

法拉第電磁感應定律(Faraday's law of induction)

感應電動勢(Induced emf) $\varepsilon = -\frac{d(N\Phi)}{dt}$

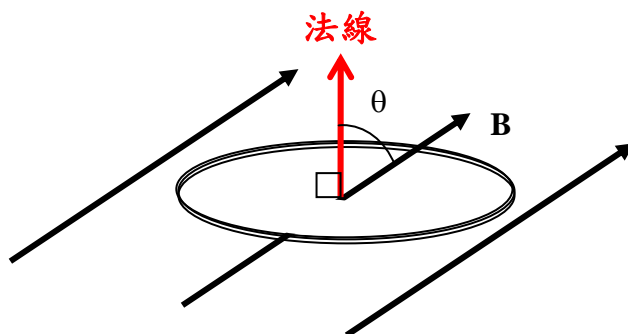
如何在運算中正確使用公式中的負號 (negative sign) ?

大部份同學都知道這負號是來自 **Lenz's law** (楞次定律)，但不定知道如何使用這負號來決定感生電動勢的方向。

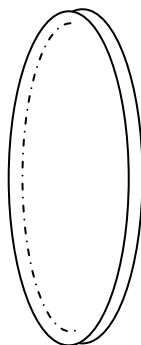
這個要從公式中的磁通量 (magnetic flux) Φ 說起。

$$\Phi = BA\cos\theta$$

其中 θ 是 B-field 與線圈的法線 (normal) 的交角。



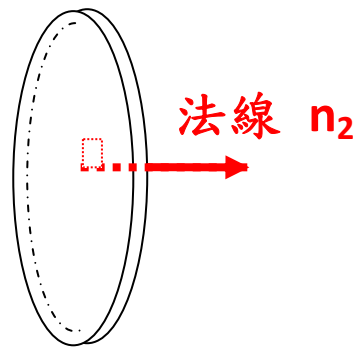
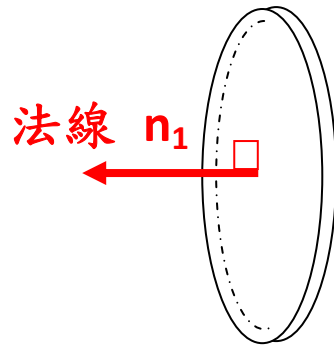
問題是如何定義線圈的法線？



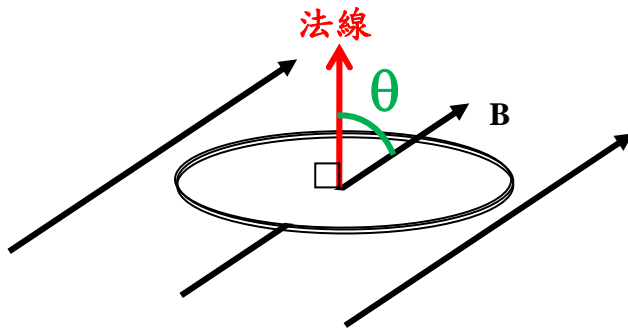
法線一定是與 B 指同一方向嗎？

沒有必要。

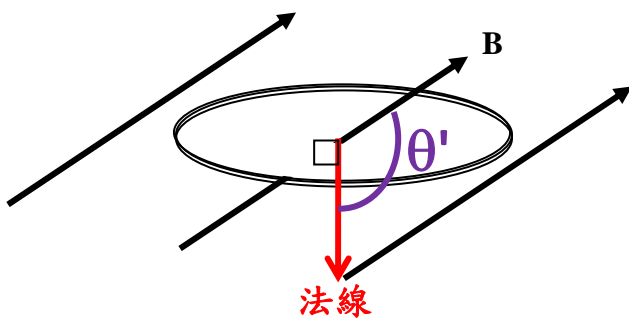
其實，對任何線圈，都存在兩個法線 (normal) 可供選擇！



“ $\Phi = BA\cos\theta$ ” 中選擇那條法線都可以。



$$\Phi = BA\cos\theta$$

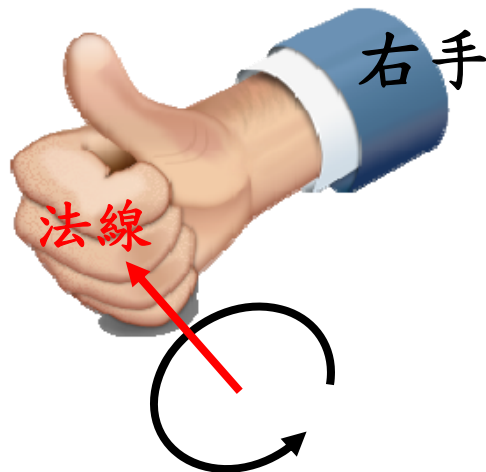


$$\begin{aligned} \Phi' &= BA\cos\theta' \\ &= BA\cos(180^\circ - \theta) \\ &= -BA\cos\theta \end{aligned}$$

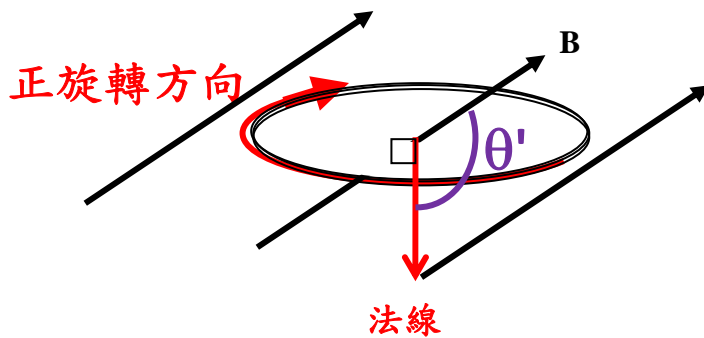
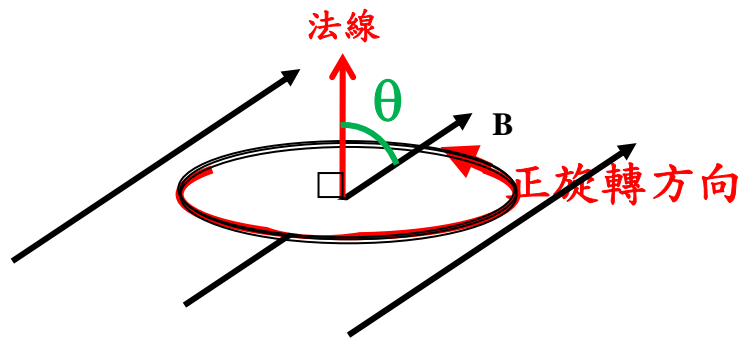
用那條法線來計磁通量都可以。

當選擇了法線之時，亦同時定義了線圈的正旋轉方向 (positive sense of rotation)。

法則就是 right hand rule.

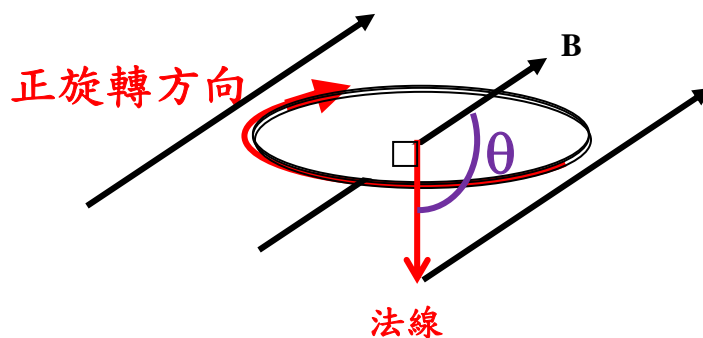


這方向旋轉為正



計算 $\varepsilon = -\frac{d(N\Phi)}{dt}$ 時，當值為正時， ε 的方向就是跟你選擇了的正旋轉方向相同；當答案是負，那即是反方向了。

例：在下圖， B 的量值(magnitude)隨時間減少。我們如圖顯示般選擇了法線和正的旋轉方向。



$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}(N\Phi)$$

$$= -NA \cos \theta \frac{dB}{dt}$$

$\cos \theta < 0$ B 隨時間減少

$$= -(-)(-) = -$$

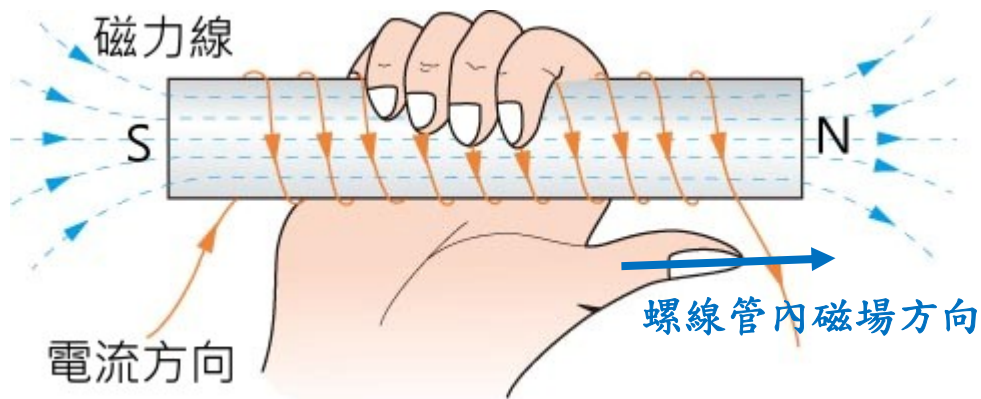
最終答案是負，即是 ε (或感生電流，若線圈是閉合電路 complete circuit) 就是上圖已定義的正旋轉方向的相反。

得出的 ε 方向與法線的選擇無關。不妨試試選擇另一法線來考慮上題。

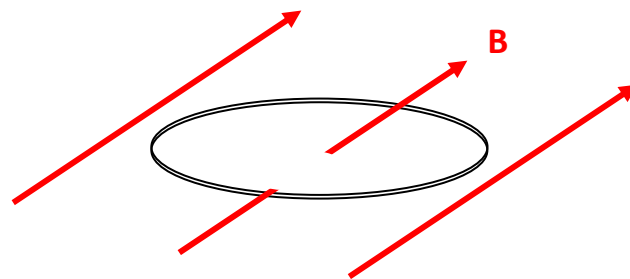
這個 “right hand rule” 與我們熟悉，用來求螺線管內磁場方向的 “right hand grip rule” 有關嗎？

非常有關，可說是如出一轍。

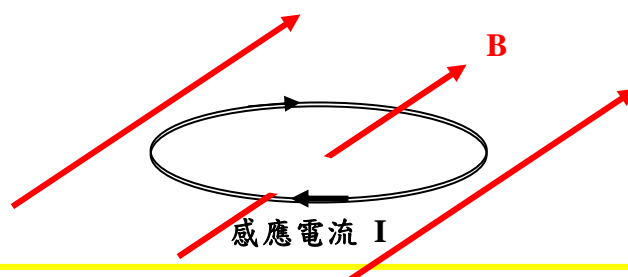
Right Hand Grip Rule :



初學 induction 的同學是這樣運用 Lenz's law 的：



假設 **B** 隨時間增加。Lenz's law 精神是「抗拒改變」，感應電流 (induced current) 就應該在線圈內製做一個與原來的 **B** 反方向 的 **B'**，以使線圈內的總 B-field ($B + B'$) 升得沒那麼快。最後，以 **B'** (即是 **B** 的反方向) 作為拇指方向來運用 right hand grip rule (RHR)，就可得到感應電流方向。



由以上例子，可看到大家在以前已利用 **right hand rule** 來求感生電流的方向。

以前是按問題的實際情況（**B** 是增加還是減少，**B'** 應該是抑制還是補助 **B**），然後才利用 **RHR** 來定出要製造這樣的 **B'** 的感生電流的方向。

法拉第電磁感應定律已把以上所有步驟放在數式裡。

在實際情況還未出現，已先交由預設的法線來運用 **RHR**，定出線圈流動方向的 **+/-**。

待實際情況出現，再由法拉第公式得到的答案去對比預設的流動 **+/-**，就知感生電流的實際方向。

吳老師 (Chiu-king Ng)

網址：物理勿勿理 <http://ngsir.netfirms.com>