

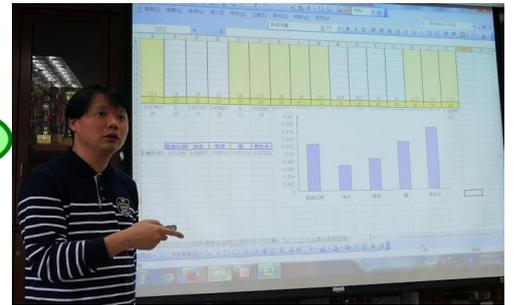
2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

教師組 教案表單與學習單

| |
|---|
| 教案設計者：蔡任圃(臺北市立第一女子高級中學) |
| 課程領域： |
| <input type="checkbox"/> 物理 <input type="checkbox"/> 化學 <input type="checkbox"/> 生物 <input type="checkbox"/> 地球科學 <input type="checkbox"/> 科技領域 <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學探究與實作 <input type="checkbox"/> 數學 <input type="checkbox"/> 其他 _____ (可複選) |
| 一、教案題目 |
| 汽水真有氣-影響碳酸溶液釋出二氧化碳速率的因子 |
| 二、授課時數 |
| 500 分鐘 (高中每節課 50 分鐘，每週兩節課，五週共十節課) |
| 三、教案設計理念與動機 |
| (一)、教案設計理念 1.由核心問題出發，配合情境設計，以素養導向的方式進行科學探究活動。 2.課程活動由觀察先行而後量化分析，任務難度由簡而難、循序漸進。 3.提供 2 種量化方法，使學生體認：解決問題常不只一種途徑，但各自具有優勢與限制。 4.探究議題橫跨物理學、化學與生物學概念，使學生體認：科學問題常是跨科議題。 5.實作、探究與學理三者並進，課程安排大量實作與探究的機會，也提供相關學理背景的理论模型，讓師生有所依據。 6.透過開放式實驗設計的報告與分享，培養學生討論與思辨的技巧與習慣。 7.重視科學探究、數據處理、建立模型等學習歷程、而非實驗數據成果。 |
| (二)、教案設計動機 許多的探究與實作課程設計成跨學科的協同教學形式，但常常淪為師資結構的跨科合作，而教學主題或是科學探究活動仍偏重單一學科。若能做到課程模組內的跨科知識整合，這樣的教學設計才能打破學科分野，讓學生有機會綜合應用不同學科所學的知識與技能，但跨科的科學探究模組不容易設計與執行，主要原因有二： 1.跨科議題不易尋得 ：若能涵蓋不同學科的觀念知識，又能透過量化分析而進行科學探究，且為生活中可觀察到的現象，這樣的探究主題實為少見。 2.教師對教授非專業領域課程的排斥 ：許多教師對於跨科課程模組，會擔心自己專業能力不足，尤其需引用非本科專業的相關理論來解釋科學現象時，深怕自身觀念不正確，也無法完善回答學生在探究過程所遭遇的疑問。 但事實上，探究與實作課程應是透過探究的歷程，幫學生練習釐清、量化科學現象的技術，透過文獻探討與思辨等歷程訓練學生建立科學模型的技巧，並透過分享與討論等歷程訓練學生合作與溝通等能力。學習「標準答案」並不是探究與實作課程的目標，因此在課程中，教師並不是知識的提供者，而是探究的引導者。若有適當的議題，師生可一同探究現象、建立模型，在學習的歷程中，教師的角色為輔導學生能從探究的歷程中學習知識、技能與態度，而老師的知識有 |

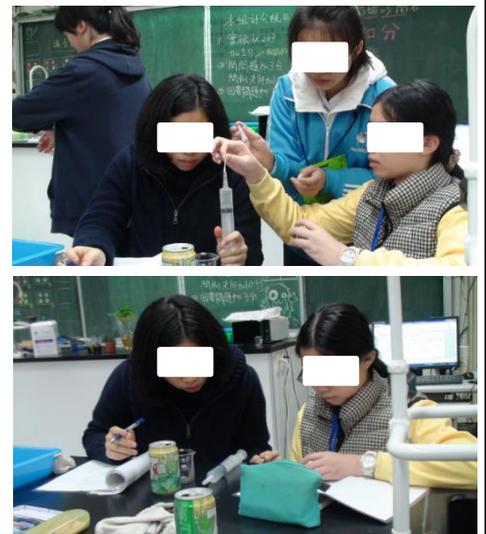
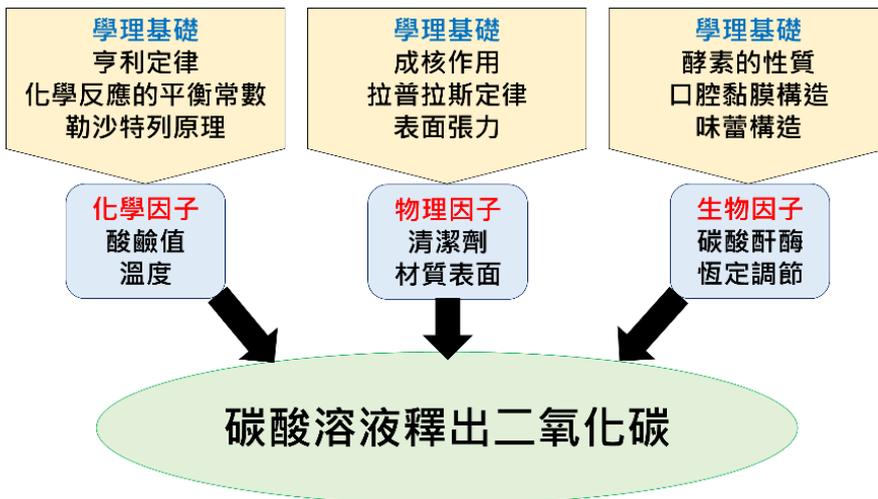
多豐富並不是重點，重點是學生能體驗多少、探究多深，這才是學生能學到多少的關鍵。

(三)、本課程的特色：可由觀察現象與量化分析進而歸納規則、建立模型，並探究科學學理與相關理論。



四、教學目標

- (一)、透過生活化的現象，訓練觀察、統整與歸納能力。
- (二)、透過實驗操作，訓練實驗設計、量化技術、統計分析、建立模型的科學探究能力。
- (三)、以觀察現象與實驗設計，透過探究各種因子的效應，驗證在各學科所學習到的學理基礎。



五、教育對象

高中一、二年級學生，亦可於國中或國小高年級實行。

六、課程設計 (方法與步驟)

| 週次 | 主題 | 教學設計 | 教學內容 |
|-------------|---------------------------|--------|---|
| 第一週 現象觀察 | 質性觀察 紀錄練習 觀察汽水冒氣的情形 | 引起動機 | 1.回想一下，喝入汽水後，口腔內會有刺刺的感覺，這樣的感覺是如何產生的？ 2.口腔內的刺刺感，主要在發生在口腔內那些位置？ 3.有哪些因子會促進汽水(碳酸溶液)釋出二氧化碳氣泡？ |
| | | 提出探究因子 | 1.舌頭上較為粗操的表面似乎較易使汽水產生二氧化碳氣泡。 2.物體表面的粗糙程度是否會引影響碳酸溶液釋出二氧化碳的速率？ |

第一週(現象觀察)

質性觀察
紀錄練習
觀察汽水冒氣的情形

性質觀察
實驗

- 1.以竹筷代表表面粗糙的物體，塑膠吸管代表表面平滑的物體。
- 2.將汽水以同樣體積分別到入兩個一樣的燒杯。
- 3.將竹筷與塑膠吸管各置入汽水，觀察比較兩者的冒氣程度。

實驗記錄

- 1.將觀察的結果以文字或繪圖方式記錄(表一)。

表一 竹筷與塑膠吸管引發汽水冒氣程度的比較。

| | 竹筷 | 塑膠吸管 |
|---------------------|----|------|
| 汽水冒氣程度 (文字或繪圖記錄) | | |

其他因子的
探討

- 1.除了表面的粗糙程度之外，還有哪些可能影響碳酸溶液釋出二氧化碳的速率的因子？
- 2.各組提出 1~2 個可探討的因子，並準備相關器材。
- 3.實際以質性觀察的方式，探討不同因子對碳酸溶液釋出二氧化碳之速率的比較。
- 4.將觀察結果以文字或繪圖方式記錄。

第二週(量化技術)

量化方法
(一)
竹筷與塑膠吸管引發汽水冒氣程度的量化比較

引起動機

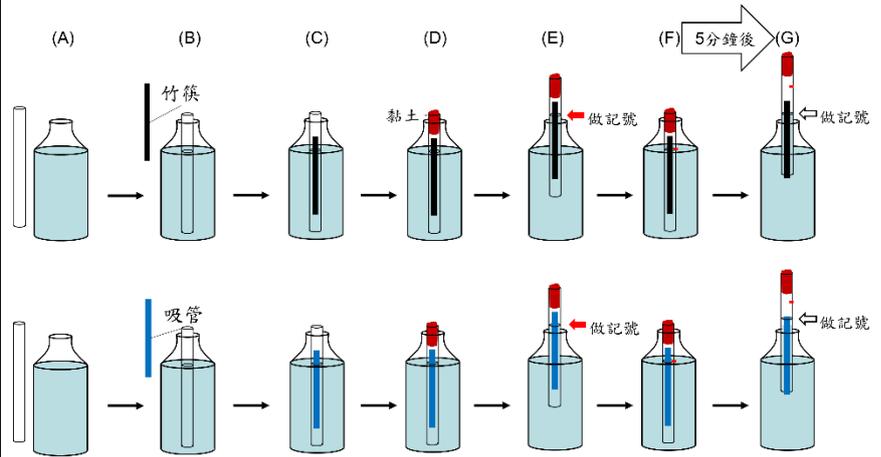
- 1.前一週的質性觀察，若能有量化方法，透過測量碳酸溶液釋出二氧化碳之體積，就能比較各種因子的效應。
- 2.這週課程介紹一種可量化釋出二氧化碳之體積的方法，可用於驗證物體表面的粗糙程度，對釋出二氧化碳速率的效應。

量化方法
介紹

- 1.將 2 支粗的透明塑膠吸管(如珍珠奶茶的吸管)，各自插入剛開封的汽水(瓶裝或罐裝皆可)中(圖一 A、B)。
- 2.將竹筷與塑膠吸管剪成長度一樣，同時將竹筷與吸管各自插入汽水中的透明塑膠吸管内(圖一 B、C)。
- 3.迅速以黏土封住兩個粗透明塑膠吸管的上端開口(圖一 D)。
- 4.將兩個粗吸管拉起(底端不能離開水面)，並於汽水柱上側的水面處以油性簽字筆做上記號(圖一 E)，再放回汽水中(圖一 F)並開始計時。
- 5.觀察竹筷與吸管表面冒出氣泡的情形，5 分鐘後將兩個粗吸管拉起(底端不能離開水面)，於汽水柱上側的水面處以油性簽字筆做上記號(圖一 G)。
- 6.以尺測量粗吸管上兩個記號的距離，即為五分鐘內汽水柱移動的距離。(操作過程詳見影片)



量化方法
(一)介紹



圖一 量化方式一的實驗操作各步驟示意圖。

量化方法
實作

- 1.各組發下相關器材(鋁罐裝汽水、粗透明塑膠吸管、細塑膠吸管、竹筷、黏土、油性筆、碼表)。
- 2.執行實驗操作。

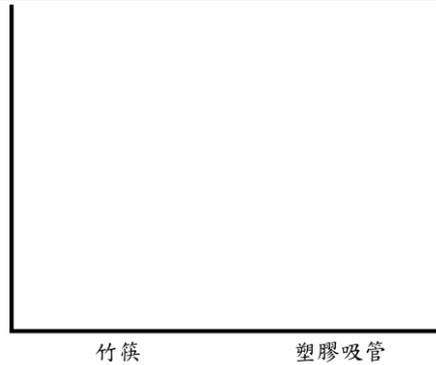
實驗記錄

- 1.紀錄兩組液面下降的距離(表二)。
- 2.將兩組的汽水柱移動距離，繪製成柱狀圖(圖二)，比較兩者的冒氣程度。

表二 竹筷與塑膠吸管引發二氧化碳釋放的速率紀錄。

| | 竹筷 | 塑膠吸管 |
|--------------------|----|------|
| 5分鐘內 液面下降距離(公分) | | |

產氣量(液面移動距離,公分)



圖二 竹筷與塑膠吸管引發二氧化碳釋放的速率比較。

實驗結果
討論

- 1.依據實驗結果，表面粗糙或光滑的物體，何者較能引發碳酸溶液釋出二氧化碳？

其他因子
的探討

- 1.若欲比較乾燥的棉花棒與沾水而濕潤的棉花棒，何者較能引發碳酸溶液釋出二氧化碳？要如何透過上述的量化方法驗證？
- 2.擬定實驗流程，並實際測量、比較乾燥與濕潤的棉花棒，引發碳酸溶液釋出二氧化碳的效應。

引起動機

1.除了物體表面的粗糙程度外，碳酸溶液釋出二氧化碳的反應式如下：



2.依據勒沙特列原理，若在溶液中添加酸(H⁺，例如：醋)，應可促使向右反應，而增加二氧化碳的釋放。

3. H₂CO₃ ⇌ H₂O + CO₂ 的反應受碳酸酐酶的催化，而人體口水中含有碳酸酐酶，若溶液中添加口水，應可增加碳酸溶液中的二氧化碳釋放。

4.在水溶液中要形成氣泡，需抵抗表面張力，若在溶液中添加界面活性劑(例如：清潔劑)而破壞表面張力，應可增加碳酸溶液中的二氧化碳釋放。

5.除了上週所介紹的量化方法外，還有其他的方式可量化氣體產生的體積，可直接測量碳酸溶液所釋放的二氧化碳體積。

量化方法
(二)介紹

1.將塑膠針筒的推桿拉出，出口朝下，以指頭封住出口，並緩慢地沿著管壁倒入汽水(圖三 A)。

2.將推桿裝回(圖三 B)。

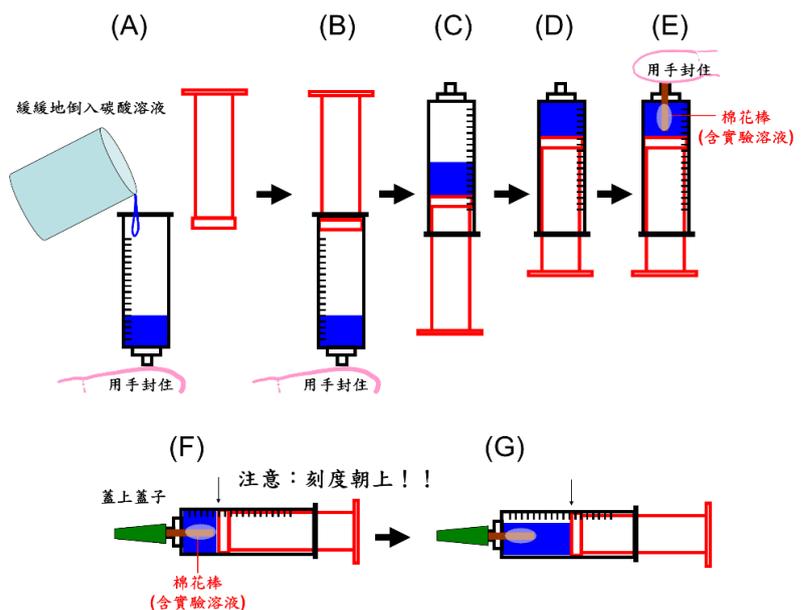
3.將塑膠針筒緩緩的轉成出口朝上(圖三 C)。

4.推入推桿，使塑膠針筒內的空氣排出(圖三 D)。

5.將沾著實驗溶液的半截棉花棒，從塑膠針筒出口處塞入(圖三 E)。

6.針筒出口處蓋上蓋子(圖三 F)，使針筒內成閉密空間。

7.記錄推桿的刻度(圖三 G)，固定時間後再記錄推桿的刻度，即可得知氣體的產生體積。(操作過程詳見影片)



圖三 量化方式二的實驗操作各步驟示意圖。

量化方法
實驗

- 1.各組以 4 個半截棉花棒，分別沾附清水(對照組)、醋、口水、清潔劑。
- 2.以此四組半截棉花棒，各自進行上述的量化操作實驗。

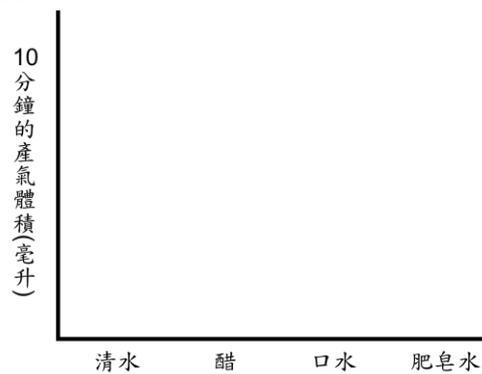
實驗記錄

- 1.記錄清水(對照組)、醋、口水、清潔劑四組在一開始時的推桿刻度(表三)。
- 2.記錄清水(對照組)、醋、口水、清潔劑四組在 10 分鐘後的推桿刻度(表三)。
- 3.計算四組的二氧化碳釋出速率。

表三 各組溶液引發二氧化碳釋放的體積變化紀錄。

| 時間 | 推桿刻度 | | | |
|-------|------|---|----|-----|
| | 清水 | 醋 | 口水 | 清潔劑 |
| 0 分鐘 | | | | |
| 10 分鐘 | | | | |

- 4.將四組的二氧化碳釋出速度，繪製成柱狀圖(圖四)，比較四者的冒氣程度。



圖四 清水、醋、口水、清潔劑引發二氧化碳釋放的速率比較。

實驗結果
討論

- 1.依據實驗結果，清水、醋、口水、清潔劑四組中，何者較能引發碳酸溶液釋出二氧化碳？

量化方法
的比較

- 1.前一週曾比較乾燥與沾水濕潤的棉花棒，何者較能引發碳酸溶液釋出二氧化碳。若改用另一種量化方法，其結果仍會一致嗎？
- 2.前一週與本週所使用的量化方法，各有何優、缺點？在量化操作時各有那些限制？



第四週(實驗設計)

實驗設計

探討「豬肝」與「溫度」等因子的效應

引起動機

- 1.碳酸酐酶可能會影響碳酸溶液釋出二氧化碳的速率，除了口水外，其實人體的血液(紅血球)與肝臟中皆有豐富的碳酸酐酶，如果改用豬肝組織做樣本，要如何設計與操作實驗以探討「豬肝」組織的效應？
- 2.化學反應的速率與溫度息息相關，要如何設計與操作實驗以探討「溫度」的效應？

實驗設計構思

- 1.請經小組討論，設計出可實作的實驗設計，可用來探討「豬肝」組織對碳酸溶液釋出二氧化碳速率的效應。
- 2.請經小組討論，設計出可實作的實驗設計，可用來探討「溫度」對碳酸溶液釋出二氧化碳速率的效應。
- 3.上述的實驗設計，需先列出「操縱變因」、「應變變因」與「控制變因」。

執行實驗設計

- 1.各小組執行所擬的實驗計畫。
- 2.記錄下實驗操作過程中所遭遇的難題。

實驗結果討論

- 1.依據你們的實驗結果，「豬肝」組織與「溫度」各對碳酸溶液釋出二氧化碳速率有何效應？
- 2.你們在執行研究計畫時，遭遇了哪些困難？你們已經或打算如何解決？

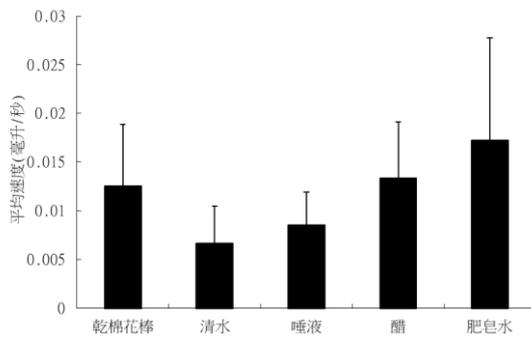
第五週(建立學理基礎)

學理機制的整合

實驗結果的討論與學理機制的說明

實驗成果的回顧

- 1.整合性地回顧過去幾週的實驗成果：物體表面的粗糙程度、酸鹼值、口水、清潔劑、豬肝、溫度等因子，對碳酸溶液釋出二氧化碳速率有何效應。
- 2.整合性地回顧過去幾週的所遭遇的困難與解決方案。
- 3.整合性地回顧兩種量化方式的比較。



圖五 實驗結果的參考數據。

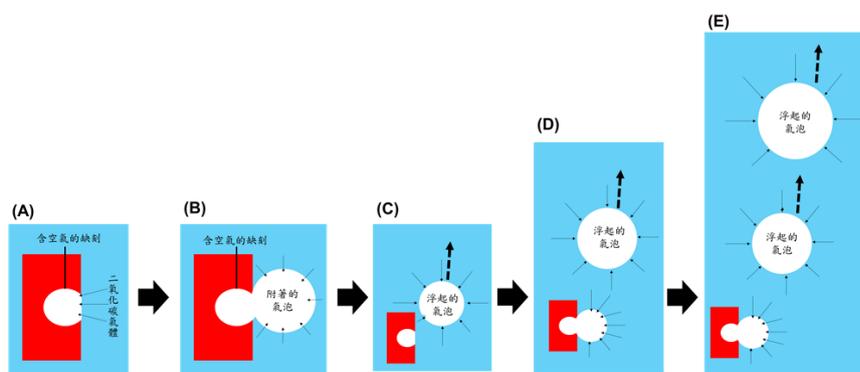


第五週 建立學理基礎

實驗結果的討論與學理機制的說明
學理機制的整合

說明相關的學理機制

- 1.介紹以下的學理基礎：亨利定律(Henry's law)、化學反應的平衡常數(equilibrium constant)、勒沙特列原理(Le Châtelier's principle)、催化劑(catalyst)的性質與酵素(enzyme)簡介、味蕾(taste bud)構造、成核作用(nucleation)、拉普拉斯定律(Laplace's law)、表面張力(surface tension)等。
- 2.以上述的學理基礎，解釋這幾週實驗成果的趨勢與成因。



圖六 溶於液體的氣體透過拉普拉斯定律與成核作用，逐漸形成氣泡的過程示意圖。

七、學習評量內容

本課程的評量方式採多元表現評量，評分依據包含以下項目：

| | |
|------------------------|-----------------|
| 1.課程作業單的完成程度。 | 3.小組報告的互評表與提問單。 |
| 2.實驗設計與實驗操作的完整程度與參與程度。 | 4.其餘課堂表現。 |

參考資料

1.本作品部分內容，包含量化方法(一)、圖一與圖六，收錄於筆者的以下著作，該著作的讀者對象為國小中高年級與國中生，僅作單一量化方法的介紹，原理的說明亦較為淺顯。本作品設計實施的對象為高中學生，規劃了五週的完整課程設計，所探討的變因與機制原理亦較為深入。

蔡任圃，2022。動手做科學探究：輕鬆運用生活中的材料，培養提問、設計實驗、邏輯思辨與表達能力。紅樹林出版社。

2.本課程模組也曾於以下教師研習分享(僅列出 2019 迄今)：



| | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2023/05/19 彰化縣文興高中 | 2020/11/26 高雄市鳳新高中 | 2019/07/19 國立彰化師範大學 |
| 2023/05/11 高雄市新莊高中 | 2020/06/18 新竹市光復中學 | 2019/07/16 臺北市第一女子高中 |
| 2023/05/02 國立臺師大生命科學系 | 2019/12/28 臺中市惠文高中 | 2019/06/26 雲林縣正心中學 |
| 2022/12/10 國立陽明交通大學 | 2019/12/19 國立中興大學附屬高中 | 2019/05/25 國立中興大學 |
| 2022/05/12 國立鳳山高中 | 2019/12/12 國立苑裡高中 | 2019/04/27 國立中興大學 |
| 2022/04/28 高雄市鼓山高中 | 2019/10/08 臺北市生物科學科平台 | 2019/02/26 臺北市生物科學科平台 |
| 2021/12/02 國立苑裡高中 | 2019/10/03 臺南市永仁高中 | 2019/01/03 臺中市葳格高中 |
| | 2019/09/16 國立臺師大生命科學系 | |