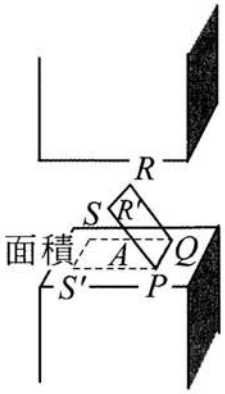
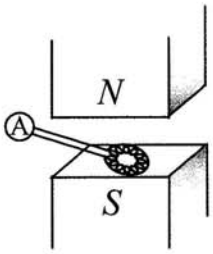
③ 在均勻磁場內，磁鐵與封閉迴路並未作相對運動，但迴路在磁場內繞一水平軸旋轉，改變磁場通過的有效面積而發現有感應電流之產生。



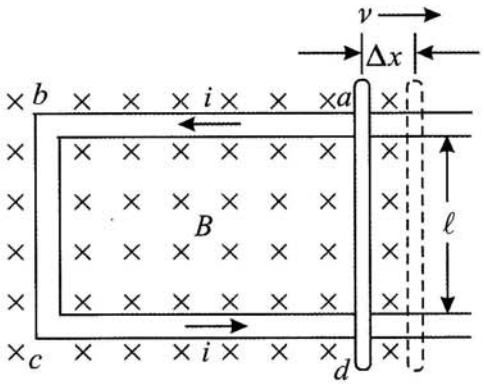
當迴路 $PQRS$ 與磁場不垂直時，則通過迴路所包圍的磁通量較少。此時之有效面積 A 為射影面積 $PQR'S'$。

④ 在均勻磁場內，封閉迴線所圍面積突然擴張或收縮也發現有感應電流的產生。

(2) 結　論：感應電流之產生是由於通過迴線所圍面積之磁通量變化，與相對運動與否無關，與導線迴路是否位於磁場內無關。



二、感應電動勢



1. 上圖陳示一均磁場 B，垂直進入紙面，一 U 形導線上有一可滑動的導線，而 $abcd$ 構成一封閉線圈。設 ℓ 為 ad 的長度，如將 ad 以速度 v 向右移動，實驗結果顯示有感應電流 i 沿 $abcda$ 方向流通，且 i 與磁場 B、長度 ℓ 及速度 v 成正比。因沿 $abcda$ 的電動勢 ε 與電流 i 成正比，故有 $\varepsilon \propto \ell vB$
2. 如在 Δt 秒中導線 ad 向右移動的距離為 Δx，則

$$v=\frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad 故\ \ \ell v=\ell\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

式中的 $\ell\Delta x$ 是在 Δt 秒內線圈面積 A 的變化量，以 ΔA 表之，則

$\ell v=\dfrac{\Delta A}{\Delta t}$，感應電動勢即為 $\varepsilon \propto \dfrac{\Delta A}{\Delta t}B=\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$

此式的意義是：如通過一線圈面的磁通量ϕ隨時間t而改變時，線圈將產生感應電動勢ε，其量值與磁通量的時變率$\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$成正比。上式寫成等式為 $\varepsilon = k\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

式中的比例常數k由電動勢ε和磁通量ϕ的單位而定，如ε的單位為伏特，ϕ為韋伯，則$k=1$。

法拉第定律謂在任何形狀的線圈中，如其磁通量的時變率為$\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$，則在線圈上產生的電動勢$\varepsilon$為 $\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

3. 線圈上產生的電動勢可寫成 $\varepsilon = -\ell vB$

上二式中的負號係表示感電動勢的方向，乃係用來產生一感應電流（因此而產生一感應磁場），以阻止線圈中磁通量的改變。

$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ 稱為**法拉第電磁感應定律**。

主題 3　冷次定律

一、冷次定律

1. 1834 年俄國物理學家 H. F. Lenz 提出冷次定律。

一導線圈在磁場中運動時，導線圈內所產生的感應電動勢的方向，乃欲使線圈所產生的感應電流能夠阻抗磁通量的改變。

2. 冷次定律實為能量守恆定律。

若感應電動勢所生之感應磁場是助長原磁場，則磁通量變化會加大，則感應電動勢亦趨更大，感應電流也加大，則能量無中生有，違反能量守恆定律。

3. $\varepsilon = -\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$之物理意義：

感應電動勢所生感應新磁場的方向是用來反抗原有磁通量變動的方向。