

CONTENTS

前言

Chapter	
1	電是什麼？
①	電燈是文明開化的起點 2
②	電是如何從電線桿送到住家 4
③	電費是怎麼計算的？ 6
④	電很方便，但也很危險！ 8
知識	讓接地線義務化的首起高壓電觸電意外 11
⑤	「短路」和「接地」，到底是什麼意思？ 12
⑥	電動吸塵器的原理 14
⑦	微波爐「只」加熱食物的原理 16
⑧	冷氣降溫的原理就跟灑水一樣!？ 18
⑨	為什麼被靜電電到會痛，卻不會死人？ 20
⑩	人類發現靜電後花了2000年才弄清它的真面目！ 22
⑪	賭命實驗揭開雷的真面目 24
⑫	青蛙腿與電密不可分的關係 26
⑬	所有電池的起點 28
⑭	極光和日光燈的原理相同？ 30
⑮	質子（電子）數決定原子的性質 32
⑯	「電流」就是電子的移動 34
⑰	電流可通過的導體與不可通過的絕緣體 36
⑱	電的通道「電線」，分解後長什麼樣子？ 38
知識	能自己發電的電鱷 40

讓電力得以
被充分運用的電路

- 19 存在高壓電線上的鳥為什麼不會觸電？ 42
- 20 讓電流通過的電路也有符號表？ 44
- 21 電壓是什麼？ 46
- 22 大家都聽過的「歐姆定律」 48
- 23 2種連接法「串聯」和「並聯」 50
- 24 愛迪生和特斯拉的電流戰爭 52
- 25 電壓會改變的「交流電」有多大？ 54
- 26 會阻礙電流的作用統稱為「阻抗」 56
- 27 交流電路的「相位差」是什麼？ 58
- 插圖** 插座有左右之分！ 60

認識如何把電應用在我們的
生活中！電的作用

- 28 用空氣燒開水 62
- 29 靠電子加速和碰撞發熱的家電產品 64
- 30 電流與光的關係 68
- 31 磁鐵中存在很多小磁體 70
- 32 用電產生磁力的「電磁鐵」 72
- 33 利用電磁鐵發出聲音的揚聲器 74
- 34 為什麼MRI能用強力磁鐵掃描人體內部？ 76
- 插圖** 電阻突然變成零的「超導」 79
- 35 線圈的「抗拒改變」性質和電 80
- 36 如何讓線圈產生的電壓增強？ 82
- 37 從線圈和磁鐵認識發電機的原理 84
- 38 把電的電壓轉換成適合居家使用的變壓器 86
- 39 電動機能夠平順轉動的原理 88
- 40 利用電波分析天氣的氣象雷達 90
- 41 電波是什麼？ 92
- 42 天線能發送電波也能接收電波 94
- 43 在太空中收發電波的衛星通訊 96
- 44 鐵會生鏽的原因 98
- 45 鏽的本質就是電 100
- 46 利用化學方式取出電力的電池 102
- 47 在物體表面覆上金屬材料的電鍍 104
- 插圖** 電力小偷和法伴 106

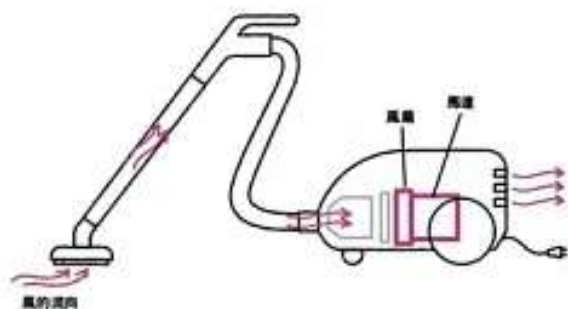
48 從使用到充電都不需要插電!?	108
49 認識乾電池的內部構造	110
50 汽車用的鉛蓄電池	112
51 智慧型手機也用到的鋰離子電池	114
52 燃料電池不是電池?	120
專欄 綜合能源效率優秀的家用燃料電池ENE-FARM	123
53 被喻為超大型蓄電池的抽水發電	124
54 利用自然水循環發電的水力發電	126
55 原理與燒水推動風車一樣的火力發電	130
56 發電原理類似火力發電的核能發電	134
57 我們身邊可用來發電的能量	136
58 以半導體為要角的太陽能發電	138
59 結構比外表看來更加複雜的風力發電	140
60 掘井取得發電源的地熱發電	142
61 每天都會看到的電線桿和電線	144
62 從發電到把電送到家裡	146
63 電源頻率可以改變嗎?	148
64 日本東西部電源頻率不同的歷史背景	150
65 停電有3種	152
專欄 鋰離子電池與諾貝爾獎	156

66 生活隨處可見的半導體	158
67 認識半導體的原理!	160
68 LED的優點與發光原理	162
69 讓家電產品達到省電功效的逆變器	164
70 如何解釋類比訊號和數位訊號的差別?	166
71 為什麼網路線改用光纖取代電線?	168
72 5G等行動通訊系統	170
73 設置伺服器並提供服務的資料中心	172
74 將萬物連上網的IoT	174
75 車子的引擎、方向盤、煞車等都是用電腦控制	176
76 為什麼不用觸摸身體就能測量體溫?	178
77 偵測到人就會開燈的人體感測器	180
78 血壓計等壓力感測器是怎麼測量壓力的?	182
79 照相機等電子產品的感光元件可將光線轉換成電子訊號	184

INDEX	186
-------	-----

6

電動吸塵器的原理



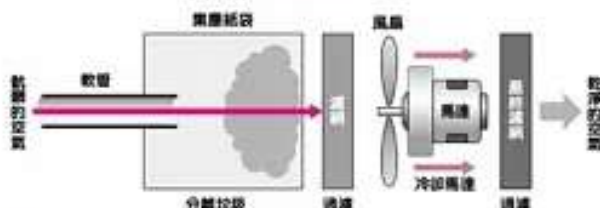
吸塵器的構造

吸塵器主要是由吸取灰塵與垃圾的吸頭、連接吸頭和本體的軟管，以及本體組成。這三者的內部是一個聯通的空洞，可使空氣通過。本體內部有一具由馬達驅動的風扇，風扇前方還有過濾灰塵的濾網，濾網又分成數個種類。濾網的其中一層是集塵紙袋，較大的垃圾會在這裡被過濾掉。

吸塵器的運作

如第15頁上圖所示，按下開關之後，吸塵器的馬達會開始運轉，並帶動連接馬達的風扇轉動。風扇的轉速高達每分鐘30000~40000轉以上，進入扇葉之間的空氣會被甩到外側，接著從排氣口排出。這會導致扇葉中心區域的空氣變少並產生吸力，通過軟管將

空氣從外面吸入。此時，灰塵與垃圾也會跟著空氣一起被吸入，然後被集塵紙袋或濾網過濾，排到外部。吸塵器排出的空氣之所以是熱的，是因為這些空氣被用來冷卻馬達。

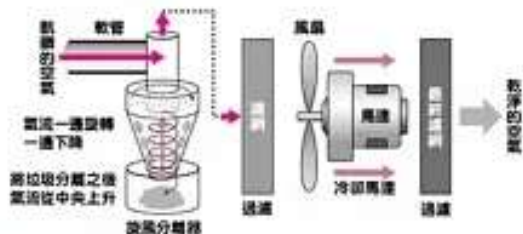


▲ 本體的構造

1 這是什麼？

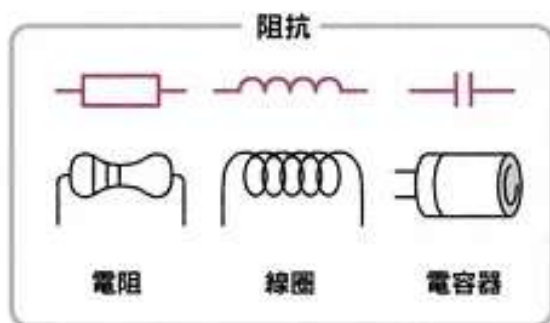
旋風吸塵器

這有一種不使用集塵紙袋的旋風吸塵器。旋風吸塵器如下圖所示，改用旋風分離器取代集塵紙袋。旋風分離器會用比擬颱風的力量讓空氣在內部旋轉，使垃圾被離心力甩到內壁上。將垃圾分離之後，只有空氣會通過濾網排出去。



▲ 旋風吸塵器的原理

26

會阻礙電流的作用
統稱為「阻抗」

妨礙電流的東西

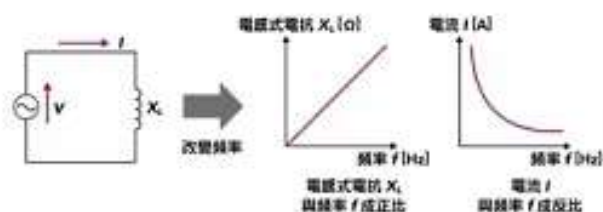
根 據歐姆定律的推導，我們知道電阻愈大則電流愈難流動。換句話說，**電阻具有妨礙電流動的作用**。而歐姆定律不只適用於直流電路，也適用於交流電路。然而在交流電路上，除了電阻之外，線圈和電容器也有阻礙電流動的作用。

這是因為交流電路上的電壓和電流大小隨時都在變化。而線圈和電容器具有「討厭變化」的性質，所以會妨礙電流。線圈阻礙電流的性質叫做**電感式電抗**，而電容器阻礙電流的性質則叫做**電容式電抗**。電阻和電抗又合稱為**阻抗**。它們的單位全都和電阻一樣是 Ω （歐姆）。

不過，電抗並非固定不變，而是會隨著頻率變化。

電感式電抗

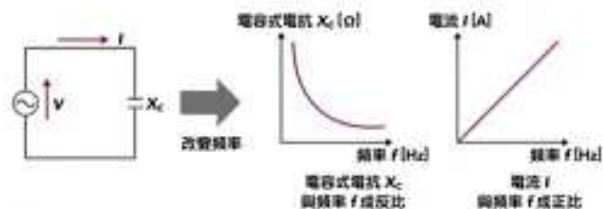
如下圖所示，**電感式電抗與頻率成正比**。頻率愈大，電抗也愈大，結果就導致電流更難流動。



▲ 電感式電抗

電容式電抗

如下圖所示，**電容式電抗與頻率成反比**。頻率愈大，電抗就愈小，結果讓電流更容易流動。



▲ 電容式電抗

34

為什麼MRI能用
強力磁鐵掃描人體內部？

MRI是什麼？

MRI是Magnetic Resonance Imaging的縮寫，即磁振造影。這種技術不需要使用放射線，也不會造成疼痛，透過掃描人體就能拍出內臟和血管的影像。

MRI裝置的筒型輪主要是由磁鐵組成。但太弱的磁力無法使人體內的成分產生反應，所以需要使用強力的磁鐵。因此，MRI主要是使用永久磁鐵（鈹磁鐵）或電磁鐵（超導磁鐵），其中最常用的是超導磁鐵。

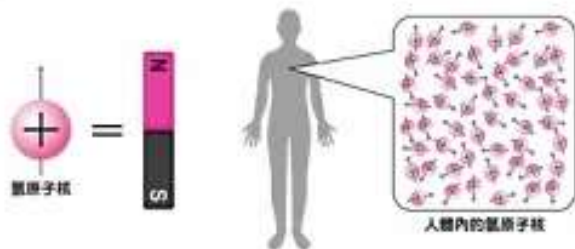
超導磁鐵

所謂的超導，指的是某些物質的溫度降到特定溫度以下時，電阻突然變成零的現象。當電流通過這個狀態的線圈（超導線圈）時，因為電阻是零，所以電流會半永久地在線圈中持續流動，產生強大的磁場。日本興建中的磁浮中央新幹線的列車也搭載了超導磁鐵。

氫

如下圖所示，氫原子的原子核本身就是一個微小的磁鐵。在通常狀態下，氫原子核的磁鐵會各自朝向不同方向。

而MRI掃描的，正是氫原子核的磁性。至於為什麼是氫原子，這是因為人體重量的60%左右都是水，而水含有氫原子，這意味著人體內到處都有氫原子，而且數量很豐富。



▲ 氫原子核

MRI的運作

當人體進入MRI的強力磁鐵後，便會如第78頁的圖所示，人體內的氫原子核會在磁力的作用下整齊排列。其原理就和指南針在地球磁場的作用下，會永遠指向北方一樣。

在此狀態下，用特定頻率的電波照射人體，人體內的氫原子核就會違背磁力方向，一邊進行運動一邊改變方向。這就叫做**磁共振現象**。

當停止用電波照射人體後，氫原子核又會再度轉回外部磁場的方向。此時，氫原子核的磁場變化會產生微弱的電波，而這個電波可以被放在人體附近的天線檢測出來。然後電腦就能根據從人體內檢測到的電波訊號強度和位置，繪製出訊號的分布圖。



▲ MRI的原理

人體內的氫原子主要是以和氧結合成的水，以及和氧與碳結合成的脂肪存在。因此和不同的元素結合時，氫原子發出電波訊號的速度也會有所有差異。可以透過這個時間差來分辨是水還是脂肪。

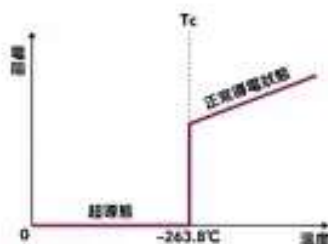
透過上述方法，MRI裝置便能得知人體內的氫原子的位置和狀態。然後依照氫原子發出的訊號強弱，以白到黑等不同濃淡，將人體內的情況繪製成圖，讓醫療人員檢查有無異常。

此外，因為MRI內部裝有強力磁鐵，所以接受檢查時，身上不能穿戴會受磁力影響的金屬物品。另外像是手錶、助聽器、時鐘、手機等電子機器，也會因為磁力影響而故障。

電阻突然變成零的「超導」

所謂的超導，指的是將某些物質降溫到非常低的溫度時，電阻突然變成零的現象。MRI所用的超導磁鐵是一種叫做鈮鈦合金(Nb-Ti)的物質。另外，「超導」有時也叫做「超電導」。

超導狀態如下圖所示，會在超導物質的溫度降到遠低於室溫的臨界溫度 T_c 時出現，此時該物質的電阻會突然變成零。然而，並非所有金屬都存在超導性質。例如銅之類的金屬就並未觀測到超導現象。

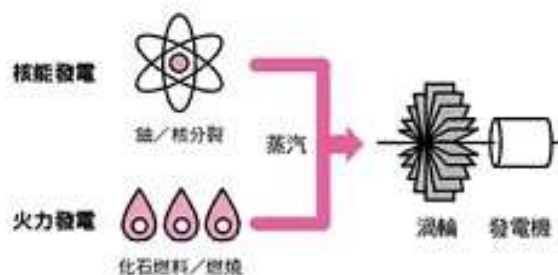


▲ 超導 (鈮鈦合金)

要讓鈮鈦合金進入超導態，必須使其維持在 -263.8°C 以下的低溫。因此，一般是使用沸點為 -269°C 的液態氬來冷卻。假如在此過程中，超導態因為某種原因而消失，物質就會出現電阻而產生大量的熱能。這種現象稱為失超(Quench)。由於失超會導致液態氬汽化，體積會瞬間膨脹大約700倍，因此必須十分注意安全。

為了避免MRI裝置的超導磁鐵因失超現象而損壞，MRI都裝有可將氬氣安全排到室外的設備。另外，氬氣本身是無害的。

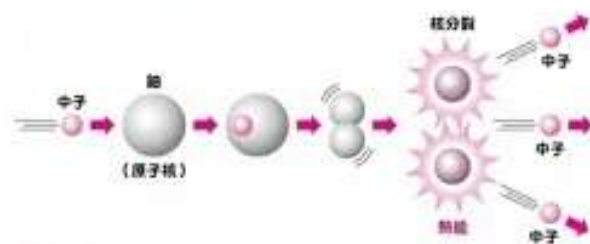
56

發電原理類似
火力發電的核能發電

核分裂

無 論核能發電還是火力發電，其原理都是用蒸汽轉動渦輪來產生電力，只是兩者產生蒸汽的方法不同。

火力發電是燃燒化石燃料製造蒸汽，而核能發電是利用反應爐內的鈾進行核分裂時產生的熱來煮沸水，製造蒸汽。

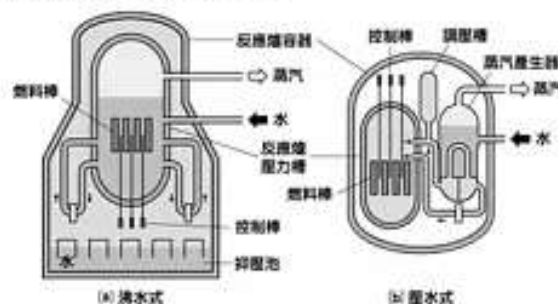


▲ 核分裂

核分裂指的是一個原子核分裂成2個以上原子的過程，尤其鈾是一種非常容易發生核分裂的物質。用中子撞擊鈾的原子核，鈾的原子核便會如第134頁下圖所示，分裂為二。而原子核在分裂的時候，又會釋放出2~3個中子。接著新釋放的中子又會撞擊其他鈾原子的原子核，引起下一個核分裂，產生連鎖反應。由於核分裂時會產生大量的熱，因此可以利用這些熱將水變成蒸汽。

反應爐的種類

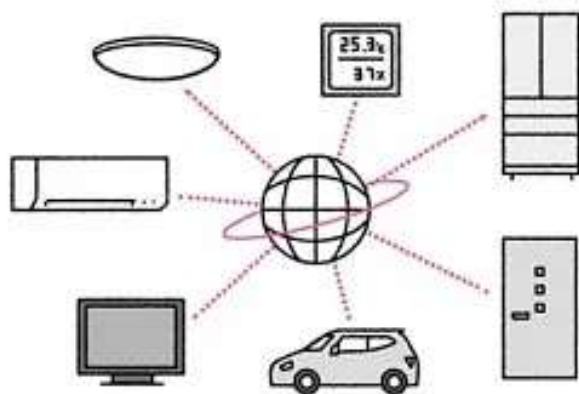
目前，全球使用最廣泛的反應爐是**輕水反應爐**。這種反應爐可依照蒸汽的產生方式分為下面2種。



▲ 反應爐的種類

沸水式反應爐是利用核分裂產生的熱能將水變成蒸汽，再利用蒸汽轉動發電用的渦輪發電。另一方面，**壓水式反應爐**是利用核分裂釋放出的能量在反應爐中產生高溫高壓的水，然後把水送到蒸汽產生器，並用反應爐的水將其他來源的水煮沸，產生蒸汽，再利用蒸汽轉動發電用的渦輪發電。因此在壓水式反應爐中，含有放射性物質的蒸汽不會通過渦輪和冷凝器。

74

將萬物
連上網路的IoT

什麼是IoT?

IoT是「Internet of Things」的縮寫，翻譯成中文便是物聯網。在過去，網路的使用場景主要是住家和公司。後來隨著通訊技術的快速發展，智慧型手機和平板電腦等行動裝置問世，讓人們在住家和公司外面也可以連上網路。而隨著現代社會的數位化，讓冷氣、冰箱等家電，以及汽車和公車、工廠的設備與裝置等各種「物品」也都能連上網路的物聯網，開始被廣泛應用。

IoT可以做什麼?

IoT可以實現的功能主要分為下圖這4類。

①遠端操作物品

從遠方遙控操作物品的功能。例如可以在外面透過手機App打開家裡的冷氣、掃地機器人、電子鍋的開關等。

②得知事物的狀態

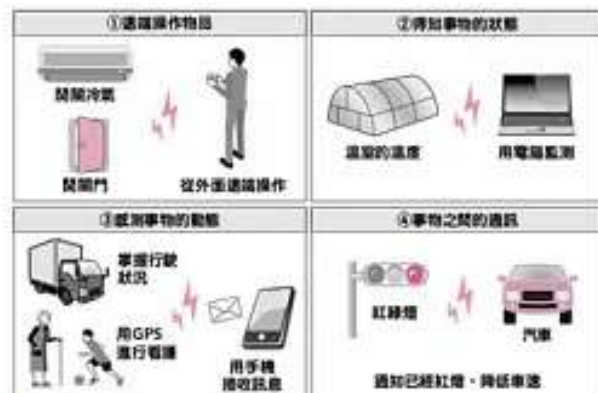
透過網路監測特定物品的功能。

③感知事物的動態

例如可即時掌握電車、公車的行駛狀況或人潮多寡，以及提前或立即感知到行人衝出或物體翻倒的功能。

④事物之間的通訊

例如接收交通管制、塞車資訊、紅綠燈的資料等，為駕駛設定最適合的行车路線或調整車速。另外，透過智慧音箱操作家電的功能也包含在內。



▲ IoT 的功能