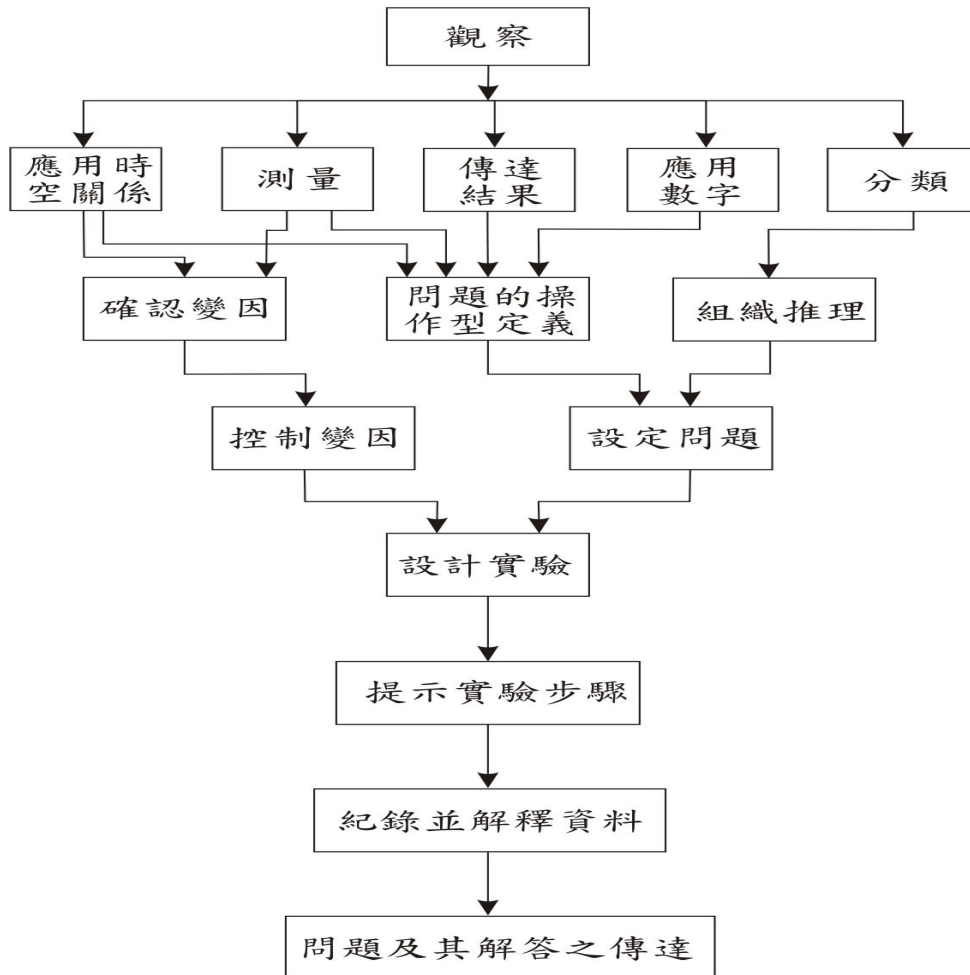


## 專題研究方法

自然科學是對一個問題盡可能搜集資料，統整並解釋資料，而構成規律性理論的一種思考活動。這種活動也是所謂的探究活動，而為了解決問題所採取的過程就是探究過程。科學探究過程需要十三種科學過程技能，有觀察、分類、測量、預測、應用數據、應用時空關係、推理與傳達等基本技能，以及解釋資料、控制變因、形成假說、操作型定義和實驗等統整技能。美國科學處進會所發展的「科學－活動過程教學」(Science－A Process Approach) 課程，即強調科學應從作中學。

SAPA 由實驗探究解決問題程序如下：



## 一、基本過程技能

基本過程分為觀察、應用時間或空間關係、分類、應用數字、測量、傳達、預測、推理等八個學科過程，分別敘述如下：

### (一) 觀察

觀察是有預定目標而察看的科學行為，是一切探討活動最為基本的過程，仔細及全神貫注的觀察，是任何科學研究者不可或缺的技能。觀察不是只用眼睛看看而已，觀察是有一定的要領，善用觀察的要領，即可以獲得所要探究的資訊。觀察的要領分述如下：

1. 五官的觀察：使用眼、耳、鼻、舌及手等進行視覺、嗅覺、聽覺、味覺及觸覺等人體感官功能來從事觀察。

例如：對一棵糖果，我們觀察應包括

- (1) 眼睛看其形狀、顏色等等。
- (2) 鼻子嗅其味道。
- (3) 舌頭嘗其味道（無毒物體）。
- (4) 耳朵聽其受到敲打、丟在物體上所發出的聲音。
- (5) 手指觸摸其硬軟、粗糙、平滑的感覺。

進行觀察時，通常可將此物體用手拿起來，摸摸看、搖搖看、壓壓看、丟到桌面上、...等等，只要你認為可能有用的一切動作皆可作，以便收集到更多的資料。

2. 定量的觀察：在觀察某物時，把觀察事項，以數字來表現其結果的，叫著定量的觀察，也就是以數量關係來顯示觀察的結果。

例如：一枝粉筆長約 10 公分、一茶匙的白糖約 2 公克等。

3. 變化的觀察：觀察一個物體變化的過程，應留意物體變化前、變化時、變化後的不同點和相似點來做比較。以適當的時間單位（秒、時、日等）、長度單位、質量單位，來觀察變化的程度。

例如：蠟燭燃燒、白糖溶於水成為透明澄清的溶液、硫酸銅溶於水中則呈現藍色。

4. 比較的觀察：觀察物體在同一性質上的相異或相似的特性，如同樣是白色的粉末，有些比較白，有些則為灰白；有些摸起來感到滑滑的，有些摸起來則感到粗粗的。
5. 儀器的觀察：不易用五官分辨的物體，可用放大鏡、顯微鏡、分光儀等等儀器來做觀察。

觀察活動例——

器材：白色粉末五種，試管、試管架、水、食醋、酒精燈、藍色及紅色石蕊試紙。

步驟：

- (1) 各組給白色粉末五種。使用所提供的所有器材，儘量觀察約 30 分鐘，並將觀察結果於筆記本中紀錄。
- (2) 三十分鐘後，讓各組想一想有什麼方法可增加觀察的項目，並繼續觀察 20 分鐘。
- (3) 列表(如下表)紀錄觀察結果，並與全班討論比較結果。

觀察紀錄表

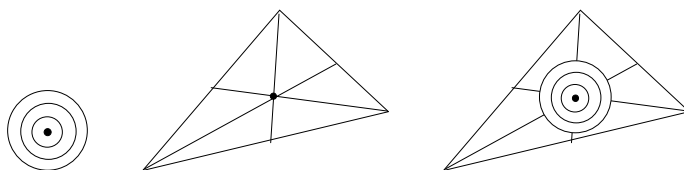
觀察 結果	粉末 名稱	白糖	食鹽	小蘇打	洗衣粉	太白粉
	觀察 項目					
氣味						
加水						
加食醋...						

## (二) 應用時間與空間關係

無論研究那一方面的科學，都要很明確的說明物理環境。對於所要探究的物體，我們要準確的描述其形狀、所具有空間的位置、其存在的空間與時間的變化關係，也就是能畫出普通的立體圖、找出對稱線、找對稱平面、從投影圖辨別立體物體、用向量表示相對運動、指出相對位置、能辨別及測出速度與速率、能把握週期性的變化、能夠任意的變換座標軸。這技巧包括對圖形、對稱、運動及速率變化的探討。

應用時空關係活動例——

器材：瓦楞紙、畫上同心圓之紙、剪刀、錐子、螺絲與螺帽。



步驟：

- (1) 準備數張畫有同心圓的紙張。
- (2) 將瓦楞紙剪成三角形並依數學方法求出重心位置。
- (3) 以原子筆末端自該重心頂起瓦楞紙，確認是否平衡。
- (4) 使瓦楞紙的重心與紙上所畫同心圓的中心重疊，並以透明膠帶黏貼。
- (5) 無論以何種方式拋向空中時，可以發現必然以重心為中心作旋轉運動。
- (6) 在重心位置鑽一小孔，兩側以螺絲與螺帽加以固定，轉動螺絲便可使其轉動。
- (7) 在瓦楞紙上繪上簡單圖形，轉動螺絲觀察圖形的變化。

### (三) 分類

分類是科學家常用於整理所收集的事物或資料的過程。生物學家將生物分為植物與動物兩大類；化學家常將物質分為酸、鹼及鹽三類，或有機化合物和無機化合物；物理學家以質量、電荷和半生期來劃分次原子粒子（sub-atomic particle）的世界；天文學家以顏色及大小來分類星球。分類時要找出能夠觀察的特性來做分類的基準。對於任何一群的事物，能夠做出分類的基準不只一個，因此要仔細的研究，要先以那一基準來分類，其次再以哪一個基準來分類，一直往下區分，才能夠發揮最大的功能。

### (四) 應用數字

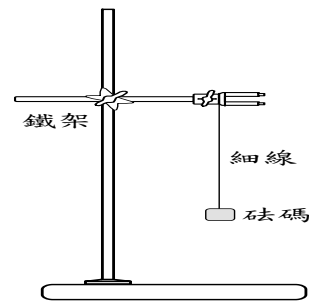
應用數字是科學探究的一個重要過程，應用數字的技巧是科學探究者必須具備的基本能力。在科學的測量中，會紀錄各種不同的量度，如長度、質量、時間、溫度或體積等，再從所獲得的數據，進一步的歸納、分析、整理就能夠從中得到寶貴的知識。在測量活動中，我們會發現，無論多細心，每次測量常會得不相同的數值，因此應用數字要包括求平均值及誤差的技巧。

應用數字活動例——

器材：尺、細線、砝碼、鐵架、碼錶。

步驟：

- (1) 如圖的裝置，取一條細線，調整其擺長為 100 cm，下端懸掛一砝碼當做擺錘，將細線吊於鐵架上，此即為一個單擺。
- (2) 將擺錘側向拉，使離開原來位置 15 cm 左右，再輕輕將擺錘放開，同時以手按碼錶開始計時。測量單擺擺動 10 次的時間，除以 10 求單擺擺動一次的時間，重複 3 次並將結果記錄於下表中。



擺長 100 cm，擺錘質量 20 g		
實驗次數	擺動 10 次所需時間(s)	平均擺動 1 次所需時間(s)
1	20.5	2.05
2	19.5	1.95
3	20.9	2.09
平均	20.3	2.03

- (3) 運用所得的單擺擺動 1 次時間的平均值，以單擺為計時器，記錄心跳 30 下所須時間約為多少秒？
- (4) 改變擺長或擺錘質量，重複上述實驗。

## (五) 測量

測量是科學探究活動中必須具備的技巧之一。能夠選擇適當的測量工具及測量標準，做正確的測量，是科學探究者的基本能力。因此科學探究者要學會天平、溫度計、游標尺、壓力計、氣壓計、碼錶、等等測量儀器的正確操作法。測量的技巧不但需要適當選擇各種測量工具，而且要能計算測量所得而且能夠判什麼時候可用近似測量來代替精密測量。

測量活動例——

器材：硬幣、量筒、天平、清潔劑

步驟：

- (1) 利用清潔劑洗淨硬幣。
- (2) 利用天平測定硬幣的質量。
- (3) 量筒中注入水，讀取其刻度。
- (4) 將硬幣滑入量筒中，讀取量筒的刻度。
- (5) 由刻度差(4.－3.)求取硬幣的體積。
- (6) 由質量與體積之比值求出密度。

## (六) 傳達

傳達是以口語、文字、圖表、線圖、數學方程式、及各種視聽媒體，來傳達科學探討所獲得的資訊。傳達的方法是詳細說明物體的特性，物體特性的變化；解說各種物體的相對位置、大小；辨別圖上各種物體及其距離；把測量的數值畫成圖或線圖；把自己探究的過程做成報告；以數學式表示實驗結果的規律性；把探討的事項或實驗事項製成報告。再將探究的事項、過程或實驗結果製成報告，清晰精確的在課堂報告、在研討會中提出討論或參加各種展覽活動，投稿於期刊書報。

## (七) 預測

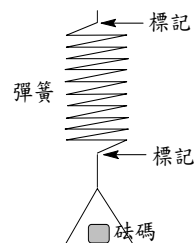
預測就是根據持久的觀察及精確的測量的結果，或已知的定律、模型，來預報未來的觀察事項的。我們周圍的環境中，許多現象都具有規律性及週期性的變化，因此經過仔細的觀察及測量，可做未來事項的預測。預測與傳達過程是分不開的，從觀察與測量所得的相關曲線，可用內插或外推法來從做預測。預測都必須加以驗正，學生可藉由試驗預測，來發展其做判斷預測可靠程度的能力。學生發現所做到的預測不正確時，要核對作預測的依據，重新做預測。

預測活動例——

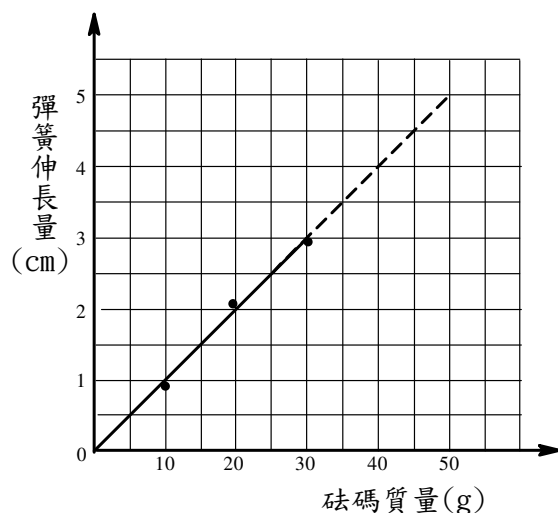
器材：彈簧、砝碼、放砝碼之小盤、尺、方格紙。

步驟：

- (1) 將彈簧下端掛一小盤，並在彈簧上下兩端，各做一個指標，以測量彈簧長度。用直尺量出彈簧懸掛小盤後，上下兩指標間的距離。
- (2) 於小盤上放置 10 g、20 g、30 g 的砝碼，用尺測量彈簧兩指標間的距離。將測量結果與步驟(1)的結果相減，記錄放置砝碼後的彈簧伸長量。



(3) 根據(2)的實驗結果，畫出砝碼質量與彈簧伸長量的相關曲圖，如下圖：



(4) 預測放 40 g 的砝碼時，彈簧伸長長度多少並實測它。實測結果支持你的預測嗎？

(5) 放置其他不同質量的砝碼，彈簧伸長長度是否均與預測值相同？若不同，試找出可能的原因。

### (八) 推理

推理是對觀察結果的解釋。推理必須根據觀察，對同一觀察的資料，應有二種以上的推理。推理的結果不一定可靠，因此必須逐一的做驗證，設計一些新的觀察，看看是否可以支持這些推理，如果觀察不支持推理時，既應加以修正。



## 二、統整過程技能

統整過程為建立在八個基本過程的基礎上，為較複雜具統整性的科學過程。統整過程包含控制變因、解釋資料、形成假設、下操作型定義及實驗。分別如下詳述：

### (一) 控制變因

變因是在科學探討活動中，能夠影響研究結果的因素。因此從事各種科學探究活動，必須確認出所有足以影響實驗結果的變因，同時要分別加以適當的控制，才能得到可靠的結果。在科學探討活動中，保持不變的變因叫控制的變因，而隨著研究者操作改變的變因叫做操縱變因。每次僅操縱一個變因，而將其他變因保持不變的科學探究過程，即為控制變因的過程。

### (二) 解釋資料

解釋資料是將各科學過程所收集的各種資料，加以整理、分析、研判並解釋的過程。有解釋資料的能力者，當其看到報章雜誌的圖表、電視新聞、照片、氣象圖、及地圖時，便可以運用解釋資料的技巧，體悟其含義，並能夠有系統地將其所瞭解的意義表達出來。

解釋資料的技巧有：

1. 描述資料或圖表所表達的內容。
2. 從資料表、圖解、圖片所示的資料，提出推理或假設。
3. 從曲線圖、線示圖能夠做成簡單的數學式。
4. 應用平均數描述某些資料並能做預測、推理或假設。
5. 從一個圖表能夠改繪成較易解釋的另一圖表，並做此圖表的解釋。
6. 區別直線與非直線的關係。

7. 描述曲線、斜率所示的資料。
8. 應用定律求相關圖表直線關係，從圖表的相關直線可求得相關方程式。
9. 能說明三度空間曲線圖。

### (三) 形成假設

將觀察的事實，做一般性的概括，或將推理作歸納性的解釋，這種概括或歸納的過程叫做形成假設。假設是根據實驗觀察或推理而形成，也可以藉由解釋資料的結果而形成。所形成的假設不一定是正確的，因此假設必須經過驗證。在驗證假設時，因為假設所敘述的對象，往往包括了同一類事物的全體，因此要找出一個不支持假設的觀察，遠比找出所有支持假設的觀察容易。如果假設通過了許多驗證，沒有發現任何不支持假設的觀察時，我們接受其為已經驗證的假設，而可形成為概念或定律。如果有些驗證觀察不支持假設，則假設就必須修正或放棄。

### (四) 下操作型定義

下定義時，將所觀察或測量某一現象、事物或結構所使用的操作方法，都加以描述出來的定義，稱為操作型定義。要判斷某一用詞的定義是不是屬於操作型定義有兩個標準。第一，在此定義裏，要描述需要「操作什麼」，也就是需要「做什麼」。第二，在此定義裏面，要描述需「觀察什麼」、例如，氧的操作型定義，可用下列方式表示：氧是一種無色、無臭、無味的氣體，將有餘燼的木片放入裝有氧的容器時(你所做的)，木片會引起火焰劇烈燃燒(你所觀察到的)。假如有一學生要辨認集氣瓶中的氣體是否為氧時可採用這操作型定義，因為根據此定義，他知道要做什麼，觀察什麼，可以辨認瓶中的氣體是不是氧。氧尚其他的定義：氧是一種非金屬元素，它的原子序為 8，原子量 16。然而這定義對於一學生要辨識集氣瓶中的氣體

是不是氧，毫無幫助，因為根據此定義學生不知道要做什麼，觀察什麼，也就是非操作型定義。

下操作型定義時，應留意下列事項：

1. 對於某一言詞的解釋或看法，有含糊不清或不一致時，需要以操作型方式下定義。
2. 操作型定義是根據可觀察、可操作的眼光來下的，而且這觀察或操作，為使用這定義的人能夠實際做得到。
3. 定義中必須含有要觀察什麼、操作什麼的項目。
4. 對於某一事物，能夠下的操作型定義可能不只一個。
5. 隨時用定義的不同場合，所選的操作型定義必須較其他定義更適當。

## (五) 實驗

實驗是實際上所做的實地試驗，以人為的方式設定一定的條件，所引起的自然現象。實驗的過程通常先作詳細的觀察，由觀察提出發現的問題，設法加以回答。有時從問題中，作成假設，設計一個實驗來回答問題。進行實驗時要先辨認變因並做適當的控制，作好操作型定義，收集及解釋資料，必要時修正被試驗過的假設。從事科學探究者必須具備設計實驗的能力、使用器具的能力以及處理實驗結果的能力。

培養實驗的能力，應從下列觀點著手：

### 1. 設計實驗的能力：

- (1) 設計實驗時能夠有效的把已經學習過的知識、經驗及技能都用上。
- (2) 設計以實驗，驗證某一假說時，不要只從一個方面著手，而要由多

方面來考察。

- (3) 能夠做出有效的實驗計畫，選用符合實驗目標的步驟、器具、材料、場所，並留意安全與衛生。

## 2. 實用器具的能力：

- (1) 器具的操作正確、熟練，能夠符合實驗目標的要求。
- (2) 能過活用器具的特性，並做正確的測量。
- (3) 實驗後必須將所使用的器具加以清洗歸位，而實驗的環境也必須加予恢復與整理。

## 3. 處理實驗結果的能力：

- (1) 客觀的收集紀錄資料，並能夠應用數字或符號表達實驗的結果。
- (2) 將收集的數據圖表化，並尋求以適當的數學式，來表示所探討的變因之間的關係。
- (3) 撰寫完整的實驗報告，有效的傳達給別人。