

第參章 研究方法

本研究的旨趣，係在探討國中學生社群，在科學課程中尚未正式學習重力概念之前，對重力概念的認知及心智模式，因個人的生活背景及學習經驗不同，從問卷的施測及深入晤談的內容中，從中剖析國中學生歷經國小科學課程的學習及不同的資訊來源，所存於心智中重力的概念模式。第貳章的文獻探討已奠基於研究進行中所必須的文獻資料與理論根據。如何配合本研究的目的與探討問題，而能落實於上述所論述之理論根據於研究設計與方法上呢？

本章分為五節，第一節為研究設計的理念；第二節為研究方法；第三節為研究對象；第四節為研究工具的設計；第五節為資料處理和分析；第六節為研究的信度與效度。

第一節 研究設計的理念

本研究的主要焦點在於探究國中三年級學生對於重力的瞭解及心智模式為何，研究者透過研究工具，探索受測者用以對研究工具產生交互作用後表徵的心智模式。研究者對受測者有關知識與經驗的分析以及對受測者的心智內容與結構的分析，因無法看見受測者知識結構的內涵，故只能根據知識呈現於外表徵（representation）的方式，來間接推論得知。心智模式正是受測者知識結構的特性與研究工具之間的互動所形成的心智表徵之運思的場所，因此本研究係以問卷調查及事例深度晤談的方式來分析受測者對重力概念的瞭解之知識結構與詮釋重力概念的心智模式。

第二節 研究方法

皮亞傑以臨床描述 (clinical-descriptive) 和臨床探討 (clinical-inquiry) 的方法在日常生活中研究兒童，當兒童呈現待解決的問題時，觀察他們的行為，問他們問題，要他們說明解決的理由。皮亞傑說：比起嚴謹控制的實驗法，它們是研究者了解兒童思考過程的最佳方式。一些學者以皮亞傑的「臨床晤談法」為基礎，依不同領域的認知結構，發展出不同的晤談方式，例如「事例晤談法」、「事件晤談」和「演示-觀察-解釋」等，均在評估及描述受測者對某一主題的科學概念的認知結構(洪振方，民 83)。本研究以事例晤談方式進行收集質性資料再根據質性結果發展量化工具，將收集到的量化資料檢視之，再針對與研究結果近似的一些樣本，進行深入的質性探討。

人們大約從三、四歲起，所要學習的新概念都是透過被動的「接受學習」，而不是透過主動的「發現學習」。而不論是「接受學習」或「發現學習」，學習者必須在已具有的概念和即將學習之共同性概念間作一適當的聯結。因此概念的學習本身即具有「因人而異」的特性，這也意味著絕對沒有任何兩個人會對特定的概念賦予相同的意義。現今社會的資訊管道發達，雖然學生尚未正式學習過重力概念的課程，但學生對於獲得科學知識的來源可從學校、家庭、網絡系統、電傳、科學課外書籍等多元化的訊息來源及同儕互動的交互作用而形成認知的概念。故本研究將以方法的三角交叉檢視 (triangulation) 的方式在本研究中使用二階段設計及臨床晤談等方式以不同面向進行探討不同的學生對重力的心智模式及另有概念的認知架構。

第三節 研究對象

本研究的樣本分為預試階段及正式施測兩部分。本研究目的是為探究國中學生對於重力概念的瞭解及其心智模式，故本研究的對象界定為國中尚未學習過重力概念課程之學生，為了考慮配合課程的內容，所以選定已學過基本力學概念之國三學生，研究標的之群為台北縣市的國中三年級學生。其中預試階段共計學生 91 人，正式施測階段共計學生 340 人，扣除無效樣本 3 人後，共計有效樣本 337 人。

受限於經費及人力的限制及方便取樣，預試樣本選取來自台北市 C 國中，該國中是為常態編班之男女合班，學生多數來自中等社會經濟背景。預試樣本分為晤談組及開放問卷組，晤談組是從該校三年級之奇數班級每班隨機抽測二人共計 24 名學生，開放問卷組是從該校三年級共 21 個班級隨機抽樣兩個班級共計 67 名為施測對象，總計學生共計 91 人，其中男生 46 人，女生 45 人。施測時間為九十年八月至九十一年二月，預試樣本資料及其施測組別參閱表 3-3-1：

表 3-3-1 預試樣本資料及其施測組別

| 施測組別 | 樣本人數 | | |
|-------|------|----|----|
| | 男 | 女 | 合計 |
| 預測晤談 | 12 | 12 | 24 |
| 開放式問卷 | 34 | 33 | 67 |
| 總計 | 46 | 45 | 91 |

在正式施測階段抽樣的方法採叢集抽樣法，但因受限於經費及人力的限制及方便取樣，故選取七所國中作為接受問卷之抽測樣本。在樣本學校中指定一至三個班級之全班學生作為此次問卷抽測的施測樣本。依據此抽樣方法，選取台北市三所學校調查後共七個班級，及台北縣四所學校調查後共五

個班級同意施測作為研究對象。其中台北縣某所學校施測對象為學校之資優班學生。正式施測之前測對象，以七所樣本學校內之 A 校隨機抽測一個班級共 6 人同意為前測對象。有效樣本總人數 337 人。其中男生 181 人，女生 156 人；施測時間為九十二年元月至四月。正式施測研究樣本基本資料參閱表 3-3-2：

表 3-3-2 正式施測研究樣本之基本資料

| 測試組別 | 樣本人數 | | |
|------|------|-----|-----|
| | 男 | 女 | 合計 |
| A 國中 | 44 | 36 | 80 |
| B 國中 | 29 | 30 | 59 |
| C 國中 | 33 | 24 | 57 |
| D 國中 | 20 | 19 | 39 |
| E 國中 | 19 | 22 | 41 |
| F 國中 | 19 | 16 | 35 |
| G 國中 | 17 | 9 | 26 |
| 總計 | 181 | 156 | 337 |

學生在接受正規科學教育的教室中，因學生在學習的過程中，共同經驗科學活動，同學之間的互動可以幫助學生獲得新的知識及重建知識，班級的成員將可視為類似於孔恩思想中的科學社群的理念。因此，不同的學生在不同的班級中，因學生社群的不同，故所獲得的知識有別於不同的團體。本研究因受限於人力、時間的壓力，故於第二學期期中，在正式施測完畢的學校中，選取 A 國中共三個班級及 C 國中共二個班級，每個班級再針對與正式施測中「學生對重力概念瞭解之紙筆問卷」及「非接觸力概念之半開放紙筆問卷」結果近似的，每個班級選取三名學生，總計 15 名學生，其中八位男生及七位女生，進行有關非接觸力之相關概念深度晤談及錄音，至九十二年四月中旬，完成晤談階段。

第四節 研究工具

承第貳章所述，科學教育的目標不僅是讓學生學習到科學知識及拓展經驗而已，更重要的是要讓學生學習如何思考和解決問題，進而培養創造力及適應環境的能力。思考必須是學習者主動建構的，而發展思考的學習經驗必須利用各種不同的問題，這些問題對學習者而言，必須是真實的問題，如此方能引起學習者的反應。而問題的本質必須概念與事實聯結，不與現實生活脫節，學習者在教師的教學設計的情境安排下，思考著如何解決問題，而學習者可從自己解決問題的經驗中去學習著如何思考（Tyler, 1949）。故在教導學習者思考時，應給予學習者練習使用基本概念，藉以觀察某種特殊現象的機會，如此他們才能獲得某方面的心理機制，以茲分析並能解決問題。故本研究在初探學生對於重力概念的瞭解及心智模式時，是以日常生活及學習經驗為經緯，概念與事實聯結所發展的工具。

一、研究工具的設計

本研究所使用的研究工具包括兩個階段共四個部分，第一個階段為預試階段，研究工具為「萬有引力相關概念之開放式紙筆問卷」，用以探索學生有關萬有引力作用之直觀概念；第二個階段為正式施測，包括三個部分的研究工具分別為「學生對重力概念之紙筆問卷」、「非接觸力概念之半開放紙筆問卷」及「半結構式晤談」。以下，將分別說明如何設計此四部分的研究工具。

（一）預試階段

研究工具：萬有引力相關概念之開放式紙筆問卷

這部分研究工具的設計，可分為三個步驟進行，以下將此研究工具做詳細之敘述。

步驟一 晤談探索問卷大綱

研究者擬研究題目為有關「萬有引力」之心智模式，而晤談二十四位已學畢國中階段前二年的學生。其晤談主題如下：

1. 成熟後的蘋果，為什麼會掉到地面上？
2. 月球高掛在天空中，為什麼不會掉下來？
3. 有沒有聽過牛頓？
4. 有沒有聽過地球引力？
5. 有沒有聽過萬有引力？
6. 萬有引力和地球引力有什麼異同？

其目的藉以瞭解學生對於萬有引力作用現象，是否存有先存概念或另有概念。如在第一章的研究動機中所述，學生在學習新的科學知識之前，由於日常的生活經驗，對於自然界的現象，可能已有自己的觀察與詮釋，因此，其晤談題目藉由日常的生活經驗及自然界的現象，據以設計開放性問卷，來進行本研究所欲探討的題目：

步驟二 設計開放問卷內容

由學生的回答中，研究者約略瞭解學生對於萬有引力的概念。由此自行研發設計八個題目。採用開放式的紙筆問卷為探知受測者對萬有引力與地球引力之間概念的聯結，係在廣泛收集受測者在不同情境下所可能引發的萬有引力及地球引力相關概念之反應。藉此，研究者可以了解受測者在已存知識架構下，對於萬有引力與地球引力的相關概念之知識架構，藉以分析學生對於問卷的答題類型及已存之先備知識或另有概念。

欲檢視國中學生對萬有引力與地球引力的認知架構為何，本部分「萬有引力相關概念之開放式紙筆問卷」設計為開放式的問答題，總共設計八題，受測時間為 50 分鐘，其開放式問卷測驗題目內容如表 3-4-1 所示。

表 3-4-1 萬有引力相關概念之開放式紙筆問卷

| 題號 | 測 驗 題 目 |
|----|---|
| 一 | 掛在半空中樹枝上的蘋果在成熟之後，為什麼會掉落到地面上呢？ |
| 二 | 月亮高高掛在半空中，為什麼不會掉落到地球上呢？ |
| 三 | 你想月亮在什麼情況下，才有可能掉落到地球上呢？為什麼？ |
| 四 | (1) 請畫圖表示出太陽、地球和月亮在太陽系中彼此的相對位置。(2) 地球和月亮運行方向各是如何(請在圖中標示)?(3) 你認為是什麼樣的原因影響著它們的運行?請盡量寫出你認為可能的原因。 |
| 五 | (1) 假設有一位棒球員站在地球某高處，用力水平向前打擊一個棒球，請預測棒球的飛行路徑。(2) 如果改用大砲代替棒球員，水平發射同樣一個棒球，請預測棒球的飛行路徑。和 a 圖有沒有什麼不同的地方?為什麼?(3) 如果大砲發射的力量逐漸增加，你認為棒球的飛行路徑會是如何?描述一下吧! |
| 六 | 什麼是“地球引力”?請舉例並盡量用文字及畫圖來幫助說明 |
| 七 | 什麼是“萬有引力”?你是從哪裡得到的知識?它可以讓你聯想到什麼呢? |
| 八 | “萬有引力”與“地球引力”之間有什麼不同點或相同點?請盡量寫出你的想法。 |

步驟三 預試

本研究工具，因施測對象為國中三年級學生，在國中前二年的學習階段中，並未正式學過「萬有引力」作用之科學概念，然三年級學生是否能因現今社會的資訊管道發達，由於多元化的訊息來源、同儕互動的交互作用而形成認知的概念及在國小階段已學習科學知識的先備知識等，於認知架構中是否存有「萬有引力」概念，而「萬有引力」概念是否適宜為本研究之研究主軸，這些是研究者需探索的重點。九十一年二月預試結束後，將預試問卷整理、分析、歸類如表 3-4-2 所示。

結果萬有引力名詞與地球引力名詞能正確聯結僅有 28.4%，研究者判斷對於科學教育領域研究價值不高，因而重新思考放棄原先探討有關萬有引力概念的主題。

表 3-4-2 萬有引力與地球引力相關概念之統計表

| 萬有引力 地球引力 人數 | 萬有引力與地球 引力概念能正確 連結 | 萬有引力與地球 引力概念連結錯 誤 | 聽過萬有引力名 詞但不知其作用 | 從未聽過萬有引 力名詞 |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|
| 聽過地球引力 | 19 (28.4%) | 16 (23.9%) | 22 (32.8%) | 10 (14.9%) |
| 從未聽過地球引力 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2、研擬本研究之主題

由預試晤談二十四位學生及預試問卷整理分析歸類後結果得知，尚未正式學習過萬有引力的課程的學生對於萬有引力的概念仍處於無知的階段，甚且有 71.6% (100% - 28.4%) 的學生對於萬有引力名詞不瞭解或是不知其作用，甚至與地球引力無法連結，此乃因國中三年級的學生在受測階段尚未正式學習到萬有引力的課程，而於認知中對於萬有引力的概念，如 Popper 的理論對於科學教育的意涵：學生對於科學理論的建構過程是假設、是臆測，故研究者與三位專家學者討論後，決定放棄原先所擬研究之題目，而以學生較能接受之「地球引力」之概念為其研究之主軸。

(二) 正式施測階段

正式施測階段的研究工具包括三部分：1. 學生的重力概念之紙筆問卷 2. 非接觸力概念之半開放紙筆問卷 3. 半結構式晤談。

底下，就這三部分研究工具的設計過程詳細敘述之。

1. 學生的重力概念之紙筆問卷

這部分的問卷是利用與學生前測晤談有關重力的資料，經過整理、分析及歸納後為十個大題，共 67 子題，以文字敘述方式呈現 (參閱附錄一)，其問卷內容分析為七個認知類型：是否受到引力作用、物體間距離、物體的質量、運行的軌道、大氣層的有無、其他星球影響及其他項等，其測驗內容

表 3-4-3 學生的重力概念之紙筆問卷內容統計表

| 概念內容 | 大題題號 | 子題題號 | 合計題數 |
|---|------|-------|------|
| 成熟的蘋果為什麼會掉到地面上？ | 一 | 1-9 | 9 |
| 天上的月亮為什麼不會掉下來？ | 二 | 10-21 | 12 |
| 天上的月亮在什麼情況會掉下來？ | 三 | 22-29 | 8 |
| 在月亮上的蘋果會不會掉到月亮表面？ | 四 | 30-35 | 6 |
| 如果在高山上，用大砲發射一個物體，試想會有什麼情況發生？ | 五 | 36-41 | 6 |
| 地球引力有範圍嗎？為什麼？ | 六 | 42-45 | 4 |
| 引力有大小嗎？它和什麼因素有關？ | 七 | 46-53 | 8 |
| 引力的來源？ | 八 | 54-60 | 7 |
| 聽到電流就好比想到水流，聽到原子結構就好比類似太陽系，那麼聽到“地球引力”就會讓你聯想到什麼？為什麼？ | 九 | 開放式問答 | |
| 月亮為什麼會繞著地球運轉？ | 十 | 61-67 | 7 |
| 合計題數 | 10 | | 67 |

統計表參閱表 3-4-3 及測驗內容與認知類型分析表參閱表 3-4-4。受測者的認知若與子題相同，即可勾選，若果沒有符應本主題的答案，則選擇‘其他’的選項，再將理由敘明，作答時間訂為 20 分鐘。

這部分的問卷施測的目的，為配合「非接觸力概念之半開放紙筆問卷」之結果，篩選在不同問卷中，認知基模較為一致性的學生，以做為正式施測時晤談的對象。

表 3-4-4 學生的重力概念之紙筆問卷內容認知類型分析表

| 編號 | 概念 | 認知類型 | | | | | | 其他 |
|--------|------------------------------|-------------------|----------|--------|--------|-------------|----------------------------|----------------|
| | | 引 力 | 距 離 | 質 量 | 軌 道 | 大 氣 層 | 其 他 星 球 影 響 | |
| 一 | 成熟的蘋果為什麼會掉到地面上？ | 1、2、3、9 | 4 | 5、6、8 | | 7 | | |
| 一 一 | 天上的月亮為什麼不會掉下來？ | 10、13、14、17、18、19 | 16 | | 15 | 11、12 | 20 | 21 |
| 三 | 天上的月亮在什麼情況會掉下來？ | 27、28 | 23 | | 26、29 | | 22、24 | 25 |
| 四 | 在月亮上的蘋果會不會掉到月亮表面？ | 30、32、34 | | 31 | | 33 | | 35 |
| 五 | 如果在高山上，用大炮發射一個物體，試想會有什麼情況發生？ | 36、41 | 37 | | | 40 | | 38、39 |
| 六 | 地球引力有範圍嗎？ | | 45 | | | 43、44 | | 42 |
| 七 | 影響引力大小的因素 | 52、53 | 47、48、49 | 46、51 | | | 50 | |
| 八 | 引力的來源 | 54、55、56 | | | | | | 57、58 59、60 |
| 九 | 月亮為什麼會繞著地球運轉？ | 64、65、66、67 | | | 61 | | | 62、63 |
| | 合計題數 | 26 | 8 | 6 | 4 | 7 | 4 | 12 |

2. 非接觸力概念之半開放紙筆問卷

(1) 問卷內容

這一部分是利用半開放式紙筆問卷探究學生對非接觸力概念的瞭解程度，並設計在不同的情境中，探究學生對非接觸力概念的知識表徵，及對重力概念的認知基模。此半開放式紙筆問卷目的在於彌補量化工具的研究不夠深入及質性研究樣本數小的兩項限制，並盡最大可能性來利用此量化工具能更精確的捕捉除了晤談對象之外的其他研究對象對於非接觸力概念的瞭解。問卷內容（問卷內容分析表參閱表 3-4-5）共分為二部分：第一部份為學生基本資料共 9 題，第二部分為非接觸力概念相關問題（參閱附錄二）10 大題共 37 子題；第一題至第四題，採用是非題型的開放式紙筆問卷，共

表 3-4-5 非接觸力概念之半開放紙筆問卷內容分析表

| 題號 | 概念 | 測驗內容 | | | | | 合計 題數 |
|----|-----------------------------|------------|-----|----|----------|-----|----------|
| | | 生活經 驗判斷 | 接觸 | 介質 | 阻隔 作用 | 知識 | |
| 一 | 力 (是非題) | 1b、1d | | 1c | | 1a | 4 |
| 二 | 靜電力作用 (是非題) | | 2a | 2c | 2d | 2b | 4 |
| 三 | 磁力作用 (是非題) | | 3a | 3d | 3c | 3b | 4 |
| 四 | 地球引力作用 (是非題) | | 4a | 4c | | 4b | 3 |
| 五 | 靜置在桌面上的書本 (複選題) | 5a | 5b | | 5c | 5d | 4 |
| 六 | 蘋果成熟後 (複選題) | 6b、6d | 6a | 6c | | 6e | 5 |
| 七 | 高掛在天空中的月亮 (複選題) | 7a | 7b | 7d | | 7c | 4 |
| 八 | 太空人站在月球上,手中舉 起一個石頭 (複選題) | 8c | 8a | | | 8b | 3 |
| 九 | 太空人身體傾斜著單腳站 立 (複選題) | 9c | 9a | | | 9b | 3 |
| 十 | 為什麼地球不會離開太陽 系 (複選題) | 10a | 10b | | | 10c | 3 |
| | 合計題數 | 9 | 9 | 6 | 3 | 10 | 37 |

15 子題。在每個問題的結束，留下空間而且要求受測者寫下那些答案的理由，其目的在分析受測者內在的思考模式，藉以提供研究者在分析心智模式時的參考資料。第五題至第十題為選擇式的複選題。在六大題的複選題的題目中，設計有關非接觸力概念相關題目時，是依據學者專家、有經驗的教師的建議、前測晤談學生的資料分析、學生對重力概念之紙筆問卷內容及研究者多年教學經驗的心得，儘可能的將學生可能存在的另有概念設計至題目的選項中，以作為分析學生對非接觸力的另有概念之參考。若果沒有符應本主題的答案，則選擇‘其他’的選項，再將理由敘明，共 22 子題。

每個問題裡都是生活經驗的概念或是教室裡的科學概念。其目的藉以探究受測者對於日常所見事例有關非接觸力的知識與經驗的分析，來間接推論

得知受測者表徵於外的知識結構及認知基模；基於對非接觸力的認知，學生必須能夠瞭解力的基本定義、發生力的作用是否需要介質傳遞、是否需要接觸及力的作用型式等，故將非接觸力之半開放式問卷設計包含有關以上所述之要點。研究者考慮受測者對問題的反應，因此設計較為活潑文字加以漫畫的形式，使受測者能在輕鬆沒有壓力下受測，作答時間訂為 40 分鐘。

(2) 評分

①第一題至第四題，採用是非題型的開放式紙筆問卷，共 15 子題，分為兩階段給分，第一階段是針對是非題型的答題正確與否給分，每答對一題得一分，答錯為零分。第二階段是針對理由部分，理由完全回答正確得兩分，部分正確得一分，錯誤或者未答者零分。故每個子題的得分範圍為零至三分。

②第五題至第十題為複選題，各題的基本分數為選項的項數，選項答錯者倒扣一分，如需回答理由，則正確得兩分，部分正確得一分，錯誤不給分。將各題之兩項分數相加是為各題得分。

3. 半結構式晤談

半結構式晤談大綱以半開放問卷的十題為晤談大綱，設計四個情境共 20 個對於非接觸力的相關概念問題，其情境涵蓋著在地球上、地球以外及天體運行等問題，雖然國中學生在教室內並未正式學習到重力的概念，但是由於資訊發達，多元化的管道來源，使得學生在心智中對於重力所存有的另有概念，會以自己的方式來解釋所看到的現象，而且可能是不一致的。對於實體現象的觀察，會侷限於顯著特徵的部分做思考，會經常回憶不同的想法來解釋觀察到的現象。

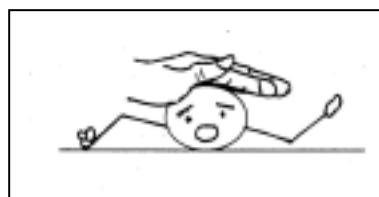
故要詮釋學生自我建構的概念，需深入到學生對情境的理解，才能清楚瞭解學生建構知識的方式，因此從半結構開放式的晤談中，並輔以卡片的形式呈現（參閱附錄三），來瞭解學生知識呈現於外表徵的方式，並間接推論得知其心智模式。在晤談時，盡量請學生多說出一些自己心中的想法，其目

的藉以瞭解學生對於重力相關概念之認知架構，並以質的研究分析綜論，晤談時間約 30 至 40 分鐘。底下就四個不同情境 晤談大綱及其目的分述如下：

1、情境一：接觸力與非接觸力基本概念

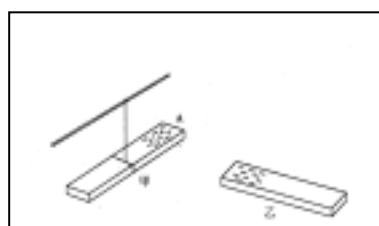
問題 1 主要是探討學生在生活語言及經驗中對於力的認知架構為何？其生活語言是否干擾了科學概念的認知？

問題 1：「在這張圖片中，手壓著小皮球，你看到力了嗎？」



以下問題 2 至問題 7 主要是在探討學生對於非接觸力之靜電力及磁力相關概念，及對於非接觸力是否需要接觸、是否需要介質傳遞、和是否可以被阻隔等概念的認知架構。

問題 2：「在這張圖片中，帶負電的甲乙兩支塑膠尺，需不需要接觸後，才會發生排斥現象？」

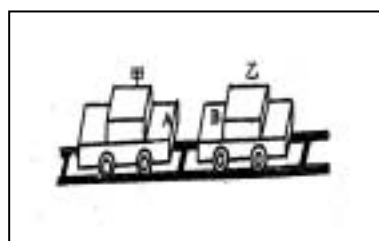


問題 3：「如果甲乙兩支尺中間放一片塑膠墊板，會不會影響實驗結果？為什麼？」

問題 4：「如果把當時的空氣抽去後，會不會影響實驗結果？為什麼？」

問題 5：「在這張圖片中，這兩個用磁鐵做的玩具小汽車，放在光滑的軌道上，它們需不需要接觸，才會發生排斥或相吸的現象？為什麼？」

問題 6：「如果甲乙兩個小汽車中間放一片塑膠墊板，會不會影響實驗結果？為什麼？」



問題 7：「如果把當時的空氣抽去後，會不會影響實驗結果？為什麼？」

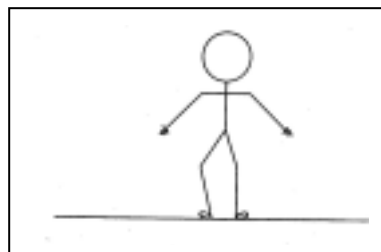
2、情境二：地球上的物體為何會向下掉落？

以下問題 8 至問題 10 主要探討的是學生是否了對於重力與重量之間的關係，及是否瞭解距離地球地心的遠近，和物體的質量會影響所受到的地球引力大小。

問題 8：「在這張圖片中，小明站在地球上，
向上跳起來後，在空中的一瞬間，有
沒有重量？為什麼？」

問題 9：「小明在高山上和在海邊，重量會不
會改變？為什麼？」

問題 10：「地球引力有沒有大小？」

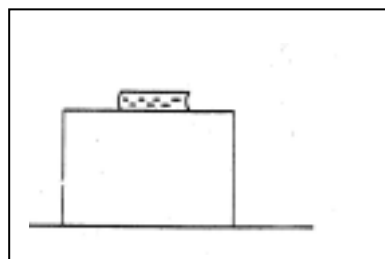


以下問題 11 至問題 14 為日常生活中常見的事例，主要目的是瞭解學生能否用正確的科學概念來詮釋對於身旁所發生的自然現象。

問題 11：「在這張圖片中，在桌子上放了一
本書，這本書有沒有受到力的作用？
什麼力？」

問題 12：「這本書為什麼不會掉下來？你怎麼
知道的？」

問題 13：「是什麼原因會使得書掉了下來，而不
會往天上飛去？」



問題 14：「成熟的蘋果為什麼會掉下來？」



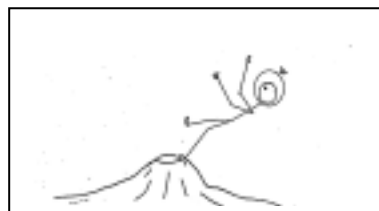
3、情境三：在月球上的物體會不會掉落在月球表面？

問題 15 和問題 16 的情境發生在月球上，這兩題的目的是為探討學生對於物體及人類在地球上與月球上是否受到引力作用，引力來源及存在的認知架構為何？

問題 15：「在這張圖片中，在月球上的太空人手中舉起一個石頭，輕輕放手後，石頭會如何移動？為什麼？」



問題 16：「在這張圖片中，太空人站在月球表面的隕石坑邊緣，一段時間後太空人會遭遇到什麼情況？為什麼？」



4、情境四：天體運行的動力來源

問題 17 和問題 18 是呼應前題蘋果落下的問題，其目的是為了瞭解學生能否將重力的認知基模運用到天體運行中及介質在重力中所扮演角色。

問題 17：「天上的月亮為什麼不會掉到地球上？」

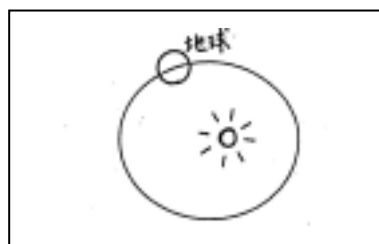
問題 18：「地球引力有沒有範圍？」



問題 19 和問題 20 的目的是要瞭解學生對於天體運動的想法是否能與重力概念聯結，及初探學生對於萬有引力概念的認知基模。

問題 19：「月球為什麼會繞著地球運轉？」

問題 20：「地球為什麼會繞著太陽運轉？」



第五節 資料處理和分析

本研究之資料分析可分為質性分析及量化分析兩類。其中量化分析係支持研究者在進行質的分析中，探討學生相關概念之心智模式的線索。底下就本研究在正式施測時，將二個施測工具的資料分析方式說明如下：

一、 量化分析：紙筆測驗工具說明

(一) 編碼

1. 研究樣本：

①問卷研究樣本共 337 位學生，由編號 1 至編號 337。(註：# 1 # 337)

②晤談樣本共 15 位學生，編號共三碼，前兩碼由 1 號至 15 號，第三碼為性別碼，1 代表男生，2 代表女生

2. 開放性試題分析：

檢視比對 337 位研究樣本的開放性試題之答題類型中，每一個概念所敘述之理由，分析後，屬於同一類型的概念叢聚起來，形成一相同概念的類屬，再給於一特定的命名，之後編碼，各題編碼均由 1 號依序編碼。

(二) 紙筆測驗工具：非接觸力概念之半開放紙筆問卷

本研究針對「非接觸力概念之半開放紙筆問卷」中，第一大題「力的初始概念」四個向度：『力是否是一種物質』、『力是否看得見』、『要發生力的作用時，是否必須靠媒介物』及『力對物體產生的影響是否看得見』等四項概念的答題表現進行統計分析，以探討學生在此四個向度的得分差異。

在第一至第四大題的半開放之是非題中，利用 SPSS10.0 版進行描述性

統計分析、二因子變異數分析(two-way ANOVA) 相依樣本 t 考驗(2 -samples -paired t test) 等，來探討受測學生在非接觸力概念的測驗中，對於「力與接觸作用」、「力與介質傳遞」，等二個向度的得分差異，更進一步探討在不同「力與接觸作用」、「力與介質傳遞」等二個向度測驗中高分群組與低分群組及交叉分組的不同群組，對於是否影響對於本研究針對「半開放紙筆問卷測驗」中五至十題中有關重力概念之事例的另有概念分佈，並分析在不同群組的答題表現及認知的架構。

二、質性分析：半結構式晤談

本研究中以多元方式所獲致的研究資料，包括(1)半開放式紙筆問卷，研究者將研究樣本對開放性問題之答題，將之分析、歸類。(2)晤談資料整理，研究者將晤談資料逐字轉譯、騰錄，並詳細的檢測、分析及歸類，藉以找出國三學生對於地球引力相關概念之心智模式。

十五位受測者，進行 30 至 40 分鐘的有關非接觸力之相關概念的事例深度晤談，其晤談資料經過錄音、轉譯為逐字稿(參閱附錄四範例)，並藉由一位理化教師與研究者分別仔細檢視比對受測者思考架構並歸類，若意見不一致時，則再請第三位理化教師檢視比對，確定是為受測者的認知基模後，再經分析、整理並將具有共同因素歸於同一編碼內；有明顯差異性者，則歸於另一編碼，晤談編碼表參閱 4-4-1、4-4-2、4-4-3、4-4-4(學生對於地球引力相關概念個別問題的反應及答題類型)。

第六節 研究工具的信度與效度

一、量化研究部分

在預試階段中「萬有引力相關概念之開放式紙筆問卷」，試題的編製內容是由第一階段晤談學生資料分析及研究者多年的教學經驗並參考 Bar, Sneider & Martimbeau (1997) 的文獻自行研發設計；正式施測中有關非接觸力概念之認知基模之「半開放式紙筆問卷」，由研究者參考現行國中理化課本、現行國中理化選修課本、第一階段晤談學生資料分析及國內外之文獻之相關研究問卷等，並在特定的題目中設計學生可能具有的另有概念於題中的選項內。

在預試階段中探索學生對「萬有引力相關概念之開放式紙筆問卷」，是經由研究小組再三討論後，多次修改，再經由二位科學教育專長教授及物理系教授初審後，經過小樣本的預試，重新修訂，完成預試稿。研究小組的成員是平均具有十年以上教學經驗的五位高國中理化教師及生物教師所組成。

由於第一階段的試測探索，及晤談的資料分析，初步瞭解學生對萬有引力及地球引力的認知基模，故於第二階段的正式施測中有關非接觸力概念之認知基模「半開放式紙筆問卷」，乃由本研究小組每週定期討論，重新研發試題，經由教授們指導後，又退回重新思考、重新設計、重新研發試題、經過再三討論、多次修改，歷時約半年餘，整理出問卷內容的分析表，初步訂定工具的結構，之後再彙整小樣本預試後的回饋及反應意見、指導教授的經驗及徵詢多位專家的意見，重新修訂內容，此為問卷的初稿。

為了要建立問卷的專家效度乃經由國內科學教育研究所及大學物理系等五位博士專家（一位科學教育專長及四位物理學專長），依據試題內容及問卷內容的分析表進行專家審查，並提出試題內容須符合邏輯思考程序、考慮受測學生的程度及斟酌用字的適切性等建議。之後，試題研發小組再依據

專家學者之意見，將試題作修改彙編完成，最後才定稿。問卷內容分析表參閱表 3-4-5，研究工具參閱附錄二。

為檢測此測試工具的信度，由研究者將問卷回收，將第一大題至第四大題是非題中的每個子題，彙整成 15 個問題，在每個問題之後必須敘明理由，共計 5055 個理由（ $337 \times 15 = 5055$ ）。15 個問題經過研究者仔細分析、整理、編碼後，再藉由一位國中理化科教師擔任問卷的編碼者，將受測學生所填答的理由逐題檢視比對。比對之前，研究者先與編碼者溝通，建立編碼的標準，並預編四份問卷供編碼者參考，之後，開始進行問卷的編碼工作。最後由研究者再次分別將受測學生所填答的理由逐題檢視比對，歷時約一個月，二人共計 4509 個理由之編碼達到一致性，故本測試工具評分者信度達 89.2%（ $4509/5055 \times 100\% = 89.2\%$ ）

二、質性研究方面

在晤談的過程中，均使用安靜不受干擾的校內諮商室進行晤談，在過程中全程錄音，並隨時紀錄受測者的表情及特殊的音調表現，每位同學晤談的大綱順序均力求相同，即在類似的情境中複製類似的問題，故達到外在信度；資料收集完整後，進行逐字騰錄（*verbatim*），此時因直接引用受測者的語言，並提供晤談時的受測者表情及聲調的外在表徵，故可達到解釋的效度。

研究者與學生晤談後，經過分析、整理後可歸納與本研究主題直接相關為十四個主要概念。再藉由一位理化教師將晤談學生的逐字稿進行編碼，分別仔細檢視、比對及歸類，最後再由研究者檢視、比對，若兩人意見不一致時，則再請第三位理化教師判斷，因此在相同的條件之下，分析和解釋資料均達到一致的程度，經由研究者及一位國中教師分別分析學生回應的述詞及歸類，其評分者信度達 98.6%。