



風力發電機

本手冊依註腳及參考資料等所引用之著作相關素材內容，是依個別授權關係或依我國著作權法第 46、52 及 65 條之合理使用規定而予以使用、呈現，本手冊並未有就該等著作素材內容再轉授權之權利，若須另行使用，請逕洽著作權利人。



模組名稱	風力發電機	適用年級	國中組
發展年度	103-104 年度	發展單位	中北區區域中心
模組主題	風能	發展師資	溫嫩純

模組簡介

讓學生使用日常生活可回收的物品來製作無污染的風力發電機，並讓學生了解風力發電機的知識、原理與應用。建議教學單元為九年級上學期第 3 章 - 功與能與九年級下學期第 2 章 - 電流與磁現象。

可學習到的能源知識

1. 能源危機，石油浩劫
2. 能量可以轉換成不同形式
3. 辨認再生能源與非再生能源
4. 風力發電的原理

核心知識與中小學課綱對應

能源核心知識

12 年國教學習內容

I. 能源是依循自然定律的物理量

- A. 能源的形態與轉換 (Ba) (國中)
1. Ba- IV -1 能量有不同形態，如動能、熱能 (thermal energy)、光能、電能、化學能等，而且彼此之間可以轉換。孤立系統的能量在轉換過程中總能量會維持定值。
 2. Ba- IV -8 某些系統，例如：彈簧也可以有位能的概念，位能與物體之動能的和稱為力學能。物體不受其他外力，如摩擦力，作用時力學能是守恆的。
- B. 跨科概念：能量與能源 (INa) (國中)
1. INa- IV -1 能源有多種不同的形式。
 2. INa- IV -2 能源之間可以轉換，且會維持定值。

核心知識與中小學課綱對應

能源核心知識	12 年國教學習內容
<p>III. 各種不同的能源來源可用來提供人類活動的動力，而且這種能源可從來源傳遞到目的地</p>	<p>A. 能量與能源 (INa) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. INa- IV -2 能源之間可以轉換，且會維持定值。 2. INa- IV -4 生活中各種能源的特性及其影響。 <p>B. 科學、科技、社會與人文 (M)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ma- IV -4 各種發電方式與新興的能源科技對社會、經濟、環境與生態的影響。 <p>C. 能源的開發與利用 (Nc) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nc- IV -4 新興能源的開發，例如：風能、太陽能、汽電共生、生質能、燃料電池等。 2. Nc- IV -5 新興能源的科技，例如：油電混合動力車、太陽能飛機等。 3. Nc- IV -6 臺灣能源的利用現況與未來展望。 <p>D. 跨科概念：能量與能源 (INa) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. INa- IV -3 科學的發現與新能源，其對生活及社會的影響。 2. INa- IV -4 生活中各種能源的特性及其影響。 3. INa- IV -5 能源開發、利用與永續性。
<p>V . 人類社會使用能源量與許多因素有關</p>	<p>A. 永續發展與資源的利用 (Na) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Na- IV -2 生活中節約能源的方法。 2. Na- IV -7 為使地球永續發展，可以從減量、回收、再利用、綠能等做起。 <p>B. 跨科概念：能量與能源 (INa) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. INa- IV -3 科學的發現與新能源，其對生活及社會的影響。
<p>VI. 個人與社會的生活品質受能源的選擇影響。</p>	<p>A. 科學、技術與社會的互動關係 (Ma) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ma- IV -4 各種發電方式與新興的能源科技對社會、經濟、環境與生態的影響。 <p>B. 環境污染與防治 (Me) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me- IV -6 環境污染物與生物放大的關係。 <p>C. 資源與永續發展 (N) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Na- IV -5 各種廢棄物對環境的影響，環境的承載能力與處理方法。 <p>D. 跨科概念：能量與能源 (INa) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. INa- IV -3 科學的發現與新能源，其對生活及社會的影響。 2. INa- IV -4 生活中各種能源的特性及其影響 <p>VI. 個人與社會的生活品質受能源的選擇影響。</p>
<p>VII. 能源科技的發展可分為化石與非化石能源技術，它們各有優缺點和對環境的不同程度衝擊</p>	<p>A. 能源的開發與利用 (Nc) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nc- IV -3 化石燃料的形成及特性。 <p>B. 環境污染與防治 (Me) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me- IV -4 溫室氣體與全球暖化。 <p>C. 全球氣候變遷與調適 (INg) (國中)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. INg- IV -4 碳元素在自然界中的儲存與流動。

教具內容

動手做型教具

1. 教具成品照片



(攝影：何開儒、羅梓洋，僅授權教育部能源科技人才培育計畫使用，如他人有使用之需求，請另行洽詢。)

2. 每一組教具材料包價錢：約 75 元

教案（教師手冊）

科目	自然與生活科技	單元名稱	風力發電機
時間	90 分鐘（2 節課）	設計人	羅梓洋、何開儒
教學對象	7 至 9 年級生	教學型態	探究、小組討論
教學設計理念	讓學生體認到日常生活可回收的物品來製作無污染的風力發電機		
建議教學單元	1. 九年級上學期第 3 章 - 功與能 2. 九年級下學期第 2 章 - 電流與磁現象		
教學目標			
教學目標	讓學生動手操作去了解風力發電機的知識原理與應用		
學生先備知識	1. 了解風的形成 2. 風力發電的原理 3. 磁生電的原理		
對應 12 年國教教學內容	1. 國中 - 能量的形態與流動 -- 能量的形態與轉換：Ba- IV -1 能量有不同形態（如動能、熱能、光能、電能、化學能等），而且彼此之間可以轉換。孤立系統的總能量會維持定值。 2. 國中 - 自然界的現象與交互作用 - 電磁現象：Kc- IV -6 環形導線內磁場變化，會產生感應電流。 3. 國中 - 科學、科技、社會與人文 - 科學、技術與社會的互動關係：Ma- IV -4 各種發電方式與新興的能源科技對社會、經濟、環境與生態的影響。 4. 國中 - 資源與永續發展 - 能源的開發與利用：Nc- IV -4 新興能源的開發（例如：風能、太陽能、核融合發電、汽電共生、生質能、燃料電池等）。 5. 國中 - 資源與永續發展 - 能源的開發與利用：Nc- IV -6 臺灣能源的利用現況與未來展望。		
教學能力指標	自 1-4-5-5 傾聽別人的報告，並能提出意見或建議。 自 2-4-1-1 由探究的活動，嫻熟科學探討的方法，並經由實作過程獲得科學知識和技能。 自 2-4-1-2 由情境中，引導學生發現問題、提出解決問題的策略、規劃及設計解決問題的流程，經由觀察、實驗，或種植、搜尋等科學探討的過程獲得資料，做變量與應變量之間相應關係的研判，並對自己的研究成果，做科學性的描述。 自 2-4-5-8 探討電磁作用中電流的熱效應、磁效應。 自 2-4-8-5 認識電力的供應與運輸，並知道如何安全使用家用電器。 自 3-4-0-1 體會「科學」是經由探究、驗證獲得的知識。 自 6-4-4-1 養成遇到問題，先行主動且自主的思考，謀求解決策略的習慣。 自 7-4-0-1 察覺每日生活活動中運用到許多相關的科學概念。 自 7-4-0-3 運用科學方法去解決日常生活的問題。 環 2-3-1 能瞭解本土性和國際性的環境議題及其對人類社會的影響。		

能源科技 核心知識	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能源是依循自然定律的物理量。 2. 各種不同的能源可用來提供人類活動的動力，而且這種能源可從來源傳遞到目的地。 3. 人類社會使用能源量與許多因素有關。 4. 個人與社會的生活品質受能源的選擇影響。 5. 能源科技的發展可分為化石與非化石能源技術，它們各有優缺點和對環境的不同程度衝擊。
課程綱要	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由影片來提升學生對於能源耗竭的危機感 2. 讓學生初步了解生活中有那些環保能源 3. 理解風力發電的原理 - 磁生電 4. 藉由動手操作獲得科學的原理和過程 5. 學生懂得觀察與分享來體驗科學的樂趣
教具清單	<p>風力發電 DIY 材料包 (每份包含纏繞 640 匝線徑 0.12mm 漆包線之多多罐一個、LED 燈一個、強力磁鐵 2 顆、竹籤一支、塑膠珠子一顆、泡棉一小段)、膠帶、剪刀、立式電風扇、學習單一、紀錄單、皮尺、鑽子、熱熔槍、寶特瓶 (材質不限，大小建議 600ml，也可使用其它大小來做比較) (來源：曾秋雲老師提供 (p.19))</p>
教學媒體	<p>PPT、能源教學影片：</p> <p>電磁感應一 https://www.youtube.com/watch?v=hajIIGHPeuU</p> <p>電磁感應二 https://www.youtube.com/watch?v=gZpa7FYR_pw</p> <p>風力發電機 https://www.youtube.com/watch?v=FrIC6hvwnl0</p> <p>發電機運轉原理 https://www.youtube.com/watch?v=NwUrM5ugQg4</p> <p>電動機原理 https://www.youtube.com/watch?v=fWyzPdyCAzU&list=PL3qUk3hwbIDefGtfiz3cNv6cs3L-HaHB3&index=16</p> <p>離岸風力發電 https://www.youtube.com/watch?v=vexDrJbHV2E</p>

教學活動	活動內容	時間(分)	教材與教具	教學評量
教學流程	<p>一、引起動機</p> <p>1. 上課前先將學生分成 6 人一組 (器材可先分好給各組)，倆倆互相協助</p> <p>2. 小組討論能源危機 (7)</p> <p>(1) 讓同學理解人類隨手取用的資源，是經過漫長的時間所產生，卻在短短的時間消耗大量的資源。</p> <p>(2) 試想能源耗竭帶來哪些不便。可依食衣住行育樂不同的層面探討。</p> <p>3. 小組討論並寫下生活中除了石油以外的能源，標示何種能源是源源不絕的 (3)</p> <p>Ex: 火力、水力、風力、地熱、生物廢料…</p> <p>二、探究 (使用風力發電的原因)</p> <p>1.</p> <p>(1) 先讓學生想一想在何處可以看見風力發電機 (1)</p> <p>(2) 建造風力發電機的條件 (2)</p> <p>(3) 播放風力發電的原理影片 (2)</p> <p>參考來源： (https://www.youtube.com/watch?v=gau5HiIDG4)</p> <p>2. 磁力發電的原理和影片 (5)</p> <p>(1) 老師播放發電機運轉簡單原理說明影片 (https://www.youtube.com/watch?v=NwUrM5ugQg4)，讓學生初步明白動能與電能轉換的關係。(※ 適用 7-9 年級)</p> <p>註：為符合著作權法第 46、52 及 65 條有關合理使用之法規，請教師視課程需要，斟酌播放影片之部分片段即可，建議亦可提供網址，做為作業之一，由學生自行回家後觀賞。</p>	10 分	<p>能源教學 PPT</p> <p>學習單 (問題一)</p> <p>學習單 (問題二)</p> <p>補充資料</p> <p>學習單 (問題三)</p>	
	<p>(2) 老師播放電動機原理影片，讓學生學會電流與磁場的關係後。提問 Q：可以利用磁場產生電嗎？如何做？(※ 適用 9 年級) (https://www.youtube.com/watch?v=fWyzPdyCAzU&list=PL3qUk3hwblDefGtfiz3cNv6cs3L-HaHB3&index=16)</p> <p>註：為符合著作權法第 46、52 及 65 條有關合理使用之法規，請教師視課程需要，斟酌播放影片之部分片段即可，建議亦可提供網址，做為作業之一，由學生自行回家後觀賞。</p>	10 分	<p>DIY 材料包 *15</p> <p>鑽子 *15</p> <p>剪刀 *15</p> <p>600mL 寶特瓶 (學生自備)</p> <p>電風扇 *2</p> <p>熱熔槍 *2</p>	

教學活動	活動內容	時間(分)	教材與教具	教學評量
教學流程	※ 附上補充教材 3. 繪畫出一個心中的風力發電機 三、解釋 1. 請各組討論風力發電的重要並發表(5) 2. 填寫學習單	10分		
	四、動手操作(一) 1. 檢查材料 2. 危險物品的宣導 3. 完成品示範以及同學體驗 4. 開始進行DIY風力發電機 ※ 鑽子尖銳，容易受傷，建議在製作扇葉的時候統一發放，並在製作完成時，一一收回！ 5. 完成製作流程(1)~(5)	15分		
第一節課結束				

教學活動	活動內容	時間(分)	教材與教具	教學評量
教學流程	五、動手製作(二) 完成製作流程(5)~(15)	20分	DIY 材料包 *15	教學評量
	六、風力發電機比較 1. 試著讓大家先用嘴巴吹動自製的風力發電機，並做個小競賽，讓學生去察覺要帶動風力發電需要一定的風速！ 2. 用相同的電風扇去感受不同的風力(距離)所產生不同的發亮程度，並做紀錄 3. 讓學生自己去觀察不同組別的風力發電機	10分	鑽子 *15 剪刀 *15 600mL 寶特瓶(學生自備) 電風扇 *2 熱熔槍 *2	
	七、分享討論 1. 觀察風力發電機轉動的情形並發表 (1) 甚麼原因可以轉動的更快 (2) 甚麼原因會阻礙風扇的轉動 2. 開始填寫學習單 3. 老師從學生作品中帶入風力發電的效率及台灣能源使用現況(見教案 p.8-9)，增加學生對製作風力發電的視野，不僅是學習科學原理，更明白台灣未來發展的重要資產。	10分	皮尺 x15 電風扇 x2	
	八、未來省思 1. 如何有效的利用能源 2. 如何節約能源 3. 填寫學習單與教學評量 4. 若時間有餘可補充離岸風力發電介紹影片。從自製的小風力發電機延伸至大風力發電機的系統性規畫。(https://www.youtube.com/watch?v=vexDrJbHV2E) 註：為符合著作權法第 46、52 及 65 條有關合理使用之法規，請教師視課程需要，斟酌播放影片之部分片段即可，建議亦可提供網址，做為作業之一，由學生自行回家後觀賞。	5分	學習單(問題四)	

第二節課結束

補充資料：發電廠與能量轉換

一. 能量的形式與轉換

1. 形式：重力位能、熱能、電能、化學能、動能、光能。
2. 能量可藉由特定途徑轉換，轉換過程中，總能量是守恆的，但部分能量會以熱的形式散失，因此實際上沒有百分之百發電效能的發電機。

二. 發電廠

1. 種類：火力發電、核能發電、水力發電、風力發電。
2. 藉由各種形式的能源(火力、水力、風力)，推動線圈在磁場中運轉而發電。

三. 例子：

1. 火力發電(下圖左，圖 1)：化學能(煤、天然氣、石油)→熱能→水分子動能→渦輪機動能→電能



圖 1 台中火力發電廠

著作：彰三影視製作；<https://www.youtube.com/watch?v=3BCGpMgSo-w>
瀏覽日期：2017/10/19



圖 2 風力發電

著作：公有領域；作者：Sarah777
https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%88%B1%E5%B0%94%E5%85%B0#/media/File:IMG_WindfarmKilmuck1920.jpg
瀏覽日期：2017/10/18

2. 風力發電(上圖右，圖 2)：空氣分子的動能→渦輪機動能→電能
3. 水力發電(下圖，圖 3)：水分子重力位能→水分子動能→渦輪機動能→電能



圖 3 水力發電

著作：Peellden <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B7%A1%E6%B0%B4%E6%B2%B3#/media/File:GueiShanPowerPlant.jpg>
瀏覽日期：2017/10/18



補充資料：再生能源

再生能源所使用的資源為來自大自然的資源，利用自然資源可生生不息，讓人類得以不斷取用的特性作為能源，例如水力、風力、潮汐能、太陽能、地熱能等等。相對於不可再生能源所使用的資源是來自有限、會耗盡的資源，例如煤炭、石油、天然氣等等。現今再生能源技術發展範圍包括風能、太陽能、水能、潮汐能、地熱能、海洋能、生質能。然而能源本身雖然是可再生的，但工業技術在發展與使用的過程中，仍舊會消耗資源、產生污染及製造廢棄物。單純發展再生能源並不同永續發展，需要持續地做對地球環境與生物有益的事，將物質循環利用、提高能源使用效率、轉換污染物等等，才能使地球永存的機會增加。(台灣因應氣候變化綱要公約資訊網¹)

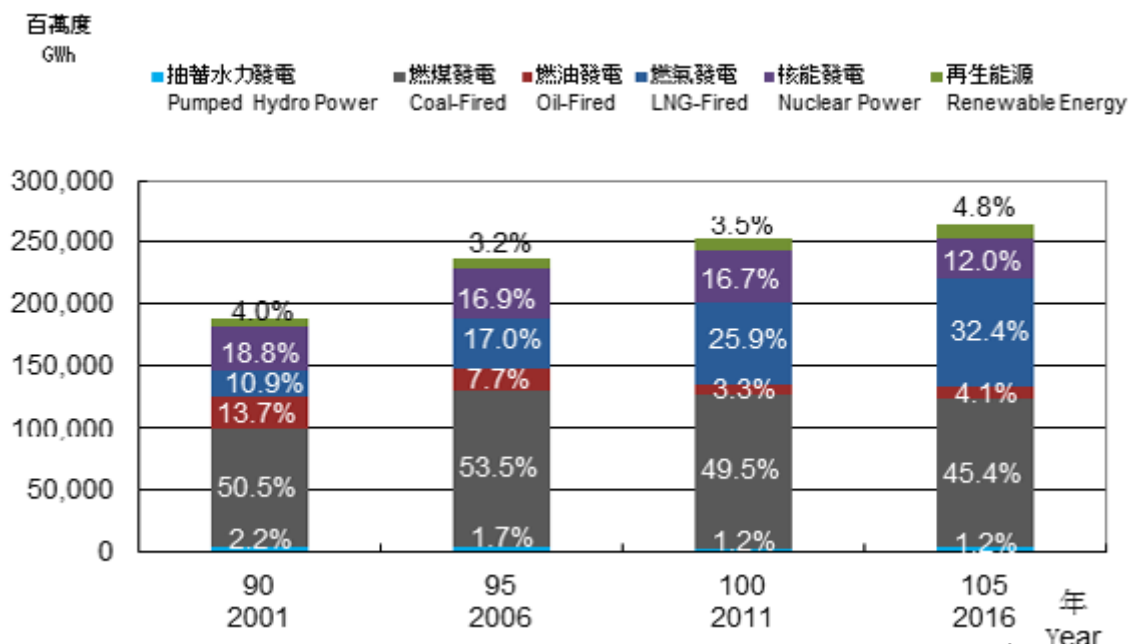


表 1：民國 90-105 年國內電力供給統計資料 (經濟部能源局²)

發電方式	發電所佔比例	發電量 (百萬度)
抽蓄水力 ³	1.2%	3,294
燃煤	45.4%	120,017
燃油	4.1%	10,947
燃氣	32.4%	85,592
核能	12%	31,661
再生能源	4.8%	12,603

表 2：105 年國內電力供給統計資料 (經濟部能源局⁴)

¹ 台灣因應氣候變化綱要公約資訊網

<http://www.tri.org.tw/unfccc/main05.htm#>。瀏覽日期：2017/08/29。

² 105 年度國內電力供給統計圖—電力供給 (按能源別) 及國內電力消費 (按部門別)：

https://www.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/ContentLink.aspx?menu_id=378。

瀏覽日期：2017/09/12。

³ 抽蓄水力發電：利用剩餘的電力將下游的水抽蓄於上游儲存，需要電力時再放水發電。

<http://www.re.org.tw/Knowledge/Index/2>。瀏覽日期：2017/09/12。

⁴ 105 年度國內電力供給統計圖—電力供給 (按能源別) 及國內電力消費 (按部門別)：https://www.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/ContentLink.aspx?menu_id=378。

瀏覽日期：2017/09/12。

燃料別	發電所佔比例
風力發電	11.6%
太陽光電	9.0%
生質能發電	1.5%
廢棄物能發電 ⁵	25.8%
慣常水力發電 ⁶	52.1%

表 3：105 年再生能源發電量結構 (經濟部能源局⁷)

台灣能源概況

根據台灣電力公司報告，105 年台電系統電量結構比例如下表，其中再生能源主要來自風力發電與太陽光電，而火力發電為最高佔比，表示台灣電力供應目前主要仍舊來自石化燃料。據台電統計，105 年度風力發電及太陽光電的發電量約可供應 69 萬戶家庭一年使用，也為地球減少了二氧化碳的排放約有 1,33 萬公噸，相當造林約 12 萬公頃。(台灣電力公司⁸)

能源	供電比例
火力	79.9%
核能	13.5%
再生能源	5.1%
抽蓄水力	1.5%
慣常水力發電	52.1%

表 4：105 年台電系統發購電量結構比例 (台灣電力公司⁹)

經濟部能源局綜合台灣所有產業供需的能源，如鋼鐵業、農業、電子產品製造業、化學材料製造業、運輸業、能源業等等，在 104 年度的報告中指出，台灣的進口能源佔 97.8%，自產能源約 2.2%，而在能源消費的比例中，有兩類為能源需求的大宗，其一是電力，需求為 48.9%，另一則是石油產品為 38.8%。(經濟部能源局)

⁵ 萬皓鵬、李宏台 (2010)，《廢棄物衍生燃料的使用》，工業技術研究院能源與環境研究所，科學發展期刊，450 期，<https://scitechvista.nat.gov.tw/goto/d4ae6dbfb3f49d3e6de674e8334d55681187fcc93b0aea2fac0de8e5b08e94c2.htm>，瀏覽日期：2017/09/12。

⁶ 慣常水力發電：利用具有急流陡坡的天然河川或人工高壩所造成上下水位的落差來發電。<http://www.re.org.tw/Knowledge/Index/2>。瀏覽日期：2017/09/12。

⁷ 105 年度發電量結構統計圖—發電裝置容量結構及發電量結構 (民國 105 年)：https://www.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/ContentLink.aspx?menu_id=378。瀏覽日期：2017/09/12。

⁸ 再生能源發電效益，http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-b32.aspx?LinkID=8。瀏覽日期：2017/08/29。

⁹ 105 年台電系統裝置容量結構，http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-b31.aspx?LinkID=8。瀏覽日期：2017/08/29。

¹⁰ 104 年度能源局年報，http://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu_id=137&sub_menu_id=358。瀏覽日期：2017/08/29。

能源專有名詞解釋

風的形成：

因溫度、氣壓的差異，加上地球自轉及地表摩擦力的關係，帶動空氣流動，產生風。風的來向稱為風向。地球上的低壓與高壓帶區有特定風帶的形成，風也受季節而改變稱為季風，而台灣的天氣主要受季風影響。風力的等級由物體被風吹動的情形來估算風的強弱，風速單位為公尺/秒。風的災害有龍捲風、颱風等形式，其強烈的風力帶來可怕的破壞力（交通部中央氣象局¹¹）。因此，當我們要利用風的資源時，需多方考慮不同地區及氣候對風的影響，以達有效益的使用。

電磁感應：

導體在變化的磁場中會感應產生感應電動勢（電壓）。一封閉迴路的線圈在不斷改變的磁場中產生感應電流，即是電磁感應的現象。

火力發電：

利用燃燒煤、石油和天然氣等固體、液體、氣體的化石燃料所產生的熱能，加熱鍋爐內的水產生高溫、高壓水蒸氣，進而推動渦輪等發電機組，使熱能轉換成機械能再轉成電能的一種發電方式。其中煤與天然氣的發電比重最多，兩者合起來的發電量佔約火力發電的九成（台灣電力公司¹²）。在機械運轉、發電及水氣循環凝結時，能量轉換過程會有能量的損失，因而影響發電效率。

水力發電：

利用水位的落差，如河川、湖泊、水庫等，讓水流在重力作用下，從具有較高位能的高處流至較低位能的低處，使水流推動輪機使之旋轉，帶動發電機發電。是台灣目前最廣泛使用的可再生能源。（台灣電力公司¹³）

風力發電：

利用風力推動風扇葉片旋轉，將風能轉換成機械能後帶動風力發電機組發電，使機械能轉成電能。因受風向、風力大小、風力機組的設計等等因素，目前實際風力機輸出效率約20~40%（台灣中小型風力機發展協會¹⁴）。因此，在風力發電技術裡，能源轉換效率的提升是需要不斷克服的，藉著結合流體力學的研究與風力機組的設計，使能源轉換效率越加理想。另外還有許多挑戰性的問題，包含在微風中也能發電、運作時的安全性及噪音問題、對周圍環境的影響等等，都在等待人類持續提出更好的解決辦法。（經濟部能源局¹⁵）

¹¹ 交通部中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/me_all.htm。瀏覽日期：2017/10/22。

¹² 台灣電力公司，http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-e11.aspx?LinkID=15。瀏覽日期：2017/10/22。

¹³ 台灣電力公司，http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-e11.aspx?LinkID=15。瀏覽日期：2017/10/22。

¹⁴ 台灣中小型風力機發展協會，http://www.small-wind.org.tw/content/wind/wind_principle.aspx。瀏覽日期：2017/09/08。

¹⁵ 經濟部能源局，陳芄，2002年08月能源報導—封面故事—舞風的秘密——淺談風力發電機 <http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200208&Page=5>。瀏覽日期：2017/09/08。

太陽能發電：

利用半導體材料做成的太陽能電池，接收太陽光的能量後使材料的電荷分離，進而有電流輸出轉換為電能；或以光學原理將太陽光的能量集中並加熱水成蒸氣，推動渦輪發電機發電。(台灣電力公司¹⁶)

地熱發電：

地熱是來自地球內部的能量，是高溫熔融的岩漿帶來的熱能，傳遞至地表後加熱周圍環境的水，再將從地殼流出或抽出的熱水或蒸氣加以應用，使流體推動渦輪機旋轉發電。然而開發仍舊有瓶頸待克服。(經濟部能源局，地熱知識網。¹⁷)

生質能：

生物本身所蘊含的能量藉著物理、化學或生物的方法將其釋放、轉化作為其他能源使用，即為生質能。例如燃燒植物、農產品剩餘的廢棄物或畜產品的副產物(例：動物的糞便)而產生熱能，亦可進一步用來發電；玉米、麻、甘蔗、藻類等等也可經由微生物的發酵產生酒精，亦可作為燃料使用，替代化石燃料。那些深埋在地下千年的動植物殘留物，已經經過高溫高壓而變質的，則稱為石油或煤炭。(經濟部能源局¹⁸)

潮汐能：

地球上的海水受到太陽和月球的引力、地球自轉、風和氣壓等等的影響，使得海水有定期漲落的現象，稱為潮汐現象。利用每天四次海水的漲潮或落潮所產生的潮差，大量的海水進出帶動渦輪機發電，因而將海水的潮汐能轉換成電能。目前金門、馬祖相較具有經濟開發價值。(台灣電力公司、中央氣象局¹⁹)

¹⁶ 台灣電力公司，http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-e11.aspx?LinkID=15。

瀏覽日期：2017/10/22。

¹⁷ 經濟部能源局，《2007年能源科技研究發展白皮書》，第參篇我國重點能源科技研發動向及策略(第一章第五節，p.135-137；地熱能知識網：<http://www.nepii.tw/KM/GE/index.html>。

瀏覽日期：2017/10/25。

¹⁸ 生質能，https://www.google.com/url?q=http://web3.moeaboe.gov.tw/ecw/business/content/wHandMenuFile.ashx%3Ffile_id%3D1049&sa=U&ved=0ahUKewiUiKHi1ovXAhXCJJQKHTrxBvAQFggGMAE&client=internal-uds-cse&cx=015675351803128794028:wwbfwea98s0&usg=AOvVaw3yOdJUO122X5gT8XDCHqP7。瀏覽日期：2017/10/25。

¹⁹ 台灣電力公司 - 再生能源，<http://www.taipower.com.tw/content/announcement/..%5C..%5CUpFile%5CFile%5C%E5%86%8D%E7%94%9F%E8%83%BD%E6%BA%90.pdf>；

中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/marine/marine_all.htm。瀏覽日期：2017/10/25。

一. 能源危機

（一）自然界的能源（鍾金明，2016²⁰）

分為可再生能源與不可再生能源（又稱非再生能源、耗竭性能源）。

1. 可再生能源：風力、水力、地熱、太陽能、生質能、潮汐能。



圖 4 世界最大台中火力發電

著作：彰三影視製作；<https://www.youtube.com/watch?v=3BCGpMgSo-w>
瀏覽日期：2017/10/19

2. 不可再生能源：煤炭、石油、天然氣等化石燃料。

（二）石油（台灣中油²¹）

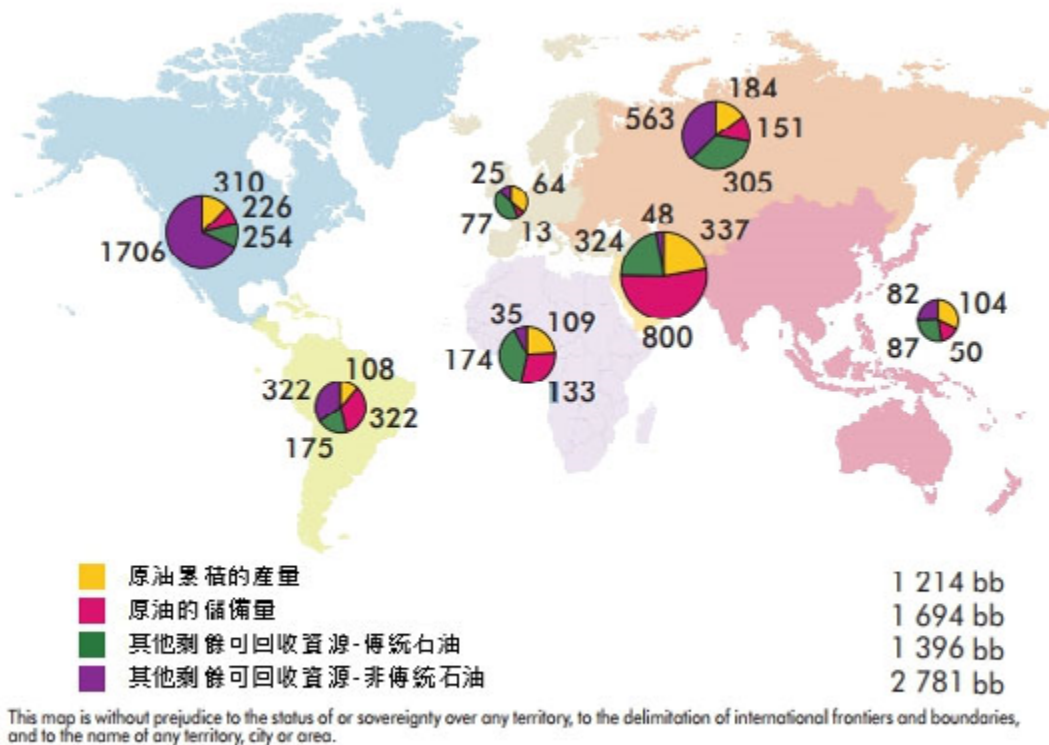
1. 為不可再生能源的一種，未提煉時又稱原油。因其價值高又被稱作黑金。
2. 其組成成份隨各地產出而有所差異，因成份物質不固定使其顏色、密度也不相同。
3. 形成自古生物遺骸埋藏堆積地下，經千萬年的高溫、高壓與細菌等等的作用而產生。
4. 經提煉後具有多重用途，人類生活中到處可見其產品。
 - （1） 作為燃料。例如：汽油、柴油、煤油、桶裝瓦斯（液化石油氣）等等。
 - （2） 生活用品。例如：肥料、石蠟、柏油、塑膠製品、人造纖維、潤滑油等等。
 - （3） 化學原料。例如：苯、硫酸、乙烯、環己烷等等。

²⁰ 鍾金明，《能源科技概論》，第3-4頁，http://www.wun-ching.com.tw/img/Books_files/TE07e2-9789862369975-trial.pdf。瀏覽日期：2017/09/05。

²¹ 台灣中油 - 石油產品簡介，<http://new.cpc.com.tw/division/rb/product-text.aspx?id=1>。瀏覽日期：2017/08/29。

(三) 石油耗竭

1. 石油是消耗性的能源，只會越來越少。其形成需要極長的時間，遠遠超過人類的歷史，因此有科學家依每年的消耗量估計石油在本世紀以前就會耗竭。
(陶在樸²²)
2. 透過科技的進步、再生能源的使用增加及石油危機意識的提升，石油耗竭的問題或許會延緩，但仍舊不能解決石油耗竭的問題。能源問題也不僅僅是資源用完，還有因為使用能源而造成的空氣汙染、地球暖化等等問題，都是身為地球的使用者與管理者的我們，有責任需要不斷努力去改善的。



Source: IEA, 2012.

圖 5 西元 2012 年原油的資源、儲備、產量地區分佈

著作：國際能源總署 (IEA)²³；<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Resources2013.pdf> (p.35-36)

瀏覽日期：2017/10/25

(四) 石油耗竭的世界 (丁仁東²⁴)

1. 發電原料缺乏導致電力系統失效，電力供應吃緊，到處限電或停電。
2. 燃料無法供應，交通工具熄火，物資運送停擺，使城市缺糧。
3. 肥料被迫停產，養殖農業、畜牧業、漁業的物種大量死亡，食物停止供應。
4. 工業與科技生產受阻，民生用品及 3C 產品供應缺乏，生活受限。

²² 地球上的資源哪一天用光？<http://mail.nhu.edu.tw/~continue/letter6.html>。瀏覽日期：2017/09/05。

²³ 國際能源總署，《Resources to Reserves 2013》，2012，<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Resources2013.pdf>。瀏覽日期：2017/10/25。

²⁴ 丁仁東，能源枯竭的告警，第 7-9 頁，[http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/99\(326-335\)/331-PDF/01-99037-%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%9E%AF%E7%AB%AD%E7%9A%84%E5%91%8A%E8%AD%A6_%E6%9C%88%E5%88%8A_.pdf](http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/99(326-335)/331-PDF/01-99037-%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%9E%AF%E7%AB%AD%E7%9A%84%E5%91%8A%E8%AD%A6_%E6%9C%88%E5%88%8A_.pdf)。瀏覽日期：2017/09/05。

二. 發電原理

(一) 發電

1. 能量有多種的表現形式，如動能、位能、熱能、光能、生質能、核能、化學能、機械能、電能等等，彼此間可以透過物理、化學或生物等機制互相轉換，最終轉成電能輸出。
2. 大多數發電機的設計是應用了電磁感應的原理(周鑑恆²⁵)，在機構的設計中，使能量彼此轉換，透過磁場變化產生感應電流而生電。

(二) 電磁感應

1. 由英國科學家法拉第(1791-1867)於19世紀時發現。
2. 導體在一變化的磁場中，會產生感應電動勢(電壓)，若導體為封閉迴路，感應電動勢會驅使電荷流動，形成感應電流，如圖6。

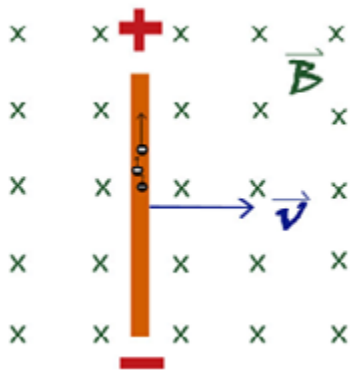


圖6 電磁感應中磁場、導體運動及感應電荷的示意圖

著作：陳秀荷；僅授權教育部能源科技人才培育計畫使用，如他人有使用之需求，請另行洽詢。

說明：橘色線段表示導體(例如導線)；「x」表示為指向紙面的均勻磁場B；v為導線運動方向；「+」為感應電動勢較高的一端。導線運動使通過導線的磁場發生變化，引發導體內的負電荷往電動勢高處流動。

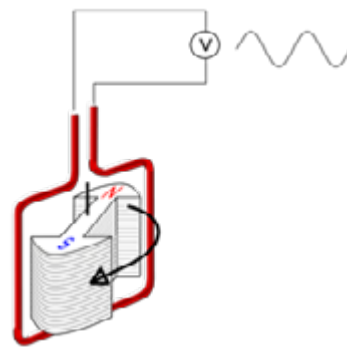


圖7 磁鐵在於封閉迴路中旋轉產生感應電流

著作：Egmason

https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%91%E7%94%B5%E6%9C%BA#/media/File:Alternator_1.svg；瀏覽日期：2017/08/29。

說明：呈圖6原理，磁鐵旋轉造成通過導線(紅色線圈)的磁場發生變化，引發導線內的負電荷流動，在封閉迴路中形成感應電流。

3. 發電機的內部設計主要是讓磁鐵與線圈產生相對運動，使線圈受到磁場變化，就會產生感應電流，如圖7。

三. 發電機與能量轉換

(一) 發電廠

1. 形式：火力發電、核能發電水力發電、風力發電。
2. 藉由各種形式的能源(火力、水力、風力)，推動線圈在磁場中運轉而發電。

²⁵ 法拉第定律暨楞次定律演示教具，[http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/104\(376-385\)/379-PDF/05-104010-%E6%B3%95%E6%8B%89%E7%AC%AC%E5%AE%9A%E5%BE%8B%E6%9A%A8%E6%A5%9E%E6%AC%A1%E5%AE%9A%E5%BE%8B%E6%BC%94%E7%A4%BA%E6%95%99%E5%85%B7\(%E4%BF%AE%E6%94%B9\).pdf](http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/104(376-385)/379-PDF/05-104010-%E6%B3%95%E6%8B%89%E7%AC%AC%E5%AE%9A%E5%BE%8B%E6%9A%A8%E6%A5%9E%E6%AC%A1%E5%AE%9A%E5%BE%8B%E6%BC%94%E7%A4%BA%E6%95%99%E5%85%B7(%E4%BF%AE%E6%94%B9).pdf)。瀏覽日期：2017/09/11。

(二) 例子：

1. 火力發電：熱能 > 動能 > 電能
2. 風力發電：風能 > 動能 > 電能



圖 8 風力發電

著作：公有領域。作者：Sarah777。

https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%88%B1%E5%B0%94%E5%85%B0#/media/File:IMG_WindfarmKilmuck1920.jpg 瀏覽日期：2017/10/ 18

然而，風力發電可以在缺少化石燃料作動力或發電時，燃燒不完全會造成懸浮微粒（如 PM 2.5）產生空氣汙染，對人體健康之危害。

3. 水力發電：位能 > 動能 > 電能



圖 9 水力發電

著作：Peellden



<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B7%A1%E6%B0%B4%E6%B2%B3#/media/File:GueiShanPowerPlant.jpg> 瀏覽日期：2017/10/ 18

學生學習單

一. 日常生活中有那些再生能源？

- 1、
- 2、
- 3、

二. 寫下風力發電機的原理並畫出心中理想的風力發電機

三. 風力發電有什麼好處？有什麼壞處？

好處：

壞處：

- 小小挑戰 - 能否靠自己的吹氣使 LED 燈發亮？

四. 有甚麼方法可以節約能源保護地球呢？

· 小小紀錄員

距離	30cm	60cm	120cm	200cm	300cm
LED 燈泡是 否有亮	有○ 否○	有○ 否○	有○ 否○	有○ 否○	有○ 否○
燈泡發亮的最 遠距離					

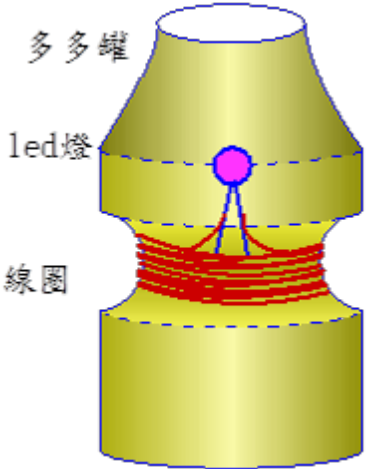
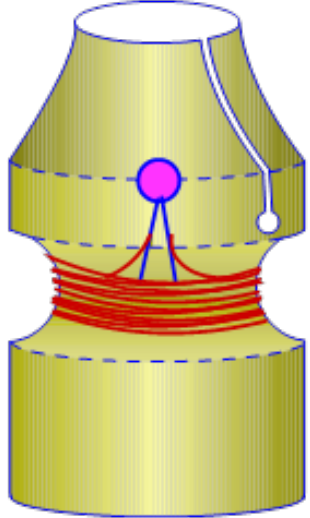
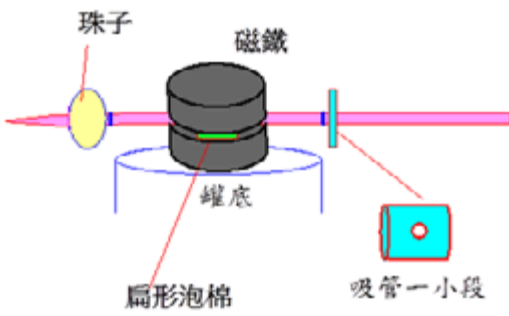
演示教具（教師）

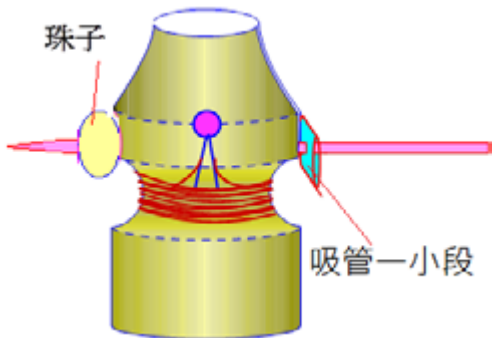

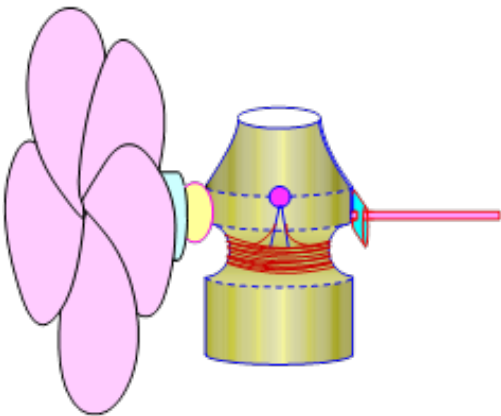
由「教師」示範能源科學基礎現象

教具之材料清單

- 多多罐 1 個（100 毫升裝的「原版」養樂多）
- 漆包線（線徑 0.12 mm，繞在多多罐上匝數 1000 匝）
- LED 燈 1 個（5 mm LED 燈）
- 塑膠珠子 1 顆（兒童算盤上的珠子，直徑約 10 mm）
- 強力磁鐵 4 顆（每組 4 顆，扁型圓柱，直徑 15 mm，高約 3 mm；或選用 2 顆更大的強力磁鐵亦可）
- 竹籤 1 支（烤肉用竹籤，長 15~20 cm）
- 泡棉 1 小塊（底約為 12 mm×12 mm；高約為 5 mm，略大於竹籤直徑）
- 寶特瓶 1 個（材質不限，大小建議 600 ml，也可使用其它大小來做比較）
- 熱熔槍（視班級狀況調整數量，建議 2 至 4 把）
- 吸管 1 個（一般粗細之吸管，直徑約 6 mm，可略）
- 鑽子 1 個（五金行常見的「木柄錐子」）
- 剪刀 1 把
- 立式電風扇 1 支

教具之製作流程圖與操作說明

教具製作流程（步驟）	製作說明
<p>纏繞線圈，固定燈泡。</p> 	<p>多多罐的腰身纏繞線圈（約 1000 匝），兩端去漆，接上 LED 燈，再用膠帶固定在罐身。</p> <p>註：本表格之教具圖片提供者為南鎮國小曾秋雲老師，並經直接授權。</p>
<p>罐上打洞，洞上開路。</p> 	<p>以鑽子（或剪刀）在線圈上方的罐身戳兩個相對的洞（注意洞口不可通過 LED 燈）。洞的正上方剪平行的兩刀，留下讓竹籤可通過的路徑。</p>
<p>製作軸心，串上磁鐵。</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 軸心製作：將竹籤放在多多罐底直徑上，在竹籤上做記號：罐底的圓心處與圓周處各點一點。 2. 圓心處串扁形泡棉，磁鐵夾住泡棉，以膠帶固定。 3. 將軸心放入多多罐中。

教具製作流程（步驟）	製作說明
<p>串上珠子、吸管。</p> 	<p>在罐身前後串入珠子及吸管一小段（防止竹籤晃動）。注意，勿讓珠子及吸管緊貼罐身，應保持一點點距離。</p>
<p>製做扇葉</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在寶特瓶蓋中央以鑽子打洞。 2. 將寶特瓶上端三分之一處剪下，垂直切割製成扇葉（可切成四片、八片或六片），每一片扇葉都要在同一側稍微凹一下。 <p>註：左圖擷取自本模組研發者之教具製作影片。</p>
<p>裝上扇葉</p> 	<p>將扇葉串上，放電扇前吹吹看效果如何。</p>

安全守則

1. 鑽子在鑽多多罐及瓶蓋時，注意勿讓虎口置於尖端下方。
2. 熱熔槍槍口避免正對眼睛。



輔助教學媒體

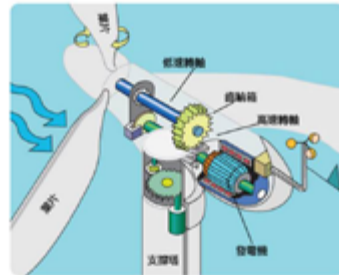
簡報檔連結：<https://goo.gl/oBauay>

風力發電

- 利用風力推動風扇葉片旋轉，將風能轉換成機械能後帶動風力發電機組發電，使機械能轉成電能。因受風向、風力大小、風力機組的設計等等因素，目前實際風力機輸出效率約20~40%。(由漢中小型風力機組開發而來)

14

風力發電機內部構造



圖片來源：機械工程學-中華人民共和國臺灣省機械師公會編訂
<http://www.mechanical.org.tw/> 臺灣機械師公會
日期：2012/11/14
日期：2012/11/14

17

風力發電機歷史：由風車演變而來

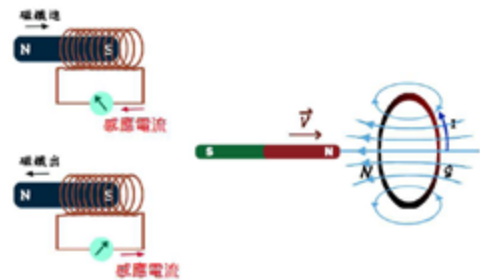


日本地方風車

圖片來源：公有領域
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Windmill_in_Japan.jpg
日期：2012/11/14
日期：2012/11/14

15

發電原理：電磁感應



線圈與磁鐵有相對運動時，使線圈產生感應電流

18

STEP6

竹籤與多多罐結合(測試有無發光)



根據第二步驟所裁剪的山谷，放入竹籤

攝影：何興雲、蔣雅萍
攝影：何興雲、蔣雅萍
攝影：何興雲、蔣雅萍

27

STEP6

竹籤與多多罐結合(測試有無發光)



根據第二步驟所裁剪的山谷，放入竹籤

攝影：何興雲、蔣雅萍
攝影：何興雲、蔣雅萍
攝影：何興雲、蔣雅萍

27

完成品



攝影：何興雲、蔣雅萍
攝影：何興雲、蔣雅萍
攝影：何興雲、蔣雅萍

34

想一想

- Q1: 哪邊最適合蓋風力發電機
- 為什麼?
- Q2: 風力發電機的優缺點
- Q3: 如何讓DIY的風力發電機作改良，如何使LED燈更亮?

38



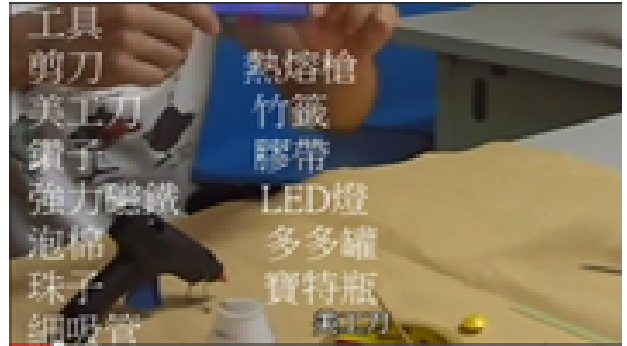
教學示範影片

示範影片連結：<https://goo.gl/KimRyr>

(影片來源：何開儒、羅梓洋拍攝，僅授權教育部能源科技人才培育計畫使用，如他人有使用之需求，請另行洽詢。)



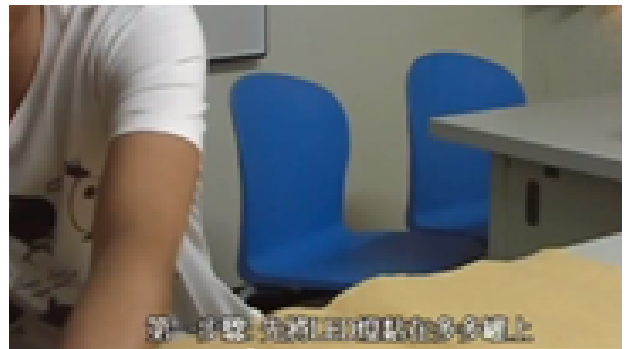
我們現在要開始介紹風車發電機的製作過程



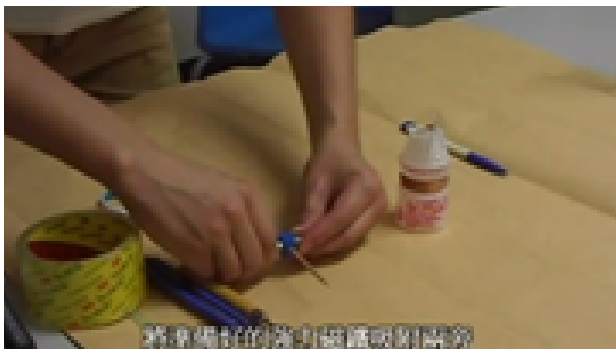
工具	熱熔槍
剪刀	竹籤
美工刀	膠帶
鑽子	LED燈
強力磁鐵	多多罐
泡棉	寶特瓶
珠子	美工刀
細吸管	



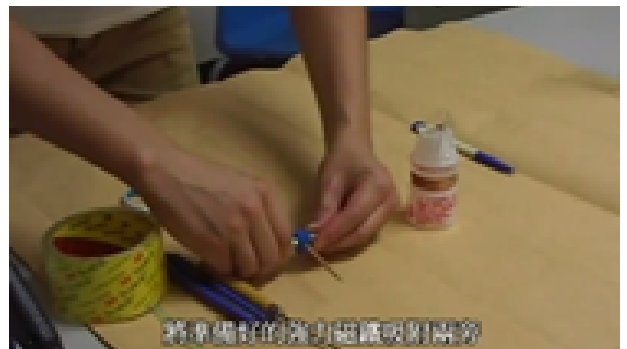
【預備(備有兩個種)】



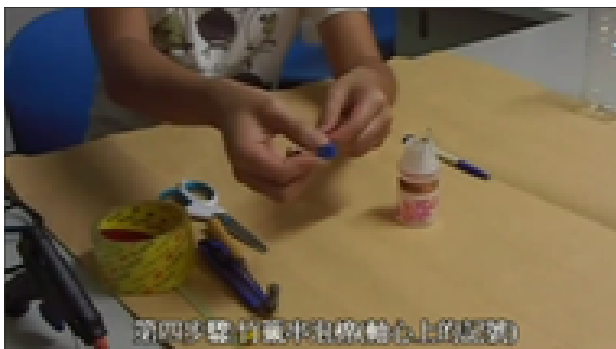
第一步驟 將LED燈黏在多多罐上



將準備好的強力磁鐵相對黏好



將準備好的強力磁鐵相對黏好



第四步驟 竹籤串起轉軸上的磁鐵



將準備好的強力磁鐵相對黏好

教學示範影片

評量表

學生評量表

風力發電機習題演練

隨堂練習：

- () 磁鐵與線圈因相對運動而產生電流的現象，稱為？(A) 電流熱效應 (B) 電磁感應 (C) 感應起電 (D) 電流磁效應。
- () 下列何者為可再生能源？(A) 石油 (B) 煤炭 (C) 風力 (D) 天然氣。
- () 在沒有石油的未來，較可能發生什麼事？(A) 畜牧業發達 (B) 更多人造衛星出現在天際 (C) 都市人口減少 (D) 糧食充足。
- () 若想設計一個更高效的風力發電機，可採用何種方法？(A) 銅線改用鐵線 (B) 使用直徑更大的瓶口 (C) 使用更細的銅線 (D) 減少轉軸摩擦。
- () 為何風力發電對於急需用電的國家而言，並不是一個好的應急發展項目？(A) 建設原料有限 (B) 供電不穩 (C) 會造成環境汙染 (D) 無法永續使用
- () 風力發電機是將(A) 動能變成電能 (B) 電能變成動能 (C) 化學能變成動能 (D) 電能變成動能 的裝置。
- () 關於「能」的敘述，何者正確？(A) 能量的總量是變動的 (B) 可利用的「能」越來越多 (C) 不能使用的能大都轉換成電能 (D) 遵守能量守恆定律。
- () 進行風力發電實驗時，發現能量總值不守恆，不能把電風扇的電能完全轉換到 LED 上，主因是 (A) 能量守恆定律不成立 (B) 部分能量以其它形式散失 (C) 實驗設計造成的誤差 (D) 發現未知新能量。
- () 火力發電過程中，能量轉換經過下列形式 (1) 電能 (2) 動能 (3) 熱能 (4) 化學能，先後順序應為 (A)4321 (B)1234 (C)2341 (D)3412。
- () 本教學的自製風力發電機，能量轉換經過下列形式 (1) 電能 (2) 動能 (3) 光能，其先後順序應為 (A)231 (B)312 (C)123 (D)213。

簡答題：

有什麼方法可讓自製風力發電機上的 LED 燈更亮呢？

學生評量表 (答案)

【備註】

*6 至 10 題涉及國三能量轉換的概念

選擇題答案：

1. (B) 2. (C) 3. (C) 4. (D) 5. (B) 6. (A) 7. (D) 8. (B) 9. (A) 10. (D)

簡答題參考答案：

1. 減少轉軸摩擦，上潤滑油。
2. 加裝傳動齒輪。
3. 使用銀線當作線圈，減少電阻。
4. 纏繞線圈時盡量讓線圈每一匝互相保持平行。
5. 穿過的牙籤盡量通過瓶蓋中心。

試題雙向細目分析表：

課程 內容	認知 目標		應用	高層次認知能力 分析、綜合、評鑑	合計
	知識	理解			
能源危機	1	1		1	3
發電原理	1	2		1	4
發電機與能源 轉換				3	2
小計	2	3	0	5	10

評量與能源七項核心知識對照表

核心知識內容	對應風力發電機評量題號
I. 能源是依循自然定律的物理量：能源是從一系統傳遞到另一系統的量、能源不會被銷毀或產生、從一系統傳遞到另一系統時有用能的程度降低、能源有多種形式也可以被分類。	5, 6, 7, 8, 9
II. 地球上的物理過程是通過地球系統的能源流結果：地球的氣候多半受到來自太陽的能源、溫室氣體經由地球系統影響能源流、地球能源系統的改變效應無法立即顯現。	2
III. 各種不同的能源來源可用來提供人類活動的動力，而且這種能源可從來源傳遞到目的地：人類透過努力從環境中傳遞與轉換能源成為有用能、人類使用能源有限且受限、人類有多種方式發電、能源資源有多種型式可被轉換、輸送和儲存，這些型式各有優缺點。	3, 4
IV. 使用能源的決定受到經濟、政治、環境與社會因素影響：能源資源的使用決定有許多層面	4
V. 人類社會使用能源量與許多因素有關：能量守恆有二個很不同的意義、管理能源的方法之一是透過節約能源、人類的能源需求持續增加、地球的資源有限、社會變革與科技創新影響人類社會的能源用量、行為與設計影響人類社會的能源用量、產品與服務內含能源、能源用量可以計算和監控。	3
VI. 個人與社會的生活品質受能源的選擇影響：環境品質受到能源選擇的衝擊、有限供給與需求增加的化石燃料影響生活品質、有些族群比其他族群更會受到能源選擇的傷害。	3
VII. 能源科技的發展可分為化石與非化石能源技術，它們各有優缺點和對環境的不同程度衝擊：化石能源有使用年限且有相對高的碳排放量並極可能造成全球暖化、非化石能源其中的再生能源為低碳燃料對於環境相對友善、人類社會現階段為化石燃料經濟但會逐步朝向低碳燃料經濟。	2

