

教育部 99 學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：探討中學生恆定性概念的心智模式與發展

主持人：湯偉君

執行單位：台北市立萬芳高中

一、計畫目的

恆定性是生物學科最重要的概念之一，在不同的學齡階段的生物相關教科書都會提到此一內容，因此，了解學生在不同學齡階段對於恆定性的理解，應可讓國、高中甚至大學教師，在執行生物教學時，更能充分掌握學生的教學前概念，以便設計更適當的教學策略。雖然每位學生所處的學校、授課的教師、生活經驗各不相同，以致於所擁有的恆定性概念可能也有所不同。但大致上，還是主要受到相同課程綱要下所編纂的生物教科書影響。因此探討學生恆定性心智模式的同時，分析教科書相關內容，可對學生心智模式的變化有更清晰的理解。

承上述的討論，本研究計畫最主要的研究目的在於探討中學生在恆定性概念的心智模式、演變及可能的影響因子。其研究問題有三項：

- 一、台灣的中學教科書討論恆定性的廣度與深度？
 - (一) 國中七年級到高中三年級，恆定性概念的主題範圍及其演變情形（廣度）？
 - (二) 國中七年級到高中三年級，恆定性概念的描述與解釋（深度）？
 - (三) 中學教科書，在討論恆定概念時，有無融入複雜系統觀的特性？
- 二、中學生恆定性概念的心智模式及演變？
 - (一) 國一至高三學生，恆定性概念的心智模式各為何？
 - (二) 國一至高三學生，恆定性概念的演變情形為何？
 - (三) 中學生是否能以複雜系統觀的特性來說明恆定性概念？
 - (四) 承（三），中學生在何階段方能以複雜系統觀的特性來說明恆定性概念？
- 三、教科書對於中學生恆定性概念心智模式的影響為何？
 - (一) 僅接受小學教科書恆定性概念的國中七年級學生，其恆定性概念的心智模式和教科書概念的相關性為何？
 - (二) 接受國中教科書恆定性概念的中學生，其恆定性概念的心智模式和教科書概念的相關性為何？
 - (三) 接受高中生物教科書的中學生，其恆定性概念的心智模式和教科書概念的相關性為何？

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

本執行單位內，有以下人員協助本計畫的完成

1. 生物科其他任課教師：對問卷題目提供部分建議、協助完成問卷施測。
2. 部分導師及學生：部分學生參與本問卷的施測以及接受晤談，導師協助安排學生受測時間。
3. 行政人員：教務處主任和組長積極協助本計畫的呈報，並督導計畫的執行；會計室和總務處則協助經費的報支、核銷和採購。
4. 實習生物老師：計畫主持人於九十九學年上學期期間，有一位實習老師依師徒制理念，觀摩主持人教學和研究並提供事務性協助。

三、研究方法

為完成本研究的目的，必須進行兩項工作：一是分析恆定性概念在國小至高中自然或生物教科書中，探討的範圍及層級；二是藉由晤談或是問卷，瞭解小學至高中學生的恆定性知識或迷思概念。為執行這兩份工作，研究者必須先參考科學哲學、認知心理學和科學教育相關文獻，以及前導性研究，建立起恆定性概念層次表，以及每一層次具有的屬性。以下介紹本研究的研究對象和研究工具。

1. 研究對象

本研究的研究對象，包括科學教科書、學生。但考量時間與精力，研究者並未全面性地探討中小學所有版本的教科書及所有年級的學生，範圍的限定如下所述。

生物教科書

本研究預計分析的教科書內容，可分成縱向、橫向兩軸，所謂橫向，指的是不同版本的教科書。由於目前教科書多元化，各校採用的版本各異，本研究將以各年級使用量最高的數種版本為主，同時參考欲觀察的學生，其在校所使用的版本，共選出三個版本做為研究樣本。不以學生在校使用的版本為唯一探討對象的原因是：許多教師會參考不同版本的內容，整合而教授給學生，換言之，學生所得之概念可能不單指來自同一版本。因此在所謂橫向的科學教科書探討上，將以生物科每一年段的三個版本為探討對象。

縱向的探討，指的是不同年段，亦即分成國小、中、高中三個階段，以高中生物教科書、國中自然與生活科技教科書中生物相關部分，與國小自然科教科書生物相關部分為探討的對象。另外，這幾年高中適逢九五暫綱、九九課綱等階段性的課程改革，研究者考量以下三點：論文的一年研究期程等現實因素、這一年未有學生接受過完整的九九課綱高一基礎生物的教學，同時現有高二、三學生都接受原有九五課綱的教科書。因此將九九課綱新課程高一基礎科學排除在外，而僅探討九五課綱的高一至高三教科書。

2. 受測學生

本研究預計選取以下年齡階段的學生進行探討（如表 1），不同年齡階段分別代表過接受不同程度的教科書教學，同時，考量研究期程，且為了更能釐清不同階段教科書恆定概念與學生心智模式的關係，研究者設定不同的研究對象，必須各在特定期限內完成測驗。例如國一新生需在一開學便完成施測，代表只接收過國小程度的恆定概念者，在學期末施測的國三學生和學期初施測的高一學生，同樣代表接收過完整國中恆定概念者，但後者經歷過一段時間的假期，應屬延宕期的資料，如表 。

若要徹底探討跨年級的心智模式演變，其實應從小學生階段開始施測，但研究者考量時間、精力以及研究期程，暫將研究對象限於表 1 所示之六類。國中的研究對象將主要來自台北市北區與南區各一所國中各三個班，約兩百位學生。高中的施測對象將來自台北市一或兩所社區高中各三班，選擇社區高中而非明星高中的原因之一，是前者較能反應一般高中生的知識水平。

表 1 本研究預計研究的對象及預計施測時間

對象	預計施測時間	代表意義
國一新生	99 年 9 月（學年初）	只接受過國小階段恆定概念
國三學生	100 年 4 月（學年末）	接受完整國中恆定概念
高一新生	99 年 9 月（學年初）	接受完整國中恆定概念(延宕)
高二自然組學生	100 年 4 月（學年末）	接受完整高一、二恆定概念
高二社會組學生	100 年 4 月（學年末）	接受部分高一、二恆定概念
高三自然組學生	100 年 4 月（學年末）	接受完整高中恆定概念

3. 研究工具

本研究開發的研究工具有三：恆定性概念心智模式屬性編碼表、恆定性概念測驗、以及學生晤談問卷。

四、目前完成程度

目前進度依研究計畫所預定的研究進程順利執行，達成率 100%，已完成的項目如下：

1. 高一及國一新生各約一百人已進行問卷施測，並針對所得資料進行初步分析。
2. 國小、國中至高中生物教科書恆定性相關概念分佈
3. 並根據量化問卷所得結果，建立出原先未設置的心智模式屬性編碼表，概念測驗及晤談問卷。
4. 以全新架構呈現恆定性的概念圖

考量篇幅，底下主要以圖表呈現至目前為止，研究所得結果。本份報告以幾個圖表呈現目前所得之四結果。一是研究者根據中小學教科書恆定性概念分佈，以及科學解釋觀(湯偉君, 2008)，初步建立出學生可能擁有的恆定性心智模式層級，如表 2。二是把把國小至高中教科書經內容分析所得結果，配合表 2 整理成表 3。三是把複雜的恆定性

相關概念以概念圖行簡易表徵出。四是呈現問卷所得之量化結果。

甲、概念心智模式表

表 2 目前建立的概念心智模式表

正確程度 細部要件	0 完全 不知	1 意識 恆定	2 恆定 現象	3 功能性 解釋	4 機制性解釋 (單一因果)	5 複雜系統 (多重因果)
知道恆定的意義	X	0	0	0	0	0
知道恆定的重要性	X	0	0	0	0	0
知道體內需要恆定的項目 1. 體溫 2. 血糖 3. 水分 4. 氧氣 5. 離子 6. 二氧化碳 7. 血壓 8. 其他	X	X	0	0	0	0
知道某項目恆定對身體的重要性	X	X	X	0	0	0
知道身體如何針對特定項目維持恆定 1. 體溫 2. 血糖 3. 水分 4. 氧氣 5. 離子 6. 二氧化碳 7. 血壓 8. 其他	X	X	X	X	0	0
知道身體維持某一項目恆定時,或影響其他項目的恆定	X	X	X	X	X	0

乙、教科書內容分佈

依研究計畫研究已完成國小、國中及高中各三本教科書的內容分析。隨著概念的深度及廣度增加，不贅言的，由國小至高三教科書討論恆定性的篇幅會增大。在國小階段，各版本都並未直接提及「恆定」一詞，此名詞首度出現在國中自然與生活科技教科書一上第六章，高二、高三都有專章來介紹恆定性，甚至在高三有兩個以上專章來介紹恆定。九五暫網的高一課本，只有四章分別是細胞、多樣性、生物與環境、人類與環境，內容未涉及到動物生理學，因此沒有恆定性相關內容。

參考表 2 的分類，分析出不同學齡階段生物教科書的分佈情形，如表 3。因篇幅受限，本表打破版本界線，以各版本涉及的概念最大量為準，換言之，本表所呈現的是，各級學生可以從教科書所得到的最多的恆定性概念。

可以發現，國小自然課本雖未提到恆定這個名詞，但有提到攝取養分和維持體溫，不過國小較少使用命題直接給與概念，少數的例子有康版五下第 30 頁：「動物要生存下來，除了需要食物，還必須維持適當的體溫」。小學的課本，大部分是利用圖片或探討活動，引發課堂討論，因此學生能學習到多少恆定概念，將會隨著國小自然科授課教師的教學安排，而極有彈性。中學以上的教科書，如同我們的理解，充滿著解釋與命題的文字敘述。

表 3 各學齡階段教科書恆定性概念分佈

正確程度 細部要件	國小	國中	高一 (95 暫 綱)	高二(95 暫綱)	高三(95 暫綱)
提及恆定的意義	無直接提及	有(略)	無	有(略)	有(略)
提及恆定的重要性	無直接提及	有(略)	無	有(略)	有(略)
提及體內需要恆定的 項目	需要食物(康、 牛) 維持體溫(康、 翰)、保溫(牛)	體溫 氣體 血糖 水分	無	體溫 氣體 血糖 體液(滲 透壓、水 分、離 子) PH 值	氣體 體液(滲 透壓、水 分、離子) PH 值
提及某項目恆定對身 體的重要性	食物→維持體力	有(略)	無	有(略)	有(略)
提及身體如何針對特 定項目維持恆定	覓食行為→食物 行為→維持體溫	有(略)	無	有(略)	有(略)
提及身體維持某一項 目恆定時，或影響其 他項目的恆定	無	無	無	無 或 極少	有(略)

九五暫綱中的高二生物與高三選修生物，在恆定性部分描述甚多，在高二全年級七章裏，有一專章討論恆定性，相當於有七分之一的篇幅。在高三選修生物的十四章裏，亦有兩專章的恆定性內容，同時在其他非恆定性章節裏，也有涉及恆定機制的內容，例如選修下冊第九章神經系統與行為，有一段落：「自律神經系統的協調作用」，便提到交感神經與副交感神經對於血壓升降的影響(翰版 P34)。因此高三選修生物等於有七分之一強的篇幅與恆定性有關。由於內容甚多，本表不能容納，將另成新表呈現之(此報告，受限於篇幅，並未包含此表，將整理於期末總報告)。

丙、恆定性概念圖

整理各學齡階段恆定性相關概念以及觀察初步問卷施測結果之後，可以建立起恆定性概念簡圖，如圖 1。可看出三個具恆定相貌的層次，最高層次(母)為「個體的生命」、子層次為教科書所討論的，維持生命所需要恆定的項目，這些項目的變動都被要求在小範圍(以人體為例)。但在其下有另一個層次(孫)，可用來維持子層次項目恆定的機制，可以有較大的變動，但因為子層次被維持在小範圍，所以孫層次變動範圍的幅度也不大，因此常被誤認為需要被恆定的項目。

可以預見在本研究的期末報告，本概念簡圖將會大修，有幾個部分將會補充，一是圖 1 並未將所有控制子層次的機制呈現在孫層次中；二是本圖也未呈現各恆定項目間的複雜相關，例如血壓與滲透壓等的連接；三是本圖並未區分子層次的不同類別，例如範圍不能多也不能少的體溫與可少不可多的尿素，兩者間的差異。

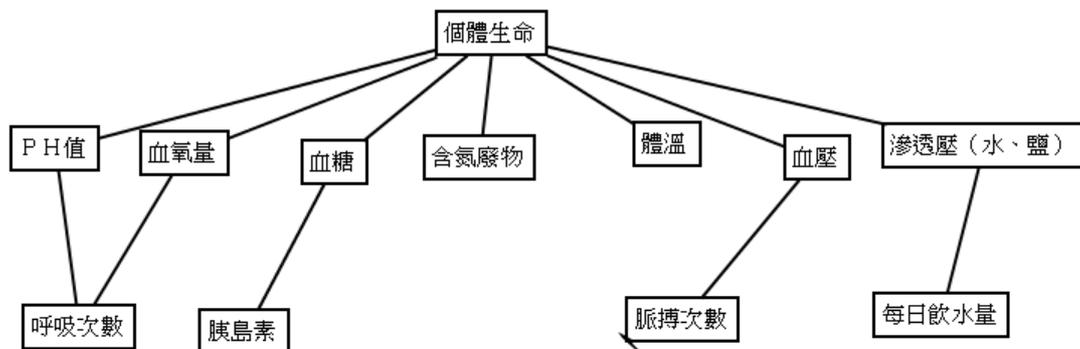


圖 1 恆定性概念簡圖

丁、目前問卷所得結果

表 4、表 5 分別目前接受施測的 60 位國一學生，與 141 位高一學生中，對於需要恆定性項目的認知。近九成以上的國一學生知道氧氣、體溫、水分、血壓、血糖必須恆定，鹽分是唯一應被恆定而國一學生較不知者(67%)。高一學生則亦有高比率知道體溫、

水分、鹽分、氧氣、血糖，對於眨眼頻率、肌肉力量等不需要恆定的狀況也大致理解。

高、國中問卷設計的差異，在於國中少問四個項目：眨眼頻率、二氧化碳、肌肉力量、激素。原先設計的想法，在於擔心國一學生不熟悉這幾個名詞，但現在認為這可能使分析出現困難，將是下一部須克服的。

表 4 國一學生認為需要恆定的項目

恆定項目	體溫	水分	鹽分	呼吸次數	氧氣	心跳次數	血壓	血糖
比率	0.90	0.92	0.67	0.65	0.88	0.80	0.90	0.90

表 5 高一學生認為需要恆定的項目

恆定項目	體溫	水分	眨眼頻率	鹽分	心跳次數	血壓	呼吸次數	氧氣	二氧化碳	肌肉力量	血糖	激素
比率	0.94	0.94	0.23	0.85	0.65	0.76	0.50	0.83	0.72	0.34	0.91	0.69

五、預期成果

雖然已有不少研究討論過學生的恆定性概念，但這些研究主在探討學生的先備概念、或是科學文本的閱讀困難，或是以皮亞傑的認知發展階段分析跨年齡學生的理解狀況。研究者尚未發現有研究，分析跨年代學生的心智模式，同時比較這些模式與教科書內容的相關，並探討其間交互作用。因此本研究或許是第一篇能以心智模式分析學生恆定性概念，亦探討教科書的深度與廣度對不同年齡學生恆定性概念的影響。

若執行結果符合預期，此結果應能對科學教育研究和實務都有一定貢獻，對於教育研究而言，可建立當代至少在台灣某些學生恆定性概念的演變趨勢，若能發表於國際研討會或是學術期刊，亦可與各國科教工作者交流。對於教育實務工作而言，此研究的結果至少會公開發表國內科學教育研討會，或許讓不同階段的教科書編輯者和科學教師更能掌握到學生在恆定性概念的正確性與深度。

本研究的研究方法和以複雜系統審視學生心智模式的取向，亦可廣推至生物科不同概念，例如生命本質、演化、新陳代謝... 等等概念的探討，甚至可能可應用至不同學科，例如化學的平衡、物理的力學概念等之研究上。

六、檢 討

大致無，但高中施測問卷和國中施測問卷之間的差異，可能使分析遇到困難，這點可能需要進一步改善。