

112學年度科學教育專案年度期中報告綱要

計畫編號：79

計畫名稱：運算思維融入自然科課程之設計與實施(第二年)

主持人：蔡錦豐

執行單位：屏東縣同安國民小學

壹、計畫目的及內容：

運算思維是以電腦科學的角度來解決問題、設計系統、行為模式理解等思維過程，運算思維不只限用於電腦程式或資訊應用，在日常生活中任何牽涉到「解決問題」的議題，都可以用運算思維的觀點來解決問題與分析（Wing, 2006）。美國國家研究院（American National Research Council, 2011）與國際科技教育應用協會亦強調運算思維的重要性，認為有必要將運算思維的培養納入正式課程。英格蘭於2013年所訂定之運算（Computing）課程標準亦將運算思維定為課程的關鍵過程（key process），指出電腦科學的主要精神是運算思維（林玉慈、吳正己，2016）。我國在十二年國教總綱中已將「資訊科技」列為國、高中之必修課程，且將運算思維列為重要理念，希冀由運算思維之培養，提升學生善用運算思維與資訊科技工具解決問題、合作共創、溝通表達等高階能力因應資訊時代中運算需求的普及，紛紛於最新制訂的資訊科技課程中表明「運算思維」（computational thinking）的重要性，並於課綱中融入相關理念（教育部，2016）。

然而108課程綱要實施後，在國小階段的課程架構中，卻有著不利於資訊課程發展的現狀。在九年一貫課程實施時，學校可以利用彈性課程規劃電腦課(原則上每週一節)，但是108課程綱要的課程架構，國小課程除了將原有的「自然與生活科技領域」改為「自然科學領域」，強調資訊課程應融入於各領域課程之中，更將課程劃分為部定課程及校定課程，而原有的彈性課程時間，在108課程綱要中成為校訂課程的實施時間。也因此，當108課綱全面實施之後，國小階段已經不能在部定課程中有抽離式的資訊課程，若是學校的校訂課程也沒有資訊主題的規劃，也就是未來只有在各領域中融入資訊課程。此外，筆者服務於屏東縣的理念學校，其中機器人教育是本校理念的主軸之一，而筆者在教學的職涯中也一直以機器人和程式設計與 STEAM 的相關課程為主。而在本校進行機器人教學與程式設計的課程都是以主題式課程來進行教學設計，在課程實施上因為是理念學校的關係，所以會利用理念課程的時間進行教學。筆者也因為在這部分的研發與投入，所以經常被邀請到各校去分享機器人教學或是 STEAM 的課程分享，在與其他學校教師的對話中發現，在一般學校中要發展程式設計的課程除了電腦課之外，很難有機會進行相關的課程教學，讓筆者不禁思考是否能夠將無插電的程式設計課程在國小可行的方法為何?如何才能突破這樣的困境?近兩年，筆者受邀參與運算思維計畫的課程研發，其中自然科學探究的課程特性及自然課程內容的架構。可以成為運算思維融入課程的主架構，也因此讓筆者興起能夠結合一些夥伴研發相關的融入式模組課程作為運算

思維教學的起點。在與協同主持人(一起參與科技部運算思維計畫)討論之後，我們有這樣的想法與願景。

基於上述背景動機，本研究計畫目的有四：

- (一) 探討國小自然領域課程中適合融入運算思維元素的內容，分析課程結構與運算思維結合的內容。(配合108課程綱要逐年實施的方式，已完成三、四年級的課程分析，第二年預計完成四、五年級課程分析)。
- (二) 發展以運算思維元素為架構的自然科教學模組，並探討模組課程的可行性。(第一年已經完成三、四年級三個單元的課程設計，第二年預計完成四、五年級三個單元的課程設計)。
- (三) 探討運算思維融入式課程對學生自然科學習成效為何?
- (四) 探討運算思維融入式課程對學生運算思維能力的影響?

三、運算思維的重要性與內涵

Wing(2006)提出運算思維的概念，指出運算思維是利用電腦科學的基本概念進行問題解決、系統設計與人類行為理解的思維模式。在2011年 Wing 調整了運算思維的定義，他認為製定問題及其解決方案所涉及的思維過程，以便解決方案，並以一種可由訊息處理代理者(人或機器)有效執行的形式表示(Wing, 2011)。為了涵蓋更多領域，學者 Brennan 與 Resnick 將運算思維定義為使用運算思考、抽象、問題分解、數據、並行化和控制流程之方法來解決問題(Brennan & Resnick, 2012)。Wing(2016)認為運算思維是以電腦科學的角度來解決問題、設計系統、行為模式理解等思維過程，運算思維不只限用於電

腦程式或資訊應用，在日常生活中任何牽涉到「解決問題」的議題，都可以用運算思維的觀點來解決題與分析。由此可知，運算思維是運用資訊專家的思維模式進行問題思考與分析的方式來進行問題解決的方式，是一種具有系統化思考的問題解決歷程。

我國十二年課程綱要中，科技領域之課程旨在培養學生的科技素養，透過運用科技工具、材料、資源，進而培養學生動手實作，此外科技領域課程理念是引導學生經由觀察與體驗日常生活中的需求與問題，進而設計適用的物品，並且能夠運用電腦科學的工具澄清理解、歸納分析或解決生活中的問題。在問題解決的與實作的過程中培養學生「設計思考」、「運算思維」的知能。其中運算思維是透過電腦科學相關知能的學習培養邏輯思考與系統化思考的能力(教育部，2018)。亦是提及以「運算思維」貫穿科技教育的主軸。可見運算思維在未來公民的教育中扮演著舉足輕重的角色，如何在十二年國教的課程中實踐此核心素養，進而培養學生運算思維的能力是刻不容緩的事情。

國際科技教育研討會（International Society for Technology in Education, ISTE）認為運算思維是現今學生應具備知能之一。ISTE（2016）定義運算思維包含了：

- （一）洞察問題，運用科技分析資料、建立模型，以找出解決辦法。
- （二）有邏輯地分析及組織資料，運用科技分析資料、解決問題，做出決策。
- （三）拆解問題，找出關鍵資訊協助解決問題。

(四) 理解自動化系統的運作模式，透過演算法將解決方法自動化，且能檢驗效能。

英國British Broadcasting Corporation (BBC, 2019) 則將運算思維統整分為成四個元素:

(一) 拆解(Decomposition) :

拆解是計算機科學四大基石之一。拆解是將一個複雜問題分割並分類為較小問題，再將小問題一一解決，進而更容易去解析與思考。拆解是運算思維的基礎，也是當中最重要的一個部分，不論是生活日常或是在專業領域當中，相較於一次性直接探討一個複雜問題，拆解問題並進行解析可以從這個過程更有條理的找出問題的本質，進而劃分任務幫助問題本身得以解決。

(二) 模式識別(Pattern Recognition) :

模式辨識牽涉找到分解之後小問題的相似之處或是共有屬性(模式)，並用此資訊幫助我們更有效的解決複雜的問題。模式識別是預測問題發生的模式或規律性，並找出這個規律的模式來進行測試，是在拆解問題後，找較小問題之間的相似處或是共通模式，並以此來解決複雜問題的過程。找到相同模式能夠使問題更加簡化，且能運用共通模式去解決更多類似的問題。

(三) 抽象化(Abstraction) :

只專注於重要的信息，忽視無關緊要的細節重點摘要，抽象化為提取重點，並找出導致這個模式的因素或準則，並忽略無關緊要的細節，專注在要使用的重點上。抽象是抽取特定模式特徵的過程，而這些特徵在模式當中過於細節，不需要過於專注在上面。抽象能

夠讓我們對問題本身以及如何解決問題能有一個具體的了解，過濾掉無助於解決問題的資訊，幫助我們了解問題的本質與延伸出解決辦法。

(四)演算法(Algorithm Design)：

演算法就是計畫，這個計畫裡面包含解決問題的每一個步驟跟指示。演算法是解決類似問題並能重複實施的做法或步驟。演算法像是解決問題的具體步驟，如果想要讓電腦做出一項動作，就必須寫程式告訴電腦如何去做，這個過程需要計畫，因此需要演算法來進行規劃。

綜合上述運算思維的內涵發現，經由這些歷程培養的學習能力有：(1)發現及分析問題的學習能力。(2)拆解及組織資訊的能力。(3)邏輯推理的能力。(4)嘗試錯誤的學習能力。學生透過問題解析、模式辨識、抽象化、演算法的歷程，無論是跨領域或跨文化，能應用運算思維面對未來在學業或職場所遇到的問題解決上。

本研究擬根據文獻探討中運算思維的元素進行思考，探討有哪些元素可以融入不同單元的自然領域課程。並期望配合108課程綱要的實施期程，在110學年度正好是國小三年的自然領域中課本內容以108自然領綱為準則所編撰的課程內容。本計畫期望藉由分析此課程內容與運算思維元素的關聯性，藉以發展融入式課程的教學模組，提供自然科學習與運算思維課程的實施的參考。

貳、研究方法、步驟及預定進度：

(一)研究架構

以運算思維的元素為思考面向，以自然領域課程為情境基礎進行教學模組的課程設計。以下為本研究之架構圖。

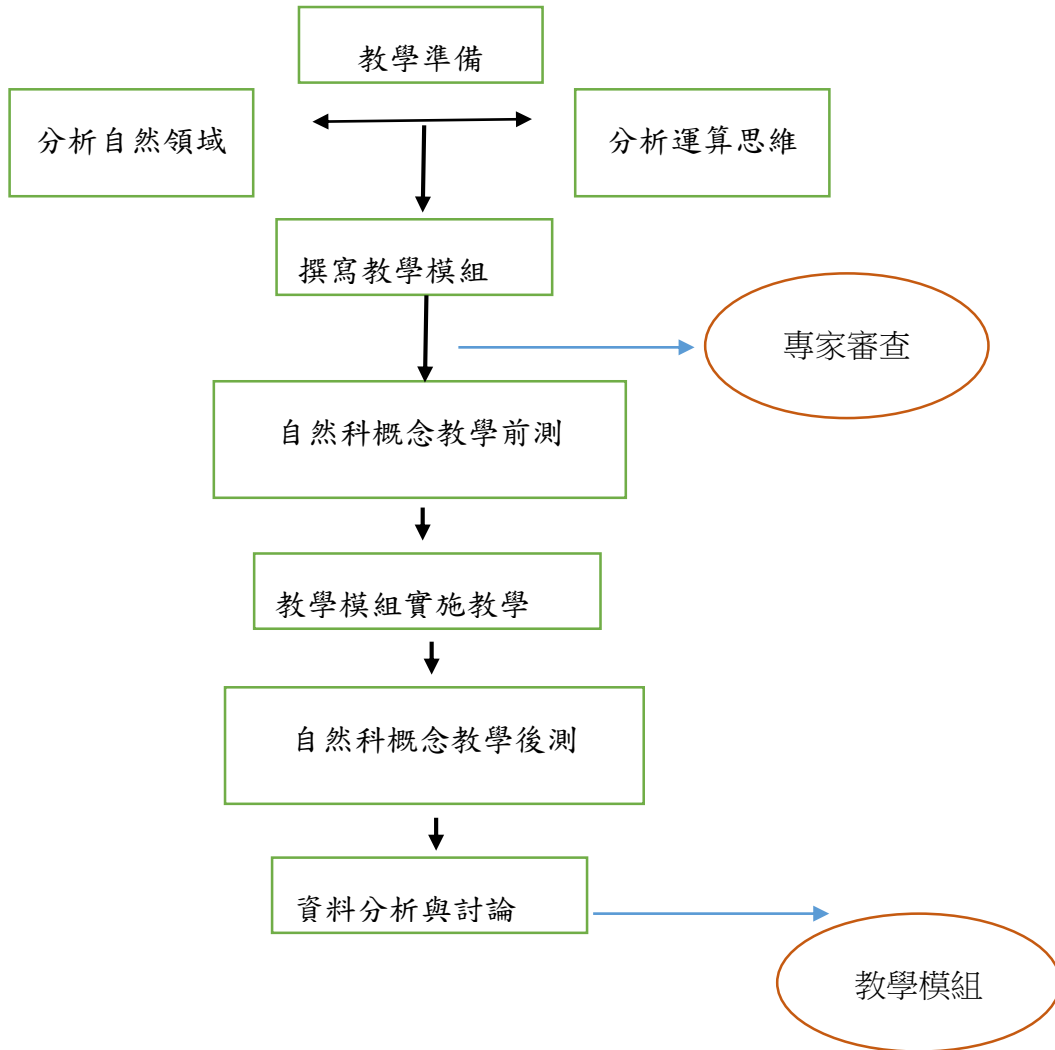


圖1:研究架構圖

本研究期望以兩年的時間進行本計畫之研究。第一年先就三、四年級之自然領域課程內容進行課程概念與運算思維兩者的關聯性分析，以期望從國小課程一個學年約八個單元的自然領域課程，至少可以研發出四個教學模組的教學內容。並且設計各教學單元的概

念前後測的試題以及運算思維元素的測驗工具。第二年則以四、五年級自然領域課程為主進行運算思維融入課程的設計與教學。此一目的除了研發中年級的課程之外，另一目的是希望能夠看到學生縱向的發展，也可與未進行相關課程的學生進行運算思維能力進行比較分析。

參、目前研究結果：

一、第二年度的課程教學設計

本年度的教學設計以五年級為主，因為六年級的課程內容還是92課綱的版本，所以108課綱的新課程內容尚未實施到六年級，因此以五年級的三個單元為主題。

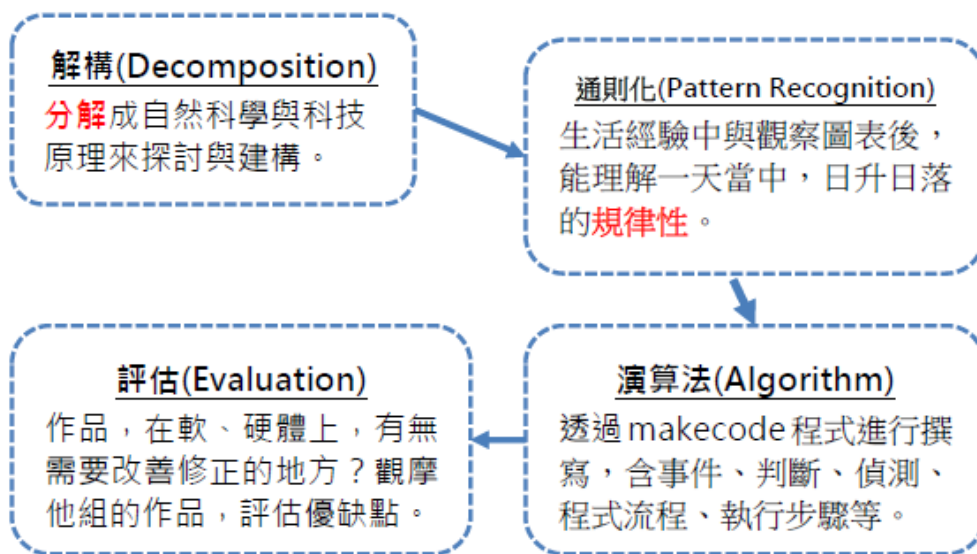
本年度課程設計內容考量到學生已經有之前的自然科融入的運算思維的設計，因此教學設計中加入積木程式設計及 microbit 的元素，以期能夠培養學生將自然科學的概念融入到運算思維的元素中。相關課程設計架構及內容如下表所示：

年級	單元	分節	運算思維元素	運算思維元素與課程的連結
五 上	一、 太陽 與光	1. 太陽在天空中的位置變化	1. 解構 2. 通則化 3. 演算法 4. 評估	1. 理解光線是直線前進。 2. 能理解一天當中，日升日落的規律性 3. 透過 makecode 程式進行撰寫，含事件、判斷、偵測、程式流程、執行步驟等 4. 作品，在軟、硬體上，有無需要改善修正的地方？觀摩他組的作品，評估優缺點。
		2. 認識光的現象		
		3. 能源對生活的影響		
五 上	一、 聲音	1. 生活中常聽見的聲音	1. 解構 2. 通則化 3. 演算法	1. 聲音是因為振動產生，不同的樂器的發出聲音方式不同。 2. 聲音的傳遞有速度，速度可以用來量測距離。 3. 導入運用積木程式解決問題
		2. 樂音		
		3. 製作簡易樂器		
五 下	三、 水溶 液	1. 溶解現象	1. 解構 2. 抽象化 3. 模型辨識	1. 水溶液是溶質融解在水中。 2. 石蕊試紙在酸鹼中性水溶液的變色情形。
		2. 水溶液的酸鹼性		

		3. 水溶液的導電性	4. 演算法 5. 評估	3. 酸、鹼、中性水溶液在石蕊試紙或試劑的變化的操作型定義。 4. 石蕊試紙檢測流程圖製作，及未知溶液的檢測。 5. 比較檢測流程圖的差異。
--	--	------------	-----------------	--

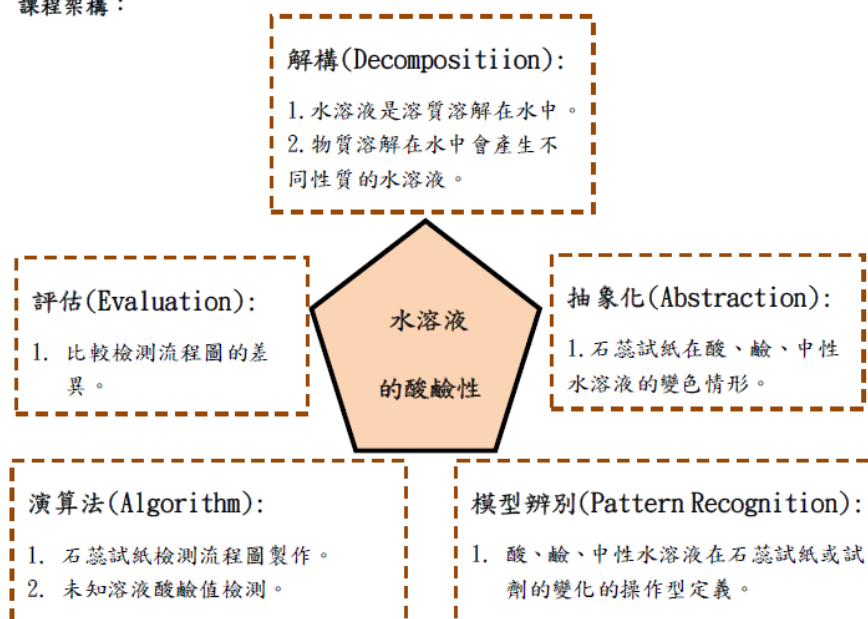
二、課程架構圖

1. 太陽與光的課程架構



2. 水溶液單元課程架構

課程架構：



二、實際教學情形

除了自然科的教學之後，因為教學時間不足，因此另外利用課後照顧的時間進行教學，以期能幫助學生將自然科學概念及運算思維的能力，以期能夠讓學生有足夠的時間完成學習。

	
電流急急棒單元教學	學生利用電腦及元件進行設計
	
學校老師協助進行教學	課程後的討論與修正

三、研究工具

1. 已經完成運算思維前後測的試題開發。
2. 已經完成三個單元的科學概念前後測的試題開發。

肆、目前完成進度：

年/月	112/8	112/9	112/10	112/11	112/12	完成度
教學設計 準備階段	*	*	*			100%
運算思維工具	*	*	*	*		100%
各主題前後測工具		*	*	*	*	80%
前一年度教學設計 正式實施			*	*	*	50%
正式研究階段						待完成
分析與撰寫階段						待完成

伍、預定完成進度：50%

- 一、完成五年級課程的前後測試題的開發，並且分析預計發展的課程主題。
- 二、運算思維量表的前測施測完成。
- 三、前一年度的教學設計修改之後，再進行教學及討論。

陸、建議與討論：(含遭遇之困難與解決方法)

- 一、學生剛開始接觸積木程式設計，因此在學習的過程中比較慢，需要先熟悉相關的操作才有辦法進行程式的設計。
- 二、以目前的自然課的排課時間還要進行運算思維程式設計有其時間的不足，需要額外的課程時間才有辦法將課程設計實施。
- 三、運算思維的測驗工具與課程設計中預期培養的運算思維能力之間有落差，可能會無法了解學生實際的學習成效。

柒、參考資料：

American National Research Council (2011), *Report of a Workshop on the Pedagogical Aspects of Computational Thinking*. Retrieved from <http://www.nap.edu/catalog/13170/report-of-a-workshop-on-the-pedagogicalaspects-of-computational-thinking>

Google (2015). Exploring Computational Thinking. Retrieved from <https://www.google.com/edu/resources/programs/exploring-computational-thinking/>

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725.

林育慈、吳正己(2016)。運算思維與中小學資訊科技課程，國家教育研究院教育脈動電子期刊,第6期。

李隆盛、楊秀全(2019)。範例引導學習與問題導向學習之教學策略對國小學生機器人程式學習的影響，數位學習科技期刊 第11卷第4期，頁77-104。

劉明洲(2017)。創客教育、運算思維、程式設計~幾個從「想」到「做」的課程與教學設計觀念，臺灣教育評論月刊，6（1），頁138-140。

教育部（2018）。十二國教科技領域課綱要。取自 https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/52/pta_18530_4795935_60115.pdf