

單元 4

電路好好玩

> 單元學習目標

1. 能透過觀察與資料，了解通路的連接方式，並知道電路中的燈泡在通路時會發光，斷路時不發光。
2. 能透過實驗與討論，知道將不同物體連接在電路中，如果燈泡會發光，表示物體容易導電是電的良導體，如果燈泡不發光，表示物體不易導電是電的不良導體。
3. 能藉由實驗與討論，知道電池串聯與並聯的連接方式，了解電池串聯、並聯對燈泡亮度的影響。
4. 能藉由實驗與討論，知道燈泡串聯與並聯的連接方式，了解燈泡串聯、並聯對燈泡亮度的影響。
5. 能透過資料與實驗，知道發光二極體（LED）並探究連接方式。
6. 能透過觀察與討論，知道日常生活中電池的種類與用途以及廢電池的回收方式。
7. 能透過討論，了解日常生活中的用電安全守則。

> 單元設計理念

本單元首先透過觀察手電筒的構造讓學生認識並清楚電線、電池及燈泡的外形特徵。接著介紹電線及電池的連接方式，並導入通路及斷路的觀念，藉由操作讓學生知道在「通路」的情況下燈泡會發光，而在「斷路」的情況之下，燈泡不會發光，再應用「通路」的概念，讓學生學習分辨哪些物體是電的良導體。

透過操作讓學生學習電路串聯和並聯的連接方式，並比較各種電路對燈泡亮度的影響及認識發光二極體（LED）。

認識生活中電池的種類和用途，學會正確回收廢電池的方式，並應用本單元所學，認識生活中有許多物體是使用不容易導電的材料製成，可以避免使用者觸電。

> 單元地位

1. 本單元在探究「電路的特性」，了解通路、斷路、電的良導體、串聯與並聯等概念，利用相關知識設計電路圖進行實驗，並知道使用電器的安全注意事項。
2. 本單元可作為 6 年級「奇妙的電磁世界」的學習基礎。

現在要學	未來會學的
1. 了解通路的連接方式，並知道電路中的燈泡在通路時會發光，斷路時不會發光。 2. 將不同物體連接在電路中，如果燈泡會發光，表示物體容易導電，如果燈泡不發光，表示物體不易導電。 3. 了解容易導電的物體稱為電的良導體，不容易導電的物體稱為電的不良導體。 4. 學習電池串聯與並聯的連接方式，了解電池串聯、並聯對燈泡亮度的影響。 5. 學習燈泡串聯與並聯的連接方式，了解燈泡串聯、並聯對燈泡亮度的影響。 6. 認識發光二極體（LED）。 7. 認識日常生活中電池的種類與用途以及廢電池的正確回收方式。 8. 認識日常生活中的用電安全守則。	1. 知道通電的線圈可以產生磁力。 2. 知道使用電器時會產生電磁波。

> 教學計畫表

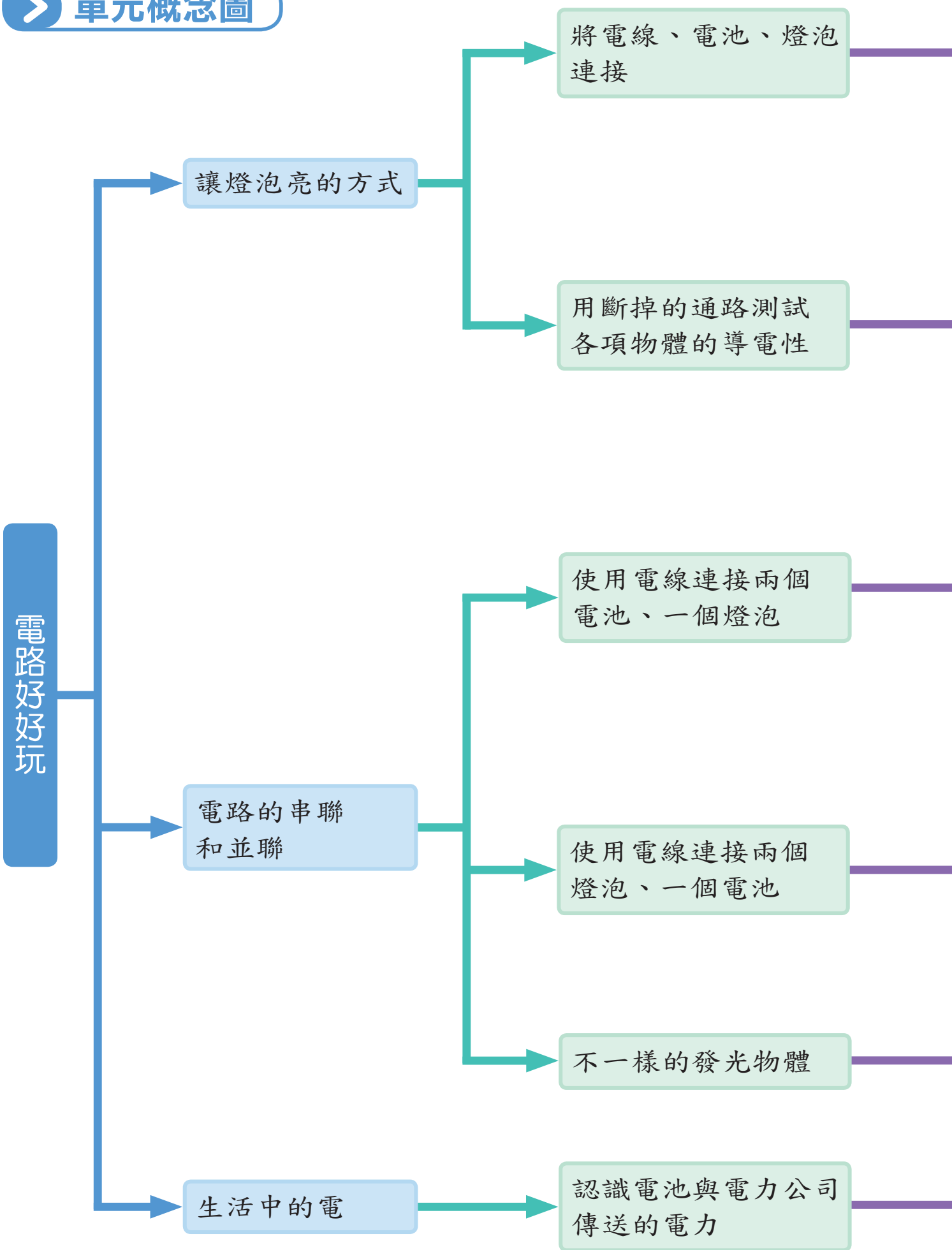
活動名稱		節數	學習目標	學習重點	
活動 1 讓燈泡亮的方式	1-1 燈泡亮了	2	能透過實驗與討論，了解通路的連接方式，並知道電路中的燈泡在通路時會發光，斷路時不會發光。	1. 認識電線、乾電池和燈泡的外形構造。 2. 知道連接電池、電線和燈泡形成電路，如果電路中的燈泡發光，表示形成「通路」；如果電路中的燈泡不發光，表示形成「斷路」。	
	1-2 開關與導體	3	1. 能藉由實驗與討論，知道不同物體連接在電路中，如果燈泡會發光，表示物體容易導電，如果燈泡不發光，表示物體不易導電。 2. 能藉由實驗與資料，了解容易導電的物體稱為電的良導體。	1. 知道將物體連接在電路中，測試哪些物體容易導電。 2. 觀察手電筒的構造，了解如何利用開關控制手電筒的通路與斷路。 3. 知道利用物體導電的特性設計簡易開關。	
活動 2 電路的串聯和並聯	2-1 電池的串聯和並聯	2	能透過實驗與討論，知道電池串聯與並聯的連接方式，並了解電池串聯、並聯對燈泡亮度的影響。	了解利用兩個乾電池供燈泡發光的方式，並知道乾電池串聯和並聯對燈泡亮度的影響。	
	2-2 燈泡的串聯和並聯	2	能透過實驗與討論，知道燈泡串聯與並聯的連接方式，了解燈泡串聯、並聯對燈泡亮度的影響。	了解能使兩個燈泡都會發光的連接方式，並知道燈泡串聯、並聯的連接方式及對燈泡亮度的影響。	

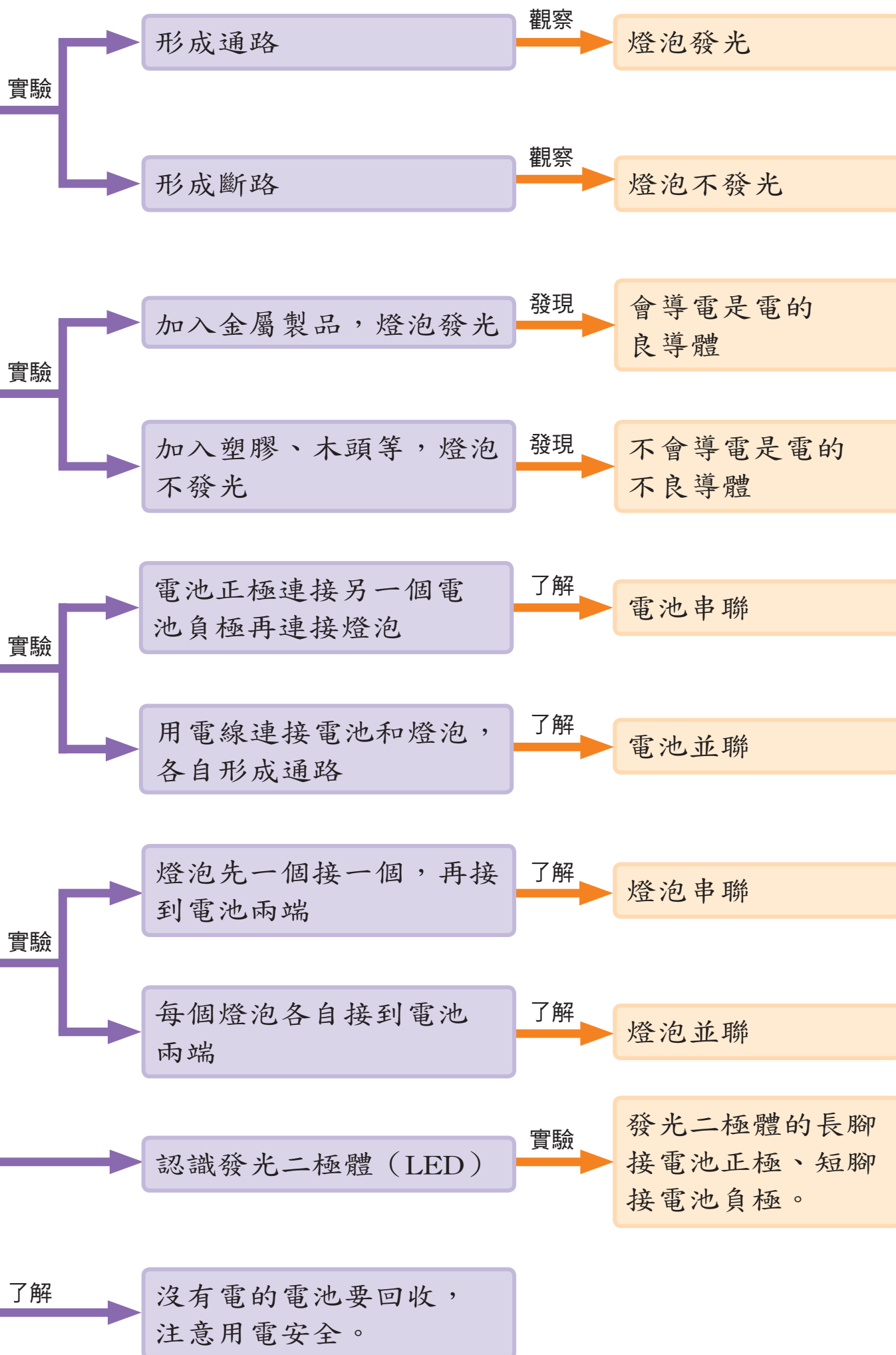
	學習內容	學習表現	核心素養	議題融入
	INa- II -3 物質各有其特性，並可以依其特性與用途進行分類。	tc- II -1 po- II -1 pe- II -2 pc- II -2 ai- II -1 an- II -1	自-E-B1 自-E-C2	性 E4 性 E11 人 E3 人 E5 環 E1 環 E16
	INe- II -8 物質可分為電的良導體和不良導體，將電池用電線或良導體接成通路，可使燈泡發光、馬達轉動。	tc- II -1 po- II -1 pe- II -1 pe- II -2 pa- II -2 pc- II -2 ai- II -1 an- II -1	自-E-A2 自-E-A3 自-E-C2	性 E4 性 E11 人 E3 人 E5 環 E1 環 E16
	INb- II -1 物質或物體各有不同的功能或用途。 INb- II -2 物質性質上的差異性可用來區分或分離物質。 INe- II -9 電池或燈泡可以有串聯和並聯的接法，不同的接法會產生不同的效果。	pe- II -1 pe- II -2 pa- II -2 pc- II -2 ai- II -1 an- II -1	自-E-A3 自-E-C2	性 E4 性 E11 人 E3 人 E5 環 E1 環 E16
	INb- II -1 物質或物體各有不同的功能或用途。 INb- II -2 物質性質上的差異性可用來區分或分離物質。 INe- II -9 電池或燈泡可以有串聯和並聯的接法，不同的接法會產生不同的效果。	pe- II -1 pe- II -2 pa- II -2 pc- II -2 ai- II -1 an- II -1	自-E-A3 自-E-C2	性 E4 性 E11 人 E3 人 E5 環 E1 環 E16

活動名稱		節數	學習目標	學習重點	
活動 2 電路的串聯和並聯	2-3 不一樣的燈泡	1	能藉由資料與實驗，知道發光二極體（LED）並了解連接方式。	認識發光二極體（LED）並了解連接方式。	
	3-1 電路的使用與回收	1	能透過觀察與討論，知道使用電池時的安全事項與廢電池的回收。	- 了解生活中許多物體都會使用電池，而且電池的種類不同。 - 知道電力耗盡且不能重複使用的電池應該回收。	
活動 3 生活中的電	3-2 用電安全	1	能透過資料與討論，知道使用電器時要注意的安全事項。	- 知道日常生活中，大部分的電器是利用電力公司傳過來的電力，電力比電池的強很多，使用時要注意安全。 - 了解有許多物體利用不良導體的材料設計，可以避免使用者觸電。	

	學習內容	學習表現	核心素養	議題融入
INa- II -3 INb- II -1	物質各有其特性，並可以依其特性與用途進行分類。 物質或物體各有不同的功能或用途。	tc- II -1 po- II -1 pe- II -1 pe- II -2 pa- II -2 pc- II -2 ai- II -1 an- II -1	自-E-A3 自-E-C2	性 E4 性 E11 人 E3 人 E5 環 E1 環 E16
INa- II -8 INf- II -1 Ng- II -3	日常生活中常用的能源。 日常生活中常見的科技產品。 可利用垃圾減量、資源回收、節約能源等方法來保護環境。	tc- II -1 po- II -1	自-E-A1	性E4 性E11 人E3 人E5 環E1 環E16 能E5
INa- II -8	日常生活中常用的能源。	po- II -1 pe- II -2	自-E-C2	性E4 性E11 人E3 人E5 環E1 環E16 能E5

> 單元概念圖





教學活動說明

活動 1：讓燈泡亮的方式		教學時間：200 分鐘
1-1：燈泡亮了		教學時間：80 分鐘
教學流程	教學說明與注意事項	
► 提問 手提燈籠裡面是由哪些東西組成？ ► 解釋 觀察乾電池、電線和燈泡的外形看看它們有什麼特別的地方。	1.教師指導學生將手提燈籠打開並觀察燈籠裡的構造，包含乾電池、電線、小燈泡和開關。 2.教師引導學生觀察乾電池、電線和燈泡的外形，介紹它們的細部構造。 (1)燈泡外有玻璃罩，玻璃罩內有燈絲，電線連接時，要接在燈泡的連接點和螺紋狀金屬體上。 (2)乾電池凸起的一端稱為正極，用「+」表示；平的一端稱為負極，用「-」表示。 (3)電線的外面是塑膠皮，裡面是一束銅線，使用時須將電線兩端的塑膠皮剪掉。 注意 (1)教師可以指導學生拿放大鏡觀察燈泡中的燈絲並介紹燈泡的連接點位置，提醒學生連接電路時須注意連接點的位置。（燈絲有一端連接到燈泡底部的連接點上，另一端則連接到燈泡側邊的螺紋狀金屬體上。） (2)教師指導學生要小心切開電線的塑膠皮，讓學生了解連接電路時，要讓電線的銅線部分連接到乾電池及燈泡，燈泡才會發光。	
► 實驗 畫出乾電池、電線和燈泡的連接方式，再依照電路設計圖實際做做看。	3.教師引導學生討論如何連接一條電線、一個電池和一個燈泡，使燈泡發亮，設計電路連接圖並進行實驗。 (1)請學生分組討論如何將一條電線、一個電池和一個燈泡連接，將想法在紙上（或黑板、白板上……）畫下來。 (2)依照預測的電路設計圖，用電池、燈泡、電線連接成電路，並將結果記錄下來。 (3)觀察燈泡有沒有發光，並分成兩類。 4.教師引導學生討論如何連接兩條電線、一個電池和一個燈泡，使燈泡發亮，並依照前面實驗步驟，再將結果記錄下來。	
► 討論 根據實驗內容與結果進行討論。	討論 (1)測試結果和預測的情形相同嗎？為什麼？ →相同，因為燈泡連接後成功發亮，與預測情形相同。（請學生依照實驗結果回答） (2)電線應該分別接在燈泡和電池的哪裡，燈泡才會發亮？ →電線一端要連接燈泡的螺紋狀金屬體或底部的灰色連接點，另一端要連接電池的正極或負極，燈泡才能發亮。	

5.乾電池、電線和燈泡可以連接形成電路。

- (1)乾電池的正極和負極與燈泡的兩個連接點相連，燈泡才會發光，稱為「通路」。
- (2)乾電池的正極和負極沒有與燈泡的兩個連接點相連，燈泡不發光，稱為「斷路」。

6.教師引導學生思考當通路形成時，電的流動路線會如何？

- 乾電池的正極與負極、電線、燈泡的兩個連接點會相連，電由這條路線流動。

注意

- 教師可以利用課本說明：燈泡發光時，電流由乾電池的正極流出，經過燈泡底部的灰色連接點，流經燈絲，再由燈泡側邊的螺紋狀金屬體流至乾電池的負極，形成通路。

7.教師引導學生延伸思考，電路中的燈泡不會發光的原因可能是什麼？

- (1)可能是電池沒電了。
- (2)可能是燈泡壞了。
- (3)可能電線裡面的銅線斷了。

教學流程	教學說明與注意事項
► 觀察 觀察手電筒的構造，探討手電筒的開關裝置。	1.教師引導學生觀察手電筒的各個構造，探討手電筒的燈泡發光與不發光，是由什麼構造控制。 (1)手電筒的內部有金屬片、金屬圈和金屬彈簧，把開關往上推，金屬片、金屬圈和金屬彈簧接觸形成通路，燈泡會發光。 (2)把開關往下推，金屬片、金屬圈和金屬彈簧沒有互相接觸，電路形成斷路，燈泡不會發光。 (3)手電筒的燈泡發光，表示形成通路。燈泡不發光，表示形成斷路，通路和斷路可用開關控制。 注意 (1)教師可以利用課本圖片，引導學生仔細觀察手電筒的各個構造提醒學生留意：開關可以控制手電筒是否形成通路，以及使電池、燈泡連接以形成通路的物體是金屬製品。 (2)教師多鼓勵學生動手試試看如何操作手電筒上的開關，依據測試結果使學生理解，手電筒的開關能控制燈泡是否會發光。
► 閱讀「小學堂」	2.閱讀小學堂：燈泡座和電池座。
► 引導 什麼是導電。	3.教師引導學生了解導電是指物體具有可以讓電流通過或傳導的性質。
► 觀察 由觀察中發現問題。	4.教師引導學生觀察並討論電線的構造，思考電線的外面是塑膠皮，裡面是銅線，電線內的銅線會導電，因此銅可能會導電。
► 提問 觀察的過程中提出想知道的問題。	5.教師引導學生思考所有的物體是否都會導電，教師教學提問建議如下： (1)銅線的外面包著塑膠皮可以預防我們觸電，是因為塑膠皮可能不會導電嗎？ (2)是不是有些物體會導電，有些物體不會導電呢？
► 蒐集資料 根據提問蒐集資料。	6.分組蒐集資料後，再根據資料來探討大家的問題。 (1)不同物體，能讓電流通過程度不同。 (2)連接會導電的物體，才能形成通路，例如：使燈泡發光。
► 假設 根據蒐集到的資料提出假設。	7.能使電路變通路的物體就是能夠導電的物體。
► 實驗 測試容易和不容易導電的物體。	8.設計「測試容易和不容易導電的物體」實驗步驟，收集不同種類的物體，進行實驗並分類。 (1)先製作一個確認是通路的電路。 (2)將不同的物體（例如：鐵尺、橡皮擦、迴紋針、塑膠尺、橡皮筋、硬幣等要測試的物體）接在斷開的電路中，試試看燈泡是否能發光。

教學流程	教學說明與注意事項
► 結果 檢驗實驗結果是否支持假設？將結果記錄在習作中。 ► 討論 根據實驗結果進行討論。 ► 結論 根據實驗結果和討論獲得完整的結論。 ► 提問 如何利用物體會導電的特性設計一個簡易開關？ ► 實驗 進行實驗，製作簡易開關。	注意 (1)用物體連接電路時，要將電線的銅線觸碰物體。 (2)測試物體的導電性時請提醒學生留意燈泡是否良好、電池是否有電、電線是否接觸良好等情況，以免影響實驗結果。 (3)必要時可以用兩個電池串聯，燈泡發光的效果更好辨識。 9.教師引導學生分享自己的觀測發現與結果，根據步驟可以觀察到： (1)發現有些物體可以讓燈泡發光，有些物體無法讓燈泡發光。 (2)能讓燈泡發光的物體大多是金屬製品。 討論 (1)連接哪些物體可以使燈泡發光？ →鐵尺、迴紋針等物體。（請學生依照實驗結果回答） (2)能使燈泡發光的物體，有什麼特性？ →能使燈泡發光的物體大多是金屬製品。 10.根據實驗結果發現： (1)電路中連接容易導電的物體時，燈泡會發光。連接不容易導電的物體時，無法使燈泡發光。 (2)容易導電的物體稱為電的良導體，不容易導電的物體稱為電的不良導體。 11.教師引導學生思考能不能利用物體導電的特性來設計簡易開關，教師教學提問建議如下： (1)是不是要先設計一個通路，再將開關加入通路中呢？ (2)開關要不要具備導電的特性？ (3)開關開啟時應該要讓電路形成通路還是斷路呢？ 12.進行「製作簡易開關」實驗，觀察結果並記錄在習作中。 (1)先讓學生分組討論他們想做的自製電路是什麼： ①須應用哪些材料來設計開關。 ②要怎麼測試這個開關有沒有設計成功，例如：是否能讓燈泡亮。 ③讓學生自行發揮創意，應用本單元所學的知識設計一個簡易開關。 (2)可以參考課本的設計： ①先將電線、乾電池、燈泡連接形成通路，再把電線剪斷。 ②在電線的一端綁上迴紋針並將迴紋針分別夾厚紙板上。 ③手壓厚紙板，讓 2 根迴紋針互相接觸時，就會形成通路使燈泡發光。

教學流程	教學說明與注意事項
► 討論 針對實驗內容與結果進行討論。 ► 延伸 開關是如何控制小馬達的轉動？ ► 實驗 測試使用自己設計的簡易開關控制小馬達轉動。 ► 討論 針對觀察內容與結果進行討論。 進行習作第 45～46 頁 ►► ► 歸納	注意 (1)引導學生利用先前的學習經驗，選擇容易導電的物體製作開關。 (2)由於人體是導體，若是直接手持迴紋針電線，可能會誤以為是人體使電路形成通路。 討論 • 如何判斷設計的簡易開關是否有發揮功用？ → 可以將開關連接在通路中，利用是否能讓燈泡發光來確認。 13.教師延伸引導學生思考，在日常生活中許多玩具或物體會利用小馬達通電後產生動力來運作，開關如何控制小馬達的轉動。 (1)先讓學生思考有哪些玩具或物體會使用小馬達運作。 → 電動玩具車、電風扇等。 (2)引導學生思考如果通電時打開要讓馬達轉動，應該要如何連接。 → 開關打開時要讓小馬達形成通路，開關關閉時要形成斷路。 注意 • 教師讓學生自由發表，生活中曾看過哪些通電後會動的玩具與物體，再選出至少二件有小馬達、容易拆開的物體給學生觀察，引導學生了解這些通電後會動的玩具與物體都具備小馬達。 14.教師引導學生思考並將自己做的簡易開關連接小馬達，測試是否能控制小馬達轉動。 • 可以參考課本的設計，用電線將電池的正極、負極與小馬達連接電線用的金屬片相連可使小馬達轉動。 注意 • 教師引導學生延伸思考「如何改進小馬達，才能清楚觀察轉動的方向」，可以參考現成的玩具或物體，幫小馬達加上風扇或色紙。如果教學時間充裕，可推廣利用這些材料動手設計、製作會動的玩具，並讓學生互相觀摩學習。 討論 • 壓下和放開簡易開關時，馬達轉動情形一樣嗎？ → 不一樣，當壓下簡易開關時會形成通路，馬達會轉動；放開簡易開關時會形成斷路，馬達會停止轉動。
1.在電路中加入連接的物體，仍可以使燈泡發光，這些物體稱為電的良導體，例如：銅、鐵等。 2.在電路中加入連接的物體，如果無法使燈泡發光，這些物體稱為電的不良導體，例如：塑膠、木製品等。 3.可以利用電的良導體來製作一個簡易的開關。	

活動 2：電路的串聯和並聯		教學時間：200 分鐘
2-1：電池的串聯和並聯		教學時間：80 分鐘
教學流程	教學說明與注意事項	
► 提問 遙控器內有兩個電池是怎麼連接的呢？ ► 實驗 進行實驗，探討電池不同連接法的亮度與特性。	1.教師引導學生思考，在電路中有一個燈泡和兩個電池要怎麼接才能使燈泡發光。 2.教師引導進行「探討電池不同連接法的亮度與特性」實驗，討論如何連接兩個電池與一個燈泡。 (1)請學生先依自己的想法畫出設計圖。 (2)將電池與燈泡依照設計圖連接測試。 (3)將實驗結果紀錄在習作中。 注意 - 課本中的做法： ①小明將兩個電池連接在一起，再連接燈泡（電池串聯）。 ②小美將兩個電池分別連接在燈泡上（電池並聯）。	
► 討論 根據實驗結果進行討論。	討論 - 哪一種連接法的燈泡亮度會比較亮？ →用<u>小明</u>的方法連接，燈泡會比較亮（請學生依照實驗結果回答）。	
► 解釋 電池串聯與電池並聯的連接方式不同。	3.教師解釋電池的串聯和並聯，並引導學生實際操作。 (1)一個電池的正極連接另一個電池的負極，再連接電線和燈泡形成通路，這種接法稱為「電池串聯」。 (2)用電線連接每個電池和燈泡，各自形成通路，稱為「電池並聯」。 (3)電池串聯時，燈泡的亮度會比電池並聯時還亮。	
► 實驗 進行實驗，探討電池串聯和並聯的功能性。 ► 討論 根據實驗內容與結果進行討論。	4.教師引導進行「探討電池串聯和並聯的功能性」實驗，討論當通路中有一個電池沒和電線接好，燈泡是否還會發光。 討論 - 電池串聯與並聯時，如果其中一個電池沒和電線接好，結果會如何呢？ →①電池串聯時，當其中一個電池沒和電線接好，電路中的燈泡不會發光。 ②電池並聯時，當其中一個電池沒和電線接好，但是電路中的另一個電池有和電線接好，燈泡還是會發光。	

教學流程	教學說明與注意事項
► 結論 根據實驗結果與討論獲得完整的結論。 進行習作第 47 ~ 48 頁 ►►	5.根據實驗結果發現： (1)電池串聯時，電線、兩個電池和燈泡形成一個通路，因此當其中一個電池沒和電線接好，通路斷開，燈泡不會發光。 (2)電池並聯時，電線、兩個電池和燈泡各自形成通路，因此當其中一個電池沒和電線接好時，只有這條通路斷開，另一條通路不受影響，燈泡還是會發光。

► 歸納

- 1.一個電池的正極連接另一個電池的負極，再連接電線和燈泡形成通路，這種接法稱為「電池串聯」。
- 2.用電線連接每個電池和燈泡，各自形成通路，稱為「電池並聯」。
- 3.電池串聯時，燈泡的亮度會比電池並聯時還亮。
- 4.電池串聯時，當其中一個電池沒和電線接好，通路斷開，燈泡不會發光。
- 5.電池並聯時，當其中一個電池沒和電線接好，但另一條通路不受影響，燈泡還是會發光。

2-2：燈泡的串聯和並聯

教學時間：80 分鐘

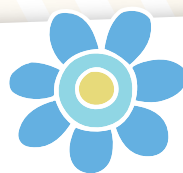
教學流程	教學說明與注意事項
► 觀察 如果想讓電路中的兩個燈泡都發光，電路該怎麼連接？ ► 實驗 進行實驗，探討燈泡不同連接法的亮度與特性。	1.教師引導學生思考，在電路中有兩個燈泡和一個電池要怎麼接才能使燈泡發光。 2.教師引導進行「探討燈泡不同連接法的亮度與特性」實驗，討論如何連接兩個電池與一個燈泡。 (1)請學生先依自己的想法畫出設計圖。 (2)將電池與燈泡依照設計圖連接測試。 (3)將實驗結果記錄在習作中。 注意 (1)課本中的做法： ①<u>小明</u>將兩個燈泡連接在一起，再連接電池（燈泡串聯）。 ②<u>小美</u>將兩個燈泡分別連接在電池上（燈泡並聯）。 (2)為了在通路中連接兩個燈泡，教師可以事先準備燈泡座，只要將燈泡放入燈泡座中旋緊，就能指導學生將電線接到燈泡座的兩端連接點，學生比較容易操作，也可以增加實驗的成功率。 (3)鎢絲燈泡在串聯時亮度可能會不同，因為大多數金屬導體的電阻值會隨溫度升高而增加，影響到流經燈泡的電流與電壓，所以需要等到燈泡兩邊溫度相同時才會一樣亮，而LED幾乎不發熱，因此不會有此現象。

教學流程	教學說明與注意事項
► 討論 根據實驗結果進行討論。 ► 解釋 燈泡串聯與燈泡並聯的連接方式不同。 ► 實驗 進行實驗，探討燈泡串聯和並聯的功能性。 ► 討論 根據實驗內容與結果進行討論。 ► 結論 根據實驗結果與討論獲得完整的結論。 進行習作第 49～51 頁 ►►	討論 - 哪一種連接法燈泡的亮度會比較亮？ → 用<u>小美</u>的方法連接，燈泡會比較亮（請學生依照實驗結果回答）。 3. 教師解釋燈泡的串聯和並聯，並引導學生實際操作。 - 燈泡一個接一個串接後，再接到電池兩極形成通路，這種接法稱為「燈泡串聯」。 - 每個燈泡都直接連到電池兩極各自形成通路，這種接法稱為「燈泡並聯」。 - 燈泡並聯時，每個燈泡的亮度會比燈泡串聯時每個燈泡還亮。 4. 教師引導進行「探討燈泡串聯和並聯的功能性」實驗，討論當通路中有一個燈泡沒和電線接好，另一個燈泡是否還會發光。 討論 - 燈泡串聯與並聯時，如果其中一個燈泡沒和電線接好，結果會如何呢？ → ① 燈泡串聯時，當其中一個燈泡沒和電線接好，全部燈泡就不會發光，產生斷路。 ② 燈泡並聯時，當其中一個燈泡沒和電線接好，另一個燈泡還是會發光，因為另一個燈泡有和電線接好，提供電力，還是通路。 5. 根據實驗結果發現： - 燈泡串聯時，電線、電池和兩個燈泡形成一個通路，因此當其中一個燈泡沒和電線接好，通路斷開兩個燈泡都不會發光。 - 燈泡並聯時，電線、電池和兩個燈泡各自形成通路，因此當其中一個燈泡沒和電線接好，只有一條通路斷開，另一條通路不受影響使此通路中的燈泡還是會發光。
► 歸納	- 燈泡一個接一個再接到電池的兩端，形成通路，就稱為「燈泡串聯」。 - 每個燈泡都各自用電線接連到電池的兩端，各自形成通路，稱為「燈泡並聯」。 - 燈泡並聯時，燈泡的亮度比較亮。 - 燈泡串聯時，當其中一個燈泡沒和電線接好則所有燈泡不會發光。 - 燈泡並聯時，當其中一個燈泡沒和電線接好，另一條通路不受影響使此通路中的燈泡還是會發光。

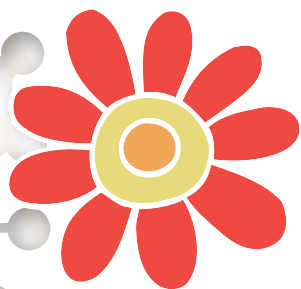
教學流程	教學說明與注意事項
► 觀察 生活中還有一種能照明的物體和我們實驗的燈泡不一樣，這種物體有什麼特別的地方？ ► 閱讀「小學堂」 ► 引導 根據觀察與閱讀進行討論。 ► 實驗 進行實驗，探討 LED 的長短腳與電池如何連接。 ► 討論 根據實驗結果與提問進行討論。 ► 結論 根據實驗與討論獲得完整的結論。 ► 歸納	1.教師引導學生認識發光二極體（LED）。 2.閱讀小學堂：發光二極體（LED）。 3.教師根據觀察與小學堂，請學生討論 LED 要如何與電池連接： (1)學生發現 LED 比較小顆，也沒有玻璃罩，LED 的腳有長有短。 (2)長短腳都是直線金屬製作，用於連接電線嗎？ (3)長短腳跟電池正負極的連接有關嗎？ 4.教師引導進行「探討 LED 的長短腳與電池如何連接」實驗，討論 LED 應該如何與電池連接才能使 LED 發光。 (1)使用兩個電池，用正極連接 LED 長腳，負極連接 LED 短腳，LED 會發出微弱的光線。 (2)使用兩個電池，用正極連接 LED 短腳，負極連接 LED 長腳，LED 不會發光。 注意 - 一般市售常見的 LED 有電壓介於 1.8V — 2.4V 之間與電壓介於 3.V — 3.6V 之間不同的 LED。使用前請教師先注意 LED 的電壓限制。 討論 - LED的長短腳與電池正極、負極連接有關嗎？ →有，LED 的長腳要接在電池正極、LED 的短腳要接在電池負極，這樣 LED 才會發光。 5.根據觀察與討論發現 LED 的長腳要連接電池正極、LED 的短腳要連接電池負極，LED 才會發光。
	LED 的長腳要連接電池正極、LED 的短腳要連接電池負極，LED 才會發光。

活動 3：生活中的電		教學時間：80 分鐘
3-1：電池的使用與回收		教學時間：40 分鐘
教學流程	教學說明與注意事項	
► 提問 生活中，你看過哪些物體需要使用電池？電池的種類都相同嗎？	1. 教師可準備幾種物體與對應使用的電池，或利用課本圖片，讓學生觀察有哪些電池種類。 (1) 手電筒用 1 號電池、鬧鐘用 3 號電池、遙控器用 4 號電池、手錶用水銀電池、手機用鋰電池、麥克風用 9V 電池，有些電子計算機使用太陽能電池。 (2) 不同物體使用的電池種類不相同。	
► 討論 根據觀察結果與提問進行討論。	討論 - 將電池裝入電器時，電池的正極、負極有一定的放置方向嗎？ → 學生可由舊經驗回答： ① 有，如果沒有依照一定的方向放置電池，電器就不能使用。 ② 通常電池負極會連接彈簧。	
► 閱讀小學堂	2. 閱讀小學堂：電池的種類。	
► 引導 沒有電的廢電池該怎麼處理？	3. 教師引導學生討論如何處置廢電池。 (1) 應該將廢電池統一回收。 (2) 可以將不能使用的廢電池拿到學校、超商、照相館、資源回收站等地方回收。	
► 結論 確實回收廢電池，維護環境。 進行習作第 52 頁 ►►	4. 若將廢舊電池混入生活垃圾一起填埋，電池內的物質會污染土壤地下水，對生物造成威脅。	
► 歸納	1. 生活中，不同種類的電池用於不同電器。 2. 廢電池須回收，避免污染環境。	

教學流程	教學說明與注意事項
► 引導 說一說，生活中的物體有哪些設計可以避免我們觸電？ ► 提問 使用電器時的安全注意事項。 ► 討論 根據觀察與提問進行討論。 ► 閱讀「生活中的科學」	1. 引導學生思考從電力公司傳送來的電力比乾電池的電力強很多，使用不小心就會有觸電的危險，生活中的物體有哪些設計可以避免我們觸電？請學生分組討論、分享。 (1) 電線的外面有一層塑膠皮。 (2) 插座不用時，用插座防護塞保護。 (3) 家庭電器加裝漏電斷路器。 (4) 絕緣手套可以避免直接接觸。 2. 教師引導學生思考，在使用電器時要注意哪些安全事項呢？ (1) 拔下插頭時，應手持插頭取下，不可僅拉電線，以免造成電線內部銅線斷裂。 (2) 使用中的延長線勿超過電流量負載。 討論 (1) 電器用品該如何使用才安全？ → ① 使用前仔細閱讀使用說明，再進行使用。 ② 不可以同時在同一個插座上使用多個電器。 (2) 生活中應該留意哪些行為，以免觸電？ → ① 身體潮溼不能接觸使用中的電器。 ② 不可以把手或拿雜物放入插座。 3. 閱讀「生活中的科學」，並探討生活中有無類似經驗。 生活中的科學 —— 雙控開關 一般的電燈只有一個開關，例如：檯燈、浴室內的燈。為什麼上樓梯時，可以在樓下把電燈打開，然後上樓後再把電燈關掉呢？ 樓梯電燈的兩個開關稱為「雙控開關」，就是電燈會由兩個開關來控制，也就是一個開關中同時會有常開和常關的兩個接觸點。
► 歸納	使用電器時，應注意用電安全。



筆記欄



➤ 參考資料

一、元宵節

1. 元宵提燈起源：

- (1) 漢武帝因迷信方士，尊崇「太一神」（北極星），每逢正月十五祭太一時必通宵達旦，徹夜通明。當夜不宵禁，人們可提燈自由夜行，久而久之，就形成元宵提燈的習俗。元宵夜掛燈籠的風俗源起於西漢，盛行於唐朝。歷代帝王為誇示天下太平，於是大力倡導人垂掛燈籠。明太祖朱元璋在位期間，命百姓自正月初八夜晚即開始掛燈籠。永樂帝朱棣命百姓徹夜掛燈籠、鳴樂到天明，並讓王妃、宮女們在正月十五日出宮看花燈，希冀舉國同歡。
- (2) 民間傳說，從前有一隻神鳥某天因迷路而降落在人間，卻意外被獵人射殺了。天帝因而大發雷霆，命天兵在正月十五日放火把人類通通燒死。天帝有一位心地善良的女兒，因不忍見此慘狀，冒著生命的危險，把這個不幸的消息告訴人們。大家聽到這個消息時，感到萬分驚愕，均不知如何是好。這時有個老人家想出了一個法子。他說：「在正月十四、十五、十六日三天，家家戶戶各自在門前掛上紅色燈籠、燃放爆竹、施放煙火，如此，天帝就會以為人們都已經被燒死了。」全能的天帝果然被瞞騙了。自此之後，民眾便於每年正月十五日前後三天內，掛上燈籠、施放煙火。
- (3) 「燈」可諧音「丁」，因此，提燈、鬧燈被當作人丁旺盛的佳兆，也就是說，燈節愈熱鬧，人丁就愈昌旺。廟宇每逢元宵節會舉辦鬧燈會活動「鑽燈腳（下）」，就是和一個添丁祈福有關的民俗。古時婦女為了早生貴子，要在元宵夜鑽燈腳，意謂「穿燈求貴子」。
- (4) 根據僧史略及涅槃經中的描述，上元燃燈原來是西域地帶象徵佛法大明的習俗，隨佛教傳入中國後，與漢人的年節相連，才形成喜氣洋洋的燈節。古時燈油蠟燭價格昂貴，平日入夜後，除大戶人家堂前簷下懸掛的門燈泛出微光外，更是漆黑一片，只有正月十五元宵夜燈火連陌，全民狂歡。

2. 臺灣各地元宵慶祝活動：

- (1) 新北市：平溪天燈是國內外聞名的一項傳統民俗活動。天燈又名孔明燈，相傳為三國時代的諸葛亮（孔明）所創，當初為了傳遞軍情，遂利用熱脹冷縮原理製作燈盞飄浮於空中，造成錯誤的「星象」資訊，用以欺騙司馬懿大軍。後逐漸流傳至民間，成為凡人向上天許願祈福的媒介。在上元節放天燈可「上達天聽」，有向天官祈福之意。根據平溪長者所述，天燈施放傳統始自道光年間，移民陸續到文山地區開墾。那時有盜匪作亂，騷擾聚落，平溪人只好避難於山中，待危機過後，才由留守村中的壯丁以天燈為信號，通知鄉人返家。後來時局雖安定，放天燈的習俗卻保留下來，成為地方民俗。天燈飄浮的原理與熱氣球相同，只要將球內之空氣加熱，讓球內一部分空氣受熱膨脹，此時內部的空氣密度比外部空氣小，充滿熱空氣的球體就能飛起來了。
- (2) 苗栗縣：客家傳統炸龍活動，就是用鞭炮炸龍，為苗栗地區客家傳統元宵活動。臺灣各地皆有舞龍之民俗活動，唯獨苗栗縣客家發展出「炸龍」的習俗。早期苗栗客家以務農為主，人民的生活與廟會慶典息息相關，除了一般的舞龍慶典，更將舞龍神化為「迎龍」活動，期望藉神龍帶來祥瑞之氣，帶給民眾平安吉祥、五穀豐收。

- (3) 臺南市：鹽水蜂炮，臺南市鹽水區的「鹽水蜂炮」每年都吸引成千上萬的人前往觀賞，成為臺灣最瘋狂的民俗嘉年華會。相傳大約在三百年前，鹽水港由於港口泥沙淤積，環境衛生不好，釀成瘟疫蔓延，死傷慘重。於是當地居民便向關聖帝君祈求，並在元宵節時迎請關聖帝君及眾神出巡，且於神轎所到之處燃放爆竹。隔天，瘟疫漸消，原本惶恐不安的日子也歸於平靜，鎮民為了感謝關聖帝君的神靈賜福，施放鞭炮、烽火成了鹽水居民的習俗，於是鹽水的代代子孫便每年依例行事，至今有一百八十多年的歷史，而鹽水的蜂炮就這麼沿續下來了。
- (4) 臺東縣：炸寒單，傳說寒單爺是趙公明，是商、周時代魯國山東終南山人氏，因為善於理財所以非常有錢，被民眾奉為財神。他原居峨嵋山羅浮洞，黑面濃鬚，騎黑虎，一手執銀鞭，一手持元寶，全副戎裝，隨身帶著定海珠和縛龍繩法寶，自古世居山內精修道術。在封神演義中為商朝勇將，商、周交戰時，銜命助殷商之力，後死於姜子牙法術。死後，成為職司禳災保安、買賣生財之神，御位中路財神（為正財神）為財神界之主宰；因為又受到玉皇大帝敕封為三十六天官之首，命他率領四位部屬迎祥納福（為偏財神），統管凡間之福禍，合稱「五路財神」職司掌管天下四方財庫。其四位部屬名為「招寶天尊」、「納珍天尊」、「招財使者」、「利市仙官」。寒單爺又稱為「武財神」，據說這位武財神非常怕冷，因此人們在每次出巡時都會大量燃放鞭炮來替財神爺祛寒以求能留住財神爺得到財神爺的眷顧，保佑今年能發大財。另一方面人們更相信他為商朝武將，不懼水火，因此在出巡時不論是肉身寒單或抬轎的轎夫，都不怕四面擲來的鞭炮。

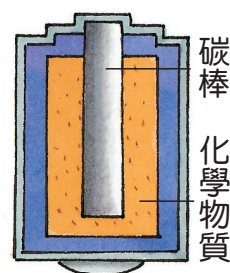
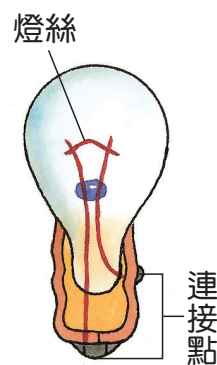
3. 元宵節小常識：

- (1) 正燈：古時候燈會的時間長短不一定，在不同時代，從三夜到十夜不等，從農曆正月十三日開始設燈，叫「上燈」，十四日為「試燈」，十五日為「正燈」，最後一天結束稱為「謝燈」、「收燈」或「落燈」。
- (2) 添燈：元宵節又稱為燈節，表面上看起來只是玩弄欣賞花燈的遊樂而已，其實元宵對中國人還有特殊意義，就是人們對於「添丁」的盼望從「添燈」來表現。大家一起添燈，帶有「丁旺」以及「才旺」的期許。尤其閩南語的「燈」與「丁」同音，所以傳統社會非常重視這節日。

4. 花燈故事：古人因為元宵的歡樂得來不易，因此更加重視、珍惜，早早就開始籌畫，絞盡腦汁設計、製作別出心裁的花燈。燈籠最早的形式是圓的，並在燈籠上繪些花鳥圖畫，象徵圓滿如意，隨著手藝的進步，各種造型的花燈如獅燈、虎燈、龍燈、燕子燈、走馬燈、宮燈、火樹、燈輪等紛紛出現。更有甚者，據《明皇雜錄》記載，有位巧匠毛順紮了一幢高五十尺、隔有二十個房間，且綴滿金銀綵帶的燈樓，不但壯觀，風吹過時還叮噠作響。平時大門不出二門不邁的深閨婦女，這天也都「解禁」了，來到市街賞燈「賞人」，驚鴻一瞥、一夜邂逅的愛情故事，成為騷人墨客發揮的題材。「去年元夜時，花市燈如晝，月上柳梢頭，人約黃昏後。今年元夜時，月與燈依舊，不見去年人，淚溼春衫袖。」，就是歷史上有名的宋朝女詞人朱淑真（或說歐陽修或秦觀所作）的詞〈生查子〉。

二、燈泡與乾電池的構造

1. 燈泡的構造：根據右圖燈泡的透視圖，可以看到使燈泡發亮的部分是燈絲，在燈絲的兩端各連接一條金屬線，這兩條金屬線分別連接在燈泡的底端，及燈泡旁的銅片上，形成不同的兩極，用電線將兩極連接在乾電池上通以電流時，燈絲就會產生高熱而發光。燈泡內的燈絲（鎢絲）要在沒有空氣（或低壓的惰性氣體）的情況下才耐得住高溫而發光，燈泡如果破了，鎢絲在高溫的情況下遇到氧氣就會燒斷，燈泡就不會亮了，因此必須用玻璃罩把鎢絲罩住，抽出裡面的空氣，再裝入氬或氬等不易和鎢絲起作用的氣體。
2. 乾電池的構造：從右圖中，可看出電池的內部構造。電流流出的一極叫正極，電流流入的一極叫負極。當兩極用電線連接時，由於其內部的化學反應會將產生的化學能轉變為電能，此時就會有電流由正極流向負極，產生電流形成通路，因而使燈泡發光。



三、靜電與電流

1. 靜電：靜電學是電學中最古老的學科，現在靜電應用技術和靜電防護技術已愈來愈受人們重視。約 2500 年前，古希臘哲學家泰利斯（Thales）在研究天然磁石的磁性時，發現用絲綢、法蘭絨摩擦琥珀之後也有類似於磁石能吸引輕小物體的性質。因此，泰利斯成為有歷史記載的第一個靜電實驗者。電這個詞起源於希臘語 $\epsilon\lambda\epsilon\kappa\tau\rho\omicron\nu$ （琥珀）。電學之父吉爾伯特（William Gilbert）重複泰利斯的實驗。他用其他的珠寶作實驗，注意到經摩擦後雖然能吸引東西，但不像磁石具有指向南北方向的性質。他把這些用摩擦能帶電的物質稱為「摩擦起電物體（Electrics）」。而把摩擦不能帶電的物體叫「非摩擦起電物體（no-electrics）」。為了進一步研究這些物體的吸引能力，吉爾伯特還發明了第一個驗電器（versorium）用來檢驗帶電物體。這是一個中心可以轉動、由很輕的木材或金屬做成的細針，當摩擦過的琥珀靠近時，細針可以轉動。他還發現在天氣乾燥的時候，這些物體容易產生吸引力，因此，吉爾伯特被稱為是電學之父。不久，格里克（Otto von Guericke）發現電的排斥現象。如果把帶電棒接近金屬屑時，它們開始吸引，然後排斥。西元 1678 年格里克製造了第一個摩擦靜電起電機，他把硫磺粉碎熔化後，灌入一個直徑為六英寸的空玻璃球內，在其中間插入一條木棒作為軸，硫磺冷卻後，使玻璃球破碎，做成一個硫磺球。當球迅速轉動並用布或直接用手摩擦硫磺球時能產生很大的火花。之後，西元 1709 年英國科學家豪克斯比（Francis Hauksbee）做了一個類似於格里克的靜電發生器，這種摩擦靜電起電機經過不斷改進，後來在靜電實驗中起過重要的作用，直到十九世紀霍爾茨（Wilhelm Holtz）和托普勒（August Toepler）分別發明感應起電機後才被取代。豪克斯比還發明了第一個靜電計，他把彎曲

的稻草掛在絕緣的金屬棒的一端，發現當帶電體接近時稻草會排斥而張開。他的另一個重大發現是：當把兩個相距 1 英寸的球放在一起，而摩擦其中之一時，兩球都發光，這一現象在當時他不了解原因，實際上這就是靜電感應現象。富蘭克林 (Benjamin Franklin) 做了許多實驗後認為有兩種電荷存在，即正電荷和負電荷。他的一個有名實驗是兩個人站在用蠟做成的平臺上，第三個人站在地面上，用布摩擦玻璃棒後使站在絕緣臺上的一個人帶上玻璃棒的電，另一個站在絕緣臺上的人帶上布的電，若這兩個人的手指接觸時會感到電擊。他們兩個人的任何一個與站在地面上的人接觸後再用手指互相接觸，電擊就弱些。富蘭克林認為靜電的產生不是因摩擦了「摩擦起電物質」引起的，而是因「電流體」的轉移，雖然這概念不完全正確，但是實際過程卻與後來的發現基本相符合埃瓦爾德 (Ewald Georg von Kleist) 於西元 1745 年把玻璃瓶灌入半瓶水，上面塞上塞子，然後從塞子中穿入一釘子，直到釘子恰好觸及水面，然後他把釘子的一頭連到靜電起電機上，使電能通過釘子傳到水裡。他發現這瓶水能貯電，貯存到一定程度後，它能吸引小物體或產生火花，他把水換成其他的液體如水銀、酒精後，能產生更大的火花。這種能貯電的瓶就是第一個電容器。萊頓大學教授穆森布羅克 (Pieter van Musschenbroek) 重複了埃瓦爾德的實驗後，他把瓶的內外用金屬箔包覆，從瓶口的塞子中插入金屬線直到它觸及瓶內的金屬箔而發明了「萊頓瓶」。富蘭克林發現尖端最易「吸引」電。他在房頂上豎立一根尖杆來試驗空氣和雲的帶電極性和特徵，並利用尖杆和萊頓瓶收集電荷。這個實驗使他得到了一個偶然的收穫，發現了尖杆接地後能防止雷擊。他還做了有名的風箏實驗。有人會認為他在雷雨天氣放風箏是很愚蠢的，但事實上是他在西元 1752 年的某天做實驗時雷雨正要來臨。他在風箏上固定一根金屬線，以便從雷雲中獲取更多的電，雨淋溼了連結風箏的細線，而這細線的一端連在萊頓瓶的一端。當雷雨來臨時，萊頓瓶上不斷產生火花。他知道這種實驗的危險性，並採取了合適的安全措施。他用絲綢線連結到放風箏的細線上，用手拿著絲綢線而不是放風箏的線，並把萊頓瓶接在連接絲綢線的前端，且站在室內使得絲綢線不被淋溼。

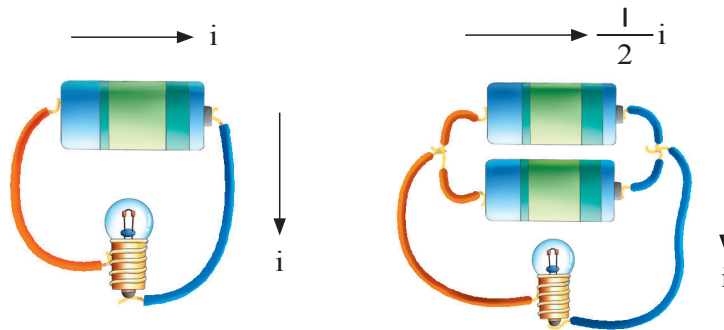
2. 電流：賈法尼 (Luigi Galvani) 發現了一種不用摩擦就能產生的電。他觀察到摩擦起電會使青蛙腿抽搐。在西元 1786 年的一個日子，當他用銅鉤懸掛青蛙置於窗外時，偶然發現只要風吹得青蛙觸及鐵柱時，青蛙會抽搐。他認為這種現象與把青蛙連到靜電起電機上的情形相似，但這時沒有靜電源存在。賈法尼把青蛙腿放在鐵鍋中，然後用銅線觸及青蛙腿的神經，發現青蛙腿抽搐，當用鐵絲觸及青蛙的神經時，卻不會發生抽搐。當他試驗了多種金屬材料後，發現兩種不同的金屬接觸青蛙時會發生抽搐。賈法尼把它稱為「生物電」。現在人們知道當兩種不同的金屬接觸後會產生電位差，這種現象叫「賈法尼現象」或「接觸電勢」。伏打 (Alessandro Volta) 在西元 1799 年仔細研究賈法尼現象之後，認為青蛙腿的抽搐不過是對於電流的靈敏反應，而肌肉提供了一定的溶液，因此電流產生的先決條件是兩種不同金屬插在某種溶液中並構成迴路。他在西元 1800 年用鋅板和銅板插入一瓶稀酸中做成了第一個電池，稱為「伏打電池」，並把電池串聯起來做成一個電流更強的伏打電堆。電壓的單位伏特就是以他的

名字命名的。電流代表正電荷在導線中的流動，由高電位流向低電位，亦即由電池的正極經外電路再流回電池的負極。電流的定義是某截面積單位時間通過的淨電量。電量的單位為庫倫（C），一秒鐘通過一庫倫的電量稱為一安培（A）的電流。

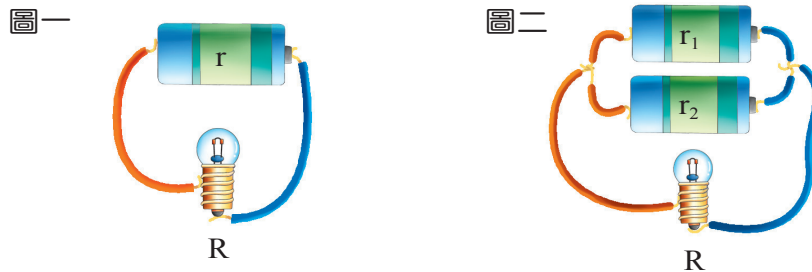
四、電池並聯的益處

1. 當並聯電池形成通路時，每個乾電池都負擔電流，因為電流減半，用電量也減半，所以用電時間加倍。

（圖中 i 表示電流）



2. 電池內部之電阻也因並聯而大大減小，可以使整個電流稍微增加。



- (1) 圖一：總電阻為 $R + r$

- (2) 圖二：因 $\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{r'}$ $\frac{r_1 + r_2}{r_1 r_2} = \frac{1}{r'}$ $r' = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$

又因 $r_1 = r_2 = r$ 總電阻為 $R + r'$

$$\begin{aligned} \text{即 } & R + \frac{r r}{r + r} \\ &= R + \frac{r r}{2r} \text{ , 故電阻減小} \\ &= R + \frac{r}{2} \end{aligned}$$

五、電池的種類

1. 鉛蓄電池：是一種可以被重新完全充電的電池，汽車使用的電瓶就是屬於這一種。鉛蓄電池多用於汽機車等運輸工具，近年來更發展出各種用途不同的鉛蓄電池，如可在水中和在低溫下使用的電池，其使用範圍增大，對我們愈來愈重要。鉛蓄電池的基本構造是在硫酸中浸泡鉛板和氧化鉛板，而這兩塊板子就是兩個電極，負極為鉛板，正極為氧化鉛板。當電池放電時，負極的鉛會和硫酸中的硫酸根離子化合成硫酸鉛，且附著在陽極上，同時也產生

電子。電子通過電線至正極形成電流，和正極的氧化鉛與硫酸中的氫離子、硫酸根離子一同化合成硫酸鉛和水。充電時，將兩電極接上直流電源（正極接正極，負極接負極），電池內部就會產生和放電時完全相反的反應，使內部的物質還原成還沒放電前的樣子。鉛蓄電池多用在用電量較大的電器上面，例如汽車電瓶、電動車等。因為它可以反覆充電，所以可以減少廢電池的產生，既省錢又環保。

2. 錳乾電池：在乾電池未發明前，被廣泛使用為直流電來源的是銅鋅電池，但因乾電池密封組件中不使用流動液體，較輕便，且可避免積聚氣體破壞容器，也免除了因氫覆住陰極而造成電池電位下降，所以逐漸取代了銅鋅電池。在允許電子轉換及消耗反應所產生的氣體兩方面而言，錳乾電池是一項偉大的發明。乾電池是最通用的電池之一，又叫做 Leclanche 電池，得名自發明家 George Leclanche。乾電池的負極是鋅罐，用鋼或紙板外套包圍，防止與大氣作用。正極是一根碳棒及外層包圍碳棒的二氧化錳（ MnO_2 ）和石墨粉的厚漿。兩電極之間填滿了 NH_4Cl 和 ZnCl_2 的飽和溶液和一些惰性漆料溼漿糊，當電極被連接時，負極的鋅即被氧化而失去電子（ e^- ）。失去的電子經由電線跑到正極使 NH_4Cl 中解離出的 NH_4^+ 離子還原，同時也形成氫氣，釋出的氫再被二氧化錳所氧化，而 NH_3 則被利用形成錯合物。這種電池價格便宜、使用方便，因此現在市面的小型電器大多使用這種電池。
3. 鹼性電池：這類電池可說是乾電池的改良，在許多用途上已取代了乾電池。與乾電池相比，它在較大電流時仍可維持可用電壓，且低溫下可使用，壽命較長，能夠有限度的被充電（其實很少人會把這種電池拿去充電），可是其價格往往是一般二氧化錳乾電池的五倍左右。當連接電極時，負極的鋅（ Zn ）與氫氧根離子作用，使鋅變成氧化鋅，且生成水並釋出電子，負極釋出的電子又與正極的二氧化錳作用，讓二氧化錳還原（獲得電子，價數由 4^+ 變為 3^+ ）。
4. 鋅銅電池：鋅銅電池是利用兩極來傳遞電荷，利用化學變化將化學能轉換成電能，鋅片提供電子，電子進入銅片，兩個電極之間則利用鹽橋連接，鹽橋的成分以強電解質為主，例如：硝酸氨、硝酸鈉和氯化鉀，其主要功能是讓電流通。鋅銅電池因攜帶不便，種類又相當多，主要是以實驗室的使用為主，較少在日常生活中使用。
5. 太陽能電池：太陽光電的發電原理，是利用太陽能電池吸收太陽光，將光能直接轉換成電能輸出的一種發電方式。由於太陽能電池產生的電是直流電，因此若須提供電力給家電用品或各式電器則須加裝直交流電力轉換器，將直流電轉換成交流電，才能供電至家庭用電或工業用電。
6. 鎳氫電池：鎳氫電池的電力回收效率比鋰電池好，且能在低溫下工作，因而被稱為是最環保的電池。鎳氫電池比碳鋅或鹼性電池有更大的輸出電流，更適合使用於高耗電產品。鹼性電池在長期不使用時，可能會漏出有輕微腐蝕性的液體，這些液體會對人體有害也會損壞電器裝置，而鋰電池在不當使用時有可能會燃燒或爆炸，因此鎳氫電池算是較安全的電池。

六、乾電池的正確使用方法

1. 將乾電池放在通風良好的地方，可以避免生鏽、漏液或內部乾燥等現象。
2. 避免重擊，否則會導致內部破損、漏液而造成短路或壽命減短等問題。
3. 電器若長期不使用，應將乾電池取出，以免漏液損壞電器。
4. 要更換電池時，要全部更換。新舊電池若混合使用，新的電池的電流會流入舊的電池，而使新電池的壽命減短，也使舊電池易產生漏液、破損等情形。
5. 乾電池不要任意分解或加熱，也不可投入火中，易產生破損、漏液等危險，其液體會傷及皮膚。
6. 在乾電池的正負極間若直接以導線連接，會使乾電池產生短路，導致耗電太快減短壽命，且其內部產生熱量，有破裂及漏液之虞。可連接燈泡或以增加電阻的方式來防止問題發生。

七、用電安全

1. 燈泡、電線及電器等電器用品，不要放置在易燃物旁邊。
2. 不要用潮溼的手接觸插頭或插座。
3. 不要任意加裝屋內的燈泡或插座。
4. 一個插座不要同時使用過多的電器，以免電壓負荷過大而發生危險。
5. 不要隨意將金屬物體插入插頭內，因為金屬物體容易導電，而電流將會順著金屬傳到身上，造成觸電的危險。
6. 電線走火時，應立即切斷電源，電源未切斷前，切勿用水潑覆其上，以防導電。
7. 牆壁上不用的插座最好先行封閉，且不可插進金屬物體，以防發生意外。
8. 檢查或修護電器時請先將電源切斷，以免觸電。
9. 如果觸電時，應立刻關閉總開關，或用不導電物體把電線挑開，勿用手拉扯。
10. 電器不使用時，應隨手關閉電源並拔掉插頭。

八、科學家小傳

1. 愛迪生

- (1) 愛迪生的生平：愛迪生（Thomas Alva Edison）西元 1847 年生於美國俄亥俄州。他一生中的發明超過二千多種，不但成為近代物理史上相當傑出的科學家，更被譽為世界上最偉大的發明家。愛迪生一生卓越的成就並非僥倖，而是他百折不撓、勇於嘗試、敢於創新的成果。由於家境貧困，愛迪生只受過三個月的小學教育，十二歲就開始在火車上工作。雖然如此，他仍然努力不懈，刻苦自學。他在少年時代已對自然科學產生了濃厚的興趣，不但掌握了豐富的電學、化學等知識，還喜歡在車上和家裡進行一些「小實驗」。西元 1863 年，他在一家鐵路公司當服務員，發明生涯也從此開始。隨著發明接連誕生，他的名字開始為人熟悉，生活也逐漸富裕起來。西元 1873 年愛迪生製造出二重發報機，翌年又製造了四重發報機。西元 1876 年，他在門洛帕克建立了美國第一個工業研究實驗室，也就是「愛迪生

發明工廠」。在往後的兩年，他發明了留聲機，轟動了全世界，使他獲得法國爵士的頭銜。愛迪生一生中最大的貢獻，就是改良了電燈。他做了 1600 多次耐熱材料和 600 多種植物纖維的實驗，才製造出第一個耐用燈泡。後來他更在這基礎上不斷改良製造的方法。為了推廣電燈的使用，他研究出並聯電路、保險絲、絕緣物質、銅線網路等電器系統的各種附加設備，又製造了電壓穩定的發電機和經濟配電的三線掣。西元 1882 年他在紐約建立了一個電力網。雖然他使用直流電的輸電方法限制了傳送電力的距離，但這項偉大的貢獻，已大大改善了人類的生活。西元 1883 年愛迪生發現熱電子發射現象，為電子管奠定了基礎。西元 1887 年，他在西奧倫治建立了更大的實驗室。在那裡他的發明更是多不勝數，其中較重大的有西元 1888 年的電影攝錄機；西元 1896 年的電影放映機和鎳鐵電池。他接二連三的發明，使他在西元 1928 年獲得了國會金質特別獎。西元 1931 年，愛迪生在西奧倫治與世長辭，享年 84 歲。

(2) 愛迪生與他的發明：

- ① 同步發報機：早期的電報機，一次只能傳遞一個訊息，而且不能同時交換信號，由於愛迪生本身是電報技師，便著手改良傳統發報機，製造出二重發報機，西元 1874 年又研發出四重發報機，也就是同步發報機。在無線電還沒有發展的當時，同步發報機是一項重大的突破。
- ② 改良電話機：我們都知道現代電話是由貝爾所發明的，事實上，電話能夠清晰的接收與發話，要歸功於愛迪生一次又一次的試驗，突破傳統的窠臼，製造出碳粉送話器，一舉提高了電話的靈敏度、音量和接收距離，否則打電話時會常常聽不清楚。
- ③ 留聲機：西元 1877 年 12 月的一個夜裡，夢羅園實驗室的工作人員微微顫抖著，不是因為寒冷，而是他們聽到了留聲機第一次留下的聲音。這項偉大的發明不用多作介紹，大家都可以了解，它的應用面有多廣，法國政府，還因此授與愛迪生爵士的頭銜。後來，愛迪生又多次改良留聲機，直到將滾筒式改成膠木唱盤式為止。
- ④ 電燈：19 世紀初，人們開始使用煤氣燈（瓦斯燈），但是煤氣靠管道供給，一旦漏氣或堵塞，非常容易出事，人們對於照明設備的改革，十分殷切。事實上，愛迪生為自己訂定了一個不可能的任務：除了改良照明之外，還要創造一套供電的系統。於是他和夢羅園的夥伴們，不眠不休的做了 1600 多次耐熱材料和 600 多種植物纖維的實驗，才製造出第一個碳絲燈泡，可以一次燃燒 45 個鐘頭。後來他更在這基礎上不斷改良製造的方法，終於推出可以點燃 1200 小時的耐用竹絲燈泡。19 世紀 80 年代中期，愛迪生的電燈事業獲得了成功，這一成功比以往任何成就給他帶來的聲譽都大。在 80 年代中期以前他很少有失誤，中期以後，儘管他也取得了很大成就，但失敗也是屢見不鮮。愛迪生最不值得稱讚的行為之一就是 he 批評交流電，說它有副作用並可能造成死亡與損傷，但他未加具體說明。因此有人說「像他這樣一個許多發明創造的人竟然對別人的新發明加以攻擊，這是很矛盾

的事。」

- ⑤ 影印機：起初，愛迪生發明的石蠟紙，只是普遍運用於食品、糖果的包裝材料上。後來他嘗試在石蠟紙上刻出文字輪廓，形成一張石蠟刻字紙版，在紙版下墊上白紙，再用墨水的滾輪從刻字的石蠟紙上滾一滾，奇妙的事發生了，白紙上出現清楚的字跡。之後又經過多次的改良試驗，西元 1876 年，愛迪生開始量產他發明的影印機，一下子，機關、學校、事業單位、團體都採用這種蠟紙油印機。由於愛迪生影印機大受歡迎，風行全球，使得愛迪生深切體驗到，應該發明人們普遍深切需要的東西。

2. 富蘭克林：富蘭克林生於西元 1706 年的美國波士頓城，當時美國尚未獨立，是英國的殖民地。由於家中兄弟姐妹眾多，父親負擔不起眾多孩子們上學的費用，因此富蘭克林的哥哥們，很早就進入各種不同的行業，拜師學藝。在那個年代裡，沒什麼事情比能夠學會一技之長，養家活口更重要的了。富蘭克林雖然也上過學校，但是 10 歲那年，就開始當父親生意上的小幫手，經營油燭、肥皂的製造生意。富蘭克林的父親是一位多才多藝、身體強健的人，在繪畫、音樂、機械方面都有天分，處理事情時，常能表現出深刻的見解和正確的判斷，他也常邀請地方上有智慧的人來家中討論許多社會和人生的問題。富蘭克林在這樣的環境耳濡目染下，從小就養成善良、正直、審慎、不斷求知的美德。

因為在沿海地區長大，富蘭克林從小就喜歡大海，非常擅長游泳、划船，所以身體很好，這使得他一生中極少生病。他童年最大的夢想就是去航海。父親為了擔心他離家去航海，便將他帶在身邊，常帶他去觀看一些傑出的工匠幹活，希望把他的興趣固定在陸地上的某個行業。正因為如此，加上富蘭克林悟性高，又勤學好問，很快的就學會了許多技藝和工具的使用方法，所以他可以輕易的自己作些實驗或自製小機械。

富蘭克林在西元 1746 年看過「萊頓瓶」的實驗後，開始了電學的研究。依照他的看法，他認為雷電與摩擦起電的性質是相同的，於是便對雷電進行長期的觀察、對比及分析，結果發現它們有許多共同之處：包括發光、顏色、光線曲折形狀、可由金屬導電、發出爆裂的聲響等。於是大膽的富蘭克林，計畫著進行一個驚人的實驗。

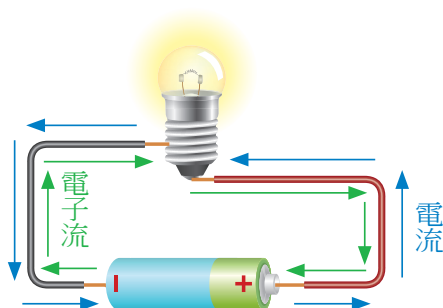
西元 1752 年 7 月，富蘭克林與兒子威廉，在一間四面開敞的木棚裡，進行引接雷電的實驗。首先他將絲綢做成風箏，頂端綁了一根尖細的金屬絲，再用一條長長的繩子繫著風箏。繩子另一端末梢繫著充作絕緣的綢帶，因為人躲在木棚裡所以綢帶一直保持乾燥。他們將綢帶的另一端握在手中，而綢帶與風箏交接處，掛上一串鑰匙作為斷路器以避免觸電。當閃電擊中風箏後，他們父子看到繩上纖維豎起，富蘭克林禁不住伸出去摸一下，突然指尖與鑰匙間發生火花，左半身麻了一下，富蘭克林興奮的告訴兒子說：「這就是電！」。

後來富蘭克林以一篇論文〈論閃電和電氣的相同〉，寄給英國皇家學會，起先受到當時科學家的冷落，不久法國的科學家，在巴黎成功的重複這個

實驗後才受到重視，甚至被當時的法王路易十五世請去當場表演，歐洲科學界開始承認富蘭克林的成果，並且接納他成為皇家學會會員，並授與柯普利金質獎章。因為富蘭克林的這個實驗，許多科學家從此開始轉向研究「電」，間接開啟了電學研究的時代。值得一提的是，許多科學家在重做這個實驗時，都發生意外死亡，富蘭克林沒被電死，可以說是相當幸運。除了電學之外，富蘭克林還發表過有關光學、熱學、動力學的著作，對植物學、數學、化學也有貢獻，更奇特的是，他還針對海洋灣流做研究，在不同的地點、深度測量灣流的溫度、流速和分析它對氣候的影響。他的科學發明也相當可觀，避雷針是其中之一，另一項重要發明是「富蘭克林火爐」，這種火爐提升爐子燃燒的效率，節省大量的柴火，替北美地區的人們帶來很大的便利。

九、電流和電子流

當電池、電線和燈泡連接形成通路的時候，電子會由電池負極經電線流向電池正極，形成「電子流」。而一般所稱的「電流」是指正電荷的移動方向，恰與電子流的方向相反，是由電池正極經電線流向電池負極。



> 參考用書

1. Gomdori Co. (2009)。科學實驗王 5 電流與磁力（徐月珠譯）。三采出版。
2. 徐琰 (2009)。發明之父：富蘭克林。驛站出版。
3. 藤瀧和弘 (2009)。世界第一簡單電學原理（林羿紋譯）。世茂出版。
4. 安娜·克雷邦 (2009)。我愛閱讀科學的故事（鄧子矜譯）。小天下出版。
5. 腦力&創意工作室 (2009)。全世界都在玩的科學遊戲（下）。宇河文化出版有限公司出版。
6. 林憲德、趙又嬋 (2009)。都是愛迪生惹的禍：光害。新自然主義出版。
7. 陳貴芳 (2009)。森林的元宵節。星月書房出版。

> 網站資源

1. 科學名人堂：愛迪生。2024 年 3 月 29 日，取自：科學小芽子。
http://www.bud.org.tw/museum/s_star02.htm
2. 科學名人堂：富蘭克林。2024 年 3 月 29 日，取自：科學小芽子。
http://www.bud.org.tw/museum/s_star08.htm