

「鼻涕蟲的秘密—變因實驗自編設計」教師手冊

壹、給教師的話

學生能夠在高年級進行獨立研究，必須在中年級有研究墊基的課程！「鼻涕蟲的秘密—變因實驗自編設計」這套課程模組的重點是「設計變因實驗」能力訓練。以鼻涕蟲作為引起學生興趣的起點，讓學生理解變因的定義，進而自己進行變因實驗的設計與實踐。為了讓新手教師容易理解變因實驗設計的教學內容，從教學容易產生困擾的三個部分來分析此套課程模組，分別是：一、變因定義如何教；二、開放主題如何放；三、探究引導如何帶。

一、變因定義如何教：

設計變因實驗是理科獨立研究的基礎，當以完備的變因概念進行實驗設計與執行，所產生的數據與結果才有說服力。但普通班自然課在高年級才開始上變因的定義與設計，而此套課程是在四年級實施，照理說學生尚未有接觸變因定義的機會。因此課程安排一開始進行「變因定義」的教學引導，示範如何讓學生快速上手變因定義的理解。

再者理科獨立研究是一種開放性的研究，研究方向和方法通常沒有能夠參考的實驗步驟。因此學生在此套課程中要嘗試自己設計與實踐自編的實驗內容，經歷科學家進行實驗嘗試時，從無到有的科學歷程。因為學生自編實驗的過程很容易失敗或沒有方向，教師在第一次的自編實驗研究過程中必須不斷引導學生討論，理解變因實驗的必經歷程，例如：變因延伸討論、實驗方法安排、檢測裝置設計、實驗數據分析、實驗結論歸納。培養未來能夠自己設計實驗的能力！

進行變因教學除了使用鼻涕蟲當成媒材外，也可以使用教學者所熟悉的科學實驗內容，因此在課程/教學單元描述，簡單描述以其他的科學實驗進行變因實驗設計的基本教學架構。

二、開放主題如何放：

當學生直接面對開放性的研究內容，常常會出現找不到方向、沒有研究習慣或沒有研究動力的狀況。因此在高年級實施獨立研究前，必須在中年級就循序漸進的放手，讓學生漸漸能夠獨立。

此套課程模組的兩次活動也採用循序漸進的方式。在第一次的變因實驗設計中，採用「指定操作變因」，讓全部學生都以「研究目的：硼砂飽和水量對鼻涕蟲黏性的影響」進行研究，熟悉變因實驗的整個模式。因為操作變因相同，教師能夠在實驗方法與材料比例上進行共同討論，實驗數據也能夠在黑板上一起進行分析規律，並推導出共同的結論。但為了讓學生能夠漸漸獨立，同一實驗採用「開放應變變因」，學生必須自己或小組設計檢測黏性的裝置。因為檢測方法不同，學生設計時無法互相參考，必須要自己解決問題。最後產生的數據也會有差異，能夠引導出更多的討論（共同性、差異性）。

第二次的變因實驗設計則開放學生任意設定有關鼻涕蟲的操作變因與應變變因。和學生討論鼻涕蟲變因的可能性，進行擴散性思考後，鼓勵學生選擇自己有興趣的變因進行實驗。因為當學生挑自己有興趣的研究主題或檢測方式，工作熱忱和責任感就會出現，任務完成還會有自我實踐的成就感。

因為此套課程模組在課程中採用「多方法任務」(同一項任務有多種的方向或方法解題，例如：黏性檢測設計或自編變因設計)，教師在進行課程時，同時可以練習如何在研究過程中同時駕馭多頭馬車(同一節課同時指導多種研究)。因為未來學生進行獨立研究時，每位學生或小組的研究方向與內容並不相同，教師會直接面臨同時指導多種研究。建議教師採用「面談」的方式，上課過程中學生遇到問題或完成一部份的任務，就過來找教師諮詢或面談。教師可藉機理解學生目前進度與遭遇問題，並掌控研究進度。

三、探究引導如何帶：

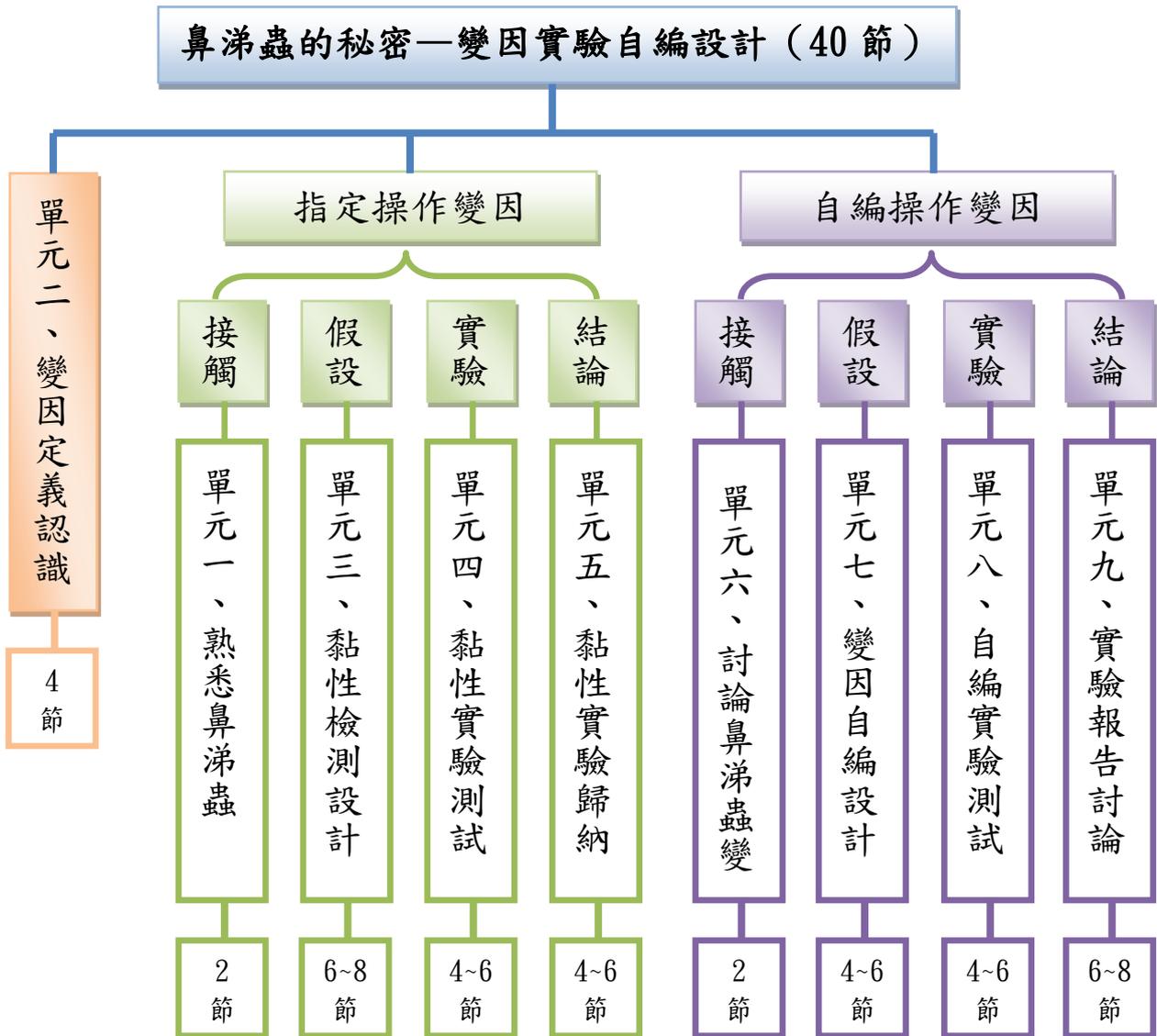
學生在開放的探究中，方向與方法都不固定，教師與學生對話或面談時，該如何引導學生？教師最主要要抓到該研究主題、方法的「核心概念」，就能夠掌握主要的引導歷程。

就好像一位學生如果想從教室離開到校外，有各種方法和各種路線能夠離開學校，教師如果想在途中攔截學生的困難度很高。但如果教師掌握住學生必然會經過的位置(例如教室門口、多條走廊交會處、樓梯間、川堂、學校門口)，攔截住學生的機會就會高很多。而「核心概念」就是「課程必定會經過的攔截點」。在「指定操作變因」活動中，教材分析條列出學生製作黏性檢測裝置的四大類可能方向，並列出各種方向的核心概念。如果學生選擇了其中一種方向，教師可針對下面核心概念檢核或提問學生的達成狀況。當達成狀況越高，檢測裝置的準確度就會越高。教師可藉此活動熟悉與掌握核心概念在開放探究課程的使用，逐漸抓到引導的重點。

此套課程模組提供了一個開放性變因實驗課程的架構，同時包含了變因實驗不同階段的引導方式分析，供新進教師參考。教師可依照需求，進行嘗試與教學。有些引導或對話的部分難度較高，可考慮慢慢練習或斟酌使用，或是某些訓練的部分可以重複。變因實驗的設計與研究能力需要培養長期培養，可以用同樣架構以不同的實驗讓學生反覆的進行思考與實作，讓學生對變因實驗的步驟熟悉，並習慣主動的進行思考與解決問題。

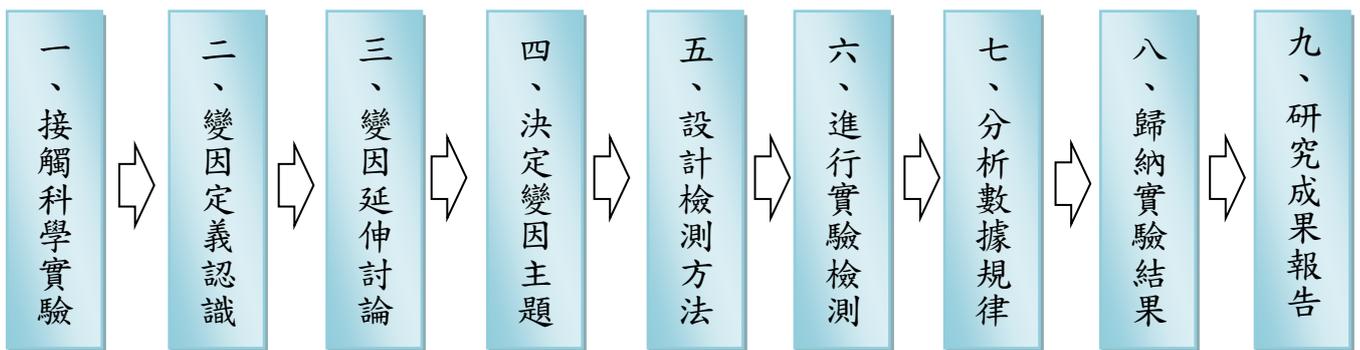
貳、課程/教學單元描述（課程架構）

一、課程架構



二、其他科學實驗的變因教學課程架構

教學者也能夠使用自己所熟悉的科學實驗進行變因教學，以下列出建議的簡易課程架構與教學要點（詳細的教學要點分析請參考教材分析的內容）：



1. 接觸科學實驗：

學生能夠進行變因實驗的改變，必須建立在對於該實驗的熟悉度。因此在進行變因定義及實驗的教學前，可以讓學生先玩過該科學實驗。建議學生玩的過程中，教師提供了一些操作變因及應變變因的改變玩法，讓學生先理解這個實驗是可以有這些變化性，討論變因延伸時會比較有想法。建議挑選的科學實驗本身的變化度高（學生進行變因實驗的自編設計時才会有自己的想法和差異）、穩定度高（進行變因實驗檢測才会有可信度）、實作難度低（進行變因實驗時才能在短時間進行多次檢測）、趣味度高（學生持續進行實驗的工作熱忱才會高）。

2. 變因定義認識：

請參考教材分析三「變因定義的教學」的教學內容。「世界最快的車子」活動的教學概念來自明德國小吳柏菱老師的研習，柏菱老師分享了進行變因教學的方法「變身水」活動，我將它改編成適合自己的講述方式。因此教學者可依照自己的風格去改編出屬於自己的變因定義教學方式。

3. 變因延伸討論：

為了讓學生能夠思考自己想進行的操作變因與應變變因，建議可先在課堂上討論該科學實驗有什麼「操作變因」和「應變變因」。延伸操作變因的思考方向可從「改變實驗材料」、「改變實驗方法步驟」、「改變環境」、「外加條件」來進行思考。「應變變因」可思考的方向是「能進行檢測的方法」、「可檢測的常用計量單位種類」、「該實驗所擁有的特別屬性」、「開發應用的可能性」。

4. 決定變因主題：

學生選擇研究的變因主題時，教師提醒學生挑選自己有興趣、有價值的主題。因為變因研究是一段長時間的研究，學生必須對自己的研究內容有高度的熱忱，才容易撐過研究歷程。當學生決定了自己的研究主題後，必須決定實驗的研究方法和檢測方式。教師必須審核與釐清該研究主題的可行性，避免學生的研究方向內容無效、無法達成或準確度低。教師可先檢查 1. 操作變因的設定是否有可行性、有實驗價值、與應變變因有關聯性；2. 應變變因的檢測和數據化方法是否可行、可製作與準確度高；3. 學生預設的操作變因的選項是否適切。

5. 設計檢測方法：

並不是每種應變變因都有適合的現成檢測工具，因此訓練學生思考、設計與製作檢測方法與工具很重要！由於是學生自製檢測工具，因此在過程中能夠訓練問題解決思考。學生必須先思考將測量的應變變因「數據化」的方法，當能夠測出單位，加上

做多次後平均，能得到實驗數據，能夠有證據的推論結論。盡量不要只用主觀描述實驗結果，因此設計檢測方法中，要避開主觀或非客觀的測量過程。學生從自己發想與決定檢測方向後，教師必須陪學生釐清研究的核心概念、思考材料的選擇、測試推論的想法是否能成立、評估製作過程是否合理、確立檢測方法步驟、表達檢測方式的描述……，很多都可以慢慢訓練學生，培養發想實驗檢測的能力。

6. 進行實驗測試：

當前面的內容學生想清楚了，學生就能夠自己開始進行實驗測試。但教師要觀察學生的自製檢測工具的效果（檢閱學生的第一次檢測數據的正確度）。學生記得實驗多次，以獲得多次數據後進行平均，減少實驗誤差。

7. 進行數據分析：

當學生完成全部數據後，請學生計算出平均數據。教師與學生一起觀察平均數據，試著找出平均值數據是否有規律性（先找出數字「從小到大」或「從大到小」的大致規律。當操作變因的項目很多，也有可能出現「從小到大到小」或「從小到大到持平」…的各種規律）是否出現某幾組數據並不符合「從小到大」或「從大到小」規律，此組數據可能是誤差。請學生再重做與重測該組有問題數據，是否能夠得到較合理的數據。若數據規律都合理，可試著數據之間是否有等差或等比的效果。上述分析數據的方法是用在操作變因項目是量的差異（例如：溶液量的多少），但若學生的操作變因項目是種類上的差異（例如：溶液的種類），請學生找出大小相似的數據，判斷這些操作變因項目是否有共同點，由此類推出相似結果的關係與原因。

8. 歸納實驗結果：

判斷實驗結果時，最重要的結論是從研究目的推演出來的結果。例如研究目的是「紙張厚度對於紙飛機飛遠的影響」，最重要的結論要說明「紙張越厚，紙飛機飛得越……。」而推論的證據是平均數據的分析，當在平均數據呈現某種規律性，就能推斷出研究目的的實驗結果。再者是學生在進行研究過程中，是否有其他的額外發現，也都能記錄在結果中。有時特別的現象反而可以找到新的研究路線或發現。

9. 研究成果報告：

當學生完成實驗，必須整合出一份報告，可以用書面呈現或是上台口語報告。希望學生完成這份研究成果是有舞台能夠讓學生分享或對話。最簡單的方式是在班上對同學進行分享，並讓台下的師生提問與評論。讓更多人理解，這次研究的價值才會增加，也可以讓研究者有成就感。

參、課程計畫

一、基本資料與學習目標

課程名稱	鼻涕蟲的秘密—變因實驗自編設計		特殊需求	獨立研究
教學年級/ 班級/組別	四年級資優班		相關領域	<input type="checkbox"/> 語文 <input type="checkbox"/> 數學 <input checked="" type="checkbox"/> 自然 <input type="checkbox"/> 社會 <input type="checkbox"/> 健體 <input type="checkbox"/> 藝文
實驗學校/ 日期	臺中教育大學附小 2015.09.01~2016.01.10		重大議題	無
教學時間	共 40 節 1600 分鐘		教學者/ 設計者	黃尚偉、簡辛如
教材來源	自編		參考資料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 變因定義的教學概念來自明德國小吳柏菱老師的變身水點子。 2. 陳佩正、梁哲霖、簡辛如、鄭景云 (1999)。帶孩子走出教室 1。台北：世茂。 3. 第 57 屆中小學科學展覽會作品「膜」力十足—鼻涕蟲配方對性質與拉膜之研究。 4. 第 54 屆中小學科學展覽會作品「沙」了鼻涕蟲—沙士與醣對鼻涕蟲交聯作用之研究。 5. 第 50 屆中小學科學展覽會作品「零漬靈」—大家一起來玩黏巴達。 6. 第 54 屆中小學科學展覽會作品《擦擦筆大變身》～變色的鼻涕蟲。
十二年國教 課綱 核心素養與 學習重點	核心素養	<p>獨-E-A1 了解獨立研究的意義，養成探究的興趣，探索自我興趣與潛能，奠定生涯發展的基礎。</p> <p>獨-E-A2 具備探索問題的能力，能提出多種解決問題的構想，透過體驗與實踐，解決問題。</p> <p>獨-E-A3 具備擬定研究計畫與實作能力，並嘗試以創新思考方式因應探究問題情境及執行研究計畫。</p> <p>獨-E-B1 能分析比較、製作簡單圖表，整理蒐集之資訊或數據，並運用簡單形式之口語、文字、影像、繪圖或實物，表達獨立研究之過程、發現或成果。</p> <p>獨-E-C2 透過獨立研究小組學習，養成同儕溝通、團隊合作及包容不同意見的態度與能力。</p>		

	學習表現	<p>1a-II-2 能透過自身之探索經驗，感受探索的樂趣。</p> <p>1b-II-2 能專注聆聽同儕報告，了解其觀點，提出疑問或意見。</p> <p>1c-II-2 面對研究過程中之挑戰，仍持續進行獨立研究，完成與教師訂定研究契約之承諾。</p> <p>2a-II-1 能了解獨立研究的基本內涵及應有的流程步驟。</p> <p>2b-II-1 能將蒐集的數據或資料，依內容結構、脈絡加以分析與歸納，提出可能需要釐清之處。</p> <p>2c-II-1 能在各學習領域嘗試提出不同問題。</p> <p>2c-II-3 能針對問題提出各種解決的構想。</p> <p>2d-II-2 能完成教師安排獨立研究學習任務，並接受教師評量及回饋。</p> <p>3a-II-2 能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考及討論等提出問題。</p> <p>3b-II-2 能依據研究主題，規劃簡單的研究活動。</p> <p>3d-II-1 能認識基本研究工具種類。</p> <p>3e-II-2 能從得到的資訊或數據，依據研究問題，提出研究結果。</p> <p>3g-II-2 透過教師引導問題，能對研究過程及結果發現問題及困難。</p>
	學習內容	<p>1a、研究態度-探索的興趣</p> <p>1b、研究態度-溝通與合作</p> <p>1c、研究態度-動機與毅力</p> <p>2a、研究概念與思考能力-研究內涵</p> <p>2b、研究概念與思考能力-批判思考</p> <p>2c、研究概念與思考能力-問題解決</p> <p>2d、研究概念與思考能力-自我引導學習</p> <p>3a、獨立研究技能-界定研究問題</p> <p>3b、獨立研究技能-擬定研究計畫</p> <p>3d、獨立研究技能-運用研究工具</p> <p>3e、獨立研究技能-資料分析與解釋</p> <p>3g、獨立研究技能-研究成果評鑑</p>
獨立研究課程能力指標 (計畫研發)		<p>1.3.1.2 能對自己感興趣的內容，持續且有目標的探索，即使遇到挫折，仍能樂在其中。</p> <p>1.1.2.1 能傾聽同儕的報告，進而提出相關的疑問或見解。</p> <p>1.2.3.3 在研究過程中，能面對各種問題，嘗試堅持找出解決方案。</p> <p>2.3.4.1 能依據主題自行進行研究設計（實驗、調查），並依實際需要修正方向或方法。</p> <p>2.1.4.2 在教師的引導下，能依研究需求，挑選或設計適合的研究工具或器材。</p> <p>2.2.4.3 能熟悉各種研究操作方法，並能控制變因以增進研究精確性。</p> <p>2.1.4.4 能撰寫研究日誌，記錄研究相關資訊，例如：實驗數據、觀察紀錄、討論及心得...等，整理分析提出想法。</p> <p>2.1.6.4 在教師的引導下，能以小組或個人的方式發表研究報告。</p>

	<p>3.1.2.1 在教師引導下，能針對蒐集的研究資料，抱持懷疑的態度，提出自己的看法。</p> <p>3.1.2.2 能將研究資料以系統化方式整理、組織及分析。</p> <p>3.1.4.1 能觀察現象並發現、找出有價值的研究問題。</p> <p>3.1.4.2 在教師的引導下，能依據研究主題，提出個人的想法，訂定研究目的。</p> <p>3.2.4.3 能針對研究主題提出構想，並在教師引導下設計適切的研究工具與方法（調查、實驗等）。</p> <p>3.1.4.4 在教師的引導下，能依據研究問題嘗試提出解決方法。</p>
單元目標	<p>1. 理解變因實驗的定義。</p> <p>2. 熟練變因實驗設計與流程。</p> <p>3. 在開放性的實驗方法中進行問題解決。</p> <p>4. 能在口語報告中感受師生、同儕對話的價值。</p>
學習目標*	<p>1-1 理解與熟悉各種變因的定義</p> <p>1-2 釐清研究目的與各種變因之關聯並舉例</p> <p>1-3 擴散思考操作變因與應變變因的可能性</p> <p>2-1 熟悉鼻涕蟲的製作方式與性質</p> <p>2-2 訂定自編的研究目的</p> <p>2-3 理解變因實驗預設項目與數值的設定</p> <p>2-4 理解應變變因檢測方法的推想和設計</p> <p>2-5 設計與實作應變變因的檢測方法與工具</p> <p>2-6 實作自編變因實驗的方法與檢測</p> <p>2-7 分析實驗數據並歸納結論</p> <p>2-8 理解變因實驗設計與實作的流程</p> <p>3-1 嘗試解決在設計檢測方法與裝置的遭遇問題</p> <p>3-2 嘗試解決在實驗測試的遭遇問題</p> <p>4-1 專注聆聽報告並進行思考與提問</p> <p>4-2 掌握研究重點與提問技巧</p> <p>4-3 感受與實行正向的對話禮儀</p> <p>4-4 享受師生、同儕對話的樂趣</p>
教學資源	活動單（p.1 使用於「單元二、變因定義認識」、p.2 使用於單元三～單元五、p.3 使用於單元七～單元九）
教學方法/ 教學型態	科學探究
教學環境/ 地點	教室（最好備有豐富的工具和材料，讓學生能夠任意的嘗試和使用）

註：在學習目標方面，可視學生能力及程度分為高能力組(H)、中能力組(M)與較弱能力組(L)擬定不同層次目標，並在各學習目標後面註明該目標適用的對象。例如：三組皆須達到的標準(H, M, L)或高組要達到的標準(H)。

二、區分性教學設計

區分性教學採用由學生根據自己的興趣選擇研究進行的方向。而學生能力的差異會影響研究所進行的進度、深度與精緻度。教師則因應學生差異性所表現出來的狀態給予不同的引導。「指定操作變因」單元採取興趣分組描述區分性教學，「自編操作變因」單元採取能力分組描述區分性教學。列表如下：

1. 「指定操作變因」單元（興趣分組，學生自己選擇要想嘗試的黏性檢測方法）

學生組別	掉落時間	彈跳高度	黏貼數量	離開外力
學習優弱勢分析	很直觀容易想到的黏性檢測方法，但檢測方法設計較複雜，檢測出有效數據的方法要花較多心力。效果較不穩定。分析數據較困難。	最簡單的黏性檢測方式，方法單純、裝置簡易，效果明顯，數據分析容易。	容易想到的黏性檢測方法，但須用心的設計檢測方法，裝置難度較低，效果較明顯，數據分析與結果歸納容易。	不容易想到的黏性檢測方法，需使用的工具和方法設計較複雜。效果較明顯，數據分析與結果歸納容易。
起點行為（研究能力）	能理解鼻涕蟲黏貼在物體上的方法和效果。能掌握碼表或計時器的使用方式。	能理解鼻涕蟲從高度掉落而彈跳的方法和效果。	能理解黏貼一些物品在鼻涕蟲上面的方法和效果。	能理解鼻涕蟲黏貼在物體上，以外力拉開的方法和效果。能掌握彈簧秤的使用方式。
教學策略	此類檢測方法難度高，教師需多以提問引導學生思考檢測裝置設計過程的盲點，讓學生的控制變因穩定度變高。	此類檢測方法難度很低，教師可多要求學生在方法設計和檢測實驗的精緻度、精準度與可信度。讓學生不要太潦草的將實驗結束。	此類檢測方法難度中等，教師需提醒學生多去嘗試身邊的材料找到適合黏貼的小物品。（教師要事前幫學生準備多種小物品讓學生發現與嘗試）	此類檢測方法難度高，學生會卡在如何將力道數據化，教師需引導學生思考標準化的重物使用，或直接幫忙帶入彈簧秤的使用。
評量方式 / 評量標準		活動單撰寫、實作評量與口語報告		
	優良	實作時能自發性的設計與解決「使用方法」中要的核心概念。口語報告時能詳盡陳述研究方法和結論，師生對話問答過程中能表達出重要的核心概念。		
	可	實作時經老師引導後能設計與解決「使用方法」中重要的核心概念。口語報告時能陳述研究方法和結論，師生對話問答過程中能努力的應答自己的想法。		
	待加強	實作時經老師指揮後才能設計與解決「使用方法」中重要的核心概念。口語報告時無法清楚陳述研究方法和結論，陳述內容沒有邏輯。師生對話問答過程中容易卡住，無法回答。		

2. 「自編操作變因」單元（能力分組）

學生組別	優異組	中等組	落後組
學習優弱勢分析	對科學研究有強烈興趣，能主動積極的進行研究方法設計與實驗，並自己分析數據與歸納結論。	態度積極，能在教師的提問、引導中自己發現問題並進行解決和設計。能在教師的引導中，進行分析數據與歸納結論。	對科學研究缺發學習動機，教師需大量引導或直接給予方向，讓學生能夠進行設計與實驗。教師需用舉例讓學生理解分析數據與歸納結論的訣竅，讓學生能類推到自己的研究分析上。
起點行為 (研究能力)	理解科學研究的基本流程，會保持控制變因的穩定性。能找到有興趣的主題活用在變因研究中。	對科學研究流程不清楚，需經提醒後注意到控制變因的重要性。能找到有興趣的主題進行變因研究。	對科學研究流程沒概念，研究過程草率行事，產生大量的研究誤差。需花很多時間摸索有興趣的研究主題。
教學策略	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生遭遇問題後，主動尋求教師協助，才進行討論與引導。 2. 教師追問學生研究過程的推理思考內或現象的因果關係。 3. 鼓勵學生增加研究的廣度、深度或應用。或在研究過程中帶入更深的研究概念。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生遭遇問題後，追蹤學生處理狀況，若處理時間過久，進行討論與引導。 2. 教師追問學生遭遇核心概念的思考歷程、處理方式與優劣方法判斷。 3. 鼓勵學生將實驗數據中有誤差的部分進行重測，追求更明確的規律。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生遭遇問題後，教師協助釐清問題重點，並追問解決方式。學生進行問題解決過程中需不斷回報老師目前狀況。 2. 教師追問遭遇核心概念的重點及處理方式。 3. 鼓勵學生將實驗項目都能完成，並推敲出實驗結論。
評量方式/ 評量標準	活動單撰寫、實作評量與口語報告	活動單撰寫、實作評量與口語報告	活動單撰寫、實作評量與口語報告

	實作時能自發性的設計與解決「使用方法」中重要的核心概念。口語報告時能詳盡且完整的陳述研究方法和結論。師生對話問答過程中能處理比較、分析、假設情境等複雜問題。	實作時經老師引導後能設計與解決「使用方法」中重要的核心概念。口語報告時能詳細的陳述研究方法和結論。師生對話問答過程中經老師引導後，能表達「使用方法」中重要的核心概念。	實作時經老師引導或指揮後能設計與解決「使用方法」中重要的核心概念。口語報告時能藉由黑板提示的報告大綱，陳述研究方法和結論。師生對話問答過程中願意在再台上進行問答，努力的說明自己的想法。
--	--	---	--

三、教學計畫與進度

單元名稱	學習目標	教學規劃/活動/內容	時間	教學評量
一、熟悉鼻涕蟲	2-1 熟悉鼻涕蟲的製作方式與性質 2-1 熟悉鼻涕蟲的製作方式與性質 2-1 熟悉鼻涕蟲的製作方式與性質	<p>【活動一】鼻涕蟲恐怖箱</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師準備鼻涕蟲恐怖箱，請學生戴眼罩輪流上台摸恐怖箱，只能分享摸起來的感覺。教師拿出鼻涕蟲，說明接下來要請學生熟悉鼻涕蟲的製作方式和性質。 2. 使用恐怖箱當引起動機是為了讓學生引起興趣，並訓練學生的觸感體驗。希望每位學生都能夠上台摸恐怖箱，但教師視學生的害怕程度調整引導的話語與活動的程度。 3. 摸恐怖箱前先叮嚀學生如果知道裡面是什麼，請保守秘密，不要將鼻涕蟲的訊息講出來，留給其他人摸恐怖箱的樂趣。 4. 教師事先準備各色的鼻涕蟲，以有黏性的鼻涕蟲效果較佳。鼻涕蟲要盛裝在塑膠盒內，避免將恐怖箱的紙盒弄濕。恐怖箱上準備一條濕抹布，當學生把手拿出來時，用濕抹布幫學生擦手。一方面幫學生把手擦乾淨，一方面避免內藏鼻涕蟲的秘密外洩。 5. 眼罩可用藥局購買的「紙口罩」。老師可事先在上面畫上有趣的眼睛圖案（例如：墨鏡、少女大眼睛等），增加學生的興致。 <p>【活動二】製作鼻涕蟲</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師請學生分析鼻涕蟲所需要的材料（膠水、硼砂 	2 節	能觸摸恐怖箱，並說出摸鼻涕蟲的感受。 能實作出鼻涕蟲。 能以鼻涕蟲進行各種的小競賽

	<p>水、顏料、紙杯、竹筷)，並示範鼻涕蟲的製作方法（製作方法請參考【教材分析一】）。</p> <p>2. 教師提醒製作鼻涕蟲時的注意事項：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 鼻涕蟲在自己的桌上做，製作與測試過程中不要走來走去，避免到處滴，清理才會方便。 (2) 請把手上的物品全部拿下（例如手錶、手環），穿長袖請將袖子捲起來，避免鼻涕蟲沾到物品。 (3) 不要用手去碰其他人，也避免碰觸到自己的衣服，因為顏料會染色。鼻涕蟲黏在衣服上，乾掉後會硬掉，無法洗掉。 (4) 杯子裡剩下的殘渣清理時，請集中倒在老師準備的水桶裡，不要倒在水槽，避免水槽阻塞。（水桶內的殘渣鼻涕蟲，久放會乾掉，可拿起來直接丟在垃圾桶） (5) 表現好的學生可以將今天做的鼻涕蟲以夾鏈袋帶走。 <p>3. 讓學生開始製作鼻涕蟲，每人使用一只紙杯和一支竹筷。教師協助幫忙倒膠水（每人倒1/4杯。由教師自己倒比較能夠斟酌膠水量）。每人一共做兩隻鼻涕蟲，研砂水量由學生自由添加，顏色也讓學生自己選擇。請學生製作兩隻鼻涕蟲時，研砂水量和顏色使用不同的方法，讓兩隻鼻涕蟲製作出來有不一樣的性質，藉此理解變因不同時，製作出來的鼻涕蟲性質和樣子會不同。</p> <p>【活動三】鼻涕蟲運動會</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師藉由一些鼻涕蟲小競賽讓學生理解鼻涕蟲的性質，學生從自己做的兩隻鼻涕蟲中挑一隻進行老師提供的挑戰。 2. 這些鼻涕蟲小競賽其實就是應變變因的各種檢測，藉由小競賽的體驗，讓學生先感受可以如何檢測鼻涕蟲的差異，為後面討論鼻涕蟲應變變因的變化性暖身。 3. 這些鼻涕蟲的小競賽不會競爭輸贏或名次，甚至有些比賽不容易找到最高名次（例如彈高）。所以讓學生輕鬆的反覆挑戰，以提升學生興趣為主。 4. 學生因為研砂水和膠水量是任意調配，因此每隻鼻 	
--	--	--

		<p>涕蟲的性質並不相同，適合挑戰的小競賽就不一樣。讓學生就自己做出來的鼻涕蟲去挑選選手，也是讓學生感受鼻涕蟲性質的差異。例如彈性高的鼻涕蟲適合跳高比賽，但不適合拉長比賽。</p> <p>5. 請學生試著去思考使用什麼策略能夠讓該競賽的效果增加。增加效果的策略其實就是掌握了控制變因，例如比彈性跳高，將鼻涕蟲搓成球狀，鼻涕蟲的彈跳較容易直上直下。當這些可能影響實驗結果的變因被控制了，會更精確的測量出操作變因造成的差異。</p> <p>6. 鼻涕蟲小競賽相關內容請參考【教材分析二】。</p>		
二、變因定義認識	<p>1-1 理解與熟悉各種變因的定義</p> <p>1-1 理解與熟悉各種變因的定義</p> <p>1-2 釐清研究目的與各種變因之關聯並舉例</p>	<p>【活動一】世界最快的車子</p> <p>1. 教師與學生討論上週製作的鼻涕蟲，詢問該如何做出有黏性或有彈性的鼻涕蟲。但因為上週鼻涕蟲製作時沒有固定比例，所以無法精確的製作出想要性質的鼻涕蟲。</p> <p>2. 教師提示今天教的概念很重要，科學實驗時都會用到，要認真的理解，甚至可以解決上週鼻涕蟲比例不精確的問題。</p> <p>3. 教師以「世界最快的車子」介紹各種變因。教學內容請參考【教材分析三】。</p> <p>【活動二】變因口語練習</p> <p>1. 請學生將變因的各種定義抄寫在活動單第一頁第一大題「變因的解釋與舉例」中當作筆記，學生如果之後混淆變因概念時可以回頭參考。</p> <p>2. 變因的定義與使用需要大量的練習，建議教師請學生輪流起來一對一的進行口語練習，再讓其他學生思考還有什麼變因可以補充。除了檢視每位學生是否理解變因概念，其他學生會多學到研究目的的設定和變因的使用方式。</p> <p>3. 進行一對一口語練習時，學生可自由參閱黑板或活動單上的變因定義與例子。學生沒辦法回答問題時，教師適時的引導與提示，避免學生受挫。讓學生不是直接死背變因定義，而是藉由不斷的練習抓到變因概念。</p> <p>4. 如果學生程度佳，教師直接考「研究目的」，學生說出「變因、操作變因、控制變因、應變變因」。如果學生概念容易混淆，建議循序漸進一直口頭發</p>	4 節	<p>能分辨各種變因的定義</p> <p>能將變因定義記錄在活動單中</p> <p>能說出各種變因定義及舉例</p> <p>能編寫出自己設計的變因考題</p>

問，讓學生不斷練習，直到能夠清楚從研究目的延伸出各種變因。

5. 循序漸進的口頭發問如下：
 - (1) 教師說變因名稱，學生回答變因定義。
 - (2) 教師說變因定義，學生回答變因名稱。
 - (3) 老師說研究目的，學生回答操作變因和應變變因是什麼。
 - (4) 老師說研究目的，學生提出三種變因。
 - (5) 老師說研究目的，學生說出變因、操作變因、控制變因和應變變因。
6. 教師提出研究目的讓學生練習時，可分成三種階段，讓學生在練習時不會感到枯燥。
 - (1) 以前普通班自然課或資優班科學課上過的實驗內容，或是學生容易熟知的科學概念，讓學生因為熟悉容易思考變因。例如：「澆水量對綠豆生長狀況的影響」、「攪拌速度對鹽溶解速度的影響」、「放大鏡大小對在日光下燒紙效果的影響」
 - (2) 比較特別的科學家進行的實驗或科展作品，例如搞笑諾貝爾獎。教師可趁機介紹該實驗的相關內容。例如：「聽音樂種類對乳牛泌乳量的影響」（乳牛聽古典樂能增加泌乳量）、「香蕉皮的新鮮度對踩到滑倒機率的影響」（2014年搞笑諾貝爾獎）、「水果種類吃進肚子對種子發芽率的影響」（47屆全國科展「愛我，請吃了我吧！」）、「對米飯講好話、壞話對米飯發黴程度的影響」（沒有科學根據的實驗，但常常會有老師帶學生進行這個實驗，並機會教育說好話的重要性。）
 - (3) 以天馬行空或搞笑的實驗假設，或針對回答問題的學生行為或表現，影射該學生產生的研究假設，讓學生理解變因實驗設計可以非常的靈活。例如：「頭髮有無對在陽光下照射中暑機率的影響」、「老師的帥氣度對學生上課專心度的影響」、「學生坐兩腳椅的角度對摔倒機率的影響」（該學生在上課時一直坐兩腳椅）、「上課插話的次數對學習態度分數高低的影響」（該學生一直上課插話不舉手）

	<p>1-2 釐清研究目的與各種變因之關聯並舉例</p>	<p>【活動三】出題考一考</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師複習變因的定義與使用後，請學生自己出題考其他學生。在活動單第一頁第二大題「變因的練習」寫下自己設計的研究動機題目，寫完後請老師確認出題內容是否正確和切當。再交換活動單讓學生互寫考題。 2. 出題時請配合研究目的的句型，讓其他人容易讀題。研究目的的句型為「()對()的影響」，例如「泡泡水的濃度對吹泡泡大小的影響」。而操作變因和應變變因的句型都是「()的()」，例如操作變因要寫橡皮筋的數量，不能夠只寫橡皮筋，應變變因要寫竹筷槍的瞄準度，不能夠只寫竹筷槍。 3. 出題時請注意下面幾點： <ol style="list-style-type: none"> (1) 不要涉及人身攻擊：不能夠寫生活中真實的人名，或影射周遭人的行為，避免別人不舒服。但可以使用小明、小華人名。 (2) 內容有趣不死板：請思考讓寫題目的人覺得有趣的題目，例如學生出過「高跟鞋的高度對踩到人痛度的影響」、「西瓜敲起來的音量對西瓜甜度的影響」。 (3) 難度適中符合現實：請不要出的太難或題目讓人無法理解或無法作答，例如「幽浮飛行器的類型對外星人長相的影響」。 	
<p>三、黏性檢測設計</p>	<p>2-3 理解變因實驗預設項目與數值的設定</p> <p>2-4 理解應變變因檢測方法的推想和設計</p>	<p>【活動一】變因實驗設計的鋪陳</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師提出要真正進行變因實驗的設計執行，研究目的是「硼砂飽和水量對鼻涕蟲黏性的影響」。詢問學生此研究目的中的操作變因和應變變因為何。 2. 教師在黑板上畫出 3X6 的表格，第一列表格內分別寫上「硼砂飽和水水量」、「膠水量」和「黏性」。 3. 教師提出會製作五隻鼻涕蟲，如果第一隻鼻涕蟲的膠水量為 30ml，請問剩下四隻鼻涕蟲的膠水量為何？（都為 30ml，因為膠水量為控制變因。） 4. 教師提出當膠水量皆為 30ml，請問這五隻鼻涕蟲的硼砂飽和水量為多少？（請學生不要直接回答，自己思考五個數字，等一下老師會一個一個詢問。） 5. 教師輪流詢問學生五個硼砂飽和水量，將這些數字 	<p>6-8 節</p> <p>能說出操作變因與控制變因的數值設定</p> <p>能說出黏性的測量方向</p>

寫在黑板上。教師和學生一起討論這些數字是否適當。良好的硼砂水改變量應該有以下的特色，教師藉由學生的數字，幫學生分析釐清出來改變量該如何預設：

- (1) 由小到大排列，才容易看清規律。
- (2) 要有規律性（要成等差或等比）。
- (3) 數字要為 5 或 10 的倍數，30ml 的量杯才容易測量。
- (4) 要含有 30ml，因為膠水是 30ml，可瞭解 1:1 比例的效果。
- (5) 要同時擁有比 30ml 少和多的數字，才能知道硼砂水多和少產生的差異。

6. 教師與學生共同討論出最佳的硼砂飽和水量為「10、20、30、40、50ml」。(不同膠水品牌產生的鼻涕蟲效果不同，請老師按照自己測試的結果去調整最佳的硼砂水數字。只要做到硼砂水量少時有黏性，硼砂水量多時有彈性即可。以巴士牌膠水來說，建議硼砂飽和水的水量為 3.75、7.5、15、30、60ml。此組數據是以等比數列 2 倍為規律，因為數字差異很大，測量出來的數據較容易分辨。3.75ml 的硼砂水量做出的鼻涕蟲很黏，容易和學生討論極端值，而 60ml 硼砂水會剩很多硼砂水，能夠討論反應量。

【活動二】黏性檢測設計的鋪陳

1. 教師提出應變變因的黏性檢測必須要客觀的數據化，不能夠只以主觀的描述（老師在黏性表格中寫出「有點黏、有些黏、還算黏、普通黏、一點黏」，詢問學生這些黏性的描述哪種比較黏，讓學生理解主觀描述的不準確。但在黏性表格上寫出一串從大到小的數字，很容易就能夠判斷何者黏性高。）
2. 請學生思考並提出「黏性該如何檢測，如何數據化」。當學生沒有想法時，教師可提供下列方向刺激學生思考：
 - (1) 很黏的東西會有什麼特性？（利用這些特性思考可以怎麼測量，例如：拿不下來、甩不掉、可以黏住很多東西、可以黏很緊、掉下去不太

	<p>2-5 設計與實作應變變因的檢測方法與裝置</p> <p>3-1 嘗試解決在設計檢測方法與裝置的遭遇問題</p>	<p>會彈起來……)。</p> <p>(2) 學過哪些常用計量單位？(當學生對黏性檢測方法有想法，但不知道如何數據化時，請學生列出常用計量單位，並推想這個測量方式和哪些單位有關，那就是數據化的方法。例如：長度、重量、容積、體積、個數、面積、時間、速度……)</p> <p>3. 師生一起討論出黏性檢測方法的方向大約有四大類「掉落時間、彈跳高度、黏貼數量、離開力道」。</p> <p>【活動三】黏性檢測方法設計</p> <p>1. 請學生 1~2 人一組思考自己的黏性檢測裝置(科學能力與手做能力較佳的學生可直接一人一組，不然建議一開始 2 人一組比較能夠快速進入狀況)。</p> <p>2. 對於黏性檢測裝置有想法的小組，與教師面談討論設計方法。教師藉由核心概念去提問與引導學生，讓學生理解他們該解決的問題，回去重新思考與討論，想到解法後，再回來與教師面談，直到慢慢修正與製作出適當的黏性檢測方法。</p> <p>3. 學生與教師面談黏性檢測方法的歷程，大約需要 4~8 節課的時間。每組學生所需的時間和進度都不相同，因為學生要從自己發想與決定檢測方向、核心概念的釐清、材料的選擇、以鼻涕蟲檢測推想是否成立、製作過程、檢測方法步驟的確立、表達檢測方式的描述……，很多內容可以慢慢訓練學生，培養學生自己發想實驗檢測的能力。</p> <p>4. 黏性檢測方法設計核心概念相關內容請參考【教材分析四】。</p>	<p>能設計與製作黏性檢測方法與裝置</p>
<p>四、黏性實驗測試</p>	<p>2-6 實作自編變因實驗的方法與檢測</p> <p>3-2 嘗試解決在實驗測試的遭遇問題</p> <p>2-7 分析</p>	<p>【活動一】黏性實驗測試</p> <p>1. 學生通過面談後，請學生自己完成活動單第二頁第三大題『「鼻涕蟲」黏性檢測實驗』的變因分析和表格填寫，就可以開始進行黏性實驗測試。</p> <p>2. 學生必須自己思考與找出需要的材料和器材，自己開始進行實驗。每位學生(小組)的進度不會相同，先完成面談的學生(小組)就先自己開始實驗。</p> <p>3. 建議學生開始實驗時，第一隻製作的鼻涕蟲先從硼砂飽和水量中間的數據開始做，因為做出來的鼻涕蟲比較適中，容易進行檢測，且製作時好處理。假</p>	<p>4-6 節</p> <p>能完成活動單中的變因分析</p> <p>能實驗自己設計的黏性檢測</p> <p>能根據數據找出規律與結論</p>

<p>實驗數據 並歸納結 論</p>	<p>如先做最小的硼砂水量數據，會做出非常黏的鼻涕蟲，學生將太黏的鼻涕蟲揉均勻，就會花很多力氣。應該等學生已經有好幾次製作鼻涕蟲的經驗，再去處理極端值的鼻涕蟲。</p> <p>4. 鼻涕蟲製作出來後，必須用手揉到表面已經沒有水分或黏液，檢測時才會公平。有些硼砂水量小的鼻涕蟲，因為硼砂水太少，導致膠水沒有反應完。如果沒有將這些膠水黏液用手揉到乾掉，會影響實驗數據。</p> <p>5. 學生製作與檢測第一隻鼻涕蟲時，教師要注意學生的檢測裝置和程序是否需要修正。因為設計檢測裝置時，只是預估鼻涕蟲黏性的檢測狀況，但當真正用實驗數據的鼻涕蟲檢測時，可能發生根本無法測量或測出來的數據差異很大，必須要不斷的修正裝置。因此通常學生製作和檢測第一隻鼻涕蟲需要花到一節課以上，才能夠把檢測裝置調整到適合檢測。但也因此通常學生做的第一隻鼻涕蟲檢測數據都不太準（那隻鼻涕蟲因為修正黏性檢測裝置，一直被反覆的測量，被放太久、玩太久，性質產生變化）</p> <p>6. 教師提醒學生每做完一組實驗，要將原始數據記錄在活動單第二頁第三大題『「鼻涕蟲」黏性檢測實驗』的表格中，並將數據拿給教師檢查。教師可趁機判斷學生數據的狀況。</p> <p>【活動二】個人實驗分析結論</p> <p>1. 當小組或個人將五隻不同硼砂水量的鼻涕蟲都完成測試，要拿著活動單的數據來找教師討論。教師要帶著學生瞭解如何分析數據與歸納結論。以下為重點：</p> <p>(1) 數據只分析平均值。請學生找尋這五組平均值數據是否有規律性（先找出數字「從小到大」或「從大到小」的大致規律。）</p> <p>(2) 是否出現某幾組數據並不符合「從小到大」或「從大到小」規律，此組數據可能是誤差（特別是第一隻做出來的鼻涕蟲，因為修正檢測工具太久，通常都不太準）。請學生再重做與重測該組數據，是否能夠得到較合理的數據。</p>		
----------------------------	--	--	--

		<p>(3) 該組規律是否出現等差或等比的效果（不一定會出現，但出現表示數據較佳）。</p> <p>(4) 帶著學生按照數據規律推出結論（礫砂水量越少，鼻涕蟲越黏。礫砂水量越多，鼻涕蟲越不黏）。</p> <p>(5) 請學生撰寫活動單的結論。並寫下在實驗過程中還有什麼發現或結論。寫出越多發現，活動單的評價越高。</p> <p>2. 因為小組的實驗方式都不同，所以完成實驗的時間也不會相同。因此分析數據與歸納結論的教學，教師是各小組完成實驗後，個別帶著學生學會。如果發現數據有問題，該組完成的時間又早，就請該組重做實驗。如果小組完成實驗速度慢，時間不夠，不需重做實驗，而在共同推論結論時，當成誤差來分析。</p>		
五、黏性實驗歸納	<p>4-1 專注聆聽報告並進行思考與提問</p> <p>4-2 掌握研究重點與提問技巧</p> <p>4-3 感受與實行正向的對話禮儀</p> <p>4-4 享受師生、同儕對話的樂趣</p> <p>2-6 分析實驗數據並歸納結</p>	<p>【活動一】 小組口語報告</p> <p>1. 教師在黑板畫出表格（最左側填入實驗的礫砂水量），請各組將自己的檢測方式和五組平均值數據填入表格中。</p> <p>2. 請各組輪流上台進行口語報告，報告內容為「1. 測量黏性的方法；2. 數據說明」。</p> <p>3. 為了讓聽報告的學生能夠專心與理解其他組的報告內容，採取以下策略：</p> <p>(1) 近距離聆聽：聽眾拿著椅子到黑板前聆聽，使聽眾與報告者處於很近的距離。避免學生坐在很遠的桌子後面，可減少聽眾作自己事情的機會。手上不能拿任何東西，避免學生偷偷準備接下來的報告。</p> <p>(2) 教師考聽眾：當報告者報告完，請台下聽眾發問問題，確定聽眾都問完問題後，由老師問台下聽眾問題（每一位聽眾都必須輪流接受教師問答）（提問問題的方法請參考【教材分析八】）。問題必須要有難度，讓聽眾發現當自己不專心時，自己會無法回答教師問題。或是聽眾發問問題時沒有問到重點，反而變成自己被教師考倒。聽眾在過程中學習教師如何提問，慢慢抓到問問題的重點。如果聽眾在提問時就把教師的重點問完，聽眾就不需要被教師提</p>	4-6節	<p>能上台進行口語報告</p> <p>能在台下專注聆聽報告並提出問題</p> <p>能盡力回答提問</p> <p>能說出黏性檢測的結論</p> <p>能說出科學變因實驗的流程</p>

	<p>論</p> <p>2-8 理解變因實驗設計與實作的流程</p>	<p>問。但如果聽眾提問的不好，被教師提問的聽眾人數就會增加。藉此訓練學生提問能力。</p> <p>4. 當學生完成報告與問答後，教師給予針對報告與研究的講評。以正向、鼓勵、讚賞的講評為主，讓學生不會懼怕再次上台報告。</p> <p>【活動二】 小組共同分析數據、歸納結論</p> <p>1. 藉由活動一，學生都能解讀其他組的數據來源後，教師請全班共同分析黑板上各組的數據，找出其中的規律性（分析該組數據時，該組不能回答，留給其他組練習分析數據的機會。）</p> <p>2. 教師與學生討論與歸納結論（結論內容請參考【教材分析五】）。</p> <p>3. 教師和學生一起回顧整個科學變因實驗的流程：1. 設定目的（設定變因）；2. 設定步驟（檢測方法）；3. 進行實驗（記錄數據）；4. 討論結論（分析數據）。</p>		
<p>六、討論鼻涕蟲變因</p>	<p>1-3 擴散思考操作變因與應變變因的可能性</p>	<p>【活動一】 鼻涕蟲變因的可能性</p> <p>1. 教師在黑板畫一條垂直線，一邊寫上操作變因，另一邊寫上應變變因。教師說明要進行提出鼻涕蟲變因的活動。教師抽籤請學生輪流說出有關鼻涕蟲的操作變因或應變變因（二擇一即可），答案不能夠重複，看學生能夠撐幾輪的分享而不會答不出來。（鼻涕蟲操作變因與應變變因的分析請參考【教材分析六】）</p> <p>2. 提出變因活動是藉由小遊戲，讓學生能夠窮盡自己能想到的操作變因與應變變因。在學生發表的過程中，教師協助將學生提出的操作變因分類、討論應變變因的可行性及解釋延伸的應用商品。</p> <p>3. 教師在活動進行中，提醒學生思考接下來要個人自己設定想進行的鼻涕蟲自訂實驗，可在討論過程中想一下有沒有感興趣的變因內容。</p>	<p>2 節</p>	<p>能說出鼻涕蟲的操作變因或應變變因</p>
<p>七、變因自編設計</p>	<p>2-2 訂定自編的研究目的</p> <p>2-3 理解變因實驗</p>	<p>【活動一】 決定自編實驗研究目的</p> <p>1. 教師複習上一節課的操作變因與應變變因的發想，請學生思考自己想進行的自編鼻涕蟲變因實驗。請學生完成活動單第三頁第四大題『「我的鼻涕蟲」變因實驗設計』的研究目的，再過來和教師面談，討論研究目的的可行性與實驗設計、檢測內容。</p>	<p>4-6 節</p>	<p>能決定自己的研究目的</p> <p>能設計與製作自編的研究方法與裝</p>

	<p>預設項目與數值的設定</p> <p>2-4 理解應變變因檢測方法的推想和設計</p> <p>2-5 設計與實作應變變因的檢測方法與工具</p> <p>1-2 釐清研究目的與各種變因之關聯並舉例</p>	<p>2. 教師強調學生進行變因自編實驗時，要遵守下列二個原則，不要為了敷衍了事，而浪費了自己設計實驗的機會。：</p> <p>(1) 一定要是自己喜歡的主題：決定研究目的，一定要挑自己有興趣的主題。因為變因實驗整個完成至少要花一個月以上，挑選有興趣的主題才能作長久又有成就感。</p> <p>(2) 結果要自己無法預測：探究有趣的地方在於不知道接下來面臨的狀況與結果。如果是已知的實驗內容與結果，只是做驗證式的實驗，探究的意義不大。例如當學生列出「膠水量對鼻涕蟲黏性的影響」這種一看就知道結果的主題。直接詢問他當膠水越多，鼻涕蟲黏性越如何？學生通常會直接推論出來！學生自己都能推論結果，那這個變因實驗的價值性就不高，也不需花時間花力氣去做。</p> <p>3. 教師面談學生「研究目的」時，引導的核心概念架構，請參考【教材分析七】。</p> <p>【活動二】 撰寫自編變因的變因與檢測方法</p> <p>1. 當學生通過教師面談後，請學生將活動單第三頁第四大題『「我的鼻涕蟲」變因實驗設計』的各種變因項目及檢測方法填寫完畢，重新複習與確認學生的變因理解。</p> <p>2. 學生填寫完活動單，經教師確認內容正確後，可自行蒐集材料開始進行實驗。</p>	<p>置</p> <p>能撰寫活動單的自編變因及檢測方法</p>
<p>八、自編實驗測試</p>	<p>2-6 實作自編變因實驗的方法與檢測</p> <p>2-7 分析實驗數據並歸納結論</p>	<p>【活動一】 自編實驗測試</p> <p>1. 學生依照自己的進度，先完成教師面談和活動單填寫後，先開始進行實驗。因為每位學生都會擁有自己的目標和進度，教師採用多頭馬車的帶領方式，讓學生能夠進行實驗的檢測。當實驗檢測完成，依照黏性檢測實驗的數據分析帶領方式，與學生討論數據分析的規律、誤差值是否重測、結論歸納。</p> <p>2. 教師提醒學生每做完一組實驗，要將原始數據記錄在活動單第三頁第四大題『「我的鼻涕蟲」變因實驗設計』的表格中，並將數據拿給教師檢查。教師可趁機判斷學生數據的狀況。數據的品質與正確性判斷請參考【教材分析八】。</p>	<p>4-6 節</p> <p>能實驗自己設計的研究與檢測</p>

		<p>3. 進度較快完成的學生，可丟給額外的任務（增加操作變因的項目、測試極端值的效果）或請學生準備口語報告內容。</p> <p>4. 由於學生都是進行自己的研究，建議可讓學生進行「工作記錄」。請學生在實驗過程中記錄研究的工作內容、成果、心得等等…。如果在課程中沒有完成，則於課後自行完成。每次上課剛開始時，老師檢查學生上週的工作記錄。如果沒有完成，則需補完上週內容才能開始進行研究。可藉此瞭解學生研究的進度、成效，協助教師進行掌控和評量。</p>		
九、 實驗報告 討論	<p>4-1 專注聆聽報告並進行思考與提問</p> <p>4-2 掌握研究重點與提問技巧</p> <p>4-3 感受與實行正向的對話禮儀</p> <p>4-4 享受師生、同儕對話的樂趣</p> <p>2-8 理解變因實驗設計與實作的流程</p>	<p>【活動一】實驗口語報告</p> <p>1. 請學生準備口語上台報告，報告的內容為(1)研究目的(2)實驗方法（應變變因的檢測方法）(3)結論(4)感想。教師評分的向度為(1)內容完整度（該講的重點是否描述）(2)口條描述能力(3)回答反應能力(4)台風儀態。這些參考架構都列於黑板上，讓報告到一半忘詞的學生可以回頭看。</p> <p>2. 教師先簡略教導上台的一些基本技巧與原則，例如不拿講稿、以關鍵字記內容、站姿儀態、盡力的回答不放棄等。</p> <p>3. 報告的形式與黏性檢測實驗相同，只是複雜度更高，而且是個人上台。請聽眾到台前聆聽，並隨時對聽眾提問，避免聽眾分心。</p> <p>4. 報告的結構如下： (1) 問好。 (2) 報告者報告：報告者報告內容時，聽眾不得插嘴或發問。 (3) 聽眾提問：每一位聽眾至少要向報告者提問一個問題，而且問題不能重複。如果問題的層次太差，則不算發問過。由報告者回答問題，老師則在旁邊協助釐清問題、提問、輔助說明或補充。如果某位聽眾提不出來，則由老師提問那位聽眾，因為表示那位聽眾都會了。因此聽眾必須在報告者報告時，就先想好幾個問題，才不會先被其他人問掉。因此提問是先搶先贏，藉此鼓勵聽眾提問。 (4) 老師提問與講評：老師針對聽眾沒提到的重點，對報告者提問，讓要強調的核心概念或問題可以被提出。老師針對會對報告者的發表內容、儀態和創意進</p>	6-8 節	<p>能上台進行口語報告</p> <p>能在台下專注聆聽報告並提出問題</p> <p>能盡力回答提問</p> <p>能說出科學變因實驗的流程</p> <p>能分享自編實驗的感受</p>

	<p>行評論與給分。最後老師針對學生的研究主題與結論進行講評，說明此研究的價值或可再改進的部分。</p> <p>5. 一位學生上台報告至結束約花費一節課時間，因此全部學生完成上台報告的時間需耗費數週。過程中教師的引導請參考【教材分析九】。</p> <p>【活動二】自編實驗總結</p> <p>1. 教師重新幫學生複習科學變因實驗的流程 1. 設定目的（設定變因）；2. 設定步驟（檢測方法）；3. 進行實驗（記錄數據）；4. 討論結論（分析數據）。</p> <p>2. 請學生分享在變因自編實驗的歷程中遭遇挫折、問題解決、成就感、對話互動等的感受，強化自己設計實驗的樂趣與熱忱。</p>	
--	--	--

肆、教材分析（搭配教案課程中的活動，標題後註記配合單元與活動）

一、鼻涕蟲製作與材料分析（配合單元一「熟悉鼻涕蟲」：活動二「製作鼻涕蟲」）

科學實驗麻煩的地方是「製作方法和使用材料」有差異，有可能會影響到實驗的結果。因此依照過往的教學經驗，詳述製作鼻涕蟲的方法與材料分析。

1. 鼻涕蟲製作方法：將膠水倒入紙杯，然後把水彩顏料加入膠水中，以竹筷攪拌均勻，再加入硼砂飽和水，以竹筷攪拌至成形。把竹筷拿起來鼻涕蟲會成形在竹筷上，用手將鼻涕蟲取下，不斷搓揉至鼻涕蟲沒有黏液或水分。
2. 教師示範製作的說明：教師示範時膠水倒 1/4 杯，硼砂飽和水則倒入 1/2 杯，能夠做出不黏較有彈性的鼻涕蟲，接下來的製作示範會比較順利，不需花時間處理太黏的鼻涕蟲。然後請一位勇敢的學生伸出手，將竹筷上的鼻涕蟲放在學生手掌上，請學生以手掌握住鼻涕蟲，教師拔出竹筷讓鼻涕蟲留在學生手中，再請學生搓揉至鼻涕蟲的水份較乾。教師可拿成形的鼻涕蟲，丟到桌上示範彈跳。學生製作時膠水倒 1/4 杯，硼砂飽和水量則由學生隨意決定，這樣每位學生做出的鼻涕蟲性質才會不太一樣。
3. 建議膠水由教師統一準備，因為要進行變因實驗，當膠水品牌是一致的，才能夠控制變因。再者是不同品牌的膠水，有些膠水成份中的 PVA 濃度太低，無法製作出鼻涕蟲。因此教師購買膠水，請先測試是否能夠製作出鼻涕蟲。推薦使用 Pass（巴士）牌膠水，500ml 的膠水補充罐 45 元，在大書局買得到。因為學生會不斷以膠水製作鼻涕蟲，建議可在網路購買 Pass（巴士）牌 5 公升膠水 240 元。
4. 硼砂是製作鼻涕蟲所需要的原料，至藥局購買一盒約 25 元。因為硼砂粉要加入水中溶成水容易，因此一盒硼砂就可以使用很久。進行「硼砂水量對黏性的影響」實驗時，採用的是飽和溶液（將硼砂加入水中攪拌，加到無法再溶解），因為調配比較方便。但以硼砂水飽和溶液製作的鼻涕蟲性質偏向有彈性、較硬、較脆。如果希望製作出來鼻涕蟲偏軟黏，可降低硼砂水濃度。
5. 添加顏料可幫鼻涕蟲染色，可以用各種水性顏料來增加顏色。學生在第一次製作鼻涕蟲時會製作兩隻。第一隻建議讓學生使用水彩，因為容易取得。添加水彩的量只要一點點（筷子稍微沾一下顏料就夠）。鼻涕蟲能夠吸收的顏料有限，水彩添加過多，會讓杯子、手，甚至桌面都會被弄髒。第二隻建議讓學生使用水性液體的食用色素（食品材料行購買，一盒四色 100 元）。製作鼻涕蟲時食用色素也不可添加太多，一隻鼻涕蟲滴一滴食用色素就夠了。使用不同的顏料種類製作鼻涕蟲，是希望讓學生感受不同變因產生的差異性。使用食用色素製作的鼻涕蟲是可透光的，使用水彩不透光（因為水彩是不透明水彩）。
6. 製作的容器採用紙杯和竹筷，因為方便清理，製作完後紙杯曬乾後可直接回收。如果使用塑膠燒杯或量杯製作鼻涕蟲，清洗杯內殘留的鼻涕蟲很麻煩。

二、鼻涕蟲運動會之小競賽說明（配合單元一「熟悉鼻涕蟲」；活動三「鼻涕蟲運動會」）

以下列出鼻涕蟲運動會課程時可進行的小競賽，教師請根據時間、場地斟酌使用。每項小競賽測試幾次，或覺得學生有點膩時，就可以更換新活動。目的是讓學生感受不同鼻涕蟲的性質差異，及未來有哪些應變變因能夠研究。

- (1) 彈性彈高：鼻涕蟲從 30cm 高度放下看彈跳高度。越有彈性或形狀越圓的球會彈得越高。
- (2) 彈性彈低：鼻涕蟲從 30cm 高度放下看彈跳高度。越有黏性或形狀越扁平會彈得越低。
- (3) 延性拉長：雙手慢慢拉開鼻涕蟲，比賽拉長的長度。延性和韌性佳拉長效果越好。當出現延性極佳的鼻涕蟲，可以請全部學生一起合作看最多可以拉多長。
- (4) 展性拉膜：雙手慢慢撐開鼻涕蟲，大拇指和食指上下將膜撐開，看薄膜可以撐多大。展性、軟度越佳，拉膜效果越好（但軟度太軟，反而容易垮掉撐不住）。
- (5) 吹泡泡：以粗吸管插入鼻涕蟲中，可吹出泡泡鼻涕蟲。吹鼻涕蟲的訣竅是將大拇指和食指扣住吸管與鼻涕蟲交接處，避免漏氣，另一手掌托住鼻涕蟲下方，避免鼻涕蟲本身下垂。吹氣時必須慢慢吐氣，因為鼻涕蟲膜很薄，吹太快太猛容易破。本身可拉膜的鼻涕蟲才能吹泡泡，可比賽鼻涕蟲泡泡能吹多大。展性、軟度越佳，吹泡泡越容易吹、可吹越大。
- (6) 黏性附著：將鼻涕蟲放在一塊防水板子上，慢慢傾斜角度，看翻轉到什麼程度鼻涕蟲掉下來。當翻轉 180 度仍未掉下，可比賽拍打板子次數，看幾次掉下。黏性越高和附著面積越大的鼻涕蟲越不容易掉下來。
- (7) 滾動滾遠：以防水板子下面墊一塊物體，做出斜坡，架於長桌上。鼻涕蟲從斜坡頂放開，自然滑落，看能在長桌上滾動多遠。硬度越多、形狀比例像汽車輪胎（有厚度的圓柱體），滾的越遠。
- (8) 滑動定位：在長桌上倒水，直到桌面濕滑。學生站在長桌邊緣，用力將鼻涕蟲推往長桌另一側。鼻涕蟲因為水的潤滑，很容易在桌面滑動，比賽誰能最靠近長桌另一側邊緣，又不會掉下桌。最靠近桌緣的為記錄保持者，記錄保持者的鼻涕蟲會留在桌上，等待其他學生的挑戰。挑戰成功的方式有兩種，第一種是比記錄保持者更靠近桌緣，則可取代原本的記錄保持者。另一種是撞掉記錄保持者的鼻涕蟲，如果記錄保持者的鼻涕蟲被挑戰者鼻涕蟲撞下桌，則記錄取消重新開始挑戰記錄。教師則拿著大水盆在對側桌緣幫忙接不小心滑過頭的鼻涕蟲，避免直接掉落地上容易碎裂。「滑動定位」是學生最喜歡玩的小競賽，但因為桌面與地面會潮濕，清理麻煩。建議放在最後一個挑戰活動。玩之前要讓學生承諾願意結束時一起幫忙收拾桌面和地板。

三、變因定義的教學（配合單元二「變因定義認識」：活動一「世界最快的車子」）

變因定義很容易直接背誦，但有些學生卻不明白定義後面的因果（例如：為什麼操作變因只能有一個）。藉由資優生很在意公平性的特性，以「世界最快的車子」活動來協助學生歸納各種變因的定義。「世界最快的車子」活動的教學概念來自明德國小吳柏菱老師的研習，柏菱老師分享了進行變因教學的方法「變身水」活動，我將它改編成適合自己的講述方式。因此教學者可依照自己的風格去改編出屬於自己的變因定義教學方式。

● 「世界最快的車子」活動

1. 教師在黑板畫了一台車，提出「我有一台車，這台車是全世界最快的車子！你們相信嗎？」（學生不相信，詢問學生要如何才會相信。讓學生一直提出問題質疑老師的論點）。
2. 學生：「直接跑跑看！」→教師：「這台車跑了之後，真的開的很快，所以是全世界最快的車子！」
3. 學生：「跟其他車子比較！」→教師在黑板畫了另一台車，但沒有畫輪子：「假設這台車是保時捷，目前全世界最快的車！不過沒有輪子！兩台車一起跑！我贏了！我的車是全世界最快的車！」（學生抗議不公平，教師詢問為什麼。學生回答都要有車輪，教師將車輪補上。）
4. 教師：「駕駛員來了，我的車是年輕的駕駛員！保時捷是老先生！兩台車一起跑！我贏了！我的車是全世界最快的車！」（學生抗議不公平，教師詢問為什麼。學生回答駕駛員年紀不同，教師描述駕駛員年紀要一樣。）
5. 教師：「駕駛員上車了，兩個年紀都一樣年輕。不過保時捷的駕駛員沒有腳！兩台車一起跑！我贏了！我的車是全世界最快的車！」（學生抗議不公平，教師詢問為什麼。學生回答駕駛員身體狀況不同，教師描述駕駛員身體都要健全。）
6. 教師：「駕駛員都有頭、有腳、有身體。不過我的車駕駛員職業是賽車手，保時捷的駕駛員職業是廚師！兩台車一起跑！我贏了！我的車是全世界最快的車！」（學生抗議不公平，教師詢問為什麼。學生回答駕駛員職業不同，教師描述駕駛員職業要一樣。）
7. 教師：「那我找雙胞胎當駕駛員，有同樣的賽車經驗。不過我的車偷跑！我贏了！我的車是全世界最快的車！」（學生抗議不公平，教師詢問為什麼。學生回答起跑時間不同，教師描述起跑時間要一樣。）
8. 教師在教師車前畫一條直線當跑道，在保時捷前畫一堆彎彎曲曲的線當跑道：「我贏了！我的車是全世界最快的車！」（學生抗議不公平，教師詢問為什麼。學生回答行車路線不同，教師描述行車路線要一樣。）
9. 教師：「到底還有什麼要一樣？」（學生去回答各種可能）

10. 教師：「所以只有誰能不一樣？」（學生回答「車子種類」）
11. 教師在黑板上寫上「研究目的：車子種類對車速的影響」。和學生慢慢條列「1. 唯一不一樣：車子種類」、「2. 剩下要一樣：車子有無輪胎、駕駛年紀、駕駛身體狀況、駕駛職業、起跑時間、行車路線」、「3. 想知道的結果：車速」。教師定義在科學上將1定義為「操作變因」、2「控制變因」、3「應變變因」。
12. 教師：「為了公平，實驗能夠讓其他人信服，所以操作變因只會有一個！控制變因是要保持一樣，所以會有很多可能。」（學生練習列出還有什麼是控制變因，例如：車齡時間、路面狀況、駕駛精神狀況等……）
13. 教師強調研究目的就是操作變因加上應變變因。（例如：研究目的：車子種類對車速的影響）。
14. 教師：「操作變因、控制變因、應變變因這三者都有變因。變因就字面上來說就是改變原因，定義是影響實驗改變的因素。變因分成三種，分別為操作變因、控制變因和應變變因。」

四、黏性檢測設計的核心概念（配合單元三「黏性檢測設計」：活動三「黏性檢測方法設計」）

鼻涕蟲的黏性檢測基本分成四大類方向「掉落時間、彈跳高度、黏貼數量、離開外力」，以下針對這四類分別描述核心概念。下面列出的核心概念為可能出現的順序，但並非絕對，教師可依狀況進行調整。以多種測量方法的黏性檢測當作活動，是因為每組學生能夠嘗試自己想到的活動，不會出現一味抄襲的狀況。即使有學生選擇同一類方向，但因為材料選取和問題解決方式不同，而會有所差距。教室可常備一些學生可能用到的材料、工具，方便學生能夠設計出自己的檢測裝置。

1. 「掉落時間」核心概念：

「掉落時間」方法是指將鼻涕蟲黏在某個東西上，看鼻涕蟲自己掉下來的時間。「掉落時間」是學生很常用，但不容易處理的方法。因為當鼻涕蟲太黏時會太久都不掉下來，當鼻涕蟲很不黏時，會馬上掉下來。所以可能必須要有兩階段的檢測方法，以應付都不掉或都掉下來的問題。

核心概念	備註
黏貼的方式 (黏水平或垂直)	鼻涕蟲水平或垂直黏貼的效果並不同！因為水平是掉落，垂直是滑落。垂直因為接觸面有更大的摩擦力，會更不容易掉落。
黏貼物品的材質	選擇黏貼物品的材質必須要有硬度和防水。當物品有硬度及架高，黏貼鼻涕蟲後物品才不會因為中間增加重量造成弧度，影響實驗。物品要防水，避免物品吸取鼻涕蟲內的水分，造成鼻涕蟲不容易拔下來和越來越乾。黏貼物品以塑膠或金屬材質為佳，但也可將木板或紙板鋪上透明膠帶，或使用硬紙杯的底部。
鼻涕蟲固定大小形狀的方法	為了維持控制變因，每隻鼻涕蟲要保持相同大小形狀才能夠進行比較。可用小容器盛裝至滿，將多餘的部分削掉。或搓成球形，以培養皿壓成相同厚度的圓餅，再以模子（小量杯）壓出相同大小形狀。
固定上去，維持相同力道的的方法	不能以手將鼻涕蟲固定在物品上，因為手的力道無法每次都一樣。將鼻涕蟲放在待黏物品上，以重物從上方壓，計算壓的秒數。當要測量鼻涕蟲時，再將物品拿起反翻（翻轉時要輕柔，才不會受離心力影被甩掉）。重物重量來影響鼻涕蟲的黏緊程度。重物大小和均勻度會影響到壓上鼻涕蟲後的平衡度。
架高鼻涕蟲的方式	手持物品雖然方便，但不穩定且手會酸。建議拿東西架高，例如架在兩張桌子之間、架在四個杯子上方、或黏在硬紙杯底下，紙杯以膠帶固定在牆面。
鼻涕蟲很久都不掉下來的處理方式	鼻涕蟲不掉下來，不可能無限制等下去，因此要設定停損時間，通常三分鐘比較適當。超過三分鐘，則以三分鐘為記錄。
太多相同數據的處	當好幾隻都出現相同的數據（可能是因為太黏都不掉下來，導致都超

理方式	過停損時間。或是太不黏都馬上掉下來，導致秒數皆為零)，會無法比較黏性。必須要思考第二階段的簡單檢測方式。例如以小重物從相同高度丟下來，丟幾次鼻涕蟲會掉下來、或以相同的距離、力道拍打，看拍幾次掉下來。如果鼻涕蟲都馬上掉下來，測量物品傾斜角度，看幾度角時掉落。
測量次數	為增加數據的準確度，每隻鼻涕蟲至少都得測量三次以上，再求平均值。二階段測量可能出現平均值無法計算，可思考兩階段的換算方式。

2. 「彈跳高度」核心概念

「彈跳高度」將鼻涕蟲從空中掉落，撞擊桌面後，看反彈高度。這個方法是測量鼻涕蟲的彈性，但因為越黏的鼻涕蟲彈跳效果越差，所以也能夠拿來測黏性。「彈跳高度」是所有方法中最簡單的方法，要解決的核心概念和問題都很少。而且測量的方式不需要計時，能夠快速的測量很多次。通常選擇此種方法的學生進度都會較快，但因為鼻涕蟲塑形效果不佳，無法完全搓成球狀，所以彈跳時高度會常常不一（有時會亂跳），建議測量的次數要更多。另一種測量彈高的方式是將鼻涕蟲當成地墊，使用彈珠從高處丟下，看碰撞到鼻涕蟲地墊時的彈跳高度。此方法可避免鼻涕蟲無法均勻揉成球型的問題。但因為很少學生會想到，故不詳述。核心概念與原本的彈跳高度差不多，只是固定鼻涕蟲大小、形狀、厚度的方法改成做成扁平狀。

核心概念	備註
掉落的高度	鼻涕蟲掉落高度太低，會看不到跳起來的位置。掉落高度太高，硼砂水量多的鼻涕蟲會因為下墜力道太大而破裂脆開。建議掉落高度為 30 公分。
掉落地點	建議掉落地點為平整的桌面，觀看鼻涕蟲彈跳高度時，眼睛就能和彈高的鼻涕蟲在同一高度。如果掉落至地板，眼睛很難平視鼻涕蟲。而且會因為地板灰塵導致鼻涕蟲的黏性降低。
掉落高度位置的標定與製作	當確定掉落高度後，必須有一個標定物，確認從此高度往下掉。以直尺直立雖然很簡易，但需要浪費一隻手拿著尺。因此可用簡單的紙盒堆疊至掉落高度、或甚至找原本就差不多高的物體（例如學生椅子）來當標定高度。
掉落方式	鼻涕蟲掉落時不能夠施加力道，可用手指張開讓鼻涕蟲自然掉落，但如果追求精緻，可要求學生設計出活門或抽板，讓鼻涕蟲自行掉落。
鼻涕蟲固定大小形狀的方法	可用小容器盛裝至滿，將多餘的部分削掉。但小心小容器底部容易出現無法塞滿的小空間，是因為空氣被卡在裡面。需要空出一個小空隙讓空氣流出，才能夠將鼻涕蟲塞滿（先塞滿容器的 2/3，就會有 1/3 的空隙讓空氣排出）。
鼻涕蟲的形狀	鼻涕蟲揉成球狀，彈跳時較不容易亂彈。但硼砂水量越少的鼻涕蟲，

	雖然彈性佳，但卻不易塑形，所以不容易揉成球狀。此處是彈跳高度方法中最容易產生誤差的部分，只能靠測量次數增加來彌補誤差。
如何準確測量彈跳高度	使用長直尺看彈跳高度感覺很方便，但因為刻度太多且太密，用肉眼是無法讀出精確的刻度（雖然可藉助相機錄影，但因為希望學生能夠自製測量裝置，因此不考慮使用電子儀器協助測量）。為了能夠準確的估計出鼻涕蟲的彈跳高度，需要有參考的標竿物（很像跳高的竿子）。只要觀察鼻涕蟲超過哪一條標竿物，就可以判斷鼻涕蟲的高度。標竿物可以使用棉線、吸管、竹籤、麻將尺等…長條型物質，每隔一段高度就標一條，可使用不同顏色或記號協助觀察鼻涕蟲跳躍過的高度。製作標竿物裝置時，要考量標竿物必須要水平、拉直！
標竿物相隔的距離	每條標竿物的間距需要考量，當間距太遠，標竿物等於無效。間距太密，不容易看出通過哪條標竿物。建議間距為3公分。
測量次數	因為測量彈高的時間很快，建議至少測五次以上，以避免誤差。因為測量次數多，可以與學生討論如何找出最適當的代表值（使用全部次數平均、去頭去尾平均、取最大值等……）

3. 「黏貼數量」核心概念

「黏貼數量」是指能夠將多少相同物品黏在鼻涕蟲上。這種方法屬於簡單的測量方式，但必須花時間思考如何讓鼻涕蟲黏貼時都能夠處於控制變因的掌握中，並不是隨便將物品塞黏在鼻涕蟲的各處，比賽堆疊和卡位的能力。

核心概念	備註
黏貼方式的差異	首先需要先釐清「黏」、「放」、「塞」的差異。「黏」是指物品離手後不會再掉下來，因為鼻涕蟲本身有黏性，承擔了物品的重量。但「放」是將物品放在鼻涕蟲的上位，利用鼻涕蟲的結構承擔了物品重量。但如果將鼻涕蟲倒過來，物品就會掉下來。因此「黏貼數量方法」並不是鼻涕蟲四面八方都黏貼物品，因為會無法判斷是「黏」在上面，還是「放」在上面。「塞」則是施力讓物品陷入鼻涕蟲中，藉由摩擦力卡住物品重量。為了避免「塞」的狀況，施力將物品黏在鼻涕蟲上的力道要考量。
黏貼什麼物品	黏貼的物品必須是相同的東西，此外要擁有以下條件：體積小、形狀固定、數量多、防水。建議使用小白積木。此外黏貼物品要小心本身不可過細，例如使用迴紋針，但因為迴紋針太細，當施力後，迴紋針會陷進鼻涕蟲中，造成無法判斷是「黏」或「塞」造成的。
固定鼻涕蟲的表面積、大小、形狀	黏貼數量方法在固定鼻涕蟲的條件中，最重要的是黏貼物品那一面的表面積必須固定，因為會影響能夠黏貼多少物品！因此可用小容器固定大小和形狀（例如能放入小白積木的長4cm×寬3cm×高2cm的塑膠盒），而且鼻涕蟲不一定需要從容器中拿出來。可以拿裝著鼻涕蟲的容器，直接用有鼻涕蟲那一面進行黏貼物品測試。因此容器盡量找扁平狀，才会有最大的表

	面積能夠測最多的物品。一開始黏上去的物品數量越多，測出來數據越不容易產生誤差！
物品黏在鼻涕蟲上的位置	建議物品黏在形狀扁平鼻涕蟲的同一側，當鼻涕蟲拿起來時，能藉由物品本身重量測試是否有真的黏在鼻涕蟲上（如果沒有黏住，物品會自己掉下來）。物品黏在鼻涕蟲的上方或下方皆可，放在下方時能夠將物品在桌上排列整齊，鼻涕蟲直接放在物品上面。測試時只要直接將鼻涕蟲拿高，黏不住的物品會自動掉下。將物品放在鼻涕蟲上方，鼻涕蟲則需要溫柔的翻過來，讓物品朝下才能檢測。
將物品黏貼在鼻涕蟲的方法	需要使用重物將物品和鼻涕蟲壓在一起（避免用手壓，無法評估力道）。因此如果鼻涕蟲裝在小容器裡面，當上方壓上重物，鼻涕蟲較不會產生變形。使用的重物不宜過大（比小容器大一點即可），避免放置後重物會不穩倒掉。壓上去重物的重量與秒數都要評估與測試，壓越重或越久，物品越不容易掉下來。
物品排列與數量	因為要黏貼上去的物品數量多，物品必須以同樣的排列方式進行黏貼才會公平。但不同的排列方式可能會產生物品數量上的差異，因此要思考如何能夠排列與黏貼最多物品。例如黏貼物品為迴紋針，假設迴紋針並排時，鼻涕蟲最多只能黏貼 6 個迴紋針。但實際上迴紋針只要有一半黏貼到鼻涕蟲，就能夠黏起來。因此將迴紋針上下行各排 6 個，鼻涕蟲放在這 12 個迴紋針中間，能夠讓黏貼迴紋針的數量多一倍。
判定黏住標準	當將鼻涕蟲拿起來後，物品可能會掉落。此處必須要設定「判斷是否黏貼住」的標準！鼻涕蟲拿起來後，等待多少時間才判斷掉落；物品有些部分黏著鼻涕蟲，有些部分脫落該如何判定。
太多相同數據的處理方式	當很多數據都出現物品全部都沒有掉落，必須要思考第二階段的簡單檢測方式。例如以相同的距離和力道拍打，看掉落數量或拍打次數。
測量次數	為增加數據準確度，每隻鼻涕蟲至少都得測量三次以上，再求平均值。因為黏貼物品檢測速度快，可測到五次以上，增加準確度。二階段測量可能出現平均值無法計算，可考慮自己增列換算方式。

4. 「離開外力」核心概念

「離開外力」是指使用鼻涕蟲自身重量以外的外力讓鼻涕蟲離開原來的放置處。因此可用敲擊、噴水、甩開、拉動等方法來進行，通常能夠拿來當「第一個方法：掉落時間」的第二階段。敲擊、噴水、甩開與「掉落時間」的方法差異不大，只是除了鼻涕蟲自身重量產生的重力外，額外給予力量，看鼻涕蟲什麼時候掉落。鼻涕蟲都是黏在黏貼物品上。敲擊是採用重物從固定高處掉落，砸在鼻涕蟲或黏貼物品上，將鼻涕蟲震下來，看使用次數。噴水則是使用噴霧器或滴管將水噴在鼻涕蟲上，利用水降低鼻涕蟲黏性與用水力衝擊鼻涕蟲使其掉落，看噴灑次數。甩開則是將黏貼物品做甩動的動作，利用離心力將鼻涕蟲甩落，看甩動次數。這三種方法的核心概念與「掉落時間」相似，只有改變施力的方式，因此不再贅述。

此篇「離開外力」的核心概念重點放在「拉開」，為了準確測量出拉力，需要使用彈簧秤或能標準化的重物（例如：砝碼、水量）。但拉開方法比較複雜，因為同時受到「延性」、「軟度」影響！離開外力的關鍵是鼻涕蟲與黏貼物品分開時的力道，但當鼻涕蟲延性好（容易拉長）、軟度軟（容易斷裂），可能造成拉開的過程中，鼻涕蟲從中間斷裂，此時測量到的不一定是黏性，比較可能是延性。因此要考慮鼻涕蟲與黏貼物品的黏貼強度不可大過延性和軟度的性質，才可在鼻涕蟲沒斷裂前，先把鼻涕蟲拉開。

核心概念	備註
施力的方向與方法（往上、往下或水平）	<p>施力方向不同會影響到方法與使用工具，因此學生必須先決定施力方向才能加以引導，之後的核心概念也會產生差異。</p> <p>往上拉是最單純的方法，因為只能用彈簧秤測出力道。水平拉建議也使用彈簧秤，方法難度比往上拉複雜。往下拉能夠使用的工具種類較多，只要是能夠將力道標準化的東西皆可。所以除了彈簧秤外，也可以使用砝碼、彈珠、水量、小白積木…（只要同單位的重量相同即可）。但往下拉難度最高的原因是工具本身也有重量！往下拉時，鼻涕蟲本身還要承受彈簧秤的重量或裝彈珠容器的重量。因此當裝置設計不當，彈簧秤或容器放上鼻涕蟲，鼻涕蟲可能會直接承受不住重量就掉落，導致無法測量。因此下拉承載重物的容器一定要輕，不能太過複雜和過重。</p>
黏貼物品的選擇	<p>拉開是將鼻涕蟲和黏貼物品分開，拉開方向和使用工具會影響到黏貼物品，因此黏貼物品的選擇很重要。水平拉方法是將鼻涕蟲黏在黏貼物品上方，從側邊拉。需要注意「拉鼻涕蟲時不能夠與桌面接觸」，鼻涕蟲與桌面接觸會產生更多的摩擦力，會影響實驗數據。因此黏貼物品本身要有高度，才能夠把鼻涕蟲架高，建議使用塑膠小方盒當黏貼物品或在桌子邊緣測試。往上或往下拉方法，因為鼻涕蟲需要更大的黏力，避免工具放上去鼻涕蟲就掉了，建議將鼻涕蟲裝在小容器內進行測試，例如瓶蓋、塑膠小方盒、硬紙杯的底部等…，因為鼻涕蟲在小容器內，鼻涕蟲底部和側面都接觸容器，能增加接觸表面積，黏力會跟著增加。</p>
鼻涕蟲固定大小形狀的方法	<p>鼻涕蟲固定大小形狀時，不同方法使用的小容器形狀會跟著不同。往上或往下拉時，因為需要較厚的鼻涕蟲體積來卡住重物的勾子，因此使用高、窄的小容器比較恰當（例如：小量杯、寶特瓶瓶蓋）。水平拉因為需要用重物協助將鼻涕蟲與黏貼物品黏在一起，因此鼻涕蟲需呈扁平狀（與黏貼物品之間的接觸表面積越大），使用扁、平小容器比較恰當（例如：罐頭蓋子）。</p>
固定施力物的方法	<p>使用彈簧秤或掛勾砝碼施力時，勾子必須鑲入鼻涕蟲內，而且勾子的位置、角度、深度要相同。如果將勾子塞入鼻涕蟲中，常常會導致鼻涕蟲破裂！因此可以考慮像卦包一樣，將鼻涕蟲扁平攤開，將勾子放在一側，再用另一側鼻涕蟲翻回來包住勾子。或是將鼻涕蟲切成兩塊，像夾心餅乾一樣，上下夾住勾子。當勾子包在鼻涕蟲中，往上、往下拉方法是將鼻涕蟲</p>

	連同勾子塞入小容器中。水平拉則是將鼻涕蟲連同勾子放在黏貼物品上，上方放重物，將鼻涕蟲黏在黏貼物品上。
判斷力道的程序	因為當鼻涕蟲離開黏貼物品那一瞬間，才是想觀測的數據。假如使用的是一顆顆標準化的重物（例如：砝碼、小白積木），在放置時可以邊數數量，或掉落後才結算數量。但使用彈簧秤在鼻涕蟲分開後，刻度就會歸零。因此在尚未分開前，必須一直注意鼻涕蟲的刻度，捕抓分開那一刻的瞬間刻度。使用水量當重物，要小心當鼻涕蟲掉落後，水會整個打翻，變成無法知道水量。可固定倒水容器的水量，當鼻涕蟲掉落後，扣掉倒水容器剩下水量，就是使用水量。
彈簧秤不夠用	當鼻涕蟲太黏時，可能會出現彈簧秤已經拉到底（測量力道到極限了），但是鼻涕蟲卻沒有分開。此時可以使用兩個彈簧秤，前後勾在一起，將兩個彈簧秤的數據加起來，就是施力力道。
測量次數	為增加數據的準確度，每隻鼻涕蟲至少都得測量三次以上，再求平均值。

5. 其他類型方法：

在單元三的【活動二】黏性檢測設計的鋪陳中，師生會共同推論出比較適合檢測的黏性方法有四大類，所以學生大多都會照著這四類方向進行思考。但有時也會出現學生的思考跳脫這四類方向！此時請老師先檢核學生提出的其他類型方法本身是否適切！適切的標準是1. 是否真的能檢測黏性；2. 方法本身是否安全或可實行；3. 是否能夠測量出差異；4. 反覆測量是否會有差不多的效果。如果學生提出的怪異方法沒辦法通過上面四點（例如提出用嘴巴舔看、放入火爐中等等…），建議教師否決這個檢測想法，因為就算做了沒有任何實驗成效，只是浪費時間和精力。如果經過檢核這四點後，檢測方式確實可行，請參考『教材分析七、鼻涕蟲自訂變因「研究目的」的引導架構』，裡面提到未知的檢測方法該如何抓出核心概念及引導的基本架構。

五、黏性檢測實驗歸納結論（配合單元五「黏性實驗歸納」：活動二「小組共同分析數據、歸納結論」）

進行變因實驗，很重要的訓練是要從分析數據中推論出結論。最重要的結論是呼應研究目的。黏性檢測實驗的研究目的是「硼砂飽和水量對於鼻涕蟲黏性的影響」，因此根據數據會出現規律（只要找出數據是由大到小或由小到大的規律即可，小學生很難做出數據會出現等差的效果），推論出最重要的結論為「當硼砂飽和水量越少，鼻涕蟲黏性越黏。當硼砂飽和水量越多，鼻涕蟲黏性越不黏」。但除了最重要的結論外，從數據分析或實驗過程中其實會發現其他的結論，這些其他結論有時能夠引發出更重要的發現或方向。因此學生必須練習在實驗過程和數據中敏銳的發現特別或異常的現象，能夠增進學生歸納結論的能力。

黏性檢測實驗的數據或過程中，能夠推導出的額外結論內容如下（學生製作與測試自己的黏性裝置實驗時發現的結論不包含在此）：

- (1) 各組做出來的數據規律都是差不多，都能夠推論出硼砂飽和水越少，鼻涕蟲越黏。因為科學有「可驗證性」！能夠由不同人持續驗證，可以得到相同的結果。如果是靈學或玄學（宗教、外星人、鬼），因為無法一直驗證成功，所以不能夠算科學。
- (2) 硼砂水量大於 30cc 時，硼砂水會過量，導致有剩下硼砂水沒有反應完。因此有些數據中硼砂水 30cc 和 60cc 的數據會差不多，變成持平的狀態。
- (3) 硼砂水量少的鼻涕蟲顏色比較白，硼砂水量多的鼻涕蟲顏色比較透明。因為硼砂水量少的鼻涕蟲比較黏，所以要不斷搓揉，就容易把空氣揉進去，造成不透明。硼砂水量多，因為硼砂水過量，鼻涕蟲不太需要攪拌就能夠成形，造成空氣不容易因為攪拌混入鼻涕蟲中，所以透明度較高。
- (4) 硼砂水過量時，製作出來的鼻涕蟲容易產生爆漿的狀況（鼻涕蟲外面成形了，但裡面卻還是膠水。搓揉鼻涕蟲時，裡面的膠水會流出來，像爆漿一樣）。但因為硼砂水量過多，膠水倒入硼砂水時，鼻涕蟲整隻都泡在硼砂水中，當攪拌時鼻涕蟲只是在硼砂水裡浮動，無法藉由攪拌讓鼻涕蟲內部也與硼砂水反應，才產生容易爆漿效果。當硼砂水量少時，就不會有爆漿狀況發生。因為沒有足夠的硼砂水量包住膠水。
- (5) 硼砂飽和水小於 7.5cc 時，做出來的鼻涕蟲會比較小。因為膠水過量，卻沒有硼砂水來反應。因此搓揉鼻涕蟲時，手上會沾很多膠水。當拍手時，手中會出現拉絲的效果。
- (6) 膠水量是決定鼻涕蟲大小的關鍵。當能夠反應的膠水量多，做出來的鼻涕蟲就會比較大隻。當硼砂水太少，膠水無法反應，鼻涕蟲會跟著變小。

六、鼻涕蟲操作、應變變因分析（配合單元六「討論鼻涕蟲變因」：活動一「鼻涕蟲變因的可能性」）

為了讓學生能夠思考或選擇自己最想做的鼻涕蟲變因自訂實驗，在一開始先讓學生思考與窮盡有關鼻涕蟲的操作變因和應變變因。當學生輪流分享的過程中，教師協助將操作變因分類整理上。當學生提出應變變因時，教師請學生思考應變變因的可行性及檢測方式，讓學生對於選擇此類的應變變因的檢測方法有概念。應變變因同時跟應用有關，所以教師同時可以補充與該應變變因相關的應用或商品，讓學生有更多發想的空間。鼻涕蟲操作、應變變因與應用分析如下：

1. 操作變因分析（每種材料都能當成一個學生提出的答案，因為每種材料都能延伸出量的差異，例如白膠量）：
 - (1) 改變實驗材料（分成膠水、硼砂水、顏料三大類）
 - A. 膠水：膠水量、膠水濃度（先加入水稀釋，會讓鼻涕蟲變軟變稀而不黏，而且製作出的鼻涕蟲體積變大）、膠水種類（白膠、保麗龍膠、金蔥膠等…，但不可使用有危險性的膠類，例如強力膠、三秒膠）、PVA 粉末（PVA 是製作膠水的原料，可在化工行買到。PVA 可以延伸出粉量、添加水量、調配溫度…）膠水品牌（品牌會影響到 PVA 的濃度）。
 - B. 硼砂水：硼砂水量、硼砂水濃度、硼砂水替代品（以小蘇打粉水、鹽水、瀉鹽水、Tide 汰漬洗衣精…能夠取代硼砂水製作出鼻涕蟲，而且做出來的鼻涕蟲性質會不同）。
 - C. 顏料：顏料顏色、顏料種類、顏料濃度，通常與透光度檢測有關。
 - (2) 改變實驗步驟：製作順序（膠水、硼砂水的添加順序）、攪拌方式（攪拌速度、攪拌力道、攪拌時間）、容器（容器大小、容器材質）、攪拌棒（攪拌棒材質、大小…），改變實驗步驟通常都與製作出透明度高的鼻涕蟲有關。
 - (3) 改變環境：溫度（將鼻涕蟲放入冰箱、放在火上烤、曬太陽）、濕度（放在不同濕度的場所、鼻涕蟲泡在水中及各種溶液中）、接觸不同材質（測量各種材質的沾黏性）、接觸落塵（放在不同地區旁，比較落塵吸附量）、接觸空氣（放在通風處或接觸空氣時間，比較鼻涕蟲硬化狀況）、包入氣球（將鼻涕蟲填充在氣球中，會產生可不斷擠壓且不易破裂的軟球）。
 - (4) 加入物體：（分成液體、粉末、固體三大類）（因為能加入的物體太多，當學生提出答案到一定程度，教師可修正成加入類型，例如飲料類、調味粉類）（加入物體一定是加在膠水中攪拌均勻後，才加入硼砂水，使鼻涕蟲成形）
 - A. 加入液體：加水稀釋、飲料種類、刮鬍露、巧克力醬、清潔劑、香水…。加入液體會容易讓鼻涕蟲產生性質上的變化，例如加入液體含有糖類，容易讓鼻涕蟲變軟變黏。
 - B. 加入粉末：鐵粉、螢光粉、感溫粉、亮粉、調味料、糖、鹽、咖啡粉…，加入粉末會讓鼻涕蟲產生不同的功能型態，例如加入螢光粉有夜光功能、加入鐵粉

能用強力磁鐵移動…。

- C. 加入固體：沙粒、亮片、小保麗龍球、綠豆…，加入固體常用在檢測應用，例如加入綠豆，可檢測鼻涕蟲替代土壤的可能性；加入沙粒或小保麗龍球，能得到可塑型黏土；加入沙粒，可檢測鼻涕蟲清除灰塵程度……。

2. 鼻涕蟲應變變因（每一種應變變因都有其測量「數據化」的方法，以及其對應的操作變因，但以下只針對學生比較喜愛、常做或不容易理解的做簡略說明）：

黏性、彈性（請參考「彈跳高度」方法）、延性（拉長效果，以固定力道測量拉長的距離）、展性（展開效果，可用吹泡泡或拉膜來檢測）、軟度、塑性（能夠改變形狀的程度）、脆度（被撞擊或丟擲的脆裂程度）、透明度（以光源照後透光效果，可用有點透明的物體遮光數據化，測量可透過幾層，例如衛生紙）、導電性（以LED燈、9V電池連接鼻涕蟲，因為鼻涕蟲本身含有水分，可導電讓LED燈發光。檢測導電性效果，數據化是用透明度的相同手法，看能遮光幾層）、黏髒污程度（黏貼清除灰塵、沙子的效果）、香味程度（添加調味料粉的香氣強烈度，用戴口罩數量或相隔距離來檢測是否聞到）、芳香持久度、在水滑行距離（在桌上倒水，看鼻涕蟲滑行距離）、硬化時間（鼻涕蟲放久會硬化變成像塑膠固體，因為鼻涕蟲的主要成份PVA是一種水溶性塑膠）、硬化乾掉狀態（不同成份的鼻涕蟲，硬化後的效果不同）、耐熱（放在火上烤的效果）、保冷（放入冰箱，拿出能夠維持保冷的時間、溫度。或添加能造成降溫效果的材料，觀察溫度降低效果，例如小蘇打粉和醋）、耐酸鹼、耐壓、發黴狀況（鼻涕蟲放久容易發黴）、發芽狀況（放入綠豆或雜草，看鼻涕蟲取代土壤的狀況）、壓印效果（鼻涕蟲放久後，會跟著容器塑型，產生壓印、拓印效果）、拉絲效果（鼻涕蟲太黏時，兩手不斷拍合會產生拉絲的線）、吸震性（物體從上方掉落的反彈高度）、重量、大小（膠水先添加其他物體，再倒硼砂水反應，鼻涕蟲的體積會變大，因為膠水量決定鼻涕蟲大小）、食用性（網路上有可食用的鼻涕蟲配方）

3. 商品應用或延伸開發：

延展性（玩具流星錘、大便豬）、灰塵黏性（B&Q販賣的黏灰塵黏土團）、透明度（可塑型成超大型透鏡，不需研磨透鏡）、吸震性（外出時放在馬桶內，防止大便掉落水中時噴水）、香味（將有香味的液體混入鼻涕蟲中，可自製芳香劑）、顏料（將各色有透光度的鼻涕蟲黏貼在透明玻璃上，可自製彩繪玻璃）、鐵粉（鼻涕蟲內混鐵粉，可用強力磁鐵控制鼻涕蟲）、螢光粉（鼻涕蟲內混螢光粉，可發出夜光）、感溫粉（鼻涕蟲內混感溫粉，可放在不同物質上判斷溫度）、保冷（將鼻涕蟲依照手需冰敷的部位塑型後，放入冰箱定型，可做成能貼合受傷部位的冰敷袋）

七、鼻涕蟲自訂變因「研究目的」的引導架構（配合單元七「變因自編設計」：活動一「決定自編實驗研究目的」）

教師面談學生「研究目的」時，因為學生可能做的方向範圍太廣泛，無法詳列各種可能研究的核心概念與檢測方式，以下描述引導學生的基本架構：

1. 檢查「操作變因」：先看操作變因的設定是否適當，適切性如下。
 - (1) 操作變因與應變變因是否有實驗價值，是否尚未實驗就能推論結果。未做就已知，不需要花時間去做實驗。
 - (2) 操作變因是否能夠執行，是否符合現實或材料是否能夠取得。
 - (3) 操作變因與應變變因是否有相對應的關係，彼此有相關性，測出來的數據才有意義。
 - (4) 操作變因是否能夠改變，並條列出至少五種項目，讓檢測的鼻涕蟲能分出差異性。例如「添加沙士量為 0、10、20、30、40ml」；「添加飲料種類為沙士、果汁、牛奶、綠茶、咖啡」。
2. 設計「應變變因」：當教師確認應變變因是可行的，學生必須開始設計檢測應變變因的檢測和數據化方法。教師核心概念的引導過程與黏性檢測裝置差不多，以下列出引導的通則概念。
 - (1) 應變變因該如何進行檢測。這樣的檢測是否能夠真正測出想測的效果（可以簡單的實作看看）。
 - (2) 應變變因的測量方式如何數據化。思考學過的常用計量單位是否有和測量相關可用的單位。
 - (3) 應變變因的測量方式如何製作。需要哪些材料。這些材料的特性是否符合測量方法的需求。檢測裝置的製作要注意和避免的事項。
 - (4) 應變變因的測量方式是否公正。設計出來的測量方法是否都符合控制變因的要求。是否能夠避免人力造成的誤差。
 - (5) 實際以一隻鼻涕蟲檢測實作設計的測量方式是否能夠使用。根據測出的數據或狀況思考該如何修正檢測方法和裝置。
3. 確認「操作變因」：當設計好應變變因的檢測裝置，要回頭確認操作變因的選項。請學生在活動單第三頁下方表格的第一行第一格寫下自己的操作變因，並在下方五個格子寫出預計做的五隻鼻涕蟲操作變因的項目（例如：操作變因是「膠水量」就是寫五種膠水量，是「粉末種類」寫出想做的五種粉末）。教師藉此判斷學生的操作變因改變的項目是否適切。適切的判斷重點如下。
 - (1) 操作變因中是否有對照組出現。對照組指的是尚未加入操作變因的狀態。例如研究目的為「添加沙士量對鼻涕蟲導電性的影響」，其中一隻鼻涕蟲添加沙士量為 0cc，呈現沒有添加沙士，原本的導電性狀況。
 - (2) 操作變因改變項目如果為數字，這些數字是否為等差或等比關係。
 - (3) 操作變因改變項目如果是物品類型或環境，這些類型是否有同類型的關係。選

擇的項目是否出現無法成功製作出鼻涕蟲的狀況（如果只是其中一、二個，可視為嘗試的過程有失敗的例子。如果大多數都是無法製作出成功的鼻涕蟲，那整個實驗會視為無效）。選擇的項目是否出現實作會有危險的物品。

- (4) 硼砂水量和膠水量通常為控制變因，學生必須先同時決定自訂實驗中硼砂水和膠水量。建議學生從「黏性檢測裝置」製作過的五隻鼻涕蟲比例中挑選一隻適當性質的鼻涕蟲當作對照組（因應應變變因的需求，需要偏軟、偏黏、偏彈、偏脆…的性質）。挑選有經驗的比例是做出來的鼻涕蟲比較能夠預估原本的狀態。如果新訂一個沒做過的硼砂水量和膠水量，那必須再做一隻來當作對照組。
- (5) 操作變因改變項目如果為數字，試做一隻操作變因中有代表性的數據（通常是預設的最中間值），檢測是否能成功做出鼻涕蟲；檢測鼻涕蟲是否擁有預期的性質；並利用實作的數據去預估其他操作變因數據是否需要修改。
- (6) 操作變因改變項目如果為物品類型或環境，試做一隻操作變因中有代表性的項目（通常為預設最容易成功的），檢測是否能成功做出鼻涕蟲，以推論實驗成功的可能性高低（如果連最可能成功的項目都做出不來，表示其他的項目可能性更低。應該直接修改研究目的）；檢測鼻涕蟲是否擁有期望的性質。

八、「變因自編實驗」之數據分析建議（配合單元八「自編實驗測試」：活動一「自編實驗測試」）

當學生完成實驗後，會產生實驗數據。教師會與學生共同檢視這份實驗數據的合理性，進而讓學生藉由這份數據來推論結論。建議教師規定學生每完成一項操作變因的項目數據，就要拿給教師檢視。一方面是確認學生的數據狀況，另一方面是掌握學生的進度。

數據的品質和正確性需回歸到信度和效度的討論，因為是小學生的變因測試，因此教師當場以簡單的方式進行信度與效度判斷。根據前面的討論，學生同一個項目至少會做三次檢測，信度的判斷是學生做的同一組數據彼此之間是否相近。如果數據出來都差不多（例如：10、12、9），表示這組數據是可以相信的，因為求出來的平均數（10.3）與這三個數字相近，表示平均數能代表這三個數據！如果這組數據的跳動很大（例如：8、25、2），平均數（11.6）和這三個數字的關聯性不高，表示測量過程中並不穩定，這樣計算出來的平均數就沒有代表這一組數據的價值。如果學生的數據跳動很大，若是在實驗前期，可要求學生修正檢測裝置，使其穩定度增加。或是教師可要求學生多做幾次檢測，然後將頭尾去除（例如做五次，再把最大與最小的數字去掉），可增加準確度。

效度的判斷則直接由教師來做經驗推理。效度判斷必須要至少有 2 組數據才能夠判斷。教師根據學生的研究目的，判斷這幾組數據平均數的大小變化是否合理。數據組數越多，判斷的效果越好。所以通常是學生全部的數據都完成，師生再一起判斷數據是否有規律性。

九、「變因自編實驗」口語報告的目與教師引導策略（配合單元五「黏性實驗歸納」：活動一「小組口語報告」、單元九「實驗報告討論」：活動一「實驗口語報告」）

口語發表不單只是讓學生有發表的舞台，在變因自編實驗的口語發表，每一位學生上台發表的時間大約一節課。學生發表時間其實只有 5 分鐘，剩下時間都不斷的在進行報告者與聽眾、師與生之間的對話。希望藉由口語發表能夠達到以下的目的：

1. 收穫共享：開放性的探究研究因為每位學生的研究方向不同，在過程中所學習到的收穫也不同。如果想學習到其他學生收穫的方法是請學生進行報告分享。但很可惜透過上台口語報告，同儕的學習成效並不佳，因為聽眾聽報告的投入度不高。因此教師可採取後面建議的策略，讓聽眾的專注力增加，不斷的進行理解、思考、評論與建議，讓聽眾不只是當個旁觀者。
2. 思考訓練：學生個人在研究的歷程中，會累積很多的問題解決與結論收穫。學生上台發表時，身上同時潛藏著很多值得被提取的訊息。因此訓練聽眾利用提問試著去挖掘出有價值的內容。或由老師將報告者經歷過的挫折，將問題丟給聽眾思考該如何解決。每一位學生上台，聽眾就跟著思考他所經歷的問題。因為都在同一個大主題（鼻涕蟲）的範疇中進行研究，而學生都擁有基本的鼻涕蟲先備知識和經驗，進行對話時就沒有背景差異，只有研究方向的不同。藉由反覆進行不同方向的思考訓練，培養學生在進行實驗的敏銳度。
3. 對話禮儀：提問並非批鬥，但資優生常出現盛氣凌人、理直氣壯的質疑（例如：你為什麼不這樣做？這樣設計精確嗎？），認為把台上的報告者鬥到啞口無言就是勝利。但長時間的口語發表想建立的是一個對話的平台，藉由溫和、有建設性的提問與回答來進行互動。當遇到批鬥類型的聽眾，教師請學生回想「黏性檢測實驗的口語報告」，最後教師給學生總評時的感受。教師在當時已經示範如何用溫和、鼓勵、有建設性的描述去陳述每個人的研究內容。接收到這樣的訊息會讓報告者比較願意接受評論。如果當時教師採用謾罵、貶低、批鬥的言語，身為報告者一定會受傷、不舒服。而現在就是要練習以溫和的方式進行對話，理解對話禮儀的重要性。
4. 享受對話：當學生之間能夠以溫和的方式進行對話，過程中就是不斷的猜、問、想、解，以科學概念為基礎，進行理性的問與答。希望學生在互動對話的過程中，享受對話的過程。理解對話的目的並非辯的你死我活，而是享受提問或回答過程中，抓到重要訊息的成就感或能力相當對手互有往來的樂趣。

以下為教師在「變因自編實驗」的「實驗口語報告」時，可使用的引導策略：

- (1) 近距離聆聽：聽眾拿著椅子到黑板前聆聽，使聽眾與報告者處於很近的距離。避免學生坐在很遠的桌子後面，減少聽眾作自己事情的機會（增加教師監督的機會）。聽眾手上不能拿任何東西，避免學生偷偷準備接下來的報告或分心玩手上的東西。

- (2) 聚焦：教師在口語報告中佔了非常重要的角色，因為在報告者與聽眾互動的過程中，教師必須敏銳的抓出哪些訊息是有價值性，進而用下列的策略使該訊息能夠被學生注意，進行不斷思考。這個教師提取關鍵的過程稱為「聚焦」，當教師對於學生研究的核心概念越清楚，越能夠掌握訊息的價值性。教師必須利用聚焦來陳述想讓聽眾學習的核心概念、目的或內容。教師會在中途介入學生之間的對話，可以使用下列的方法來使學生聚焦：
- A. 釐清想法：常常會出現報告者不理解聽眾的提問，或聽眾不懂報告者的回答。教師必須跳出來協助將學生的話轉譯成對方聽得懂得內容，或抓出內容中最重要問題點，把其他不相關的糾葛對話忽略。去除掉學生之間的溝通不良與失焦，讓學生之間的提問與回答能夠順利的進行。
 - B. 補充說明：報告者回答的過程中，會出現忽略了重要的資訊，導致回答內容不夠完備，教師可直接補充相關的訊息。或者是教師在學生對話中聯想到相關訊息、細節描述、更高層次的整合內容、歸納重點結論。教師抓回主控權將重點強調清楚，能清楚的聚焦重點。
 - C. 追問：教師發現報告者或聽眾的對話中，出現忽略重要訊息，但教師又不想直接說出答案，則採用追問。利用剛剛提取重要訊息的進一步的提問，讓學生能夠回答出教師強調的重點。或是提出不合理的部分請學生解釋如何自圓其說。
- (3) 提問：提問是促進思考很重要的策略，分成四種提問的方法使用。
- A. 聽眾問報告者：聽眾必須專注的聆聽報告，才能找出可以提問的想法。聽眾在報告前被規定至少要提問一個好問題，教師則不斷幫學生評論「好問題」與「不良問題」，學生會慢慢摸索出提問的方向。
 - B. 教師問聽眾：當聽眾沒有藉由「聽眾問報告者」抓到重點時，教師可反過來提問聽眾，由報告者評論聽眾答案及回答正確答案。讓聽眾不只是當旁觀者，當自己沒有專注或精確提問時，自己就會變成整場報告的回答者，逼迫聽眾在整個報告中投入專注。
 - C. 教師問報告者：由於報告者經過研究後，已經對自己研究的核心概念都理解與解決，因此當教師要對報告者進行提問時，需要提出更高層次的問題，讓報告者進行比較、分析、改善或推論（請參考「進階」技巧）。讓報告者遭遇很難的未知問題，並在台上當場思考與解答。因為問題很難，學生可以練習回答不知正解的問題，訓練推論或完全無法回答問題的應對方式（教師可協助給予提示，讓報告者慢慢推論出答案）。
 - D. 教師問報告者與聽眾：教師可用進階問題，一起問報告者和聽眾。可以用以下的變化方式，讓學生感到新鮮、願意投入。
 - a. 讓全部學生一起上台將想法寫在黑板上，讓學生將這些想法分類，教師再針對想法進行分析、評論，最後提出教師看法。
 - b. 請全部學生提出看法（或由教師提出選項讓學生選擇），支持同一方的提出論點，請另一方質詢，再交換。教師再針對兩方進行講評，提出教師看法。

- (4) 強化：因為是第一次進行長時間的口語報告，必須要不斷的增強學生的表現。強化是指在學生問答互動過程中，教師隨時跳出來針對表現佳的部分給予肯定。表現佳的部分可分兩塊，第一塊是「教師想強調的部分」，例如教師想強調對話禮儀，特別讚揚溫和發言的學生。教師想強調提問技巧，特別讚揚抓到重點的提問問題。當學生在哪一塊缺乏，則給予那方面的強化，讓學生能夠正向往該處發展。第二塊是「報告者的鼓勵」，每一位報告者上台，教師都要藉機給予肯定與正增強，讓學生覺得研究是有回饋的。即使該份研究很普通或成效不佳，教師要想辦法找到該生研究中有價值、超越同儕的部分，給予真實、具體的描述與肯定（甚至丟給聽眾思考無解後，再做解答或講評）。讓聽眾感受到每位學生的研究都有自己優異與值得學習的部分，減少聽眾想批鬥、貶低報告者的心態。藉此培養聽眾對話禮儀的態度，增強報告者對話享受的經驗。另外教師可請所有聽眾輪流稱讚報告者的優點，練習找出有價值的部分，稱讚對方，培養良性的對話互動。
- (5) 測試：口語報告對話的過程中，並不是只能一直坐著講話。當出現所有學生都無法確認的問題或推論，可給予全部學生一小段時間直接進行測試、實作，讓學生自己找出答案。或是將構想以簡單材料進行呈現，教師再與學生共同討論、分析或檢測，釐清想法。或是由教師直接進行演示實驗，學生推想可能結果後，直接由教師進行實驗驗證，再推導出緣由或結果。藉由動靜活動之間的交替，讓學生能夠轉換情境，持續專注在各種思考訓練中。
- (6) 切細：由於報告者的報告內容為「研究目的、方法和結論」，當從這些內容中找不到提問點時，可試著進入更細部的內容進行檢閱和思考。例如請報告者提出操作變因的項目與應變變因的平均值數據結果，從中進行思考、提問、推論。當發覺平均值數據有異常，可再提出原始實驗數據理解數據的分布和合理性。
- (7) 進階：因為報告者在研究過程中不斷與教師進行面談和討論，因此屬於報告者研究的核心概念產生的問題和解決法都會被報告者熟知。當希望在口語報告中提出能夠讓報告者思考的問題，必須要更進階、難度更高，才能促使報告者或聽眾繼續思考。以下列出可以產生進階問題的方向。
- A. 比較相似的差異：即使全班前進的方向都不同，但很容易出現某些學生研究方向或方法是相似的（特別是黏性檢測實驗）。當口語報告時又出現了相似的內容，提問時可請報告者分析自己與對方的相同與相異處（因為報告者當聽眾時聽過該報告內容），並推想產生差異的原因或導致狀況。將提問拉到不同學生研究之間的比較。
- B. 改善之前的錯誤：由於進行研究的時間有限，常造成在研究方法、檢測方式或結論部分產生問題。教師可請報告者或全部學生思考，如果還有時間，會如何修正這項問題。讓已經完成實驗的報告者重新思索一次再次遭遇相同問題的解法。或將這個困擾丟給全部學生，讓學生自由發想，說不定能夠提出改善的點子。
- C. 推論預設的狀況：教師可在報告者研究的基礎下，假設某種情境或困難，讓學

生藉由舊經驗推想可能發生的狀況。讓報告者重新回到必須思考的狀態。

- D. 分析造成的原因：學生進行變因研究時，通常只進行操作與應變產生的關係。可以請學生試著去分析其中原因或因果關係，試著推論出更深一層的內容。

伍、應用與建議

<p>延伸應用</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本份課程模組的「黏性檢測實驗」和「變因自編實驗」這兩個活動實際上是以相同的模式不斷循環。當此課程模組教完後，可以更換不同的實驗主題，再繼續進行變因自編實驗的設計。目的是希望讓學生在不斷循環的實驗步驟中培養出思考的習慣。將變因實驗的流程內化成思考的直覺反應。 2. 如果在高年級實施此課程模組，因為高年級普通班數學課已經學過基本的長條圖或折線圖，可讓學生將實驗數據畫成折線圖，藉由線條的傾斜度判斷實驗的規律。如果學生的折線圖呈現一定的規律，還能夠讓學生藉由折線圖的折線預測應變變因的數值，再由實驗實測去驗證數據的預測準度。例如記錄數據中操作變因的礫砂水量 10 cc，應變變因的黏性檢測為 20cm。礫砂水量 20 cc，黏性檢測為 30cm。可用數學計算或折線圖，算出礫砂水量 25 cc 時，估計黏性檢測為 25cm。再讓學生去真實實驗礫砂水量 25 cc 的黏性檢測是否接近 25cm。由此結論數學或折線圖能夠預測出未進行實驗的數據。 3. 學生進行數據分析時，因為一隻鼻涕蟲會重複檢測很多次，讓學生思考要如何只用一個數字去代表這些檢測很多次的原始數據。有各種方式去找出這個代表的數字，可使用「平均數、最大值、最小值、眾數、中數…」各種方法。讓學生將全部原始數據轉成上述各種方法，並比較何種方法比較有規律性。會發現通常「平均數」是最容易呈現規律性的方法。由此讓學生理解為什麼數據處理通常都是使用平均數。 4. 學生在進行檢測裝置設計，與教師面談時，必須說明自己想用什麼方法。但學生很容易會用「代名詞」(例如：我將這個，放到那個上，再把那個拿到這裡…)。教師在面談時可訓練學生不能使用代名詞，而用真正的物品或地方描述，才會讓人能夠理解。當面談時不斷的要求，學生在撰寫活動單的研究方法，或上台進行口語報告，都能夠以明確的描述來陳述研究方法。
<p>對超前或落後學生的建議</p>	<p>由於採用開放性的探究實驗，能力強容易超前的學生就讓他持續的研究，即使實驗都完成，也可以不斷進行新的檢測項目、分析或引導或進行相關的實驗比較，只要學生的興趣能夠持續支持，就讓學生繼續往前衝。探究並沒有一個真正的終點！教師要掌握的反而是能力較差、進度最落後的學生，適時的給予清楚的提示或減少核心概念的提問，讓學生彼此間的進度差異不要過大，才能夠一起進行結論和口語報告的訓練。</p>

鼻涕蟲的秘密—變因實驗自編設計 p. 1

一、變因的解釋與舉例：

研究目的→車子種類對車子速度的影響。

1. 變因：_____

2. 操作變因：_____

3. 控制變因：_____

4. 應變變因：_____

5. 研究目的是 () 變因加 () 變因。

二、變因出題練習：

請出一道題目（列出一項實驗的「研究目的」），讓其他同學練習。

1. （我出的題目）研究目的→_____

（同學_____回答）

2. 變因：_____

3. 操作變因：_____

4. 控制變因：_____

5. 應變變因：_____

班級：() 姓名：()

鼻涕蟲的秘密—變因實驗自編設計 p. 2

三、鼻涕蟲「黏性檢測」變因實驗設計：

研究目的：礫砂飽和水量對鼻涕蟲黏性的影響

1. 變因：_____
2. 操作變因：_____
3. 控制變因：_____
4. 應變變因：_____
5. 我的檢測黏性方法為_____

6. 紀錄表格

礫砂飽和水量 (ml)	膠水的量 (ml)	黏性數據 (單位：)	黏性數據平均值 ()

7. 實驗結論：_____
- _____
- _____
- _____

班級：() 姓名：()

鼻涕蟲的秘密—變因實驗自編設計 p. 3

四、「我的鼻涕蟲」變因實驗設計：

1. 研究目的→ _____

2. 變因： _____

3. 操作變因： _____

4. 控制變因： _____

5. 應變變因： _____

6. 紀錄表格

7. 實驗結論： _____

