

第二章 電流與磁現象

§2-1 磁鐵與磁場

一、磁鐵：可以吸引 磁性 材料的物體。

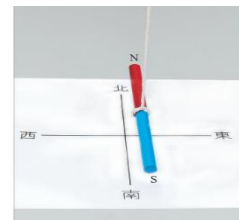
1. 磁性材料：含有 鐵 (Fe)、鈷 (Co)、鎳 (Ni)，可被磁鐵吸引 (磁化) 的物體。

(另外包含：氧化鐵粉：應用於磁碟(條)、錄音(影)帶、黑板表面塗層…)

2. 以細線懸掛條形磁鐵時，會指向南北方。

↳ 含有兩極：磁鐵指向北方的一端稱為 指北 極 (N 極)

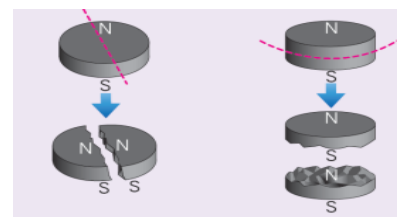
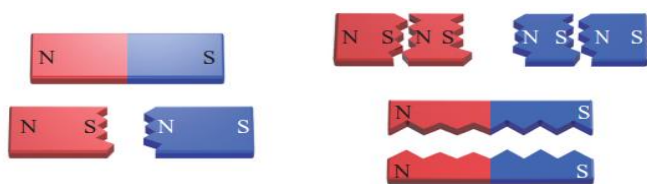
磁鐵指向南方的一端稱為 指南 極 (S 極)



3. 磁極總是 成對 存在。

↳ 若將一磁鐵分割成兩半或數段，每一段均具有 N 極與 S 極。

例：



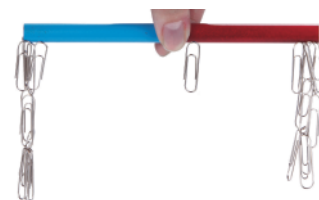
(右圖) 弧狀虛線：切斷 N/S 連線，斷面之間會產生新磁極且互相吸引。

(左圖) 直虛線：剖開 N/S 連線，斷面之間不會產生新磁極且互相排斥。

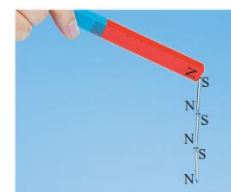
4. 磁力：兩磁鐵 間存在的作用力。

(1) 為超距力

(2) 有排斥力、吸引力。(同 名極相斥、 異 名極相吸)



(3) 兩極的磁性較 強、中間部分磁性較 弱。

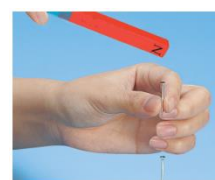


5. 磁鐵受到 切割 或 敲擊、通電、高溫 時，磁性會減弱或消失。

二、磁化：磁性 物質靠近/接觸磁鐵，受感應而 具有磁性 的過程

1. 鐵釘靠近磁鐵時，靠近磁鐵的一端，感應生成 異 名極

而被磁鐵吸住，遠端則生成 同 名極。



2. 磁化程度會因 材料 而不同。2. 若捏住最上端鐵釘，再移開磁鐵，下方鐵釘將逐根掉落

3. 磁鐵的種類：根據 保有磁性的時間 可分為

(1) 暫時磁鐵：易 被磁化的材料，當磁化原因消失後，

也 易 消失磁性。例：鐵釘(粉;線)、熟(軟)鐵。

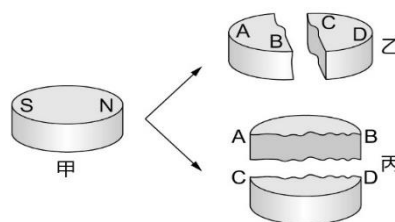
(2) 永久磁鐵：難 被磁化的材料，當磁化原因消失後，也 難 消失磁性，可長期保有磁性，例：鋼。

※磁力、靜電力與萬有引力的比較

磁力	靜電力	萬有引力
兩 <u>磁鐵</u> 間的作用力	兩 <u>帶電體</u> 間的作用力	兩 <u>物體</u> 間的作用力
為 <u>超距力</u> 力	為 <u>超距力</u> 力	為 <u>超距力</u> 力
距離越遠，作用力越 <u>小</u>	距離越遠，作用力越 <u>小</u>	距離越遠，作用力越 <u>小</u>
N、S 磁極 <u>不能</u> 單獨存在	正、負電荷 <u>可以</u> 單獨存在	兩物體 <u>可以</u> 單獨存在
同名極相 <u>斥</u> 、異名極相 <u>吸</u>	同性相 <u>斥</u> 、異性相 <u>吸</u>	只有 <u>吸引力</u> ，沒有 <u>排斥力</u>

馬上演練

1. 軒軒有一磁鐵塊如附圖所示，今她想將其縱切如圖乙或橫切如圖丙，則她應該如何切，才可以使切開的二塊小磁塊再合為一？(標示乙、丙 A~D 之磁極名稱)



(A) 縱切如圖乙

(B) 橫切如圖丙

(C) 不管圖乙或圖丙二者都可

(D) 不管圖乙或圖丙，切開後二小隊塊都不再有磁性，無法吸引合為一塊

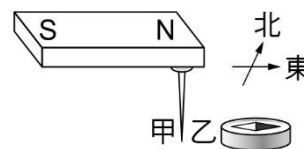
2. 將一鐵釘的上端放置在一塊磁鐵 N 極的下方，並在鐵釘的下端甲處靠近一羅盤，其磁針偏轉情形如附圖所示，乙處則為磁針的左端，下列何者正確？

(A) 鐵釘的甲端磁化成 N 極，磁針的乙端為 S 極

(B) 鐵釘的甲端磁化成 N 極，磁針的乙端為 N 極

(C) 鐵釘的甲端磁化成 S 極，磁針的乙端為 N 極

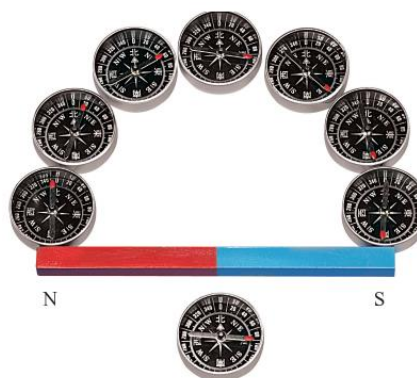
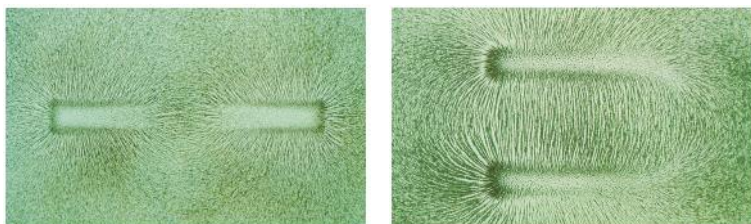
(D) 鐵釘的甲端磁化成 S 極，磁針的乙端為 S 極



三、磁場：磁力 作用的空間。

1. 磁性材料在磁場內會被磁化，而具有 磁 性。

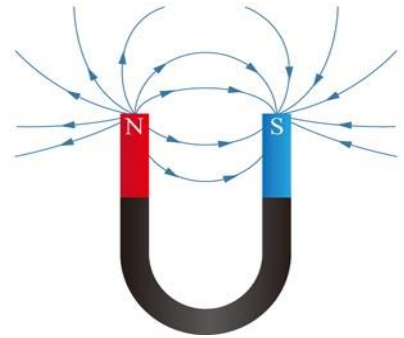
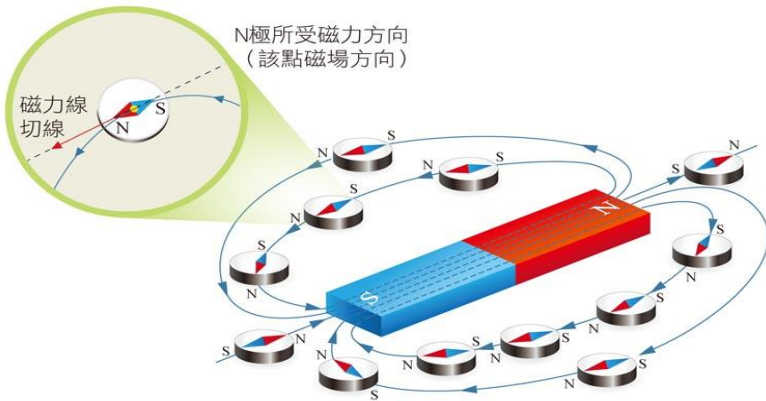
2. 磁針（磁鐵）在磁場內會受到磁力而偏轉。



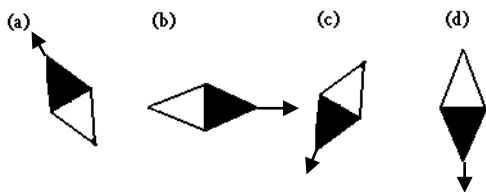
3. 磁場強弱：

- (1) 磁鐵兩極鐵粉最密，顯示該處磁力較大，磁場較強；
離兩磁極愈遠，鐵粉愈疏，顯示磁力愈小，磁場較弱。
- (2) 鐵粉密疏程度可顯示磁場的強弱，但無法顯示出磁場的方向。

4. 磁場方向：磁鐵的 N 極在磁場中所受的磁力方向即為該點的磁場方向。



馬上演練：畫出 abcd 各圖的磁場方向。(如→所示)

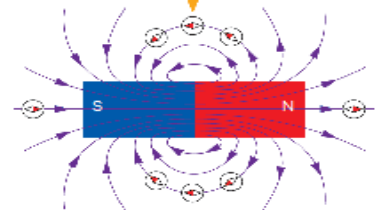
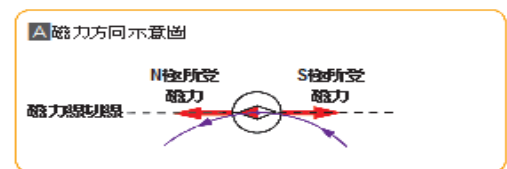
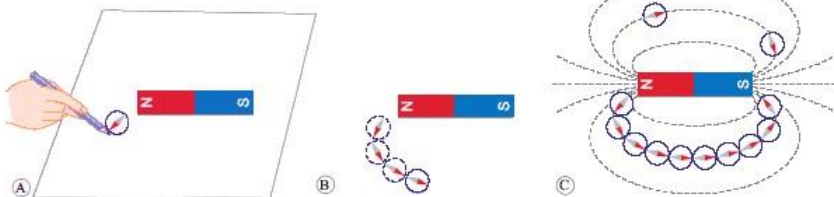


5. 磁力線：

(1) 是一種假想曲線，用來幫助了解磁針在磁場中的受力情形，也是鐵粉受磁鐵吸引時所形成的圖樣

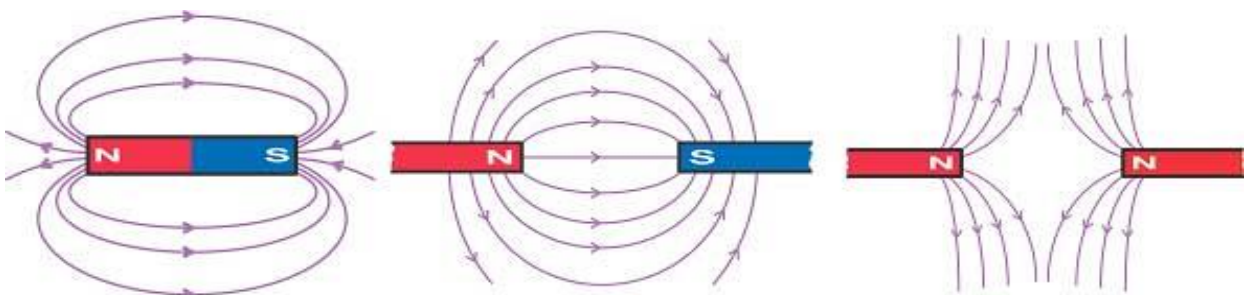
(2) 磁力線的切線方向 = 磁場方向 = 磁針 N 極所受的磁力方向 = 磁針 N 極的指向

- 在磁鐵外：由 N 極到 S 極
- 在磁鐵內：由 S 極到 N 極



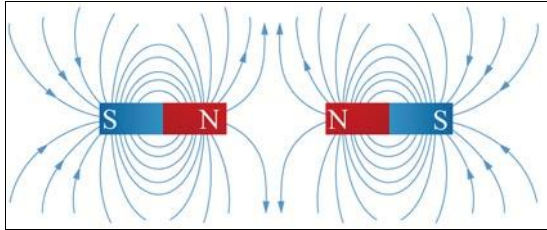
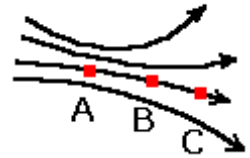
(3) 磁力線的疏密 = 磁場 強弱 (疏 弱 密 強)

例：如右下圖，試判斷磁場強弱：A > B > C

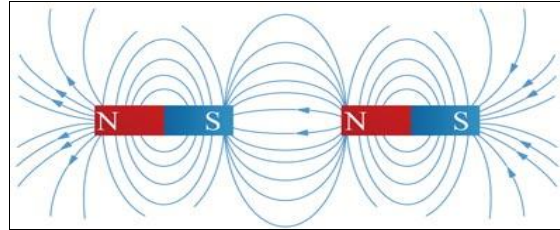


(4) 磁力線的特性：

- 封閉 的平滑曲線
- 磁力線 不會 相交 (同一條磁力線兩端不可能連接兩個同名極)
- 磁力線疏密程度代表 磁場(力) 強弱



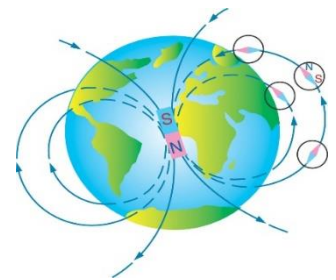
Ⓐ 兩條形磁鐵的同名極相對



Ⓑ 兩條形磁鐵的異名極相對

6. 地磁：地球 周圍存在的磁場

- 受到地磁影響，指南針 N 極指向 地磁北極 方
- 地磁北極與地理北極位置 不 同



實驗：磁鐵與磁力線分佈〈結論〉

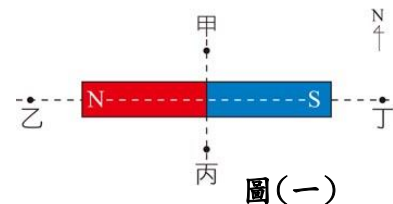
- 在磁鐵的兩極處，鐵粉最 密，表示此處磁場較 強。
離磁鐵的兩極越遠，鐵粉越 疏，表示此處磁場較 弱。
- 條形磁鐵同名極相對與異名極相對的鐵粉排列形狀 不 同。
- 鐵粉僅能顯示磁鐵周圍的磁場 強弱，無法表示磁場 方向。

解題幫手

- 磁力線都是從磁鐵 N 極出發經外部到 S 極，再由 S 極經磁鐵內部回到 N 極，形成封閉的平滑曲線。
- 磁力線 切線 所指方向為磁場方向

馬上演練

1. 如圖(一)，有一根條形磁鐵平放於桌面上，
P 點為周圍空間一點，如圖(二)。請回答下列問題：



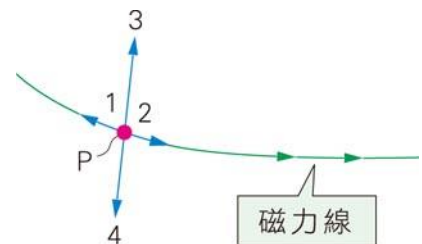
圖(一)

(1) 根據圖(一)，磁鐵棒在甲、乙、丙、丁四個位置造成的磁場方向分別為何？

- 甲向東，乙向西，丙向東，丁向西
- 甲向西，乙向東，丙向西，丁向東
- 甲向西，乙向南，丙向東，丁向北
- 甲向東，乙向北，丙向西，丁向南

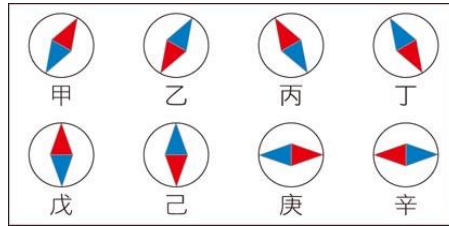
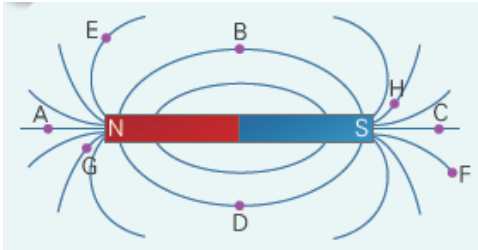
(2) 如圖(二)，圖中磁針 N 極在 P 點的指向為何？

- 1
- 2
- 3
- 4



圖(二)

2. 請為磁鐵周圍 A~H 各點找尋正確的磁針指向 (回答甲~辛)



A: 辛、B: 庚、C: 辛、D: 庚、E: 甲、F: 丙、G: 乙、H: 乙。

3. 參考右圖，細鐵粉在棒形磁鐵周圍會形成特殊的曲線圖樣稱為磁力線。下列敘述何者正確？

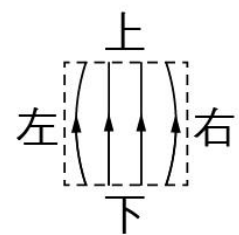
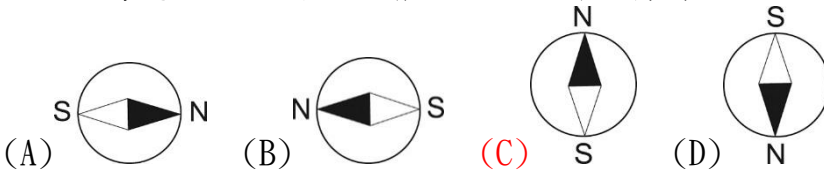


- (A) 距兩極越遠處磁場越強
- (B) 在磁鐵棒的中間部分鐵粉分布最密集
- (C) 鐵粉排列出如圖的曲線主要受到地球磁場的影響
- (D) 磁鐵周圍空間磁力線分布的疏密程度可表示該處磁場的強弱程度。

4. 宇庭與同學在討論磁棒附近某一點磁場方向，宇庭說：「在該點放置羅盤，磁針 N 極所指的方向就是磁場方向」，郁辰說：「在該點撒一些鐵粉，由鐵粉的排列情況就可得知磁場的方向」，千瑞說：「磁場方向都與地磁相同，都指向地磁的北極」，三人所言何者正確？

- (A) 宇庭 (B) 郁辰 (C) 千瑞 (D) 三人所言都正確

5. 附圖中的虛線區域是磁力線分布及磁場方向，若將一小磁針放置在虛線區域內的中央處且不考慮地球磁場的影響，則小磁針偏轉情形，下列何者正確？

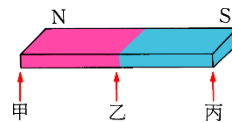


回家作業(所有章節回家作業的解答都是在最後一題下方空白處)

§2-1 磁鐵與磁場

1. 如圖中的磁鐵棒，哪一點的磁性最弱？

- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 以上均相同。



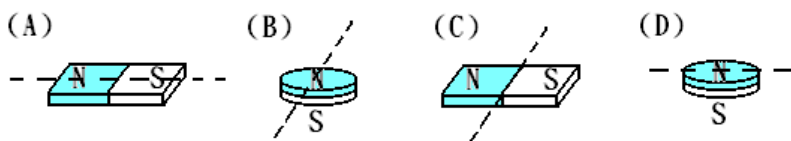
2. 當一磁鐵的 N 極移至鐵釘尖端附近，則鐵釘尖端磁化成：

- (A) N 極 (B) S 極 (C) 不受影響 (D) 視物質性質而定。

3. 冠晴置一玻璃板於兩磁極間： (A) 可以完全隔絕磁力 (B) 並不能隔絕磁力

- (C) 可以改變磁力方向 (D) 可以增強其磁力。

4. 下列磁鐵中，哪一個破裂面可以利用相互間的吸引力，組合成為原來完整的磁鐵？

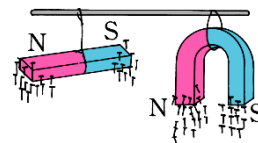


5. 勗辰將一棒形磁鐵截成三段時，下列敘述何者正確？ (A) 三段完全不具磁性

- (B) 只有中間部分是磁鐵 (C) 只有前後兩段是磁鐵 (D) 三段都是磁鐵。

6. 亭瑜將一磁鐵切割成 n 塊，可產生幾個磁極？ (A) 2 (B) n/2 (C) n (D) 2n。

7. 由圖中磁棒和馬蹄形磁鐵吸引鐵釘的情形，回答下列問題：



- (1) 下列何項為最佳的結論？ (A) 磁鐵各部分的磁力都相等

- (B) 磁鐵中段區域的磁力最強 (C) 磁鐵兩端的磁力最強

- (D) 條形磁鐵中央的磁力最強，而馬蹄形磁鐵則兩端的磁力最強。

(2) 根據磁鐵的磁力特性，下列何者是撿拾散落於實驗室桌面的鐵砂的較佳方式？

- (A) 將磁鐵用布包住，然後吸引鐵砂 (B) 直接以磁鐵吸引鐵砂

- (C) 不能用磁鐵吸引，因為磁鐵可能會排斥鐵砂 (D) 等老師來處理。

8. (甲) 身分證 (乙) 悠遊卡 (丙) CD 片 (丁) 存款簿 (戊) 錄音帶 (己) IC 健保卡。

以上六種物品，在靠近或接觸到磁鐵時，可能會損壞其功能的共有幾種？

- (A) 二 (B) 三 (C) 四 (D) 五。

9. 老師給仰哲長短形狀相同，而沒有任何標記在甲、乙兩金屬棒，試回答下列問題：

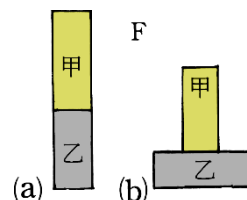
(1) 仰哲發現甲、乙兩金屬棒僅能做互相吸引，但不能互相排斥。由此實驗可知，甲、乙兩金屬棒的性質為何？ (A) 皆為磁棒 (B) 皆為軟鐵棒

- (C) 有一條是磁棒，一條是軟鐵棒 (D) 無法判斷

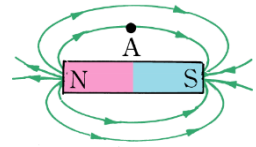
(2) 承上題，仰哲將二棒做成如圖(a)的形狀時，可互相吸住而不脫落，但如(b)形式時，則不能相吸而脫落。由此實驗可知：

- (A) 甲為軟鐵棒，乙為磁棒 (B) 乙為軟鐵棒，甲為磁棒 (C) 甲、乙皆為磁棒

- (D) 甲、乙皆為軟鐵棒。

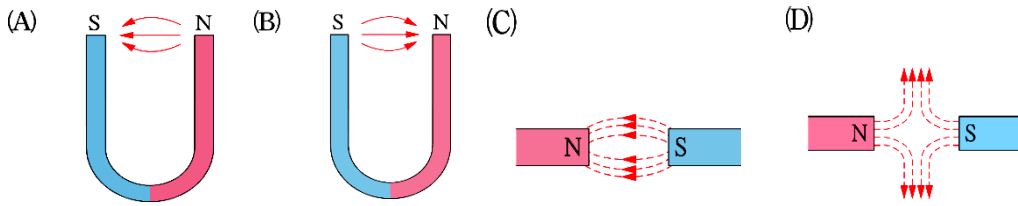


10. 右下圖所示為一磁鐵的磁力線，若一小磁針放在 A 點，則其 N 極應指向：

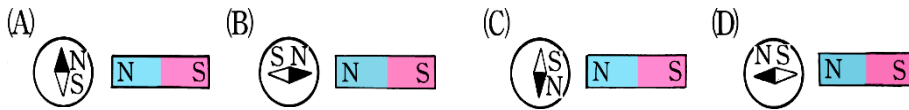


- (A) ↑ (B) → (C) ↓ (D) ←。

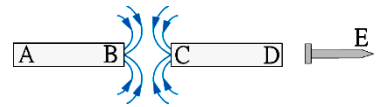
11. 下圖中磁鐵兩磁極間的磁力線何者正確？



12. 下列哪一圖是正確的？



13. 薰丰將一支鐵釘放在二支條形磁鐵附近，A、B 與 C、D 分別為兩磁鐵的磁極，箭頭表示磁力線的方向，如右圖所示。若於此情況下，鐵釘的 E 端會吸引指南針的 S 極，則下列敘述何者正確？



- (A) A 端為 N 極、C 端為 N 極 (B) B 端為 N 極、C 端為 N 極
(C) A 端為 S 極、D 端為 N 極 (D) B 端為 S 極、D 端為 N 極。

14. 下列關於磁場的敘述何者正確？

- (A) 鋁在磁場中會被磁化
(B) 在磁場內同一點，N 極所受磁力的方向和 S 極所受磁力的方向相同
(C) 一條形磁鐵折成兩段之後，仍只有一個 S 極、一個 N 極
(D) 羅盤針的 N 極指向地球北極附近。

15. 在地球內部假設有一棒形磁鐵，則該棒形磁鐵的 N 極最接近下列何處？

- (A) 地理北極 (B) 地理南極 (C) 地磁北極 (D) 地磁南極。

16. 奕萱將一鐵塊置於磁場中，磁力線由其左端進入，右端出去，則鐵塊哪一端被磁化成 N 極？

- (A) 鐵塊左端 (B) 鐵塊右端 (C) 鐵塊上端 (D) 鐵塊下端。

17. 下列關於磁場敘述何者錯誤？

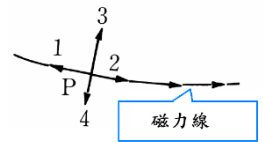
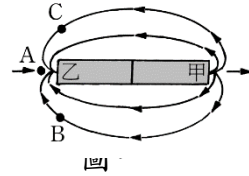
- (A) 目前科學家尚未發現到磁鐵的 N 極或 S 極單獨存在的證據
(B) 當溫度升高時，磁鐵的磁性強度減弱
(C) 所有的金屬材料都可以磁化
(D) 磁力線是一條條封閉的曲線。

18. 「立萱在一支大試管內裝入約九分滿的鐵粉，並將鐵粉磁化，它可吸住迴紋針；再將試管大力搖晃後，則無法再吸住迴紋針。」有關此實驗的敘述，下列何者錯誤？

- (A) 鐵粉屬於軟磁鐵 (B) 鐵粉容易磁化，也容易消去磁性
(C) 搖晃或敲擊試管容易使鐵粉磁性消失 (D) 以鐵粉製成的磁鐵四週無磁力線存在。

19. 右圖一為磁鐵磁力線的簡圖，試回答下列問題：

- (1) 磁鐵的甲端為何極？ (A) N 極 (B) S 極
(C) N, S 極皆有可能 (D) 無法判定。

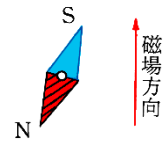


圖二

- (2) A、B 二點中何點磁場強度較大？
(A) A 點 (B) B 點 (C) A 或 B 點皆有可能 (D) 無法判定。
(3) B 點的磁場方向下列何者較可能？ (A) → (B) ← (C) ↙ (D) ↘。
(4) 磁鐵內部磁力線方向為？ (A) → (B) ← (C) 無特定方向 (D) 沒有磁力線。
(5) 設磁場中通過 P 點的磁力線如上圖(二)所示，則 P 點處的磁針，N 極的指向為？ (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4。
(6) 承(5)，在 P 點處的磁針，S 極指向為何？(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4。

20. 附圖是磁針置於磁場中，磁力線的方向如圖中所示，設地球的磁場可略而不計；試回答下列問題：

- (1) 磁針 N 極所受磁力的方向為： (A) ↑ (B) ↓ (C) → (D) ←。
(2) 磁針 S 極所受磁力的方向為： (A) ↑ (B) ↓ (C) → (D) ←
(3) 磁針如何轉動？ (A) 不轉動 (B) 順時鐘轉動 (C) 逆時鐘轉動。



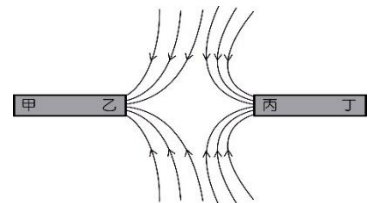
21. 有兩個磁鐵排列如右圖所示，已知甲、乙、丙、丁四個位置的磁場強度不同，試問何處的磁場最強？

- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 丁。

22. 若在一根條形磁鐵附近平行放置一根與磁鐵形狀完全相同的棒狀物體 XY 後，其周圍磁力線的分佈情況如圖甲所示。將 XY 兩端對調以後，磁力線分佈未發生改變，如圖乙所示。則棒狀物體 XY 可能是：(A) 軟鐵棒 (B) 銅棒 (C) 條形磁鐵，其中 X 端為 N 極 (D) 條形磁鐵，其中 Y 端為 N 極。

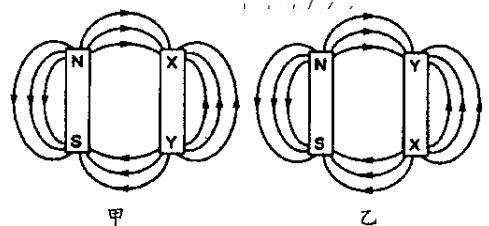
23. 右圖為兩根磁棒間的磁力線圖，則下列哪些磁性端代表 N 極？

- (A) 甲、丙 (B) 甲、丁 (C) 乙、丙 (D) 乙、丁

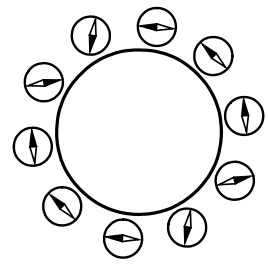
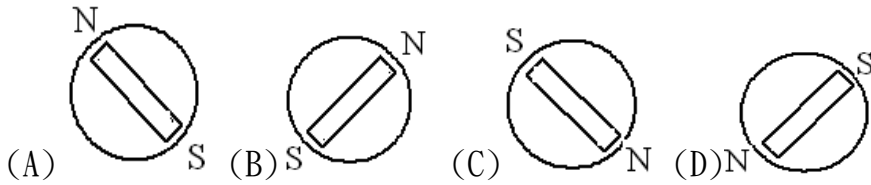


24. 有一種高速列車是運用「磁力互相排斥使列車懸浮於軌道上」，以降低在行進時列車所受到的某種力。上述的某種力最主要是下列何者？

- (A) 列車所受的空氣阻力 (B) 列車所受的空氣浮力
(C) 列車與軌道之間的摩擦力 (D) 列車與軌道之間的萬有引力



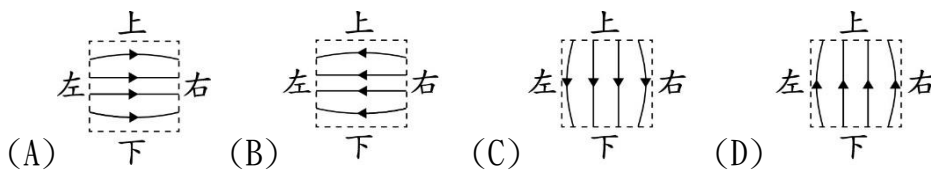
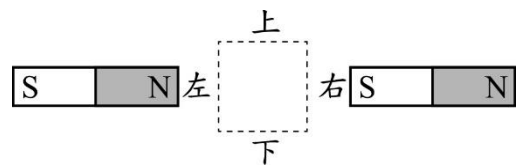
25. 育銓在一個圓紙盒裏藏放著一個條形的磁鐵，在盒子周圍放置一些小磁針（小磁針塗黑端為 N 極），這些小磁針靜止時的指向如右圖所示；則盒中條形磁鐵放置情況應該是：



26. 有關磁力線與磁場的敘述，下列何者正確？(100 基測)

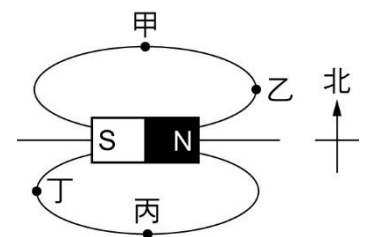
- (A) 磁力線的疏密分布與磁場強度無關
- (B) 磁力線越稀疏的地方磁場強度越強
- (C) 若要觀察磁鐵兩極附近某一點的磁場方向，可觀察鐵粉灑在磁鐵兩極附近所形成的圖形來判斷
- (D) 若要觀察磁鐵兩極附近某一點的磁場方向，可將指南針擺放在此點，觀察磁針 N 極指向來判斷

27. 若將兩根相同的條形磁鐵靜止擺放如附圖所示，則圖中虛線區域中磁力線分布及磁場方向，下列何者最合理？(107)



28. 將一根長條形磁鐵放置在水平桌面上，在磁鐵周圍分布的磁力線示意圖如附圖所示。今在水平桌面上甲、乙、丙、丁四點各放置一個磁針，若地球磁場的影響忽略不計，則關於磁針 N 極的指向，下列何者錯誤？(102)

- (A) 甲：向西
- (B) 乙：向北
- (C) 丙：向西
- (D) 丁：向南



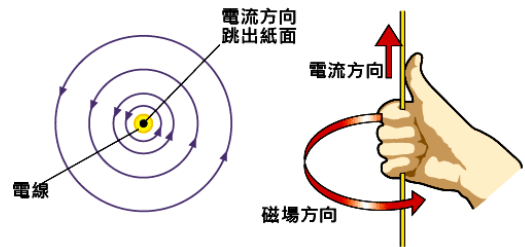
Ans: BBBCD-D(CA)⁷A(CA)⁹B¹⁰-ADDD¹⁵-
BCD¹⁸(AACABA)¹⁹(ABB)²⁰-AABC²⁴C²⁵-DAD²⁸

§2-2 電流的磁效應(有些非磁性物質可以產生&改變磁場…)

一、載流長直導線周圍的磁場

1. 電流的磁效應：任何金屬導線，通以電流，周圍必會產生一 磁場。
2. 歷史：
 - (1) 丹麥科學家 厄司特 發現電流流經金屬導線時，會使周圍磁針發生偏轉。
 - (2) 安培 提出安培定律，說明磁場、電流大小、距離三者的關係。
3. 磁場的強弱：安培 定律
電流所產生磁場強度和電流強度成 正 比，且與導線距離成 正 比。

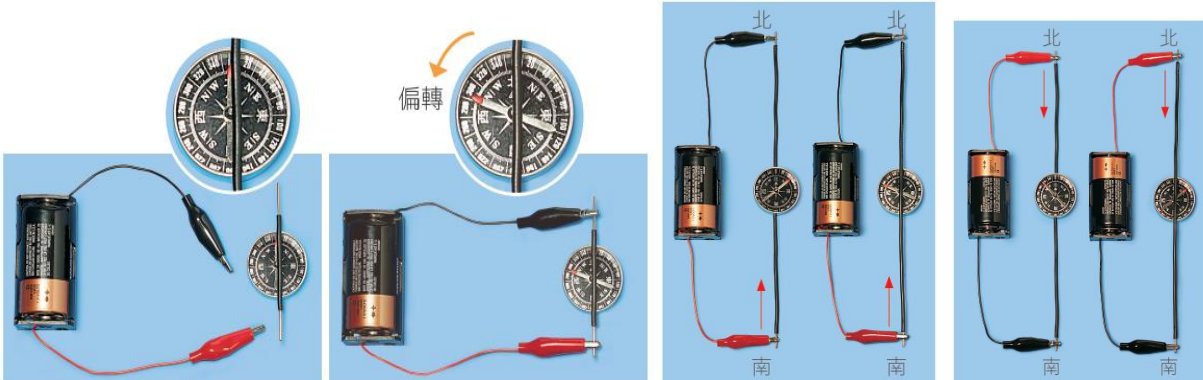
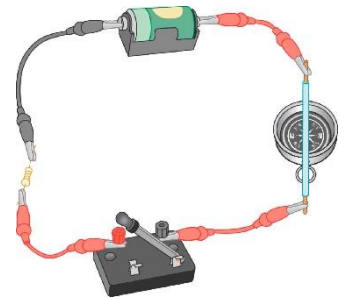
4. 磁場的方向：安培右手 定則。
 - (1) 大姆指：電流 方向
 - (2) 四指：磁場 方向
 - (3) 電流和磁場方向互相 垂直。



實驗：載流直導線周圍的磁場 (exp13-1)

(甲) 水平載流導線周圍的磁場

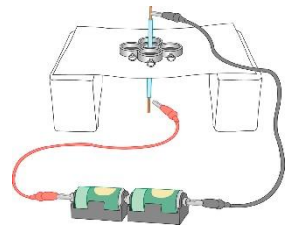
1. 磁針放在桌面上，將導線、開關、電池按圖排好。
2. 將一段 **導線放在磁針的正上方**，調整導線使其與磁針所指方向相同（即南北向）。
3. 使導線 **電流由南向北**，則磁針 N 極向 西 偏，若逐漸增加電池的個數，即增加電流的大小，則磁針偏轉的角度 增加
(因為地磁的存在, 實驗甲所有偏轉角度 < 90°)。
4. **改把磁針放在導線的上方** (2&4 導線與磁針位置相反)，磁針 N 極向 東 偏。
5. 把磁針垂直提離導線，漸漸地 **增加距離**，觀察磁針偏轉的角度變化？ 變小 (安培定律)
6. **改變電流方向**，重複步驟 3~5，觀察磁針偏轉方向是否隨之改變？ 是



Ⓐ 未通電前，磁針指向南北方。 Ⓑ 通電後，磁針發生偏轉。

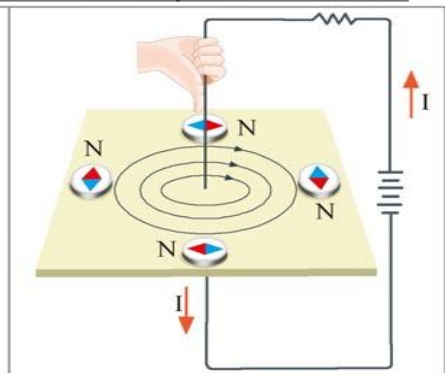
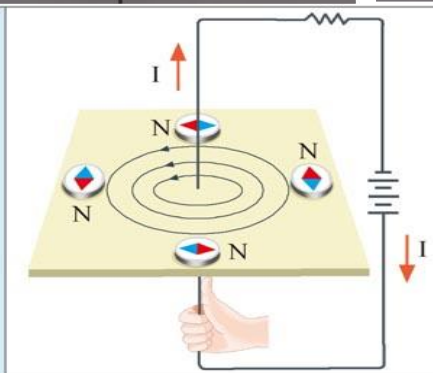
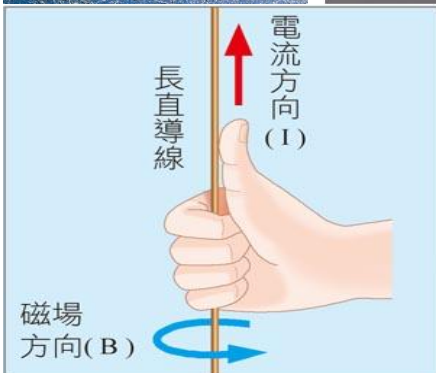
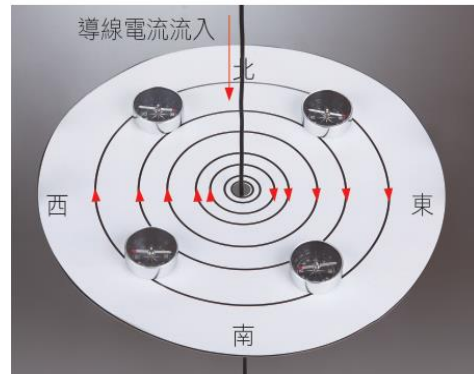
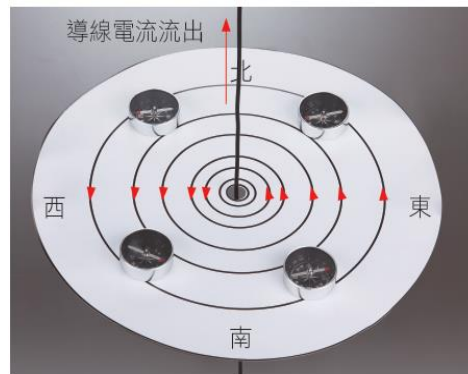
(乙) 鉛直載流導線周圍的磁場

1. 在白紙上挖一個直徑約 0.5 公分的洞。
2. 將硬紙板固定，離桌面 15 公分。按右圖裝置好。



接上電源供應器。

3. 放 4 個**磁針**在周圍，**距離銅線 2 公分**。
4. 接通電源，調整電流約 2 安培，觀察磁針是否產生偏轉？是
5. **增加電流**到 5 安培，觀察磁針偏轉角度有何變化？偏轉角度增加
6. 移動磁針，使**磁針距離銅線約 10 公分**，重複步驟 4~5，觀察磁針偏轉角度如何變化？偏轉角度減少 (**安培定律**)
7. 若將**磁針往上提**離約 10 公分，磁針偏轉角度如何？**角度不變**
(**磁針與導線距離不變**)
8. **改變電流方向**，重複步驟 4~5，觀察磁針偏轉方向是否隨之改變？是



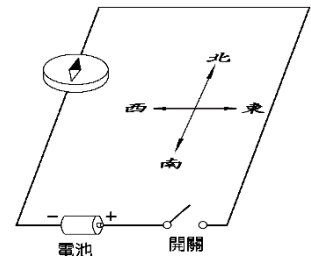
【實驗討論】

1. 磁針放在通有電流的導線上方或下方時，磁針 N 極的偏轉方向與電流方向，有什麼關係？由右手定則：電流產生的磁場(力線)在導線上/下方的切線方向=磁針 N 極偏轉方向
2. 放在通有電流導線周圍 4 個磁針，磁針 N 極的偏轉方向是否相同？否(為何?)
3. 磁針偏轉的角度大小，和導線上電流的大小，有什麼關係？
電流愈大，偏轉角度愈大，是否成正比？否 (**實驗甲、乙都是如此**)
4. 觀察磁針偏轉的角度大小和磁針與導線的距離發現：距離愈大，偏轉角度愈小，是否成反比？否。 (**實驗甲、乙都是如此，因為偏轉角度有限制**)
5. 磁針偏轉的角度越大，代表什麼意義？電流磁效應愈強。

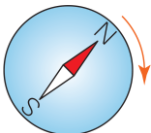

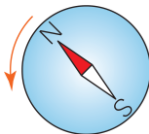
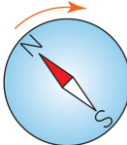
馬上演練

1. 如右圖，祐嘉將磁針置於左邊導線的正上方，電流接通後，試回答下列問題：

- (1) 磁針 N 極會向哪一方向偏轉？
 (A) 西 (B) 東 (C) 不偏轉 (D) 不一定
- (2) 將磁針改放在原處導線的正下方，
 磁針 N 極會向哪一方向偏轉？
 (A) 西 (B) 東 (C) 不偏轉 (D) 不一定

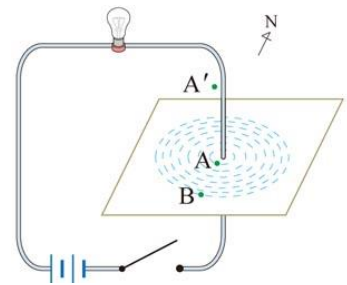


2. 一磁針置於桌面上，其正上方放置一條南北方向的長直導線，如右圖。當導線通以由南向北的電流後，則磁針會偏轉至某一方向而停止。若此時再將導線緩慢向上抬高，使其遠離磁針，則在導線抬高過程中，磁針又會如何偏轉？

- (A)  (B)  (C)  (D) 

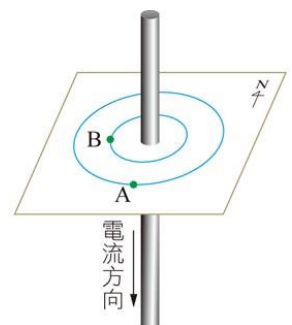
3. 導線垂直穿過紙面，紙面撒一層薄薄鐵粉，如右圖呈現，請回答下列問題：

- (1) 通電後，當導線電流變大時，鐵粉圖形變化為何？
 (A) 散亂 (B) 變得更清晰
 (C) 變得疏鬆 (D) 不改變
- (2) 若改放磁針，當導線電流變大時，A 點位置的磁針偏轉角度有何變化？
 (A) 不變 (B) 變大 (C) 變小 (D) 無法確定
- (3) 電流固定，觀察 A、B 兩點上磁針的偏轉角度，何者較大？
 (A) A (B) B (C) 相等 (D) 無法確定
- (4) 電流固定，若將 A 點位置的磁針往上鉛直提離紙板到 A' 位置，觀察磁針 N 極偏轉角度的變化？
 (A) 偏轉角度變大 (B) 偏轉角度變小 (C) 偏轉角度不變

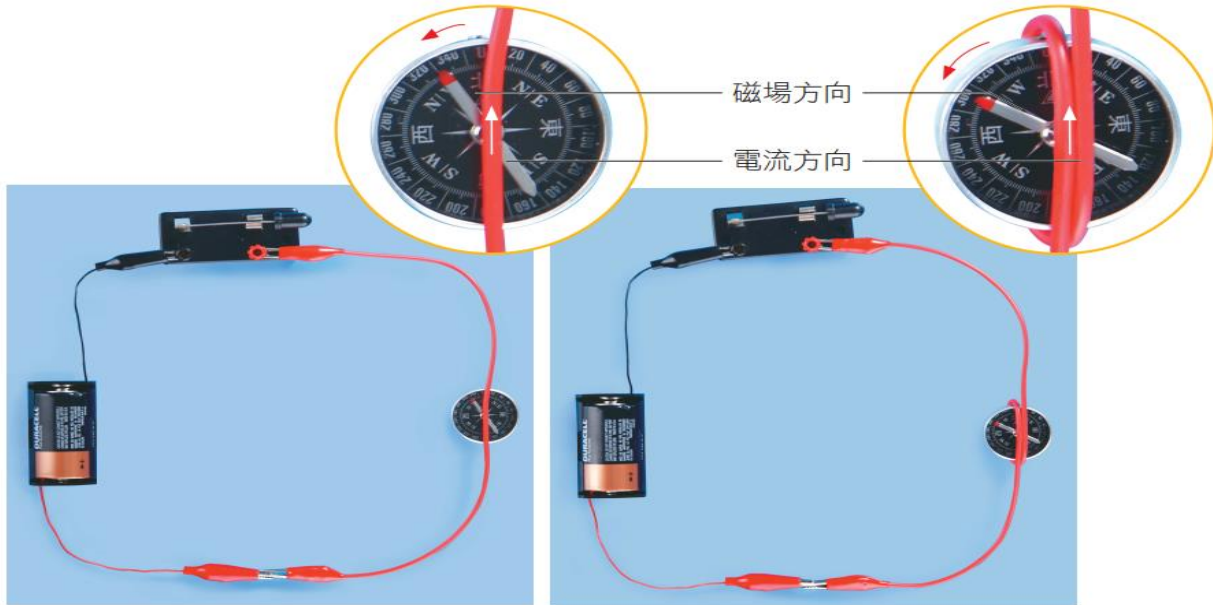


4. 如右圖，通有電流的導線垂直穿過直立的紙板，已知紙板上 A 點至導線距離為 B 點至導線距離的 2 倍，則下列敘述何者錯誤？

- (不考慮地磁)
- (A) A、B 點都有因電流而產生的磁場
 (B) A 點磁場大小為 B 點磁場大小的 0.5 倍
 (C) B 點上磁場的方向為北方
 (D) 若當電流增為原來 2 倍時，B 點磁場大小將變成原來的 4 倍



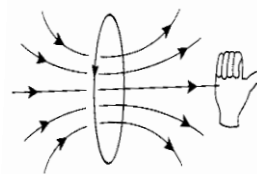
二、載流螺線管產生的磁場(安培右手定則有兩種,根據電流的方向決定磁場方向!)



Ⓐ 載流直導線使磁針偏

Ⓑ 載流直導線纏繞磁針，磁針偏轉的角度變大。

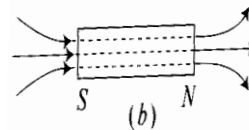
1. 磁場的方向：安培右手定則定則。
 四指：(線圈中)電流方向
 大拇指(手指指示方向)：磁場方向



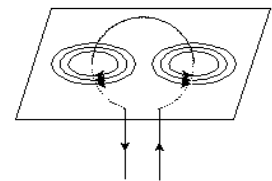
(a)



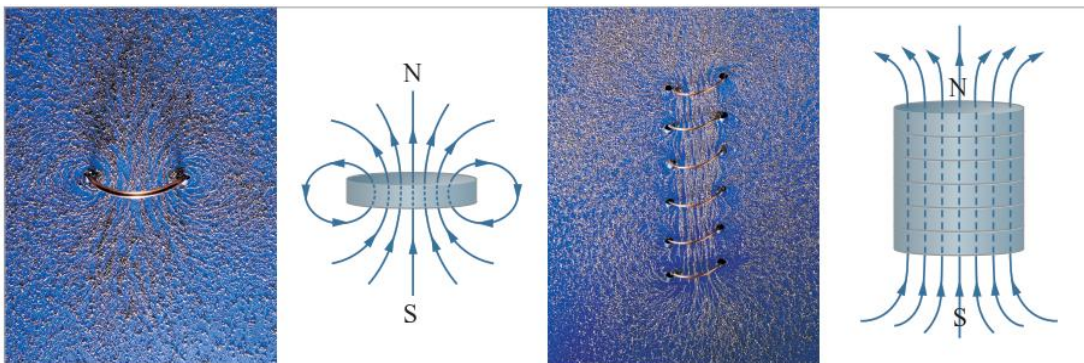
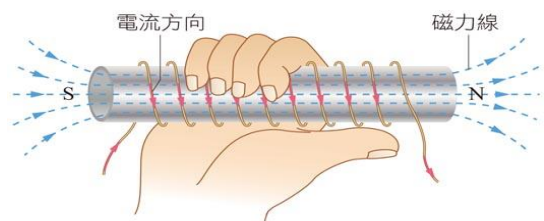
2. 單匝圓形線圈內磁場的大小
 磁場強度和電流強度成正比。
 線圈內磁場強度比線圈外強度強。



(b)



3. 多匝線圈(螺線管)內磁場的大小：
 (1) 磁場強度和電流強度成正比。
 (2) 和單位長度的匝數成正比。
 (3) 線圈內磁場強度比線圈外強度強。



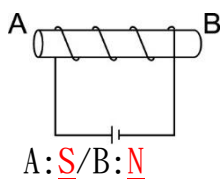
Ⓐ 圓環狀導線產生的磁場。

Ⓑ 螺旋形導線產生的磁場。

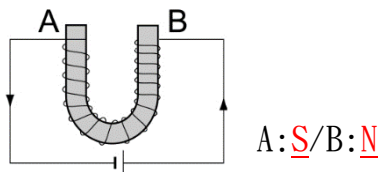
馬上演練

1. 試斷出軟鐵棒兩端 A、B 的磁性。

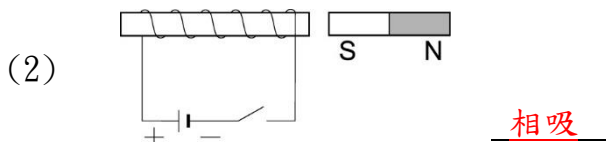
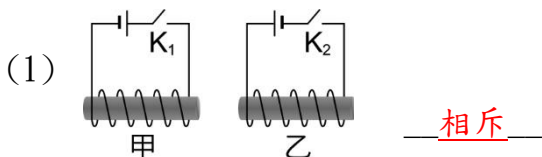
(1)



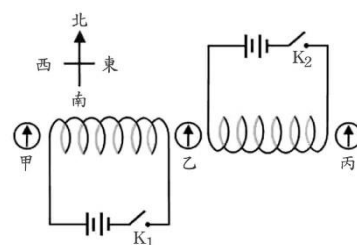
(2)



2. 按下開關，試判斷出此二軟鐵棒為相吸或相斥？



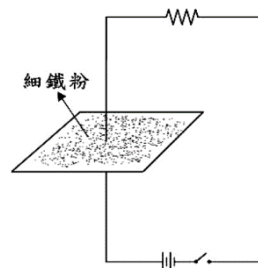
3. 祐寬將兩個完全相同的線圈放在桌面上，另有甲、乙、丙三羅盤，乙羅盤在兩線圈的正中間，如圖。當開關 K_1 、 K_2 按下接通電流後，下列何者正確？



- (A) 甲羅盤磁針的 N 極向東偏轉
- (B) 乙羅盤磁針的 N 極向西偏轉
- (C) 丙羅盤磁針的 N 極向東偏轉
- (D) 乙羅盤所在位置的磁場最強

4. 如圖所示，導線垂直穿過撒有細鐵粉的厚紙板。當祐成按下開關形成通路時，輕敲厚紙板，則厚紙板上鐵粉分布的圖樣最可能為下列何者？(100 基)

- (A) (B) (C) (D)



探索活動：螺線管的磁效應

【實驗器材】

漆包線約 150cm、導線、電池與電池座、鐵釘、竹筷、羅盤、迴紋針、筆桿

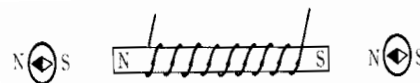
【實驗步驟】

1. 將漆包線繞原子筆桿約 20 圈，如圖



2. 在線圈兩旁各放一個羅盤，接通電流。磁針是否偏轉？ 是。

3. 試判斷線圈的 N 極、S 極。

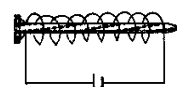


4. 電流反向，線圈的 N 極、S 極是否反向？ 是

5. 將不具磁性的鐵釘放入線圈內，看看鐵釘是否能吸引更多的迴紋針？ 是。

若切斷電源，再試試此時鐵釘是否能吸引迴紋針？ 否

6. 插入導電性較佳的銅棒可吸引較多鐵釘嗎？ 否



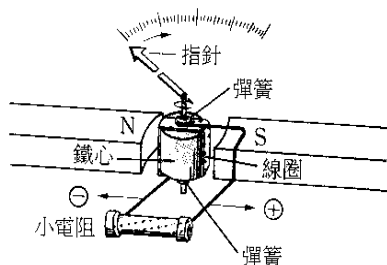
三、電磁鐵：(軟磁鐵/暫時磁鐵)

1. 電磁鐵的性質：

- ↓
- (1) 電磁鐵：利用 電流磁效應，使 軟鐵 具有磁性的裝置。
 - (2) 將軟鐵棒插入螺線形線圈內部，通入電流，線圈內部的磁場使軟鐵棒暫時磁化，但電流切斷時，線圈及軟鐵棒的磁性隨即消失。
 - (3) 軟鐵棒磁化後產生的磁場，加上原有電磁鐵藉電流增大而增加磁場強度，使得 總磁場強度遠大於天然磁鐵。
 - (4) 增加電磁鐵強度的方法：
 - a. 增加螺線管線圈的 圈數。
 - b. 增強通過線圈的 電流。
 - c. 在螺線管線圈內插入 更多軟鐵棒。

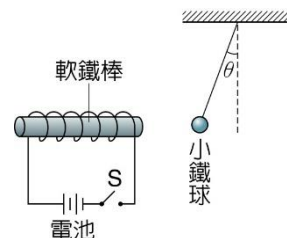
2. 電磁鐵的應用：

- (1) 起重機：通有大電流，可以吊運鋼板、汽車。切斷電流，鋼板、汽車即脫離。
- (2) 安培計、伏特計 (或 G) 也有電磁鐵，當電流越大，線圈產生的磁場也越 強，與線圈旁的 (永久) 磁鐵 排斥力 也越大，故指針偏轉角度也越 大。(排斥力與偏轉角度不成正比)

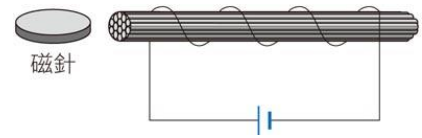


馬上演練

1. 筌筌在一螺線形線圈中放入軟鐵棒，按下開關 S 接通電流後，吸引繫在繩上自由垂下的小鐵球，使它偏離 θ 角，如圖所示。下列何者 無法 使 θ 角變大？
 - (A) 讓通電的線圈及軟鐵棒的位置更接近小鐵球
 - (B) 將現有的兩個電池正負極同時反向連接
 - (C) 再多加兩個同向串聯的相同電池
 - (D) 將線圈繞得更緊密、更多圈

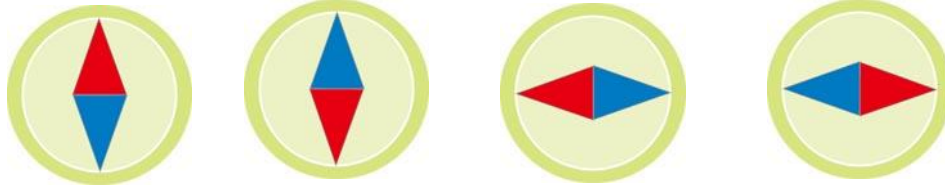


2. 螺線管中放入軟鐵棒，通以電流，在左側放置一磁針（如右圖）。請回答下列問題：



(1) 下列選項中磁針的指向，哪一個正確？

(A) (B) (C) (D)

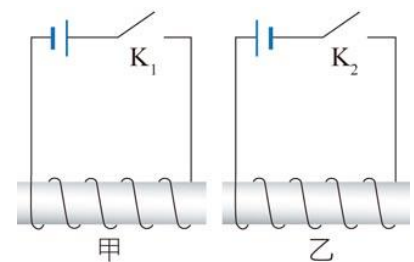


(2) 線圈中心的磁場方向為何？

(A) \rightarrow (B) \leftarrow (C) \uparrow (D) \downarrow

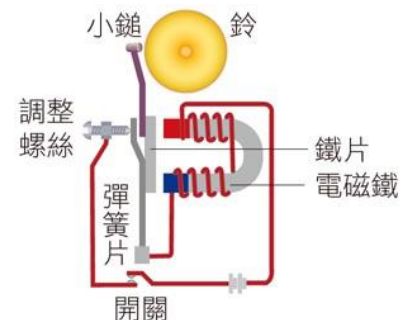
3. 如右圖， K_1 、 K_2 閉合一段時間後，甲、乙兩螺線管間的作用是：

(A) 互相排斥 (B) 互相吸引
(C) 無作用力 (D) 不能確定



1. 右圖為電鈴內部電路示意圖。為何電鈴通電後，可以持續發出「鈴～鈴～鈴～」的聲音？

- (1) 通電時軟磁鐵產生磁力，克服彈簧彈力吸引鐵片，鐵片帶動小錘敲鈴。
- (2) 承(1)鐵片動小錘敲鈴瞬間，電路形成斷路，電磁鐵磁力消失。彈簧彈力將鐵片及小錘拉回原來位置，鈴聲消失。
- (3) 承(1)(2)/(1)(2)……。持續作用而發出「鈴～鈴～鈴～」的聲音。



四、電動機

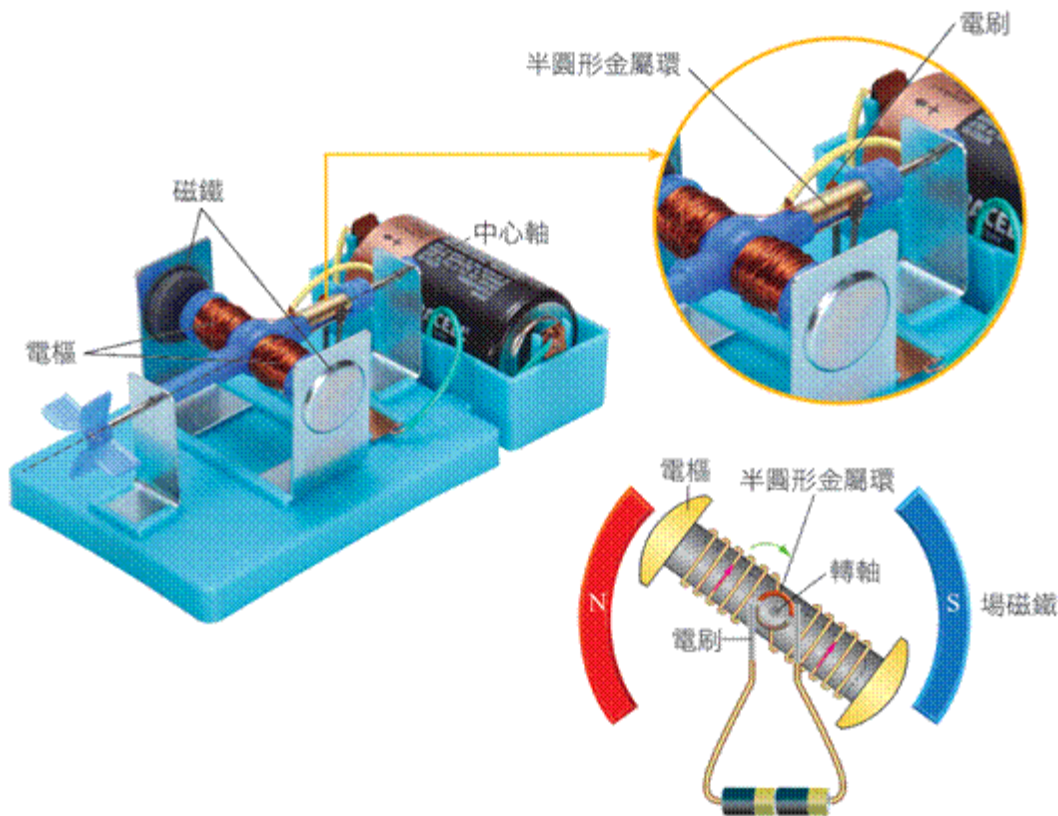
1. 定義：將 電 能轉換成 動 能的機械，稱為電動機，俗稱 馬達。
2. 生活應用：電風扇、吹風機、吸塵器、抽水機、洗衣機等。**(必包含轉動裝置)**
3. 原理：利用 電流磁效應 原理。
4. 構造：主要有四個部分。

(1) 場磁鐵：用以產生 磁場 的永久磁鐵。

(2) 電樞：繞有線圈的鐵芯，通電後具有磁性，和場磁鐵相互 排斥 而轉動。

(3) 集電環：線圈兩端分別接兩個 半圓形金屬環，可隨轉軸或線圈轉動，主要用以改變 電流 輸入方向。**(每轉動 180° ，電流方向就會相反)**

(4) 電刷：與集電環接觸的金屬片**(或石墨棒)**，設置在固定的位置不隨轉軸或線圈轉動，為電流輸入、輸出的接點。

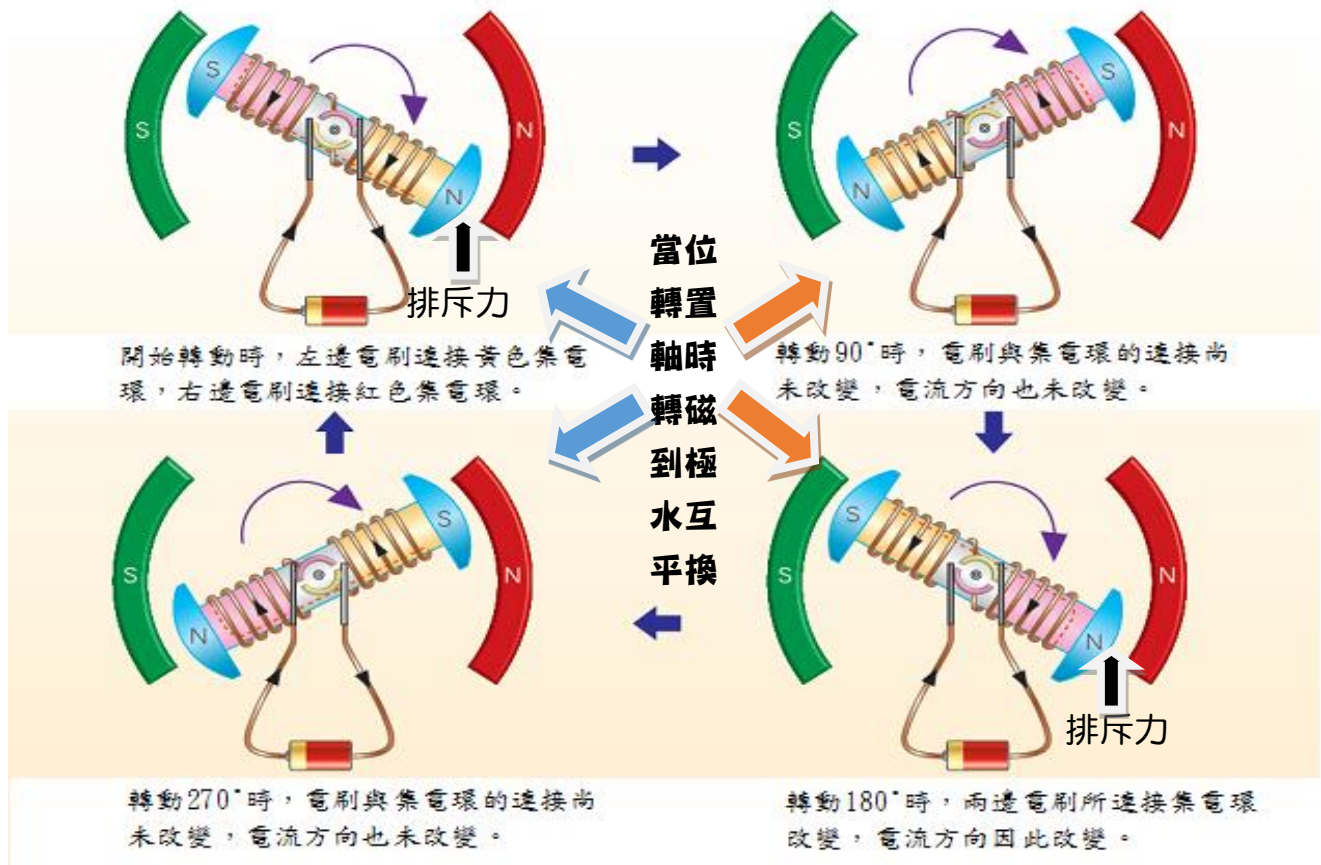


※影響馬達轉動快慢的因素(與下列因素均成正比)

(1) 電流 (2) 電樞中線圈圈數 (3) 場磁鐵磁力

5. 轉動原理：

直流電動機示意圖(一)



※轉軸上的半圓形集電環能使線圈每轉半圈後，改變由電刷輸入線圈的電流方向一次。

馬上演練

1. 馬達的轉動是利用哪一種效應？

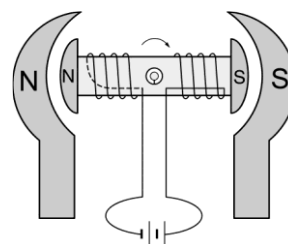
- (A) 電流的熱效應 (B) 電流的磁效應 (C) 電流的化學效應 (D) 靜電感應。

2. 在馬達的結構中，何者不會隨著轉軸轉動？

- (A) 線圈 (B) 鐵芯 (C) 集電環 (D) 電刷。

3. 如附圖，有固定轉軸的線圈，其兩端的引線直接和電源連接，通電後，其轉動的情形為何？

- (A) 完全靜止不動 (B) 轉動 1/4 圈後即停止
(C) 轉動 1/2 圈即停止 (D) 不停地轉動。

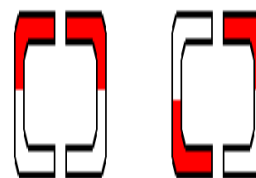


4. 馬達的設計中，線圈轉動了 90 度之後集電環和電刷並沒有接觸，那麼線圈為什麼會繼續轉動呢？

- (A) 受到磁場方向影響 (B) 線圈還有殘留的電流
(C) 受到運動慣性影響 (D) 受到重力影響。

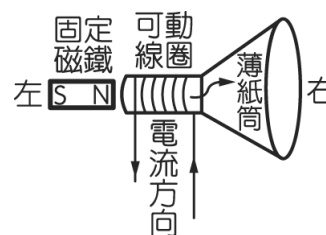
5. 附圖為直流馬達的裝置圖，下列哪種方法無法使此馬達轉速加快？

- (A) 加大電流 (B) 增加線圈的圈數
(C) 將永久磁鐵的 N 極與 S 極互調 (D) 改用磁性更強的永久磁鐵。



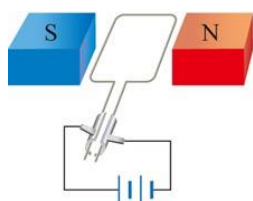
6. 如圖為喇叭示意圖，線圈緊繞在薄紙筒上，其中磁鐵固定不動，若在線圈上通以電流，試問線圈如何運動？

- (A) 向左 (B) 向右 (C) 左右來回振動 (D) 不動。

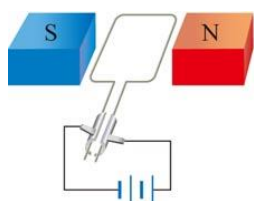


以下已刪

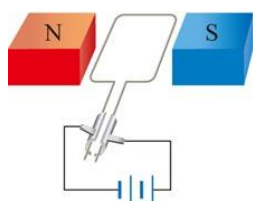
7. 下列甲、乙、丙、丁四個直流電動機中，哪些的電樞會沿順時鐘方向轉動



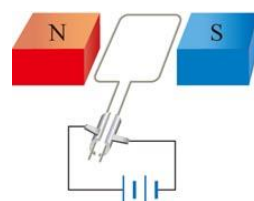
甲



乙



丙



丁

- (A) 甲乙 (B) 乙丙 (C) 甲丙 (D) 乙丁

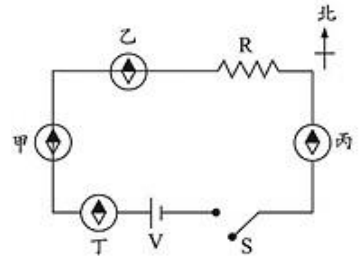
§2-2 電流的磁效應

1. 一長直導線上有電流通過時，其周圍會有磁場產生，下列敘述何者正確？
 (A) 磁力線的形狀為封閉的同心圓 (B) 磁場方向與電流方向平行
 (C) 磁場強度大小和導線上電流大小成反比 (D) 磁場強度大小和導線間的距離成正比

2. 電阻 R 串接固定電壓為 V 的電池，電路裝置如圖所示。

例萱將甲、乙兩磁針置於導線下，丙、丁兩磁針置於導線上，且甲、丙兩處的導線沿南北向水平放置，乙、丁兩處的導線沿東西向水平放置。若按下開關 S 接通電流後，則下列哪些磁針最可能會在水平面上偏轉？ (97 基測)

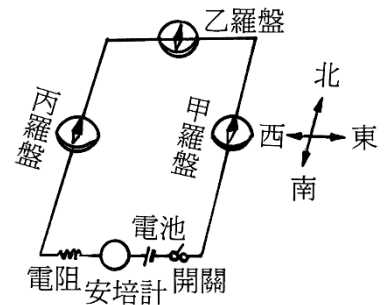
- (A) 甲、乙 (B) 丙、丁 (C) 甲、丙 (D) 乙、丁



3. 附圖是電流磁效應的實驗裝置，試回答下列問題：

- (1) 甲、丙兩羅盤均放在導線正上方，乙羅盤放在導線正下方。當開關接通後，各羅盤磁針偏轉的情形是：

- (A) 甲羅盤順時針方向偏轉 (B) 乙羅盤逆時針方向偏轉
 (C) 乙羅盤順時針方向偏轉 (D) 丙羅盤順時針方向偏轉。



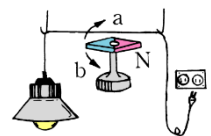
- (2) 改變圖中導線匝數，雖然匝數一直增加，但是甲磁針 N 極偏轉的角度最多不會超過幾度？

- (A) 180° (B) 120° (C) 90° (D) 60° 。

4. 在南北向置放的導線下方放一磁針，若筑因由導線上方看到磁針依順時針方向偏轉，即可推測導線中電子流方向為：

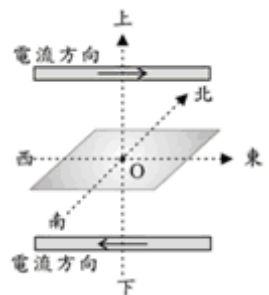
- (A) 南向北 (B) 北向南 (C) 東向西 (D) 西向東。

5. 如圖，電燈線下有靜止的磁針，當子弘把插頭插入插座時，磁針的轉向是何方？ (A) a (B) b (C) 不動 (D) 無法判定。

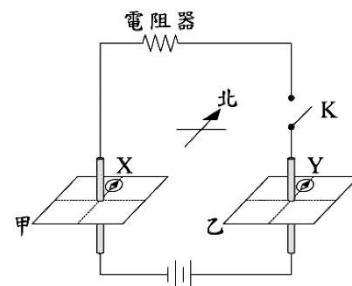


6. 沿東西水平方向，上下放置的水平長直導線，分別通以大小相等，方向相反的電流，且 O 點位於兩導線之間，如圖所示。下列哪一個為 O 點的磁場方向？

- (A) 向東 (B) 向西 (C) 向南 (D) 向北。

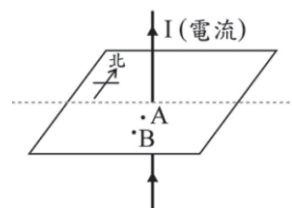


7. 巧芸將粗銅線分別垂直穿過水平的紙板甲、乙，並連接成如附圖的裝置。接著在銅線北邊 2cm 處分別放置磁針 X、Y，開關 K 尚未按下時，磁針 N 極均指向北方。巧芸將開關 K 按下後，待磁針均靜止時，記錄磁針 N 極的偏轉方向。有關巧芸所記錄的 X、Y 磁針 N 極偏轉方向，下列敘述何者正確？



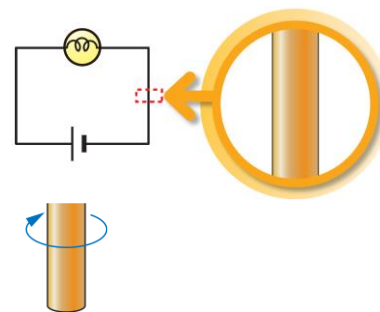
- (A) 兩磁針 N 極均向西方偏轉
- (B) 兩磁針 N 極均向東方偏轉
- (C) X 磁針 N 極向東方偏轉，Y 磁針 N 極向西方偏轉
- (D) X 磁針 N 極向西方偏轉，Y 磁針 N 極向東方偏轉

8. 倬豪將一支磁針先後水平放置於距離一條鉛直長導線南方 10 公分的 A 處，與南方 20 公分的 B 處，如右圖所示，導線通以穩定電流後，以地磁南北方向為基準，則有關磁針在 A、B 兩處的偏轉狀態之比較，下列敘述何者正確？（97 基測）



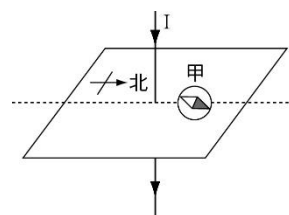
- (A) 在 A 處，磁針偏轉較大
- (B) 在 B 處，磁針偏轉較大
- (C) 在 A、B 兩處，磁針均不偏轉
- (D) 在 A、B 兩處，磁針偏轉角度相同

9. 惟傑以導線連接小燈泡和電池，右側某一小段直導線放大的示意圖如圖所示。則在燈泡發光期間，下列有關右側此段直導線周圍磁場方向的圖形，哪一個是正確的？



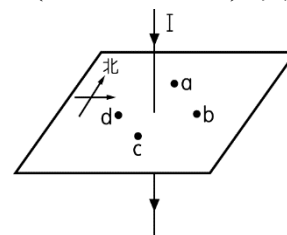
- (A)
- (B)
- (C)
- (D)

10. 一長直導線垂直穿過水平厚紙板，宜臻在導線北方甲處水平放置一磁針。通過導線的電流方向與磁針的偏轉方向，如右下圖所示。若加大通過導線的電流，則磁針的偏轉方向應為下列哪一個圖形？



- (A)
- (B)
- (C)
- (D)

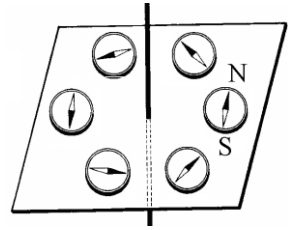
11. 如圖所示，長直導線垂直通過水平放置的紙板，紙板上的四個點 (a、b、c、d) 與導線等距離。宥誠在這四個點上各放置一個羅盤，且導線的電流由零逐漸加大，則在何處的羅盤其指針的 N 極最後幾乎會指向東方？（96 基測）



- (A) a (B) b (C) c (D) d。

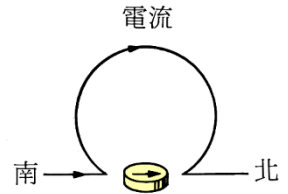
12. 銅線兩端分別連接電池的正負極，當通以電流後，銅線周圍的磁場形狀如右圖，下列敘述何者錯誤？

- (A) 銅線上端連接電池正極
- (B) 銅線上端連接電池負極
- (C) 銅線內電流方向是由下往上
- (D) 磁場方向由上往下看為逆時針方向。



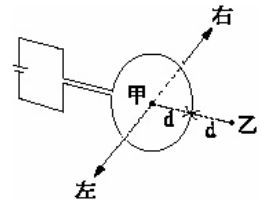
13. 如圖中的線圈位於鉛直面上，則磁針 N 極在導線通電後偏向：

- (A) 東方 (B) 西方 (C) 南方 (D) 北方。



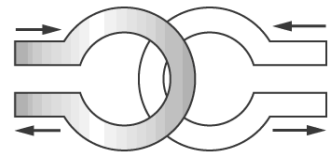
14. 韋翔將一段粗導線繞成圓形線圈，連接電池成圖所示之電路。圖中圓形線圈所產生之磁場在甲、乙兩點的方向為何？(d 表示甲、乙兩點至線圈的距離，甲位於線圈的圓心)

- (A) 甲、乙兩點磁場方向皆向右
- (B) 甲、乙兩點磁場方向皆向左
- (C) 甲點磁場方向向右，乙點磁場方向向左
- (D) 甲點磁場方向向左，乙點磁場方向向右

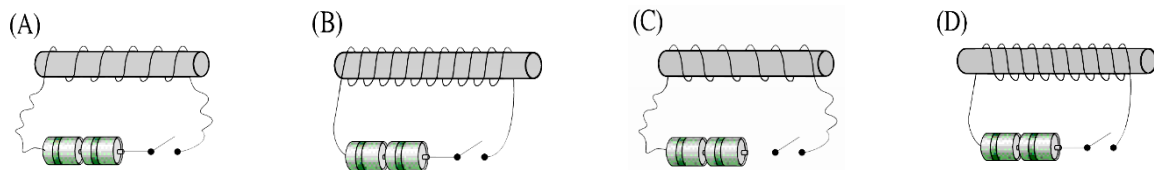


15. 如圖，上下相距甚近的兩環形導線，其電流方向如箭頭所示，則兩環形導線之間的作用力為何？

- (A) 無作用力 (B) 有排斥力 (C) 有吸引力 (D) 先吸引後排斥。

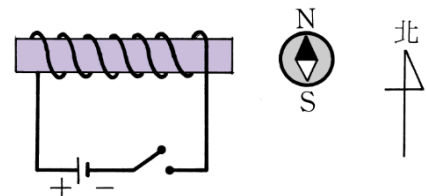
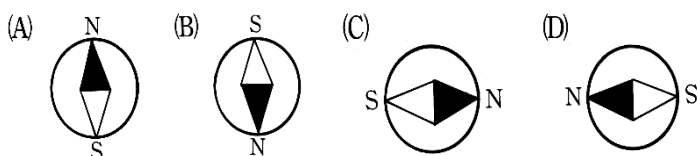


16. 侑央以等長的相同導線繞在相同的鐵棒上，製成四個電磁鐵如下列各圖。使用時，何者的磁力最強且 N 極在右？



17. 附圖是一個空心塑膠管繞上線圈的電路圖，右方有一小磁針，試回答下列問題：

(1) 按下開關後，磁針的指向何者正確？

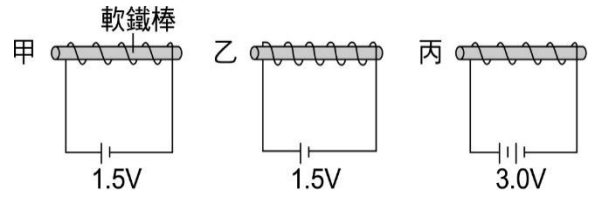


(2) 承(1)，線圈右端相當於磁鐵棒的_____極。

(3) 下列哪些方法可以增強線圈的磁場？_____

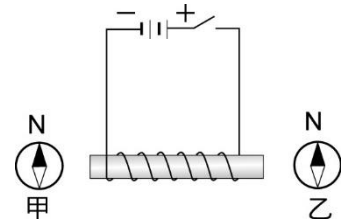
- (A) 串接 2 個電池 (B) 塑膠管內插入銅棒 (C) 塑膠管內插入鐵棒
- (D) 增加線圈的圈數 (E) 加大線圈的直徑。

18. 甲、乙、丙三根相同的軟鐵棒分別環繞不同圈數的線圈，或電路中連接不同電壓的電池組，如圖所示。下列關於軟鐵棒右端磁場強度的敘述何者正確？



- (A) 甲 > 乙 > 丙 (B) 甲 = 乙 = 丙 (C) 甲 < 乙 < 丙 (D) 甲 < 乙 = 丙。

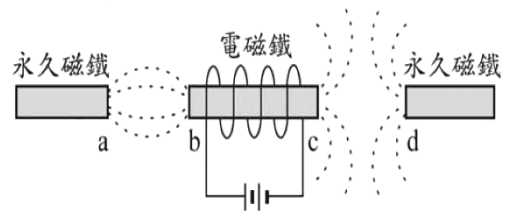
19. 右圖中，庭婷將一長直的軟鐵棒纏繞線圈，並在軟鐵棒兩端各放甲、乙兩羅盤，當按下開關，線圈上通有電流時，則甲、乙兩羅盤 N 極之偏轉方向為：



- (A) 甲、乙均為順時針
(B) 甲為順時針、乙為逆時針
(C) 甲、乙均為逆時針
(D) 甲為逆時針、乙為順時針。

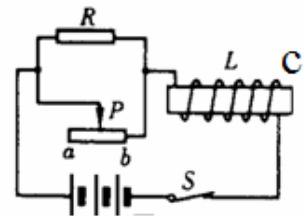
20. 馨予發現電磁鐵與兩個永久磁鐵排列在一起時，

磁力線的分布如右圖所示。下列何者為磁極 a、b、c、d 的磁性？(94 基測)



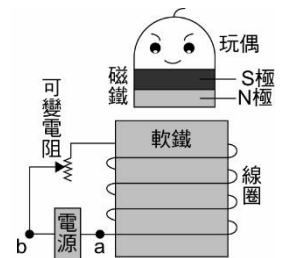
- (A) N、S、N、N (B) N、N、N、N
(C) S、S、N、N (D) S、N、S、S。

21. 如右圖所示，電源電壓保持不變，章閔滑動可變電阻的滑片 P 從 a 向 b 移動時，試回答下列問題：



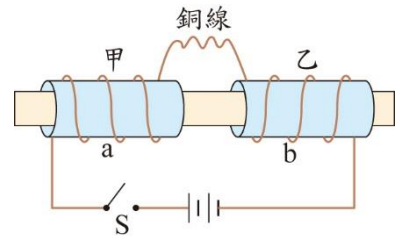
- (1) 電磁鐵 L 的磁力將 (A) 增強 (B) 減弱 (C) 不變 (D) 無法判斷。
(2) 電磁鐵 L 的 C 端的磁性為_____極。

22. 禹帆有一個磁浮玩具，其原理是利用電磁鐵產生磁性，讓具有磁性的玩偶穩定地飄浮起來，其構造如右圖所示。若圖中之電源的電壓固定，可變電阻為一可以隨意改變電阻大小之裝置，則下列敘述何者最適當？



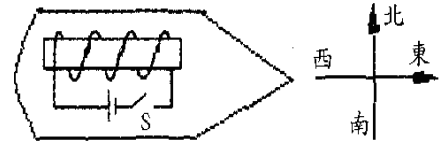
- (A) 電路中的電源必須是交流電源
(B) 電路中的 a 端點須連接直流電源的負極
(C) 若增加環繞軟鐵的線圈數，可增加玩偶飄浮的最大高度
(D) 若將可變電阻的電阻值調大，可增加玩偶飄浮的最大高度。

23. 如右圖所示，a、b 兩線圈固定在甲、乙兩塑膠套筒上，兩套筒在同一根光滑的水平直桿上，能自由滑動，且 a、b 兩線圈以一可自由彎曲的銅線串聯。若明頤將開關 S 按下，使電路中通有電流，則關於甲、乙兩套筒運動的敘述，下列何者正確？



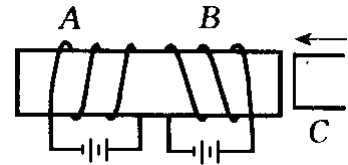
- (A) 靜止不動 (B) 左右分開 (C) 相互靠攏 (D) 同時向右滑動

24. 如右圖，一小船模型漂浮在靜止的水面上，佳筠在船上安裝了一具電磁鐵，未接通開關前，船頭指向東，若接通開關 S 後，則小船將會在水平面內自由轉動，當小船再次處於靜止狀態時，船頭將指向：



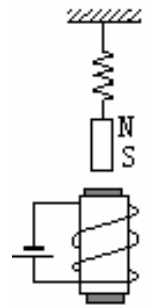
- (A) 東 (B) 南 (C) 西 (D) 北。

25. 如右圖，有 A、B 兩線圈套在玻璃管上，可以自由滑動，原先 A、B 兩線圈靠在一起，當兩線圈接通電源後由於互相排斥，兩線圈分開到圖示位置，此時若將軟鐵棒 C 插入 B 中，下列推論何者正確？



- (A) A、B 線圈將再分別向左右分開
(B) A、B 線圈將相吸而靠近
(C) B 不動、A 被吸引而靠近
(D) B 不動、A 被排斥而遠離。

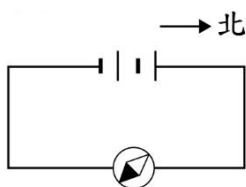
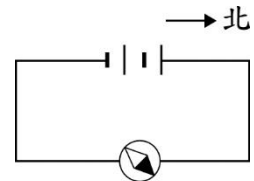
26. 將右圖中通電螺線管中的軟鐵棒抽出後，下列推論何者正確？



- (A) 懸掛磁鐵的彈簧伸長
(B) 懸掛磁鐵的彈簧縮短
(C) 懸掛磁鐵的彈簧長度不變

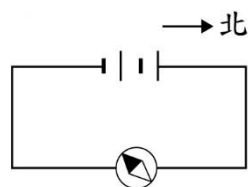
- (D) 線圈失去磁性，彈簧與磁鐵間無作用力。

27. 小華畫了一張電流的磁效應實驗示意圖，如附圖所示，圖中磁針放置於導線的上方，磁針黑色部分為 N 極，所指方向為磁場方向。老師發現此示意圖並不合理，則下列哪一個修改方式的示意圖最為合理？【108 教育會考】



指針方向改為

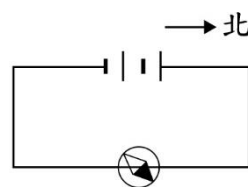
- (A) 偏向東南方



指針方向改為

- (B)

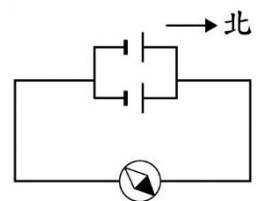
偏向西南方



磁針改為置

於導線下方

- (C)



電池改為並聯

- (D)

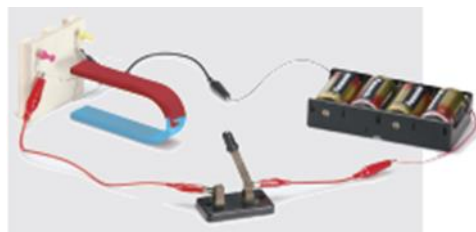
Ans: AC(DC)ACD⁶---CADCA¹¹---
 ABCBB(C,N,ACD)¹⁷---CCD(AS)C²²
 ---BBABC²⁷

§2-3 電流與磁場的交互作用(極光如何產生?)

【活動與觀察】

若我們將載流導線¹放入另一個外在的磁場²之中，
 會讓載流導線發生什麼現象？

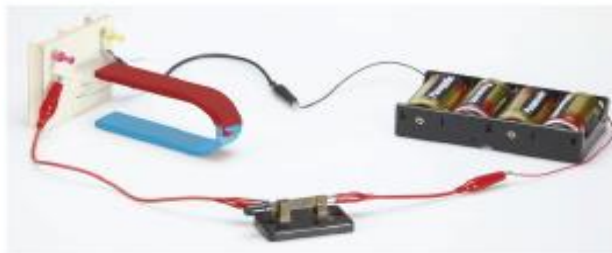
1&2 個別產生的磁場可能會有交互作用



我們發現

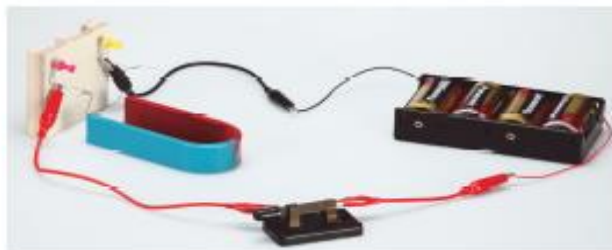
導線電流與磁場方向垂直

當導線中電流方向與所在位置的磁場方向互相垂直時，中間的載流導線會產生運動而偏向，表示導線受磁力作用。



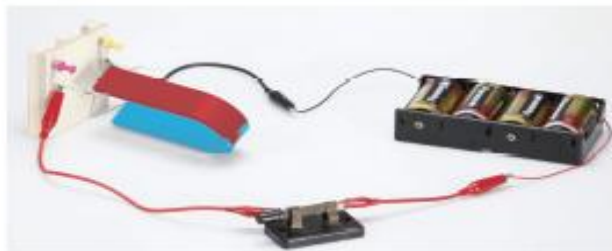
導線電流與磁場方向平行

當導線中電流方向與空間中的磁場方向平行時，導線保持靜止，表示導線不受磁力作用。



導線電流與磁場方向傾斜

當導線電流與磁場方向傾斜時，載流導線仍出現小的偏轉。

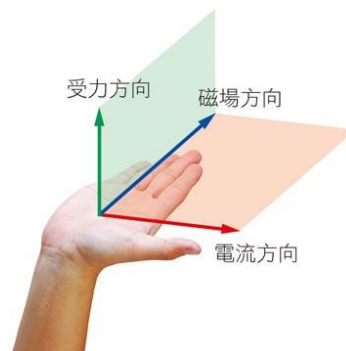


1. 通有電流的導線¹在磁場²(外加)中，會受到磁力的作用。
 - (1)磁場方向與電流方向垂直時，所受磁力最大；
 - (2)磁場方向與電流方向平行時，所受磁力為零。換言之磁場方向與(直流)電流方向不平行時，必受磁力作用。

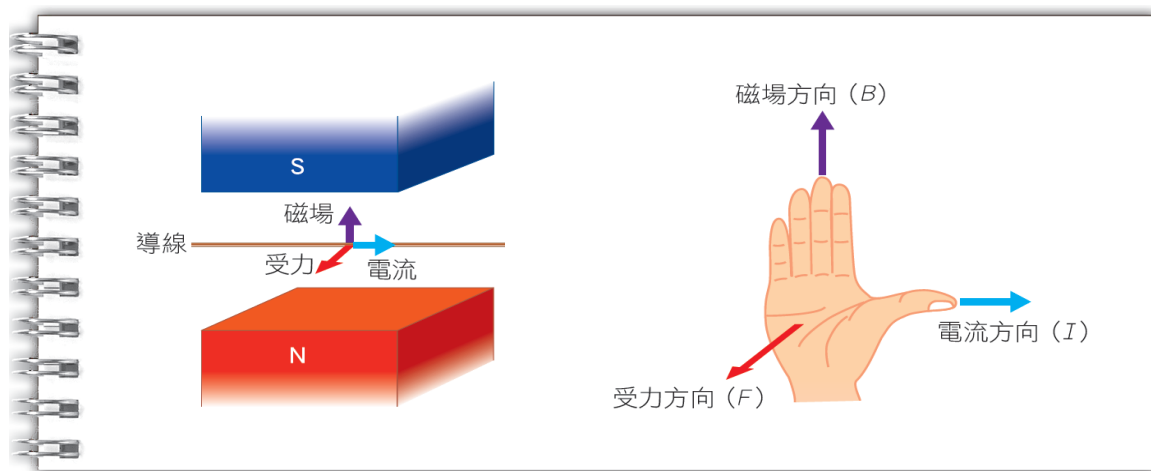
2. 右手開掌定則：用來判斷導線在磁場中受力的方向。

- (1) 大拇指(指尖)指 電流 方向
- (2) 其餘四指(手指→指尖)指 磁場(N→S) 方向，
- (3) 掌心推出的方向即為導線 受力 的方向。

方向有兩組：東西南北上下，前後左右上下。

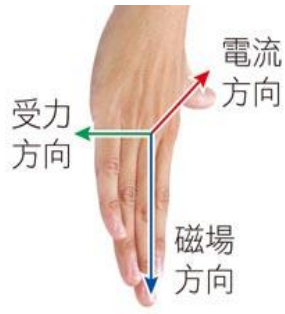


簡易記憶：FINGERS



磁場方向	N極指向S極 (由上而下)	N極指向S極 (由下而上)
裝置說明 電流方向 磁場方向 受力方向		
電流方向	由西向東	由西向東

右手開掌
定則說明

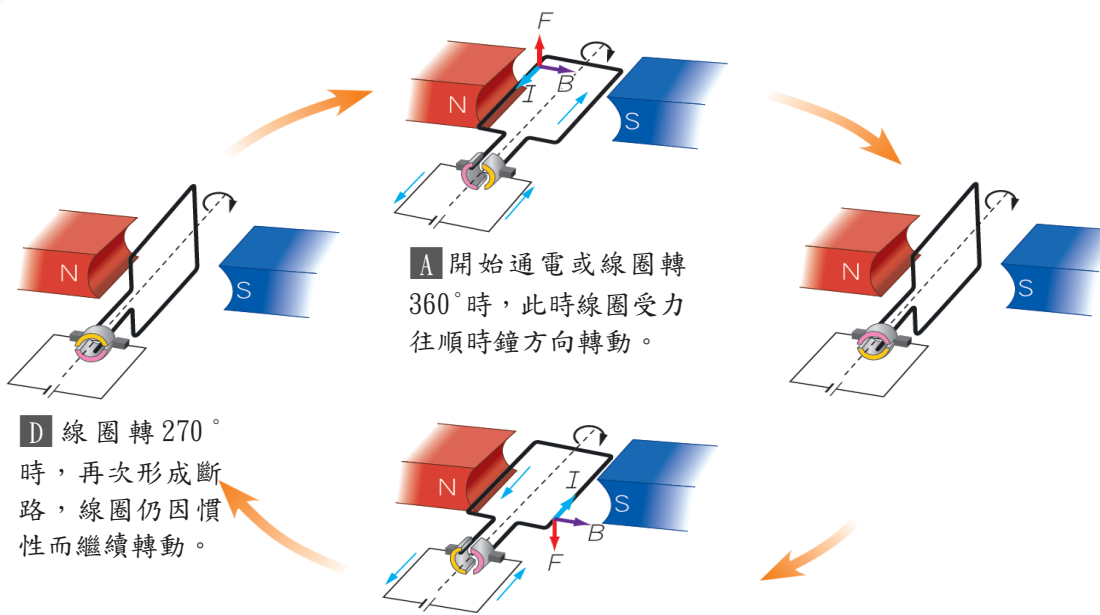


受力方向

導線受力向北

導線受力向南

直流電動機示意圖(二)

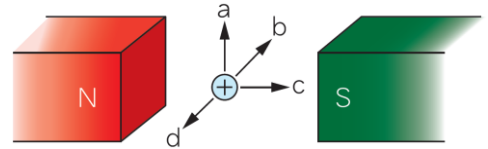


馬上演練

1.

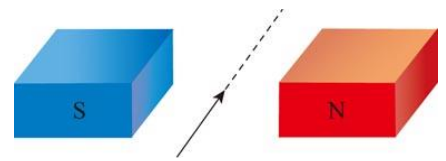
電流方向	向東	向前	向 <u>上</u>	向 <u>左</u>	向北	向下
磁場方向	向北	向下	向西	向後	向 <u>上</u>	向 <u>後</u>
受力方向	向 <u>上</u>	向 <u>左</u>	向南	向上	向東	向左

2. 如右圖，一質子位於兩磁極間的磁場中，當此質子向哪一方向運動時，不會受到磁力的作用？



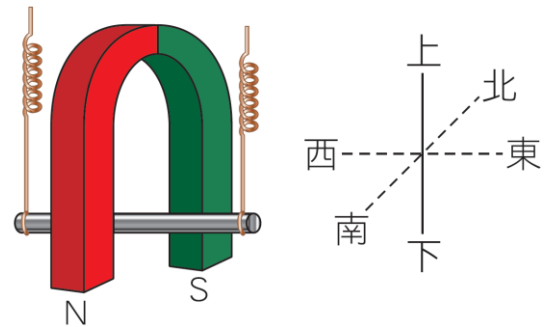
- (A)a (B)b (C)c (D)d。

3. 如右圖所示，電子射入兩磁極之間，且射入的方向與磁場方向垂直，則電子射出後的運動方向將偏向何處？



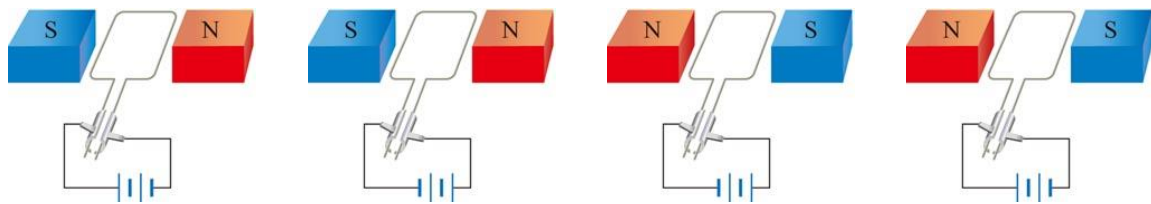
- (A)上方 (B)下方 (C) N極的一邊 (D) S極的一邊

4. 參考下圖，昱安將細導線做成彈簧狀，兩端懸掛一細鋁棒，置於U形磁鐵之間，然後通以由東向西之電流，則鋁棒所受磁力方向為何？



- (A)向上 (B)向下 (C)向南 (D)不受力。

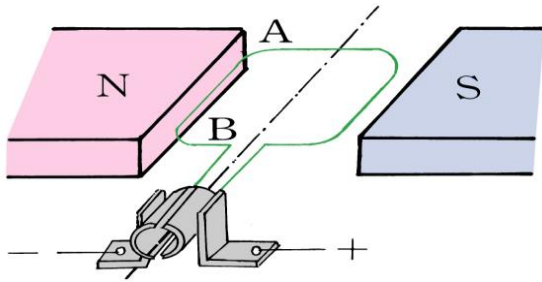
5. 下列甲、乙、丙、丁四個直流電動機中，
哪些的電樞會沿順時鐘方向轉動



- (A) 甲乙 (B) 乙丙 (C) 甲丙 (D) 乙丁

§2-3 電流與磁場的交互作用

1. 如圖為直流電動機的簡圖，試回答下列問題：

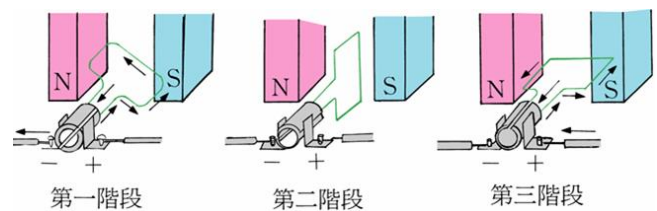


- (1) 圖中的線圈轉動 90 度後，線圈中電流為零。
- (2) 線圈每轉動 180 度後，線圈中電流方向會改變一次。
- (3) 線圈在轉動時，所受的磁力大小是否保持一定？ 否
- (4) 圖中 AB 段導線受磁場作用應向何方運動 (A)上 (B)下 (C)左 (D)右
- (5) 線圈轉動方向為：(A)一直順時鐘 (B)一直逆時鐘 (C)順時鐘與逆時鐘交替變化。
- (6) 其集電環為：(A)2 個圓形 (B)2 個半圓形 (C)1 個圓形 (D)1 個半圓形。
- (7) 下列哪種方法無法使馬達轉速加快？
 - (A) 加大電流 (B) 增加方形線圈的圈數
 - (C) 將永久磁鐵的 N 極與 S 極互調 (D) 改用磁性更強的永久磁鐵
- (8) 馬達通電時下列敘述何者錯誤？
 - (A) 電流通過線圈會使線圈產生磁場
 - (B) 線圈的磁極會與永久磁鐵的磁極排斥而轉動
 - (C) 需使線圈轉動半圈就改變輸入的電流方向一次
 - (D) 是利用電磁感應的原理

2. 右圖表示電動機運轉之三階段，哪一個

階段線圈轉動效果最小？

- (A) 第一階段 (B) 第二階段
- (C) 第三階段 (D) 皆相同。

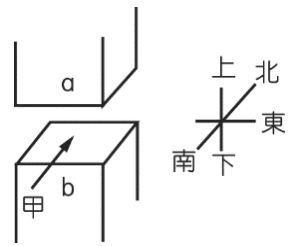


3. 馬達中線圈轉動的快慢取決於下列哪些因素？甲. 線圈上的圈數；乙. 通入電流的強度；丙. 磁場的強度。 (A) 甲乙 (B) 乙丙 (C) 甲丙 (D) 甲乙丙。

4. 太陽輻射線中，含有會傷害生物的帶電粒子，但我們卻能安然生活在地球上，並可在南、北兩極區內欣賞到美麗的極光。下列何種力量把帶電粒子引到兩極區，並和大氣碰撞產生極光？

- (A) 地球磁場的力量 (B) 地球自轉的力量 (C) 地球引力 (D) 風力。

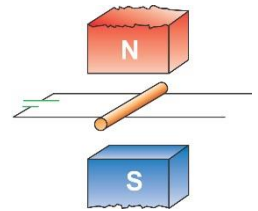
5. 帶負電粒子從甲方向由南向北水平射入垂直的磁場中，因磁力作用，粒子向東方彎曲，則下列何者正確？



- (A) a 為 S 極，b 為 N 極 (B) a 為 N 極，b 為 S 極
(C) a 帶正電，b 帶負電 (D) a 帶負電，b 帶正電。

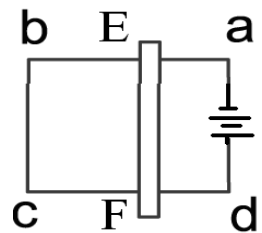
6. 在赤道附近的地磁為由南向北，若赤道上空有一束電子流垂直射下，則此束電子流會因為地磁而偏向 (A) 東 (B) 西 (C) 南 (D) 北方

7. 宛樺設計一個玩具，拿兩條平行導線當鐵軌，上面放一個空心銅棒，電流可以由銅棒通過，形成通路。當在軌道的上下安置一個磁場時 (如右圖)，則下列何者正確？



- (A) 銅棒將受向右的推力 (B) 銅棒將受向左的推力
(C) 銅棒將受向上的吸力 (D) 銅棒不受力

8. 如右圖所示，靜置於水平面的矩形銅線 abcd，易萱在中央放置一金屬棒 EF，當接上電池後使 bc、EF 間均有電流通。試問金屬棒 EF 受磁力作用後將向何方移動？



- (A) 向右 (B) 向左 (C) 先向左後向右 (D) 不會移動。

9. 兩條長直導線 A、B 平行並列如圖所示，當電路接通並通以電流。試回答下列問題：

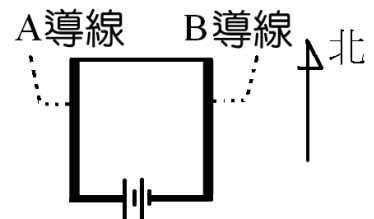
- (1) 導線 A 對導線 B 所造成的磁場方向為：

- (A) 向東 (B) 向西 (C) 向上 (D) 向下。

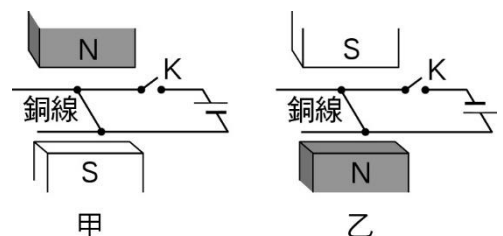
- (2) 導線 A 所造成的磁場使導線 B 受磁力作用，

試問導線 B 的受力方向為

- (A) 向南 (B) 向北 (C) 向東 (D) 向西。



10. 有甲、乙兩個呈水平的電路裝置分別置於上下擺放的磁鐵之間，如附圖所示。在兩裝置的 U 型導線上均置有一條可左右移動的銅線，U 型導線上的開口向左。按下開關 K 後，兩銅線均有電流通過卻未移動，若只考慮此載流的銅線在磁鐵磁場中的受力，則此時銅線與導線間「摩擦力」的方向分別為下列何者？



- (A) 甲：向左，乙：向左 (B) 甲：向左，乙：向右
(C) 甲：向右，乙：向左 (D) 甲：向右，乙：向右

(103 特)

§2-4 電磁感應

冷次物語：電磁感應產生的磁極會：**(排斥) 靠近的磁極**

一、電磁感應原理

[吸引] 遠離的磁極

- (1) 安培：首先提出電生磁的原理
- (2) 法拉第：首先發表利用磁產生電的方法

二、檢流計：

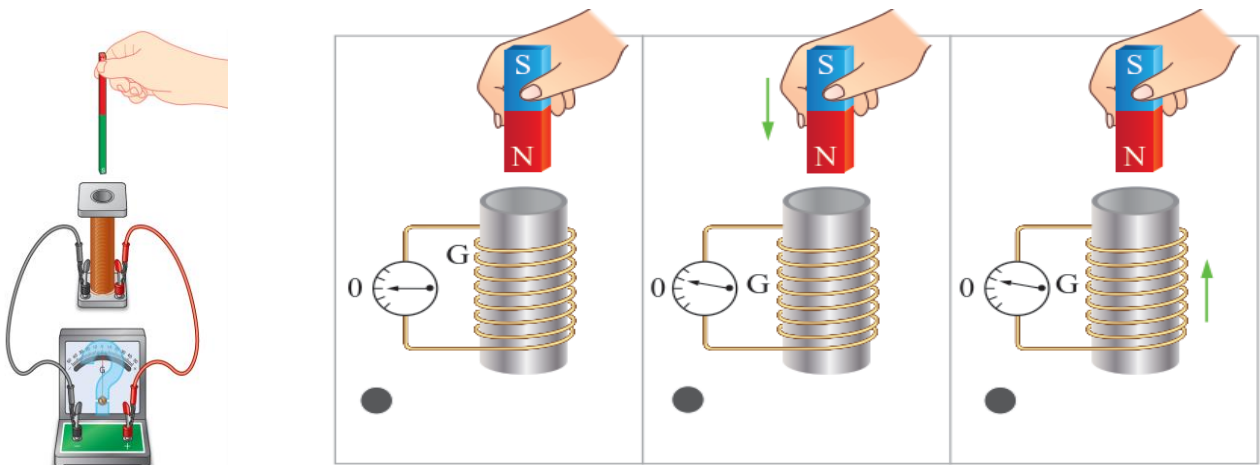
- (1) 檢流計是測定微弱電(子)流的一種電流計
- (2) 檢流計指針偏轉方向：為電子流向；與電流方向相反。
- (3) 檢流計的電路符號： $-\textcircled{G}-$

實驗：感應電流

目的：觀察封閉線圈內磁場發生變化時產生電流的現象。

步驟：

1. 磁鐵對螺線管運動時，改變磁鐵移動的速率及方向，觀察檢流計偏轉的方向及大小。
2. 螺線管對磁鐵運動時，改變螺線管移動速率及方向，觀察檢流計偏轉的方向及大小。



【問題與討論】：

1. 當檢流計的指針由零刻度發生偏轉時，代表什麼？有感應電流($I_{\text{感應}}$)產生；偏轉角度(θ)的大小與方向，代表什麼？ $\theta \uparrow I_{\text{感應}} \uparrow$ 。
2. 檢流計指針有無偏轉與磁鐵(A)、螺線管(B)的運動有何關係？A/B間是否有相對運動
3. 檢流計指針偏轉的角度(θ)大小，與磁鐵(A)、螺線管(B)的運動速度(率)有何關係？A/B間相對運動速率 \uparrow , $\theta \uparrow$ 。
4. 磁鐵和螺線管互相靠近時和互相遠離時，檢流計偏轉方向相同嗎？相反(冷次定律)
5. 以不同的磁極進入螺線管，檢流計指針偏轉方向會改變嗎？會(冷次定律)。

三、法拉第的實驗

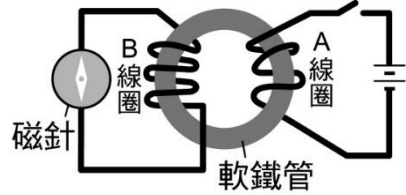
如右圖 A、B 兩線圈：A 線圈外接直流電流，

B 線圈導線上放置一磁針。

實驗結果：A 線圈通電瞬間，磁針向東偏；

A 線圈斷電瞬間，磁針向西偏；

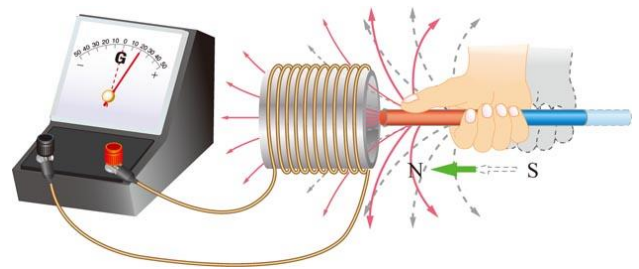
A 線圈持續通電，磁針不偏轉（填偏轉或不偏轉）



結論：法拉第認為 B 線圈產生電流的現象，和 A 線圈通入電流後所發生磁場變化有關。

這種因磁場變化產生電流的現象稱為電磁感應；所產生的電流稱為感應電流。

(1) 以磁力線描繪：當螺線管內的磁力線疏密程度改變時，則螺線管產生感應電流。



(2) 法拉第定律：

(2-1) 感應電流的大小和單位時間內螺線管內磁場變化成正比；

(2-2) 感應電流的大小和螺線管與磁鐵的相對運動速率成正比

(2-3) 感應電流的大小和螺線管纏繞的線圈數成正比。

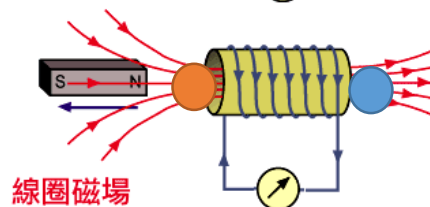
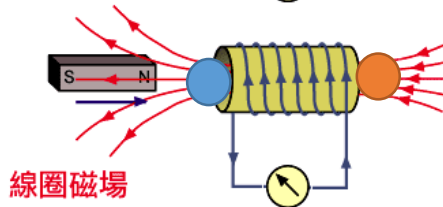
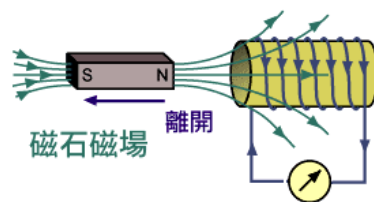
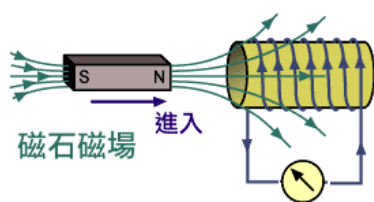
四、冷次定律：用來判別感應電流的方向

螺線管由於電磁感應而產生感應電流時，此電流將產生一新磁場，新磁場的方向與原來磁場變化的方向相反。

<判別原則> (1) 判斷被感應之 N/S 極 (2) 找出感應電流方向 (3) 決定檢流計偏轉方向

● 代表 (N) 極

● 代表 (S) 極



(1) 法拉第 定律：判別感應電流的大小；

冷次 定律：指出感應電流的方向。

(2) 電流磁效應中，只要有電流，必定產生磁場；

電磁感應中，磁場必須有變化，才會有感應電流(磁場)產生。

五、發電機

(1)原理：利用磁場快速變化而產生電流，即電磁感應原理。

(2)定義：發電機是將動能轉換成電能的一種裝置。

(3)直流發電機的主要構造：

a. 場磁鐵：產生磁場的永久磁鐵

b. 電樞：裝在場磁鐵中間，能自由轉動的多匝線圈

c. 集電環：由金屬製成的兩個半圓環形，供導出電流用的裝置

(交流發電機則為兩個圓環形)

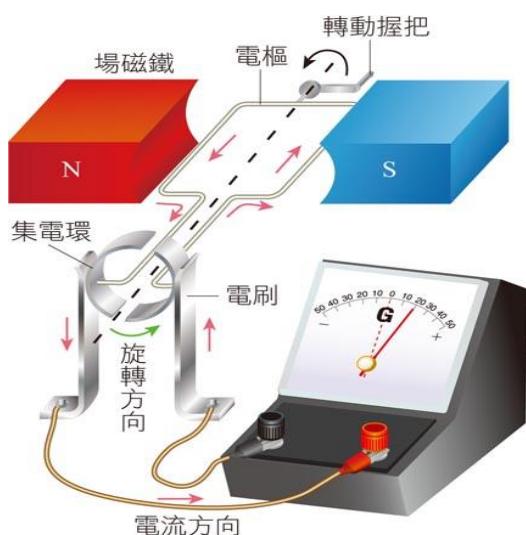
d. 電刷：以石墨或金屬製成，固定位置與導線連接，為電流的輸出接點

(4)工作原理：

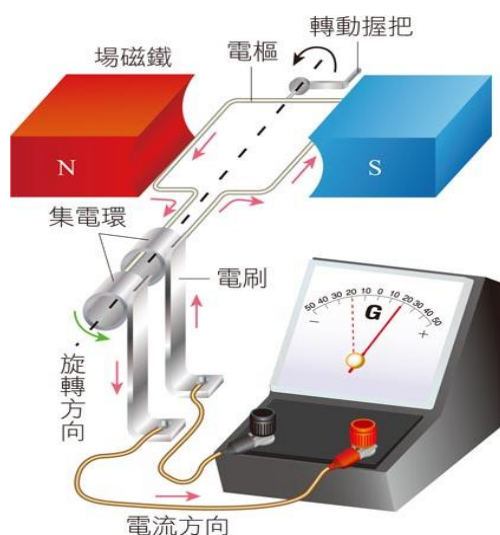
a. 利用各種動力使線圈在場磁鐵的兩極間轉動，

b. 線圈轉動時，線圈內的磁場隨著轉動而發生變化。

c. 線圈內變化的磁場，使線圈產生感應電流。

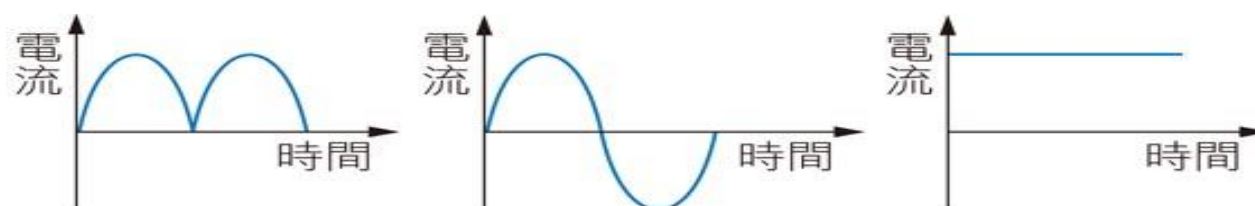


直流發電機的構造示意圖



交流發電機的構造示意圖

電池、直流發電機、交流發電機所產生的電流與時間關係圖，分別是下列哪一個？

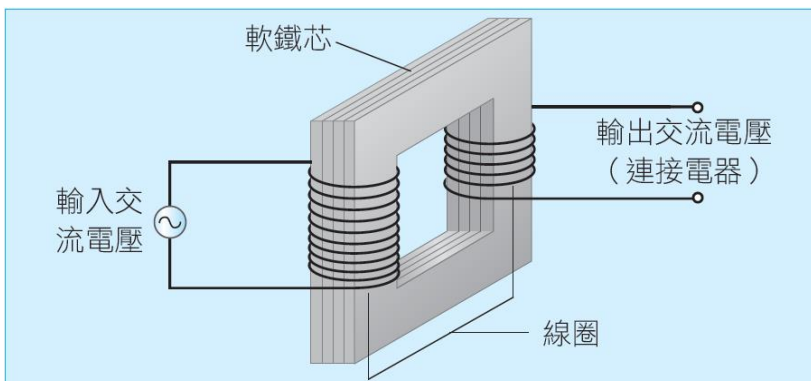


#發電機和馬達的比較

	發電機	馬達(電動機)
主要構造	場磁鐵、電樞、集電環	場磁鐵、電樞、集電環
能量轉換	動能轉換為電能	電能轉換為動能
利用原理	電磁感應	電流磁效應
使用定律	法拉第定律	安培定律
方向判別	冷次定律	安培右手開掌定則

六、變壓器的原理

1. 改變電壓的裝置稱為變壓器。
2. 整流器可利用二極體，將交流電變為直流電。
3. 一般家庭使用的整流變壓器，兼具整流與變壓功能。
4. 變壓器的原理：利用電磁感應_____



▲圖 變壓器構造示意圖



▲圖2 可改變輸出電壓的降壓變電器

	輸入端(input)	輸出端(output)
名稱	主(原)線圈	副線圈
原理	電流磁效應	電磁感應
匝數	N_1	N_2
電壓	V_1	V_2
關係	$N_1/V_1 = N_2/V_2$	

例：製作變壓器時，若原線圈有 60 圈、副線圈有 20 圈。現在原線圈中輸入 120V，則在副線圈中可得電壓 40 V

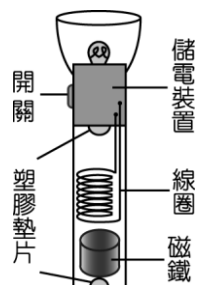
(欲提高電壓，增加 N_1 圈數，欲降低電壓，則減少 N_1 圈數)操作方便。

馬上演練

1. 發電機是利用什麼原理使線圈產生電流的裝置？
 (A) 靜電感應 (B) 感應起電 (C) 電流磁效應 (D) 電磁感應

2. 下列敘述何者錯誤？
 (A) 馬達的運轉原理是電流的磁效應的應用
 (B) 發電機的運轉原理是法拉第定律的應用
 (C) 發電機是利用電磁感應的原理來產生電流
 (D) 馬達主要是將力學能轉變成為電能

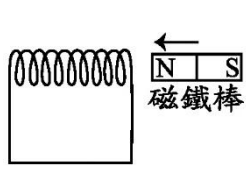
3. 有一種手電筒，只需在使用前搖一搖，使磁鐵穿過線圈，在兩個塑膠墊片之間來回運動，就能發電並先將電能儲存，再供電給燈泡，它的構造如右圖所示。有關該手電筒的敘述，下列何者最為適當？

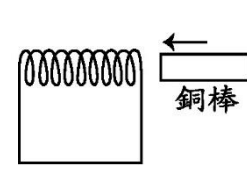


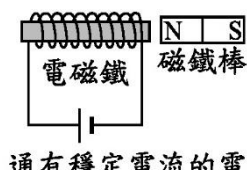
(A) 搖晃手電筒的發電過程，是將磁鐵的動能直接轉換成光能
 (B) 搖晃手電筒時，磁鐵來回經過線圈會使線圈產生感應電流
 (C) 在來回搖晃手電筒的發電過程中，線圈會產生直流電
 (D) 搖晃手電筒的發電過程，是運用電流產生磁場。【95 基本學測二】

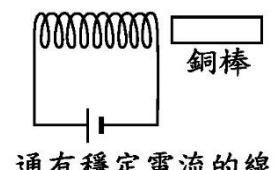
4. 均捷發現了一臺發電機，他觀察之後做了以下的結論，請問哪一項是錯誤的？
 (A) 需要能產生磁場的磁鐵 (B) 藉由穩定的磁場來產生電流
 (C) 運轉過程中將力學能轉換成電能 (D) 發電機所產生的電為交流電。

5. 下列四種裝置及其處理方式中，哪一種裝置的線圈會發生電磁感應現象？(105)

(A) 
 磁鐵棒快速靠近線圈。

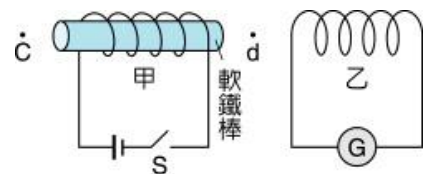
(B) 
 銅棒快速靠近線圈。

(C) 
 通有穩定電流的電磁鐵，磁鐵棒及電磁鐵保持不動。

(D) 
 通有穩定電流的線圈，銅棒及線圈保持不動。

6. 如右圖裝置，下列有關電流與磁場的敘述何者正確？

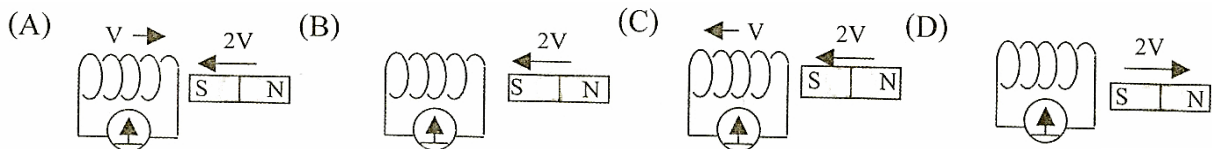
(A) 開關 s 接通的瞬間，線圈甲在 c 點造成的磁場方向向右
 (B) 開關 s 接通一段時間後，檢流計的指針向左偏轉
 (C) 開關 s 切斷的瞬間，檢流計的指針沒有偏轉
 (D) 開關 s 切斷後，線圈甲在 d 點造成的磁場方向向右



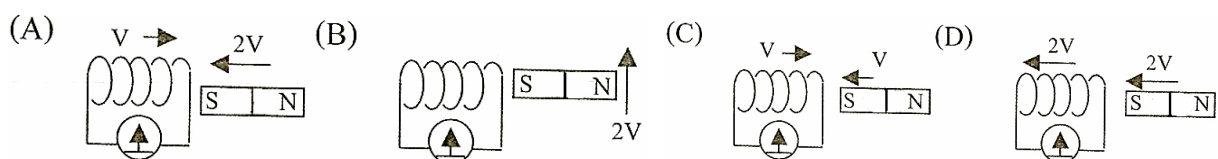
§2-4 電磁感應

- 那一位科學家發現磁場發生變化時，會產生感應電流？
(A)厄斯特 (B)法拉第 (C)安培 (D)伏特
- 下列有關磁與電的敘述，何者錯誤？
(A)有電流時必產生磁場 (B)有磁場時必產生電流
(C)電流通過導線時必產生熱 (D)有磁場變化才會產生感應電流。
- 磁鐵和線圈發生相對運動時，其速率加大時產生的感應電流：
(A)變大 (B)變小 (C)不變 (D)無法判別
- 家賢將磁鐵的 S 極緩緩插入線圈時，線圈中所產生感應電流的方向，由插入方向看去是：
(A)順時針方向 (B)逆時針方向 (C)無一定方向 (D)靜留原處
- 景翔將磁鐵的 S 極由線圈一端拔出時，線圈中所產生感應電流的方向，由拔出方向看去是：
(A)順時針方向 (B)逆時針方向 (C)無一定方向 (D)靜留原處
- 今有一線圈直立桌上，若恆一將磁棒的一端向下插入線圈，線圈中感應電流的方向為逆時針方向，可知磁棒插入的一極是：
(A)S 極 (B)N 極 (C)正極 (D)負極
- 一螺線管在下列那一種情形下，線圈會產生感應電流？
(A)將線圈依南北方向放置 (B)在線圈旁放一塊磁鐵
(C)使一棒形磁鐵通過線圈 (D)將線圈連接電池

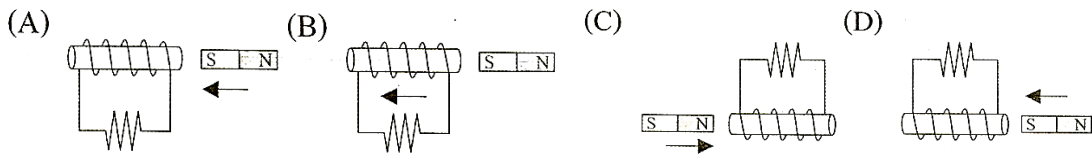
- 下列各圖中，那一個檢流計的偏轉角度最大？



- 下列各圖中，那一個檢流計的不偏轉？

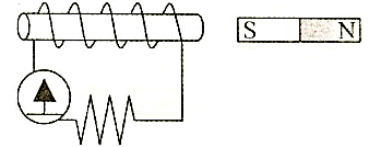


10. 下列各圖中，何者通過電阻的電流方向與其他三組不同？



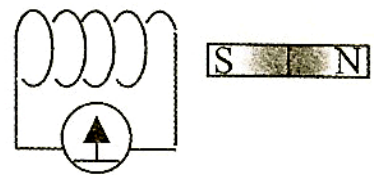
11. 如圖，佑欣將磁鐵靠近或遠離線圈時，線圈可以產生感應電流，下列敘述何者錯誤？

- (A) 如果磁棒不動，而改移動線圈亦可以產生感應電流
- (B) 當磁鐵棒遠離線圈時，線圈的左端感應生成 N 極
- (C) 當磁鐵棒靠近線圈時，線圈的右端感應生成 S 極
- (D) 當磁鐵棒向上遠離線圈時，通過檢流計的電流向上。



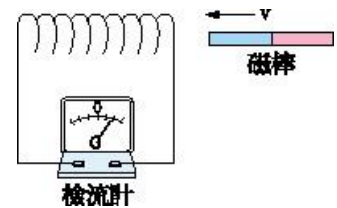
12. 如圖，鴻鑫將磁鐵向左快速靠近線圈時，線圈的左方感應成何極？通過檢流計的電流方向是如何？檢流計指針向何方偏轉？

- (A) N 極；向右；向左
- (B) S 極；向右；向左
- (C) N 極；向左；向右
- (D) S 極；向左；向右



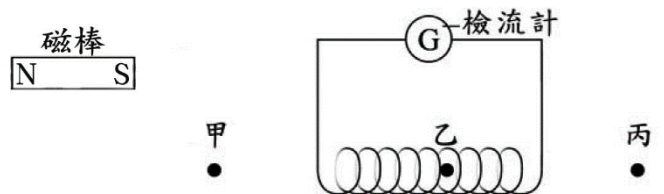
13. 柏廷將磁棒以 v 的速率平移向左插入線圈內，檢流計的瞬間偏轉如圖所示，下列方法中何者不能產生更大的感應電流？

- (A) 在磁棒速率不變下，將線圈單位長度的圈數增加
- (B) 線圈不動，磁棒平移向左的速率增加為 $2v$
- (C) 磁棒不動，將線圈以 v 的速率平移向右靠近磁棒
- (D) 線圈向右，磁棒向左，二者皆以 v 的速率平移互相靠近



14. 如圖所示，將同一根磁棒靜置於甲、乙、丙三位置 10 秒後，比較三處的感應電流，下列敘述何者正確？

- (A) 在甲位置感應電流最大
- (B) 在乙位置感應電流最大
- (C) 在丙位置感應電流最大
- (D) 在三個位置都沒有感應電流。



15. 下列四種裝置及處理方式中，哪種裝置的線圈會發生電磁感應現象？【105 教育會考】

- (A) 磁鐵棒快速靠近線圈。
- (B) 銅棒快速靠近線圈。
- (C) 通有穩定電流的電磁鐵，磁鐵棒及電磁鐵保持不動。
- (D) 通有穩定電流的線圈，銅棒及線圈保持不動。

Ans: BBAAB-BCAD⁹//BBACDA¹⁵

§2-5 發電方式與原理

一、發電的方式:生活用電的發電方式有很多類型，臺灣目前主要的方式有火力、水力、風力、太陽能及核能發電。

1. 火力發電:利用燃燒煤、石油或天然氣等，產生水蒸氣帶動渦輪機，轉成力學能，再帶動發電機發電，轉成電能。(化學能→熱能→動能→電能)。
2. 水力發電:利用高處的水往低處流動，將重力位能轉換成動能，推動渦輪機發電。
3. 風力發電:利用自然界的風能，將風(動)能轉成電能的發電方式。臺灣所處的地理位置是非常適合發展風力發電，發電比例也逐年增高當中。
4. 太陽能發電:是乾淨且豐沛的再生能源，目前無論是太陽能集熱器或光電板設備，發電技術都相當純熟，世界各國採用太陽能發電的比重也日益增加。
5. 核能發電:利用核反應器(又稱為核子反應爐)內 U-235 的連鎖反應產生大量熱能，使水變成水蒸氣，再以水蒸氣推動渦輪機，帶動發電機發電

二、核能:從原子核中釋放出來的能量。

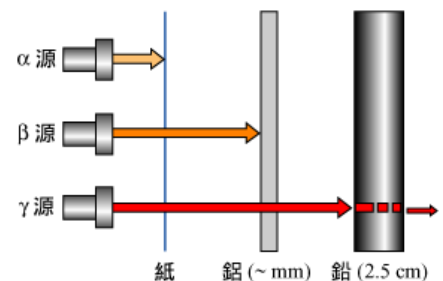
1. 種類

(1)核衰變:

不穩定的原子核，會放出放射線(α射線、β射線、γ射線)，直到變成穩定的元素，這個過程稱為「衰變」。

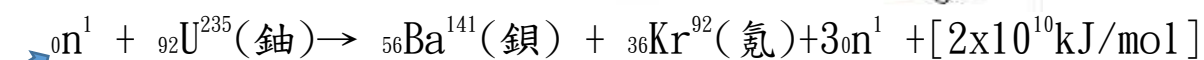
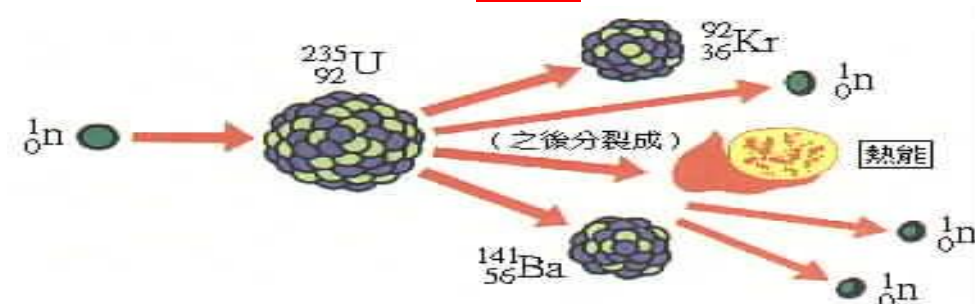
※拉塞福發現放射線可分成：α射線、β射線和 γ射線。

	α 射線	β 射線	γ 射線
本質	氦原子核 (${}^4_2\text{He}^{2+}$)	電子束	電磁波
電性	正電	負電	不帶電
穿透力	最弱	其次	最強



(2)核分裂

質量較大的原子核，分裂成幾個質量較小的原子核，分裂後總質量減少，轉變成能量。例如：核能發電是利用鈾-235核分裂時所產生的核能發電。



↙ 箭頭左邊左下(右上)方標示數字總和=箭頭右邊左下(右上)方標示數字總和

(3)核融合:

較輕的原子核在足夠的溫度與壓力下，融合成較重的原子核，融合後總質量減少，

轉變成能量。例:太陽的能量來自氫原子核，融合成氦原子核後，釋放的能量。

例:D-T 反應的燃料，是氫的同位素氘（一顆質子一顆中子）和氚（一顆質子兩顆中子），反應之後會產生氦、一顆中子和能量。

2. 質能互換

(1)愛因斯坦：物質是能量的一種形式，物質可以轉變成能量、能量也可轉變為物質。

(2)質能互換必須在許多限制下才能產生。

(3)公式： 能量 = 質量(減少) × 光速平方

代號：E = m × c²

單位：焦耳 (J) = 公斤(kg) × (3x10⁸ 公尺(m)/秒(s))²

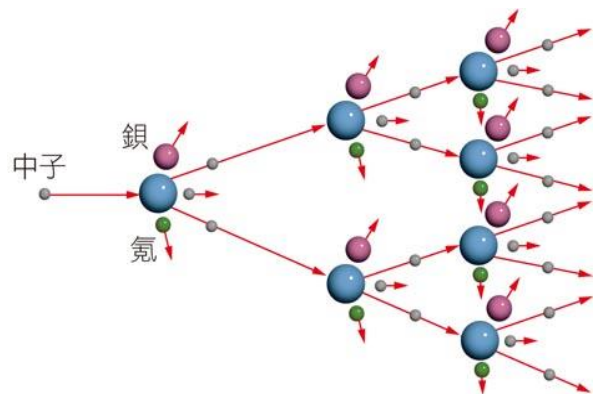
例:核分裂後質量減少1公克，則會產生9x10¹³焦耳的能量，相當於燃燒3百萬公斤的煤^{*1-2}所放出的熱量。

※註 1:此巨大能量可將 **5 座游泳池** (規格 **50 公尺 X 25 公尺 X 1.5 公尺**,池內裝滿 **20°C**的水),瞬間蒸發!形成一個直徑 **800 公尺**的水蒸氣熱球!

※註 1:此巨大能量可供應給每個月用電 500 度的家庭,使用 5000 年!

3. 核能發電:

(1)核反應器燃料是 U-235。當 U-235 受到 中子撞擊而分裂，分裂後產生的中子能持續撞擊尚未反應的 U-235，於是分裂出更多的中子繼續撞擊尚未反應的 U-235，產生連續的反應，並在短時間內放出大量熱能，稱為連鎖反應。



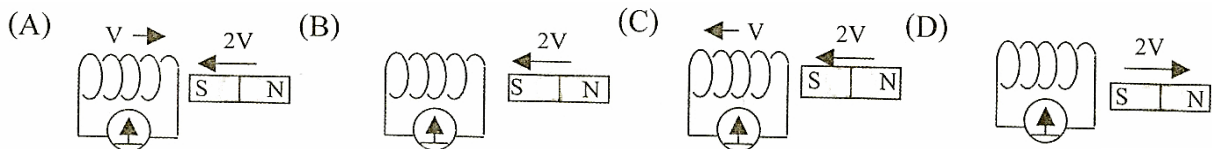
(2)核能電廠是利用核反應器內 U-235 的連鎖

反應產生大量熱能，使水變成水蒸氣，再以水蒸氣推動渦輪機，帶動發電機發電。核反應器內的控制棒材質含有鎳 (Cd) 或硼 (B)，可以吸收多餘的中子，避免太多的中子撞擊 U-235 而造成過度的連鎖反應。核反應器外有 1 至 2 公尺厚的鋼筋混凝土圍阻體，目的是防止輻射線外漏，確保電廠的正常運轉。

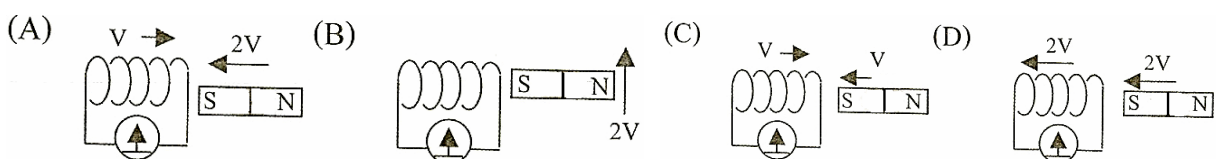
§2-5 電磁感應

- 那一位科學家發現磁場發生變化時，會產生感應電流？
(A)厄斯特 (B)法拉第 (C)安培 (D)伏特
- 下列有關磁與電的敘述，何者錯誤？
(A)有電流時必產生磁場 (B)有磁場時必產生電流
(C)電流通過導線時必產生熱 (D)有磁場變化才會產生感應電流。
- 磁鐵和線圈發生相對運動時，其速率加大時產生的感應電流：
(A)變大 (B)變小 (C)不變 (D)無法判別
- 家賢將磁鐵的 S 極緩緩插入線圈時，線圈中所產生感應電流的方向，由插入方向看去是：
(A)順時針方向 (B)逆時針方向 (C)無一定方向 (D)靜留原處
- 景翔將磁鐵的 S 極由線圈一端拔出時，線圈中所產生感應電流的方向，由拔出方向看去是：
(A)順時針方向 (B)逆時針方向 (C)無一定方向 (D)靜留原處
- 今有一線圈直立桌上，若恆一將磁棒的一端向下插入線圈，線圈中感應電流的方向為逆時針方向，可知磁棒插入的一極是：
(A)S 極 (B)N 極 (C)正極 (D)負極
- 一螺線管在下列那一種情形下，線圈會產生感應電流？
(A)將線圈依南北方向放置 (B)在線圈旁放一塊磁鐵
(C)使一棒形磁鐵通過線圈 (D)將線圈連接電池

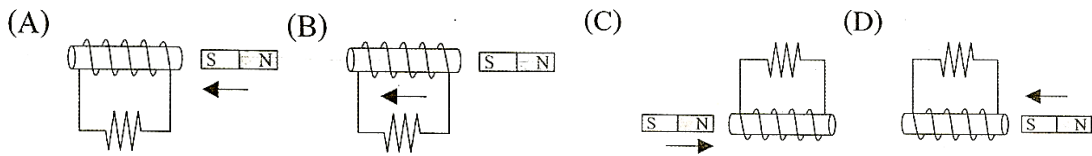
- 下列各圖中，那一個檢流計的偏轉角度最大？



- 下列各圖中，那一個檢流計的不偏轉？

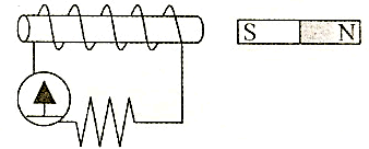


10. 下列各圖中，何者通過電阻的電流方向與其他三組不同？



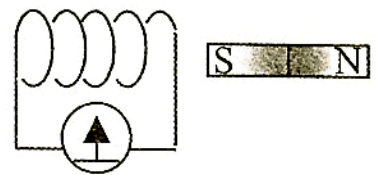
11. 如圖，佑欣將磁鐵靠近或遠離線圈時，線圈可以產生感應電流，下列敘述何者錯誤？

- (A) 如果磁棒不動，而改移動線圈亦可以產生感應電流
- (B) 當磁鐵棒遠離線圈時，線圈的左端感應生成 N 極
- (C) 當磁鐵棒靠近線圈時，線圈的右端感應生成 S 極
- (D) 當磁鐵棒向上遠離線圈時，通過檢流計的電流向上。



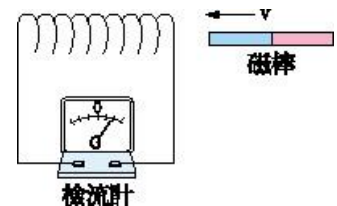
12. 如圖，鴻鑫將磁鐵向左快速靠近線圈時，線圈的左方感應成何極？通過檢流計的電流方向是如何？檢流計指針向何方偏轉？

- (A) N 極；向右；向左
- (B) S 極；向右；向左
- (C) N 極；向左；向右
- (D) S 極；向左；向右



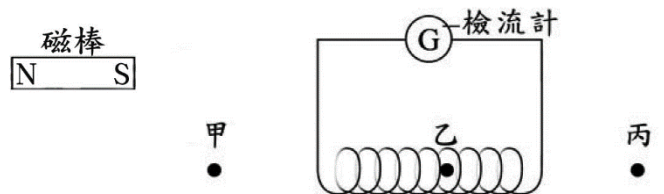
13. 柏廷將磁棒以 v 的速率平移向左插入線圈內，檢流計的瞬間偏轉如圖所示，下列方法中何者不能產生更大的感應電流？

- (A) 在磁棒速率不變下，將線圈單位長度的圈數增加
- (B) 線圈不動，磁棒平移向左的速率增加為 $2v$
- (C) 磁棒不動，將線圈以 v 的速率平移向右靠近磁棒
- (D) 線圈向右，磁棒向左，二者皆以 v 的速率平移互相靠近



14. 如圖所示，將同一根磁棒靜置於甲、乙、丙三位置 10 秒後，比較三處的感應電流，下列敘述何者正確？

- (A) 在甲位置感應電流最大
- (B) 在乙位置感應電流最大
- (C) 在丙位置感應電流最大
- (D) 在三個位置都沒有感應電流。



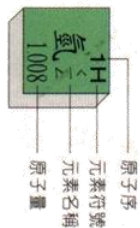
15. 下列四種裝置及處理方式中，哪種裝置的線圈會發生電磁感應現象？【105 教育會考】

- (A) 磁鐵棒快速靠近線圈。
- (B) 銅棒快速靠近線圈。
- (C) 通有穩定電流的電磁鐵，磁鐵棒及電磁鐵保持不動。
- (D) 通有穩定電流的線圈，銅棒及線圈保持不動。

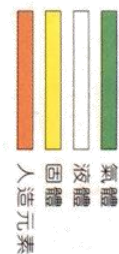
Ans: BBAAB-BCAD⁹//BBACDA¹⁵

週期表

説明



原子序
元素符号
元素名稱
原子量



気体
液体
固体
人造元素

金属

非金属

惰性気体

1	IA	2	IIA									13	IIIA	14	IVA	15	VA	16	VIA	17	VIIA	18	VIIIA		
1	1H H 1.008	2	4He He 4.003	3	11Na Na 22.99	4	19K K 39.10	5	37Rb Rb 85.47	6	55Cs Cs 132.9	7	87Fr Fr 223	13	5B B 10.81	14	6C C 12.01	15	7N N 14.01	16	8O O 16.00	17	9F F 19.00	18	10Ne Ne 20.18
				3	12Mg Mg 24.31	4	20Ca Ca 40.08	5	38Sr Sr 87.62	6	56Ba Ba 137.3	7	88Ra Ra 226	13	13Al Al 26.98	14	14Si Si 28.09	15	15P P 30.97	16	16S S 32.07	17	17Cl Cl 35.45	18	18Ar Ar 39.95
													13	13Ga Ga 69.72	14	14Ge Ge 72.59	15	15As As 74.92	16	16Se Se 78.96	17	17Br Br 79.90	18	18Kr Kr 83.80	
													13	21Sc Sc 44.96	14	22Ti Ti 47.88	15	23V V 50.94	16	24Cr Cr 52.00	17	25Mn Mn 54.94	18	26Fe Fe 55.85	
													13	22Ti Ti 47.88	14	23V V 50.94	15	24Cr Cr 52.00	16	25Mn Mn 54.94	17	26Fe Fe 55.85	18	27Co Co 58.93	
													13	23V V 50.94	14	24Cr Cr 52.00	15	25Mn Mn 54.94	16	26Fe Fe 55.85	17	27Co Co 58.93	18	28Ni Ni 58.69	
													13	24Cr Cr 52.00	14	25Mn Mn 54.94	15	26Fe Fe 55.85	16	27Co Co 58.93	17	28Ni Ni 58.69	18	29Cu Cu 63.55	
													13	25Mn Mn 54.94	14	26Fe Fe 55.85	15	27Co Co 58.93	16	28Ni Ni 58.69	17	29Cu Cu 63.55	18	30Zn Zn 65.39	
													13	26Fe Fe 55.85	14	27Co Co 58.93	15	28Ni Ni 58.69	16	29Cu Cu 63.55	17	30Zn Zn 65.39	18	31Ga Ga 69.72	
													13	27Co Co 58.93	14	28Ni Ni 58.69	15	29Cu Cu 63.55	16	30Zn Zn 65.39	17	31Ga Ga 69.72	18	32Ge Ge 72.59	
													13	28Ni Ni 58.69	14	29Cu Cu 63.55	15	30Zn Zn 65.39	16	31Ga Ga 69.72	17	32Ge Ge 72.59	18	33As As 74.92	
													13	29Cu Cu 63.55	14	30Zn Zn 65.39	15	31Ga Ga 69.72	16	32Ge Ge 72.59	17	33As As 74.92	18	34Se Se 78.96	
													13	30Zn Zn 65.39	14	31Ga Ga 69.72	15	32Ge Ge 72.59	16	33As As 74.92	17	34Se Se 78.96	18	35Br Br 79.90	
													13	31Ga Ga 69.72	14	32Ge Ge 72.59	15	33As As 74.92	16	34Se Se 78.96	17	35Br Br 79.90	18	36Kr Kr 83.80	
													13	32Ge Ge 72.59	14	33As As 74.92	15	34Se Se 78.96	16	35Br Br 79.90	17	36Kr Kr 83.80	18	37Rb Rb 85.47	
													13	33As As 74.92	14	34Se Se 78.96	15	35Br Br 79.90	16	36Kr Kr 83.80	17	37Rb Rb 85.47	18	38Sr Sr 87.62	
													13	34Se Se 78.96	14	35Br Br 79.90	15	36Kr Kr 83.80	16	37Rb Rb 85.47	17	38Sr Sr 87.62	18	39Y Y 88.91	
													13	35Br Br 79.90	14	36Kr Kr 83.80	15	37Rb Rb 85.47	16	38Sr Sr 87.62	17	39Y Y 88.91	18	40Zr Zr 91.22	
													13	36Kr Kr 83.80	14	37Rb Rb 85.47	15	38Sr Sr 87.62	16	39Y Y 88.91	17	40Zr Zr 91.22	18	41Nb Nb 92.91	
													13	37Rb Rb 85.47	14	38Sr Sr 87.62	15	39Y Y 88.91	16	40Zr Zr 91.22	17	41Nb Nb 92.91	18	42Mo Mo 95.94	
													13	38Sr Sr 87.62	14	39Y Y 88.91	15	40Zr Zr 91.22	16	41Nb Nb 92.91	17	42Mo Mo 95.94	18	43Tc Tc 98.91	
													13	39Y Y 88.91	14	40Zr Zr 91.22	15	41Nb Nb 92.91	16	42Mo Mo 95.94	17	43Tc Tc 98.91	18	44Ru Ru 101.1	
													13	40Zr Zr 91.22	14	41Nb Nb 92.91	15	42Mo Mo 95.94	16	43Tc Tc 98.91	17	44Ru Ru 101.1	18	45Rh Rh 102.9	
													13	41Nb Nb 92.91	14	42Mo Mo 95.94	15	43Tc Tc 98.91	16	44Ru Ru 101.1	17	45Rh Rh 102.9	18	46Pd Pd 106.4	
													13	42Mo Mo 95.94	14	43Tc Tc 98.91	15	44Ru Ru 101.1	16	45Rh Rh 102.9	17	46Pd Pd 106.4	18	47Ag Ag 107.9	
													13	43Tc Tc 98.91	14	44Ru Ru 101.1	15	45Rh Rh 102.9	16	46Pd Pd 106.4	17	47Ag Ag 107.9	18	48Cd Cd 112.4	
													13	44Ru Ru 101.1	14	45Rh Rh 102.9	15	46Pd Pd 106.4	16	47Ag Ag 107.9	17	48Cd Cd 112.4	18	49In In 114.8	
													13	45Rh Rh 102.9	14	46Pd Pd 106.4	15	47Ag Ag 107.9	16	48Cd Cd 112.4	17	49In In 114.8	18	50Sn Sn 118.7	
													13	46Pd Pd 106.4	14	47Ag Ag 107.9	15	48Cd Cd 112.4	16	49In In 114.8	17	50Sn Sn 118.7	18	51Sb Sb 121.8	
													13	47Ag Ag 107.9	14	48Cd Cd 112.4	15	49In In 114.8	16	50Sn Sn 118.7	17	51Sb Sb 121.8	18	52Te Te 127.6	
													13	48Cd Cd 112.4	14	49In In 114.8	15	50Sn Sn 118.7	16	51Sb Sb 121.8	17	52Te Te 127.6	18	53I I 126.9	
													13	49In In 114.8	14	50Sn Sn 118.7	15	51Sb Sb 121.8	16	52Te Te 127.6	17	53I I 126.9	18	54Xe Xe 131.3	
													13	50Sn Sn 118.7	14	51Sb Sb 121.8	15	52Te Te 127.6	16	53I I 126.9	17	54Xe Xe 131.3	18	55Ba Ba 137.3	
													13	51Sb Sb 121.8	14	52Te Te 127.6	15	53I I 126.9	16	54Xe Xe 131.3	17	55Ba Ba 137.3	18	56La La 138.9	
													13	52Te Te 127.6	14	53I I 126.9	15	54Xe Xe 131.3	16	55Ba Ba 137.3	17	56La La 138.9	18	57La La 138.9	
													13	53I I 126.9	14	54Xe Xe 131.3	15	55Ba Ba 137.3	16	56La La 138.9	17	57La La 138.9	18	58Ce Ce 140.1	
													13	54Xe Xe 131.3	14	55Ba Ba 137.3	15	56La La 138.9	16	57La La 138.9	17	58Ce Ce 140.1	18	59Pr Pr 140.9	
													13	55Ba Ba 137.3	14	56La La 138.9	15	57La La 138.9	16	58Ce Ce 140.1	17	59Pr Pr 140.9	18	60Nd Nd 144.2	
													13	56La La 138.9	14	57La La 138.9	15	58Ce Ce 140.1	16	59Pr Pr 140.9	17	60Nd Nd 144.2	18	61Pm Pm 144.9	
													13	57La La 138.9	14	58Ce Ce 140.1	15	59Pr Pr 140.9	16	60Nd Nd 144.2	17	61Pm Pm 144.9	18	62Sm Sm 150.4	
													13	58Ce Ce 140.1	14	59Pr Pr 140.9	15	60Nd Nd 144.2	16	61Pm Pm 144.9	17	62Sm Sm 150.4	18	63Eu Eu 152.0	
													13	59Pr Pr 140.9	14	60Nd Nd 144.2	15	61Pm Pm 144.9	16	62Sm Sm 150.4	17	63Eu Eu 152.0	18	64Gd Gd 157.3	
													13	60Nd Nd 144.2	14	61Pm Pm 144.9	15	62Sm Sm 150.4	16	63Eu Eu 152.0	17	64Gd Gd 157.3	18	65Tb Tb 158.9	
													13	61Pm Pm 144.9	14	62Sm Sm 150.4	15	63Eu Eu 152.0	16	64Gd Gd 157.3	17	65Tb Tb 158.9	18	66Dy Dy 162.5	
													13	62Sm Sm 150.4	14	63Eu Eu 152.0	15	64Gd Gd 157.3	16	65Tb Tb 158.9	17	66Dy Dy 162.5	18	67Ho Ho 164.9	
													13	63Eu Eu 152.0	14	64Gd Gd 157.3	15	65Tb Tb 158.9	16	66Dy Dy 162.5	17	67Ho Ho 164.9	18	68Er Er 167.3	
													13	64Gd Gd 157.3	14	65Tb Tb 158.9	15	66Dy Dy 162.5	16	67Ho Ho 164.9	17	68Er Er 167.3	18	69Tm Tm 168.9	
													13	65Tb Tb 158.9	14	66Dy Dy 162.5	15	67Ho Ho 164.9	16	68Er Er 167.3	17	69Tm Tm 168.9	18	70Yb Yb 173.0	
													13	66Dy Dy 162.5	14	67Ho Ho 164.9	15	68Er Er 167.3	16	69Tm Tm 168.9	17	70Yb Yb 173.0	18	71Lu Lu 175.0	

附錄二

		半 反 應	E° (伏 特)		
弱 ↑ 氧化力 ↓ 強		$K^+ + e^- \rightleftharpoons K$	-2.925	強 ↑ 還原力 ↓ 弱	
		$Ba^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ba$	-2.90		
		$Ca^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ca$	-2.87		
		$Na^+ + e^- \rightleftharpoons Na$	-2.714		
		$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg$	-2.37		
		$Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al$	-1.66		
		$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mn$	-1.18		
		$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn$	-0.763		
		$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr$	-0.74		
		$Fe^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Fe$	-0.440		
		$Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co$	-0.277		
		$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ni$	-0.250		
		$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$	-0.136		
		$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb$	-0.126		
		$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	-0.000		
		$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$	+0.337		
		$I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	+0.536		
		$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg$	+0.789		
		$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$	+0.799		
	$Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$	+1.065			
	$Cl_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$	+1.360			
	$Au^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Au$	+1.50			
	$F_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-$	+2.87			

註：設定氫的還原電位為零電位——標準電極。將任一電極與參考電極於 1atm、25°C 下組合所測得的電位為該電極的標準還原電位