

十二年國教課綱  
高中化學科銜接教材  
教師手冊



## 目錄

壹、前言.....	P2
一、緣起.....	P2
二、基本理念.....	P4
三、大概念圖.....	P5
四、使用契機.....	P5
貳、教材內容.....	P6
單元一 原子結構與科學史.....	P6
單元二-1 酸鹼度計.....	P36
單元二-2 百萬分點濃度.....	P49
單元三 濾紙層析法實驗.....	P63
單元四 分辨有機物與無機物的差異實驗.....	P88
參、教學心得與回饋.....	P107

# 壹、前言

## 一、緣起

化學科於十二年國教課綱中，特別參照學生的認知發展歷程，將化學由巨觀到微觀的發展歷程，重新調整安排至各學習階段中，強調學習內容的縱向連貫，並改善國、高中內容重複的問題；此外，亦簡化 7~9 年級的化學計量部分，改以實作課程加深學生對觀念的理解。為因應此調整，學習舊課綱的學生修習新課綱之必修化學時，需將部分重要的概念重新說明與加強，並針對新增實作課程的原理說明補充，以利新、舊課綱的銜接。而銜接教材的設計，可分為必要性銜接和支持性銜接兩類：

1. 必要性銜接：因國中課程新增或國、高中教材調移而產生的學習內容差異，內容包括：

(1) 原子結構與科學史

學習內容：Aa-IV-1 原子模型的發展

(2) 酸鹼度計

學習內容：Jd-IV-3 實驗認識廣用指示劑及 pH 計

(3) 百萬分點濃度

學習內容：Jb-IV-4 溶液的概念及重量百分濃度(P%)、百萬分點的表示法(ppm)

(4) 濾紙色層分析法實驗

學習內容：Ca-IV-1 實驗分離混合物，例如：結晶法、過濾法及簡易濾紙色層分析法

(5) 分辨有機物與無機物的差異實驗

學習內容：Jf-IV-1 有機化合物與無機化合物的重要特徵

2. 支持性銜接：教師可與高中必修化學授課時，進行補充的簡單概念，不需額外時數銜接教學，內容包括：

(1)學習內容：Aa-IV-3 純物質包括元素與化合物

十二年國教課綱國中部分，以「水電解」的實驗切入介紹元素與化合物的差異。故教師可於必修化學介紹物質分類與分離方法時，補充「水電解」的相關實驗。

(2)學習內容：Ca-IV-2 化合物可利用化學性質來鑑定

十二年國教課綱國中部分，希望以實作方式探討物質的性質和分類。

教師於介紹化學反應類型的相關單元，如兩不同物質發生化學反應產生氣泡或沉澱、物質的酸鹼性或導電性等，融入教學。並以實作方式，讓學生由實作中由化學性質，



辨認並鑑定化合物。

(3)學習內容：Ja-IV-1 化學反應中的質量守恆定律

十二年國教課綱國中部分，在質量守恆單元中，建議結合科學史加以說明。

教師於介紹原子說的發展歷程時，可簡單搭配融入。例如：於課程教學中說明或提供科普文章，由學生了解質量守恆定律科學史。

以下銜接教材將針對必要性銜接課程部分，進行課程設計。除了協助高中教師與學生，進行學習內容的銜接外，更以素養教學理念融入課程設計中，期能說明十二年國教素養教學理念與精神。



## 二、課程簡介

在國中階段新增加四個單元：

1. 原子模型的發展；
2. 百萬分點濃度(ppm)表示法與電子 pH 計
3. 濾紙色層分析法；
4. 透過實作來認識有機物與無機物的差異。各單元節數規劃如下表。

單元	總時數	線上課程	實體課程
原子結構與科學史	2節	2節	
濾紙層析法實驗	1節	12.5分鐘原理	1節
酸鹼度計與百萬分點濃度	1.5節	12.5分鐘原理 25分鐘ppm	1節pH計
分辨有機物與無機物的差異實驗	1節	1節	
合計	5.5節	4節	2節

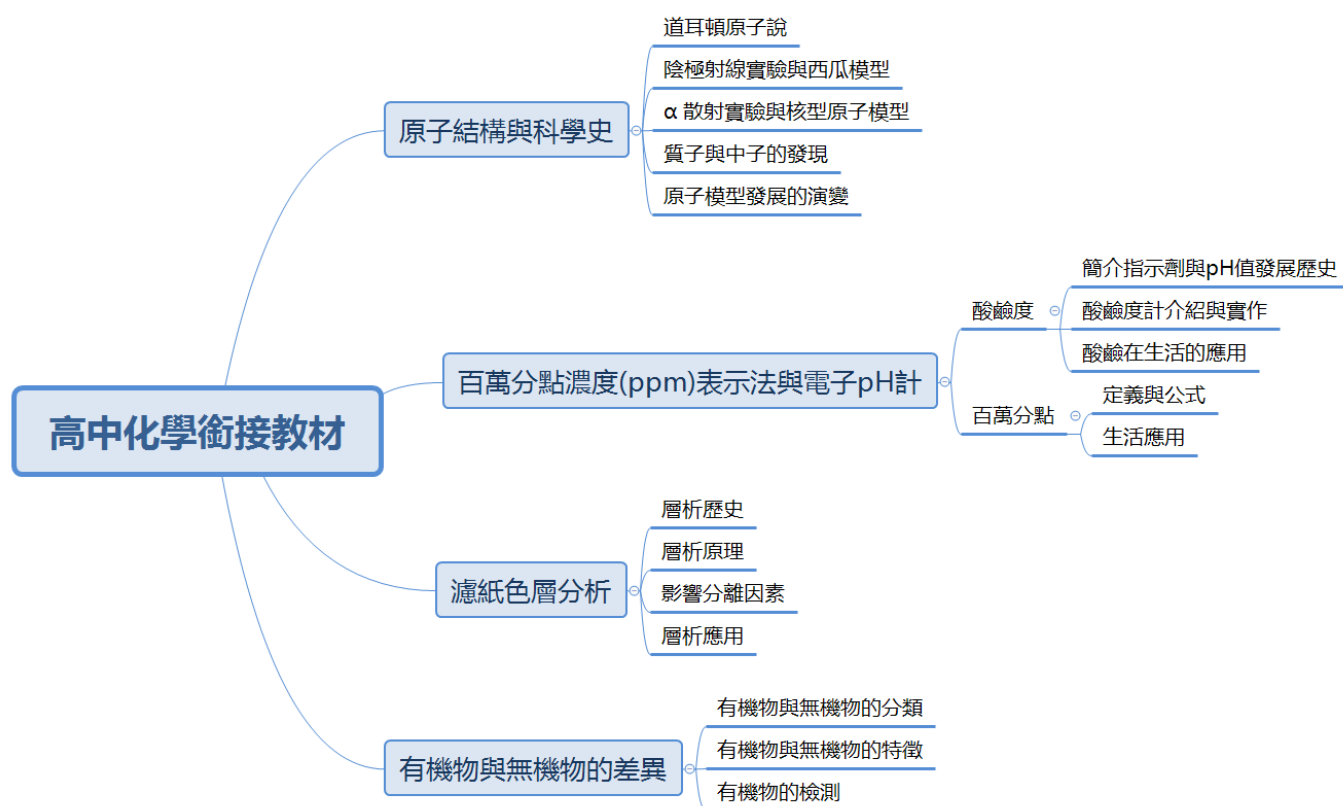
銜接教材內容包含教師版、學生版及教學影片(線上課程)。實際教學影片時間如下：原子結構與科學史(01:02:18)、濾紙色層分析實驗原理介紹(10:43)、酸鹼度計與百萬分點原理介紹(09:01)、分辨有機物與無機物的差異實驗(28:19)。線上課程除教學影片，還包含線上評量試題。

**教師版**的內容如下：單元簡介、單元概念圖、單元教案(適用年段、教學時間、設計理念、教學目標、核心素養及學習重點及教學設計表)、教師教學指引、學習單及閱讀文本、評量試題、探究能力教學檢核表及參考資料。教師可依教學需求選用相關資料。

**學生版**的內容如下：單元簡介、單元概念圖、學習目標、學習單及閱讀文本、評量試題、學習評量表(自評或他評)。

### 三、大概念圖

銜接教材整體概念圖如下：



### 四、使用契機

本教材實體課程可實施時間，有以下三種建議：

1. 於高中新生報到後，利用暑假時間，以營隊方式，視學校資源與空間，分梯進行實體課程部分教學。
2. 開學後，由各校自行安排第八節輔導課時間，進行實體課程教學。
3. 開學後，視學校時間調配，亦可於彈性時間進行銜接教材教學。

## 貳、教材內容

### 單元一 原子結構與科學史

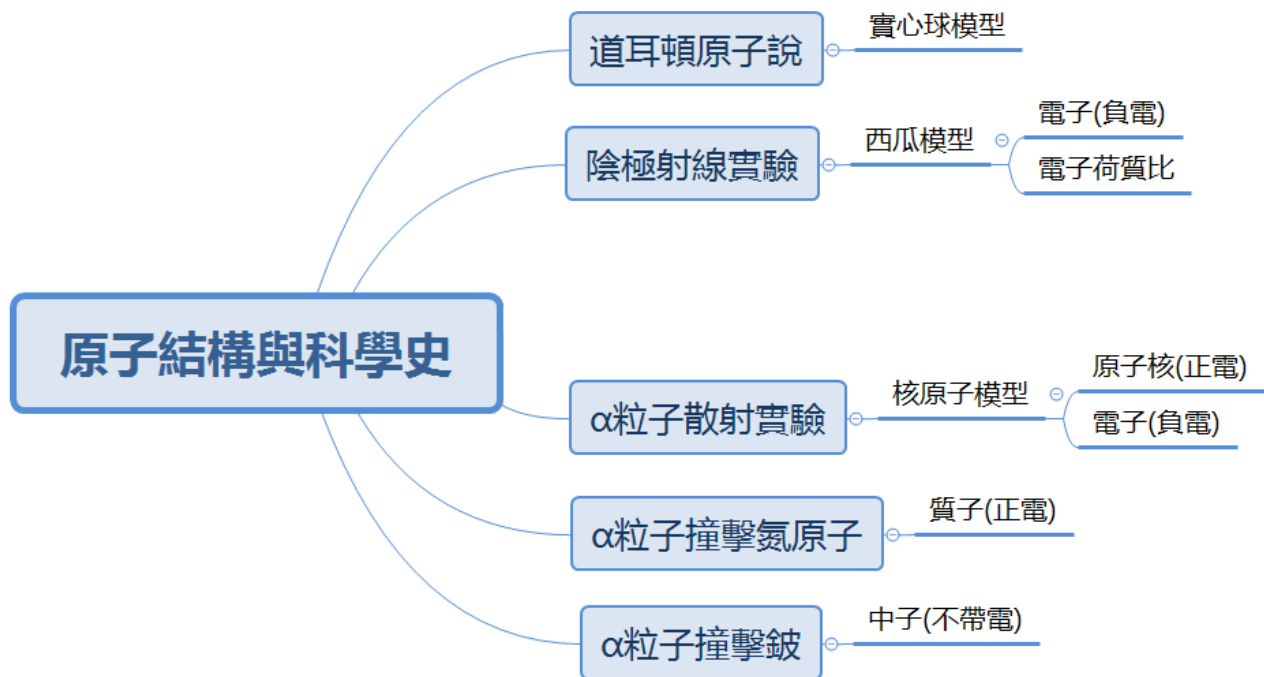
#### 一、 單元簡介

十二年國教課綱國中部分，增加了原子結構發展之科學史說明，故學校針對此部分，應安排2節之授課節數，以利學生後續學習。

本單元以科學史角度介紹原子模型發展，讓學生分辨科學知識的確定性和持久性會因科學研究的時空背景不同而有所變化，而非權威不可變的知識，藉以理解科學本質就是在證據中存疑和反覆檢視（十二年國教高中課綱部分，僅簡單複習原子模型）。

銜接教材的概念包含：電子、質子和中子的發現歷程，歷史上重大的實驗對科學模型理論改變的影響，並了解科學家如何依據證據修正模型。

#### 二、 單元概念圖



### 三、單元教案

適用年段	國三升高一		
設計教師	新北高中鍾曉蘭老師	上課時間	100 分鐘(2 節課)
設計理念	<p>以科學史發展的科學本質觀縱向連結，描述科學家如何從觀察現象，進而提問，並運用其想像力去解釋解除其疑問。科學的進步是不斷修正過去的錯誤，科學理論的建立與發展，期間可能會有適用範圍的限制，甚至錯誤之處。後來的科學家會對前面的科學家之科學理論產生疑問或不一樣的想法，並進行更精確的實驗來印證，若發現證據與理論不一致之處，如何使用新的證據來逐步修正舊有的理論。</p>		
教學目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 老師以科學史的角度，引導學生探究「原子的結構」的發展脈絡，及邏輯推論的過程，瞭解科學本質與科學方法，而非著重在內容記憶與計算。</li> <li>2. 老師以實驗影片，引導學生能將已習得的科學知識，連結到自己觀察到的現象及實驗數據，分析數據，進而提出合理的解釋或實驗結論等。</li> <li>3. 老師藉由提問與討論，引導學生能從實驗過程或結果中，建立相關的原子模型，並能評估不同模型的特性和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。</li> <li>4. 老師藉由提問與討論，引導學生從科學史分辨科學知識的確定性和持久性會因科學研究的時空背景不同而有所變化，如原子模型為何與如何修正歷程等。</li> <li>5. 老師藉由小組討論與口頭發表，引導學生能利用多元方式(口語、繪圖、多媒體等)，表達探究過程與發現成果，如心智圖等。</li> <li>6. 老師藉由小組口頭發表，引導同學在小組活動中，透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識的能力，並分享科學發現的樂趣。</li> </ol>		
核心素養	<p><b>總綱素養</b></p> <p>A2：具備探索問題的思考能力                      A3：規劃執行與創新應變</p> <p>B1：具備掌握各類符號表達的能力                  C2：人際關係與團隊合作</p> <p><b>自然領綱素養</b></p> <p>1. 自-J-A2：能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，</p>		

	<p>並能對問題、方法、資訊或數據進行檢核，進而解釋因果關係或提出問題可能的解決方案。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>自-J-A3：具備從日常生活經驗中找出問題，並能根據問題特性、資源等因素，善用生活週遭的物品、器材儀器、科技設備與資源，規劃自然科學探究活動。</li> <li>自-J-B1：能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用多元的形式，表達探究之過程與成果。</li> <li>自-J-C2：透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識的能力。</li> </ol>
學習重點	<p><b>一、學習內容</b></p> <p>Aa-IV-1 原子模型的發展。</p> <p>Mb-IV-2 科學史上重要發現的過程：以湯姆森發現電子、拉塞福提出原子模型等重要發現的過程。</p> <p><b>二、學習表現</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ti-IV-1：能依據已知的自然科學知識概念，經由自我或團體探索與討論的過程，想像當使用的觀察方法或實驗方法改變時，其結果可能產生的差異；並能嘗試在指導下以創新思考和方法得到新的模型、成品或結果。</li> <li>tc-IV-1：能依據已知的自然科學知識與概念，對自己蒐集與分類的科學數據，抱持合理的懷疑態度，並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。</li> <li>tm-IV-1：能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。</li> <li>pa-IV-2：能運用科學原理與思考智能，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知。並能將自己的探究結果和同學的結果或其它相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。</li> <li>pc-IV-2：能利用多元方式，表達探究過程與發現成果。</li> <li>an-IV-2：分辨科學知識的確定性和持久性會因科學研究的時空背景不同而有所變化。</li> <li>ai-IV-2：透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。</li> </ol>

# 教學設計表

教學流程與重點		對應探究能力	評量方式	教具/影片	時間 min
學生活動	教師活動				
<p>想一想：你認為物質是由什麼基本粒子所組成的？試著提出你的想法？</p> <p>學生分組討論並發表小組討論結果</p>	<p>教師提問並引導學生思考與討論物質的基本組成粒子為何？</p> <p>教師說明希臘哲學家<u>德謨克利特</u>提出原子的概念。</p> <p>教師提問並引導學生思考與討論<u>道耳頓</u>原子說的內容。</p>	ti-IV-1 想像創造	學生提出對物質組成的想法與解釋	ppt 學習單 p.3	5
<p>請學生從觀察陰極射線實驗，做出以下推論：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 陰極射線是光還是物質？</li> <li>➢ 如何設計實驗證明你的假設？</li> <li>➢ 觀察實驗結果，能說明陰極射線是電中性還是帶電粒子？</li> </ul>	<p>教師提問<u>原子真的不可分割嗎？</u></p> <p>進而引導學生思考<u>陰極射線到底是什麼？</u></p>	pa-IV-2 分析與發現	學生能提出自己的看法或解釋，下正確的結論。	ppt 學習單 p.4~5	10
<p>學生從觀察陰極射線實驗推論出實驗的重要發現與<u>道耳頓</u>原子說衝突之處為何？</p> <p>推論：「微粒」帶負電，且體積很小。原子其他部分帶正電</p>	<p>播放陰極射線實驗影片，請學生討論陰極射線實驗推論出實驗的重要發現？</p> <p>與<u>道耳頓</u>原子說衝突之處為何？</p> <p>教師<b>結論</b>：陰極射線實驗之結果。</p>	tc-IV-1 批判思辨	學生能提出實驗的推論並指出兩者衝突之處	陰極射線實驗影片 學習單 問題1	10
<p>學生歸納陰極射線實驗結果，嘗試建立<u>湯姆森</u>原子模型為何？並提出解釋原因。</p>	<p>引導學生如何從實驗結果建立出<u>湯姆森</u>原子模型。</p> <p>教師<b>結論</b>：及<u>湯姆森</u>如何根據電荷相吸與相斥提出的<u>湯姆森</u>原子模型(西瓜模型)</p>	tm-IV-1 建立模型	學生能提出實驗的推論與建立西瓜模型	學習單 問題2 ppt	15
<p>請學生預測依據<u>湯姆森</u>的原子模型，<math>\alpha</math> 粒子散射的實驗</p>	<p>教師說明<u>拉塞福</u>試圖要證明<u>湯姆森</u>的原子模型—西瓜模</p>	ti-IV-1 想像創造	學生能預	學習單 問題3	10



結果為何？	型是正確的，以 $\alpha$ 粒子進行一連串撞擊極薄的金箔的實驗。 提問：依據西瓜模型， $\alpha$ 粒子散射的實驗結果為何？		測結果	ppt	
學生從觀察 $\alpha$ 粒子散射實驗推論出實驗的重要發現與湯姆森的西瓜模型衝突之處為何？ 推論：學生統整並發表原子的基本結構與組成方式，分為帶正電原子核與核外帶負電的電子。	播放 $\alpha$ 粒子散射實驗影片，請學生討論 $\alpha$ 粒子散射實驗推論出實驗的重要發現與湯姆森原子模型衝突之處為何？	pa-IV-2 分析與發現	學生指出兩者衝突之處	$\alpha$ 粒子散射實驗影片 ppt 學習單 問題4	10
學生可藉由「砲彈射擊一張紙時，砲彈被彈回的比喻」（因為紙張不可能讓砲彈被彈回，所以原來的西瓜模型是錯的），來推理所看到之 $\alpha$ 散射實驗的過程與結果，從 $\alpha$ 散射實驗的結論建立拉塞福的原子模型	教師引導學生建立拉塞福的原子模型(核原子模型或稱行星模型)	tm-IV-1 建立模型	學生能提出實驗的推論與建立行星模型	ppt 學習單 問題5	5min
學生統整拉塞福的原子模型的概念，並比較湯姆森原子模型與拉塞福原子模型之異同？	教師引導學生繪圖說明湯姆森原子模型與拉塞福原子模型 $\alpha$ 粒子撞擊金箔的差異。	tc-IV-1 批判思辨	學生能比較兩種模型的異同	ppt 學習單 問題6	10
至今原子核中已有許多的微粒陸續被發現。請學生根據以上各種發現及實驗結果，完成原子結構的組成圖。	教師簡單說明質子與中子的發現，並引導學生根據之前的活動內容完成原子結構的組成圖。	pa-IV-2 分析與發現	學生能完成原子結構的組成圖	學習單 問題7	10
小組統整活動：學生以心智圖統整出原子模型發展過程的演變，理解科學模型的演	教師引導學生討論並建立原子模型發展過程的演變之心智圖，並請小組發表各組建	ai-IV-2 培養科學探究的興	心智圖	學習單 問題8	10

變歷程。 小組發表心智圖	立的心智圖。	趣 pc-IV-2 討論與傳 達			
小組修改心智圖	教師呈現完整的原子模型發展過程的演變之概念圖，並說明 <u>波耳</u> 行星模型與電子雲模型會在選修化學中詳述。	an -IV-2 認識科學 本質	心智圖	教師概 念圖	5





## 四、教師教學指引

### (一)模型與建立模型

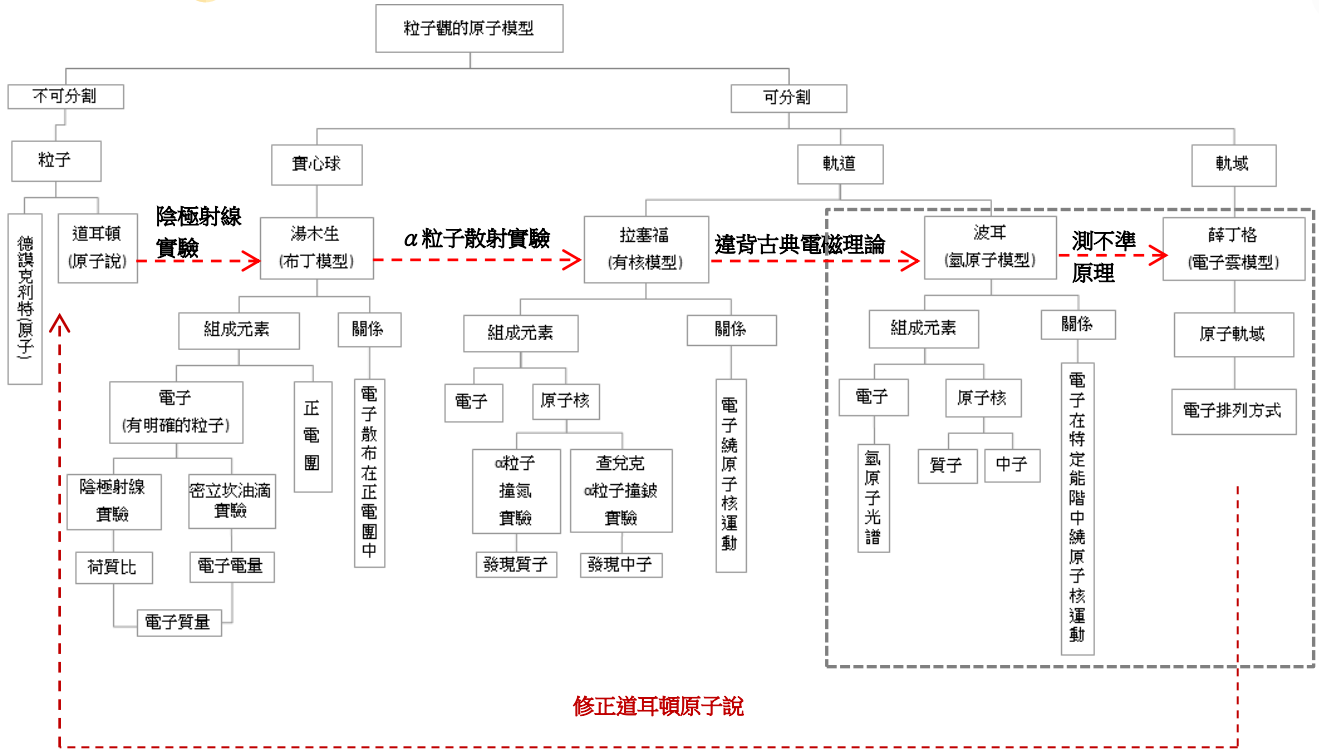
究竟「模型」的定義為何？模型是藉著一個簡單化和理想化的來源代替原有的目標物(Ogborn, 1994)，模型不僅是表達模仿自然過程的真實系統，更可以新的方式來呈現抽象的概念並包含理論實體，進而建立科學模型(Koponen, 2007)。

美國國家科學教育標準(U. S. National Science Education Standards) 則定義模型是相對於真實物件、事件的暫時性的基模或結構，具有解釋與預測的能力，因此科學家常以模型與他人進行溝通，用理論模型來解決問題。故模型的功用主要為以模型瞭解或解釋觀察的現象、使用模型來解釋、連結和發展想法，並將模型用於問題解決(林靜雯與邱美虹，2008)。

### (二)從科學史學習科學本質與科學方法

老師以科學史的角度，引導學生探究「原子的結構」的發展脈絡，及邏輯推論的過程，瞭解科學本質與科學方法，而非著重在內容記憶與計算。老師以實驗影片，引導學生能將已習得的科學知識，連結到自己觀察到的現象及實驗數據，分析數據，進而提出合理的解釋或實驗結論等。老師藉由提問與討論，引導學生能從實驗過程或結果中，建立相關的原子模型，並能評估不同模型的特性和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。老師藉由提問與討論，引導學生從科學史分辨科學知識的確定性和持久性會因科學研究的時空背景不同而有所變化，如原子模型為何與如何修正的歷程等。

### (三)原子模型概念圖



修正內容：  
原子可以分割→正電團及電子。

修正內容：  
原子可以分割→原子核(質子、中子)及電子。

修正內容：  
1. 同一元素質量不同→同位素。  
2. 當物質發生核反應時，會產生新原子。Ex：核融合。

註：虛線框屬於選修化學的學習概念，本單元未詳述



## 五、學習單及閱讀文本

### 小小叮嚀：

【模型選擇】：從提問中瞭解學生在教學前，對於物質的組成的模型是連續觀或粒子觀，及學生對於物質組成的先前想法。

【科學本質】：1.能了解科學知識是科學家用來理解現象的一種解釋。

2.科學知識(原子的原始概念)是有歷史的，會隨時間而改變。

3.科學家根據一些實驗的結果，提出了相關原理或理論(歸納法)。

「物質組成最小的單元是什麼？」從幾千年前，東西方的哲學家們，都在思考這樣一個問題：把一個物質持續不斷的分割下去，最後是否有最小的微粒？

希臘哲學家德謨克利特（Democritus，460~370 B.C.）曾經提出原子的概念，他認為物質若一直切割下去，愈切愈小，到最後會有一種堅硬的微小粒子，無法再分割，這種微小的粒子就稱為原子。這種原子的概念，只是一種哲學觀點，並沒有經過實驗的驗證，也不能用來解釋物質間種種變化的現象。

到了十九世紀初，英國科學家道耳頓（John Dalton，1766-1844）根據一些實驗的結果，提出了原子說。主要的想法為：一切物質都是由稱為原子的微小粒子所組成，這種粒子不能再分割；所謂化學反應，是原子間以新的方式重新結合成另一種物質，在反應的過程中，原子不會改變它的質量或大小，也不會產生新的原子，或使任何一個原子消失。

## ※陰極射線實驗

### 小小叮嚀：

【推理論證】：能運用湯姆森實驗得出的科學概念，電子存在於所有物質中。

【批判思辨】：從陰極射線實驗結果，找出其與道耳頓原子說不一致之處，從而修正原子是可分割的。

【建立模型】：根據湯姆森陰極射線實驗，發現了電子，從實驗結果建立了西瓜原子模型(或葡萄乾布丁模型)。

【科學本質】：科學知識或科學模型(道耳頓原子說-原子不能再分割)是有歷史的，會隨時間而改變。

## 原子真的不可分割嗎？

科學家研究陰極射線實驗，實驗的發現與推論對於原子是否能分割這個提問，提供了部份答案。

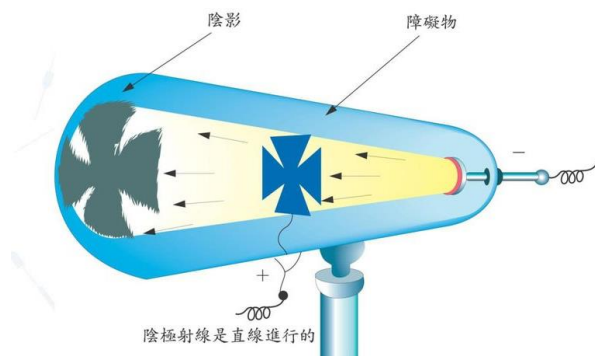
## ※陰極射線到底是什麼？

19世紀末，學術界分為兩派，即把陰極射線當作電磁波和當作粒子等兩派，爭論不休。

#請學生從觀察陰極射線實驗，做出以下推論：

- 陰極射線是光還是物質？
- 下方的實驗結果，能說明陰極射線是光還是物質？
- 如果能，你提出的解釋為何？
- 如果不能，你如何設計實驗，說明陰極射線是光還是物質？

此實驗僅能說明：陰極射線是直線前進，無法確定陰極射線是光還是物質。

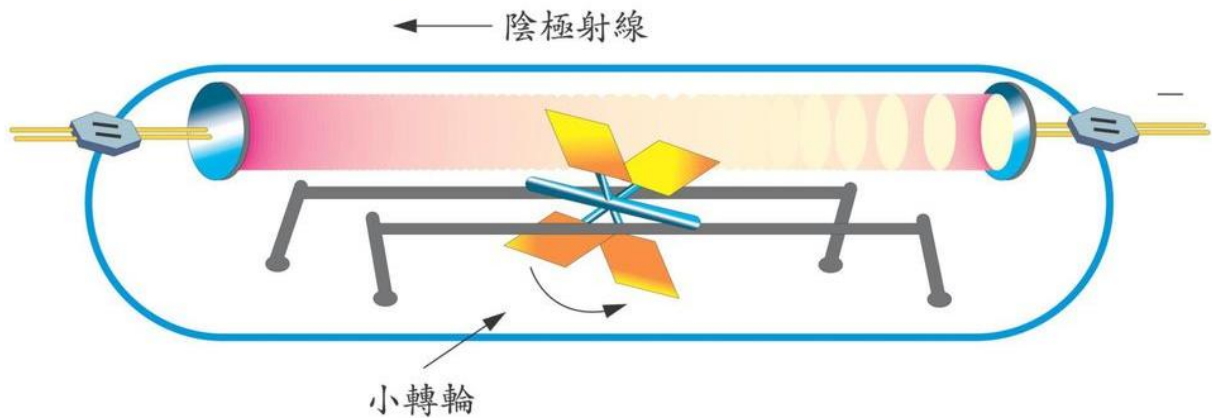


引自 <http://slidesplayer.com/slide/11567532/>

#請學生從觀察陰極射線實驗([影片網址 https://ppt.cc/fZkVzx](https://ppt.cc/fZkVzx))，做出以下推論：

- 下方的實驗結果，能說明陰極射線是光還是物質？

- 如果能，你提出的解釋為何？
- 如果不能，你如何設計實驗，說明陰極射線是光還是物質？

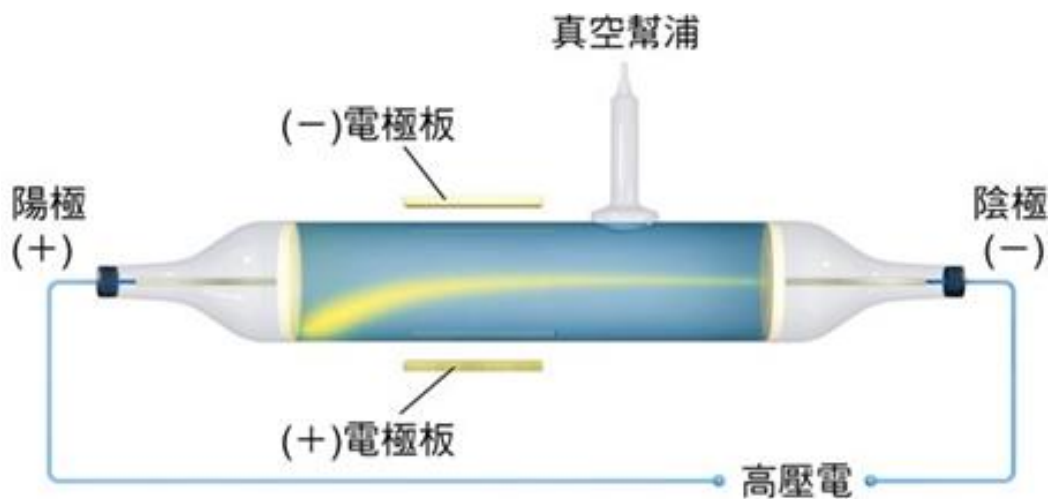


照片引自 <http://slidesplayer.com/slide/11567532/>

上述實驗僅能說明：陰極射線是具能量的粒子束(物質)，無法確定是否帶電。

#請學生從觀察陰極射線實驗，做出以下推論：

- 下方的實驗結果，能說明陰極射線是電中性還是帶電粒子？
- 如果能，你提出的解釋為何？
- 如果不能，你如何設計實驗，說明陰極射線是電中性還是帶電粒子？



上述實驗能說明：陰極射線會偏向正極，說明其帶負電。



※問題一：請學生從前述的三個陰極射線實驗，做出以下推論：

(1) 陰極射線是光還是物質？

陰極射線帶\_\_\_\_電

(2) 與道耳頓原子說衝突之處為何？

(3) 原子能不能被分割？

(4) 分割成哪些組成？

參考答案：

(1) 陰極射線是帶負電的粒子(是物質而非光)。

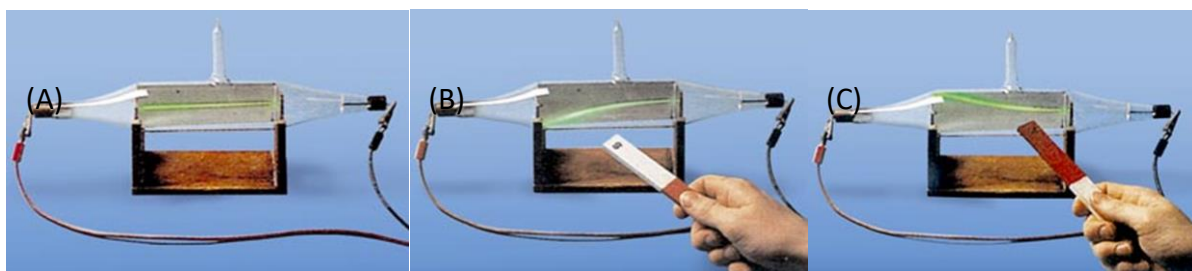
(2) 陰極射線實驗說明原子是可分割為帶負電粒子與正電的部分，與道耳頓原子說原子不可分割相衝突。

(3) 原子是可以分割的

(4) 原子可以分割成帶正電的部分及帶負電的電子。

## 結論：

1890 年起，湯姆森(Joseph John Thomson，1856~1940)帶領他的學生開始研究陰極射線。主要實驗發現：陰極射線在電場中及磁場中皆可產生偏轉，如下圖 1 所示。經由多次實驗後，發現可由此射線的偏轉方向判斷陰極射線為帶電的粒子，不是光線。湯姆森也藉著改變產生陰極射線的陰極材質，發現所產生之陰極射線（即某種粒子）的實驗結果相同，這結果說明了此種帶電的粒子存在於所有物質中。



▲圖 1 陰極射線經過磁場時：(A)未加磁場的陰極射線；(B)磁鐵的 S 極（白色端）指向射線時，射線向下偏轉；(C)磁鐵的 N 極（紅色端）指向射線時，射線向上偏轉。由偏轉的方向可知陰極射線是由帶電的物質所組成。

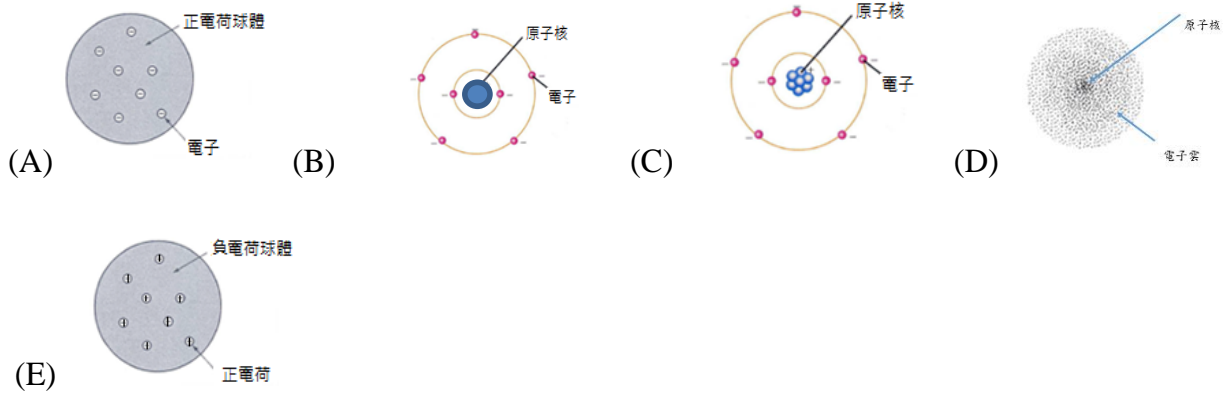
1897 年，湯姆森(Joseph John Thomson，1856~1940) 在英國皇家科學院的星期五討論會發表一篇題為《陰極射線》的論文，他宣稱“陰極射線是高速運動著的負電粒子，這些粒子的尺寸比原子和分子小得多”。從這一天起，『電子』這個早已存在的小東西開啟了原子的大門，帶領科學家探索原子的世界！



※問題二：觀看湯姆森陰極射線實驗後，嘗試提出陰極射線實驗的推論為何？

(提示：物質為電中性)

1.( )根據陰極射線實驗結果，下列哪種模型符合湯姆森的原子模型？



2.說明你的推論原因：

參考答案：

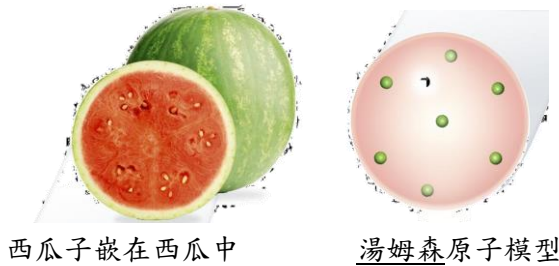
1. (A)

2. 物質為電中性，故原子的組成除了帶負電的電子之外，應有帶正電的部分，才能讓原子呈現電中性，(A)圖呈現的意義為原子為正電團，帶負電的電子均勻分布在於其中，符合陰極射線的實驗結果。



## 結論：

湯姆森發現電子，並提出西瓜原子模型(又稱葡萄乾布丁模型)。他認為原子是一個帶正電的球體，其中有帶負電的電子均勻分布於其中，就像西瓜子嵌在西瓜中(如圖2)，因此，其原子模型為質量與電荷密度均勻的球體。



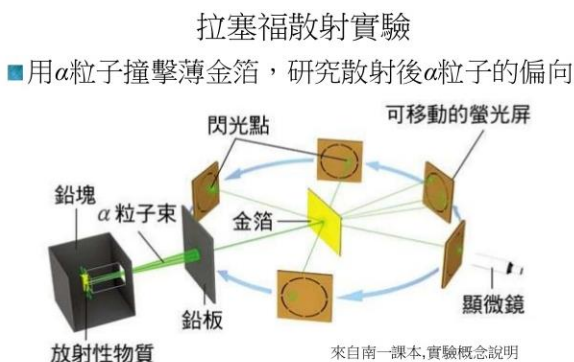
▲圖2 湯姆森提出的原子模型：紅色部分代表正電荷，西瓜子代表電子，均勻分布在其中。

## ※ $\alpha$ 粒子散射的實驗

### 小小叮嚀：

- 【模型修正】：依據拉塞福  $\alpha$  粒子撞擊金箔的實驗結果，察覺湯姆森的原子模型失效，不符合拉塞福的實驗結果，拉塞福進而提出「核型的原子模型」。
- 【推理論證】：能運用拉塞福的實驗結果，提出湯姆森原子模型的失效。
- 【認識科學本質】：科學知識(湯姆森原子模型)是有歷史的，會隨著時間而改變。

在1911年，拉塞福 (E. Rutherford, 1871~1937, 英國) 試圖要證明湯姆森的原子模型—西瓜模型(或稱葡萄乾布丁模型)是正確的，嘗試進行一系列的實驗。為了要考察原子內部的結構，必須尋找一種能射到原子內部的試探粒子，這種粒子就是從天然放射性物質中放射出的  $\alpha$  粒子(指氦的原子核，帶正電)。拉塞福和他的助手用  $\alpha$  粒子轟擊金箔來進行實驗，圖4是這個實驗裝置的示意圖。



▲圖3  $\alpha$  粒子散射實驗裝置

在 1911 年，拉塞福 (E. Rutherford, 1871~1937, 英國) 試圖要證明湯姆森的原子模型——西瓜模型(葡萄乾布丁模型)是正確的。

想一想：

如果在實驗開始之前，依據湯姆森的原子模型進行預測，你認為實驗結果會是如何？說明你的理由。(提示： $\alpha$  粒子的質量約為電子的 7400 倍)

※問題三：請學生預測依據湯姆森的原子模型， $\alpha$  粒子散射的實驗結果為何？

1. ( ) 在開始實驗前，依據湯姆森的原子模型——西瓜模型進行推測，實驗理論上應該會得到什麼結果？
- (A)  $\alpha$  粒子完全穿透金屬片，在螢光屏幕上聚集成一點發光。
  - (B)  $\alpha$  粒子完全被金屬片阻擋，螢光屏幕上沒有光點。
  - (C)  $\alpha$  粒子撞擊原子內的電子，四散在螢光屏幕上，形成許多光點。
  - (D)  $\alpha$  粒子撞擊原子內的某小體積、高質量帶正電體，少數發生偏轉，其餘不受影響，筆直穿透金屬板。
2. 承上題，請解釋 選擇該結果的理由？

參考答案：

1. (A)
2.  $\alpha$  粒子的質量約為電子的 7400 倍(質量遠大於電子)，即使撞到電子也不會改變其前進方向，故預測  $\alpha$  粒子完全穿透金屬片，在螢光屏幕上聚集成一點發光。

**小小叮嚀：**

【模型建立】：拉塞福依據實驗結果，提出了「核型的原子模型」。

【推理論證】：能運用拉塞福實驗得出的科學概念( $\alpha$ 粒子直接穿透金箔，僅有極少數的粒子產生偏折或反彈、原子核中含有帶正電的質子)，理解拉塞福原子模型。

【認識科學本質】：1.經由不同面向的概念解釋，支持拉塞福原子模型，可以強化其論點。

2.科學知識(道耳頓原子說-原子不能再分割、湯姆森原子模型)是有歷史的，會隨時間而改變。

**※問題四：觀看影片後，請學生根據拉塞福的 $\alpha$ 粒子散射實驗結果回答下列問題。**

1.( )在觀看實驗影片後，實驗結果為何？

(A)  $\alpha$  粒子完全穿透金屬片，在螢光屏幕上聚集成一點發光。

(B)  $\alpha$  粒子完全被金屬片阻擋，螢光屏幕上沒有光點。

(C)  $\alpha$  粒子撞擊原子內的電子，四散在螢光屏幕上，形成許多光點。

(D)  $\alpha$  粒子撞擊原子內的某小體積、高質量帶正電體，少數發生偏轉，其餘不受影響，筆直穿透金屬板。

2.  $\alpha$  粒子散射實驗的實驗結論為何？

3.推論出實驗的重要發現與湯姆森的西瓜模型衝突之處為何？

**參考答案：**

1. (D)

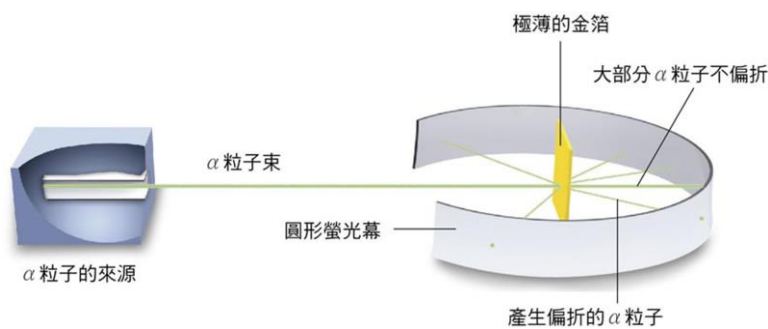
2. 原子中有一體積極小、質量大且帶正電的粒子。

3. 原子是由帶負電的電子與體積極小、質量集中帶正電的原子核組成，而非原子為正電團，帶負電的電子均勻分布在於其中。

## 結論：

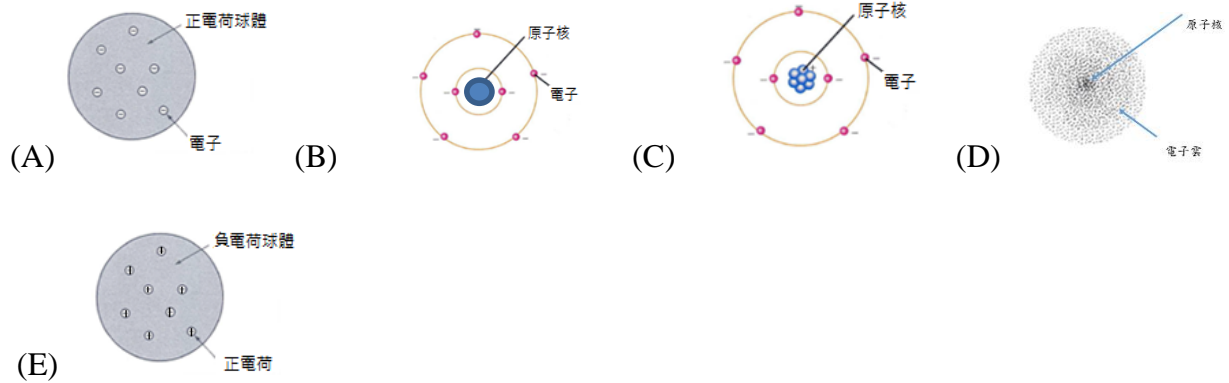
在 1911 年，拉塞福 (E. Rutherford, 1871~1937, 英國) 試圖要證明湯姆森的原子模型—西瓜模型(葡萄乾布丁模型)是正確的，以  $\alpha$  粒子進行一連串撞擊極薄的金箔的實驗。撞擊後， $\alpha$  粒子進行的方向可由它擊中塗有螢光劑的螢光幕來偵測。結果發現大約 99% 的  $\alpha$  粒子直線地穿過金箔，少數  $\alpha$  粒子產生偏折，僅極少數的  $\alpha$  粒子產生大角度的偏折。

拉塞福 (E. Rutherford, 1871~1937, 英國) 以  $\alpha$  粒子 (指氦的原子核) 撞擊極薄的金箔 (如圖 4)。實驗結果為  $\alpha$  粒子由放射性物質釋放出來，大部分的  $\alpha$  粒子直接穿透金箔，打在螢光幕上，僅有極少數的粒子產生偏折或反彈。



▲圖 4 α 粒子的散射實驗裝置示意圖。

※問題五：根據拉塞福的 $\alpha$ 粒子散射實驗結果回答下列問題。



1. ( ) 你認為拉塞福的原子結構模型比較接近上列何者？

2. 承上題，請解釋 選擇該結果的理由？

參考答案：

1. (B)

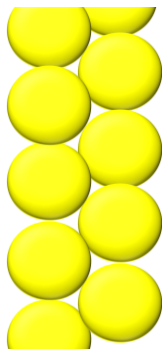
2. 原子是由帶負電的電子與體積極小、質量集中帶正電的原子核組成，而非原子為正電團，帶負電的電子均勻分布在於其中。(但當時未發現質子與中子)

問題六：請學生比較湯姆森原子模型與拉塞福原子模型之異同？

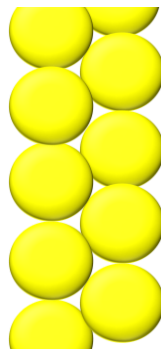
相同點：

請繪圖說明湯姆森的原子模型與拉塞福原子模型  $\alpha$  粒子撞擊金箔的差異。

湯姆森的原子模型



拉塞福原子模型



☞ 參考答案如下：

相同點：原子是電中性、原子可分割為電負電的電子及帶正電的部分。

相異點如下圖：

### 兩種原子模型的比較

湯姆森原子模型	拉塞福原子模型
A vertical column of yellow spheres representing Thomson's atomic model. Five horizontal arrows representing alpha particles pass straight through the column without any deflection.	A vertical column of yellow spheres representing Rutherford's atomic model. Five horizontal arrows representing alpha particles approach the column. One arrow is deflected downwards, and another is deflected upwards, while the others pass straight through.

湯姆森實驗結果不符拉塞福的實驗結果，因此，可以證明湯姆森原子模型失效。

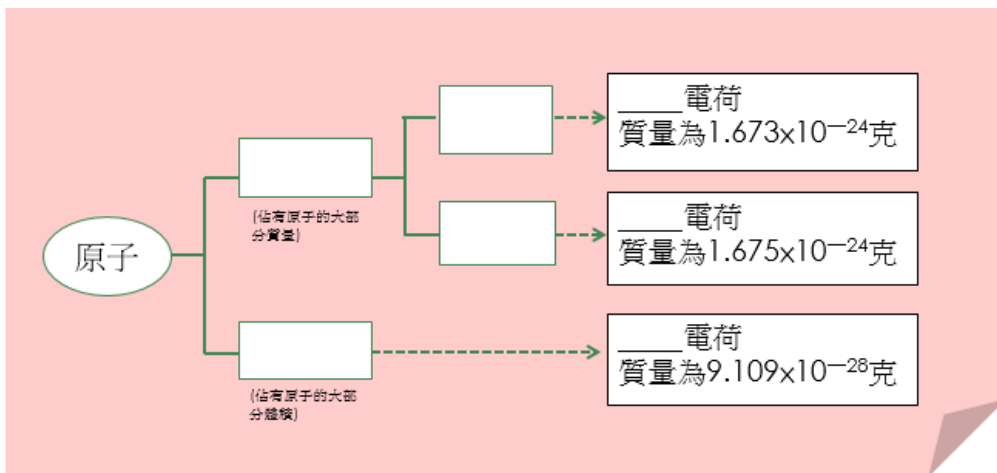
**小小叮嚀：**

- 【模型選擇與建立】：拉塞福依據實驗結果，選擇並詮釋原子核中帶有正電質子的概念，以及查兌克發現原子核中有不帶電中子的概念。
- 【分析與發現】：能分析整理拉塞福  $\alpha$  粒子撞氮方程式。
- 【養成應用科學思考與探究的習慣】：能了解科學知識是科學家用來理解現象的一種解釋。

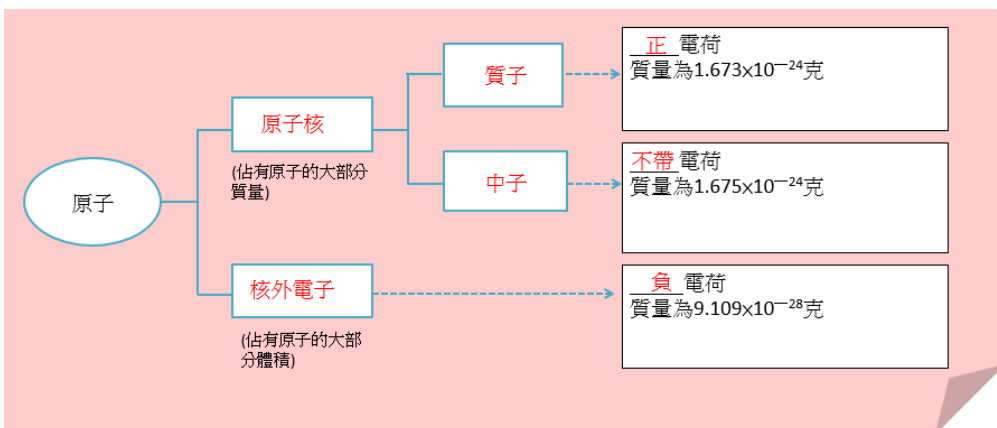
※1919年拉塞福也使用  $\alpha$  粒子撞擊氮原子，結果發現原子核中含有帶正電的粒子。

※1932年，查兌克 (J. Chadwick, 1891~1974, 英國) 以  $\alpha$  粒子撞擊鈹 (Be) 元素後，發現原子核中含有與質子質量相近但不帶電荷的中子 (neutron)。

**問題七：請根據以上各種發現及實驗結果，完成以下的整理。**



**☞ 參考答案如下：**





結論：

拉塞福提出「核型的原子模型(行星模型)」—— 原子是由帶負電的電子環繞帶正電的原子核所組成，原子核體積極小，如圖 4 所示。碳原子核帶正電，幾乎占有碳原子的所有質量。電子在碳原子核外運轉，占有碳原子大部分的空間。



圖 4 拉塞福的碳原子模型示意圖。



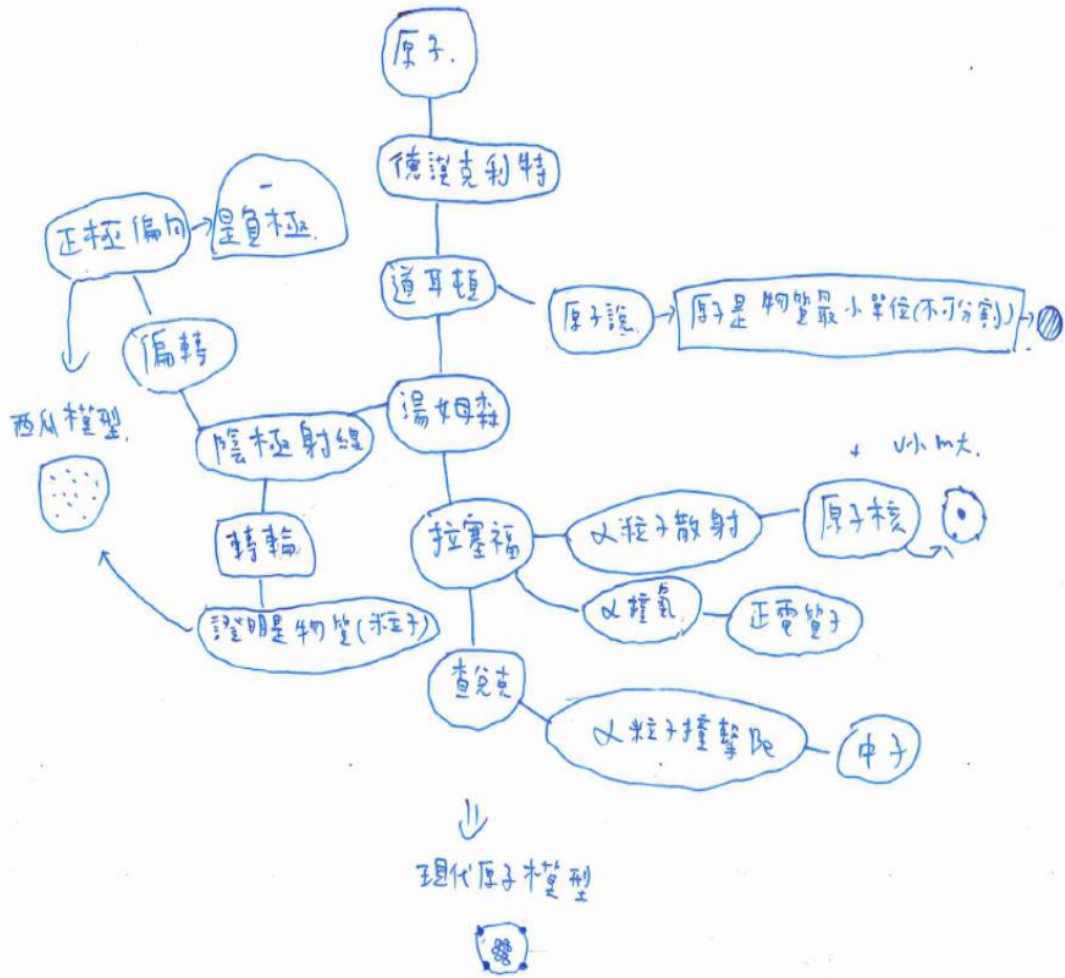
單元回顧

問題八：以心智圖統整出原子模型發展歷程，說明科學模型的演變情形。

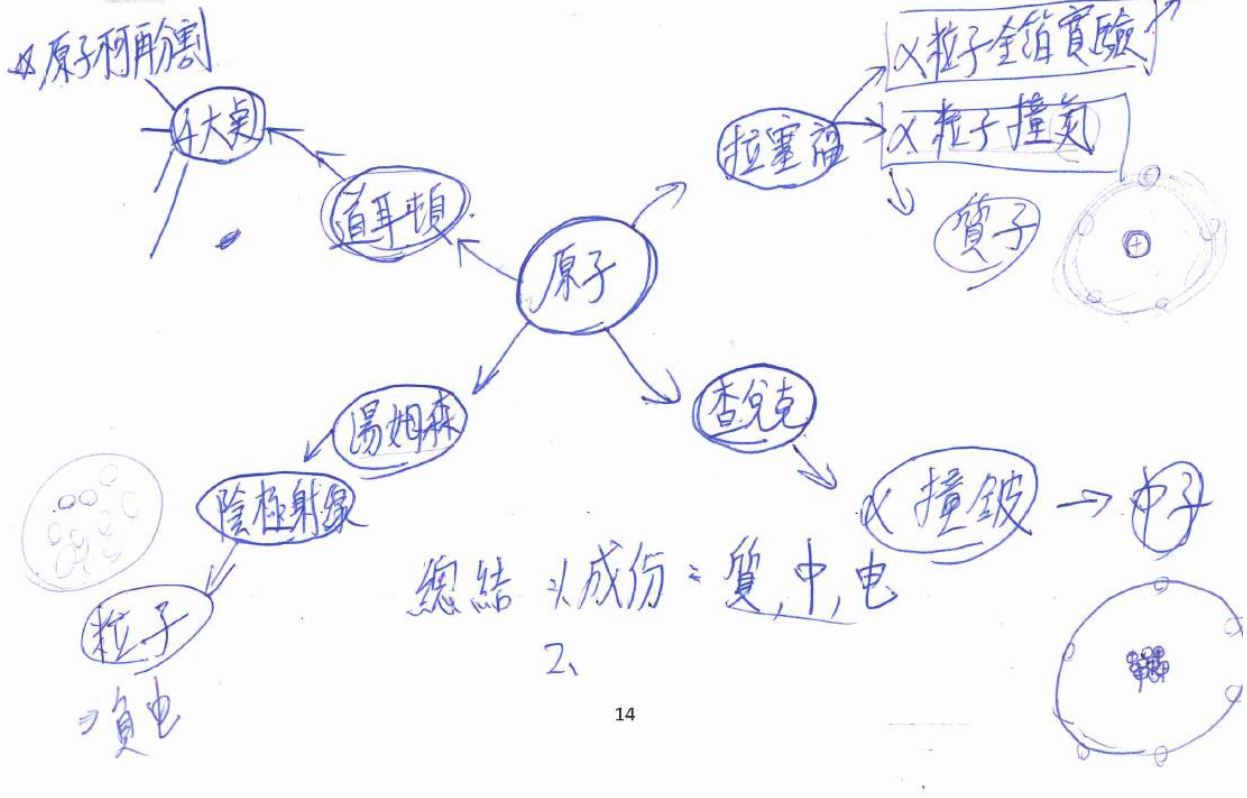
學生心智圖示例：

問題八：請學生以心智圖統整出原子模型發展歷程，說明科學模型的演變情形。

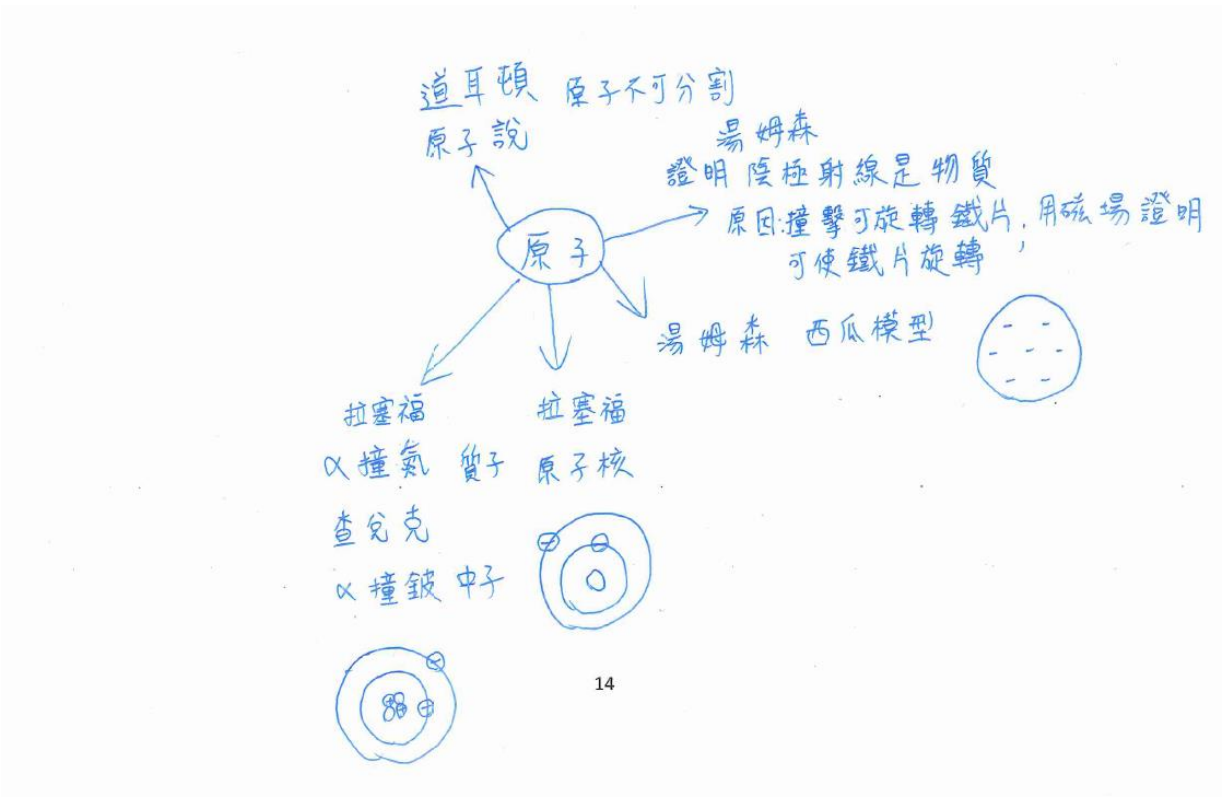
形。



問題八：請學生以心智圖統整出原子模型發展歷程，說明科學模型的演變情形。

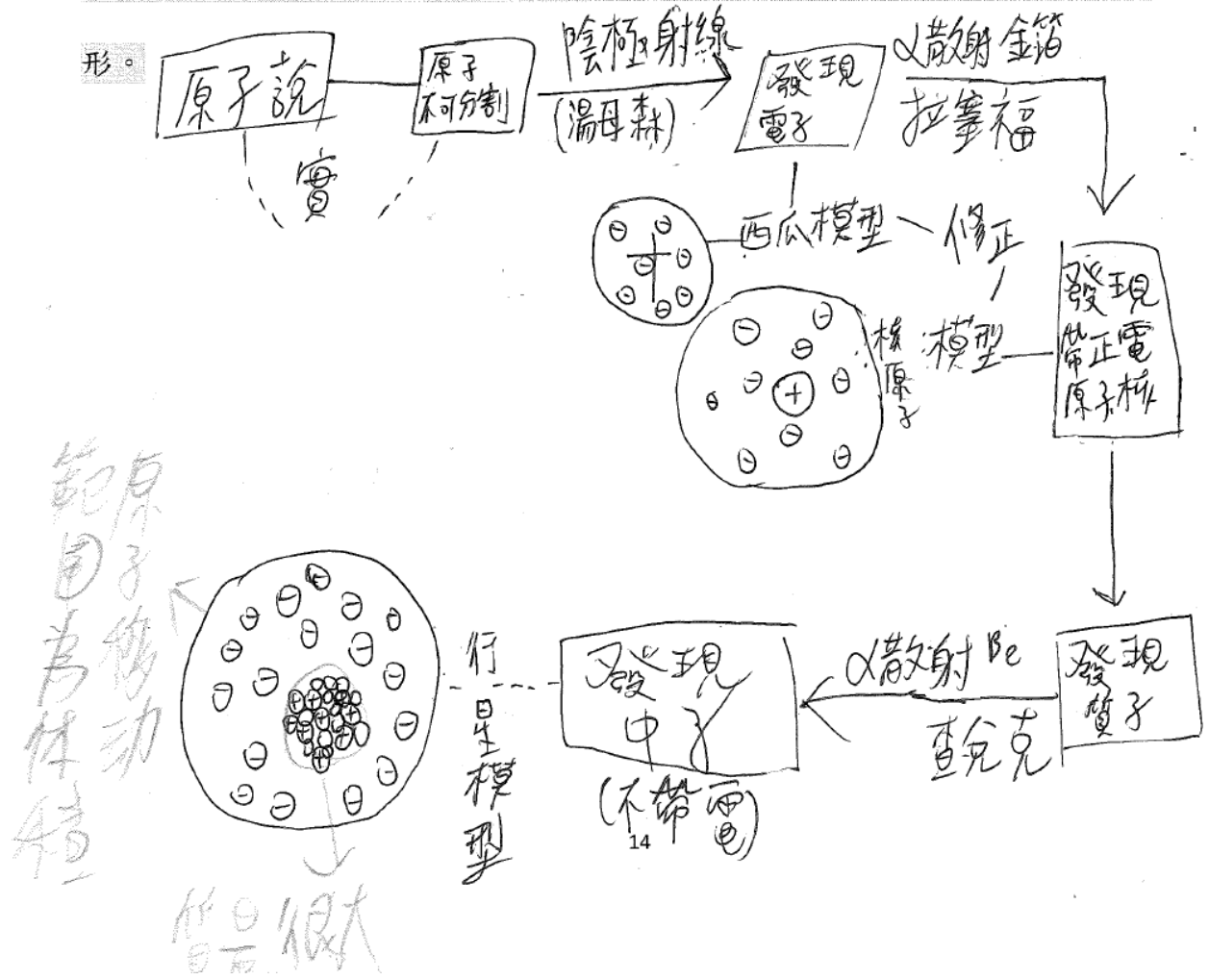


14



14

問題八：請學生以心智圖統整出原子模型發展歷程，說明科學模型的演變情形。



## 六、評量試題

練習 1：有關道耳頓原子說的敘述，何者不正確？

- (A) 組成物質最小的粒子為原子。
- (B) 不同的元素，其原子質量、性質亦不同。
- (C) 同一種元素有相同的原子大小與質量。
- (D) 當原子重新排列時，原子核中的質子與中子不變，所以質量不變。

解答：(D)

解析：道耳頓認為原子是不可分割的，當時尚未發現質子與中子，故此敘述與道耳頓原子說內容無關。

練習 2：道耳頓提出原子學說是依據：

- (A) 實驗的結果「看到」原子的存在。
- (B) 大的物質「必定」是由小的粒子組成。
- (C) 由各種物理及化學規律性“假設”物質是由原子組成。
- (D) 拉瓦節的「燃素」觀念。

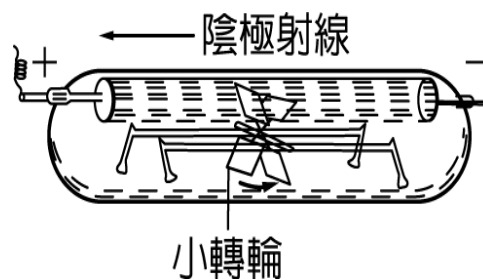
解答：(C)

解析：當時的科技尚未直接觀察到原子的存在，道耳頓依據定比定律、倍比定律及質量守恆定律等規律性歸納出原子說。

練習 3：小華以下列裝置進行一系列的實驗，請選出適當的推論。小華觀察到小轉輪會轉動，且轉動方向由負電板向正電板。根據此一觀察，下列推論何者正確？

- (A) 道耳頓的原子說正確，原子確實不能分割。
- (B) 此粒子帶負電，且具有質量。
- (C) 陰極射線為高能量的光束。
- (D) 原子核的半徑約  $10^{-12}$  厘米，所占空間極小，

因此陰極射線可以穿過原子射出。





解答：(B)

解析：小轉輪會轉動表示陰極射線為具能量的粒子束，轉動方向由負電板向正電板表示陰極射線帶負電。

練習 4：由拉塞福的  $\alpha$  粒子散射實驗實際得到的結果進行推論，下列推論何者正確？

- (A) 原子內含有一帶正電的質點，該質點體積極小卻擁有原子絕大部分質量。
- (B) 原子內除了電子之外，還有質子和中子存在。
- (C) 原子內的電子繞行原子核在固定軌道上運行。
- (D) 原子內的電子沒有一定軌道，隨機出現在原子核周圍的特定區域內。

解答：(A)

解析：實驗主要結論是原子中有一個體積極小、原子質量集中且帶正電的原子核。

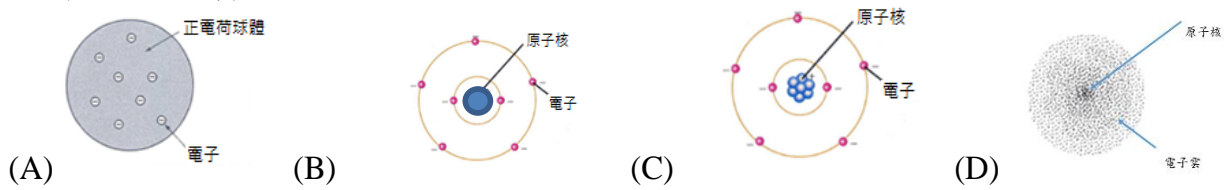
練習 5：1911 年拉塞福做「 $\alpha$  粒子散射」實驗，將  $\alpha$  粒子束射向一金屬薄膜，觀察透過膜後的粒子偏折至各方向的分布情形。他發現絕大部分的粒子，穿過薄膜後，仍按原來方向進行，但少數的粒子，則有大的散射角，極少數竟有  $180^\circ$  的散射。已知  $\alpha$  粒子是 He 的原子核，由此實驗結果，無法說明原子核的何種特性？

- (A) 原子核帶正電。
- (B) 原子核具有原子絕大部分的質量。
- (C) 原子核的直徑小。
- (D) 原子核是質子和中子組成。

解答：(D)

解析：質子和中子是在之後實驗中陸續發現的，當時的實驗結論是原子核體積極小、質量集中且帶正電。

練習 6：根據陰極射線實驗結果，下列哪種模型符合湯姆森的原子模型？（提示：物質為電中性）。



解答：(A)

解析：物質為電中性，故原子的組成除了帶負電的電子之外，應有帶正電的部分，才能讓原子呈現電中性，(A) 圖呈現的意義為原子為正電團，帶負電的電子均勻分布在於其中，符合陰極射線的實驗結果。

練習 7：根據湯姆森的原子模型，道耳頓提出原子學說需做哪些修正？

- (A) 原子核帶正電。
- (B) 原子進一步分為帶負電的電子與帶正電的部分。
- (C) 原子可進一步分為電子、質子與中子。
- (D) 原子核是質子和中子組成。

解答：(B)

解析：物質為電中性，故原子的組成除了帶負電的電子之外，應有帶正電的部分，才能讓原子呈現電中性，故道耳頓提出原子學說應修正為原子進一步分為帶負電的電子與帶正電的部分。

練習 8：根據原子結構發展的過程，粒子發現的順序何者較合理？

- (A) 原子→原子核→電子→質子→中子。
- (B) 原子→電子→質子→原子核→中子。
- (C) 原子→電子→原子核→質子→中子。
- (D) 原子→電子→質子→中子→原子核。

解答：(C)



解析：最早道耳頓提出原子學說→1897年湯姆森陰極射線實驗發現電子→1911年拉塞福做「 $\alpha$  粒子散射」實驗發現原子核→1919年拉塞福也使用  $\alpha$  粒子撞擊氮原子，結果發現原子核中含有帶正電的粒子（質子）→1932年查兌克以  $\alpha$  粒子撞擊鈹元素後，發現原子核中含有與質子質量相近但不帶電荷的中子。

練習 9：各種粒子質量大小的比較，何者較合理？

- (A) 原子>電子>質子>中子。
- (B) 原子>質子>電子>中子。
- (C) 質子>中子>原子>電子。
- (D) 原子>中子>質子>電子。

解答：(D)

解析：原子可分為電子、質子與中子，故原子質量最大，而電子質量最小，中子質量略大於質子。

練習 10：拉塞福的  $\alpha$  粒子散射實驗結果為何？

- (A)  $\alpha$  粒子完全穿透金屬片，在螢光屏幕上聚集成一點發光。
- (B)  $\alpha$  粒子完全被金屬片阻擋，螢光屏幕上沒有光點。
- (C)  $\alpha$  粒子撞擊原子內的電子，四散在螢光屏幕上，形成許多光點。
- (D)  $\alpha$  粒子撞擊原子內的某小體積、高質量帶正電體，少數發生偏轉，其餘不受影響，筆直穿透金屬板。

解答：(D)

解析：實驗結果發現大約 99% 的  $\alpha$  粒子直線地穿過金箔，少數  $\alpha$  粒子產生偏折，僅極少數的  $\alpha$  粒子產生大角度的偏折。

## 七、探究能力教學檢核表(部分示例)

評量狀態 探究能力	精熟	基礎	待加強	待補救
<b>ti-IV-1 想像創造</b> 學生提出對物質組成的想法與解釋	說出物質是由粒子所組成，並能分區不同物質是由不同粒子所構成，如水分子，氦原子等。	僅說出物質是由粒子所組成。	說出物質是非粒子	無法說出物質組成
<b>pa-IV-2 分析與發現</b> 學生能提出自己的看法或解釋，下正確的結論。	學生能依據實驗圖與初步結果(證據)，提出正確的解釋與結論。	學生能依據實驗圖與初步結果(證據)，提出正確的解釋。	學生能依據實驗圖與初步結果(證據)，提出部分正確的解釋。	無法提出解釋與結論。
<b>tc-IV-1 批判思辨</b> 學生能說明陰極射線實驗結果並指出其與 <u>道耳頓</u> 原子說的衝突之處	學生能說明陰極射線的實驗結果發現了原子外有帶負電的粒子(電子)，進而推出原子是可以分割成帶正電部分與帶負電的粒子。	學生能說明實驗結果，僅能部分說明與 <u>道耳頓</u> 原子說的衝突之處。	學生能說明實驗結果，但無法說明兩者之間的衝突之處。	學生無法說明實驗結果，且無法說明兩者之間的衝突之處。
<b>tm-IV-1 建立模型</b> 學生能建立西瓜模型	學生歸納陰極射線實驗結果，並建立 <u>湯姆森</u> 原子模型(西瓜模型)。	學生歸納陰極射線實驗結果，但模型選擇錯誤。	學生歸納部分陰極射線實驗結果，但模型選擇錯誤。	學生無法歸納陰極射線實驗結果，且模型選擇錯誤。

## 八、參考資料

林靜雯和邱美虹(2008)。從認知/方法論之向度初探高中學生模型與建模歷程之知識。科學教育月刊，307，9-14。(轉載自論文發表於中華民國科學教育學術研討會，2007，高雄：國立高雄師範大學科學教育研究所)。

Koponen, I. T. (2007). Models and modelling in physics education: A critical re-analysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. *Science & Education*, 16, 751–773.

Ogborn, J. (1994). Overview: the nature of modelling. In H. Mellar, J. Bliss, R. Boohan, J. Ogborn, & C. Tompsett (eds.), *Learning with artificial worlds: computer based modelling in the curriculum* (pp.11-15). Hong Kong: Graphicraft.



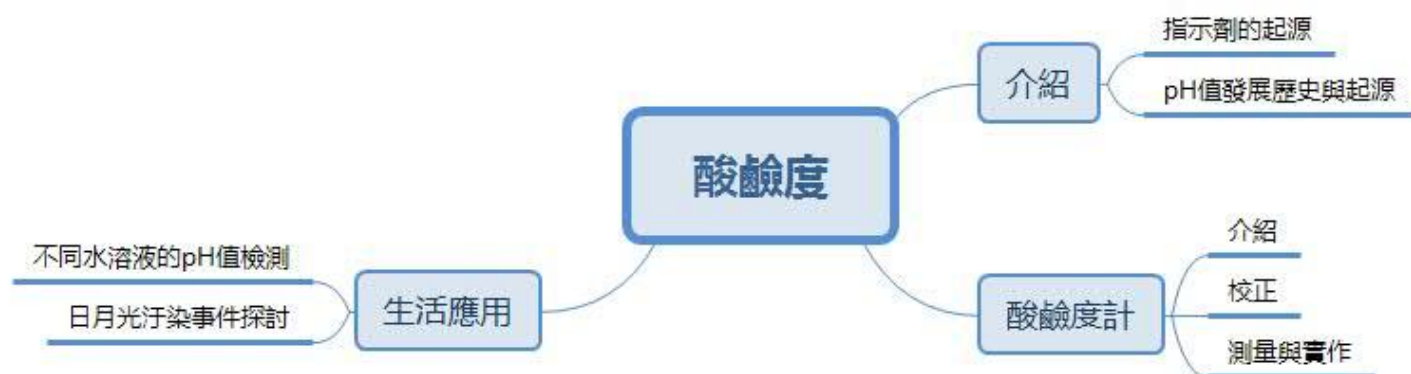
## 單元二-1 酸鹼度計

### 一、 單元簡介

十二年國教課綱國中部分，增加了酸鹼度計（pH meter）的介紹與實作，故學校應安排之授課節數 1 節加以說明，以利學生後續學習，並可銜接高中化學必修部分探究與實作的相關課程。

pH 值的應用極廣，例如水的 pH 和汙染程度有關、土壤的 pH 值關係到農作物的生長、血液和尿液的 pH 值可以幫助診斷疾病等，均和日常生活密切相關。因十二年國教課綱重視實作、探究及與生活情境配合的趨勢，故在此單元的教材中，主要安排合適的實驗與實作，如 pH 計的校正與操作，並搭配生活情境應用，提供學生學習問題解決、運用思考智能、提升認識科學本質與科學態度的機會。

### 二、 單元概念圖



### 三、單元教案

適用年段	國三升高一		
設計教師	中山女高曹雅萍老師	上課時間	50 分鐘(1 節課)
設計理念	讓學生可以藉由酸鹼度計和實驗的操作，加深對酸鹼度的了解，並結合生活中的實例，了解酸鹼度對日常生活的影響。		
學習目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學生可以觀察到酸、鹼對植物色素的影響，並連結到自己觀察的現象與指示劑間的關係。</li> <li>2. 學生能夠正確運用對數的特性，並應用於酸鹼度(pH 值)的測量，進而製作圖表，整理自然科學數據。</li> <li>3. 學生能夠正確的操作 pH 計，應用在水質實測上，並了解水質差異對環境的影響，主動關心自然環境相關公共議題。</li> </ol>		
核心素養	<p>總綱素養</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. J-A2：具備理解情境全貌，並做獨立思考與分析的智能。</li> <li>2. J-B1：具備運用各類符號表達的素養</li> <li>3. J-B2：具備善用資訊與媒體以增進學習的素養</li> <li>4. J-C1：培養道德思辨與實踐能力</li> </ol> <p>自然領綱核心素養具體內涵</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. 自-J-A2：能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的現象及實驗數據。</li> <li>6. 自-J-B1：能分析歸納、製作圖表、使用數學運算方法，整理自然科學數據。</li> <li>7. 自-J-B2：能操作適合學習階段的科技設備與資源。</li> <li>8. 自-J-C1：從日常學習中，主動關心自然環境相關公共議題</li> </ol>		
學習重點	<p>一、學習內容</p> <p>Jd-IV-3 實驗認識廣用指示劑及 pH 計(本銜接教材主要介紹 pH 計)</p> <p>二、學習表現</p> <p>tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的現象及實驗數據，並推論</p>		

出其中的關聯。

po-IV-1 能從學習活動，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。

pa-IV-2 能運用科學原理，從所得的資訊或數據，形成解釋、解決問題。

pc -Vc-2 能利用數學公式，呈現探究之發現。

pe-IV-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備與資源。  
能進行客觀的質性觀測或數值量測並詳實記錄。

ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。

# 教學設計表

教學流程與重點		對應探究能力	評量重點	器材/藥品/教材	時間
學生活動	教師活動				
1. 學生進行洋桔梗花瓣的酸鹼度變色實驗。	1. 指導學生進行實作。	po-IV-1 能從學習活動，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。	學習單 練習題 1	洋桔梗花瓣或蝶豆花 汽水 0.5M 鹽酸 學習單 汽水 彩色筆 一盒 學習單	15 min
2. 閱讀文本資料，並從中推論：紫羅蘭變色的原因，及如何可測量物質的酸鹼度？	2. 提供閱讀文本，介紹酸鹼度測量的起源	pa-IV-2 能運用科學原理，從所得的資訊或數據，形成解釋、解決問題。	學習單 練習題 2		
3. 實作利用物質顏色變化推論酸鹼度的範圍。	3. 指導學生進行實作，並讓學生思考如何以顏色變化推斷酸鹼度的範圍。	tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的實驗數據，並推論出其中的關聯。	學習單 練習題 3		
4. 學生可閱讀學習單，並理解為何要以對數表示 pH 值，並可延伸此概念至其他適用情境。	4. 提供關於 pH 值發展歷史的文本，說明使用 pH 值的原因。	pc -Vc-2 能利用數學公式，呈現探究之發現。	學習單 練習題 4	學習單	5 min

<p>5. 學生練習 pH 計的相關操作。</p> <p>6. 討論 pH 計和指示劑的測量酸鹼度。</p>	<p>5. 指導學生進行實作。</p> <p>6. 提供相關文本，介紹 pH 計</p> <p>7. 提供 pH 計使用步驟，進行實作活動— pH 計的校正</p> <p>— pH 計的測量</p> <p>— 測定不同溶液的 pH 值(例如：游泳池、校園生態池等)</p> <p>8. 教師進行結論</p>	<p>pe-IV-2</p> <p>能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器，並進行客觀的數值量測並詳實記錄。</p>	<p>學習單</p> <p>pH 計使用說明</p> <p>練習題 4</p> <p>實作評量</p>	<p>pH 計</p> <p>未知溶液</p> <p>學習單</p>	<p>30 min</p>
<p>課後評量：</p> <p>1. 學生閱讀日月光污染相關文本後，進行資料整理，並做摘要。</p> <p>2. 學生蒐集資料，並可說出酸鹼度對水質的影響。</p>					

#### 四、教師教學指引

本單元的設計是以日常生活的植物色素，遇到酸鹼會變色的實際經驗出發，再讓學生閱讀科學史中酸鹼指示劑發展的歷程。希望學生能在閱讀的過程中，了解科學的發展歷程包括

**觀察**—波以耳觀察色素遇到酸鹼的顏色變化；

**假設**—波以耳假設其他植物色素，也會受到酸鹼的影響而變色；

**設計實驗**—波以耳取不同的植物色素加入酸鹼，並觀察其遇到酸鹼的變化。

而當假設經過驗證後，所得到的發現，即可應用於實際生活中，找出判斷土壤酸鹼的方法。

之後，再由實作中發現，酸鹼指示劑並無法精準測出物質的酸鹼度，從而帶出使用 pH 計的必要性，並學習實際操作 pH 計，測量日常生活中常見溶液的酸鹼度。同時也以閱讀資料說明，科學家努力尋求適合表達酸鹼度的標示，最後是以索任生所制定的 pH 值為公認的表示法，其是以數學對數的方式表達，而類似的表示法也出現在其他學科，例如地震規模、繁殖、星等和聲音強度(分貝)等，希望以此說明讓學生知道數學對數表示法的適用範圍，以及科學家制定表示法時的思考邏輯。

本單元的實驗器材包括：

酸鹼度計—蝶豆花、0.5M 鹽酸、汽水、pH 計、pH 計說明資料和各種未知溶液。

## 五、學習單及閱讀文本

蝶豆花製作酸鹼指示計實驗影片連結：<https://youtu.be/Df4dFjaV2fA>



### 一朵花的驚奇之旅

1. 取一片蝶豆花的花瓣，  
並在上面滴上 0.5M 的鹽酸。
2. 觀察花瓣上產生了什麼變化呢？



1. 請記錄你的觀察結果，並以繪圖方式呈現。

學生自行記錄顏色變化。

2. 從上面的實作活動中，你覺得看到的現象，可能是什麼原因呢？

植物的色素會因為酸鹼度的不同而變色



### 農夫如何確認土壤的酸鹼性呢？

波以耳是十七世紀著名的科學家，據說波以耳與其妻愛麗絲漫步在鄉村的小道上，愛麗絲看到一位正在幹活的農民把泥土放進嘴裡，她感到相當納悶。波以耳解釋由於泥土的酸鹼性與農作物的生長有密切的關係，農人利用這種方法來判斷泥土的酸鹼性。因此，農人常常生病，甚至死亡。一想到此，愛麗絲便深情地對波以耳說：「親愛的，為了人類的幸福，請你用智慧來拯救那些可憐的農民吧！」於是波以耳以此為努力的目標，力圖分辨出土壤的酸鹼性，不過都以失敗告終。不幸的是，一年後，愛麗絲因為肺結核病離開人間。波以耳雖然痛苦，但他仍將悲傷轉移至工作。

西元 1660 年的一個清晨，波以耳一如往昔地準備展開實驗室工作，過程中他順手取了園藝工人送給他的一籃紫羅蘭，置放於實驗室的桌上。那天他正進行著關於鹽酸的研究，在取出些許濃鹽酸時，濺出了一些酸液，旋即污染了原本為怡情養性而佈置的鮮花。愛蒔花養草的波以耳立刻以水企圖清洗被鹽酸飛濺波及的紫羅蘭花瓣。沒想到經由水的滌洗，不一會兒功夫，紫羅蘭的花瓣漂出了紅色。

3. 你覺得上述波以耳看到紫羅蘭變色的現象，可能是什麼原因呢？和你觀察洋桔梗(或蝶豆花)花瓣上加酸的變化有何關係呢？

紫羅蘭的色素會因為酸鹼度的不同而變色，和洋桔梗(或蝶豆花)花瓣中的色素會因為酸鹼不同而變色的原理可能是相同的。

4. 你覺得波以耳可以如何應用這個現象，幫助農夫確認土壤的酸鹼性呢？

波以耳可以試做多種植物色素，再找出可以明確分辨酸鹼性的植物色素，再以此色素的變色，確認土壤的酸鹼性。

教學叮嚀：

在閱讀的過程中可引導學生，了解科學的發展歷程包括：

**觀察**—波以耳觀察色素遇到酸鹼的顏色變化；

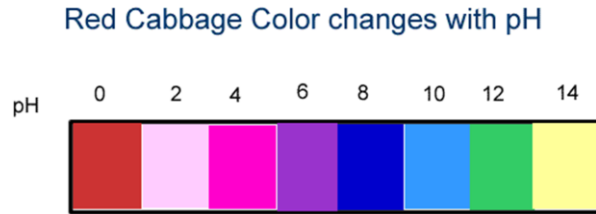
**假設**—波以耳假設其他植物色素，也會受到酸鹼的影響而變色；

**設計實驗**—波以耳取不同的植物色素加入酸鹼，並觀察其遇到酸鹼的變化；

**應用**—實際生活中辨識土壤的酸鹼性。

## 指示劑與酸鹼度測定

已知洋桔梗(或蝶豆花)中因為 pH 值造成顏色變化的色素和紫色高麗菜相同，都是花青素(anthocyanic)。在不同 pH 時顏色變化如下，早期科學及用此方式，來判斷物質的酸鹼度。



5. 請將市售的汽水，取一滴滴在洋桔梗(或蝶豆花)的花瓣上，並以上述的顏色變化圖，判斷汽水的 pH 值。

pH 約為 4(答案僅供參考，pH 值會因所用樣品不同而有所差異)

## pH 值的發展歷史

19 世紀以前，科學家只能用物質的顏色變化簡單判斷酸鹼性，所以找出了許多指示劑，再利用指示劑加入測試樣本後的顏色變化，粗略的判斷物質的酸鹼性。常用的指示劑如下表所示：

指示劑	酸性顏色	變色範 pH 值	鹼性顏色
甲基紅	紅	4.2-6.3	黃
石蕊	紅	5.4-8.0	藍
酚紅	黃	6.4-8.2	紅
酚酞	無色	8.3-10.0	粉紅

但隨著科技進步，更精密表示酸鹼度的需求越來越高，所以科學家便努力的尋求一種適合表達溶液酸鹼度的方式。溶液的酸鹼度和溶液中氫離子的濃度息息相關，但是中性溶液的 $[H^+] = 10^{-7} M$ ，而當溶液由酸變鹼時，溶液中的 $[H^+]$ 更是大幅下降。對於極大或極小數值的處理，可遠溯至克普勒（Kepler，1571~1630）研究天體運動學的時期。當時因為希望可以得到極大數值的有效近似值，因而尋求到 John Napier, Merchistonii 所提到的簡單的計算方法，即為對數法。而現在當大家想計算極大或極小數時，都常使用同樣的方式。

索任生 (Søren Peder Lauritz Sørensen, 1868–1939) 是丹麥的化學家，在 1901 年至 1938 年間，擔任哥本哈根嘉士伯實驗室主任。在此期間，他研究離子濃度對蛋白質的影響，其中尤以氫離子的濃度更為重要。索任生於 1909 年發表論文，介紹了用對數簡單計算酸鹼度的方法，他以 pH 值簡化 $[H^+]$ ，pH 值的計算如下：

亦即， $[H^+] = 10^{-x}$  時， $pH = x$

例如  $[H^+] = 0.01 M = 10^{-2} M$  時， $pH = 2$

如此一來，確實可以有效處理  $[H^+]$  太小時，不易表達處理的問題。

6. 你可以找出還有日常生活中還有哪些數量，是用對數來簡化表示的嗎？

分貝、星等、地震規模、細胞分裂現象等

教學叮嚀：

教學過程中，不需強調 pH 的對數計算，而須讓學生了解，因為日常生活中的 $[H^+]$ 和 $[OH^-]$ 的濃度均太小，所以用 pH 值為酸鹼的表達方式。而相同的數值處理方式，在各個領域均會使用。

## pH 值如何測量？

現在科學家常使用電極測量—即 pH 計，來測量物質酸鹼度，此為判斷 pH 值最簡便而且準確的方法。一個典型的 pH 計，是將一個特殊的測量玻璃電極（glass electrode）連接到電壓表，量測出來的電壓，經由適當轉換可顯示出 pH 讀數。pH 計使用前須先用已知 pH 值之溶液校正，並經清洗後方可測量溶液。



pH 計的校正和使用影片連結：  
<https://youtu.be/Mbnh6meryX8>



7. 請根據所使用的 pH 計操作步驟進行 pH 計的校正，校正後以此 pH 計進行以下溶液的 pH 值測量。

樣品	洋桔梗(或蝶豆花) 測得的 pH 值	pH 計測到的 pH 值
市售的汽水		
自來水		
雨水 (剛下下來的)		
游泳池的水		
校園內生態池或水池的水		
住家或學校附近的池水		
其他(可自行搜尋或配製想測量的溶液)		

根據所用的物質，答案會有所不同。

8. 比較以洋桔梗(或蝶豆花)和 pH 計所測出的酸鹼度，兩者有何異同？準確度有差異嗎？

洋桔梗(或蝶豆花)因酸鹼度不同產生的顏色變化並不同，所以測出的酸鹼度並不準確；

pH 計所測出的酸鹼度數值較為準確。

### 教學叮嚀：

可由實作過程，了解酸鹼指示劑無法正確判別出物質的酸鹼度，所以進一步需要使用 pH 計，來測量 pH 值。

## pH 值的應用

2013 年 10 月 1 日，高雄市環保局抽驗後勁溪溪水，發現溪水遭強酸廢水汙染，德民橋下方廢水的 pH 值為 3.02，溯源追查找到日月光 K7 廠；經稽查人員巡查檢測。發現在日月光 K7 廠一樓採樣槽及地下一樓放流槽， pH 值分別為 7.06 及 2.63，數值相差很大，環保局質疑廠方是抽自來水到一樓採樣槽，意圖矇騙。此事件引起各界對後勁溪遭汙染的重視。

## 六、課後評量

9. 試蒐集資料，並說明河川酸鹼度對生態環境的影響。

學生可以自由蒐集相關資料

10. 一般雨水的 pH 值大約是多少呢？為什麼？

雨水的 pH 約為 5，因為一般雨水可能會有二氧化碳或是一些空氣中酸性物質溶解在其中。

11. 蒐集資料，說明酸雨的定義。

學生可以自由蒐集相關資料

教學叮嚀：

老師可視時間長短，進行討論；或是讓學生回去搜尋和 pH 值相關的新聞或資訊。

## 七、探究能力教學檢核表(部分示例)

評量狀態 探究能力	精熟	基礎	待加強	待補救
<b>po-IV-1 觀察與定題</b> 能從學習活動，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。	能說出蝶豆花花瓣變色的現象並詳細記錄，並進一步提出可探討的問題。	能說出蝶豆花花瓣變色的現象，並記錄最後的現象。	僅能操作實驗，說出實驗結果，但記錄不夠清楚。	無法進行實驗或紀錄。
<b>pe-IV-2 計劃與執行</b> 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備與資源。能進行客觀的質性觀測或數值量測並詳實記錄。	學生能依據 pH 計操作手冊，準確測量出 pH 值，並詳細記錄。	學生能在指導下參考 pH 計操作手冊，測量出 pH 值並記錄。	學生能在指導下，測量出 pH 值並記錄。	學生無法使用 pH 計測量出 pH 值並記錄。
<b>pa-IV-2 分析與發現</b> 能運用科學原理，從所得的資訊或數據，形成解釋、解決問題。	學生能由自行閱讀指示劑發現歷程中，解釋蝶豆花變色的原因，並用於解決測試土壤酸性的問題。	學生能由經由老師的提示，解釋蝶豆花變色的原因，並用於解決測試土壤酸性的問題。	學生能由經由老師的提示，解釋蝶豆花變色的原因，但難以應用於解決問題。	學生無法說明實驗結果和應用。

## 八、參考資料

1. 台灣化學教育 如何引導特教學童實作化學實驗-以變色的蝶豆花為例 劉佳綾

<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=27194>

2. 台大化學系實驗－酸鹼度測定計

<https://www.ch.ntu.edu.tw/~genchem99/doc/tech-basic/pH-meter.pdf>

## 單元二-2 百萬分點濃度

### 一、單元簡介

十二年國教課綱國中部分，增加了百萬分點濃度(ppm)的說明，故學校應安排之授課節數各 0.5 節加以說明，以利學生後續學習，並可銜接高中化學必修部分探究與實作的相關課程。

生活中的污染現象，包括空氣污染和水污染等微量物質的濃度，則多以百萬分點濃度來表示；故讓學生了解 ppm 的應用，是相當重要的。

因十二年國教課綱重視實作、探究及與生活情境配合的趨勢，故在此單元的教材中，應搭配生活情境應用，提供學生學習問題解決、運用思考智能、提升認識科學本質與科學態度的機會。

### 二、單元概念圖






### 三、單元教案

適用年段	國三升高一		
設計教師	中山女高曹雅萍老師	上課時間	25 分鐘(0.5 節課)
設計理念	讓學生可以重新複習並理解濃度的概念，進一步學會百萬分濃度，且能知道生活中百萬分點濃度應用的地方。		
學習目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學生可以了解百萬分點濃度的意義，並運用此單位適切的表達物質濃度。</li> <li>2. 學生能夠正確運用百萬分點濃度，應用於生活經驗中，並主動關心自然環境相關公共議題，並有獨立思考與分析新聞與科學報導的智能。</li> </ol>		
核心素養	<p>總綱素養</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. J-A2：具備理解情境全貌，並做獨立思考與分析的智能。</li> <li>2. J-B1：具備運用各類符號表達的素養</li> <li>3. J-C1：培養道德思辨與實踐能力</li> </ol> <p>自然領綱核心素養具體內涵</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 自-J-A2：能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的現象。</li> <li>2. 自-J-B2：從學習活動中，學會分辨資訊之可信程度。</li> <li>3. 自-J-C1：從日常學習中，主動關心自然環境相關公共議題</li> </ol>		
學習重點	<p><b>一、學習內容</b></p> <p>Jb-IV-4 溶液的概念及重量百分濃度(P%)、百萬分點的表示法(ppm)。(本銜接教材主要介紹 ppm)</p> <p><b>二、學習表現</b></p> <p>pa-IV-1 能分析歸納並整理資訊。</p> <p>ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。</p> <p>ah -Vc-2 對日常生活中所獲得的科學資訊抱持批判的態度，審慎檢視其真實性與可信度。</p>		

## 教學設計表

教學流程與重點		對應探究能力	評量重點	器材/藥品教材	時間
學生活動	教師活動				
1. 經由教師的引導，可推論出百萬分濃度的計算。	1. 教師提問濃度的呈現形式，並複習濃度和重量百分濃度。 2. 教師說明百萬分濃度的定義，並請學生推論如何計算出百萬分濃度。	pa-IV-1 能分析歸納並整理資訊。	學習單 練習題	學習單 投影片	10 min
2. 討論或思考如何得出 ppm 的其他計算方式。	3. 教師說明稀薄水溶液的密度約等於 $1\text{g/cm}^3$ ，並請學生推論出稀薄水溶液 ppm 的其他計算方法。	pa-IV-1 能分析歸納並整理資訊。	學習單 練習題	學習單 投影片	8 min
3. 學生利用所學，判斷游泳池氯氣濃度是否超標？	4. 提供學習單游泳池氯氣濃度的例題。 5. 教師進行總結	ah-IV-2 應用所學到的科學知識，幫助自己做出最佳的決定。	學習單 練習題 3	學習單	7 min
<p>課後評量</p> <p>學生經由食品檢驗資料瞭解 ppm 的應用。</p>					



#### 四、教師教學指引

本課程的設計是由濃度的複習開始，希望學生能經由提問與思考，得知濃度的意涵，並能分辨不同濃度存在的必要性。而後，再介紹百萬分點濃度，並以生活情境出現百萬分點濃度的實例，說明並了解相關計算與用途。

最後，則新聞中瘦肉精的含量的相關報導，以問題引導學生釐清報導中的錯誤之處，以期能培養對科學議題批判思辯的能力。

## 五、學習單與閱讀文本

### 濃度的定義

若要比較兩杯糖水的甜度，可以用糖的濃度來說明。取甲、乙兩杯都是 100 克的糖水，甲杯含有 10 克的糖，乙杯只含有 5 克的糖，由含糖量，我們即可以判斷出甲杯溶液應該比較甜，糖的濃度比較高。

利用相同的模式，但溶液和溶質的量使用不同的單位秤量時，即可得到不同的濃度表示方法。一般而言，皆是指某溶質在溶液總量中所佔的分量。

1. 根據上面敘述，請寫出兩種濃度的表示法。

學生可自由發揮

例如：100 mL 溶液中，所含咖啡因的毫克數；1000 克果汁中，所含葡萄糖的克數。

2. 試根據國中所學，試選出正確的濃度定義。

- 重量百分濃度
- 體積百分濃度
- 體積莫耳濃度
- 100 毫升溶液中，所含溶質的毫升數
- 1 升溶液中，所含溶質的莫耳數
- 100 克溶液中，所含溶質的克數

#### 教學叮嚀：

老師教學時，可以和學生討論濃度的內涵，並舉日常生活中的多種飲料或食品的濃度表示法為例，說明不同的濃度表示法，只是為了方便不同情況下的使用與表達。

## 百萬分點濃度的定義

當一杯 500 克的水中，含有 5 克的鈉離子時，我們即可算出每 100 克的此杯溶液中，所含鈉離子的克數，即鈉離子的重量百分濃度  $= (5/500) \times 100\% = 1\%$ 。

但一瓶市售礦泉水，500 克的礦泉水中，只含了 4.5 毫克的鈉離子時，其中鈉離子的重量百分濃度  $= (0.0045/500) \times 100\% = 0.0009\%$ 。這個數字非常小，顯然不是一個很好的表示方式，因此有必要改變所取的溶液總量，以方便計算其中的鈉離子含量。而這種為計算稀薄溶液中所含溶質量的濃度表示方法，即為百萬分點濃度。

百萬分點濃度(ppm)的定義為 1,000,000 克(1 百萬克)的溶液中所含溶質的克數。

3. 若水溶液中溶質含量相當稀少，也就是說水溶液非常稀薄，密度會幾乎等於  $1\text{g/cm}^3$ 。此時若用溶液體積可以如何表示百萬分點濃度呢？

百萬分點濃度：1,000,000 克的溶液中所含溶質的克數

→ 1000 公斤的溶液中所含溶質的克數

→ 1 公斤的溶液中所含溶質的毫克數

→ 1 升的溶液中所含溶質的毫克數

4. 游泳池中常會加入少量的氯氣消毒殺菌，以維持池水的衛生，根據衛生署疾管局要求餘氯 ( $\text{Cl}_2$ ) 量要在 1 ~ 3 ppm 間。某國際標準游泳池，池水量約為 2,500,000 公升(密度大約為  $1\text{g/cm}^3$ )：

(1) 若在池水中加入 500 克的氯氣，池水中的氯氣濃度約為多少 ppm 呢？

(2) 上述狀況是否符合標準呢？若不符合標準，那應該如何處理才能符合標準呢？

$$(1) \text{ ppm} = \frac{\text{溶質質量}(g)}{\text{溶液質量}(g)} \times 10^6 = \frac{\text{溶質質量}(mg)}{\text{溶液體積}(L)} = \frac{\text{氯氣質量}(mg)}{\text{溶液體積}(L)} = \frac{500 \times 1000}{2500000} = 0.2 \text{ ppm}$$

(2) 不符合標準。氯氣最少要 1 ppm 才符合標準，所以需加入

$$1 \text{ ppm} = \frac{\text{氯氣質量}(mg)}{\text{溶液體積}(L)} = \frac{\text{氯氣質量}(mg)}{2500000}$$

氯氣質量 =  $2500000 \text{ mg} = 2500 \text{ g}$   $2500 - 500 = 2000 \text{ g}$ ，需再加入 2000 克氯氣

## 百萬分點濃度的應用

以下是兩則廣告圖片：

AA 食品公司

肉品的專業調理廚房，精選優質的肉品來源，確保衛生、安全及品質，深得消費大眾的信賴與喜愛。



瘦肉精

零檢出

BB 食品公司

本公司從事肉品加工，從採購到生產都嚴謹為食品安全把關，敬請安心食用。



瘦肉精

未檢出

1. 以上兩則廣告關於瘦肉精檢驗的差別在哪裡？請把差異處圈出來。

如上圖中藍色圈圈所示

2. 根據你的字面認知，你覺得上述的差別何在？

零檢出表示完全沒有瘦肉精；

未檢出則表示受限於儀器靈敏度無法測出含量極稀少的瘦肉精

3. 請查詢資料後說明，何者是比較合理的說法？為什麼？

因為儀器靈敏度問題，所以當儀器顯示數值為0時，僅表示受限於儀器偵測極限，所以未能檢測出瘦肉精的殘留。因此未檢出應該是比較合理的說法。

4. 下圖為某新聞中擷取下來的圖片，圖中對於瘦肉精殘留量的要求，是否合適？若是需要修改，你覺得可以如何修正呢？應該修改成未檢出較為合理。



ppb：十億分率，定義為十億分之一，亦即1ppb為 $1/10^9$ 。  
和ppm是相似的濃度表示法，  
 $1\text{ppb} = 1/1000\text{ppm}$ 。

5. 根據上述討論，我們可以知道，確認瘦肉精對人體的影響是一件更具體而重要的事。依據日本、澳洲及 JECFA 評估，成人每公斤體重的萊克多巴胺每日安全攝食量 (Acceptable Daily Intake, ADI) 為  $10^{-6}$  克 (即天天吃，吃一輩子也是安全的劑量)。

(1). 請由此計算，60 公斤成人的每日最大安全攝取量為多少克呢？

60 公斤成人的每日最大安全攝取量 =  $60 \times 10^{-6}$  克

(2). 台灣目前對瘦肉精的殘留容許量為 10 ppb (=  $10^{-2}$  ppm)，請問一個 60 公斤的成人，每天可容許吃的牛肉最大量為多少公斤呢？

$10^{-2}$  ppm 表示 1000000 克 (= 1000Kg) 牛肉中可殘留 0.01 克瘦肉精，而瘦肉精最大攝取量為  $60 \times 10^{-6}$  克，所以可容許吃入牛肉最大量為  $\frac{60 \times 10^{-6}}{0.01} \times 1000 = 6$  (公斤)

教學叮嚀：

1. 老師可視時間長短，決定此部分為回家作業，或是上課討論。
2. 可舉生活中常見的例子說明 ppm 的使用時機，並可適時做新聞議題的討論。
3. 學生可以由濃度的討論與舉例中，了解濃度的意義，老師並可引導學生以同樣的想法理解並說出 ppb 的定義。



## 六、課後評量

練習 1：2017 年政府公告修正農藥「普拔克」在芒果上的殘留容許量為 10 ppm。消費者文教基金會抽樣檢測提早上市的「特級芒果」200 克，含普拔克殘留餘量 0.024 克，則該農藥殘餘為若干 ppm，是否超標？

- (A) 未超標， $1.2 \times 10^{-4}$  ppm。
- (B) 未超標，0.12 ppm。
- (C) 已超標，12 ppm。
- (D) 已超標，120 ppm。

解答：(D)

$$\text{解析： ppm} = \frac{\text{溶質質量 (g)}}{\text{溶液質量 (g)}} \times 10^6 = \frac{0.024}{200} \times 10^6 = 120 \text{ ppm}$$

練習 2：國內某低價的乳酸菌飲料，被驗出含防腐劑「去水醋酸」64 ppm，食用過多的去水醋酸會導致腎衰竭、肝臟受損，甚至增加致癌風險。試計算該廠商在 100 mL 的優酪乳中加入了多少毫克去水醋酸（假設 100 mL 的優酪乳約等於 100 克）？

- (A) 640 毫克。
- (B) 6.4 毫克。
- (C) 0.64 毫克。
- (D) 0.0064 毫克。

解答：(B)

解析：

$$\text{ppm} = \frac{\text{溶質質量 (g)}}{\text{溶液質量 (g)}} \times 10^6$$

$$\rightarrow 64 = \frac{\text{去水醋酸質量 (g)}}{\text{優酪乳質量 (g)}} \times 10^6 = \frac{\text{去水醋酸質量 (g)}}{100} \times 10^6$$

$$\rightarrow \text{去水醋酸質量} = 0.0064 \text{ g} = 6.4 \text{ mg}$$

練習 3：呈上題，經查詢資料後得知，去水醋酸半數致死量（LD50，指能夠引起試驗動物一半死亡的藥物劑量）為 1.00 g/kg 以下。若某幼稚園的午餐飲料為此乳酸菌飲料，小明的體重為 20 公斤，則小明至少喝下多少瓶 100 毫升的山寨版多多，就會超過 LD50？

- (A) 至少 3125 瓶。
- (B) 至少 2125 瓶。
- (C) 至少 1125 瓶。
- (D) 至少 125 瓶。

解答：(A)

解析：20 公斤兒童的去水醋酸半數致死量為： $1.00 \times 20 = 20$  g，每一瓶多多含有 6.4 毫克的去水醋酸，所以要  $20 \times 1000 / 6.4 = 3125$  瓶才會超過 LD50。

練習 4：目前半導體工業常將少量的砷（As，原子量為 74.9），加入矽（Si，原子量為 28.1），以提高導電度，製造出 N 型半導體晶片。若 1000000 個矽原子中摻雜 1 個砷原子，則稱摻雜砷原子和矽原子的比例為 1 ppm。根據計算摻雜砷原子和矽原子的比例只要 0.2 ppm，導電載體增加了約  $3 \times 10^5$  倍，可大幅的改善導電度。根據上面的定義，摻雜原子比例 0.2 ppm 的意義是：

- (A) 1 公斤矽原子中摻雜 0.2 毫克砷原子。
- (B) 1000000 克矽原子中摻雜 0.2 克砷原子。
- (C)  $1000000 \text{ cm}^3$  矽原子中摻雜  $0.2 \text{ cm}^3$  砷原子。
- (D) 1000000 個矽原子中摻雜 2 個砷原子。

解答：(D)

解析：根據此處的定義，1000000 個矽原子中摻雜 1 個砷原子，則稱摻雜比例為 1 ppm；所以 0.2 ppm 為 1000000 個矽原子中摻雜 0.2 個砷原子。

此題目亦說明，ppm 基本定義為百萬分之一，在不同需求下，所使用的計算單位，可能會因而不同。

練習題 5：呈上題，現有一 N 型矽晶片，其中摻雜砷原子和矽原子的比例為 0.2ppm，已知純的矽晶片 1cm<sup>3</sup> 有 5×10<sup>22</sup> 個矽原子，則 1 cm<sup>3</sup> 的純矽晶片中應加入多少個的砷才可以達到要求？

- (A) 10<sup>16</sup> 個。
- (B) 10<sup>4</sup> 個。
- (C) 10<sup>8</sup> 個。
- (D) 10<sup>10</sup> 個。

解答：(A)

解析：

$$\text{ppm} = \frac{\text{砷原子個數 (個)}}{\text{矽原子個數 (個)}} \times 10^6$$

$$\rightarrow 0.2 = \frac{\text{砷原子個數 (個)}}{5 \times 10^{22}} \times 10^6$$

$$\rightarrow \text{砷原子個數 (個)} = 10^{16} \text{ 個}$$

練習題 6：台灣消保會於 2006 年，推行「手搖現調飲料的咖啡因分級制度」，推動按照紅色、黃色、綠色顏色差異標示來提醒消費者每杯咖啡的咖啡因含量（如右圖）。某知名連鎖咖啡店大杯（500 mL）精選咖啡之咖啡因濃度為 500 ppm，則該咖啡應標示為何種顏色？（假設該咖啡的密度為 1g/cm<sup>3</sup>）。

- (A) 紅。
- (B) 黃。
- (C) 綠。
- (D) 無法確定。

解答：(A)

解析：

$$\text{ppm} = \frac{\text{咖啡因質量 (mg)}}{\text{咖啡總質量 (Kg)}}$$

$$\rightarrow 500 = \frac{\text{咖啡因質量 (mg)}}{0.5} \rightarrow \text{咖啡因質量 (mg)} = 250 \text{ 毫克}$$

“紅、黃、綠”告訴您  
喝了多少咖啡因



	200-300毫克或 300毫克以上	上限 1杯
	100-200毫克	不超過 2杯
	100毫克以下	上限 3杯

練習題 7：某苦甜生巧克力的營養標示如下圖。根據世界衛生組織建議，以一個每日消耗 2000 大卡的成人而言，每天反式脂肪攝取不得超過 2g，也就是說此巧克力最多一天不可食用超過多少克？

苦甜生巧克力 每 100 公克 營養標示	
熱量(大卡)	450
蛋白質(公克)	4.8
脂肪(公克)	35.3
飽和脂肪(公克)	22.4
反式脂肪(公克)	0.8 (源自天然奶製品)
碳水化合物(公克)	27.3
鈉(毫克)	14.4

- (A) 1 克。
- (B) 2.5 克。
- (C) 100 克。
- (D) 250 克。

解答：(D)

解析：本題目需要先了解食品的濃度標示意義：100 克巧克力中含有反式脂肪 0.8 克，所以此

巧克力最多一天不可食用超過克數為： $\frac{2}{0.8} \times 100 = 250$

練習題 8：根據衛生署的規定，營養素含量不超過 0.3% 時，營養標示可標示為「0」。也就是在包裝上未說明「本產品內不含反式脂肪」，而是反式脂肪標示為 0 的食物，實際上還是可能含有微量的反式脂肪。根據上述，反式脂肪的濃度低於多少 ppm 時，可標示含量為 0？

- (A) 0。
- (B) 30
- (C) 300
- (D) 3000

解答：(D)

解析：0.3%：100 克的食品中含有 0.3 克反式脂肪，

$$\text{ppm} = \frac{\text{溶質質量 (g)}}{\text{溶液質量 (g)}} \times 10^6 = \frac{0.3}{100} \times 10^6 = 3000 \text{ ppm}$$

練習題 9：將萊克多巴胺添加於豬隻等動物飼料中，可以促進蛋白質合成，增加動物的瘦肉量，少長脂肪，為瘦肉精的其中一種。美國食品藥物管理局（FDA）目前允許在飼料中添加瘦肉精，但在肉品中的安全殘留量為 0.03ppm（30ppb）以下，也就是說一隻 600 公斤的肉牛，體內的萊克多巴胺含量需低於多少毫克？

- (A) 1.8 毫克。
- (B) 18 毫克。
- (C) 180 毫克。
- (D) 1800 毫克。

解答：(B)

解析：
$$\text{ppm} = \frac{\text{萊克多巴胺質量 (mg)}}{\text{肉品總質量 (Kg)}}$$

$$\rightarrow 0.03 = \frac{\text{萊克多巴胺質量 (mg)}}{600} \quad \rightarrow \text{萊克多巴胺質量 (mg)} = 18 \text{ 毫克}$$

練習題 10：下表為環境保護署的水質指標之一，當水中溶氧量大於 6.5ppm 時，代表水質未（稍）受汙染，而溶氧量低於 2ppm 時則代表汙染嚴重。若某河川經測量發現 5 升的水樣品中，溶氧量為 40 毫克，試判斷此處水質的汙染程度如何？

水質/項目	未（稍）受汙染	輕度汙染	中度汙染	嚴重汙染
溶氧量 (DO)mg/L	DO ≥ 6.5	6.5 > DO ≥ 4.6	4.5 ≥ DO ≥ 2.0	DO < 2.0

- (A) 未（稍）受汙染。
- (B) 輕度汙染。
- (C) 中度汙染。
- (D) 嚴重汙染。

解答：(A)

解析：
$$\text{ppm} = \frac{\text{溶氧質量 (mg)}}{\text{水樣品體積 (L)}} = \frac{40}{5} = 8 \text{ (ppm)}$$
，所以為未（稍）受汙染

## 七、探究能力教學檢核表(部分示例)

評量狀態 探究能力	精熟	基礎	待加強	待補救
<b>pa-IV-1 分析與發現</b> 能分析歸納並整理資訊。	經由以往濃度的定義，能推論並歸納出濃度的概念	經由對濃度的說明，能推論並歸納出濃度的概念	經由教師的指導，能了解濃度的概念	無法了解濃度的概念
<b>ah -IV-2 養成應用科學思考與探究的習慣</b> 應用所學到的科學知識，幫助自己做出最佳的決定。	學生能利用所學到的濃度概念，判斷出添加物濃度是否超標的相關問題	學生能經由討論或指導求出百萬分點濃度概念，並判斷出添加物濃度是否超標的相關問題	學生能代入公式求出百萬分點濃度概念，並判斷出添加物濃度是否超標的相關問題	無法求出百萬分點濃度。
<b>ah -IV-1 養成應用科學思考與探究的習慣</b> 對於有關科學的報導，能抱持懷疑的態度，評估其推論的證據是否充分且可信賴。	學生能自行由提供的廣告圖片中，判斷出何者是合理的廣告內容。	學生能經由提示，再由提供的廣告圖片中，判斷出何者是合理的廣告內容。	學生能經由提示，以及教師的舉例，判斷出何者是合理的廣告內容。	學生無法判斷出何者是合理的廣告內容。

## 八、參考資料

1. 科學 online 濃度

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4307>

## 單元三 濾紙層析法實驗

### 一、單元簡介

十二年國教課綱中國中部分增加了濾紙層析法實驗，學校應安排 1 節之授課時數加以說明。

本單元先介紹濾紙色層分析的簡單原理，讓學生瞭解層析的緣起與發展，再以預測－觀察－解釋－比較(prediction-observation-explanation-comparison)\*的教學策略，簡稱 POEC 策略，(引自邱美虹等人，2005)，讓學生實際操作濾紙層析的實驗，並讓學生分組討論學習設計實驗，觀察現象，提出解釋與討論，並培養學生團隊合作精神。

本單元因應十二年國教課綱的素養導向，安排濾紙層析實驗與實作，配合層析法在生活情境中的實際應用，提供學生經由探究歷程，提升認識科學本質與問題解決能力的機會。

註

P (Prediction, 預測): 向學生說明實驗裝置與實驗程序，請學生填寫預測的實驗結果，並寫下預測的理由 (也可以利用小組的討論，讓他們分享彼此的看法)。

O (Observation, 觀察): 進行實驗，請學生觀察並詳細紀錄觀察現象，並判斷是否與預測的情形符合。

E (Explanation, 解釋): 無論是否符合，請學生再次提出解釋的理由。

C (Comparison, 比較): 再將所觀察的現象與之前的預測做一比較，填寫學習單，再做學習總結討論，比較原先預測與觀察之間的現象與前後解釋的異同。

### 二、單元概念圖





### 三、單元教案

適用年段	國三升高一		
設計教師	武陵高中張明娟老師	上課時間	50 分鐘(1 節課)
設計理念	利用簡易而便於攜帶的器材，並以 POEC 的教學方式，在課堂上實際分組操作，讓學生有效的學習濾紙層析法實驗操作與應用。		
教學目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 讓學生認識濾紙層析是分離混合物的一種純化技術。</li> <li>2. 讓學生理解濾紙色層分析的原理，包括色素與濾紙(固定相)及色素與展開液(移動相)的相互作用力關係。</li> <li>3. 讓學生選用不同種類的展開液，對水性彩色筆中的色素分離，設計出較佳分離效果的濾紙層析實驗。</li> </ol>		
學習目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學生能認識濾紙層析是利用物質的性質差異，而將它們分離的一種純化技術。</li> <li>2. 學生能理解濾紙色層分析中，色素與濾紙(固定相)及色素與展開液(移動相)的相互作用力關係。</li> <li>3. 學生能應用不同種類的展開液，對水性彩色筆中的各種色素的分離差異，設計不同的實驗。</li> <li>4. 學生能透過小組合作，共同學習科學實驗的技能，並能表達探究過程的發現與成果。</li> </ol>		
核心素養	<p>總綱素養</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. U-A2：具備探索問題的思考能力</li> <li>2. U-B1：具備掌握各類符號表達的能力</li> <li>3. U-C2：具備溝通協調與團隊合作的精神與行動</li> </ol> <p>自然領綱素養</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 自-J-A2：能將自己觀察到的實驗現象，學習團體探索證據、回應多元觀點，進而解釋因果關係或提出問題的可能解決方案。</li> <li>2. 自-J-B1：能分析歸納、整理實驗現象，表達探究之過程、發現與成果。</li> </ol>		

	<p>3.自-J-C2：透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識的能力。</p>
<p>學習重點</p>	<p><b>一、學習內容</b></p> <p>Ca-IV-1 實驗分離混合物的方法有：結晶法、過濾法與簡易濾紙色層分析法</p> <p><b>二、學習表現</b></p> <p>po-IV-2 能閱讀、思考、討論。</p> <p>pa-IV-2 能從實驗過程，形成解釋、獲知因果關係、解決問題。並能將結果和同學比較對照，相互檢核，確認結果。</p> <p>ai-IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。</p> <p>tc-IV-1 能對自己操作的科學實驗，抱持合理的懷疑態度。</p>

## 教學設計表

教學流程與重點		對應探究能力	評量重點	器材/藥品/教材	時間(分)
學生活動	教師活動				
1. 閱讀生活中的層析現象，並從中了解黑色墨水為混合物，小組討論練習題 1。	1. 引導學生閱讀生活中的層析現象，引導小組討論練習題 1。	po-IV-2 能閱讀、思考、討論。	文本學習 單練習題 1	文本	5
2. 分組討論實作。 (1)分組討論不同的展開液對濾紙層析效果的影響(參考實驗活動 POEC 學化學)。 (2)小組成員各選定一種水性彩色筆，以提供的三種展開液進行層析實驗，並填寫學習單活動。 (3)實驗完成後，分組討論實驗結果，利用附錄一：層析原理，共同討論回答問題 1、2、3。	2.分組討論實作。 (1)教師簡介水性彩色筆的濾紙層析實作，引導學生討論不同的展開液對濾紙層析效果的影響，及準備讓各組領取所需的實驗器材與學習單。 (2)教師協助學生解決實驗問題，並要求學生完成學習單。 (3)帶領學生閱讀附錄一：層析原理，使小組討論回答問題 1、2、3。	pa-IV-2 能從實驗過程，形成解釋、獲知因果關係、解決問題。並能將結果和同學比較對照，相互檢核，確認結果。  tc-IV-1 能對自己操作的科學實驗，抱持合理的懷疑態度。	學習單： POEC 學化學，共同討論 1、2、3	水性彩色筆、濾紙、培養皿、塑膠滴管、水、95%酒精、3%食鹽水、剪刀、塑膠尺、鉛筆	30
3.閱讀層析的歷史，共同討論回答練習題 2、3。	3. 教師引導學生閱讀層析的歷史，引導小組討論練習題 2、3。	po-IV-2 能閱讀、思考、討論。	文本學習 單：練習 題 2、3		5

<p>4.分組討論實驗結果與完成學習單全部內容，繳交學習單及層析結果。</p>	<p>4. 各組挑選最好的分離效果的濾紙貼於黑板上。引導學生選出全班最佳結果並請實驗最佳組別學生上台分享實驗方法及心得，讓學生繳交完成後的層析結果及學習單。</p>	<p>ai-IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。</p>	<p>上台發表分享</p>		<p>10</p>
---	--	--	---------------	--	-----------

※備註：教師需先就可購得的彩色筆進行測試，三種展開液對哪種顏色的彩色筆分離效果最佳，本實驗以(綠)色彩色筆做為範例。

#### 四、教學指引

本單元設計利用簡單的濾紙與較安全的溶劑，讓不同物質混合後顯現的顏色，可以利用層析法在不破壞原有的成分下分離，實施時可以在任何適當的場所，讓學生自行操作理解彩色筆中顏料的多樣與分離的方法。

首先由生活中可見的墨水可能是混合物的情境，接著就讓學生參考簡易的濾紙層析方法，互相討論不同的展開液對濾紙層析效果的影響，再藉由預測-觀察-解釋-比較(prediction-observation-explanation-comparison)，簡稱POEC的教學策略，可以讓學生以探究的方式操作學習，過程中學生對層析的現象進行預測並提出理由，然後進行實驗，而當學生在預測與觀察之間產生衝突時，更可以激發學生去設法使兩者達到一致，可以藉由觀察實驗結果並提出合理解釋，再將所觀察的現象與之前的預測作比較的過程進而強化學習。實際操作後帶入層析使用的歷史簡介，讓學生了解科學技術的發展歷程，最後再介紹層析的原理與層析在生活上的應用，連結生活經驗，提供學生經由探究歷程，提升認識科學本質與問題解決能力的機會。

教學前可視教學人數準備器材及藥品，原則上每一組學生約3位，可以互相討論及操作，每組所需物品有：水性彩色筆/一盒、濾紙/三張、培養皿/三個、塑膠滴管/一支，水、95%酒精及3%食鹽水/每組15mL、剪刀/一支、塑膠尺/一支，鉛筆/一支



以純水當展開液

實驗影片

<https://youtu.be/Ml54oY3cMv8>



以酒精當展開液

實驗影片

<https://youtu.be/UROwUG4RGYE>



以食鹽水當展開液

實驗影片

<https://youtu.be/dzUZnDKOhBw>

## 五、學習單與閱讀文本

### 1. 閱讀資料

#### 生活中的層析現象

有一天，小丸子想要製作章魚墨汁，她吸取一些黑色墨水然後滴入裝有約 1 公分水的玻璃杯中，黑色墨水在水中慢慢擴散，她想要加快速度讓整杯水都變成黑色，隨手就拿起教室裡的粉筆攪拌，可是這時候小玉跑來找小丸子出去玩，小丸子將粉筆放在墨水中就和小玉出去了，幾分鐘後，小丸子回來竟發現整支粉筆吸滿了墨水，仔細一看，顏色卻分成了藍、紅、綠三層。

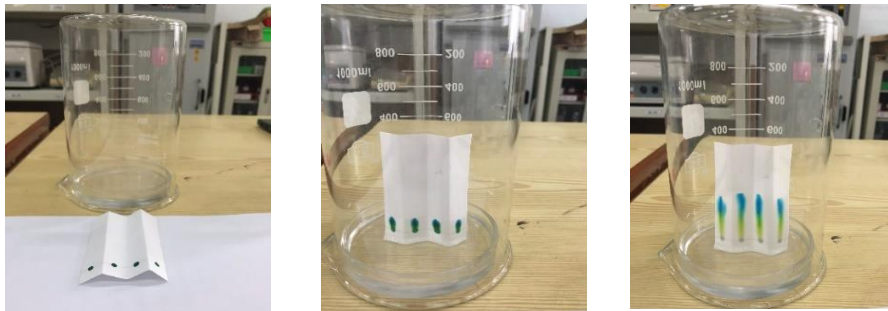
練習題 1: 黑色墨水分成三層告訴小丸子什麼意思呢?(10%)

探究實驗活動: POEC 學化學!

市售的彩色筆也是由一種顏色所組成的嗎? 是否可利用濾紙將某一顏色彩色筆分出多種不同的顏色?

濾紙層析裝置說明:

取一直徑 110mm 培養皿，將一張直徑 110mm 圓形濾紙剪成 10 x 8 cm 的長方形，先用鉛筆在距離濾紙下端 1cm 處一條線，再將綠色彩色筆輕輕點上(點的直徑不超過 3mm)，將長方形濾紙對摺再對摺，將對摺並已撐開的長方形濾紙垂直置於裝有展開液的培養皿上，反蓋上 1 公升的大燒杯待其展開，在展開液展開至起始點與濾紙頂端約一半處即可取出。



圖(一)綠色彩色筆濾紙層析圖

## 2. 學習單

學生實驗活動：(20%)

每個人選定一種展開液(水、95%酒精及3%食鹽水)，將(綠)色彩色筆顏料分離出的顏色色塊相距最遠

活動：

以( )當展開液可以將(綠)色彩色筆分離出顏色的顏色色塊相距最遠?

每個人就同一種顏色的彩色筆，以提供的三種展開液進行層析實驗。

器材及藥品：

水性(綠)色彩色筆/一支、方形濾紙/三張、培養皿/三個、1公升燒杯/三個、塑膠滴管/一支、水、95%酒精及3%食鹽水/每組各10mL、剪刀/一支、塑膠尺/一支，鉛筆/一支

<p><b>P</b> 預測哪一種展開液可以將(綠)色彩色筆分離出顏色色塊相距最遠，並寫下預測的理由為何?</p>	<p><b>O</b> 觀察不同展開液對(綠)色彩色筆顏料分離出的顏色種類，並將實驗結果貼於此空格</p>
<p><b>E</b> 就觀察結果與組員討論出何者分離的效果最佳並提出解釋</p>	<p><b>C</b> 寫出實驗結果與預測相符或差異的原因</p>



※ 共同討論(20%)

1. 層析操作後，觀察結果哪一種展開液分離顏色的顏色色塊相距最遠?影響層析分離效果的因素有那些?
2. 顏料與濾紙起始點距離遠近代表展開液與顏料間的吸引力關係為何?
3. 顏料與濾紙起始點距離遠近代表濾紙與顏料間的吸引力關係為何?

參考答案

1. 重力、展開液種類、濾紙材質、顏料種類。
2. 距離越遠代表展開液與顏料間的吸引力越大。
3. 距離越遠代表濾紙與顏料間的吸引力越小。

練習題2：閱讀上述層析歷史文章後，要如何推論植物色素為混合物?(10%)

參考答案：由上述實驗結果可以發現植物色素經層析分離後呈現不同色塊，故含有不同的物質組成。

練習題3：由上述層析歷史文章中，俄國科學家使用石油醚當沖提液時會先將葉綠素 a 還是葉綠素 b 先沖提出來?你的理由是?(10%)

參考答案:葉綠素 a；因為葉綠素 a 親油性較強，與石油醚作用力較強。

### 3. 延伸實驗：

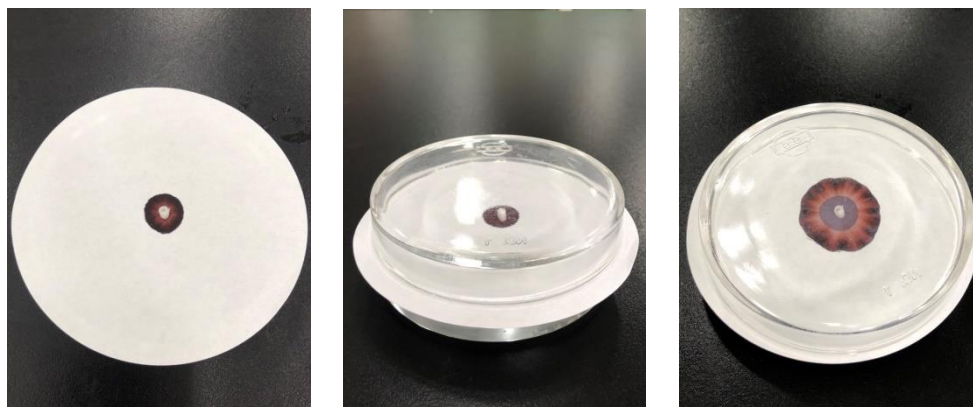
教師在進行此課程時，如果時間充裕，還可利用延伸實驗繼續讓學生探究濾紙的剪裁方式對層析實驗結果的影響。下列提供三種常見的濾紙層析方式以供選擇，請同學分組討論後，決定每位同學各選取一種的實驗方式。

方法一：水平式濾紙	方法二：圓弧濾紙	方法三：方形折疊式濾紙
		

濾紙層析操作方式說明：

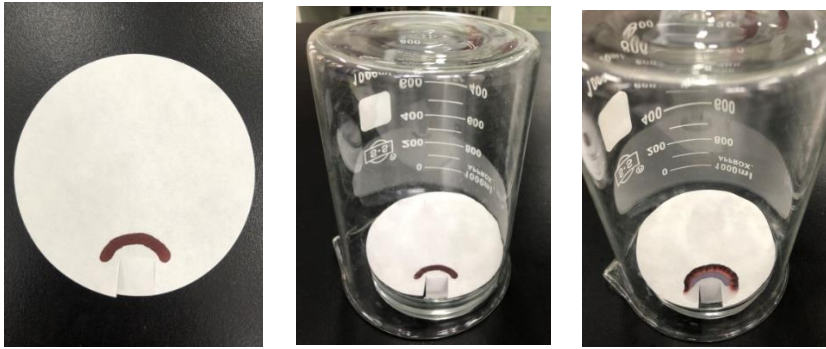
方法一、水平式濾紙的展開槽：首先在一張直徑 110mm 濾紙的中心處點彩色筆顏料多次(至少十次)，顏料散開至直徑約 1 公分後，然後在中心處插入一個由濾紙捲成的圓筒狀心蕊(紅色)<sup>註 1</sup>。取一組培養皿(包含底和蓋)，在培養皿底放入展開溶劑(淡藍色)後，再放上濾紙於培養皿底之上，蓋上培養皿蓋。在展開液展開至半徑約一半處即可取出，就可形成一圈或多圈的同心圓層析結果。

註 1:利用剪刀剪裁一張 1.5 cm × 2 cm 的長條型濾紙，捲成 1.5 cm 的圓筒狀心蕊，以旋轉方式插入上述濾紙的圓心處，並調整心蕊使其位於圓心處上方和下方約等長的位置，如圖(一)左所示。



圖(一)左：在濾紙圓心處插入圓筒狀心蕊 中：水平式濾紙的展開槽 右：放置濾紙在培養皿底和蓋之間  
圖片來源：吳德鵬攝影

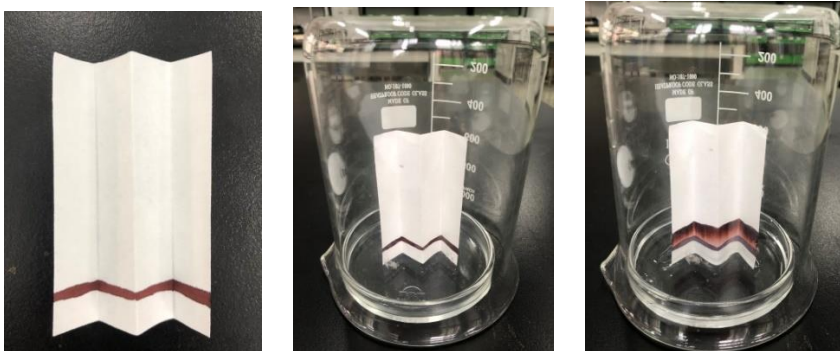
方法二圓弧式濾紙:取一張直徑 90mm 的圓弧濾紙，將畫有圓弧的濾紙置於加有水的 90mm 培養皿上(如圖(二)所示)，並在圓弧的下端剪裁約 1.5 公分，使其下摺之濾紙下端浸入培養皿之水中，反蓋上 1 公升的大燒杯，則培養皿中的水會由於毛細作用，自動沿著下摺之濾紙向上升，然後再往水平方向擴散，並將顏料中之成分慢慢展開，在展開液展開至起始點與濾紙邊緣一半處即可取出，如圖(二)所示。



圖(二)：水經毛細作用自動沿著下摺之濾紙向上升然後再往水平方向擴散

圖片來源: 吳德鵬攝影

方法三方形折疊式濾紙:取一 110mm 培養皿，將一張 110mm 圓形濾紙剪成 10 x 8 cm 的長方形，並用彩色筆在距離濾紙下端 1cm 處畫一條線，將畫有線的長方形濾紙對摺再對摺，將對摺並已撐開的長方形濾紙垂直置於裝有水的培養皿上，反蓋上 1 公升的大燒杯待其展開，在展開液展開至起始點與濾紙頂端約一半處即可取出。



圖(三)：黑色彩色筆以自動上升展開後所呈現的一字形層析圖

圖片來源: 吳德鵬攝影

延伸練習題：分組討論欲使用濾紙層析的操作方式並說明何種濾紙層析方式可以達到最佳分離效果的原因為何？

**延伸實驗活動：**請就活動一的實驗結果找出分離效果最佳的展開液，並以提供的三種濾紙剪裁方式進行延伸實驗活動。

器材及藥品：水性彩色筆/一支、濾紙/三張、培養皿/三個、塑膠滴管/一支、水、95%酒精、3%食鹽水/每組 15mL、剪刀/一支、塑膠尺/一支、鉛筆/一支

學生實驗活動：

每個人就同一種顏色的彩色筆，相同的展開液，以提供的三種濾紙層析方式進行層析實驗

<p><b>P</b> 預測哪一種濾紙剪裁方式可以將彩色筆分離出顏色色塊相距最遠，並寫下預測的理由為何?</p>	<p><b>O</b> 觀察不同的濾紙剪裁方式，對(綠)色彩色筆顏料分離效果，並將實驗結果貼於此空格</p>
<p><b>E</b> 就觀察結果與組員討論出何者分離的效果最佳並提出解釋</p>	<p><b>C</b> 寫出實驗結果與預測相符或差異的原因</p>

## 延伸活動教學指引

教學流程與重點		對應探究能力	評量方式	器材/藥品	時間 (分)
學生活動	教師活動				
<p>1. 分組討論實作。</p> <p>(1)分組討論使用濾紙層析方式(參考實驗活動 POEC 學化學)，並回答延伸練習題。</p> <p>(2)小組選定一種顏色彩色筆，以提供的三種濾紙層析方式進行層析實驗，並填寫學習單活動一。</p> <p>(3)小組每一人選定一種展開液，並填寫學習單延伸活動。</p>	<p>1. 教師簡介水性彩色筆的濾紙層析實作，引導學生討論濾紙層析操作方法一~三，及準備讓各組領取所需的實驗器材。</p> <p>(方法一~三詳細內容，請參考附錄中參考資料</p> <p>(1).微型濾紙色層分析/方金祥 <a href="http://chemed.chemistry.org.tw/?p=16781">http://chemed.chemistry.org.tw/?p=16781</a></p> <p>(2)化學教室活動：食用色素和螢光筆色素的濾紙色層分析(Paper Chromatography) [I] /國立彰化師範大學化學系學生方浩羽 / 國立彰化師範大學化學系楊水平副教授責任編輯 <a href="http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=30377">http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=30377</a></p>	<p>tr -IV-1 知識連結到實驗操作，進而解釋自己論點的正確性。</p> <p>pa-IV-2 能從實驗過程，形成解釋、獲知因果關係、解決問題。並能將結果和同學比較對照，相互檢核，確認結果。</p>	學習單	<p>水性彩色筆、濾紙、培養皿、塑膠滴管、水、95%酒精、3%食鹽水、剪刀、塑膠尺、鉛筆</p>	30



## 4.層析的歷史

明明是一種顏色卻能分出多種色塊！早在十九世紀初，就有科學家想了解葉片內各種色素的變化情形，於是採用碳酸鈣吸附不同色素，再以石油醚及酒精為展開液\*，來分離葉綠素，得到類似下圖一之結果，這種分離色塊的方式就稱為色層分析法（Chromatography）。



圖一：當時實驗示意圖  
圖片來源：吳榮軒拍攝

層析法發展歷史：起源於 1906 年俄國植物學家米哈伊爾·茨維特 (Mikhail Semyonovich Tsvet)，利用了碳酸鈣填充的玻璃管，以石油醚經過一段時間沖提之後，植物色素在管柱中，由一條色帶分散為數條平行的色帶而成功的分離色素。此實驗為首次發表將混合的植物色素分離為不同的色帶，但因為茨維特當時並非著名的科學家，他對色譜的研究是以俄語發表在俄國的學術雜誌，且不久後爆發第一次世界大戰，歐洲正常的學術交流被迫終止。這些因素使得層析法問世後十餘年間還不為學術界所知，直到 1931 年德國柏林威廉皇帝研究所的庫恩 (Richard Kuhn)，將此方法應用於葉紅素和葉黃素的研究，庫恩的研究獲得了廣泛的承認，也讓科學界開始廣泛的接受了層析法。

\*展開液：色層分析中用以沖提混合物的液體

色層分析法是利用物質間吸引力的不同把他們分離的一種方法，例如葉綠素 a **親油性較強**，易溶於石油醚或甲苯中；而葉綠素 b 及葉黃素則為親水性**較強**，故可溶於跟水互溶的溶劑，例如：甲醇、丙酮或酒精中。我們可利用此一特性將植物色素萃取後，隨著展開液(石油醚)的移動，植物色素因物質性質間吸引力的差異會造成在濾紙上移動距離不同，而分離成許多色層。**色層分析現今已儀器化且應用範圍很廣**，除了可提供成千上萬的有機化合物的分離之外，還提供了定性鑑定及定量分析的數據，具有微量、快速、簡便、安全及高效率等優點。

歷史上曾有兩次諾貝爾化學獎是授予層析研究工作者的：1948 年瑞典科學家 Tiselins 因電泳和吸附分析的研究而獲獎，而 1952 年英國的 Martin 和 Syngé 因發展了分配層析獲獎；此外在 1937~1972 年期間有 12 次諾貝爾獎的研究中，色層分析法也都起了關鍵的作用。

練習題 2：閱讀上述層析歷史文章後，要如何推論植物色素為混合物?(10%)

練習題 3：由上述層析歷史文章中，俄國科學家使用石油醚當沖提液時會先將葉綠素 a 還是葉綠素 b 先沖提出來？你的理由是?(10%)


## 學生學習單

班級： 座號： 姓名：

練習題 1:黑色墨水分成三層告訴小丸子什麼意思呢?(10%)

<p><b>P</b>預測哪一種展開液可以將(綠)色彩色筆分離出顏色色塊相距最遠，並寫下預測的理由為何?</p>	<p><b>O</b>觀察不同展開液對(綠)色彩色筆顏料分離出的顏色種類，並將實驗結果貼於此空格</p>
<p><b>E</b>就觀察結果與組員討論出何者分離的效果最佳並提出解釋</p>	<p><b>C</b>寫出實驗結果與預測相符或差異的原因</p>





※共同討論(20%)

1. 層析操作後，觀察結果哪一種展開液分離顏色的顏色色塊相距最遠?影響層析分離效果的因素有那些?
2. 顏料與濾紙起始點距離遠近代表展開液與顏料間的吸引力關係為何?
3. 顏料與濾紙起始點距離遠近代表濾紙與顏料間的吸引力關係為何?

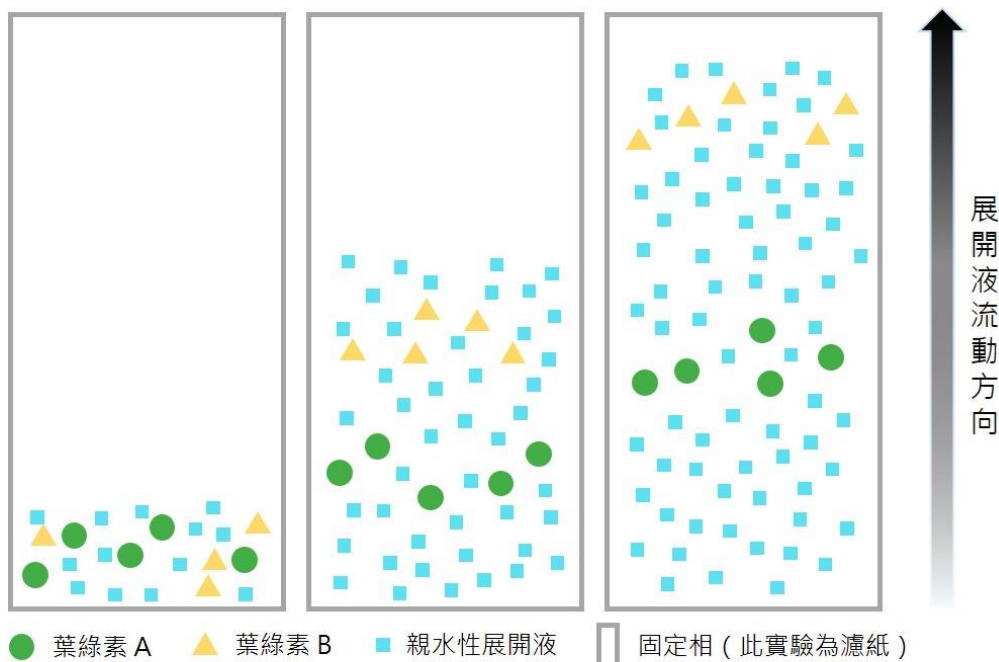
練習題2：閱讀上述層析歷史文章後，要如何推論植物色素為混合物?(10%)

練習題3：由上述層析歷史文章中，俄國科學家使用石油醚當沖提液時會先將葉綠素 a 還是葉綠素 b 先沖提出來?你的理由是?(10%)

## 5. 附錄

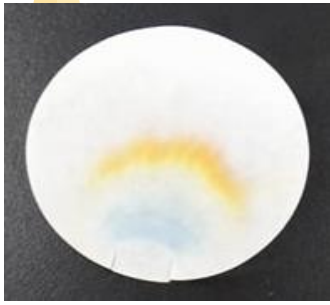
### (1)層析原理

分離混合物的方法中，因各個構成物都具有不同的化學結構和性質，因此利用化合物在固定相（stationary phase）與展開液（移動相 mobile phase）之間的分配差異以分離混合物的方法稱為色層層析法（chromatography），簡稱層析法。與固定相有著較大吸引力（或與流動相有著較小相互作用）的構成物，會以較慢的速度沿著固定相移動，因此會留在距離固定相起始點較近的位置。相反，與固定相有著較小相互作用（或與移動相有著較大相互作用）的構成物會移動得較快，被移動相帶至距離固定相起始點較遠的位置，如下圖一所示（其中橘色色素與固定相的吸附力較小，而被移動相帶至距離固定相起始點較遠處）。因此在層析法中，混合物的構成物是根據與移動相和固定相的不同相互作用而得到分離。層析法依據固定相與移動相之不同，分為管柱層析(CC)、薄層層析(TLC)、氣液層析(GC)等。



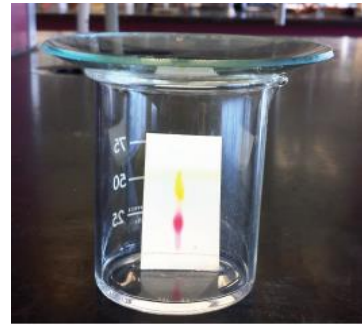
圖一、色層分析法：混合色素分離示意圖。（圖片來源：丁建棋繪製）

濾紙層析與薄層層析的原理類似，是以濾紙作為固定相，而濾紙是由天然的聚合物纖維素製造，將混合物置於濾紙上，使展開液（此次實驗為水、3%食鹽水或95%酒精）帶動混合物在濾紙上移動，用以簡單分離彩色筆的色素，如下圖二。而薄層層析是將吸附劑如矽膠或礬土均勻塗佈在鋁片、膠片或玻璃板上形成薄層，作為層析固定相，層析後結果如下圖三所示。



圖二：紫色彩色筆的濾紙層析

圖片來源:吳德鵬拍攝



圖三：褐色彩色筆的薄層層析

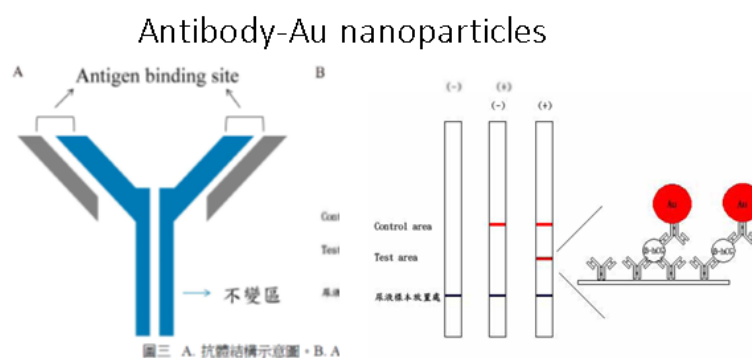
圖片來源:吳德鵬拍攝

一個化合物在層析片上升的高度與展開劑上升高度的比值，是化合物在該分析條件下的特性參數，稱為 $R_f$ 值。利用 $R_f$ 值，可以判斷兩化合物是否為相同的化合物。除了可用來判斷兩化合物是否為相同，或是不同，也可用於決定混合物中至少含有多少種成分物、作為管柱層析沖提劑選擇的參考，或用來檢視分離純化方法的離析成效，還可以追蹤化學反應的進行程度。

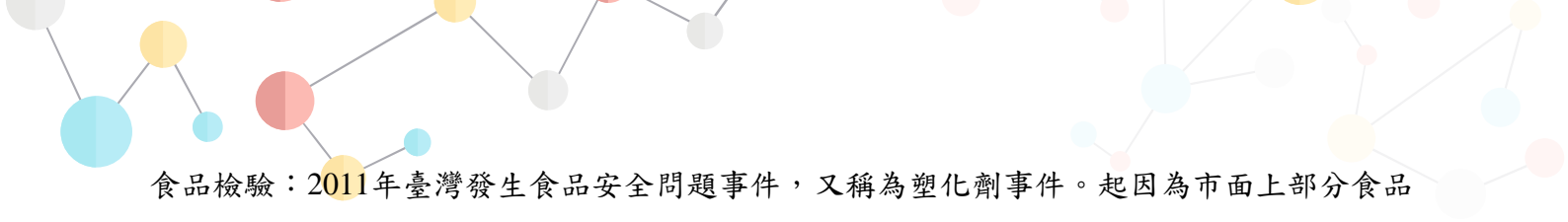
## (2)層析在生活上的應用

層析法也可以應用於多方面，例如：毒物分析、食品、法醫化學、藥物、臨床醫學、化學…等，下列僅列一些在生活中常見的應用：

**驗孕棒**：新生兒的孕育是夫妻最期待的過程，而驗孕棒就是新生兒帶給父母最早的喜訊，他的測試原理利用尿液中的某特定激素（Human Chorionic Gonadotropin簡稱HCG）與金奈米粒子形成紅色複合物如下圖所示，而尿液就是展開液在驗孕棒上藉著毛細現象，將激素－奈米金複合體擴散至反應測試區，而出現紅色線條，從而確定是否懷孕。



金奈米粒子的應用: 驗孕片之原理  
(免疫層析法)



食品檢驗：2011年臺灣發生食品安全問題事件，又稱為塑化劑事件。起因為市面上部分食品遭檢出含有塑化劑，而檢驗的方法就是使用層析的應用:液相層析串聯式質譜儀(LC/MS/MS)，進而發現部分上游原料供應商在常見的合法食品添加物「起雲劑」中，使用廉價的工業用塑化劑（非食用添加物）摶節成本。液相層析串聯式質譜儀具有分析樣品分子結構的能力，質譜儀(MS)的主要功能是顯示所測物質的化學式位置，就像是採集了化學指紋，比對標準品後，即可知檢體是否有某成分及濃度。目前利用液相層析串聯式質譜儀可用於食品中動物用藥、三聚氰胺、塑化劑、蔬果中農藥殘留...等項目檢測分析。

## 六、課後評量

練習1：有一色素A較易溶於水，另一色素B較易溶於有機溶劑石油醚中，今將這兩種色素混和，以水為展開液做濾紙層析，實驗後的圖形應為下列何者？

- (A) 色素 A 上 B 下。
- (B) 色素 A 下 B 上。
- (C) AB 同樣在下。
- (D) AB 同樣在上。

解答：(A)

解析：因為使用的是水為展開液，易溶於水的色素 A 會被帶到上面。

練習2：濾紙層析先用鉛筆在距離濾紙下端1cm處一條線，而不能使用原子筆或鋼筆的最合理理由為何？

- (A) 原子筆或鋼筆畫線會散開。
- (B) 原子筆或鋼筆墨水色素會影響實驗結果。
- (C) 鉛筆畫線較細。
- (D) 鉛筆心較軟不會破壞濾紙表面。

解答：(B)

解析：原子筆或鋼筆墨水色素可能會溶於展開液而影響實驗結果。

練習3：小明取紫色高麗菜汁1滴，滴於圓形濾紙的中心處，然後逐滴的加酒精於濾紙中心，結果發現在濾紙上呈現數層同心圓的顏色，此一分離菜汁色素的方法稱為：

- (A) 萃取。
- (B) 傾析。
- (C) 過濾。
- (D) 層析。

解答：(D)

解析：濾紙上呈現數層同心圓的顏色即為以濾紙為固定相的濾紙層析法。

練習4：有一混和色素經由管柱層析後如下圖所示，假設管柱內的吸附材質與濾紙近似，小華以本實驗提供的方法二做實驗，應得到下列何種實驗結果？

- (A) 藍色在外圈，紅色在內圈。
- (B) 紅色在外圈，藍色在內圈。
- (C) 兩色同時在內圈。
- (D) 兩色同時在外圈。



解答：(B)

解析：從管柱層析圖中可看出紅色色素移動到最下層，因此在平面時也應移動到最外層。

練習5：從閱讀文本—層析歷史文章中，俄國科學家使用石油醚當沖提液時會先將哪一種葉綠素先沖提出來？

- (A) 葉綠素 a。
- (B) 葉綠素 b。
- (C) 葉黃素。
- (D) 葉綠素 a 與葉綠素 b。

解答：(A)

解析：葉綠素 a；因為葉綠素 a 親油性較強，與石油醚作用力較強。

練習6：下列關於濾紙色層分析法的敘述，何者正確？

- (A) 濾紙色層分析法所使用的展開液必為水溶液。
- (B) 濾紙於使用前必須先以少許蒸餾水潤溼。
- (C) 不同色筆所含的相同色素在濾紙上的移動距離約相同。
- (D) 在濾紙上吸附效果越好的色素，在層析時其移動距離較大。

解答：(C)

解析：(A) 展開液不一定是水溶液，可以是有機溶液。

(B) 濾紙於使用前不須蒸餾水潤溼，否則會影響實驗結果。

(D) 在濾紙上吸附效果越好的色素，也就是與濾紙的作用力較大，移動距離最小。

練習 7：在濾紙層析法中，某一化合物在濾紙上升的高度與展開劑上升高度的比值，是化合物在該分析條件下的特性參數，稱為  $R_f$  值，即

$R_f = \frac{\text{化合物移動的距離}}{\text{溶劑移動的距離}}$ 。現以此法分析綠葉色素，已知黃色之  $R_f$  值為 0.4，而展開溶劑上升 20 公分，請問黃色色素約上升多少公分？

(A) 4。

(B) 8。

(C) 12。

(D) 16。

解答：(B)

解析：由  $0.4 = \frac{x}{20}$ ， $x = 8$  (公分)

練習 8：有關濾紙色層分析的實驗，下列敘述何者正確？

(A) 與濾紙吸附力較大的色素，上升較短。

(B) 與濾紙吸附力較大的色素，上升較長。

(C) 與展開液吸附力較大的色素，上升較短。

(D) 與展開液吸附力較大的色素，上升速率較慢。

解答：(A)

解析：易被濾紙吸附之物質，其上升速率會比較慢；與展開液吸附力較大的物質，其上升速率會比較快。



練習9：下列何種操作方法不會影響濾紙層析分離的效果？

- (A) 濾紙使用前先以少許蒸餾水濕潤。
- (B) 將蒸餾水換成食鹽水。
- (C) 不同顏色的彩色筆，點樣在濾紙同一水平線的不同位置。
- (D) 在實驗過程中，搖晃燒杯。

解答：(C)

解析：(A) 濾紙不需先用蒸餾水濕潤，濕潤後的濾紙會對分離色素效果，產生不同的影響。

(B) 展開液的組成會影響混合物的分離效果。

(D) 實驗過程不能搖晃燒杯，會影響展開液的移動而影響結果。

練習 10：張同學利用管柱層析分離混合物 ABC 得到下圖所示，有關此實驗的敘述哪一項正確？



- (A) 混合物 ABC 與吸附劑的作用力為： $A > B > C$ 。
- (B) 混合物 ABC 與吸附劑的作用力為： $C > B > A$ 。
- (C) 沖提溶劑與 C 的作用力最大。
- (D) 沖提溶劑與 B 的作用力最大。

解答：(B)

解析：從實驗結果看出A物質最先被沖提出來，與吸附劑的作用力最小，另一方面與沖提溶劑作用力最大。

## 七、探究能力教學檢核表(部分示例)

學習單評量規準參考：

大題總分	優良	佳	尚可	待加強
練習題 1 (10%)	答黑色墨水是混合物，且至少有三種顏料(10~9)	答黑色墨水是混合物，僅有三種顏料(9~8)	答黑色墨水是混合物(8~6)	其他(<7)
練習題 2 (10%)	由上述實驗結果可以發現植物色素經層析分離後呈現不同色塊，每一色塊至少含有一種以上的物質組成(10~9)	由上述實驗結果可以發現植物色素經層析分離後呈現不同色塊，推測可能有不同的物質組成(9~8)	由上述實驗結果未明確指出植物色素經層析分離可呈現不同色塊(8~6)	其他(<7)
練習題 3 (10%)	為親油性的葉綠素 a，較易溶於石油醚或甲苯中(10~9)	葉綠素 a，較易溶於石油醚或甲苯中(9~8)	為親油性的葉綠素 a(8~6)	其他(<7)
POEC 活動(40%)	POEC 四格的理由資料標示詳細，並解釋分析實驗結果。理由合理(20~17)	POEC 三格的理由資料標示詳細，並解釋分析實驗結果。(18~15)	POEC 二格的理由資料標示詳細，並解釋分析實驗結果。(16~12)	其他(<12)
共同討論 (30%)	層析操作後，觀察結果顏料離起始點最遠正確，顏料與濾紙起始點距離遠代表展開液與顏料間的吸引力較大，顏料與濾紙起始點距離遠代表濾紙與顏料間的吸引力較小(三項正確 20~17)	層析操作後，觀察結果顏料離起始點最遠正確，顏料與濾紙起始點距離遠代表展開液與顏料間的吸引力較大，顏料與濾紙起始點距離遠代表濾紙與顏料間的吸引力較小(兩項正確 18~15)	<b>(僅一項正確 16~12)</b>	其他(<12)

## 探究能力學習檢核表

評量狀態 探究能力	精熟	佳	尚可	待加強
po-IV-2 能閱讀、思考、討論。	經由粉筆展開黑色墨水的結果，能推理出黑色墨水是混合物，且至少有三種顏料(10~9)	能推理出黑色墨水是混合物，僅有三種顏料(9~8)	能推理出黑色墨水是混合物(8~6)	無法與小組討論得到共同結論
pa-IV-2 能從實驗過程，形成解釋、獲知因果關係、解決問題。並能將結果和同學比較對照，相互檢核，確認結果。	能夠正確組合實驗器材並將色素成功分離，而後能夠解釋實驗結果。	能夠組合實驗器材並將色素分離，而後能夠簡單說明實驗結果。	能夠組合實驗器材並將色素放入展開液中，而後能夠觀察實驗結果。	無法進行實驗
tc-IV-1 能對自己操作的科學實驗，抱持合理的懷疑態度。	學習單內容中對不同展開液層析結果的觀察與預測做比較，提出合理的解釋，並對有疑問的地方能設計有效的驗證實驗。	學習單內容中對不同展開液層析結果的觀察與預測做比較，提出解釋。	學習單內容中對不同展開液層析結果的觀察與預測做比較。	學習單內容對實驗結果無合理的比較與解釋。
ai-IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。	全班選出分離效果較佳的濾紙並能上台分享實驗方法及心得，獲得好評。	全班選出分離效果尚可的濾紙並能上台分享實驗方法及心得。	分離效果尚可的濾紙，小組內能分享實驗方法及心得。	分離效果不佳的濾紙，小組內無法分享實驗方法及心得。

## 八、參考資料

1. 微型濾紙色層分析/方金祥

<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=16781>

2. 化學教室活動：食用色素和螢光筆色素的濾紙色層分析 (Paper Chromatography) [I] /國

立彰化師範大學化學系學生方浩羽 / 國立彰化師範大學化學系楊水平副教授責任編輯

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=30377>

3. 認識「液相層析串聯式質譜儀(LC/MS/MS)」

<http://www.chshb.gov.tw/news/?mode=data&id=2364>

## 單元四 分辨有機物與無機物的差異實驗

### 一、單元簡介

十二年國教課綱國中部分，增加以實作方式將麵粉、糖粉和食鹽加熱，進一步比較實驗結果，用以說明有機物與無機物的差異。故針對有機物與無機物的差異所進行的實驗，學校應安排一節授課節數。

### 二、單元概念圖



### 三、單元教案

適用年段	國三升高一		
設計教師	新店高中 王瓊蘭老師	上課時間	50 分鐘 (1 節課)
設計理念	讓學生在實驗室中，利用蒸發皿，將麵粉、糖粉與食鹽放入後加熱，觀察粉末變化的情形；從「問題解決的探究能力」：逐步「觀察與定題、計劃與執行、分析與發現及討論與傳達」進行相關的活動。並實踐「科學的態度與本質」；並「培養科學探究的興趣、養成應用科學思考與探究的習慣、認識科學本質」藉以分辨有機化合物與無機化合物的差異。		
教學目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學生能藉由實驗觀察麵粉、糖粉與食鹽受熱後粉末變化的情形，認識有機物與無機物的差異。</li> <li>2. 學生能理解麵粉、糖粉與食鹽因為組成元素的不同，所以受熱後麵粉與糖粉會產生黑色的碳，而食鹽不會產生黑色的碳。</li> <li>3. 學生可以藉由分析與發現生活中的物質受熱後，是否產生黑色碳，來區別有機化合物與無機化合物的不同。</li> <li>4. 學生可以相互討論並說出物質受熱後，產生黑色的碳越多，表示有機物的含量越高，並養成應用科學思考與探究的習慣。</li> <li>5. 能進一步加熱觀察「澱粉粉筆」與「碳酸鈣粉筆」後粉末的變化情形。</li> <li>6. 能主動蒐尋資料，進一步了解分辨有機化合物與無機化合物的科學方法。</li> </ol>		
核心素養	<p>總綱素養</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A1 身心素質與自我精進</li> <li>2. A2 系統思考與解決問題</li> <li>3. A3 規劃執行與創新應變</li> <li>4. B1 符號運用與溝通表達</li> <li>5. B2 科技資訊與媒體素養</li> <li>6. C2 人際關係與團隊合作</li> </ol> <p>自然領綱素養</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 自-J-A1：能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。</li> <li>2. 自-J-A2：能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數</li> </ol>		

據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點。

3. 自-J-A3：具備從日常生活經驗中找出問題，並能根據問題特性、資源等因素，善用生活週遭的物品、器材儀器、科技設備與資源，規劃自然科學探究活動。
4. 自-J-B1：能分析歸納，整理自然科學資訊或數據，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。
5. 自-J-B2：能操作適合學習階段的科技設備與資源，並從學習活動、日常經驗及科技運用，分辨資訊之可信程度及進行各種有計畫的觀察，以獲得有助於探究和問題解決的資訊。
6. 自-J-C2：透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識的能力。

### 一、學習內容

有機化合物的性質、製備及反應：Jf-IV-1有機化合物與無機化合物的重要特徵

### 二、學習表現

探究能力-問題解決 (p)

#### 1.觀察與定題 (o)：

po-IV-1 學生能從學習活動及日常經驗中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。

po-IV-2 能辨別適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的問題，並能依據觀察、思考、討論等，提出適宜探究之問題。

#### 2.計劃與執行 (e)：

pe-IV-1 能計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。在教師指導或說明下，能了解探究的問題，規劃探究活動。

pe-IV-2能正確安全操作適合的物品與器材。能進行客觀的質性觀測並詳實記錄。

#### 3.分析與發現 (a)：

pa-IV-1 能分析歸納與整理資訊。

pa-IV-2 能運用從所得的資訊，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將結果和其它相關的資訊比較對

學習重點



照，相互檢核，確認結果。

#### 4. 討論與傳達 (c)：

pc-IV-1 能理解探究過程和簡化結果，提出合理而且具有根據的疑問或意見，並進行檢核，再提出可能的探究方法。

pc-IV-2 能以新媒體形式表達完整之探究過程、發現與成果等。視需要，並能摘要描述主要過程、發現和可能的運用。

#### 科學的態度與本質 (a)

##### 1. 培養科學探究的興趣 (i)

ai-IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。

ai-IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。

ai-IV-3 透過所學到的科學知識，探索方法，解釋現象發生的原因，建立科學學習的自信心。

##### 2. 養成應用科學思考與探究的習慣 (h)

ah-IV-1 對於有關科學發現能抱持懷疑的態度，評估其推論的證據是否充分且可信賴。

ah-IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法幫助自己做出最佳的決定。

##### 3. 認識科學本質 (n)

an-IV-1 察覺到科學的觀察、測量和方法是否具有正當性是受到社會共同建構的標準所規範。

an-IV-2 分辨科學知識的確定性和持久性會因科學研究的時空背景不同而有所變化。

an-IV-3 體察到科學家們具有堅毅、嚴謹和講求邏輯的特質，也具有好奇心、求知慾和想像力。



## 教學設計表

教學流程與重點		對應探究能力	評量方式	器材/藥品	時間
學生活動	教師活動				
1.觀察與定題 藉由觀察麵粉、糖粉與食鹽受熱後變化的不同，界定出物質性質的差異。	介紹實驗器材與藥品，並引導學生討論。	觀察與定題 po-IV-1 po-IV-2	評量試題、學習評量表(自評或他評)	迷你瓦斯爐、刮勺、玻璃棒、坩鍋夾、三腳架、蒸發皿、陶瓷纖維網、棉手套 ／麵粉、糖粉、食鹽	5 min
2.計劃與執行 理解麵粉、糖粉與食鹽因為組成元素的不同，所以受熱後麵粉與糖粉會變成黑色，而食鹽不會變成黑色。	指導實驗操作，注意觀察及實驗安全。	計劃與執行 pe-IV-1 pe-IV-2			10 min
3.分析與發現 由實驗結果分析，觀察發現物質受熱後，是否產生黑色的碳，用以區別有機化合物與無機化合物的不同。	引導學生觀察與提問。	分析與發現 pa-IV-1 pa-IV-2			5 min
4.討論與傳達 討論物質受熱後，產生黑色的碳越多，表示有機物的含量越高。	引導學生討論。	討論與傳達 pc-IV-1 pc-IV-2			10 min

<p>5.培養科學探究的興趣</p> <p>養成應用科學思考與探究的習慣。</p>	<p>舉出加熱變黑不是有機物質的反例，讓學生知道通則與特例。</p>	<p>培養科學探究的興趣</p> <p>ai-IV-1</p> <p>ai-IV-2</p> <p>ai-IV-3</p>			<p>10 min</p>
<p>6.養成應用科學思考與探究的習慣</p> <p>加熱觀察澱粉粉筆與碳酸鈣粉筆的不同反應現象；認識有機化合物與無機化合物本質的差異。</p>	<p>指導應用不同材質的粉筆，受熱變化的現象，思考與探究「有機化合物與無機化合物本質」的差異。</p>	<p>養成應用科學思考與探究的習慣</p> <p>ah-IV-1</p> <p>ah-IV-2</p>			<p>10 min</p>




#### 四、教師教學指引

本單元是在實驗室裡，藉由加熱法，讓學生學習分辨有機化合物與無機化合物的重要特徵。

為了不要讓高一新生剛踏入高中，即認為化學是一門很深奧，很難學的科目；並讓學生了解化學在生活中處處可見，因此藉由生活經驗，或是例舉新聞事件，引起學生的動機。本實驗的設計是將廚房裡常見的食品——麵粉、糖粉與調味料——食鹽，拿到實驗室裡，藉由麵粉、糖粉與食鹽受熱後，是否產生黑色的碳來進行實驗觀察。讓學生從「觀察與定題、計劃與執行、分析與發現、討論與傳達、存疑和反覆檢視」進行相關的活動。激發學生喜愛化學，主動深入問題，培養探究實作的能力。

已拍攝《分辨有機物與無機物的差異實驗》影片，將建置於網路YouTube，並連結國教署「高中銜接教材的資訊平台」，提供網址，輔助教師教學或學生線上自學。



教學活動流程：

活動一、觀察與定題

- 藉由觀察麵粉、糖粉與食鹽受熱後變化的不同，界定出物質性質的差異。

活動二、計劃與執行

- 理解麵粉、糖粉與食鹽因為組成元素的不同，所以受熱後麵粉與糖粉會變成黑色，而食鹽不會變成黑色。

活動三、分析與發現

- 自生活經驗中，分析與發現物質受熱後，是否產生黑色的碳，用以區別有機化合物與無機化合物的不同。

活動四、討論與傳達

- 討論物質受熱後，產生黑色的碳越多，表示有機物的含量越高。

活動五、培養科學探究的興趣

- 觀察物質受熱產生的黑色物質，不是碳的原因，養成應用科學思考與探究的習慣。

活動六、養成應用科學思考與探究的習慣

- 加熱觀察澱粉粉筆與碳酸鈣粉筆的不同反應現象；認識有機化合物與無機化合物本質的差異。

## 五、學習單與閱讀文本



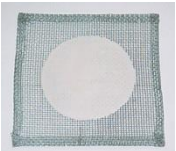




### (一)、學習單

受熱實驗：使用所提供的藥品(限制用量，使用完後，不再供應)與器材，組裝實驗，分別進行麵粉、糖粉和食鹽，以及其他的有機化合物與無機化合物的受熱反應，觀察與分辨反應所產生物質的差異。

#### (1)藥品




麵粉(1 克)	糖粉(1 克)	食鹽(1 克)	碳酸鈣粉筆(一支)	澱粉粉筆(一支)
---------	---------	---------	-----------	----------

#### (2)器材



















蒸發皿(3 個) 	刮勺(三支) 	玻棒(1 支) 	陶瓷纖維網(1 個) 
棉手套(1 雙) 	坩堝鉗(1 把) 	迷你瓦斯爐(1 個) 	三腳架(1 個) 




有機物和無機物的差異實驗影片  
<https://youtu.be/11vG1bi5y9g>

延伸實驗影片		
		
燃燒法檢驗有機化合物- 葡萄糖+氧化銅	燃燒法檢驗無機化合物- 氯化鈉+氧化銅	燃燒法檢驗有機化合物- 實驗準備-烘乾硫酸銅
<a href="https://youtu.be/SSGzB7ol6tU">https://youtu.be/SSGzB7ol6tU</a>	<a href="https://youtu.be/wcJbIP4AbKA">https://youtu.be/wcJbIP4AbKA</a>	<a href="https://youtu.be/lujfjJ_-fDk">https://youtu.be/lujfjJ_-fDk</a>

(3)、實驗與紀錄：

活動	內容、提示與紀錄														
<p>步驟一</p> <p>觀察與定題</p>	<p>📖任務一、區別麵粉、糖粉、食鹽，何者為有機物？</p> <p>⇨提示：麵粉是一種由小麥類磨成的粉末。</p> <p>糖泛指各種可食用帶有甜味的醣類。</p> <p>食鹽是最古老和最普遍的食物調味料之一。</p> <p>✍定題：要如何辨別麵粉、糖粉或食鹽，你認為可行的方法有哪些？</p> <p>請於表格中的欄位空格內，填入「可行，打“✓”」或「不可行，打“×”」</p> <table border="1" data-bbox="363 656 1396 992"> <thead> <tr> <th data-bbox="363 656 518 864">方法</th> <th data-bbox="518 656 673 864">  看                 </th> <th data-bbox="673 656 805 864">  聽                 </th> <th data-bbox="805 656 944 864">  聞                 </th> <th data-bbox="944 656 1090 864">  舔                 </th> <th data-bbox="1090 656 1241 864">  摸                 </th> <th data-bbox="1241 656 1396 864">  加熱                 </th> </tr> <tr> <th data-bbox="363 864 518 992">可行或不可行</th> <td data-bbox="518 864 673 992"></td> <td data-bbox="673 864 805 992"></td> <td data-bbox="805 864 944 992"></td> <td data-bbox="944 864 1090 992"></td> <td data-bbox="1090 864 1241 992"></td> <td data-bbox="1241 864 1396 992"></td> </tr> </thead> </table> <p>(參考答案)</p> <p>看：顆粒大小、形狀、結晶不同，但可研磨成一樣的粉末。</p> <p>聽：搖動分別裝有麵粉、糖粉與食鹽的袋子，顆粒間會互相碰撞，發出不同的聲音，可能分辨得出來。</p> <p>聞：空氣中若是有糖分子飄散，可聞出甜甜的香味，而食鹽如果散佈在水蒸氣中，則有鹹濕味。</p> <p>舔：舔得出來，但實驗室裡有其他白色的粉末，是不能吃，或是有毒的東西。</p> <p>摸：摸得出來，實驗室裡不能用手摸藥品，例如：氫氧化鈉、五氧化二磷，具有強腐蝕性。</p>	方法	 看	 聽	 聞	 舔	 摸	 加熱	可行或不可行						
方法	 看	 聽	 聞	 舔	 摸	 加熱									
可行或不可行															

步驟二  
計劃與執行

 理解麵粉、糖粉與食鹽因為組成元素的不同，所以受熱後麵粉與糖粉會變成黑色，而食鹽不會變成黑色。

⇒ 提示：控制變因

(參考答案)

例如：加熱時間的長短、加熱器的火焰大小、受熱物質的質量多寡、是否用玻璃棒攪拌、蒸發皿的大小...







 紀錄實驗裝置（可用圖示、文字陳述或照片表示）

連續加熱 3 分鐘，每分鐘觀察與紀錄：

(參考答案)

物質	麵粉	糖粉	食鹽
在蒸發皿上的受熱現象	由於蒸發皿散熱均勻，麵粉逐漸被烤乾，烤焦；表面呈白色的乾麵粉，下面貼在蒸發皿表面處的麵粉，則烤焦成褐色的熟麵粉。	糖受熱熔化，變黏稠，逐漸飄散出香香的焦糖味。	受熱 20 秒後，即有鹽粒彈跳出蒸發皿外。
在日常生括中所見到的現象	例如：炊飯時黏在鍋底的焦層俗稱鍋巴，或是鍋貼煎熟時，表面所呈現焦黃的現象。	冷卻後黏滯在蒸發皿上，很不好洗淨，需用水浸泡後，才能刷洗掉。	由於受熱的蒸發皿底部與結晶鹽間含有水氣，導致熱使水氣蒸發成水蒸氣，因而促使鹽粒彈跳出蒸發皿外。



<p>步驟三</p> <p>分析與發現</p>	<p> 自生活經驗中，分析與發現物質受熱後，是否產生黑色的碳，用以區別有機化合物與無機化合物的不同。</p> <p>⇒ 提示：物質受熱後變黑，一定是產生黑色的碳嗎？</p> <table border="1" data-bbox="450 362 1305 488"> <tr> <td>物質</td> <td>澱粉</td> <td>蔗糖</td> <td>食鹽</td> </tr> <tr> <td>熔點</td> <td>受熱分解</td> <td>受熱到 186 °C 分解</td> <td>801°C</td> </tr> </table> <p> 分析與發現麵粉與糖粉受熱變成褐色時，鹽還是白色。</p> <p>請於表格中的欄位空格內，填入「是，打“√”」或「否，打“x”」。</p> <table border="1" data-bbox="450 683 1305 810"> <tr> <td>物質</td> <td>麵粉</td> <td>糖粉</td> <td>食鹽</td> </tr> <tr> <td>受熱 200°C 分解</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	物質	澱粉	蔗糖	食鹽	熔點	受熱分解	受熱到 186 °C 分解	801°C	物質	麵粉	糖粉	食鹽	受熱 200°C 分解			
物質	澱粉	蔗糖	食鹽														
熔點	受熱分解	受熱到 186 °C 分解	801°C														
物質	麵粉	糖粉	食鹽														
受熱 200°C 分解																	
<p>步驟四</p> <p>討論與傳達</p>	<p> 從實驗結果，討論與傳達有無其他成分，可能影響燃燒「變黑量」？</p> <p>⇒ 提示：麵粉與糖粉是醣類，俗稱碳水化合物，食鹽的化學名稱是氯化鈉。</p> <p> 檢測麵粉、糖粉以及食鹽加熱後，討論與傳達物質受熱變黑與有機物的關係。</p> <p>說明理由：</p>																
<p>延伸探究</p>	<p> 討論有機物受熱後，是否有機物的含量越高，產生黑色的碳越多？</p> <p> 實驗結果蒸發皿留下來黑色黏稠物難以去除，有無更適合的加熱器材？</p>																

養成應用  
科學思考  
與探究的  
習慣

📖 任務二、加熱觀察“澱粉粉筆”與“碳酸鈣粉筆”的不同反應現象；認識有機化合物與無機化合物本質的差異。

⇒ 提示：澱粉粉筆可溶於水，需用濕板擦擦拭黑板。

碳酸鈣粉筆所產生的粉塵，可被人體正常代謝掉。

🖋 檢測澱粉粉筆與碳酸鈣粉筆經加熱後觀察到的現象。


1 請於下列表格，填入「變黑打“√”」或「沒變黑打“×”」

「有機物打“○”」或「無機物打“△”」。

物質	澱粉粉筆	碳酸鈣粉筆
變黑		
有機或無機物		

2. 思考與探究物質受熱變黑，分辨有機或無機物的原因。

理由：



## (二)、閱讀文本

十八世紀時，普遍認為生命是帶有神祕的色彩，認為生命擁有一種自我的力量，不是一般物理或化學可以解釋的，稱為生機論(Vitalism)。當時科學家尚沒有能力由無機物來合成有機物，後來瑞典化學家貝吉里斯(1779-1848, Jöns Jacob Berzelius)，接受生機論，並有系統的解釋，將化學物質分成兩類，若化學物質來源自有生命的組織就稱為有機物，若來自非生命組織則稱為無機物，因此來自動物與植物的組織就都被稱為有機物。1773年，法國化學家羅埃爾(Hilaire Rouelle, 1718-1779)從人的尿液中純化出尿素( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )，因此當時就認為尿素是屬於有機物。但在1828年，德國化學家烏勒(Friedrich Wöhler, 1800-1882)，利用氰酸( $\text{HOCN}$ )<sup>註</sup>和氨水( $\text{NH}_3$ )合成出尿素，則是第一個使用無機物得到有機物的實驗。他剛公布研究成果時，許多科學家對此研究提出質疑，但是後來隨著越來越多有機物質能由無機物合成出來，才逐漸接受了這個想法。然而有機物必定含有碳與氫，則是在道爾頓 (John Dalton, 1766-1844) 提出原子說，原子概念確立後，再由化學家所逐漸發現並定義的。

註：氰酸( $\text{H}-\text{O}-\text{C}\equiv\text{N}$ )經互變異構成異氰酸( $\text{H}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$ )

提問：現代有機物與無機物概念，和早期的概念有何不同？

## 六、課後評量

練習 1：以現代有機物與無機物的概念，判斷下列何者為有機物？

- (A) 尿素 ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )。
- (B) 氰酸 ( $\text{HOCN}$ )。
- (C) 氨 ( $\text{NH}_3$ )。
- (D) 水 ( $\text{H}_2\text{O}$ )。

解答：(A)

解析：有機化合物必含有碳，但含有碳的化合物未必是有機物，其中（如一氧化碳、二氧化碳）、碳酸、碳酸鹽、碳酸氫鹽、氫氰酸、氰化物、硫氰化物、氰酸、氰酸鹽、氰鹵化物（如氯化氰）、金屬碳化物（如電石  $\text{CaC}_2$ ）等除外。

練習 2：下列物質含碳與氫，卻不是有機物，是哪一項？

- (A) 澱粉 ( $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ )。
- (B) 氰化氫 ( $\text{HCN}$ )。
- (C) 甘胺酸 ( $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ )。
- (D) 甲醇 ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )。

解答：(B)

解析：有機化合物必含有碳，但含有碳的化合物未必是有機物，其中（如一氧化碳、二氧化碳）、碳酸、碳酸鹽、碳酸氫鹽、氫氰酸、氰化物、硫氰化物、氰酸、氰酸鹽、氰鹵化物（如氯化氰）、金屬碳化物（如電石  $\text{CaC}_2$ ）等除外。

練習 3：有關麵粉和米粉的敘述，何者正確？

- (A) 製作麵粉和米粉的原料相同。
- (B) 麵粉和米粉的外觀都是粉末狀。
- (C) 麵粉和米粉都含有澱粉。
- (D) 麵粉和米粉製的食品都能生吃。



解答：(C)

解析：麵粉是一種由小麥類磨成的粉末，而米粉的主要原料是在來米。

麵粉外觀為粉末狀，米粉外觀為細條狀。

麵粉與米粉製品皆不可生吃。

練習 4：有關麵粉、糖粉和食鹽的敘述，何者正確？

- (A) 麵粉、糖粉和食鹽都是食物。
- (B) 麵粉、糖粉和食鹽都需加熱才能吃。
- (C) 麵粉、糖粉和食鹽都是混合物。
- (D) 麵粉、糖粉和食鹽都是有機化合物。

解答：(A)

解析：糖粉與食鹽不需加熱即可食用。

麵粉為混合物，糖粉 ( $C_6H_{12}O_6$ ) 與食鹽 ( $NaCl$ ) 為純物質。

麵粉、糖粉為有機物，食鹽為無機物。

練習 5：為何糖粉和食鹽可以生吃，而麵粉需加熱成熟食才能吃，下列敘述何者錯誤？

- (A) 糖粉是由一些較小的分子組成，易被身體消化吸收。
- (B) 食鹽是離子化合物，在體內可水解成陰、陽離子。
- (C) 麵粉是天然聚合物，難消化代謝，加熱可分解成較小的分子。
- (D) 麵粉加熱成碳水化合物後，才能被身體消化吸收。

解答：(D)

解析：碳水化合物可分三種型態存在：糖類、澱粉、纖維質。前兩項可被人體消化產生熱量，屬於有效碳水化合物；纖維質無法被人體吸收，但可增加飽足感並促進腸胃蠕動，是維持人體健康的重要營養素。但複合型碳水化合物（澱粉、纖維質）由醣鍊條組成，構造較複雜，人體需花更多時間才能消化分解。因消化速度慢，可延長飽足感時間，血糖也可維持穩定狀態。

練習 6：下列哪一項可以在實驗室中用來分辨麵粉、糖粉和食鹽的方法？

- (A) 加熱法—麵粉變黑褐色、糖粉熔化和食鹽不變色。
- (B) 吃看看—麵粉沒味道，糖粉甜甜的，食鹽鹹的。
- (C) 聞一聞—麵粉沒味道，糖粉有甜味，食鹽沒味道。
- (D) 目視法—麵粉顆粒最小、糖粉顆粒最大、食鹽顆粒居中。

解答：(A)

解析：實驗室中不可任意食用實驗藥品；麵粉與食鹽沒有氣味；而顆粒大小可以利用研磨調整，都無法直接判定。

練習 7：下列哪項實驗操作時，不需要使用護目鏡？

- (A) 調整加熱器的火焰。
- (B) 加熱食鹽。
- (C) 有機分子模型實驗。
- (D) 觀察糖受熱現象。

解答：(C)


解析：有機分子模型實驗，只須動手組裝分子模型，因此不會發生化學變化，產生有害氣體，造成眼睛的傷害，所以不需使用護目鏡。

練習 8：不小心燙傷時，該怎麼辦？

- (A) 不動聲色，忍痛等待下課。
- (B) 出聲表示，緊急沖水，視情況後續處理。
- (C) 好丟臉，藉口停止實驗。
- (D) 偷偷沖水，絕不聲張。

解答：(B)

解析：緊急沖水，視情況後續處理，使燙傷處復原。



練習 9：在學校做實驗，需負責實驗室安全的是何者？

- (A) 老師。
- (B) 同組的實驗夥伴。
- (C) 校長。
- (D) 每一個人。

解答：(D)

解析：實驗安全人人有責。

練習 10：在實驗室裡，做實驗的首要任務是什麼？

- (A) 安全第一。
- (B) 實驗可重複性。
- (C) 實驗的準確性。
- (D) 完成每個實驗。

解答：(A)

解析：實驗安全是首要任務。

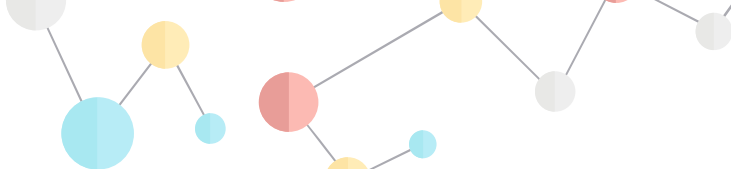


## 七、探究能力學習檢核表

探究能力	自評符合程度（高→低）				
	5 非常 同意	4 同意	3 普通	2 不同意	1 非常 不同意
我可以觀察與定題					
我能計劃與執行					
我能分析與發現					
我能討論與傳達					
我有科學探究的興趣					
我能應用物質受熱變黑，思考與探究有機化合物與無機化合物					
我認識有機化合物與無機化合物的本質					

## 八、參考資料

維基百科：麵粉、糖粉、食鹽、蒸發皿



### 叁、教學心得與回饋

