 10^6 條磁力線，若該磁路截面積為4平方公分，求磁通密度為若干？
25韋伯/平方公尺



6-1.4 磁化力

磁化：將鐵變成電磁鐵



$$H = \frac{F}{l}$$

F：磁動勢 安匝

$$F=NI$$

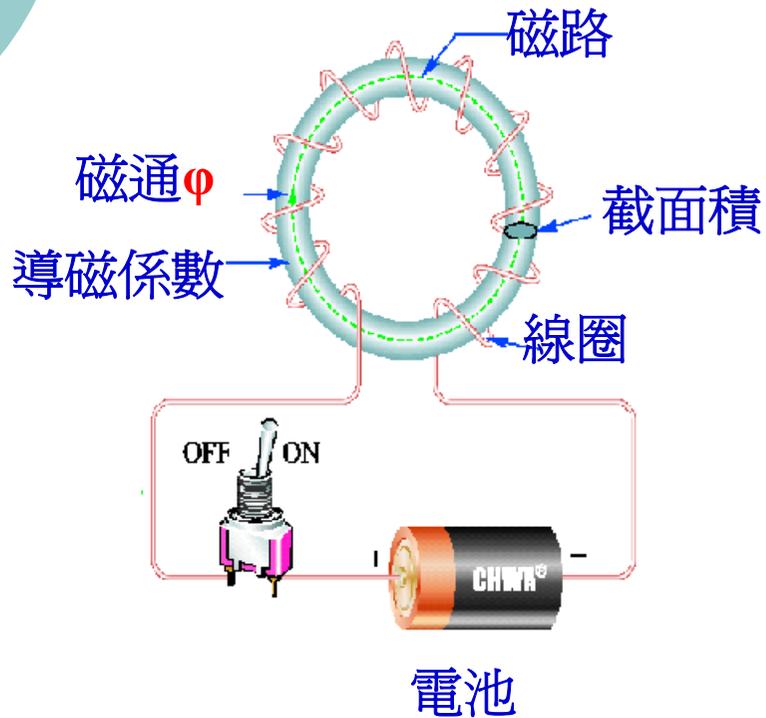
H：磁化力

l：磁路長度



6-1.4

羅蘭定律



羅蘭定律如同歐姆定律

磁動勢(F)若保持定值

磁通(ϕ)與磁阻(R)成反比

$$\phi = \frac{F}{R} \text{ 韋伯}$$

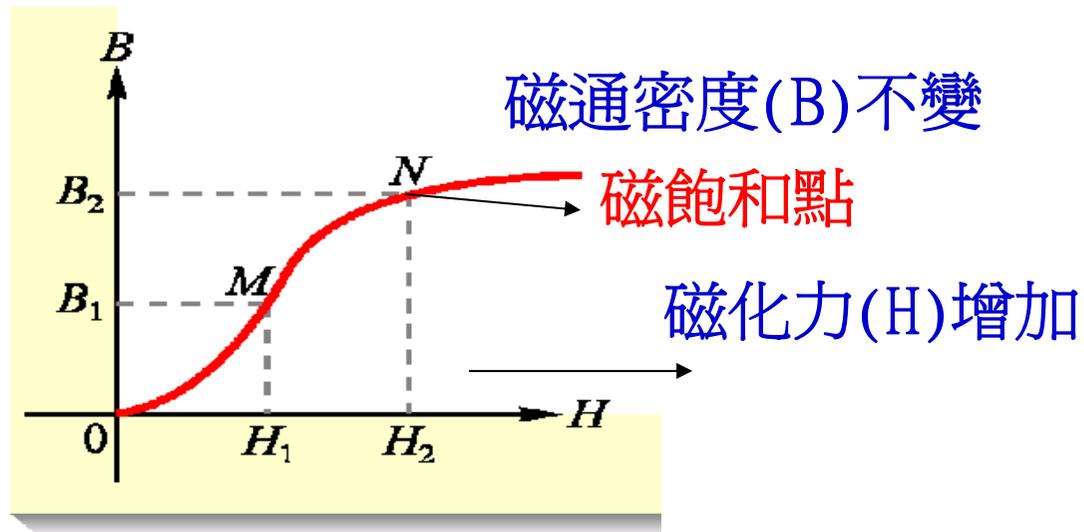
$$R = \frac{L}{\mu A} \text{ 安匝/韋伯}$$



6-1.5 磁化曲線

磁化曲線又稱B-H曲線

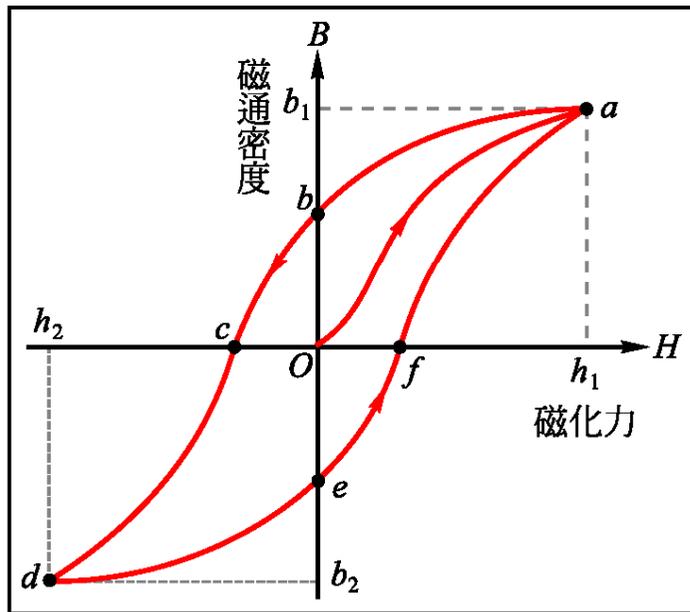
以曲線描述磁化力(H)與磁通密度(B)之關係





6-1.5 磁滯曲線

磁滯曲線描述磁化過程B較H變化較遲緩的現象



a. 磁飽和點：

H增加 B不變

b. 剩磁：

H為零 B=ob

b. 矯頑磁力：

H=oc B為零



隨堂練習

1. 截面積為1000平方公方的鐵心上，繞100匝線圈並通以0.5A的電流，其磁動勢為何？
50安匝

2. 如第1題所述，若磁路之長度為8公分，其磁化力為何？

625安匝/公尺

3. 有一導磁係數為 5×10^{-4} 亨利/公尺的鐵心，其磁路長10cm截面積為 0.01m^2 磁路之磁阻為何？

2×10^4 安匝/韋伯

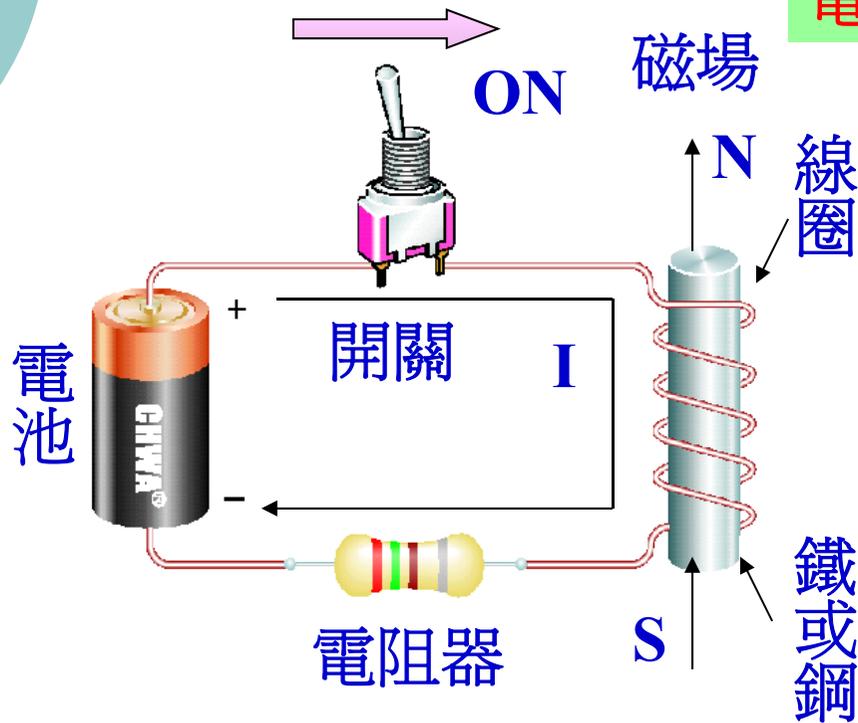
4. 磁阻 10^4 安匝/韋伯的磁路，匝數為1000匝的線圈須通過多少電流才能產生 10^{-2} 韋伯的磁通？

0.1安培



6-2 電感器

電感器為可儲存磁能之元件



符號 L 單位 亨利 H

種類有：

- 1. 空心電感器
- 2. 鐵心電感器
- 3. 磁心電感器



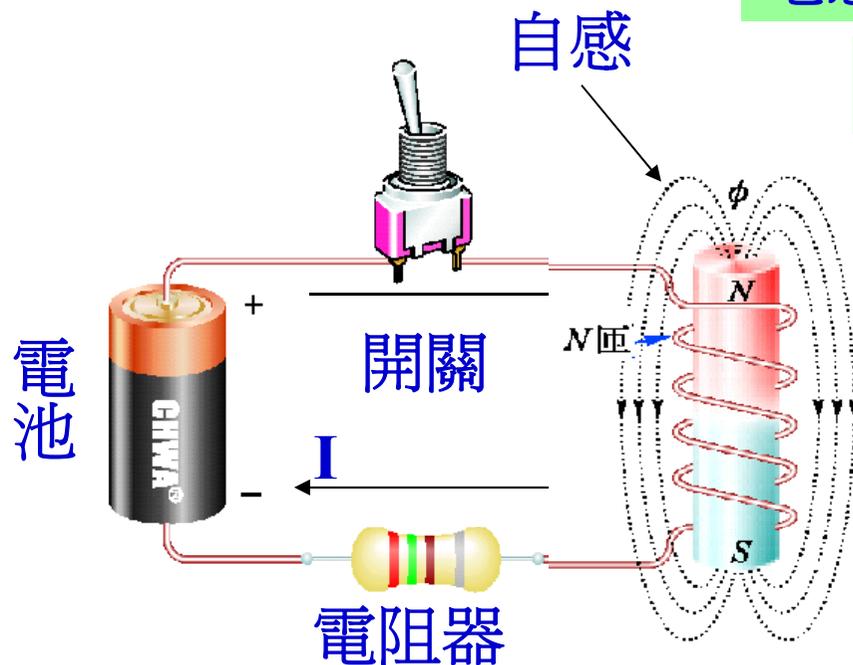
6-3.1 自感

電感量：

單位電流產生之磁通鏈

自感：

線圈本身產生之磁通鏈



$$L = \frac{N\phi}{I} = \frac{N^2\mu A}{l}$$



6-3.2 互感

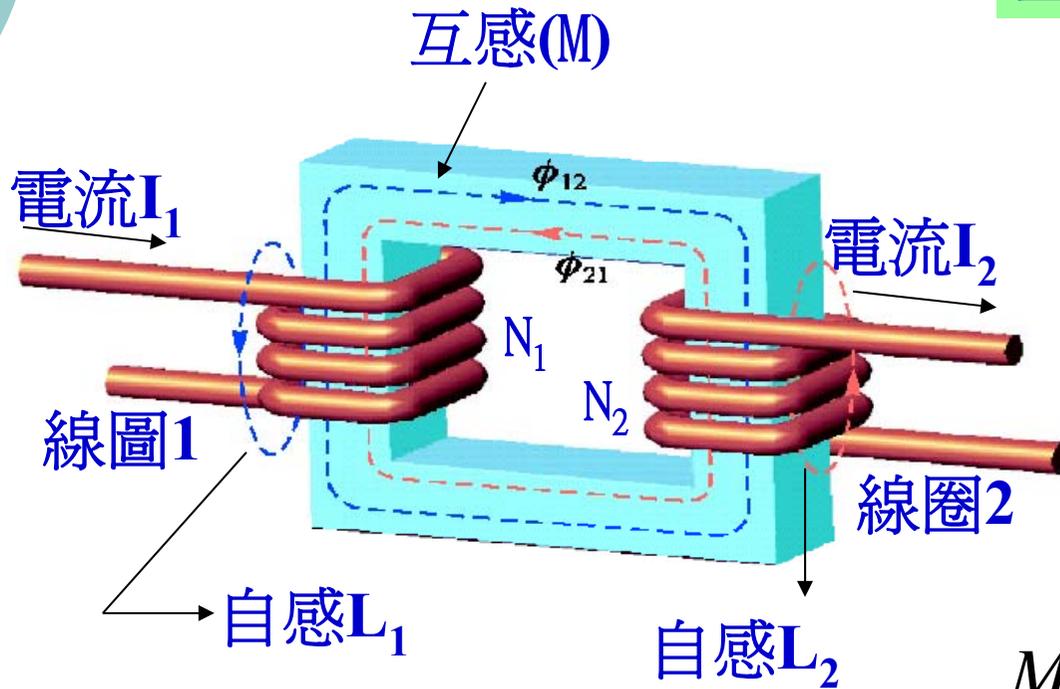
互感量：

$$M_{12} = \frac{N_2 \Psi_{12}}{I_1}$$

$$M_{21} = \frac{N_1 \Psi_{21}}{I_2}$$

自感互感關係：

$$M = K \sqrt{L_1 L_2}$$





隨堂練習

1. 有一匝數為100的線圈，通以10安培的電流產生0.04韋伯的磁通量，則其自感量為何？

0.4亨利

2. 兩線圈之自感量分別為0.1mH及0.4mH，若耦合係數為0.6，則兩線圈互感量為何？

0.12mH

3. 兩線圈之自感量分別為10mH及2.5mH，若其互感量為4mH，則其耦合係數為何？

0.8

4. 80匝之線圈通以8安培的電流可產生0.01韋伯的磁通量，問此線圈的電感量為何？

0.1亨利(H)



6-3.3 電感器的串聯

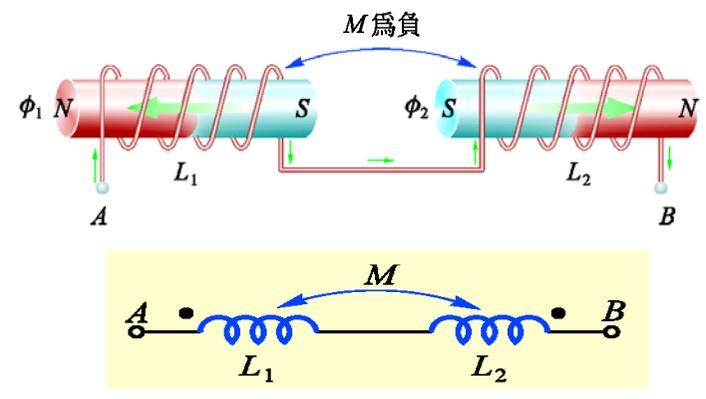
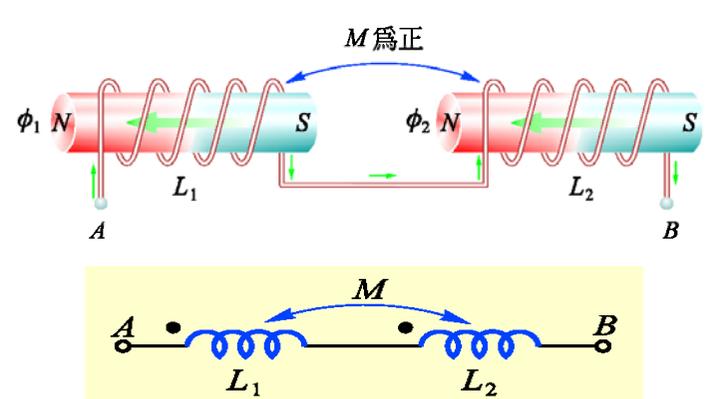
1. 無互感的電感器串聯

$$L_T = L_1 + L_2$$

2. 有互感的電感器串聯

A. 串聯互助 $L_T = L_1 + L_2 + 2M$

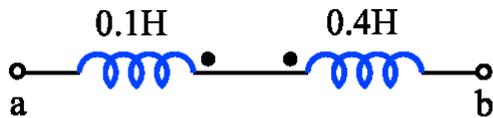
B. 串聯互消 $L_T = L_1 + L_2 - 2M$





隨堂練習

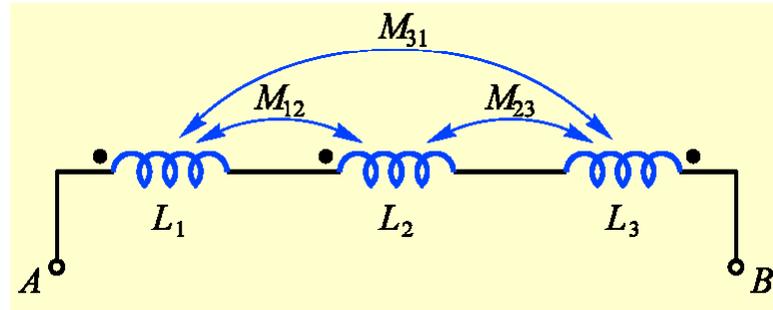
1. 圖為電感串聯，求



a、b間總電感=?

0.26H

2. 圖為電感串聯，求



A、B間總電感=? 8H



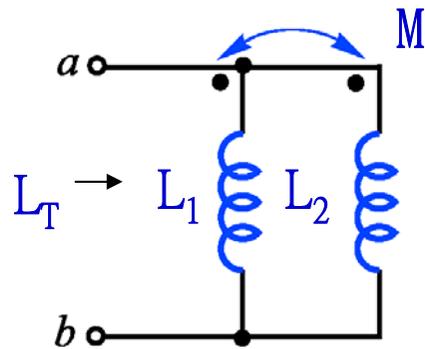
6-3.4 電感器的並聯

1. 無互感的電感器並聯

$$L_T = \frac{L_1 \times L_2}{L_1 + L_2}$$

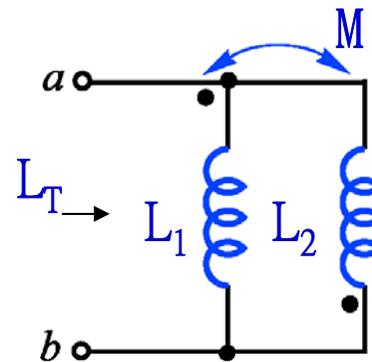
2. 有互感的電感器並聯

A. 並聯互助



$$L_T = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$$

B. 並聯互消

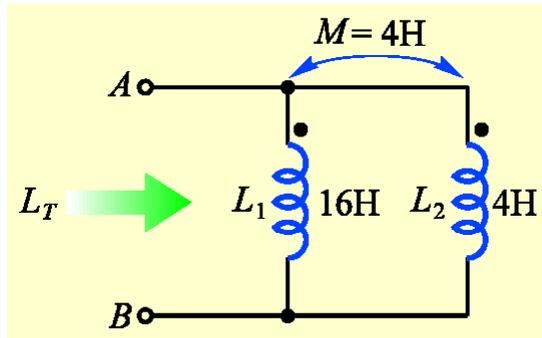


$$L_T = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$$



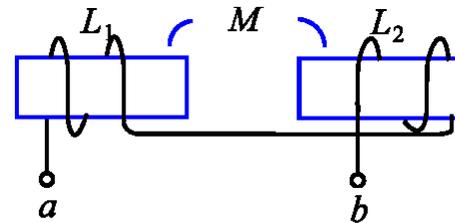
隨堂練習

1. 圖為電感並聯，求



總電感 $L_T = ?$ 4H

2. 圖為電感並聯，求

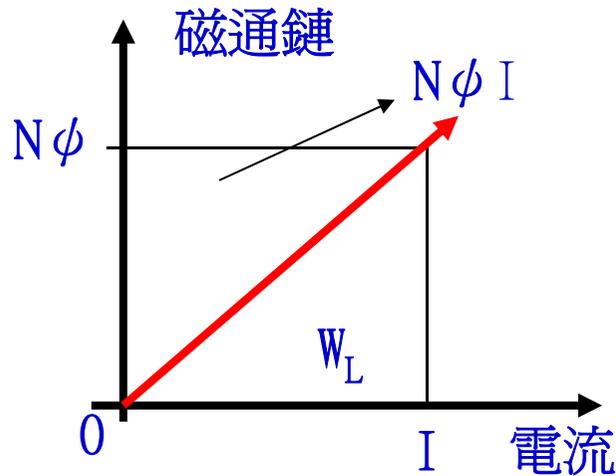


總電感 $L_{ab} = ?$ 22H



6-3.5 儲能特性

電感器具有儲能的特性



電感器儲存的能量為：

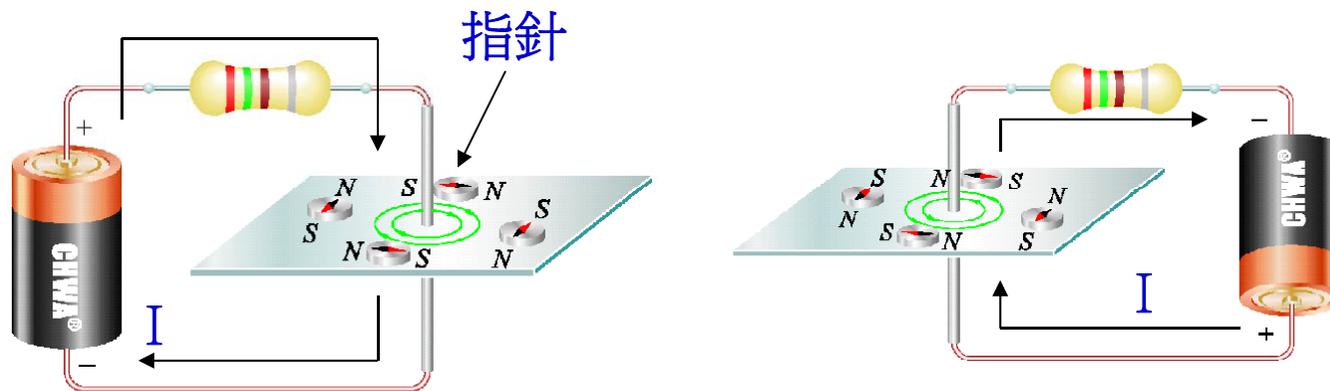
$$W_L = \frac{N\phi I}{2} = \frac{I^2 L}{2}$$

W_L 為電感器儲存的能量



6-4 電磁效應

電感效應是指載電流導線之四周有磁場產生

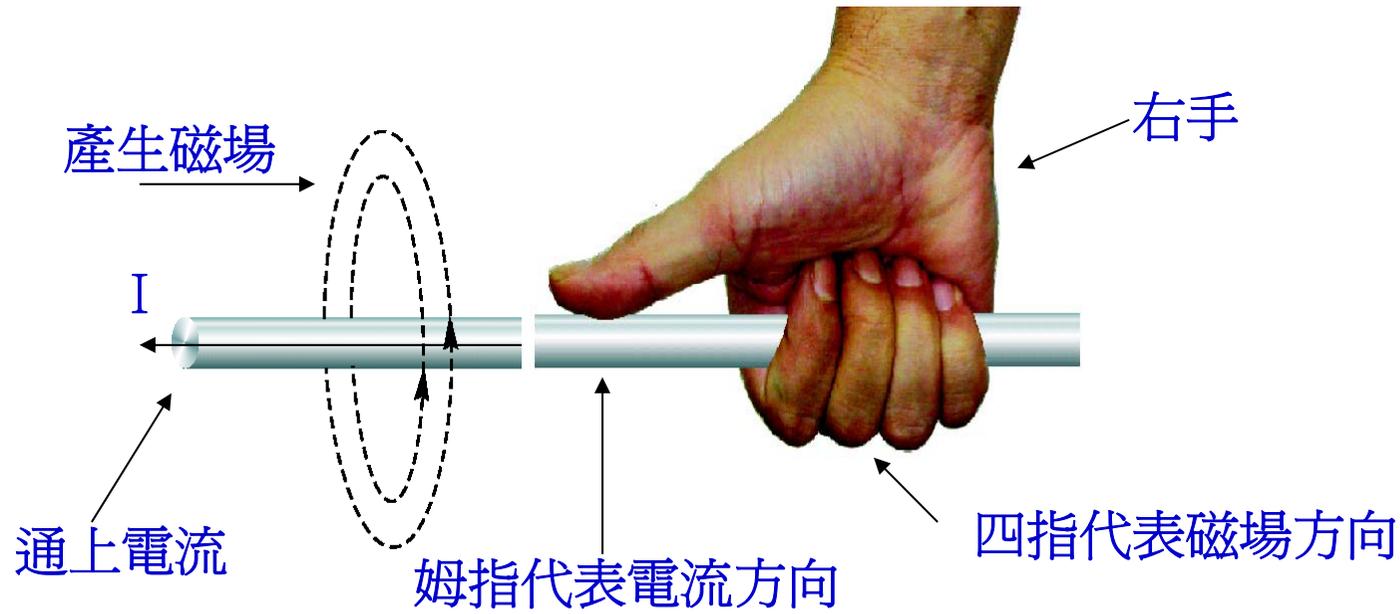


電流向下或上指針則表示磁場分佈情形



6-4.1 安培右手定則

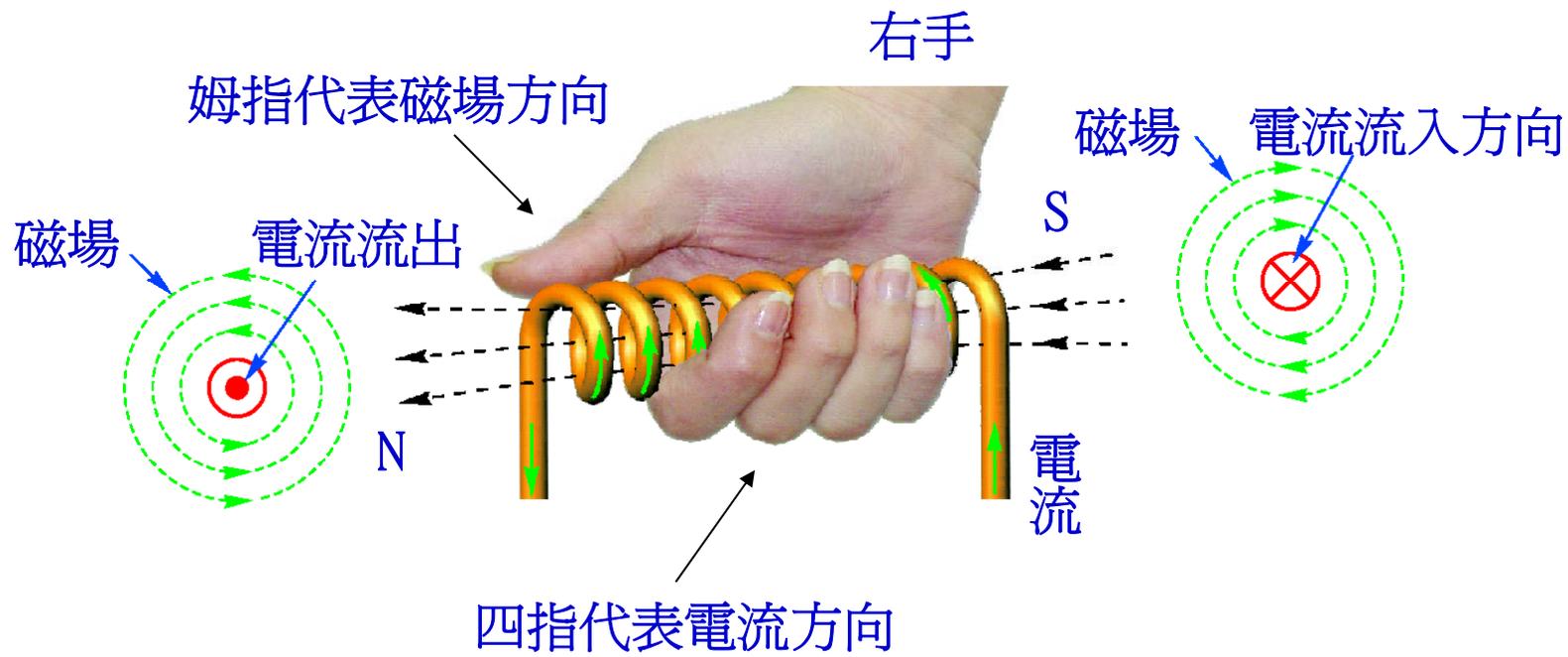
安培右手定則可表示載流導線周圍磁場之方向





6-4.1 螺旋定則

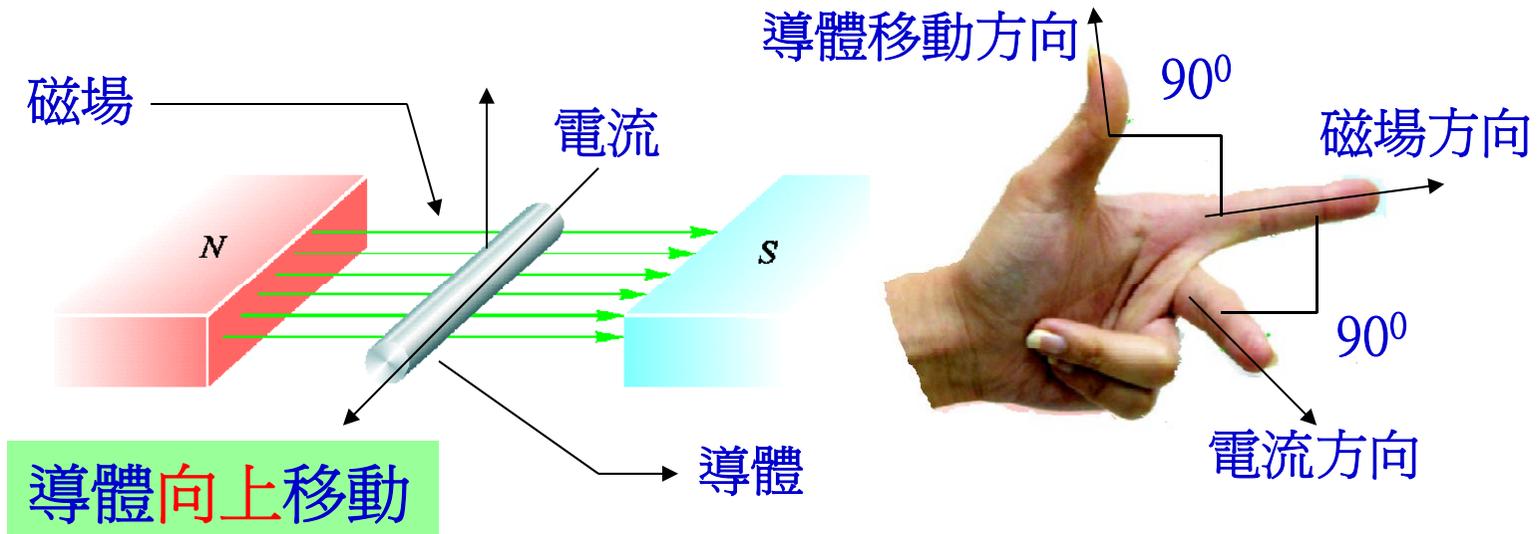
螺旋定則表示螺旋狀載流導線周圍磁場之方向





6-4.2 佛萊明左手定則

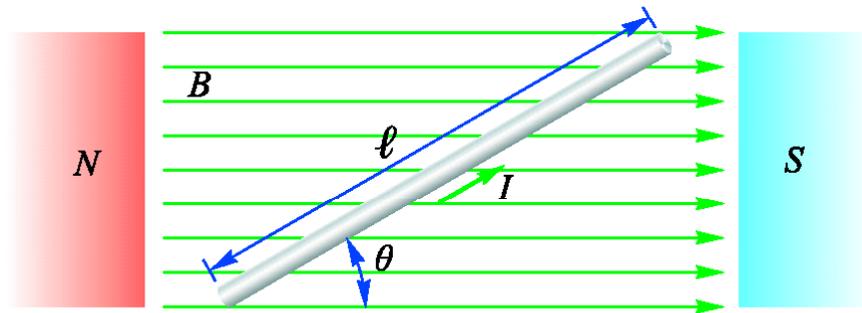
佛萊明左手定則可判斷**電動機之旋轉方向**



佛萊明左手定則又稱**電動機定則**



6-4.2 佛萊明左手定則



在磁場中

載流導體受力為：

$$F = B l I \sin \theta$$

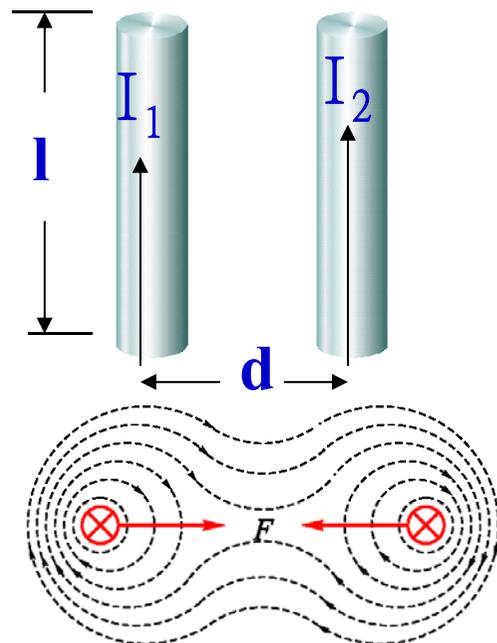
作用力的相關單位

名稱	作用力(F)	磁通密度(B)	有效長度(ℓ)	導體電流(I)
MKS 制	牛頓	韋伯/平方公尺	公尺	安培
CGS 制	達因	高斯	公分	電磁安培



6-4.3 平行導體間的作用力

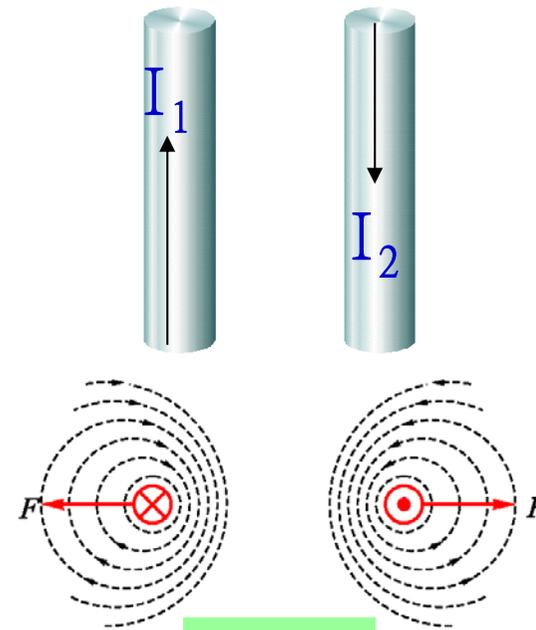
1. 電流方向相同



相吸

$$F = \frac{\mu l I_1 I_2}{2\pi d^2}$$

2. 電流方向相反



相斥



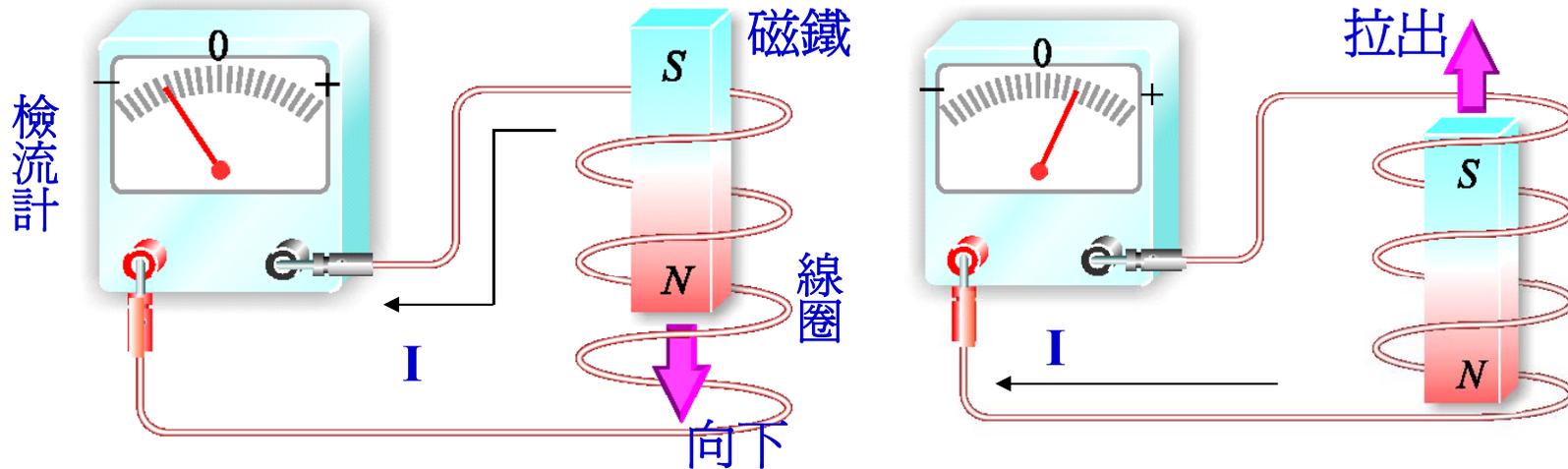
隨堂練習

- | | |
|---------------------------------------------------------------|-------|
| 1. 4mH的電感器通以5A電流時，儲存能量為何？ | 0.05J |
| 2. 自感5H線圈通入10A電流，儲存能量為何？ | 250J |
| 3. 載有10A的導體長度為20m，磁通密度為0.4韋伯/平方公尺的磁場中，設夾角為 30° 導體受力為何？ | 40NT |
| 4. 空氣中相距10cm的平行導線，長度為10m若 $I_1=5A$ ， $I_2=10A$ ，則導線間的作用力為何？ | 0.1牛頓 |
| 5. 佛萊明左手定則又稱？ | 電動機定則 |



6-5 電磁感應

將磁鐵在線圈中移動因磁場作用會有電流產生。



法拉第電磁感應實驗



6-5.1 法拉第定律

法拉第定律：

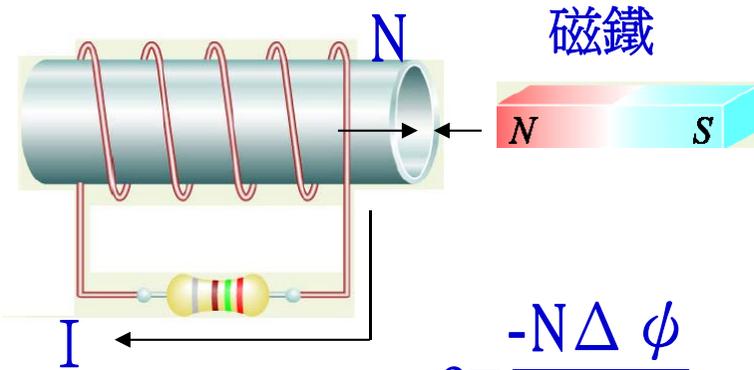
線圈上感應電勢大小和線圈匝數及磁通變化率成正比

$$e = \frac{N \Delta \phi}{\Delta t}$$

名稱	感應電勢(e)	線圈匝數(N)	磁通變化量(Δφ)	時間變化(Δt)	公 式
MKS 制	伏特(V)	匝	韋伯(Wb)	秒(s)	$e = N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$
CGS 制	伏特(V)	匝	馬克士威(Max)	秒(s)	$e = N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \times 10^{-8}$



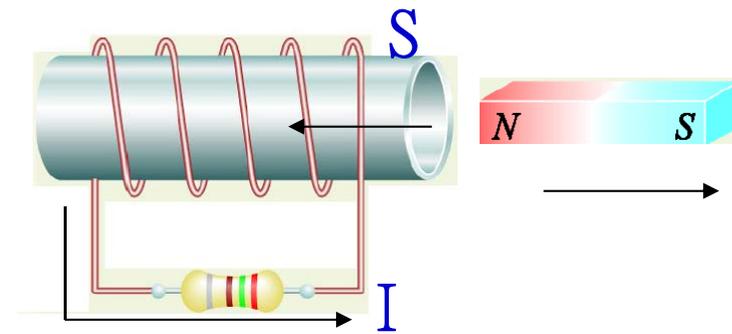
6-5.2 楞次定律



$$e = \frac{-N \Delta \phi}{\Delta t}$$

1. 磁場加強

線圈會感應相同極性

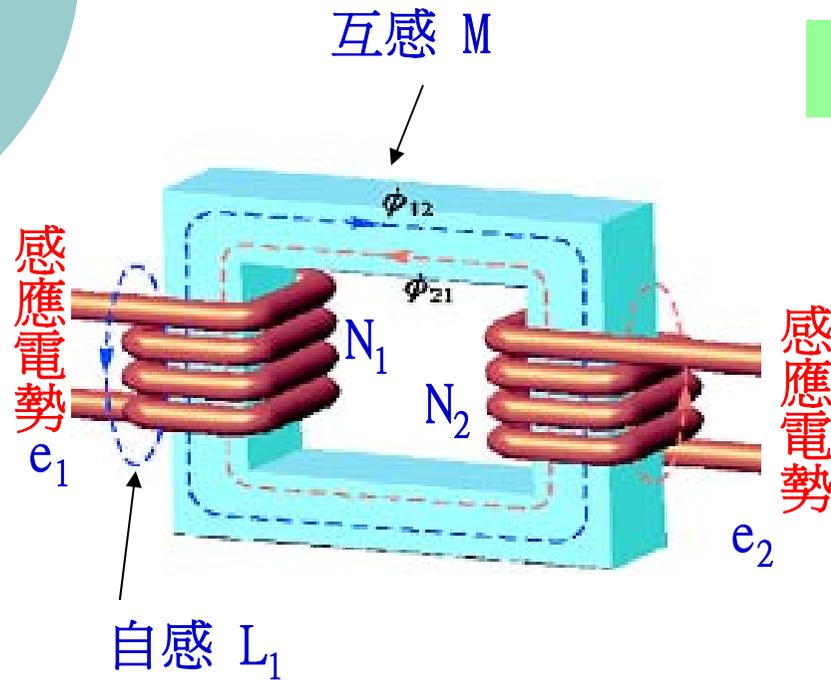


2. 磁場減弱

線圈會感應相反極性



6-5.3 自感應電勢與互感應電勢



1. 自感應電勢：

$$e_1 = \frac{N_1 \Delta \phi_1}{\Delta t} = \frac{L_1 \Delta i_1}{\Delta t}$$

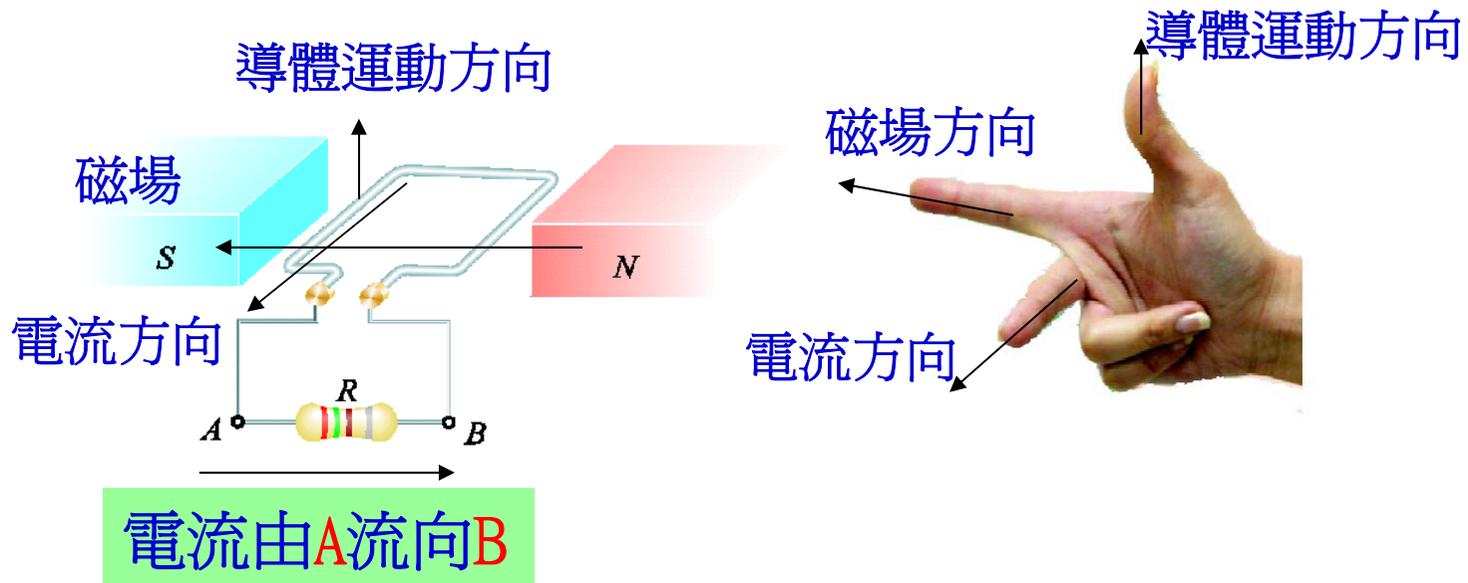
2. 互感應電勢：

$$e_2 = \frac{N_2 \Delta \phi_{12}}{\Delta t} = \frac{M \Delta i_1}{\Delta t}$$



6-5.4 佛萊明右手定則

佛萊明右手定則可判斷發電機電流方向

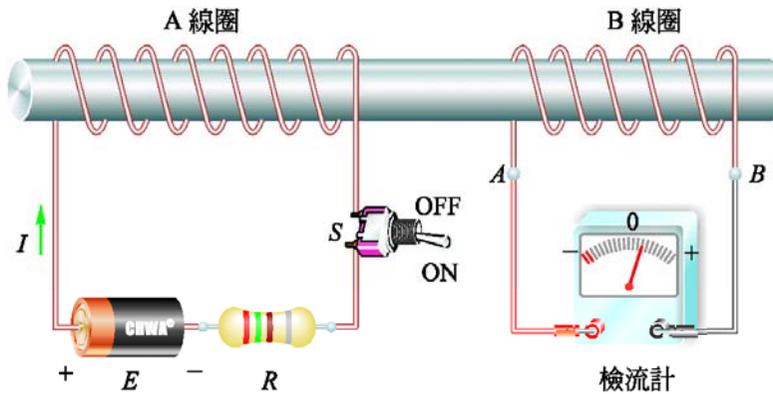


佛萊明右手定則又稱發電機定則



隨堂練習

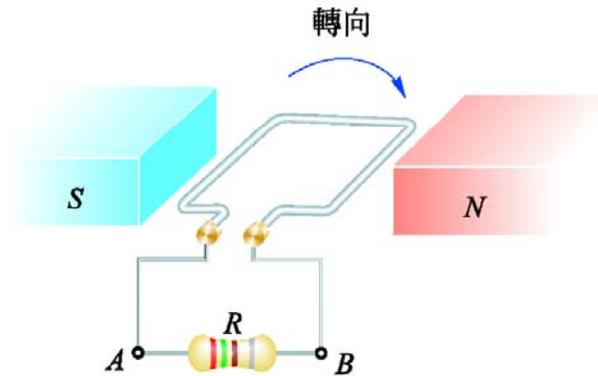
1. 依楞次定律求圖



檢流計的方向？

向右偏移

2. 依佛萊明右手定則求圖



流經電阻之電流方向？

A流向B端



隨堂練習

1. 100匝線圈中，若磁力線在0.5秒由1韋伯增至4韋伯則感應電勢為何？

600V

2. 有一線圈之自感量為0.5H，當通過的電流在0.5秒內由0A增至15A，則感應電勢為何？

15V

3. 導體長4m以10m/s的速度在磁通密度為 10^{-3} 韋伯/米中向右運動，求感應電勢？(導體與磁場成 90°)

0.04V

5. 佛萊明右手定則又稱？

發電機定則