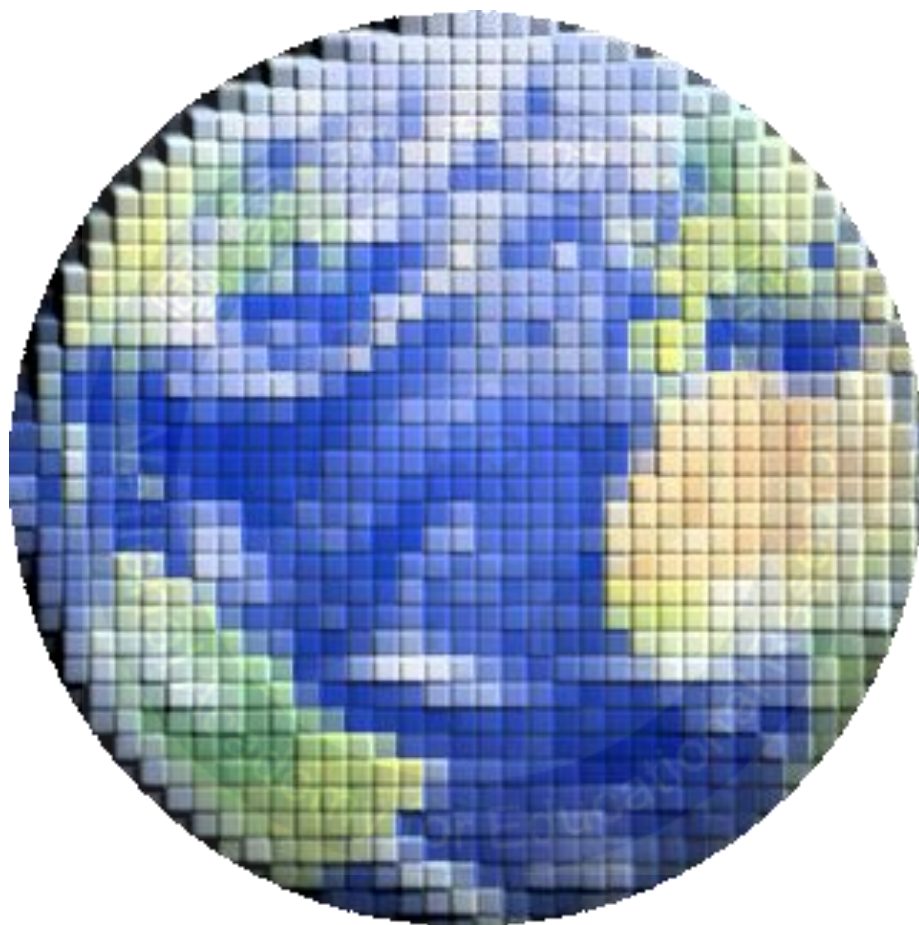


國家教育研究院
十二年國教自然科學領域教材及教學模組研發模式與示例
研發計畫
106年研發成果報告
(三)
國小高年級組課程設計

十二年國教模自然領域模組研發教學示例

小粒子 大世界



研究團隊:桃園勁粒團

華勛國小 蔡本慧老師、陳淑婷老師

中正國小 陳玉燕老師

文化國小 賴碧純老師

仁善國小 陳靜宜老師

指導教授:吳敏而教授、黃茂在教授、林秋麗老師

目 次

模組設計摘要-----	1
教學模組亮點-----	1
教學模組開發困難及突破-----	2
教學設計-----	3
設計理念-----	4
活動一、細述咖啡-----	5
活動二、用放大鏡看世界-----	20
活動三、想像力放大鏡-----	34
活動四、用粒子模型看現象-----	53
粒子大概念教學研發與素養導向教師專業成長之路-----	65

模組設計摘要

本教學研究以現象觀察、探究實作、文本閱讀等活動設計策略，豐富學生的科學探究主體經驗，引領孩子開始接觸「粒子」的微觀觀點，為國中的粒子概念學習做準備。

以結構式探究的觀察活動引發學生的好奇與疑問後，突破以往觀察物質巨觀形象的方法，打破眼見為憑的僵化視野，進而察覺工具的進展有助觀察。但工具有其限制，而想像是協助理解現象的工具，引導學童以開放的角度進入物質的微觀想像世界，認識物質是由微小粒子組成。

經由多層次的探究活動，學生們嘗試比對現象與想像的異同，互相質疑、補充、澄清的論證歷程，概念得以逐步的調整與修正。最後提供科學家的粒子模型，讓學生嘗試去應用，涵養粒子概念。

教學模組亮點

- 1.關注課程發展的情境脈絡，讓學生以解決問題的思維探究咖啡溶解的現象，並引介粒子模型作為思考工具來理解溶解過程中發生的現象。
- 2.強化學生觀察力:活動一「細述咖啡」，讓學生觀察咖啡溶解、糖溶解、聞咖啡香，配合結構式探究學習單，仔細觀察溶解的變化過程，並藉由不同溫度的現象比對，讓學生能有更深入的觀察，進而形成問題。
- 3.讓學生透過肉眼觀察、放大鏡觀察，察覺「眼見不為憑」，結合文本的閱讀探究，幫助學生理解高階的觀察工具可以有更深入的觀察，但工具有其極限，看不見的現象可以藉由想像力來理解。
- 4.以圖像化、連結等創造思考策略，幫助學生察覺及思考微觀現象中粒子的存在。
- 5.經由結構式探究、POE 探究策略，涵養學生的科學探究與實作的能力。

教學模組開發困難及突破

1.澄清學習內涵應符合學習階段:

我們不知道「物質是由粒子組成」這項指標，在小學階段要發展到什麼程度。原先我們在意粒子的交互作用，所以設計了許多現象的觀察，並藉此建構粒子間交互作用的各種可能。但隨著課程開發與省思，我們逐漸關注到領綱中國小階段學生的學習內涵，避免跨越領綱的界線。

2.強調問題情境的營造及學生學習主體的呈現:

粒子是看不見的，有別以往的學生學習經驗，對教師而言也是第一次要跟學生一起探究「看不見」的世界。模組開發初期，我們嘗試以積木的概念融入教學活動中，希望學生能利用積木的組合作為思考的工具，也嘗試讓學生用放大鏡觀察肉眼看似單色的色塊，企圖讓學生藉此體會觀察的限制。但這個學習活動，學生卻在日記中問道:「老師，這可以學到什麼?」這讓我們深入省思這樣的課程似乎少了脈絡，所以我們又把課程做了調整，以溶解咖啡、聞咖啡氣味、糖溶解等現象情境作為開始，讓學生從中察覺問題，並透過觀察咖啡渣懸浮在水中的現象幫助學生「想像」，再輔以色塊的觀察，幫助學生想像物質是由許多微粒組成。以教師示範放聲思考及想像繪圖的教學策略，帶著孩子一起共同建構咖啡香氣傳播的過程，再由學生自行建構溶解過程粒子的散布方式。這些歷程強調「想像要符合現象」，讓學生體驗自己經由想像建立的模型需要藉由巨觀現象來檢驗其合理性。另外也安排了文本的閱讀，提供科學家的磁力模型，讓學生應用科學家模型來理解世界、解釋現象。

小粒粒，大世界教學設計

教學年級	五年級	教學時間	五節課，200 分鐘
學習目標	嘗試以粒子模型作為想像力工具來探究日常生活中的溶解現象，並能透過分組研討的方比對彼此的想法進而達成共識，理解科學社群的運作及科學知識形成的一種歷程。		
核心素養	<p>自-E-A1 能運用五官，敏銳的觀察周遭環境，保持好奇心、想像力持續探索自然</p> <p>自-E-A2 能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊或數據中，提出適合科學探究的問題或解釋資料，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。</p> <p>自-E-B1 能分析比較、製作圖表、運用簡單數學等方法，整理已有的自然科學資訊或數據，並利用較簡單形式的口語、文字、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。</p> <p>自-E-C2 透過探索科學的合作學習，培養與同儕溝通表達、團隊合作及和諧相處的能力。</p>		
學習重點	學習內容	INa-III-1 粒子是由微小的粒子組成，而且粒子不斷的運動。	
	學習表現	<p>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。</p> <p>tm-III-1 能經由簡單的探究與理解建立模型，且能從觀察及實驗過程中，理解到有不同模型的存在。</p> <p>an-III-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。</p> <p>ai-III-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。</p>	

設計理念

本教學活動從日常生活中的咖啡沖泡活動引發學生的好奇與疑問，進而對溶解現象有更細微的觀察。藉由活動中體會適當的工具有助觀察，也從觀察任務中察覺觀察工具有其限制，而想像力是幫助思考的工具，此時引入科學家的粒子模型：物質是由微小粒子組成，並鼓勵學生引用科學家的模型來解釋溶解現象或咖啡氣味飄散的現象，藉由學生學習社群的互動，讓學生在學習粒子概念的同時，涵養科學本質觀。

用模型看現象

想像力看世界

用放大鏡看世界

細述咖啡



活動一：細述咖啡

教學理念

以泡咖啡的生活情境引入學習活動，並鼓勵學生分享、提問。接著讓學生透過結構式探究歷程，聞咖啡香、觀察咖啡及糖的溶解過程，藉由細微的觀察增加學生對於現象的具體經驗，作為後續探究的依據。

活動重點

引導並提醒孩子觀察的視角是重要的、把自己觀察到的現象說給別人聽，並比對別人觀察到的現象與自己看到的現象進行比對，練習科學用語表達。

教學策略

以結構式探究引導單讓學生依步驟觀察體驗及描述溶解及氣味逸散現象，並鼓勵學生嘗試提出問題及以舊經驗來初步解釋。

教學準備

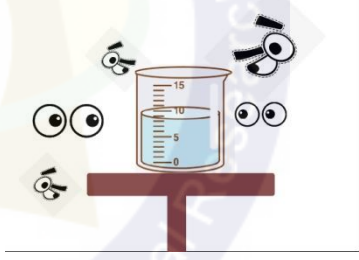
每一組學生的材料如下：

細說咖啡:錐形瓶*2、試管*2、汽球*2、熱水、冷水、咖啡豆 3 顆

咖啡包泡水:咖啡粉*2、咖啡*2 包、燒杯*2、熱水、冷水、夾子

砂糖溶解水:白砂糖*2、燒杯*2、熱水、冷水

活動 流程	教學示例	備註
一、 細述咖啡	<p>情境營造:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆教師在學生面前沖泡咖啡，藉此引發學生的好奇，順勢推展學習活動。 <ol style="list-style-type: none"> 1. 先將全班分成左右兩大組 (左邊 3 組、右邊 3 組，共 6 小組) 2. 課堂中以小組共做為主，穿插大組共作模式 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙營造教室有咖啡的香氣，開啓跟學生對話的氛圍，藉由閒聊過程教師收集學生對於咖啡沖泡、溶解、香氣傳遞等相關經驗。 ⊙以嗅覺為出發點，引起學生的好奇，讓學生覺得嗅覺是重要的 ⊙老師對於學生的回答，有些問題可做追問，如溶解、泡的過程、過期咖啡的味道、溫度不同..都讓孩子說說看 ⊙如果孩子有說到「味道」、「氣味」，趁這個時候跟全班約定共同語言，嘴嘗的是「味道」、鼻子聞的叫「氣味」。
	<p>探究問題一、氣味是如何傳的?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 觀察咖啡豆氣味: 本探究活動以結構式探究的方式讓學生觀察隔水浸泡不同水溫的咖啡豆氣味傳播上的差異。探究單如下: 2. 請學生說一說: 觀察到的現象。 3. 請學生想一想: 氣味是如何到鼻子的。 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙為避免水浴容器的氣味干擾，可以氣球皮或保鮮膜等材料來幫助隔絕。 ⊙讓咖啡豆有不同溫度是為了提供不同的條件讓學生可以比對，增加觀察的豐富度。 ⊙2 人共作是希望學生能互助、共學。 ⊙學生若不知道如何聞到氣味，老師可以提示如看見的、聞到的...透過五官蒐集到的訊息。 ⊙把學生觀察到的現象與別人做比對因為有人不支持，有人支持，提醒學生要有批判、思考的能力

活動流程	教學示例	備註
<p>二、 ~ 1 咖啡如何溶進水裡？</p> <p>二、 ~ 2 砂糖如何溶</p>	<p>探究問題二、咖啡如何溶進水裡？</p> <p>1.分組探究:本活動採結構式探究，將全班分成兩大組，其中一大組觀察咖啡粉溶解，另一大組觀察砂糖如解。每一大組再分成小組分別進行。探究單如下:</p> <p>全組一起朗讀完下面文章後，才可以進行實驗</p> <p>砂糖是怎麼溶進水裡的?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在冷水和熱水中，輕輕的各倒入一袋白砂糖。 2. 小朋友儘量不碰到、不搖晃杯子，千萬不要攪拌，靜靜觀察兩杯水的變化。 3. 可以用白色紙襯在燒杯後面觀察。 4. 將觀察到的現象和同學互相討論後，彼此說一說觀察到的現象後，寫在探究單第2格。 <p>全組一起朗讀完下面文章後，才可以進行實驗</p> <p>咖啡是怎麼溶進水裡的?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 將咖啡包分別夾在玻璃杯口，咖啡包的一半分別浸泡到冷水和熱水中。 2. 小朋友儘量不碰到、不搖晃杯子，千萬不要攪拌，靜靜觀察兩杯水的變化。 3. 可以用白色紙襯在燒杯後面觀察。 4. 將觀察到的現象和同學互相討論後，彼此說一說觀察到的現象後，寫在探究單第2格。 <p>2.學生學習活動:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 看一看:咖啡溶進水裡有什麼變化?、砂糖溶進水裡有什麼變化? ◆ 說一說: 咖啡放進水裡你觀察到什麼現象?、砂糖放進水裡你觀察到什麼現象? ◆ 寫一寫:把看到及聽完 	<p>◎本活動包含咖啡和砂糖兩個現象的觀察。咖啡是複合成分，含有可溶與不可溶的成分，而砂糖組成較單純，但無色，較不易清楚的觀察到溶解的過程。兩種現象可起互相比對之效。</p> <p>◎要提醒學生依照咖啡記錄單進行實驗與紀錄</p> <p>◎這裡是鋪陳一個觀察情境讓孩子觀察，有些孩子會遠遠的看，老師可以提醒孩子可以再靠近一點、蹲低一點、看進去那個細微的變化，重點是以不同視角來觀察。</p>  <p>◎在此鼓勵學生多說，勇於表達自己的想法</p> <p>◎老師可以把學生說出來的問題大家有共識的地方用板書在黑板上寫下來，因為有些孩子聽過就忘了，我們不是在抄筆記，而是記錄學生的關鍵用語，有助於後面探究的問題</p> <p>◎老師在此可以用追問技巧方式帶著學生描述，可以讓問題具體。如哪裡不一樣?學生講了好多不一</p>

活動流程	教學示例	備註
進水裡？	<p>發表後，把你觀察到的現象寫出來咖啡是怎麼溶進水裡的？砂糖是怎麼溶進水裡的？</p> <p>* 根據前面三個活動試著提出一個可探究的問題或想法，是不是這樣呢？有沒有什麼共同點？</p>	<p>樣，可以再描述清楚些</p> <p>◎其實學生在觀察時會發現有很多問題，我們這堂課的目的主要是讓孩子從觀察中提問題。</p> <p>◎這裡老師的工作是帶孩子比對與別人觀察一樣與不一樣的地方，幫孩子釐清是現象還是想法？</p> <p>◎左右兩邊同學看的東西都不一樣，互學、共好，所以這裡要特別提醒學生要聽別人發表。自己所說的話也要讓別人聽得懂。</p> <p>◎老師把孩子提的問題可以做分類，哪些問題可繼續探究？哪些問題是帶過去即可，視我們的目標定在哪裡而定。</p>
三、提出可探究的	<p>探究問題二、咖啡如何溶進水裡？</p> <p>1. 分組探究:</p> <p>本活動採結構式探究，將全班分成兩大組，其中一大組觀察咖啡粉溶解，另一大組觀察砂糖如解。每一大組再分成小組分別進行。探究單如下：</p> <p>2. 學生學習活動:</p> <p>◆ 看一看：咖啡溶進水裡有什麼變化？、砂糖溶進水裡有什麼變化？</p>	<p>◎本活動包含咖啡和砂糖兩個現象的觀察。咖啡是複合成分，含有可溶與不可溶的成分，而砂糖組成較單純，但無色，較不易清楚的觀察到溶解的過程。兩種現象可起互相比對之效。</p> <p>◎要提醒學生依照咖啡記錄單進行實驗與紀錄</p> <p>◎這裡是鋪陳一個觀察情境讓孩子觀察，有些孩子會遠遠的看，老師可以提醒孩子可以再靠近一點、蹲低一點、看進去那個細微的變化，重點是以不同視角來觀察。</p> <p>◎在此鼓勵學生多說，勇於表達自己</p>

活動 流程	教學示例	備註
<p>問題</p>	<p>◆說一說: 咖啡放進水裡你觀察到什麼現象?、砂糖放進水裡你觀察到什麼現象?</p> <p>◆寫一寫:把看到及聽完發表後, 把你觀察到的現象寫出來咖啡是怎麼溶進水裡的?砂糖是怎麼溶進水裡的?</p> <p>* 根據前面三個活動試著提出一個可探究的問題或想法, 是不是這樣呢? 有沒有什麼共同點?</p>	<p>的想法</p> <p>◎老師可以把學生說出來的問題大家有共識的地方用板書在黑板上寫下來, 因為有些孩子聽過就忘了, 我們不是在抄筆記, 而是記錄學生的關鍵用語, 有助於後面探究的問題</p> <p>◎老師在此可以用追問技巧方式帶著學生描述, 可以讓問題具體。如哪裡不一樣? 學生講了好多不一樣, 可以再描述清楚些</p> <p>◎其實學生在觀察時會發現有很多問題, 我們這堂課的目的主要是讓孩子從觀察中提問題。</p> <p>◎這裡老師的工作是帶孩子比對我與別人觀察一樣與不一樣的地方, 幫孩子釐清是現象還是想法?</p> <p>◎左右兩邊同學看的東西都不一樣, 互學、共好, 所以這裡要特別提醒學生要聽別人發表。自己所說的話也要讓別人聽得懂。</p> <p>◎老師把孩子提的問題可以做分類, 哪些問題可繼續探究? 哪些問題是帶過去即可, 視我們的目標定在哪裡而定。</p>

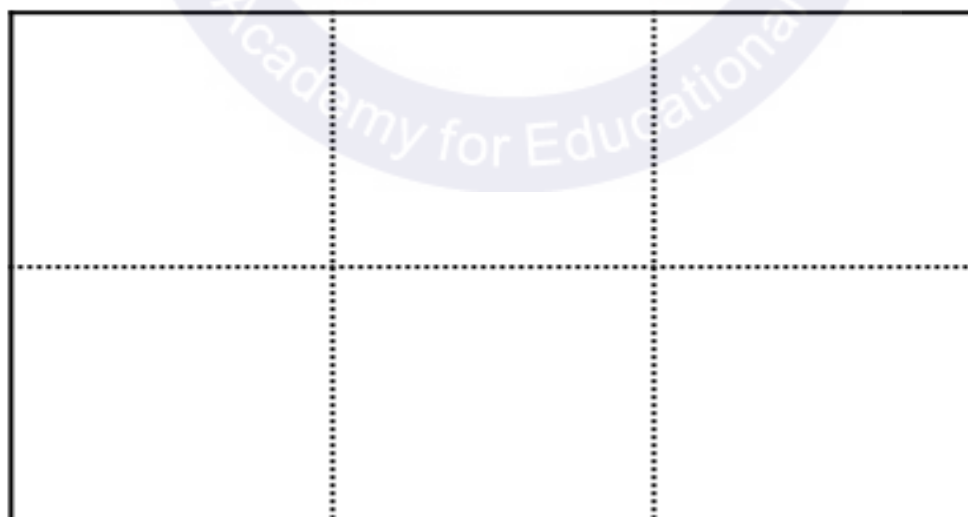
十二年國教的想像教室

今日課室規則

- 一大組分成左右兩小組(2人一組)
- 課程對象：國小高年級學生
- 課程結束需寫學習日記

細述咖啡教學簡報 page. 1

A4紙折法



細述咖啡教學簡報 page. 2

活動一細述咖啡教學簡報

標題	咖啡豆氣味	咖啡包泡水	糖放入水
觀察現象	第 1 格	第 2 格	第 3 格
問題發疑			

細述咖啡教學簡報 page. 3

細述咖啡

依照步驟單進行實驗與紀錄

細述咖啡教學簡報 page. 4

細述咖啡

說一說

聞到氣味這件事，氣味是如何到鼻子的？

細述咖啡教學簡報 page. 5

細述咖啡

一、咖啡豆氣味

1. 兩支試管分別浸泡在冷水和熱水中。
2. 在試管中分別放入3顆咖啡豆。
3. 一分鐘後，聞聞看試管中咖啡豆的氣味。
4. 將觀察到的現象寫在探究單第1格

想一想

- 氣味是如何傳到鼻子的？

細述咖啡教學簡報 page. 6

細述糖溶於水

三、砂糖放入水

1. 在冷水和熱水中各放入一平匙的砂糖
2. 不攪拌，觀察兩杯水的變化。
3. 用白色紙襯在燒杯後面觀察。
4. 將觀察到的現象寫在探究單第3格。



想一想

- 砂糖是怎麼溶進水裡的？

細述咖啡教學簡報 page. 7

細述咖啡

說一說

- 氣味是如何到鼻子的？
- 咖啡是怎麼溶進水裡的？
- 砂糖是怎麼溶進水裡的？

三個現象有什麼共同點？

你還有其他發現、好奇的問題，請寫在探究單最下面一列。

細述咖啡教學簡報 page. 8

全組一起朗讀完下面文章後，才可以進行實驗

咖啡是怎麼溶進水裡的？

1. 將咖啡包分別夾在玻璃杯口，咖啡包的一半分別浸泡到冷水和熱水中。
2. 小朋友儘量**不碰到、不搖晃杯子，千萬不要攪拌**，靜靜觀察兩杯水的變化。
3. 可以用**白色紙襯在燒杯後面**觀察。
4. 將觀察到的現象和同學**互相討論後，彼此說一說觀察到的現象後，寫在探究單第2格**。

全組一起朗讀完下面文章後，才可以進行實驗

砂糖是怎麼溶進水裡的？

1. 在冷水和熱水中，輕輕的各倒入一袋白砂糖。
2. 小朋友儘量不碰到、不搖晃杯子，千萬不要攪拌，靜靜觀察兩杯水的變化。
3. 可以用白色紙襯在燒杯後面觀察。
4. 將觀察到的現象和同學互相討論後，彼此說一說觀察到的現象後，寫在探究單第2格。

教學實錄



107.02.22 大崙國小試教教學情境 107.02.22 大崙國小試教結構式
探究



107.02.22 大崙試教咖啡溶解現象 107.02.22 大崙國小試教糖溶解
觀察



106. 11. 28 文化國小咖啡氣味觀察 106. 11. 28 文化國小試教咖啡溶解現象

教學實錄



1061209 教師研習

教學省思(陳玉燕)

核心問題的重要

在粒子課程的第一節課之中，我們將咖啡豆放在試管，分別置入裝有冷水與熱水的錐形瓶中。為了怕水蒸氣會影響學生聞到的氣味，還在錐形瓶上先套上氣球再置入試管。課前，在與夥伴討論課程中要拋出的問句時，有夥伴提到觀察包含五感，如果老師直接要孩子聞一聞兩個瓶子的氣味有甚麼不同？那麼，學生可能只會用鼻子聞一聞之後就結束了。想到要讓學生觀察的更透徹，於是將問句改成「請小朋友觀察兩個錐形瓶有甚麼不同？」結果，問題丟下去之後，學生真的廣泛觀察，「氣球顏色不一樣」、「有水蒸氣」、「這一瓶的氣球鼓鼓的」、「試管一個高、一個低」……等。焦急的老師一直等不到自己心目中想要的答案，學生漫無目的又扣不到核心，也開始覺得無聊。此時，一旁觀課的夥伴發現我忘了扣住核心問題，提醒學生想一想「氣味是怎麼傳到鼻子」。果然，核心問題一拋下去孩子就很快的聚焦了起來，學生觀察與發表的內容，就在於咖啡豆的氣味到鼻子的這一段。這個經驗也再次提醒我們情境脈絡的重要性，當孩子未能理解自己在學習中擔任的任務，或者孩子沒有習慣成為學習的主體時，教師著實有必要給予適切的引導，幫助學生回到核心問題的思考，有助於核心概念的成形。

教學省思(陳玉燕)

如何把孩子的發表之後的句號變成逗號

在課程安排中，我們希望學生發表。但是，心裡有一塊是很擔心學生發表很少，或是學生發表完之後自己會發生不知道接不下去的窘境。

之前，因為害怕而逃避這一塊。但是硬著頭皮上課之後，記錄下自己卡住的部分，再與夥伴討論，似乎有解開一些方向。例如；學生觀察咖啡豆在冷水與熱水瓶中的不同之處，第一位發表的學生講出「咖啡豆在熱水中，氣味聞起來比較濃」之後，課室中就安靜了。這時候如果老師自己也觀察不出還有哪些地方不同，那麼課堂裡的教學探究活動就真正的畫下句點。針對這一點，與夥伴討論分享，在上述實驗之中的確明顯的差異處就是咖啡豆浸泡在熱水之中，氣味聞

起來比較濃。當觀察的現象的表達完整之後，或許我們可以從另外一個地方切入，「你為什麼這樣說？」、「大家都同意這樣講嗎？」、「冷水要靠近一點才聞的到，那兩個瓶子差多遠的距離呢？」……等。我們藉由追問檢視孩子的邏輯思考；在探究歷程中，鼓勵學生利用科學表徵量化紀錄的內容；徵詢其他同學的意見或尋求共識，傳達科學社群認同的科學本質觀；比對訊息，強調科學現象的可重複驗證性……等方面，這些做法都可以讓原本是句號的教學流程，變成逗號甚至是引發下一次探究活動的問號。

教學省思(陳靜宜)

觀察如何看進去

在帶孩子觀察的過程中，深刻體驗到要孩子看進去，其實有很多教學細節，譬如：

1. 透明的水溶液不易觀察，襯個底可以讓觀察更清楚，譬如觀察咖啡溶解的變化襯上白紙，觀察就變得很清楚。觀察咖啡微粒時，襯上黑色的背景也有助觀察。
2. 觀察咖啡的氣味時，可以提醒學生實驗室的觀察方法通常是用搨聞法，但咖啡氣味很淡，而且為了控制變因，所以可以讓學生直接聞氣味。
3. 砂糖的溶解活動，學生觀察到糖逐漸溶解的過程，砂糖逐漸消失了。教師可以鼓勵孩子從較低、較靠近的視角來觀察，孩子通常會發現砂糖與水的交界處會有類似海市蜃樓的感覺。

教學省思(賴碧純)

一個生活情境引入一個簡單的溶解實驗，卻要學生進行深入的觀察，剛開始試教時，時不時就感覺卡關、不順、很乾、不知道要怎麼教，學生能觀察到的東西很少，經過一次次修正、夥伴共議、再觀課，慢慢地抓到一些觀察教學的小撇步，學生能觀察到的東西越來越多，也越來越深入。

活動二、用放大鏡看世界

教學理念

以探究咖啡溶解現象為背景，引導學生透過肉眼觀察、放大鏡觀察咖啡水溶液。過程中引介觀察的工具:15 倍放大鏡，從觀察色點鐘察覺「眼見不為憑」，肉眼觀察有其限制，以高階的觀察工具有助於更深入的觀察，同時體驗工具有其極限。

活動重點

- 1.利用放大鏡協助觀察、體悟工具有其限制性。
- 2.藉由閱讀體會工具對科學研究的助益。

教學策略


- 1.透過結構式探究對咖啡水進行細微觀察。
- 2.利用影片觀賞讓學生察覺咖啡水中微粒的運動。
- 3.以文本閱讀幫助學生理解工具與科學探究的關聯。

教學準備

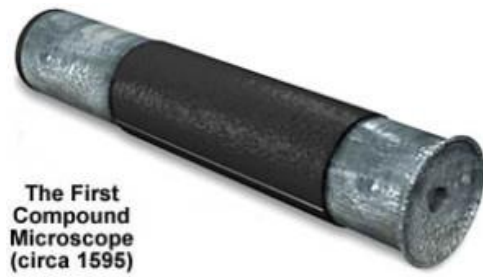
- 1.實驗器具：15 倍放大鏡每人 1 個、名片紙每人 1 張、撲克牌每人 1 張、滴管每組 1 支、玻璃片每人 1 片
- 2.影片：200 倍放大鏡看咖啡渣
- 3.閱讀文本:《顯微鏡、望遠鏡》

延伸活動

活動 流程	教學示例	備註
微觀咖啡	<p>一、咖啡水溶液微觀</p> <p>請學生想一響，說一說：</p> <p>1.一杯咖啡水除了我們眼睛(肉眼)觀察到的，那些小顆粒，它還有什麼細微的變化？</p> <p>2.我們可以怎麼進行？</p>	<p>◎對於剛才看到區域性、整體的變化(水變成咖啡色、由下到上顏色漸淡)若再拉近距離，再往裡面看會看到什麼？可能看到水裡有細微的顆粒。</p> <p>指導觀察角度、距離</p>
	<p>二、用放大鏡看世界</p> <p>1.如果再往咖啡水中的咖啡渣裡面看，會是長什麼樣子的呢？我們可以用放大鏡把它看得更仔細。</p> <p>(1)引入工具：介紹 15 倍放大鏡的使用方式。</p>	<p>◎需指導工具放大鏡的使用方式:黑色靠近眼睛，透明蓋扣在物體上。觀察時要減少遮蔽光線的情形。</p>  <p>圖片說明： 黑色靠近眼睛，圖中墊在透明盒上是為了採光充足。亦可在背底墊上黑紙或白紙，幫助觀察。</p>
	<p>(2)微觀色塊：用放大鏡看單色單色塊、多色點的單一顏色色塊</p> <p>(3)找到一個顏色相同的區域，用放大鏡看看</p> <p>(4)教師提問:有什麼發現?只是一個顏色嗎？</p> 	<p>◎原是整面的某一顏色，用放大鏡觀察到它是由多個色點組合而成；有些則是看到由多種顏色、多種形狀組合而成。</p> <p>◎操作時，需要了解學生看到什麼共同處時，可指定某一顏色區域一起觀察。仍保留學生自由觀察名片紙、模</p>

活動 流程	教學示例	備註
	<p>(3)微觀咖啡：用放大鏡看咖啡渣 用放大鏡觀察咖啡水中的咖啡渣</p> <p>3.看 200 倍放大鏡下的咖啡渣錄影 畫面</p>	<p>克牌其他顏色區域。</p> <p>◎發表時，</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.釐清是類比還是事實。例：學生說「蝌蚪在游泳」，師-是真的有蝌蚪在游泳還是像蝌蚪在游泳。 2.巨觀與微觀：學生-看起來髒髒的→老師-你可以再看進去一點。 3.提醒學生分辨顆粒在移動，是本身動還是操作者晃動。 <p>◎水流移動，咖啡渣不定方向震動</p>
<p>工具 演進</p>	<p>讀一讀：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生以剛剛的觀察經驗，聊聊工具對於科學探究的幫助。 2.請學生帶著【工具對科學有何幫助】的疑問進行閱讀。 3.兩人一組，彼此分享閱讀獲得的訊息與觀點。 4.教師邀請學生分享。 5.結論:實體工具幫助我們看得更深入更細微看得更遠。 <p>延伸:然而，工具有其限制性。工具達不到的，我們可以怎麼做？工具達不到的地方，用思考工具-想像力</p>	<p>◎帶著問一閱讀中，孩子容易聚焦到接下來要討論的訊息，有助於形成更深入的概念。</p> 

工 具 與 科 學



The First Compound Microscope (circa 1595)

人類因不同的需求應用放大的工具，可以遙望星空，探尋廣大星空的奧秘；也可以細看萬物，驚嘆細微渺小之妙。

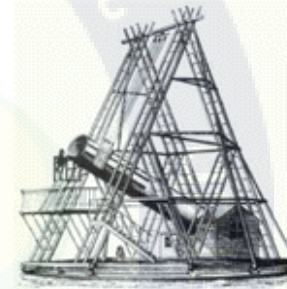
1590年一個偶然的早晨，詹森在樓頂上閒玩。無意中，他把兩片凸玻璃片裝到一個金屬管子裡，並用這個管子去看街道上的建築物，奇怪的事情發生了，教堂高塔上大公雞的雕塑比原來大了好幾倍。詹森與父親抓住這個偶然的發現，反覆實驗，用大大小小的凸玻璃片做各種距離不等的配合，終於發明了世界上第一台顯微鏡。當然，這台顯微鏡只能稱為顯微鏡家族中的“始祖”，無論是放大倍數，還是分辨能力都是相當低的。

哈柏太空望遠鏡是有史以來最具威力的望遠鏡，只要利用網路就能觀測望遠鏡進行遠方遙控觀測，並可立刻結合先進電腦軟體進行分析與數位處理。

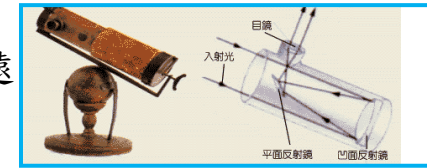


哈柏以具有直徑 2.5 公尺反射鏡的胡克耳望遠鏡探索遙遠的星系，精確地指出銀河中看似微弱的星雲，其實是位在距離我們有幾百萬光年的其他星系中。

使用直徑長達 1 公尺的葉凱士折射式透鏡望遠鏡，首度證實銀河系是一種螺旋狀星系



牛頓於 1668 年創製的反射式望遠鏡，可消除透鏡造成的色差缺點



義大利人伽利略首先將望遠鏡應用於天空



月球肉眼觀察伽利略用望遠鏡的觀察望遠鏡的觀察攝影

1665 年

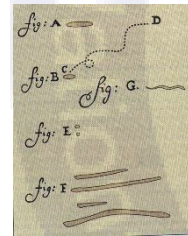
英國科學家虎克以自製的顯微鏡，觀察軟木塞薄片，看到許多蜂窩狀的小格子。



虎克所繪軟木塞細胞

1686 年

荷蘭科學家列文胡克 (Leeuwenhoek) 改良顯微鏡，成功將放大效果增加至 270 倍，進一步發現人類原以為清澈的溪水內，竟有許多不停游動的微小生物，也是首次發現細菌的存在。



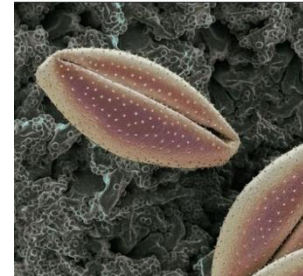
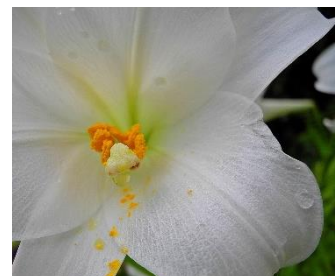
圖安東列文虎克繪制的微生物圖

1986 年

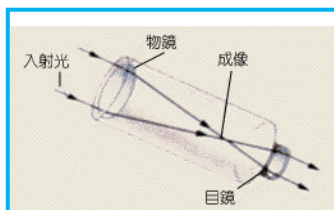
德國科學家恩斯特·阿貝和卡爾·蔡斯在顯微鏡的底座以馬蹄形穩固性。底部加上鏡子能會聚並反射光線使光線透過上放的標本。現代複合光學顯微鏡已經能把標本放大到 1000 倍了。

1981 年

掃描式穿隧電流顯微鏡科學家用它可以觀察到細胞外層上的單個分子。STM 能把標本放大 100 萬倍。



百合花的花粉肉眼觀察光學顯微鏡電子顯微鏡



伽利略創製的折射式透鏡望遠鏡

活動二、用放大鏡看世界教學簡報

咖啡粉溶解的過程產生了什麼**細微**的變化？



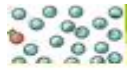
「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 1

一杯咖啡水除了我們眼睛觀察到的，他還有什麼**細微**的變化？

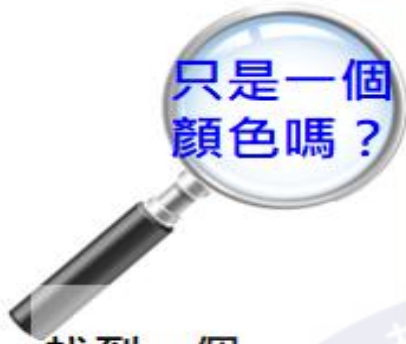
那些看不見的現象，我該如何去探索呢？我們可以怎麼做呢？

「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 2

活動二、用放大鏡看世界教學簡報



放大鏡看世界



找到一個
顏色相同的區域，
用放大鏡看看



「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 3



放大鏡看世界



如果將放大倍數再增加？看到什麼？



「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 4



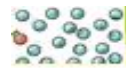
放大鏡看世界



用放大鏡觀察咖啡水
看咖啡水中的咖啡渣
水呢？



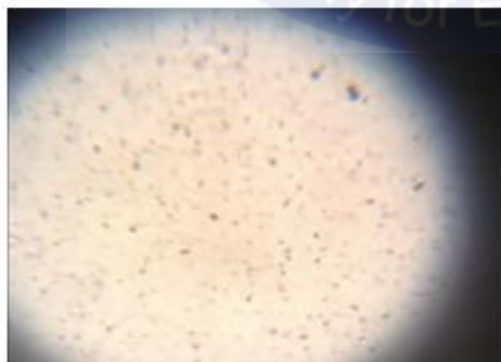
「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 5



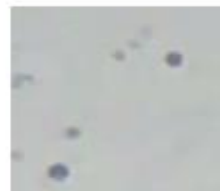
放大鏡看世界



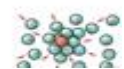
用放大鏡觀察咖啡水
看咖啡水中的咖啡渣
水呢？



15倍



200倍



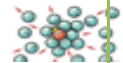
「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 6



放大鏡看世界



用放大鏡觀察咖啡水
看咖啡水中的咖啡渣
水呢？



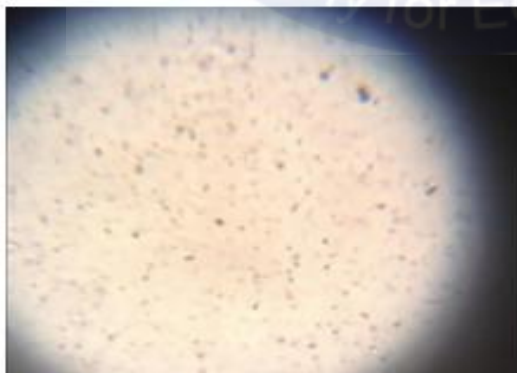
「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 7



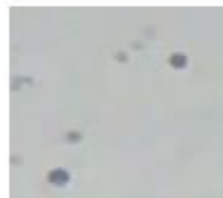
放大鏡看世界



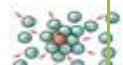
用放大鏡觀察咖啡水
看咖啡水中的咖啡渣
水呢？



15倍



200倍



「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 8

活動二、用放大鏡看世界教學簡報

工具與科學

伽利略望遠鏡看月亮
1608

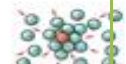
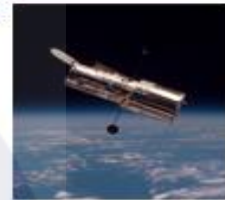


哈伯太空望遠鏡
美國國家航空暨太空總署
1990



顯微鏡
虎克
1664

掃描穿隧式顯微鏡
格爾德·賓寧及海因里希·羅雷爾
1981



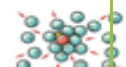
「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 9

工具與科學

科學家使用工具為了……

肉眼幫助我們

實體工具幫助我們



「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 10

活動二、用放大鏡看世界教學簡報

工具與科學

伽利略望遠鏡看月亮
1608

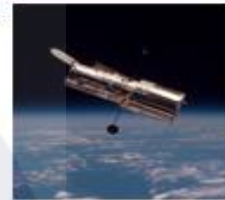


哈伯太空望遠鏡
美國國家航空暨太空總署
1990



顯微鏡
虎克
1664

掃描穿隧式顯微鏡
格爾德·賓寧及海因里希·羅雷爾
1981



「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 11

工具與科學

科學家使用工具為了……

肉眼幫助我們

實體工具幫助我們

「用放大鏡看世界」教學簡報 page. 12



觀察色紙上的色點

1061209 大崙教師研習



觀察咖啡水

1061128 文化粒子教學

1061128 文化教學



透過影片觀察咖啡微粒的振動情形

教學實錄



閱讀文本理解放大鏡這類工具對科學的貢獻與限制



閱讀討論:教師帶學生討論放大鏡對科學研究的貢獻

評量省思(賴碧純 1070401)

1. 平淡無奇的一杯咖啡水，要引出學生想要往下探究的心，除了表面的觀察外，提供更多的工具讓學生可以再深入的觀察，讓學生感覺自己就像個科學家一樣進行研究，這樣的課程除了活動設計外，更需要老師本身完全的投入，與孩子一同探究，否則很容易流於形式上的表現。
2. 國小階段，我們都習慣直覺式的觀察，如果粒子存在，我們就可以看得到，如果看不到，就是工具還不夠好，但這裡很大的轉折點在於，粒子無法用工具直接"看"到，科學家們也不是真的"看"到一顆顆的粒子。

教學省思(陳靜宜, 107.05.03)

用文本來學科學

這次的粒子大概念課程設計，我們還是期許可以讓學生有閱讀學習的活動，所以我們嘗試寫了談工具限制的部分的文本。原本的文本寫作方向是朝著工具的演進：望天空看，從單筒望遠鏡繼續發展到折射式，甚至太空望遠鏡；另一個軸線是往小看，從虎克的光學顯微鏡，發展到電子顯微鏡。但是，隨著課程的推動，我們感覺文本如果只是介紹望遠鏡的發展，無法拉出工具與科學間的關係。所以我們又花了點小心機用研究的角度來敘寫。首先，往細微看的軸線，我們用百合花的花粉做例子，當我們只有肉眼，花粉看起來就是一堆細粉；有了顯微鏡就可以觀察到花粉管的萌發孔；有了電子顯微鏡就可以鉅細靡遺的觀察萌發孔的構造與外觀。另外，往天空看，從觀察月亮談起，剛好孩子們都有觀月的經驗。文本中我們放入伽利略的月亮觀察紀錄圖，讓孩子用來跟肉眼觀察的經驗相比對，不難察覺工具的效用，再對照現代較精良的折射式望遠鏡照片，孩子可以感受到的解析度的差異。後段我們再繼續介紹天文望遠鏡的發展所對應的天文觀察發現。引導學生朝著工具的演進如何協助科學研究及目前該領域研究工具發展的限制造成研究的極限。

再回顧這段閱讀教學發展歷程，我們發覺在鋪陳閱讀學習活動時，通常會以知識內涵或學生的閱讀理解引導作為優先考量，但科學閱讀活動中，也許我們應該更關心如何帶著孩子藉由文本來探究，如何引導學生將所提取的訊息作為探究的素材，嘗試建構自己的概念。

評量省思(賴碧純 1070401)

當粒子概念下放至國小端，我們面臨的問題

1. 回溯以往的求學，粒子概念存在在相當久遠的記憶中；粒子是組成物質最小的單位，如此基本的一件事，但生活中就很少被提及，當粒子概念下放至國小端時，我們面臨的第一個問題就是對粒子的了解。生活中無處沒有粒子，但要跟學生談粒子卻又一點都不生活化。
2. 科學日益進步，工具也日趨成熟，我們常習慣性地認為有些事情無法證實，可能在於工具尚未發展完成，但卻疏忽了工具也有其限制性。粒子就是一個很好的例子。

活動三想像力放大鏡

教學理念

引入科學家對物質是由微小粒子所組成的概念，藉由聞咖啡香、溶解咖啡粉和砂糖的實際觀察經驗，讓學生由此發想物質的組成狀態，激發學生創造思考能力。

活動重點

以圖像化、連結等創造思考策略，幫助學生察覺及思考微觀現象中粒子的存在。

教學目標

- 1.能將想像的粒子模型描繪出來。
- 2.想像能比對現象。

教學策略

用圖像及文字將想像中的概念具體呈現。

教學準備

- 1.科學家粒子概念 PPT
- 2.A4 空白紙 12 張
- 3.A3 空白紙 6 張
- 4.彩色筆 6 盒

延伸活動

提出各組的粒子模型，仿科學社群進行模型發表說明會。

活動 流程	教學示例	備註
讀一讀	<p>引入科學家概念(世界上的物質都是由微小粒子所組成)：</p> <p>簡報呈現，學生大聲朗讀出來。</p>	<p>⊙簡報僅展示文字，不放圖像，避免學生在進行後面活動時想像力被侷限。</p> <p>⊙直接引入專有名詞-粒子，不介紹原子或電子等概念。</p>
觀察現象畫想像	<p>一、氣味是如何傳到鼻子？</p> <p>根據第一節課咖啡豆氣味觀察結果，教師引導學生使用粒子概念，直接在黑板上共同畫出氣味粒子的想像模型。</p> <p>【引導問句】</p> <p>咖啡的氣味怎麼進到我們的鼻子呢？</p> <p>氣味(空氣)粒子長什麼樣子？</p> <p>哪裡有氣味(空氣)粒子？</p> <p>溫度對粒子有甚麼影響？怎麼知道的？</p>	<p>⊙引導時須強調想像要比對現象。</p> <p>⊙想像模型除圖形外，可輔以文字說明。</p> <p>⊙學生提出想像時，可請他說明是依據什麼具體觀察到的現象。</p> 
	<p>二、咖啡是如何溶解到水中？</p> <p>一大組分成左右小組，根據小組觀察的實驗結果(咖啡粉溶於水中或是砂糖溶於水中)，在 A4 紙上畫出粒子想像模型。</p> <p>【引導問句】</p> <p>咖啡粉、砂糖和水也是粒子組成的，當咖啡粉或砂糖溶於水時，兩者間的粒子有什麼變化嗎？</p>	<p>⊙2 或 3 人一小組進行討論，再次強調想像要比對現象，不是隨意發想。</p>

活動 流程	教學示例	備註
社群對話	<p>三、我們的粒子模型:</p> <p>同一桌內左右兩小組輪流向對方說明自己的粒子想像模型。</p>	<p>◎社群對話活動進行前，老師可提醒學生聽說明時需協助檢核想像模型是否有比對現象。</p> <p>◎組間對談可加強學生對概念的理解，釐清自己的想法。</p>
延伸活動	<p>一、凝聚共識</p> <p>兩小組針對粒子模型討論、達成共識，在 A3 紙上共畫出粒子想像模型。</p>	<p>◎凝聚共識活動可依教學現場決定是否讓學生兩小組再討論、修正成一共識。</p>
	<p>二、分組報告</p> <p>上台報告粒子想像模型，給予回饋與提問。</p>	<p>◎報告形式可自由選用書面報告、上台報告或跑組式說明。</p>

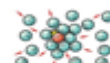


工具與科學



實體工具幫助我們看得更深入
更細微看得更遠

然而，工具有其限制性。工具
達不到的，我們可以……



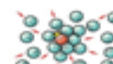
「想像力放大鏡」教學簡報 page. 1



工具與科學



用思考工具-想像力



「想像力放大鏡」教學簡報 page. 2

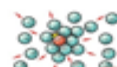
活動三 想像力放大鏡教學簡報



「想像力放大鏡」教學簡報 page. 3


實驗一：聞咖啡氣味

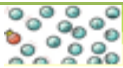
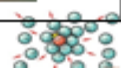
想一想
• 氣味是如何傳到鼻子的？



「想像力放大鏡」教學簡報 page. 4



熱水咖啡氣味(現象)	冷水咖啡氣味(現象)
<ol style="list-style-type: none">1.在熱水浴裡的咖啡氣味比較香2.氣味很濃、濃厚、很重3.會揮發較濃的氣味	<ol style="list-style-type: none">1.在冷水浴裡的咖啡氣味沒有很濃2.咖啡豆在低溫時，氣味比較淡 



工具與科學



用思考工具-想像力



科學家的想像

世界上的物質都是由微小**粒子**所組成。

- 科學家也有一個想像力放大鏡在，他們發現用想像的微小粒子能解釋很多東西

「想像力放大鏡」教學簡報 page. 7

觀察現象畫”想像”

根據前面的實驗和觀察，
戴上科學家想像放大鏡

想想咖啡氣味是怎樣讓我們聞到的
大家一起嘗試說說、畫畫氣味是如何到鼻子的？



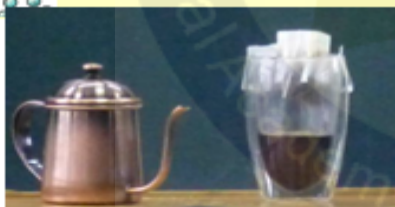
世界上的物質都是由微小**粒子**所組成



「想像力放大鏡」教學簡報 page. 8

咖啡粒子與空氣的粒子有什麼特性？

「想像力放大鏡」教學簡報 page. 9



桌上泡的咖啡，前面三組有
聞到，後面的組別聞不到

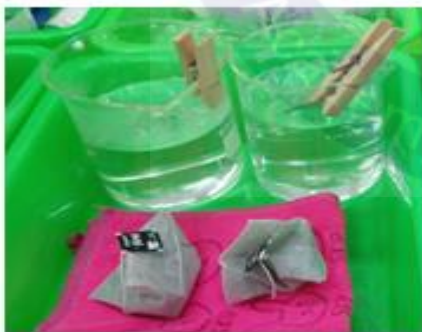
生活中還有什麼現象

「想像力放大鏡」教學簡報 page. 10

剛才我們所想像我們怎樣聞咖啡氣味這件事，還有...這是在探討中的粒子。

現在要請大家來想想像咖啡與砂糖放入水裡這件事，能不能試著考慮用上面粒子特性(如...)，來嘗試解釋觀察到的現象

實驗二：咖啡包、砂糖放入水中



比對現象與想像

觀察咖啡與糖放入水中



「想像力放大鏡」教學簡報 page. 13

工具與科學



用思考工具-想像力

「想像力放大鏡」教學簡報 page. 14

科學家的想像

世界上的物質都是由微小**粒子**所組成。

- 科學家也有一個想像力放大鏡在，他們發現用想像的微小粒子能解釋很多東西

咖啡放入水中(現象) 砂糖放入水中(現象)

熱水	冷水	熱水	冷水
<ol style="list-style-type: none"> 咖啡包泡在熱水中容易溶解 顏色較深、變色快 咖啡包泡在熱水較香 一開始從一個點慢慢流下來，再慢慢從其他地方流出來 咖啡流動的地方，顏色特別深，但最後會慢慢的流散開 	<ol style="list-style-type: none"> 咖啡包泡在冷水中溶解是熱咖啡的慢動作 顏色較淺、變色慢、顏色較慢跑出來 冷水泡的咖啡沒氣味 	<ol style="list-style-type: none"> 溶解的速度較快 糖像油一樣浮在最上層、表面有兩層、從側面看會有一條線 杯底周圍的糖會溶解的比中間快 會從白色到透明，越來越透明從固體到液體 看到有東西(從底部)往上飄慢慢不見，水有波紋 	<ol style="list-style-type: none"> 溶解的速度較慢 沒有兩層表面 

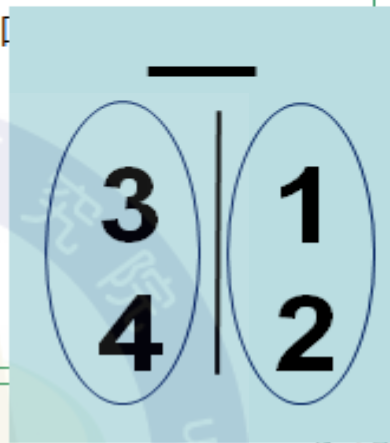
觀察現象畫“想像”

根據前面的實驗和觀察，
戴上科學家想像放大鏡

世界上的物質都是
由微小**粒子**所組成

一、咖啡包放入水中
嘗試說說、寫寫、畫畫杯中的咖啡與水發生什麼事

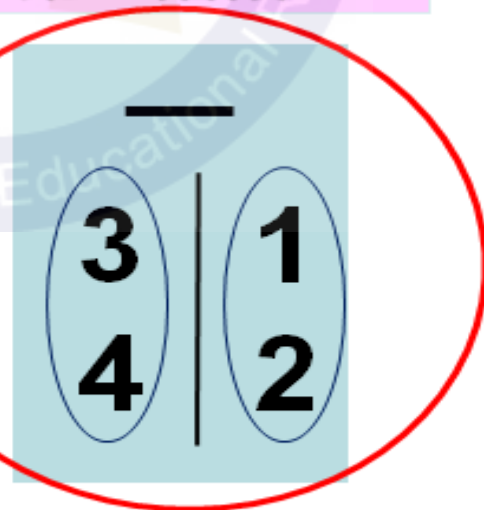
二、砂糖放入水中
嘗試說說、寫寫、畫畫杯中的糖與水發生什麼事
2人小組共作在**黑板紙**上



比對現象與想像

「想像力放大鏡」教學簡報 page. 15

社群對話第一階段



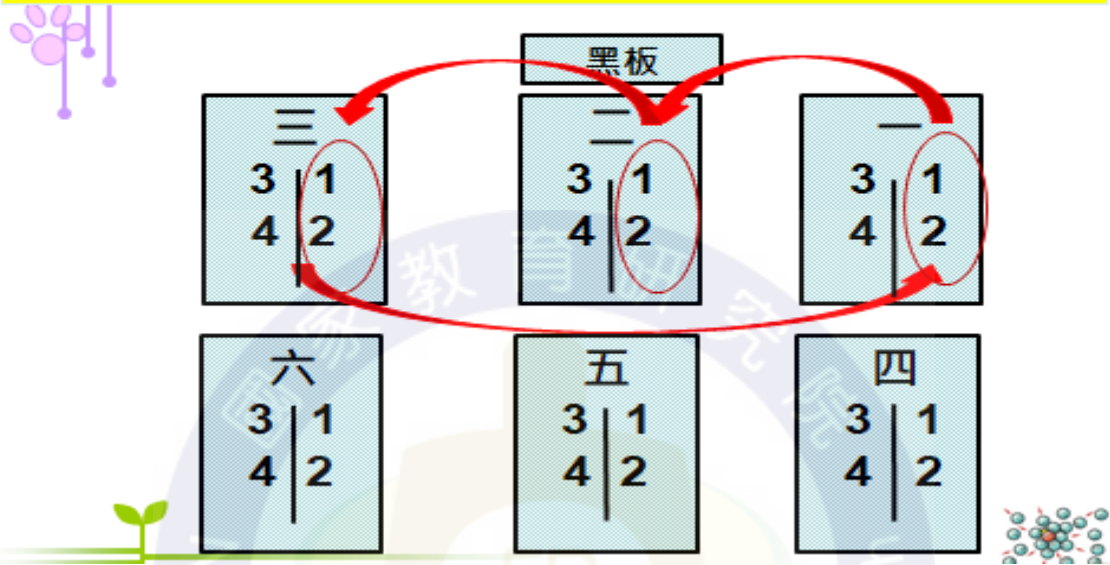
組內對話 – 發表者、聽眾
討論是否要調整、互補、打掉重練

比對現象與想像

「想像力放大鏡」教學簡報 page. 16

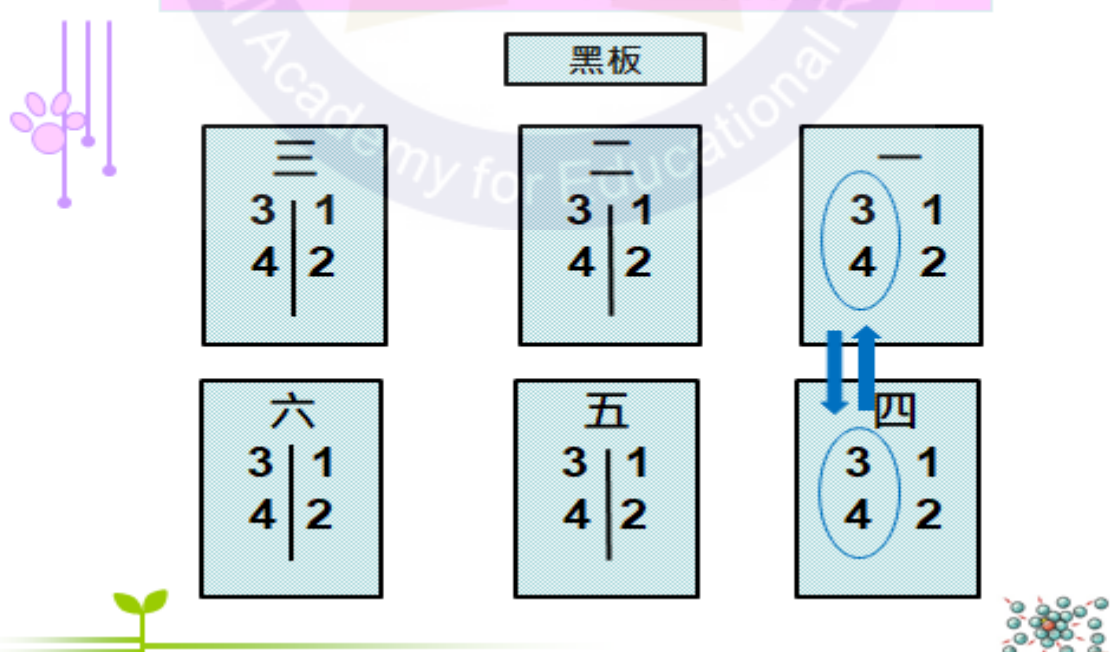
社群對話第二階段

比對現象與想像，想像要符合現象



「想像力放大鏡」教學簡報 page. 17

社群對話第三階段

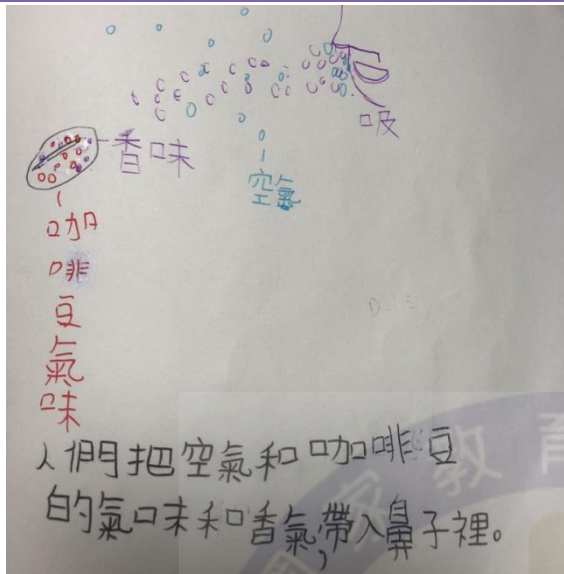


「想像力放大鏡」教學簡報 page. 18

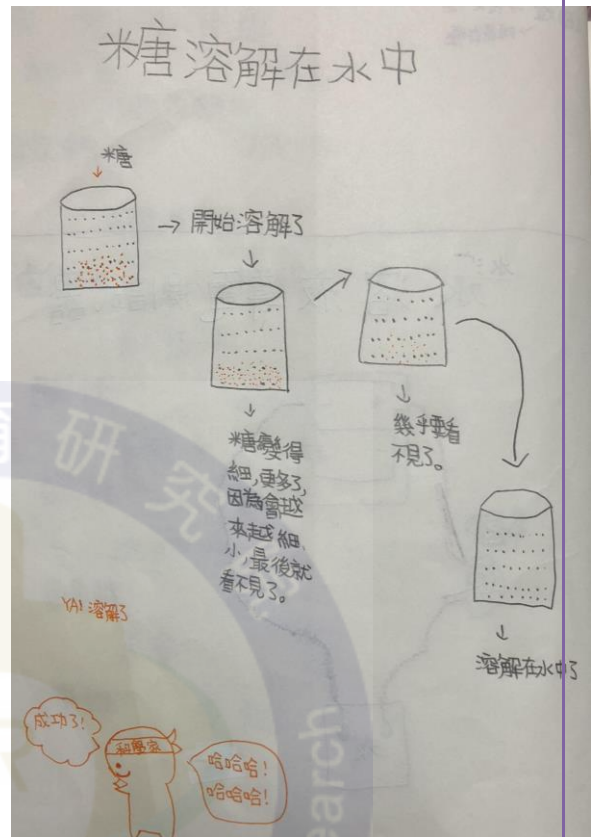
回顧與前瞻

1. 有些物體的組成可用實體放大鏡來觀察，實體工具達不到的用思考工具(想像)來解釋
2. 相同模式說明不同現象-這模式需是有用的
3. 建立模型：**想像力**方式幫助科學家建立一種思考的模式、解釋的模式。繼續用這個模式你也可以有很多發現。隨著人類發展的實體工具與思考的演進，科學家建立的**模型可能再被調整或取代**。

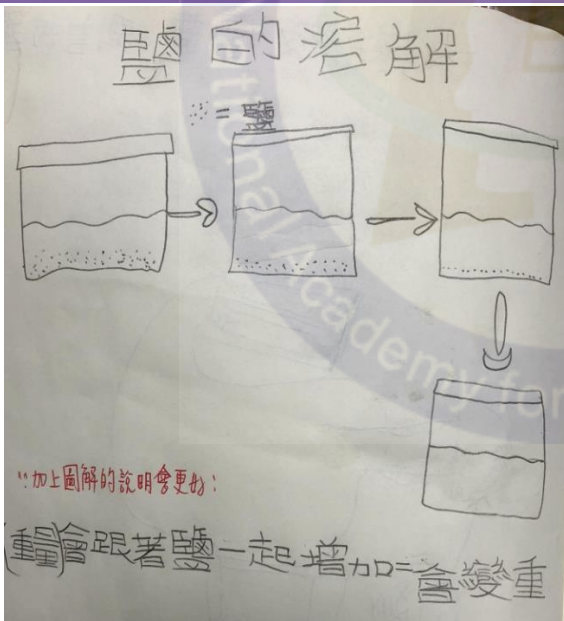
教學實錄



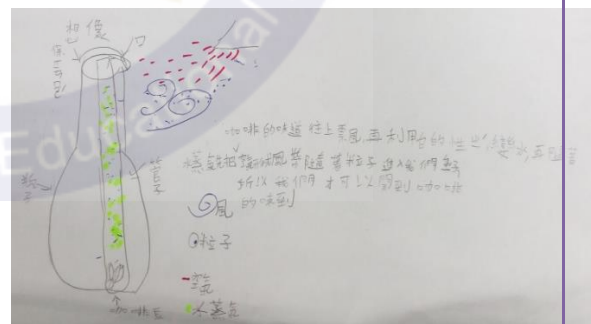
106.12.09 仁善試教學生想像圖



106.12.09 仁善試教學生想像圖

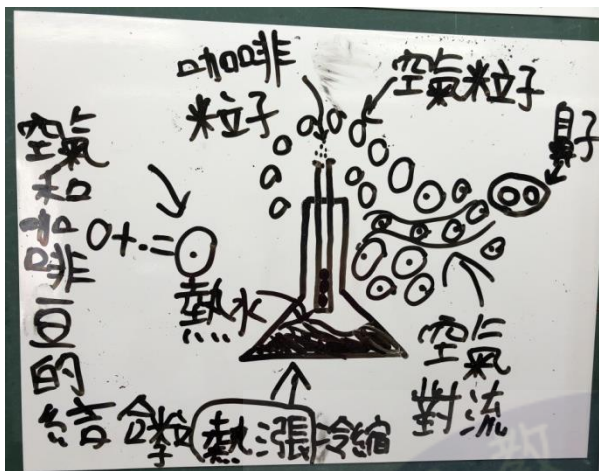


106.12.09 仁善試教學生想像圖

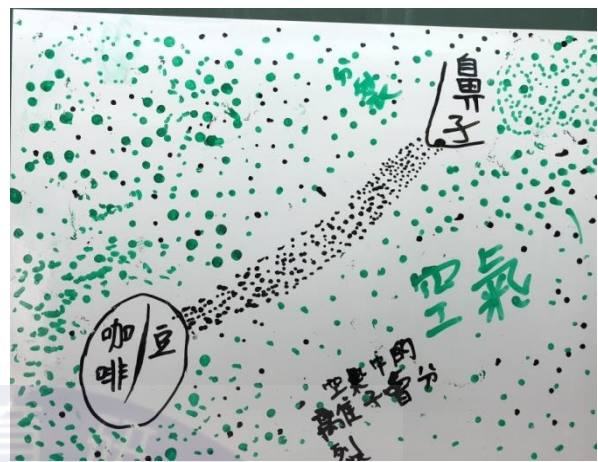


106.12.12 華勛試教學生想像圖

教學實錄



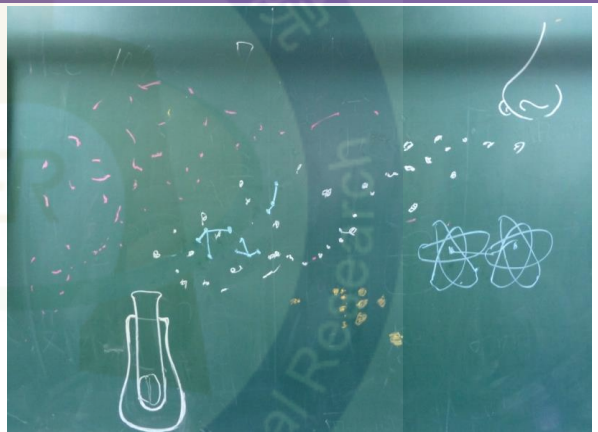
106.11.28 文化試教學生想像圖



106.11.28 文化國小試教學生想像圖



107.03.01 華勛國小教學實錄



107.03.01 老師引導學生畫出咖啡氣味的傳播



1070309 大崙國小共識營試教

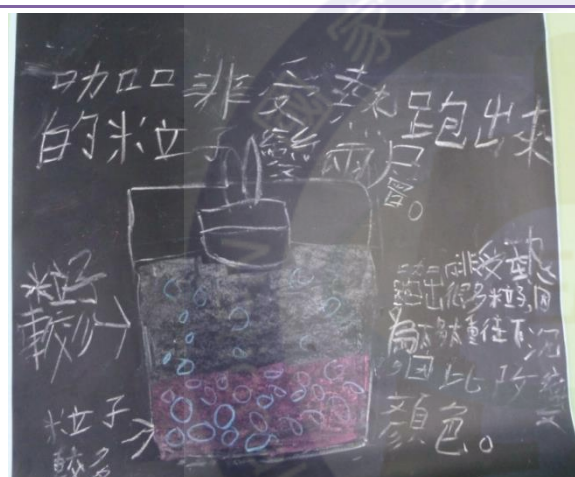


1070309 大崙國小共識營試教

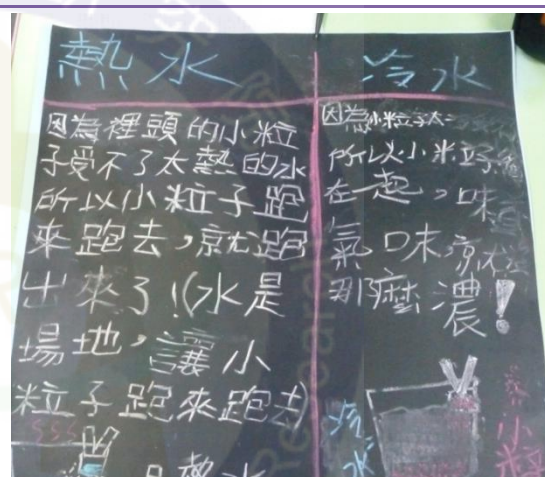
教學實錄



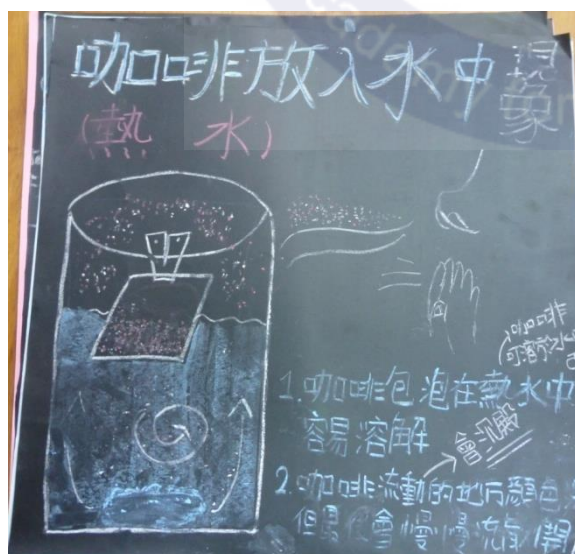
畫圖粒子的最高指導原則



學生的咖啡粒子溶解想像圖 1



學生的咖啡粒子溶解想像圖 2

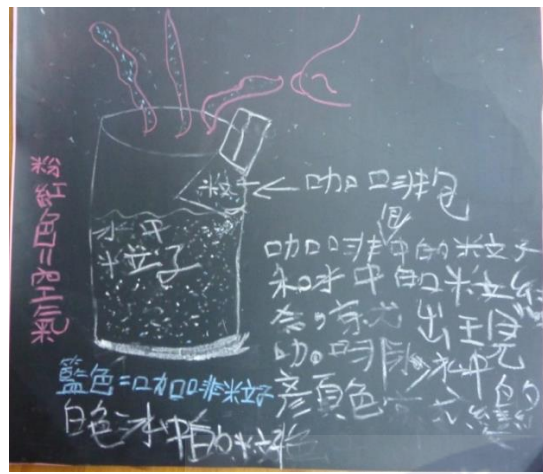


學生的咖啡粒子溶解想像圖 3

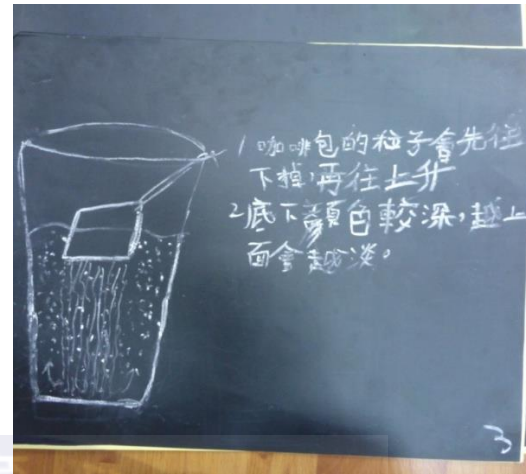


學生的咖啡粒子溶解想像圖 4

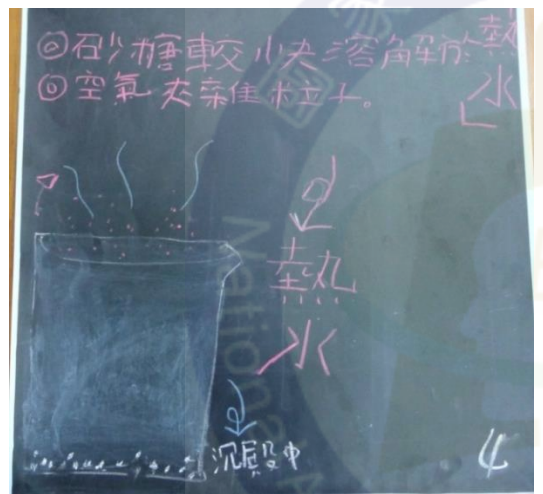
教學實錄



學生的咖啡粒子溶解想像圖 5



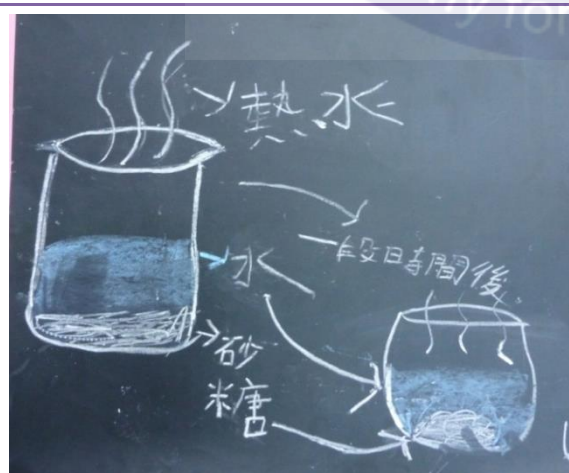
學生的咖啡粒子溶解想像圖 6



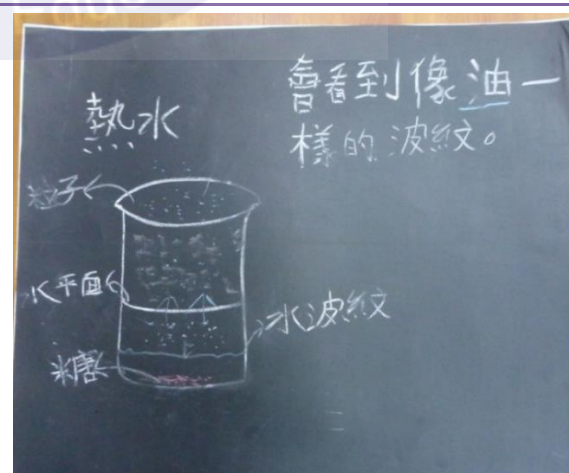
學生的咖啡粒子溶解想像圖 7



學生的咖啡粒子溶解想像圖 8



學生的咖啡粒子溶解想像圖 9



學生的咖啡粒子溶解想像圖 10

教學省思

1. 想像容易，天馬行空無拘無束，當想像要符合現象時，難度瞬間提升。要先有紮實的觀察現象，再將腦袋中的想像與現象相連結，還要時時比對，隨時修正，要達到這樣的狀態，除了多次的練習，教師的引導更是重要。需引導學生利用圖像、文字或符號強化表達內容，但要小心不能限制住學生的想像，同時兼顧合理性與感性，對我是個很大的挑戰。

教學省思

幻 黃博勝

我覺得這次的自然課讓我見識了許多，從走進教室飄來的咖啡香，到經過實驗後的結果才知道原來這麼細微的事物我們都沒有發現，利用顯微鏡的那一瞬間，我看見了奇幻的小世界，所有的東西也放大了許多，這次的自然課令我念念不忘，如金盞花般印在我腦海中，謝謝老師們今天的教導。

活動四、用粒子模型看現象

教學理念

引導學生透過閱讀活動習得科學家的模型，並應用該模型來進行現象的探究。所以本教學方式除了以本單元活動以溶解現象為核心的探究活動外，也可以應用在諸如熱傳播、能量等學習內容。

活動重點

鼓勵學生應用科學家的模型來解釋現象，並察覺模型的功能。

教學策略

- 1.讀一讀:讓學生透過閱讀活動嘗試理解科學家的磁鐵粒子模型。
- 2.用科學家模型探究磁力變化:本活動依照 POE 探究教學模式，進行。
 - (1)學生寫下關於磁鐵斷掉後磁力變化情形的預測。
 - (2)兩人一組合作觀察兩塊斷裂磁鐵彼此吸引的情形並記錄下來。
 - (3)請學生解釋斷裂磁鐵交互作用的現象，並記錄在活動單上。
 - (4)請學生兩人一組分享自己的想法。

教學準備

- 1.閱讀文本:《為什麼磁鐵可以吸住鐵?》
- 2.斷裂的條形磁鐵每小組兩根。

延伸活動

學生觀察用的磁鐵，第一次以條形磁鐵作為觀察素材，如果學生對於不同形狀的磁鐵感到興趣，老師可以鼓勵學生繼續探索。

活動 流程	教學示例	備註
讀 一 讀	<p>準備活動:</p> <p>教師說明本學習活動目的會讓同學體驗:科學家的模型可以幫助我們理解或解釋現象。接著展開以下學習活動。</p> <p>一、讀一讀:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生共讀文本【為什麼磁鐵可以吸住鐵?】 2.請學生在小組內嘗試說一說科學家是如何解釋鐵磁性物質可以被磁鐵吸引的現象。 3.教師邀請學生談一談文本中圖示傳達的意思。 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙讀一讀活動教師可以依照班級學生的狀況調整教學策略。如果有部分學生閱讀理解力較弱的,可以以全班齊讀的策略,然後再一起討論內容。 ⊙教師可以藉由行間巡視,聆聽學生間的言談。 ⊙本教學活動教師可以指導學生「讀圖」是科學閱讀活動中很重要的能力,作者除了文字敘述外,常常會用圖解及圖說來幫助讀者理解科學家所欲傳遞的訊息。 ⊙閱讀文本除了提供學生學習的知識概念,也可以是學生學習傳達的範本。
用磁鐵 粒子模 型解釋 現象	<p>二、斷掉的磁鐵的磁力變化探究</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.學生預測磁鐵斷裂後的磁力變化,並寫下想法。 2.兩人一組,合作操作觀察斷裂磁鐵的交互作用,並記錄下來。 3.請學生嘗試用科學家模型及觀察到的現象來說明磁鐵斷裂後磁力變化及背後的原因。 	<ul style="list-style-type: none"> ⊙預測活動讓學生想一想當磁鐵斷裂後,磁力可能發生的變化,並試著記下【想法】。鼓勵學生用科學家模型來思考,但不強迫。 ⊙觀察磁力作用時,提醒學生可以觀察磁極或磁力的變化。並提醒學生紀錄觀察到的現象時,可以用文字紀錄,也可以繪圖來幫助傳達。 ⊙兩人合作的安排目的在比對收集到的線索,比對想法。讓孩子可以嘗試評估訊息的正確性。

統整 活動 模型 的功能	教師統整: 藉由粒子模型，可以用來解釋現象，有時也可以用來做預測。	
-----------------------	--------------------------------------	--





科學家想像力放大鏡



預測

1. 根據上述內容，預測棒形磁鐵從中間斷裂後，中間的磁極分別是什麼？你是怎麼想的？

觀察

2. 拿取桌上磁鐵進行測試，記錄測試結果。

解釋

3. 試著解釋怎麼會有這樣的結果？



教學實錄



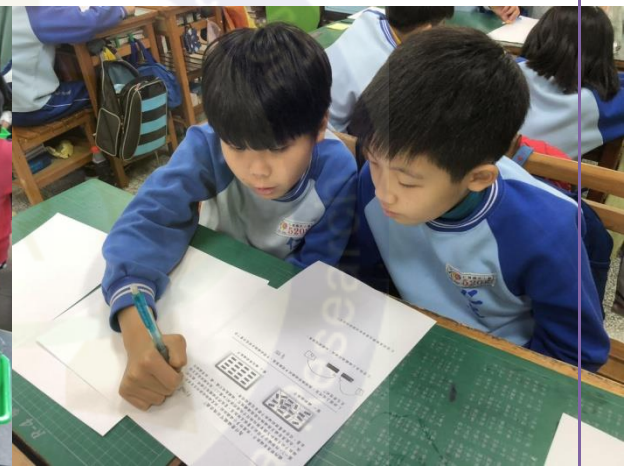
106. 11. 28 文化粒子教學



106. 11. 28 文化粒子教學



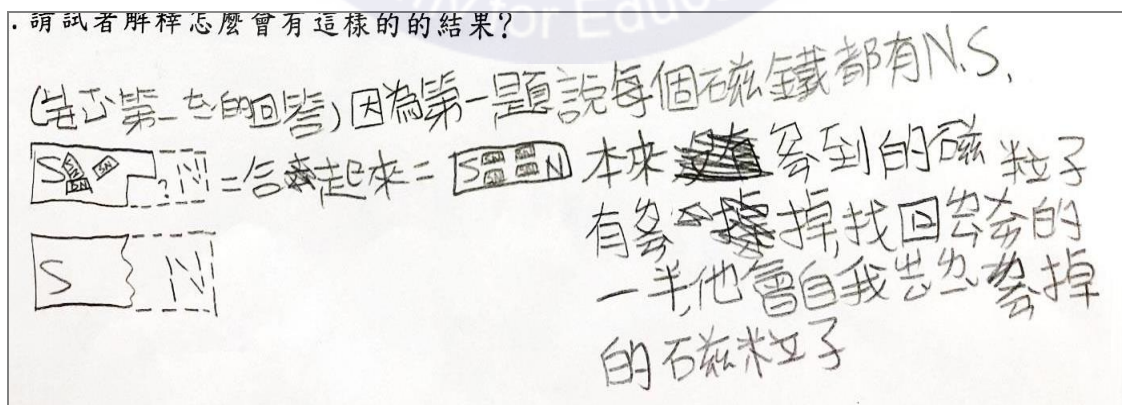
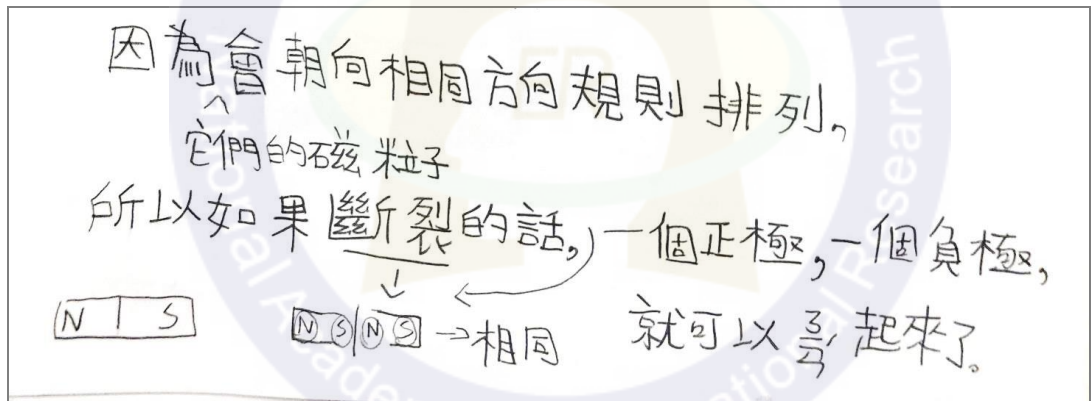
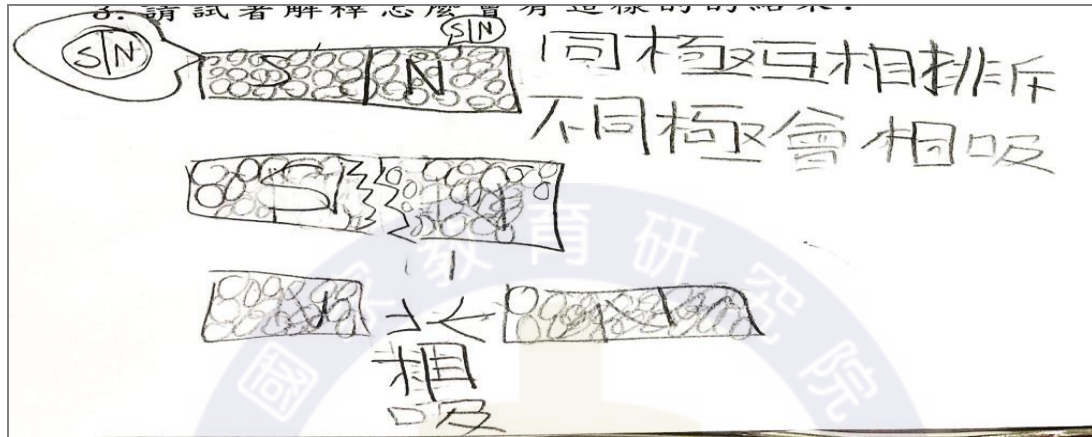
106. 11. 28 文化粒子教學

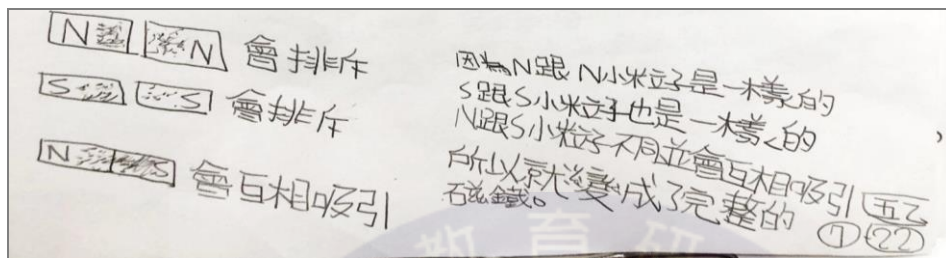
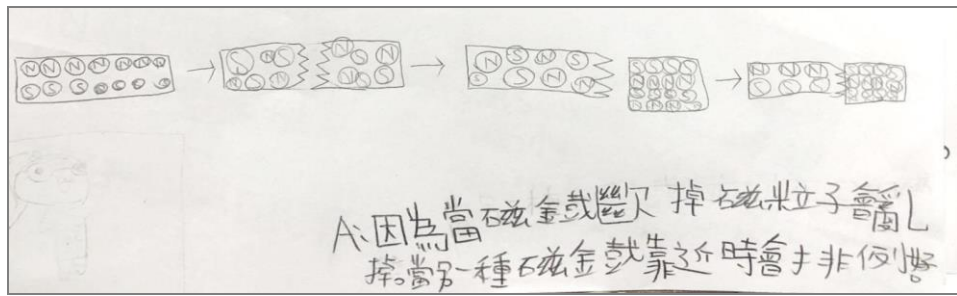


教學省思(陳靜宜, 107. 05. 03)

用磁力模型來解釋現象

第五節課，我們的教學設計是讓學生先透過閱讀，知道磁力的粒子模型後，讓學生預測斷掉的磁鐵間會有怎樣的交互作用，接著再進行實驗觀察，最後嘗試解釋現象。下面幾張圖是孩子的想法：

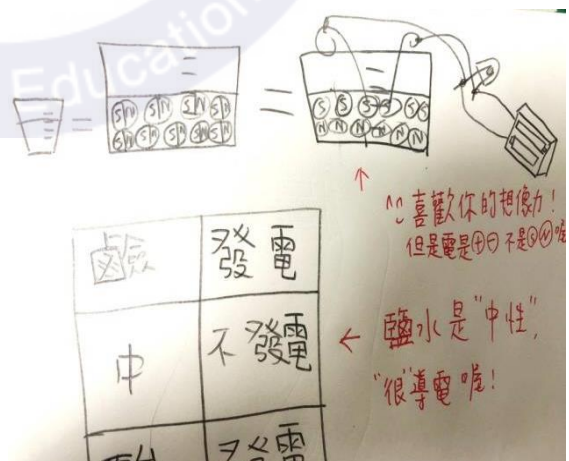




我們幾個老師在課後討論這個學習活動中，磁鐵該如何選擇？是不是要用同一塊磁鐵，打斷了以後再進行實驗。可是大家會覺得這樣的作法對學生來說「根本不需要預測」，很多孩子都有打斷磁鐵的經驗！那節課，我沒有用好磁鐵去打斷，除了因為「不忍心」，同時也因為殘、斷的磁鐵上還保有 S、N 的印記，我希望孩子可以因為這些不整齊斷面有更多的聯想。而且，斷掉的磁鐵很多，他可以有很多的素材可以嘗試。回到我們教學安排設計的初衷，我們想讓孩子體驗「模型」可以用來解釋現象，用模型幫我們來理解自然界的法則。

在共識營中，有老師提到磁分子模型正確嗎？還有夥伴質疑我們這個磁力活動安排在這個主題下會不會太跳 tone？想想也是！我們覺得應該做一些調整。我們認為，粒仔模型可以作為一種思考工具，在很多主題都有可能可以應用。

小晨在上完水溶液的導電度研究後，在日記裡畫了下面的解說圖，雖然對有學過化學的老師來說，這是一張錯誤的概念，但是，我覺得很有意思的是孩子已經開始嘗試使用他學過的模型來理解自己所面對自然現象。我們已經開始期待，也躍躍欲試，想看看在其他主題下孩子的創造思考力的展現。



大崙 107/3/9 共試營-本慧試教

試教前:

在大崙試教前，燕子老師已先行上第一節課，大崙的孩子們的反應，其實心理是很不踏實的，因為不太順，大崙的孩子較沈默，所以心理忐忑不安的，好幾天睡不好，即使是教了這麼多年的書，還好 3/8 日前到伙伴的學校，靜宜、淑婷，小碧老師利用下午的時間再討論，給了很多意見，從器材準備開始、回憶舊經驗、如何帶領孩子到上課流程等全部都說一次，伙伴一起修改，邊討論邊修，如氣味畫想像，應該由老師畫、學生想像老師畫、還是讓學生自己想像自己畫，討論到這麼細...，整個討論來來回回很多趟，終於定稿，晚上終於能好好睡了！帶著笑容入睡，好喜歡這種感覺，大家一起共備。

試教時:

在接續燕子老師的【細述咖啡】課程及淑婷老師【工具有其限制性】課程後面，要用思考工具_想像力，帶孩子觀察現象後要畫【想像】，這對孩子及我來說真的是挑戰，不知孩子會畫出什麼，又沒有標準答案，但前幾次的共備及討論後，今天較放心了，但還是有一點做不到，有這麼多伙伴觀課，自己又設定了時間，有時後孩子在討論時，擔心他們出不來，介入給予指導，變成有些組別以為我給的是標準答案，其實在沒有指導的組別，反而可以寫(畫)出有比對現象與想像的作品。

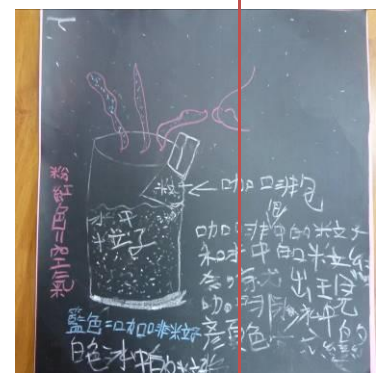
也很高興孩子們最後知道他們在經歷一場科學家的討論及達成共識間的對話、用證據去解釋一些看不見的粒子。知道想像力方式幫助科學家建立一種思考的模式、解釋的模式。繼續用這個模式孩子們也可以有很多發現。隨著人類發展的實體工具與思考的演進，科學家建立的模型可能再被調整或取代，這個過程是很重要的，希望讓孩子帶著這種方式來思考很多事情，不是只侷限於自然科。



學生想像咖啡在水中的粒子



學生想像砂糖在水中的粒子



學生想像咖啡在水中的粒子

試教後

記得試教完，燕子老師說我好像功力大增，是的，經過試教前一日，伙伴們把所有的功力都傳授給我，我吸收、消化後，試著把這些理念傳授給孩子們。

接著，是議課時間，我們的課程是已經經過多次改版，所以有很多地方沒有辦法在課堂上呈現及解釋，有許多被質疑、疑惑的地方：如沒有看到探究、不有趣、還有給建議_氣味，我們是用孩子最有共鳴的放屁，觀課伙伴覺得老師及孩子都有些尷尬，是否可以換成芳香劑等、孩子想像不出來...，很感謝觀課的教授、校長、伙伴們，那麼用心的觀看也給予那麼多的指導，也很感謝伙伴們在我詞窮時，能馬上接力回應並說明，如在聞到咖啡氣味時，我們也有想到芳香劑，但伙伴們覺得放屁是孩子們最生活化的例子，放屁本來就是正常的生理的現象，所以才用了放屁這個梗，可能是我表達得不夠自然，所以觀課伙伴覺得尷尬，但自己卻一點都沒有尷尬的感覺，反而覺得好好玩，樂在其中，覺得孩子們有被我撩撥的感覺。這點是我要改進的地方。

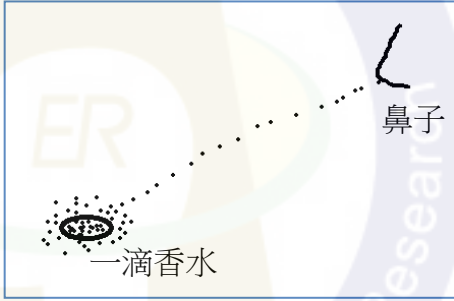
其實最後孩子在畫粒子想像及解釋時，是很多樣的，有考慮到除了水中的粒子外，空氣中的粒子也沒有忽略，在這整個過程中我的收穫是最大的，我覺得自己在做一件很有意義的事，還有伙伴們的陪伴，雖然有時候真的很累，但就是有人在幫你，逗逗你、互相打氣、體諒，課程設計就這麼完成了，其實不是完成，一直都在進行式。

敏而老師說的一句話，我一直在回想，[不是多說即多學]，我以為多說、重覆說即交代清楚，我盡到責任了!多說即多學嗎?此刻在我心中打了個大問號，其實孩子之間的對話、互學是重要的，我們在旁看看他們是怎麼學習的?才可以根據孩子的需求來提出協助，這對我來說是很大的改變，但我會持續提醒自己要這麼做。

評量(碧純 1070401)

沒有素養導向的教學就不可能產生素養導向的評量，素養導向評量是真實的、可能是課堂中的經歷，可能是生活中的問題，關於粒子在課堂中我們讓學生想像物質是由粒子組成，讓學生練習生活中的物質都是粒子組成，這些想像與練習不是憑空漫想，而是根據現象合理的推論，因此，若要針對這課程設計素養導向的評量，我想「根據現象合理的推論」應該是一大重點。

在這次的教學中，我們以學生的觀察紀錄、提問單等做為形成性評量的依據，我們也在課室中安排了「放屁」這樣的問題來檢核孩子們能不能將學到的粒子概念應用到生活中。最後，我們也嘗試了以下的命題，未來還有待繼續努力。

題目名稱	畫出符合現象的想像示意圖
情境範疇	
題幹	<p>下圖是解釋鼻子聞到氣味的示意圖。 這張圖符合下述現象的請畫「○」，不符合的請畫「×」。</p> <p>() a. 香水的氣味會傳到鼻子裡。 () b. 鼻子用力吸氣可以吸到香水的氣味。 () c. 在香水的周圍都可以聞到香氣。</p> 
答案	a. Ob. Oc. ×
學習內容	INa-III-1 物質是由微小的粒子所組成，而且粒子不斷的運動。
學習表現	tc -III-1 能就所蒐集的數據或資料，進行簡單的紀錄與分類，並依據習得的知識，思考資料的正確性及辨別他人資訊與事實的差異。
試題概念與分析	本題欲評測學生是否能將想像的示意圖與五官觀察到的現象相比對。

題目 名稱	讓人流淚的洋蔥
情境 範疇	生活
題幹	<p>你喜歡吃洋蔥嗎?這是一種很有營養的物質喔!但是在烹煮前分切洋蔥的動作常常使得家庭主婦「流淚」。根據科學家的分析，切割洋蔥的過程會產生 SPSO 這種化學物質，這種物質會刺激眼睛角膜上的睫神經，使得人們感覺到刺痛感。因而有人說可以把洋蔥先加熱，破壞造成刺痛的物質；也有人建議在通風處切洋蔥；更有人建議戴隱形眼鏡可以降低刺痛感。</p> <p>(本文參考科學人 2002 年第 5 期 7 月號編寫 http://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=columns&id=81)</p>
問題 一	<p>切洋蔥時，眼睛並沒有直接碰觸到洋蔥，為何眼睛會覺得刺痛?</p> <p>a. 眼睛看見洋蔥的切口，刺激到睫神經。 b. SPSO 的微粒散播到眼睛，刺激到睫神經。 c. SPSO 是一種有尖刺的物質會刺傷睫神經</p>
學習 內容	INa-III-1 物質是由微小的粒子所組成，而且粒子不斷的運動。
學習 表現	ah -III-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。
答案	b
試題 概念 與分 析	能應用諸如咖啡粒子散逸的現象，或是糖溶解在水中的現象理解洋蔥的 SPSO 微粒的散布現象。
問題 二	<p>關於「在通風處切洋蔥可以減緩眼睛的刺痛」，哪一個選項較合理?</p> <p>a. 贊成，通風處有較多的空氣流動，可以讓 SPSO 的微粒分散。 b. 不贊成，通風處的氣溫較低無法幫助 SPSO 微粒的分解。 c. 不贊成，流通的空氣並不能減少切開洋蔥時產生的 SPSO 微粒。</p>

學習內容	INa-III-1 物質是由微小的粒子所組成，而且粒子不斷的運動。
學習表現	ah -III-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。
答案	a.
試題概念與分析	能應用物質是由小粒子組成改念，同時流動的空氣是許多微粒的運動，通風處的 SPSO 微粒會隨著空氣的流動而移動。
問題三	如果「戴上隱形眼鏡可以降低降低切洋蔥時的刺痛感」的話，戴上眼鏡或蛙鏡的結果一樣嗎？請寫出或畫出你的看法。
學習內容	INa-III-1 物質是由微小的粒子所組成，而且粒子不斷的運動。
學習表現	ah -III-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。
試題概念與分析	這一題用來評測學生是否有微粒會不斷運動而且隨意散布。戴上眼鏡時，眼球仍然可以接收到來自切開洋蔥產生的 SPSO 微

粒子大概念教學研發與素養導向教師專業成長之路

面臨教育改革的思潮，做為第一線的教師如何因應、調適？我們嘗試著回溯這半年多來，桃園粒子團五人小組並肩構築的教學風景，也嘗試著訴說途中的心路歷程。藉由書寫，期許自己再次梳理堆棧了的教學信念，也希望微不足道的這些小心思，可以作為未來課程發展或教師專業成長模式的參考。

教學專業研究的傳承之路

和教育研究院一起合作進行教學研究已經好多年了，我們的組成除了研究員黃茂在教授、吳敏而教授，還有陳守仁老師、林秋麗老師、謝明鳳校長等前輩教師們。我們曾經利用營隊的方式來開發一些教學活動，偶爾也會在一般課室中進行教學研究，從這些活動中，總能從前輩們或教師夥伴那兒獲得許多啟發。我常開玩笑的說，很怕跟師父們一起工作，因為總會發現自己還有好多不足及待改進！在心中，總是暗自慶幸可以有這麼棒的機會，聽著、看著這麼專業的前輩，享受「開眼界」、享受「被感動」的滋味。在師父秋麗和敏而、茂在教授的陪伴下，共同完成了「熱」的教學實驗後，我開始期待著這樣的教學社群可以有更多的夥伴參與，深知教學研究工作是吃力、有壓力的苦活，但是對教師專業成長助益既深且遠，按下擔心被拒絕的自尊心，鼓起勇氣向自家桃園團的夥伴們提出邀請，大家「竟然」都願意參與，心中的喜悅實非筆墨所能形容。期待著將有一群人一起發展課程，一起做夢，一起築夢踏實。

我們面對的第一個挑戰是要設計「粒子」大概念的教學，對於這個有點熟悉但在教學現場是如此陌生的概念，我們一起在腦中建構教學的可能性，透過腦力激盪、共同想像、彼此質疑及反覆的試教、議課後，形成了目前暫時共同「喜歡」的一種教學樣態，我們也知道，未來還有許多變化、調整的可能性，因為我們相信，沒有最好的教學，更重要的是在這過程中，做為課程開發及教學者的我們，思考過、實踐過所衍生的教學信念。（陳靜宜，107, 03, 01）

超過八年多沒有接觸自然領域的教學，這次回鍋桃園自然領域後，順理成章地跟著教育研究院的計畫。跟著粒子團一次次的討論，瘋狂的聚會、對話、試教、被打槍、找資料、教案打掉重練之後，似乎找回教學的初心。這一陣子，同事知道我晚上、假日都常要跟粒子團開會，時間被壓縮，也有產出的壓力，但講到課程時，我們眼中有光芒，心裡很滿足。

在討論課程之餘，粒子團也彼此感恩。感謝我們團裡的前輩—靜宜，覺得她

的教學功力對我而言，是那樣的遙不可及，但卻願意花時間在我們身上。在有人帶領之際，大家都覺得要把握機會，一起努力學習，也一起盡力付出。

這一次參與課程設計，挺享受這種共備的氛圍。這次很特別的是除了各自在教室內試教以外，幾次的對外分享、研習課程試教，我們都採用全部討論完畢後，再抽籤決定工作的模式。我們自己戲稱「天公伯」選材法，但是回頭看卻覺得這樣的方式蠻好的。大家在討論的時候，是真的用客觀的角度，從教學是否達到教學目標去檢討。而且在看完試教之後給予夥伴回饋時，大家也都能確認是針對教案本身。也因為如此，觀課者能放心地給出建議，而不擔心對方誤會。(陳玉燕，107.04.25)

這看似巧妙的「天公伯」選材法，其實背後的設計者是敏而教授，她建議我們不要先指定教學者，為配合研究的推動，希望能稍微分工，需要有會議記錄、觀察者及助教。我們五人小組遵從著這樣約束，但有稍作調整，我們總是隨緣的、隨意的、隨機、隨.....便的安排著彼此的工作，反正事情都會有人扛的！或許就是這種相挺的情誼，誰抽中了，誰就上場，嗯.....，其實也可以換。重要的是其他夥伴絕不會置身事外，因為這是「我們的」課程。

在這個階段告一段落的現在，驀然回首，這段同甘共苦一起拚搏的歲月，刺激、挑戰、創新醞釀了我們共同對十二年國教素養導向自動好課程的第一縷芬芳。(陳靜宜，107,03,01)

謝謝各位「盡力了」的孩子

一次在台中夥伴楊宗榮主任的粒子教學後段，開放他的教室讓我們這群觀察者進去跟孩子互動，當時我嘗試跟一組孩子互動，我問孩子，上了一堂「粒子的課」，現在你吃糖果時，想法會不會有改變？糖果可能會變得更小、更小，那如果再繼續拆解呢？「應該會變更小.....」孩子們試著、想著、回應著，然後，一個孩子用疲累又撒嬌的口氣說道：「我盡力了！」聽了不禁會心一笑！是啊！一直逼人家想！還真的挺累的！當我因憐惜而不再追問時，又聽到那可愛的聲音：「可能會變成三角形、四角形！」孩子雖然說自己盡力了，但是他仍願意盡力的想下去。當學習動機一旦引發，孩子是願意「盡力」學習的。這場對話提醒自己，或許作為教師的我們應該努力的是如何貼近孩子的思考，才能幫孩子搭起合身的學習鷹架。對孩子來說，如果沒有具體的思考憑藉，而只是空泛的「想像」，並不容易！也未必達能到學習目標。(陳靜宜，107.03.01)

後來我們也因為「盡力」這個語詞別具深意，我們甚至將我們這群也想為國

教盡點小心力而努力進行「粒子」大概念教學設計的老師，俏皮的命名為「r 勁粒團」！

多年的教學下來，總覺得孩子是我們最珍貴的老師，來自孩子們回饋的訊息，總幫助我們對教與學有更深層的體會。即使我們花了許多時間做了大夥都覺得是「精心設計」的教學唯一能檢證這個教學設計優劣的也就只有學生了。我們前前後後做了許多次的試教，來來回回的備課、觀課、議課，不斷的調整與修正，著實感謝這些參與實驗教學的孩子們。

記得有一次，要孩子試著用「小元件」來想像彈珠放到水中的現象，發現有一組的孩子看著透明塑膠杯裡的彈珠，呆若木雞，我在它們旁邊反覆提醒了幾次，依然文風不動，後來，我不解地問，你們怎麼不畫看看，孩子問：「老師，你是要我用小點點畫出彈珠的樣子嗎？」「你早一點這樣問，我就知道了嘛！」然後整組人噁噁喳喳一下子就畫出了它們的想法。事後我還把孩子找來，謝謝他們提供的訊息，還抄下了他們的問句！（陳靜宜，2018.03.01）

在教室裡的孩子們的回饋做為基底，教師專業對話反思引路，幫助我們有修正的方向與動力。

從我不會教到粒子教學初想像

一開始面對這個不曾出現在國小的概念，我們揣度著孩子要如何學習？應該如何鋪陳？如果直接跟孩子說「科學家說物質是由粒子組成」，五秒鐘就教完啦！

粒子-物質組成的最小單位，包含了電子、中子、質子等，當老師面臨新的教學內容時，常會以之前的學習經驗為底不自覺的照著教，因此，當面對粒子課程放到國小階段時，腦中直覺出現的就是國中所學的電子、中子等科學知識，而這也是學粒子最基本的知識了，還能有比這個更基本的知識要在國小教授嗎？

與團隊討論無數次，每每一個想法出現後不久又被駁回，我們不斷的思考：12年國教將粒子概念下放至國小的本意在哪呢？學生提早學習粒子有什麼用呢？粒子概念在生活中有甚麼應用呢？國小要教授的粒子大概念是甚麼？許許多多的問題不斷的浮現，我發現如果無法釐清這些問題，我真的不知道要教什麼，我真的不會教。（賴碧純，107, 04, 01）

要把「粒子」概念放入國小課程中，我們遍尋了以往的經驗，想著在哪個單元可以放進來？「毛細現象」！水的附著力和內聚力，這似乎是一條可行的路徑！如果想像水的小粒粒彼此之間有一股特別的力，而水的小粒粒和其他物質間也有不

等同的作用力.....，應該蠻有趣的!所以我們就想著用染布的活動，從溶解現象開始引入，接著引入蠟染、絞染等等，當時我們還想了許多有趣的粒子術語:「小粒粒交朋友(類比粒子的附著力)」、「小粒粒快走開(類比粒子間的推拒力)」。而今想來莞爾，我們這些當老師的，就是喜歡教知識，甚至無所不用其極的找**類比**。難怪敏而常要提醒我們不要那麼多刻意營造的語詞!

評估染布教學複雜度高，所以我們決定棄守，打掉重練。轉戰「小粒子，大世界」，以小粒粒組成我們所見的世界為整個課程發展的脈絡。

「切、組成、元件?」該從何下手?

我試想著如何寫「小粒粒大世界的閱讀文本」，剛開始我從切、分物體作為文本發展的開端。這個想法在團隊留存的壽命很短，在小組開會中被秒殺，才「幾秒鐘」就被夥伴打槍。夥伴回應道，曾經問過陳文典教授，老師拿起一物體說:「如果這物體分下去，再分下去，再分下去會長怎樣?『分』的概念比『切』好，因為切是分;溶解是分;磨是分。溶『解』，你看不見，但它存在。」(陳淑婷 107, 04, 29)

當時有夥伴提到:「切出去，還是原來那個東西，只是比較小塊，跟粒子一點關係都連不上，那我們寧願用分。以作用上來說，切比較是物理性的作用，要用這個觀點來連到粒子，依照我們對學生學習的認知判斷，我們認為有些困難。討論了半天，最後我們決定不切、也不分，用「組」的概念，從「色點組成色塊」類比「從小元件組成物質」，物質再組成更巨觀的世界。順著這個思維脈絡，我們嘗試發展了積木的教學設計。為了幫學生搭鷹架，我們以最近有點夯且為孩子們熟悉的積木做為起始點，透過積木的組合及影片的方式，幫孩子搭起想像力的橋樑。我們希望能讓孩子理解巨觀的世界其實是由無關的小元件所組成。



初發想的課本主題頁

賴碧純老師的小公子鄧祺耀同學幫我們拍了 300 張積木組裝照後組成動畫。
藉由這段影片作為小元件組世界學習的起點。



除此之外，我們還將積木體驗活動精心設計，讓學生從「組成最大空間」，企圖讓學生鬆動原本積木只有實實相扣的觀念；「看起來最小」，試圖讓學生體會粒子組合的空間思維；「組成最堅固」，希望學生思考粒子的排列組合與彼此間力學的作用。

我們「精心設計」了這些活動，是為了幫助學生「建模」而設計，目的在讓學生對粒子組合有更多的思考工具。

坊間有許多積木模型，例如碳 60、水的化學鍵等，利用實體積木呈現粒子的某項特性，運用類比讓學生學習抽象的概念。課程設計初，思索物質是由粒子組成，積木組合是由積木組成；物質內的粒子有許多種，彼此的結合方式有的緊密、有的鬆散，積木組合內有不同造型的積木，可以緊扣、可以散放，若以積木為鷹架，提供學生思考粒子的工具，以具體的積木試圖建立抽象的粒子模型。(賴碧純, 107, 04, 01)



形成最大的範圍



看起來最小



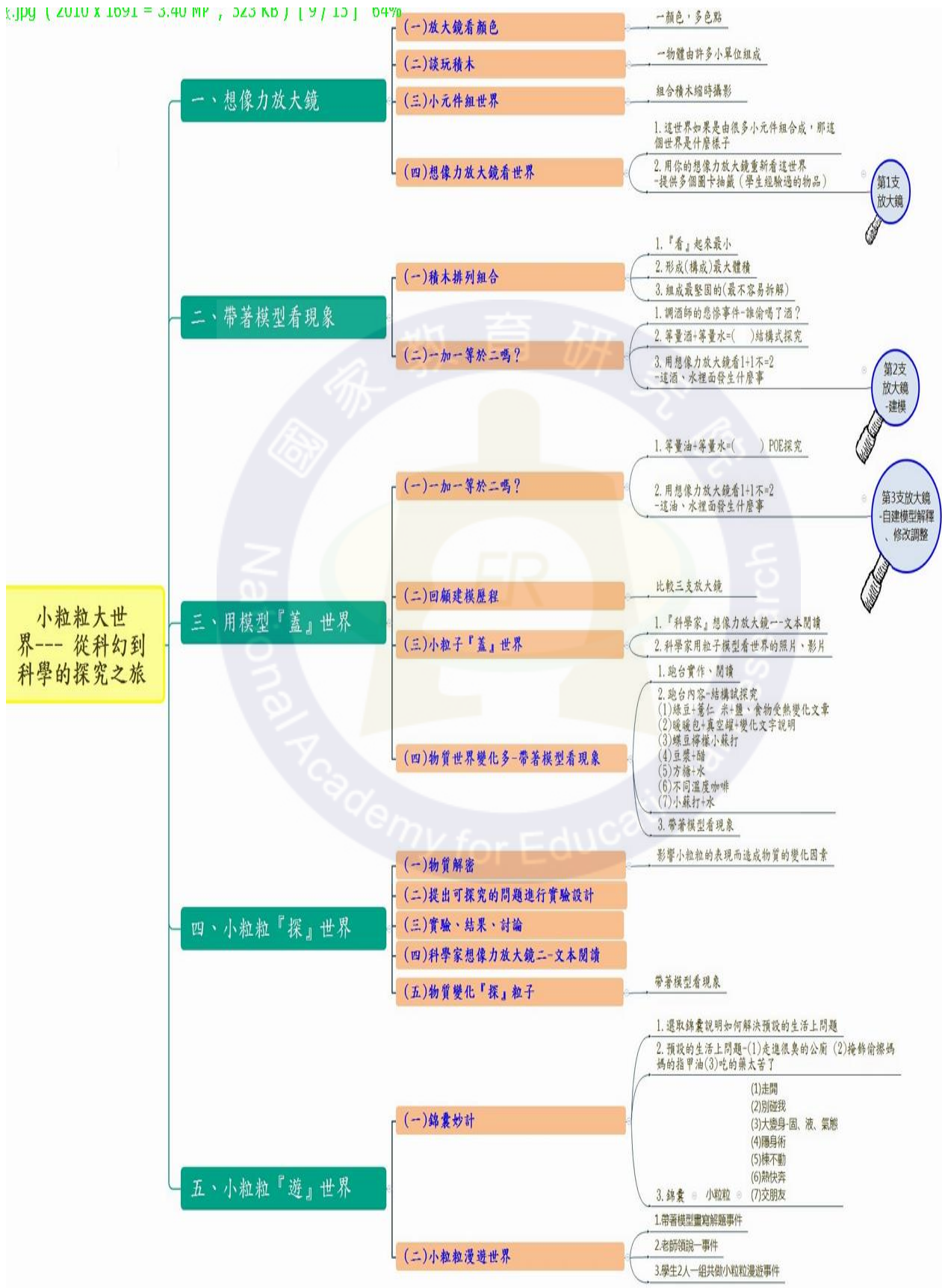
最堅固的組成



最堅固的組成

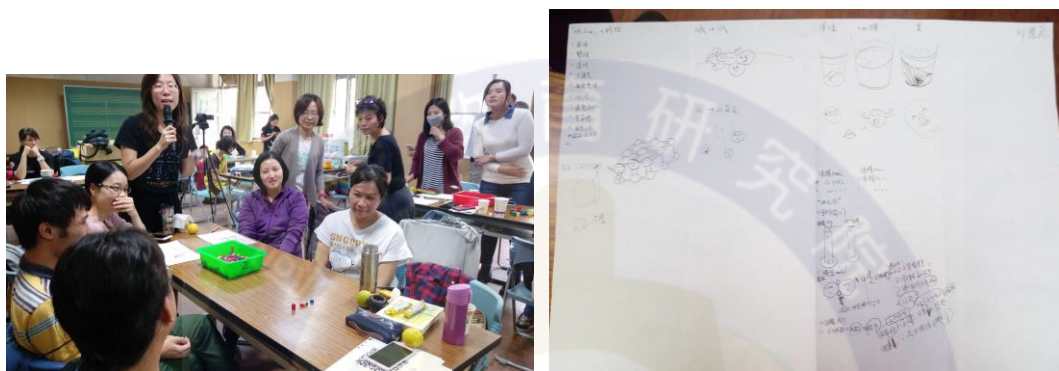
小粒粒·組世界第一版

1.jpg (2010 X 1091 = 3.40 MP , 525 KB) [9 / 15] 04%



國中的兒子自然課本提到酒精加入水中，水溶液的體積不增反減，我們團隊老師也認為這個現象可以做為粒子交互作用的實例。於是我們也嘗試了這個實驗，果真發現好多值得探究的問題，我們就把這個設計放在教學裡，和孩子一起探究酒精粒子和水粒子之間發生了什麼事？在這裡設計 POE，讓孩子先預測。

在還沒跟孩子試教前，先在市內自然教師研習場域與老師們進行探究，發現變因很多，酒精的濃度、酒精粒子和水粒子的反應(變熱、顏色變濁…)自己都很難解釋，又經過共識營內的團隊的討論，並給予意見，決定改掉這個設計，所以酒精加水並沒有在課堂上試教(本慧 20180401)



1061111 教師研習

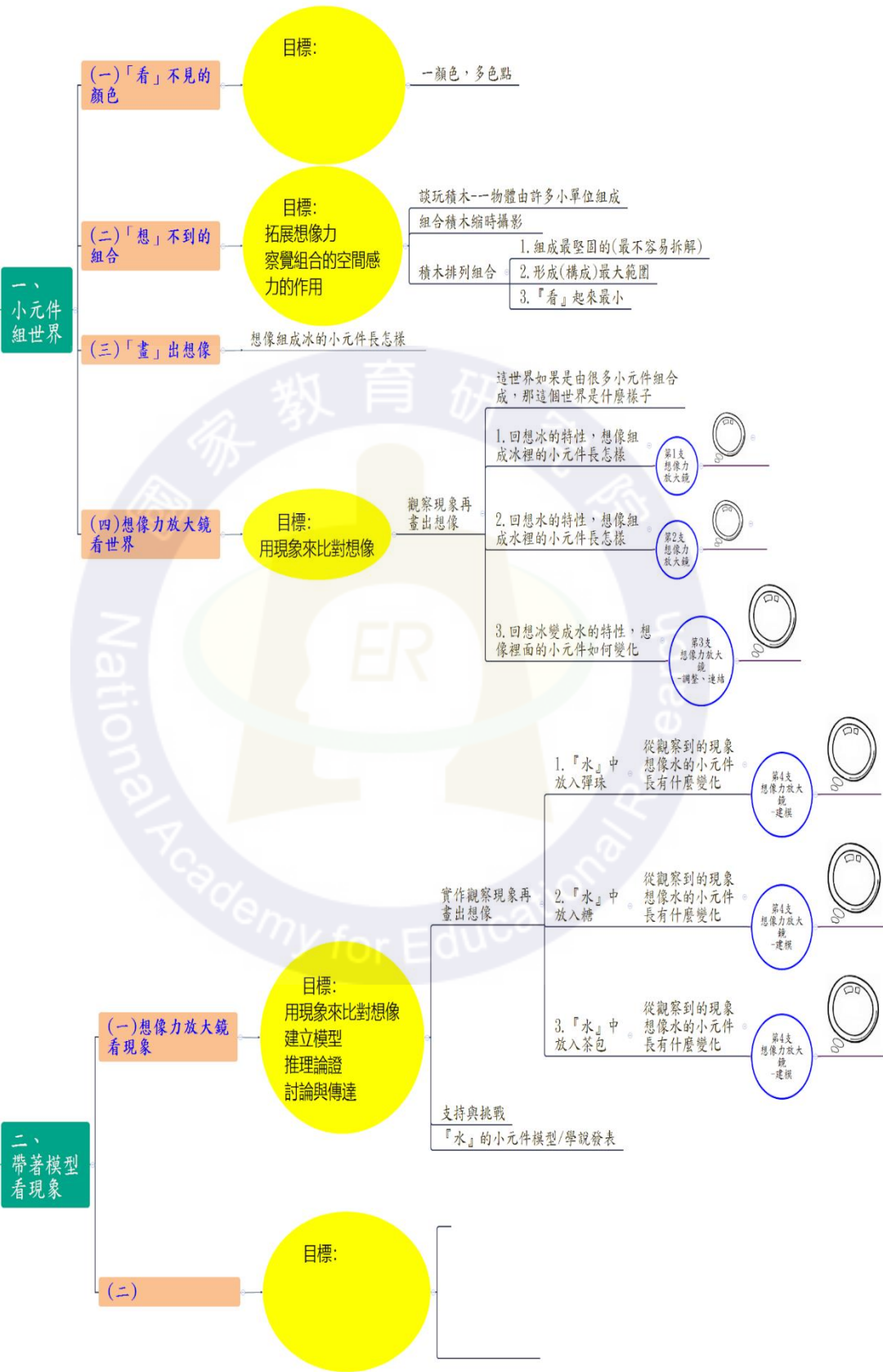
第二版，從三態的粒子模型解釋溶解現象

抽掉酒精和水實驗的我們，當時還是繼續維持積木的教學活動，我們聚焦在水的三態變化，希望孩子透過積木的想像力過程，嘗試去想像冰、冰變水、水的粒子樣態，然後鼓勵孩子們嘗試用自己建構的模型來解釋物質溶解、不溶解的現象。

粒子課程要如何讓孩子學習，討論過很多次，剛聽到組積木可以讓孩子想像較具象，想用積木來模擬粒子的運動，也試著用在教學上，很開心的上了3個班，我們有6組不同的積木樣式(有各種造型、有大有小、有立體有平面…)，設計積木的組合，想要讓孩子知道粒子有很多種組合的模式如交朋友、無法結合(排斥)…孩子操作完可以說很多…有些粒子合在一起結構不容易拆解、有些粒子距離很遠…看起來很大、看起來很小，孩子的反應也很好。有孩子提問人是不是也是由粒子組成的？問孩子為什麼會這麼想，孩子回答說：人體是由氣體(肺吸氣、吐氣)、液體(血液)、固體所組成的。嗯！孩子能想到這樣，感覺真的很不錯。(本慧 20180401)

小粒粒，組世界第二版

1061116



小粒粒大世界---科學的探究之旅

我們帶孩子「建模」？

我們以為我們幫孩子搭了「積木」的鷹架，企圖讓孩子藉此經驗粒子建模的歷程，當時我們覺得已經準備「完備」了，但在研究團隊茂在教授對於「建模」歷程的質疑時，我們一開始還無法認同。我們去試教時，孩子也能依照我們的教學目標進行學習，在「組成最大空間」時，孩子們一開始還很侷限，但當我們暗示孩子可以突破時，大部分孩子很快就能將積木「組成」很大的空間；孩子們能將積木排成長列，並選短軸一側觀察可以形成最小面積；為了組成最堅固，不同類型的積木也都有孩子掌握最堅固的原則，並能進行簡單的驗證活動。

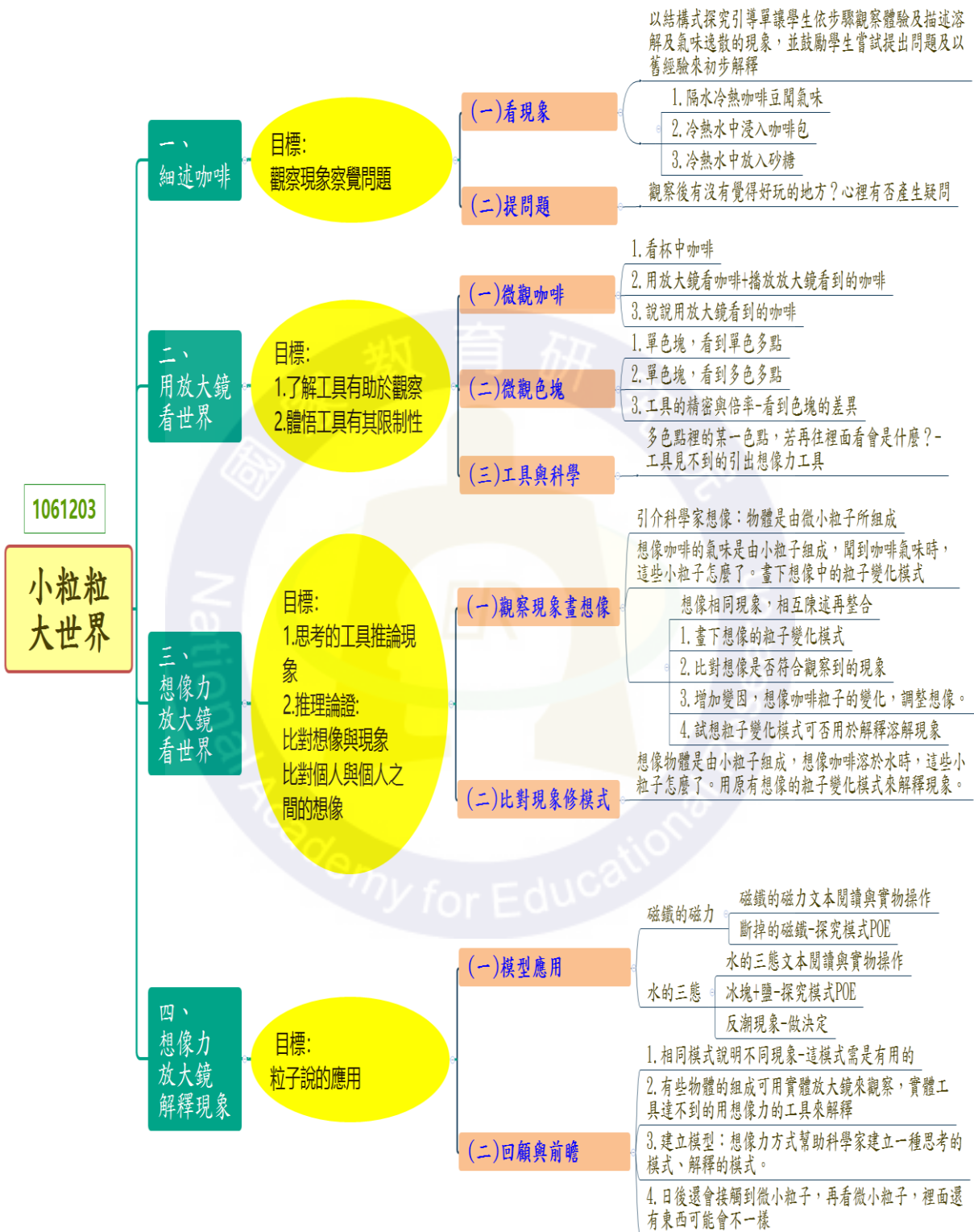
今天上自然課要錄影,所以很緊張;老師今天發給我們小積木,來做一些東西,而且老師還給我看紙用什麼組成的,之後老師發了水,加入不同的東西,看它有什麼變化,可是老師這可以學到什麼?

是，孩子的確是按部就班的照我們的「設計」路線走，但是，就如鄭生在日記中寫道：「我們學這個要做什麼？」孩子這句由衷之語點醒了我，我們似乎也把孩子當成積木，按部就班的組合了課程，但對孩子來說，並不知道自己解決的是什麼問題，或者無法掌握這個學習活動對他們的意義。經過一些激盪及反思後，驚覺，到目前為止我們似乎發展了一套為粒子而粒子的教學活動，我們忙著處理腦中眾多關於「粒子」怎麼教、「粒子怎麼組成物質」的教學如何鋪陳等困惑，夢想著我們可能可以帶孩子「建模」，當時還洋洋得意的落了一句：「蓋得過逐三百年(台語發音)，蓋未過逐典範轉移。」玩笑的背後是我們將科學本質中科學知識是需要社群認同的概念藏在課程裡，我們開心我們的教學不僅教大概念，連思考智能、科學態度都帶到了！（陳靜宜, 107, 03, 13）

因為茂在教授的質疑，我們試著對建模的定義做了更多的了解，關於建模的定義很多，尤其數學較多教學討論。科教方面，邱美虹教授有較完整的論述，對照邱美虹教授關於建模教學的一些意見，我們覺察目前抽離現象的「教學」歷程似乎有待商榷！不知不覺間，我們其實已然走上了一條背離情境脈絡的教學路。因為這個覺察，我們緩步的走向「細述咖啡」的路。



小粒粒，組世界第三版



為何是「咖啡」？

雖然我們的任務是以粒子大概念作為學生學習的重要目標，教學設計仍希望符應素養導向的學習，強調學生能在情境脈絡中學習。後來我們決定還是以咖啡溶解的探索作為學習活動的情境，主要是在台灣處處有便利商店，店店有咖啡香，泡咖啡的經驗對學生來說不算陌生。這有助於讓學生在情境脈絡中學習，符合素養導向教學的設計要點，同時讓孩子從情境中察覺問題，繼續探究後，再回到日常生活情境來解決與溶解有關或者氣體微粒散布的問題。

曾有教學夥伴提出質疑：「咖啡孩子又不能喝，為什麼不用更貼近孩子的飲料當主角？原本，設計課程時，因為比較了用放大鏡觀察牛奶和咖啡的效果，所以最後決定用咖啡當主角。但團隊在課程成形之後，針對這一點再次討論，我們認為一來即便孩子不能喝咖啡，但是咖啡的氣味絕對在學生腦海中有清晰的印記。二來在實驗室中強調的五官觀察中，咖啡也同時具有培養學生氣味的觀察的成效。（陳玉燕 1070426）」

如何引導孩子【想像】？

這次的教學設計脈絡是希望學生透過思考「物質是由微小粒子組成」的這個概念，藉由觀察液體、氣體中肉眼可見巨觀現象的細微變化。再提供有關粒子閱讀資料，理解粒子看不見不代表不存在，最後請學生想一想畫一畫粒子是怎麼移動的？當學生努力觀察茶包放入水、糖放入水，在閱讀完資料後，還是很難想像看不到的粒子是怎麼移動的。孩子似乎需要更多的鷹架！（陳淑婷 1070429）」

因為想讓學生體驗物質是由微小粒子組成的，開剛始設計課程的時候會鎖定在「微小」，想讓學生經驗物質可以分解成更小的部分，最後到體認「看不見但它是存在」。所以，在設計教學流程之初，我們很在乎教學活動中學生是否真能看到溶液裡的布朗運動。於是教學素材從牛奶換成咖啡，實驗器材從肉眼到放大鏡再到可放大 200 倍的手機顯微鏡，這一切的轉換就單單只希望孩子能「看見」微小粒子。

但隨著後來教學主軸討論的更具體之後，第一部分「細說咖啡」收集完學生觀察到的現象之後，第二部分的「用放大鏡看世界」的教學，就是讓學生知道工具可以幫助我們觀察，但是工具有其極限。接著帶出當初科學家遇到研究的限制時，他們是怎樣想像力去完成研究。在這個教學定調之後，回頭再看當初我們花許多時間實驗，哪些溶液在課堂之中容易讓孩子看到布朗運動這個執著已不重

要。在這裡的教學，只要知道有時工具能幫我們看到肉眼不同的景象，而工具的幫助也是有極限的。只要能達到這個教學目標，用什麼教學素材、實驗器具就都不是很重要。(陳玉燕 1070426)

那如果看不見的粒子在教室中無法操作示範，我們又該在課堂中教什麼？這是我們粒子團隊不斷地在問自己的問題？回想粒子論點的提出，不就是科學家收集已有的訊息，加上想像力推論與驗證，接受其他人的質疑與挑戰。我們常強調「軟實力」非常重要，但在教育現場中，似乎很少教導學生利用想像力有系統的想像。孩子的心理覺得科學家是遙不可及的偉大形象，若能結合在課程中不僅僅可以教授粒子，還希望孩子能學會緊扣住自己的觀察現象發揮想像。讓學生知道沒有器具操作實驗驗證的時候，是可以通過蒐集的資訊，或者已有的現象證據作為論證，甚至想像實驗來說服科學社群，有時也能獲得認同。(陳玉燕 1070426)

第二次「細述咖啡」的教學活動，我們遇到了一組很好的觀察家，他們沒有動到咖啡，讓我們有機會仔細地觀察到完整的變化歷程。咖啡液體沿著濾袋流到最低處後，再沿著袋口的方向往下垂流下。不久後杯底顏色漸深，過了一段時間，底部深咖啡色才逐漸上升。我思索著過程到底發生了什麼是？首先，部分無法完全溶解的咖啡顆粒因為重力而往下沉，接著部分咖啡微粒隨著水的微粒的震盪而逐漸擴散。

因為，粒子模型本身就是個假想的「模型」，或許我們無須在真實世界中找到可以「看見」的現象來幫助孩子建立此模型，我們選擇讓孩子理解科學的「想像」可能是怎麼一回事，那不是絕對正確的事實，而是大部分科學家認同的一種假設。這是一種創造思考的歷程，有別於天馬行空漫無邊際的想像。

回到教學，我們藉由情境的引入，讓學生經驗多層次的咖啡水觀察，並引導孩子試圖用粒子來解釋現象，理解咖啡加到水中的溶解現象。並透過學習社群間的意見交流，以符合現象的論證依據，逐步修正自己的假設。這個過程，孩子理解目前自己的模型並非完全正確無誤，他們也有機會體會到「對現象有更多、更深入的觀察會有助於模型的完整」。

粒子的迷思概念？

「物質是由粒子組成的，粒子不斷運動。」就這樣，有什麼好教的？而前輩們卻一再叮嚀：「不要教出迷思概念」，這些善意的提醒讓我們不得不放在心上！在幾番的教學省思，與眼見為憑的現象間對話後，才慶幸的察覺自己也有許多的迷思概念及錯誤認知！

敏而曾提醒我們：「比喻法是兩面刃，使用比喻的同時要小心反面造成的錯誤概念。」聽到粒子二字，我嘗試回想自己學習粒子的經驗。想著如何在教室中，藉由具體的教具來模擬粒子的特性，藉以讓學生更能想出「粒子」。在每一次討論中，或是共識營的發表裡，慢慢與團隊也取得一個共識，如果模擬的方式會讓學生對粒子造成另一個迷思，在無法把握到學生到底會在演示教學中，收集到哪些訊息，那我們就捨棄這樣危險的教學設計。我們期許自己：「不要為了一個教學目標而製造另一個迷失概念。」（陳玉燕 1070426）

教學研發會議中，茂在老師也一再提醒我們，用積木當鷹架的危險性，怕孩子用積木來當思考工具，因為有很多粒子的行為是積木無法取代的，粒子是用想像的，若孩子用積木來思考可能會產生更多迷思概念。所以我們把組積木課程放在隱藏版，紀念我們發展的軌跡。（蔡本慧 20180401）

「細述咖啡」的教學活動，讓我們第一次這麼仔細的觀察一個溶解過程，那個長在腦中的「擴散」現象也試圖一意孤行的強行解釋眼前的一切，第一次看到咖啡分成兩層時，直覺認為咖啡從上方逐漸溶解下來。記得當時茂在老師提到：「擴散速度沒有那麼快。」這是我從未思索過的問題，也是促使自己繼續探究下去的動力。在粒子模型中，粒子小到眼睛看不見、幾乎無重量、會震動或滑動，彼此之間有些有特殊的力存在。而這就是個「想」出來的模型，所以如果用一般的力學原理來思維恐怕就要落入所謂的「迷思」。譬如：別以為粒子在流體中可以快速地往同一個方向移動，其實在流體中，粒子間因為震動或不規則碰撞的關係，導致粒子往外移動的速度是很緩慢的。相較於流體因為溫差而產生的熱對流現象，這樣的前進速度顯得微不足道。就如台中團夥伴在應用乒乓球進行粒子模型體驗時，有夥伴提到要儘量減少重力的因素，這些都是對粒子模型的認知不夠，而未能援引較適當的類比經驗。

為了讓學生有機會觀察布朗運動，我們幾個曾「盡力」的進行教學研究，一開始我們觀察牛奶，那一次的觀察，有人很興奮的喊著：「我看到了！」也有伙伴壓根看不到。幾個人攪著腦汁，充滿了疑惑。我們想著要怎樣才能讓孩子們「看到」微粒運動？後來我們試著試著，試到了咖啡，我們看見了咖啡渣在水中明顯的震動著。我們幾個興奮的說著：「就是這個了！」如果以粒子模型來解釋，那個眼睛看得到的咖啡微粒的振動，是來自那些我們看不見的粒子的擾動，而這些看得見的咖啡微粒並不是粒子模型中的「粒子」。這些觀點，必須經過來來回回的省思才逐漸清晰，畢竟粒子看不見，眼見不為憑！關於粒子的特性，需要靠「腦」來建

構，是推論、想像來的！

在大崙國小進行的第三四節是教活動中，最後的一個學習活動安排進行咖啡溶解組與糖溶解組小朋友的交流，在兩組互動後，我聽到一位學生深吸了一口氣後，沉穩地談到：「我覺得這兩個實驗根本是一樣的啊！咖啡粒子會散布到空氣中，也有些會在水中解體並隨著水移動。」另一位同學質疑：「可是糖只有在水中啊！」「可是，我覺得糖應該也會有在空氣中」因為沒有「聞」糖水的經驗，孩子們聞一聞冷、熱糖水後，在熱糖水中聞到了糖的香氣。進而同意了同學的觀點。

在這個過程中，孩子彼此間互相質疑、互相修正甚至共同建構彼此認同的模型，我想，這是一趟難得的科學本質體驗之旅，老師不用教很多讓學生誤以為是千真萬確的知識；而是設計一種讓學生透過探究的滾動式學習，從中涵養重要的科學態度甚至科學本質觀，也嘗試去應用知識，理解科學知識的限制，進而保持著好奇與動腦、動手的習慣。藉由多方的體驗、整合，逐步形成「概念」。我深信，當一個人願意隨時保持「變」的心態，「固著」的迷思概念會比較有機會進行調整甚至修正。（陳靜宜, 107, 04, 01）

教與學的共變歷程

我們共作的任務是進行粒子大概念的教學設計、課程研發，但走到現在，不僅僅是完成了一個小單元的教學設計，在整個已素養導向為前提的思維下，我們關心如何鋪陳「學習」，我們關心給孩子那些學習鷹架、安排那些學習任務，我們也關心教室裡的學習氛圍，希望孩子不僅跟老師學，也要跟同學一起學，更可以自己獨立學習。

在帶過孩子細述咖啡的課程中，強調孩子再看進去，孩子真的能細心觀察加上想像，最近在上水溶液單元時，一開始觀察鹽溶解，因為細述咖啡課程裡有觀察過糖的溶解，所以在觀察鹽溶解時，很快的就進入細微觀察，如鹽在水裡的聲音、油絲、顆粒大小分布範圍....完全溶解後還可說出鹽粒子及水粒子之間發生什麼事，當鹽在水溶液中飽和時，也用粒子來解釋看到的現象。孩子學會用粒子來解想像、解釋、比對一些現象。學生多了一個思考工具--想像力。也經歷了一段科學家在思考、修正、調整、與大部分的科學家在形成科學共識的歷程。（陳淑婷 107, 04, 29）

以往課室的風景是開心地做實驗就挺不錯了，但我們更希望孩子在科學教室裡，除了動手做實驗，也能涵養思考智能及科學態度。這次的教學，我們讓教室裡不是只有動手做、學知識概念，我們也讓孩子有更多的觀察、紀錄、傳達、溝

通甚至創造思考的學習。教室裡的風景多了專心的、忙碌的、沉思的學生，多了一位遊走在行間欣賞學生表現，適當時機當一下「教練」的老師。

「以前覺得秋麗、靜宜的教學方式很不同，我很欣賞。但對於我而言是遙不可及的。在自然課室，總覺得老師得控好全局，定好學生學習的方向，這種課室現場我可以安全地達到教學目標，學生也不會錯過該有的知識概念。而在這一段時間經歷素養導向的教學設計歷程中體悟到，老師不是知識主導者，知識脈絡重要，但不是唯一。老師在課程裡是設計者的角色，教師要鋪陳孩子怎麼學，要思考的孩子怎麼學。從體悟再到課室現場實踐還很遠，藉由一次次的討論、修改、調整再試教，相互觀課，才覺得自己好像較能執行這理念。(淑婷 1070429)

以往的自然課室，學生照著老師精心設計的腳本走，看似完美的鷹架，卻也成了框住孩童獨立思考的支架，這一連串教與學的歷程鬆綁了以往追求精準的課程，雖然在掌握上還不是很流暢，常不小心就偏離了大概念、抑或過於心急讓課程知識取代了概念，但藉由一次又一次的教學、與夥伴討論、再不斷的調整，掌握度漸入佳境。(碧純 1070429)

課程開始不再只是引起動機。以往教學設計一開始就是引起動機，為達到這個目標，老師費盡苦心準備許多認為學生覺得有興趣的活動，活動結束學生的興趣也停了，經由敏而提醒，靜宜的示範(橋的課程)引起動機更多了引發討論、蒐集學生舊經驗、引入核心問題等意涵。(碧純 1070430)

本研究很特別的安排:共識營，就是讓不同學習階段、不同學科領域組合的老師共同研討課程與教學設計，高中老師一句「你們國中小這樣教，我們要教什麼?!」結為可能是問號，也可能是驚嘆號，兩著有迥異的解讀。若是問號，接續的是一堆可能，若是驚嘆號，就是，.....，不知所措!回頭反省我們「國小」程度的粒子教學，我們領略到的是以增加學生的實體經驗為要。在國小階段，當我們緩下課程腳步，讓學生觀察得更深入更深刻，老師輔以協助學生觀察的技巧與工具的輔助，從中，老師與學生共同觀察入微後，令人驚豔的現象層出不窮，這大千世界，絕不僅是我們心中以為的想當然爾。

對我們這群教學者而言，這次課程設計時，最大的不一樣是大家一起設計課程，分頭試教，經過好幾次的試教、修改，團隊教師們一起練教學的功，一起「更新」!

粒子團的前輩語錄

- 建模應該要有一定的知識架構，才不致迷失。
- 每個人的想像剛剛開始都是不同的，表達想像是重要的步驟。
- 想像不是天馬行空的發想，能想像正確亦是重要，不然會淪為創意發想而已。
- 不只是引起動機，更需要背景知識支持作為最後活動的基礎。
- 自然科學最迷人的是解釋現象，而非說出某一個科學家的名言。
- 當你的工具只有槌子的時候，你的眼裡只有釘子。

