

# 黑暗中的光明-電石燈

單元名稱：黑暗中的光明--電石燈

模組設計者：沈景祺

學生對象：國民中學二年級學生

教學時間：4小時



(ref 1)



(ref 2)

## 一、 傳承傳統世界觀(所需時間：40 分鐘)

(一)主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標

1. 主要學習概念：

- (i) 電石燈在傳統泰雅族文化所代表的意義
- (ii) 與電石燈相關的傳說故事
- (iii) 電石燈的功用

2. 學習活動目標：

- (i) 能以泰雅族語說出電石燈的名稱
- (ii) 能說出電石燈在泰雅族的文化意義
- (iii) 能說出電石燈的功能

3. 分段能力指標：自然與科技 1-4-5-5

(二)學習活動

1. 電石燈的泰雅族語

電石燈的泰雅族語：gas

2. 與電石燈相關的故事

- (i) 電石燈的泰雅族語 gas 是直接由瓦斯音譯而來，是因為以前老人家認為電石所產生的氣體是瓦斯氣，所以有些泰雅族老人家稱電石燈為「瓦斯

燈」。電石燈或乙炔燈，又稱為「電土燈」或「電土火」。老一輩的人叫它為「水火燈」或是「電土燈仔」或是「瓦斯燈」，縱然它與瓦斯沒什麼關係。電石燈與煤油燈不同，煤油燈以煤油為燃料，燈光弱；電石燈以電石（電土）加水產生化學反應為燃料，照明度比煤油燈來得光亮。再者，電石燈較不易遭到強風吹熄，故多用於戶外場合，例如：夜間喜慶、祭典會場或擺地攤、捕青蛙、夜行巡邏等。

(ii) 最早以前原住民打獵時，是用松木片作成火把，後來改用電石燈。電石燈是昔日原住民晚間狩獵的傳統照明器具，夜間上山打飛鼠，當電石燈的燈光照到飛鼠，飛鼠的眼睛會閃閃發亮，獵人很容易鎖定目標打下飛鼠。

(iii) 早期開礦技術不如現代精良，礦工往往得深入地底 1、2000 公尺的礦坑作業，礦坑環境不僅悶熱且隨時會有各種危險狀況發生，而早期礦工所使用的「電石燈」，也成為檢視地底氧氣含量多寡的標的物。在礦坑裡，若氧氣足夠，燈火會燃得很旺；假如含氧量不夠，燈火會減弱，甚至熄滅，避免因洞裡缺氧而死亡。當礦工看到燈火減弱或消失，就會警覺到礦坑內氧氣不足，而往空氣較流通處移動，以免因缺氧而死亡，所以也叫「救命燈」。

(iv) 一般的水果行，都知道電石碰到潮濕空氣會產生乙炔，而乙炔可以讓果實快速成熟，於是都會買電石來放在水果旁催熟，像是原本剛摘下來，是青綠色的香蕉，只要用塑膠袋包著香蕉和電土密封住，一到兩天之後，就會變成黃橙橙的熟香蕉。台灣的農民過去常用煙燻來催熟香蕉，梨、芒果、葡萄、柑橘、鳳梨、柿子與番茄。利用乙烯催熟也是方法之一，一般來說乙烯是氣體，在成熟的水果含量最多，也可催熟水果。所以生的水果也可以放在熟透的水果旁催熟，只是速度較慢。為了讓香蕉表皮變得嫩黃好看，有的不法商販用二氧化硫來催熟，但果肉吃上去仍是硬硬的一點也不甜，而且二氧化硫對人體是有害的。

### (三) 學習評量

1. 為什麼電石可以催熟水果？還有哪些物質可以催熟水果？
2. 看過電石燈嗎？使用過電土燈嗎？
3. 為什麼電石燈對於採礦工人而言是「救命燈」？
4. 相對於煤油燈，打獵時採用電石燈有什麼優點？

### (四) 使用器材

電石燈、電石、打火機

## 二、表達自我世界觀(所需時間：40 分鐘)

### (一) 主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標

1. 主要學習概念：

- (i) 認識電石燈的基本構造特徵
  - (ii) 表達自己對電石燈的看法與經驗
  - (iii) 對同學提出的看法產生疑問或提出相關問題
  - 2. 學習活動目標：
    - (i) 能表達並與他人分享自己對電石燈的看法與瞭解，並且對同學提出的觀點作出回應
    - (ii) 說出電石燈對泰雅族的重要性
  - 3. 分段能力指標：自然與科技 1-4-5-5、8-4-0-2
- (二)學習活動
- 1. 共同討論對電石燈的看法：教師在課堂上將學生分成小組，進行對泰雅族電石燈的討論。請小組派一至兩位同學代表上台發表小組的心得與想法。
- (三)學習評量
- 1. 表達對電石的感覺與看法
  - 2. 敘述使用電石燈的經驗與感覺
  - 3. 畫出電石燈的構造圖
- (四)使用器材
- 電石燈、電石、打火機

### 三、探索世界觀(所需時間：50 分鐘)

- (一)主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標
- 1. 主要學習概念：
    - (i) 電石與水的化學反應現象
    - (ii) 電石燈的基本構造原理
    - (iii) 電石燈的操作方法與物理原理
    - (iv) 電石的其它用途
  - 2. 學習活動目標：
    - (i) 能操作泰雅族的電石燈並瞭解其設計原理
    - (ii) 能說出操作電石燈時發生的物理現象與化學反應變化
    - (iii) 能知道電石燈實驗的安全須知
    - (iv) 能解釋電石在其它用途的反應現象
  - 3. 分段能力指標：自然與科技 1-4-1-1、2-4-4-2
- (二)學習活動
- 1. 觀察電石  
教師從密封罐中取出電石放在白紙上發給每一組，學生對電石進行觀察與紀錄並與小組討論。將電石投入裝有水的錐形瓶中，迅速將單孔橡皮塞套在錐形瓶瓶口，橡皮塞使用連通管連結至另一裝有水的錐形瓶中(同

樣使用單孔橡皮塞套在錐形瓶瓶口)，裝有電石的錐形瓶其連通管勿浸入至水面下，沒有裝電石的錐形瓶其連通管浸入至水面下，觀察之。派代表上台報告小組的觀察心得。

## 2. 認識電石燈的構造

電石燈主要構造包括外桶、內罐的蓋子與內罐，教師先展示電石燈實體，並將電石燈的三個主體分別展示給學生。

## 3. 電石燈的操作方法

電石應保存在密封罐內，以避免與空氣中的水分接觸而發生反應。電石燈操作步驟如下：

- (i) 放入一小塊電石於電石燈內罐中並蓋上內罐的蓋子(注意一次不要放入太多電石，內罐的蓋子不要蓋太緊)
- (ii) 將內罐置於外桶中並加入水於外桶中(注意外桶的水面所產生的冒泡現象)
- (iii) 使用打火機於電石燈噴嘴口上方點火(觀察火焰強度與外桶的水面冒泡現象的關係)
- (iv) 待火焰熄滅後，取出內罐，觀察罐內的白色粉末物質

## 4. 電石的其它用途：

- (i) 水果尚在青澀階段時採收，果農就會在包裝的紙箱中放一些電石，使水果早熟，以便提早到市場販賣獲得好價錢。如果電石放得越多，那麼水果就越早熟。這是因為電石吸收空氣中的水蒸氣，慢慢地產生乙炔氣體，乙炔對於植物的生長與發育具有調節作用，能夠促使水果的成熟掉落與樹葉的老化。可由同一株香蕉樹摘下兩串大小、顏色差不多的香蕉，分別放在不同的紙箱中，其中一個紙箱放入一塊電石，一星期後打開觀察 2 串香蕉的外觀變化，並且觀察放入紙箱中的電石的外觀變化。
- (ii) 在許多活動場合可以看到竹炮，其實竹炮的化學反應和電石燈是一樣的。竹砲的由來，距今約一百五十年前左右，當時中國清朝派員東來，要求電光(舊稱雷公火)阿美族部落歸順清朝，且清朝將派人來管理接收電光部落。阿美族人並不同意清朝此要求，頭目因此帶領青年在部落邊搭建石牆進行防禦。清朝派兵攻打時，有火槍及可遠距離發射之砲彈，而部落僅有番刀做為武器對抗。在當年並未有電燈的時代中，先民使用碳化鈣(電石)加水產乙炔後點火燃燒，作為照明用。故相傳青年們利用此原理，製作出竹砲的原型。竹砲並沒有殺傷力，僅能發出強大聲響作為嚇阻之用，青年便在防守的石牆上挖洞，讓竹砲伸出，點燃竹砲，使得在遠處攻打之清兵以為部落也有攻擊的火力，便開槍發射火砲彈藥，等待彈藥放盡，頭目便率眾殺出以番刀與清兵近身搏鬥，最後擊退清兵獲得勝利。此為電光部落竹砲的由來。此竹砲後來也作為嚇阻山豬鳥類，阻止牠們

盜食小米等農作物的器具。在農作物待收割時，為了避免鳥類山豬盜食，使用竹砲燃放的巨響，嚇阻山豬鳥類靠近農作物。(ref 5) 竹炮採用直徑較大的麻竹或孟宗竹為主，竹管直徑愈大、愈長，共鳴的效果愈好，發出的炮聲也愈響。將竹管前面的幾節竹節打通，留住最後一節，放入電石加一點水，以火點燃，電石與水反應產生乙炔，點火後發出巨響。以前在山區竹炮是村落與村落間緊急聯絡的重要工具，村落之間約定特定的響聲數代表聯絡的事件。(石振賢，2003)。

(iii) 電石和電石燈也曾用在燈塔發光照明、皮影戲的光源，以及捕魚，利用魚類對光有不同的反應，閃爍的光會驅散魚群，而穩定的光會引誘聚集魚群(何太榮，1988)。

### (三)學習評量

1. 為什麼必須將電石儲存在密封罐內
2. 描述電石的外觀與氣味
3. 為什麼不可以一次在電石燈的內罐中放入太多的電石
4. 在點火前外桶的水面會產生冒泡的現象，為什麼？一開始外桶水冒泡包含哪些氣體
5. 為什麼在點燃火焰時，水面又恢復平靜？但是為什麼不久之後外桶的水又冒泡，同時火焰變得特別明亮
6. 火焰熄滅後，內罐中殘留的白色粉末是什麼物質
7. 是什麼因素造成2串香蕉有不同的變化
8. 敘述電石和電石燈的其它應用和用途
9. 在點燃電石燈的過程中，有哪些現象屬於物理原理，有哪些屬於化學反應

### (四)使用器材

電石燈、電石、打火機

## 四、形成新世界觀(所需時間：60分鐘)

### (一)主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標

1. 主要學習概念：
  - (i) 電石燈結構的物理原理
  - (ii) 氣體壓力與液體壓力
  - (iii) 反應物質質量對化學反應的影響
  - (iv) 化學反應前後物質的變化
  - (v) 化學反應前後外桶水溫溫度的變化
  - (vi) 使用石蕊試紙檢驗酸鹼的方法
  - (vii) 電石與水的化學反應現象與產物性質

(viii) 以澄清石灰水檢驗二氧化碳的方法

2. 學習活動目標：

(i) 觀察電石燈操作的過程能敘述所觀察到的現象

(ii) 能解釋電石燈的操作原理

(iii) 能說明電石與水的反應現象

(iv) 能說明乙炔燃燒的反應現象

(v) 能使用一些檢驗方法檢驗電石燃燒後的產物的化學性質

3. 分段能力指標：自然與科技 2-4-7-3、2-4-7-1

(二) 學習活動

1. 電石質量與燃燒時間

在 250 ml 的錐形瓶中放入少許電石，滴入數滴水，以穿孔橡皮塞蓋住，玻璃管插入穿過橡皮塞。水與電石反應，產生乙炔氣體。乙炔從玻璃管上方的管口噴出。在玻璃管口點火，管口會產生有強光的火焰。火焰可以持續一段時間，觀察錐形瓶溫度升高。以天平分別稱取 1 g、2 g 與 3 g 的電石分別放入三個編號為 1、2、3 的 250 ml 錐形瓶中。以滴管加入 5 滴水於 1 號錐形瓶中，點火並測量火焰燃燒的時間。對 2 號與 3 號錐形瓶進行相同的測試。

2. 電石與水的反應實驗

在 250 cc 燒杯中裝水約 150 cc，用溫度計測量水溫並紀錄水溫。另外準備一小塊電石，將電石輕輕放入水中，燒杯內的水呈現混濁的現象，並有氣泡產生，再以溫度計測量水溫並記錄水溫。當電石與水反應後，將燒杯內的液體靜置一段時間，可見上層澄清液體，而燒杯底部殘留灰白色的沈澱物質。以濾紙過濾燒杯中的溶液，將上層澄清液體倒到另一個乾淨的燒杯中，以紅色石蕊試紙檢驗澄清液體，試紙顏色變成藍色。取澄清部分的液體裝入試管中，在管口放一個塑膠漏斗。用嘴對著漏斗口呼氣約五分鐘後，試管內的液體會變渾濁。比較渾濁的液體與原來的澄清液體。繼續對著漏斗口呼氣直到渾濁的液體再次變成澄清的液體。

(三) 學習評量

1. 在電石燈內罐放入電石，從外桶進入的水與電石發生反應後，外桶的水如何繼續進入內罐中與其他的電石發生反應
2. 當火焰最強的時候，電石燈外桶水面又會再出現冒泡的現象，為什麼
3. 將電石輕輕放入燒杯內的水中，水變得混濁，並開始冒泡，表示有氣體產生，氣味為何？再量一次水溫，水的溫度在加入電石前後有什麼變化
4. 將紅色石蕊試紙放入裝有電石和水的錐形瓶中，試紙變成藍色，錐形瓶中的水的性質有什麼變化
5. 取一些澄清部分的液體裝入試管內，在管口放一個塑膠漏斗。用嘴對著漏斗口呼氣，不久試管內的透明液體有什麼變化？
6. 澄清石灰水可以用來檢驗二氧化碳氣體。取一些澄清石灰水澄清部分的

液體裝入試管內，在管口放一個塑膠漏斗。用嘴對著漏斗口呼氣。不久試管內的透明液體變成白色混濁。可能的原因是什麼？試與上述第5點觀察到的現象比較並討論之

7. 如果繼續對白色渾濁液體吹氣，不久試管內的白色渾濁液體有什麼變化？

#### (四)使用器材

電石燈、電石、打火機、橡皮塞、錐形瓶、玻璃管、天平、滴管、燒杯、濾紙、塑膠漏斗、試管

## 五、連結原住民世界觀與科學世界觀(所需時間：50分鐘)

### (一)主要學習概念、學習活動目標與分段能力指標

#### 1. 主要學習概念：

- (i) 燃燒三要素：可燃物、助燃物、溫度要達到燃點
- (ii) 下列物質的化學式：電石、水、乙炔、氫氧化鈣、碳酸鈣、二氧化碳、碳酸氫鈣
- (iii) 下列物質的化學性質：電石、水、乙炔、氫氧化鈣、碳酸鈣、二氧化碳、碳酸氫鈣
- (iv) 電石與水的化學反應式： $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$
- (v) 乙炔燃燒的化學反應式： $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$
- (vi) 氫氧化鈣與二氧化碳的化學反應式：  
 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- (vii) 碳酸鈣與二氧化碳和水的化學反應式：  
 $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- (viii) 電石與水的反應為放熱反應，因此其反應後溫度升高
- (ix) 電石與水的反應後其廢棄物的正確處理方式

#### 2. 學習活動目標：

- (i) 能以所學的物理原理解釋操作電石燈的過程中出現的一些物理現象
- (ii) 能以化學反應解釋電石燈發光發熱的現象
- (iii) 能以一些酸鹼試劑方法檢驗反應後溶液的酸鹼度
- (iv) 能知道以電石為主的相關產業對環境保護的影響
- (v) 能藉由教師示範水火同源實驗體會台灣特殊地理現象關仔嶺水火同源的原理
- (vi) 能藉由教師示範電石槍實驗知道燃燒氣體產生音爆現象的原理

3. 分段能力指標：自然與科技 1-4-5-4、2-4-7-3、3-4-0-1、7-4-0-5、7-4-0-3、7-4-0-4

### (二)學習活動

1. 教師示範水火同源實驗：

- (i) 燒杯裝水和冰塊，使用打火機在燒杯上方點火
- (ii) 同(i)，但在點火前，灑上神秘魔法石的粉末於冰塊上
- (iii) 觀察現象：比較步驟(i)和(ii)的實驗結果
- (iv) 課程延伸：台灣關仔嶺水火同源現象(如下圖)，來自地下的天然氣透過洞口崖壁的裂縫逸出，經點火後造成在水面上燃燒的現象



(ref 6)

2. 教師示範電石槍實驗：

- (i) 將橡皮塞套在點火槍口上，並將一小塊電石放進養樂多空瓶中
- (ii) 加入少許水於瓶中後迅速將橡皮塞套入養樂多瓶口，以點火槍點火
- (iii) 觀察現象：養樂多空瓶射出並發生音爆的現象(注意點火槍勿對著人的方向點火)
- (iv) 提出解釋：將乙炔與養樂多瓶內空氣(氧氣)混合點火，產生二氧化碳氣體、水蒸氣及大量的熱量使瓶內氣體急速膨脹，並再點燃內部其它乙炔氣體，連續反應的結果，造成多次高熱氣體在瓶內劇烈碰撞，因而產生音爆

3. 教師再次示範電石燈的操作，教師並以化學反應解釋電石燈發光發熱的現象。電石的成分是碳化鈣( $\text{CaC}_2$ )，電石燈發光的基本原理是利用電石與水的化學反應，水與電石反應產生乙炔( $\text{C}_2\text{H}_2$ )，經點火燃燒發光。電石與水的化學反應式： $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$



乙炔燃燒的化學反應式： $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$

在電石燈最後留下的白色粉末即用來製備澄清石灰水的氫氧化鈣

( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )。氫氧化鈣溶於水中呈現鹼性，使紅色石蕊試紙變成藍色。

當氫氧化鈣遇到空氣中的二氧化碳( $\text{CO}_2$ )會發生化學反應，氫氧化鈣與二氧化碳的化學反應式： $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

若繼續對白色渾濁液體吹氣，則白色渾濁液體再次變成澄清溶液，此為碳酸鈣與二氧化碳和水反應產生碳酸氫鈣溶於水的現象，其化學反應式： $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

4. 目前工業界仍然採用電石產生乙炔，並且裝在鋼瓶出售。不過用電石製造乙炔會產生淡灰色電石渣。電石渣即前面提到的氫氧化鈣，萬一不小心排到河川或倒在野外，因為氫氧化鈣的水溶液是強鹼性，不利魚類及植物生長，會破壞生態環境，造成環境污染。正確的作法是將電石渣經過酸鹼中和處理才可以丟棄。不過目前採用石油化學也可以產生乙炔，因此不一定要用電石製造。政府可以輔導產業轉型，獎勵使用石油化學方法產生乙炔

### (三)學習評量

1. 說明在電石燈實驗電石與水反應並點火燃燒前後所有反應物和生成物物質的化學式
2. 在電石燈下層最後留下的白色粉末就是用來製備澄清石灰水的氫氧化鈣。氫氧化鈣溶於水呈現的酸鹼性為何？使紅色石蕊試紙呈現何種顏色
3. 寫出以下的化學反應式，需平衡化學反應係數，並說明之：
  - (i) 電石與水的化學反應式
  - (ii) 乙炔與氧氣燃燒的化學反應式
  - (iii) 氫氧化鈣與二氧化碳的化學反應式
  - (iv) 碳酸鈣與二氧化碳和水的化學反應式
4. 目前工業界仍然採用電石產生乙炔，並且裝在鋼瓶出售。不過用電石製造乙炔會產生淡灰色電石渣。電石渣即前面提到的氫氧化鈣，萬一不小心排到河川或倒在野外，會破壞生態環境，造成環境污染。為什麼？
5. 處理電石渣的正確作法應該是如何？

### (四)使用器材

電石燈、電石、打火機、養樂多罐、點火槍、燒杯、橡皮塞、石蕊試紙、冰塊

參考資料：

1. 傅麗玉(2004)。原住民生活世界的科學-電土燈。原住民教育季刊，33，77-101。
2. 李慶恭(2010)。臺灣月刊雙月電子報99年4月號【懷舊系列】之7。
3. Kearney, M. (1984). *World view*, Novato, CA: Chandler & Sharp.

4. 石岡國中領域研習部落格  
[http://tw.myblog.yahoo.com/jw!9kT\\_Y\\_SBFx21PuuDz3Pr7og-/article?mid=178](http://tw.myblog.yahoo.com/jw!9kT_Y_SBFx21PuuDz3Pr7og-/article?mid=178)
5. 中華民國第四十六屆中小學科學展覽會作品說明書，生活與應用科學科，「轟」然巨響—尋找竹筒砲最佳構型及施放標準程序。
6. 台灣關仔嶺水火同源  
<http://www.flickr.com/photos/chung660326/3944601358/>