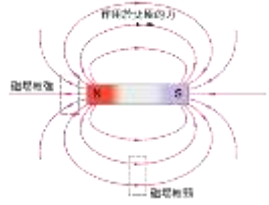


電和磁 II

4 電磁學

4.1 磁場

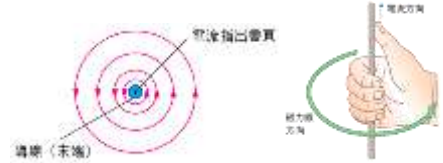
- 磁極之間的相互作用：同極相斥；異極相吸。
- 磁鐵在周圍的空間建立起磁場，磁場可用磁力線來表示。磁力線從北極繞到南極，它的方向表示作用於磁針北極的磁力方向。



- 在中和點，磁場互相抵銷。
- 指南針的北極指向北方，「地球磁鐵」的南極其實在北方。

4.2 電流的磁場

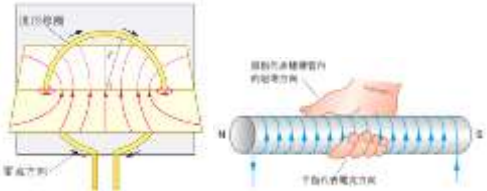
- 圍繞載電流導線的磁力線呈圓形，方向可以應用長直導線的右手握拳定則來斷定。



- 如果某一點與長直導線的垂直距離是 r ，電導線內的電流是 I ，則在這一點的磁場是：

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

- 其中 μ_0 是真空磁導率，量值為 $4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$ 。
- 在載電流扁平線圈的中心，磁力線是筆直的，並與線圈所在的平面垂直；在線圈以外，磁力線呈環形。



- 螺線管的磁場與磁棒的相似，它的極可用螺線管的右手握拳定則來斷定。
- 如果圖形線圈的半徑是 r ，導線內的電流是 I ，那麼線圈中的磁場 $B = \frac{\mu_0 I}{2r}$ 。如果螺線管有 N 匝，長度為 l ，通過的電流是 I ，則螺線管內中心點的磁場 $B = \frac{\mu_0 NI}{l}$ 。

4.3 磁場內的載電流導體

- 位於磁場中的載電流導體會受到磁力影響，磁力、磁場和電流的方向可應用弗林明左手定則來斷定。

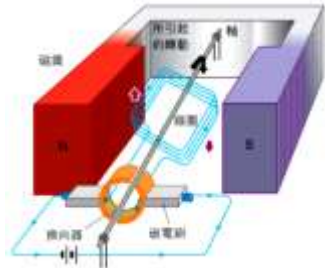


- 如果在磁場 B 內直導線的長度是 l ，電

流與磁場的夾角是 θ ，則作用於導線的磁力是：

$$F = BIl \sin \theta$$

- 在真空中，兩條無限長的幼直平行導線相距 1 米，通過兩者的電流是恆定且大小相等。如果電流在每米導線上產生的作用力是 2×10^{-7} 牛頓，則通過導線的電流為 1 安培。
- 在磁場內的載電流線圈會轉動，這個轉動效應可用以下方法加強：
 - 增強電流
 - 增加線圈的匝數
 - 增大(在磁場中)線圈的面積
 - 增強磁場
- 電動機有一捆矩形線圈，在磁鐵的兩極間自由轉動。電流經碳電刷和換向器(或半環)流進線圈。



4.4 霍耳效應

- 如果導體的粗幼均勻，截面積為 A ，每單位體積有 n 個載荷子，每個載荷子帶電量 Q ，則電流 I 與漂移速度 v 的關係如下：

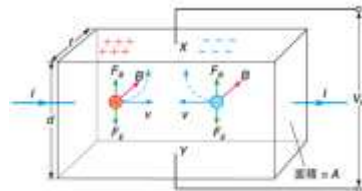
$$I = nAvQ$$

- 在磁場 B 內，如果電荷 Q 的漂移速度為 v ，則作用於這個電荷的磁力是：

$$F = BQv \sin \theta$$

- 如果通過導體的電流是 I ，而電流與磁場 B 互相垂直，在導體兩側便會出現霍耳電壓。

$$\text{霍耳電壓 } V_H = \frac{BI}{nQt}$$



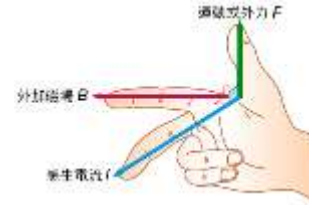
- 其中 n 是導體內每單位體積的載荷子數量， Q 是每個載荷子的電量， t 是導體的磁場。

5 電磁感應

5.1 磁場產生的電流

- 感生電動勢會在以下情況產生：
 - 導線切割磁場
 - 穿過導體的磁場改變
 在閉合電路中，感生電動勢推動電流流動。
- 感生電動勢可以透以下方法增強：
 - 加快移動導線/線圈或磁鐵
 - 改用更強的磁鐵
 - 改用匝數更多的線圈/加長在磁場內導線的長度
- 法拉第電磁感應定律：導體中感生電動勢的大小，與導體切割磁力線或磁場改變的快慢成正比。

- 感生電流的方向可用以下方法斷定：
 - 弗林明右手定則：



- 楞次定律：感生電流流動的方向與磁場的改變相抗衡。
- 磁通量 $\Phi = BA \cos \theta$ ，其中 θ 是磁場與它所通過平面的法線之間的夾角
 - 法拉第定律的數學表達式是：

$$\epsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

5.2 發電機及電磁感應的其他應用

- 發電機利用電磁感應來發電。
- 交流發電機和直流發電機的比較：

交流發電機	直流發電機
<p>匯電環把線圈轉動時所產生的感生電流傳送至線圈外的電路。</p>	<p>每當線圈轉動半周，換向器會改變線圈連接圈外電路的方向。</p>

- 發電機輸出的電流可用以下方法增加：
 - 改用更強的磁鐵
 - 增加線圈的匝數
 - 增加線圈在磁場內圍繞的面積
 - 把線圈繞在軟鐵心上
 - 加快線圈轉動的速率(即較高頻率)
- 探察線圈藉着檢測線圈中感生電動勢的大小，量度變化不定的磁場。
- 變動的磁場會在導體中感生渦電流。

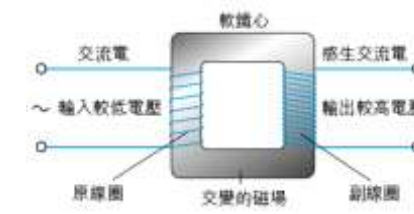
6 輸電

6.1 交流電

- 在相同的電阻器上，如果交流電和穩定的直流電在相同時間內產生的熱效應相同，那麼交流電的有效值便等於直流電的量值。
- 交流電的有效值就是電流的方根值。
- 對於正弦交流電：
- $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ 及 $V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

6.2 變壓器和高壓輸電

- 通過線圈的電流改變時，會使附近線圈產生感生電壓，這效應稱為互感。
- 一個簡單變壓器的結構：



- 變壓器的匝數比 $= \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s}$
- 如果沒有功率損耗， $\frac{I_p}{I_s} = \frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$
- 變壓器可輕易提高或降低電壓，又不會大量損耗功率。

$$\text{效率} = \frac{\text{有用輸出功率}}{\text{總輸入功率}} \times 100\%$$

- 升壓器和降壓器的比較：

升壓器	降壓器
副線圈的匝數較多	副線圈的匝數較少
提高電壓	降低電壓

- 以下因素令實用的變壓器出現功率損耗：
 - 線圈的電阻
 - 軟鐵心的磁化及去磁
 - 鐵心內的渦電流造成的功率損耗。
- 利用疊片的鐵心可減少渦電流造成的功率損耗。
- 發電站產生的電力經變壓器提高電壓，以便遠距離輸送，到達用戶前再降低電壓，可減少電纜內的功率損耗 (I^2R)。

應考心得

1. 電磁與電磁互感

- 弗林明定律：在所有儀器設計中，如果電源(電池)出現，用左手；反之，用右手。
- 緊記楞次定律的意義：「欲拒還迎」定律。法拉第定律： $\epsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{dBA}{dt}$ 。
- 無論磁鐵有多強，如磁場的強度不變(增加或減少)，則沒有感生電流。
- 完整電路可以具有感生電流；不完

Magnetic field strength	B	T	電場強度
$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ or $B = \mu_0 nI$ ($n = \frac{N}{l}$)			
Magnetic force of a charge under B field $F = qvB \sin \theta$	F	N	帶電粒子在磁場中的磁力
Magnetic force of a wire under B field $F = BIl \sin \theta$	F	N	帶電棒在磁場中的磁力
Induced emf $\epsilon = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$	ϵ	V	感生電動勢
Voltage ratio in a transformer $\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$			在變壓器中的電壓比

整電路，則為感生電壓。

- 交流電 AC 是可用來傳輸電力。要注意 AC 的特性。
- 理想變壓器：原功率 = 副功率，否則要用 $P_p \times \eta = P_s$ (或 $V_p I_p \times \eta = V_s I_s$ ， η 為效率；或 $P_p - P_{loss} = P_s$)。
- 電壓取決於線圈比；副電流取決於電器；主電流取決於副電流。
- 在計算在電纜中，傳輸所損耗的功率，一定要用 $P = I^2R$