

國立臺灣師範大學科學教育研究所教學碩士班
碩士論文

指導教授：譚克平 博士

國三學生在浮力情境中對作用力辨識與力平衡理解之探討

研究生：江 慶 育

中華民國 100 年 1 月

摘要

本研究的主要目的是探討國三學生，在處理需要力平衡概念的浮力問題時，是否能根據物體在液體中不同的浮沉情況，辨識出作用於物體上所有的作用力？以及探討學生是否能利用力平衡的觀點，來判斷在不同的浮沉情境，液體中物體所受作用力之間的關係？

研究對象為桃園縣某國中 3 年級的學生 105 名，利用研究者自行編製的「浮力情境紙筆測驗」為研究工具，包含繪製力圖、作用力的辨識、浮力與重力的關係判斷。調查國三學生在浮力的問題情境中，其具備的力學概念。另一方面，為了進一步了解學生對於力的理解，以及力平衡觀念的認知，則針對 18 位學生利用半結構的訪談加以詮釋分析，以期能探究學生的力學概念和了解學生浮力單元的學習困難。研究結果如下：

1. 物體所受作用力較少時，學生在繪製力圖及辨識作用力的表現較好。
2. 學生在繪製力圖時，通常能辨識出物體所受的重力與浮力，但容易忽略其他的作用力。
3. 部份學生在繪製力圖時，誤將壓力視為一種作用力。
4. 學生在使用浮力公式時，通常只注意其中一個因素，而無法同時考量物體體積與液體密度的變化，造成判斷上的錯誤。
5. 部份學生以直觀方式判斷浮力，認為浮力越大，物體越容易上升；浮力越小，物體則容易下沉。
6. 部份學生無法瞭解浮力的成因，以至於認為物體在液體中的位置，會改變物體所受的浮力。
7. 部份學生缺乏辨識浮體與沉體的能力。

An exploration of ninth graders' discernment of force on objects in a buoyance situation and their understanding of the concept of equilibrium

Ching-Yu Chiang

Abstract

This dissertation aims to explore if junior high school students (ninth grade) could identify all the acting forces exerted on a floating object in different circumstances when they deal with buoyancy problems. In addition, this thesis also studied whether students could distinguish the relationship between all the acting forces in different circumstances based on the concept of equilibrium.

Our research sample involved 105 junior high school students in Taoyuan County, Taiwan. A test written by the author was exploited as an investigation tool which focuses on the identification of applied forces, force diagrams drawing, as well as the determination of the relationship between buoyancy and gravity on the objects being studied. This test would reveal their conception while they worked on the buoyancy problems. On the other hand, in order to fully understand what extent students could reach with respect to the concepts of “exerted forces” and “equilibrium of forces”, interviews with 18 students via half-structure protocol were also pursued and interpreted. The results are expected to help understand their comprehension as well as the difficulties they may have in learning the concept of buoyancy. The findings are summarized as follows:

1. When fewer forces were exerted on an object, the better force diagrams were drawn and the forces better identified.
2. In drawing force diagrams, some students tend to identify the force of buoyancy and gravity easily while neglecting forces.
3. Some students mistook pressure as an acting force.
4. When students used buoyancy equation to resolve problems, they could not simultaneously consider the variation between object volume and liquid density, but rather focus on one quantity, thereby leading to some misjudgments.
5. Some students judged buoyancy intuitively: the larger the buoyancy force is, the easier the object would rise; the smaller the buoyancy force, the easier the object would sink.
6. Some students could not understand the real cause of buoyancy, leading to the misunderstanding that the buoyancy force would differ while an object is differently positioned in a liquid.
7. Some students are not able to differentiate between floating and sunken bodies.

誌 謝

在台灣師範大學科學教育研究所求學的過程中，雖然忙碌且艱辛，但卻是一輩子難忘的回憶。

首先，最需要感謝的是我的指導教授譚克平老師，譚老師嚴謹的治學態度和周密的思慮，提供我完成論文最大的助力。此外，在繁忙的工作壓力下，數次幾乎要放棄這篇論文，老師不厭其煩給予指導與鼓勵，終於讓我走到了最後。

感謝郭重吉教授與施華強教授，擔任口試評審時給予寶貴的意見。

另一方面，感謝同校淑宜老師以及自然科同仁，在設計研究工具的過程中，給予許多寶貴的建議。也謝謝學校的長官和同仁，能體諒我這段時間辛勞，而給予工作事務與教學事務的協助。

此外，也要感謝大學同學俊賢，提供本研究預試施測的樣本，使預試資料能順利的收集。同時也要感謝科教所永宏和文宏兩位學弟，在 group meeting 提供寶貴的意見，以及口試時的協助。

最後，更要感謝我的家人，在這段時間給予精神上的支持與鼓勵。願將這小小成就與你們共享。

目錄

第壹章	緒論.....	1
第一節	研究背景及動機.....	1
第二節	研究目的與問題.....	5
第三節	名詞解釋.....	6
第四節	研究範圍與限制.....	7
第貳章	文獻探討.....	8
第一節	概念的形成與改變.....	8
第二節	概念改變.....	11
第三節	迷思概念的探討.....	18
第四節	力與力平衡概念.....	27
第五節	浮力與其迷思概念.....	31
第六節	教科書浮力單元介紹與基測浮力試題分析.....	35
第參章	研究方法.....	41
第一節	研究設計.....	41
第二節	研究對象.....	41
第三節	研究工具的開發.....	43
第四節	研究過程.....	61
第五節	資料處理.....	63

第肆章 研究結果與討論.....	64
第一節 學生的整體表現.....	64
第二節 學生在作用力的辨識與力平衡應用的理解.....	74
第三節 學生在作用力辨識與力平衡應用的相關分析.....	116
第四節 學生在作用力辨識與力平衡應用的晤談分析.....	123
第伍章 結論與建議.....	129
第一節 結論.....	129
第二節 建議.....	133
參考文獻	
中文資料.....	136
西文資料.....	138
附錄一.....	141
附錄二.....	153
附錄三.....	157

表次

表 2-2-1 Thagard 的概念改變階層理論.....	16
表 2-3-1 不同研究者對迷思概念之定義.....	19
表 2-4-2 力學迷思概念的國內研究.....	30
表 3-2-1 本研究樣本之基本資料.....	42
表 3-3-1 評量工具開發流程圖.....	43
表 3-3-2 浮力情境的作用力辨識與力平衡概念測驗單向細目表.....	51
表 3-3-3 二個因素的解釋變異量.....	52
表 3-3-4 浮力情境紙筆測驗之Harris-Kaiser轉軸後的樣式矩陣.....	53
表 3-3-5 浮力情境紙筆測驗之因素分析的參考結構矩陣.....	54
表 3-3-6 浮力情境的物體作用力辨識之各題評分者信度.....	55
表 3-3-7 浮力情境的力平衡概念應用之各題評分者信度.....	56
表 3-3-8 試題信度、難度及鑑別度.....	57
表 4-1-1 學生個人分數與累積人數關係表.....	65
表 4-1-2 學生在浮力題本中作用力辨識的各題表現.....	68
表 4-1-3 學生在浮力題本中力平衡概念應用的各題表現.....	69
表 4-1-4 學生整體表現與性別關係.....	70
表 4-1-5 作用力辨識與性別差異之關係.....	71
表 4-1-6 力平衡概念應用與性別差異之關係.....	72
表 4-1-7 學生整體表現和在校理化成績之比較.....	73
表 4-2-1 辨識物體浮於水面所受作用力之作答統計.....	75
表 4-2-2 辨識物體浮於食鹽水面所受作用力之作答統計.....	77
表 4-2-3 辨識物體沉於油底所受作用力之作答統計.....	79
表 4-2-4 辨識懸掛於彈簧上物體在液體中所受作用力之回答內容與統計.....	81
表 4-2-5 辨識懸掛於彈簧上物體，在液體較深處所受作用力之回答內容與統計..	83
表 4-2-6 辨識懸掛於彈簧上物體，一半體積沉入液體所受作用力之回答內容與統	

計.....	85
表 4-2-7 物體由浮於液面，加入另一液體轉變為浮於兩種液體間之作用力辨識回答 內容與統計.....	87
表 4-2-8 物體由浮於液面，加入另一液體仍浮於液面之作用力辨識回答內容與統 計.....	89
表 4-2-9 物體由沉於液底，加入另一液體仍沉於液底之作用力辨識回答內容與統 計.....	91
表 4-2-10 物體由沉於液底，加入另一液體轉變為浮於液體間之作用力辨識回答內容 與統計.....	93
表 4-2-11 浮於液面之物體，受外力作用之作用力辨識回答內容與統計.....	95
表 4-2-12 浮於液面之物體，受外力作用之作用力辨識回答內容與統計.....	97
表 4-2-13 物體浮於水面的力平衡概念應用之回答內容與統計.....	99
表 4-2-14 物體浮於食鹽水面的力平衡概念應用之回答內容與統計.....	100
表 4-2-15 物體沉於油底的力平衡概念應用之回答內容與統計.....	101
表 4-2-16 懸掛於彈簧上物體在液體中的力平衡概念應用之回答內容與統計...	103
表 4-2-17 懸掛於彈簧上物體在液體中較深處的力平衡概念應用之回答內容與統 計.....	104
表 4-2-18 懸掛於彈簧物體一半體積沉入液體的力平衡概念應用之回答內容與統 計.....	105
表 4-2-19 物體由浮於液面，加入另一液體轉變為浮於兩種液體間的力平衡概念應 用之回答內容與統計.....	107
表 4-2-20 物體由浮於液面，加入另一液體仍浮於液面的力平衡概念應用之回答內 容與統計.....	108
表 4-2-21 物體由沉於液底，加入另一液體仍沉於液底的力平衡概念應用之回答內 容與統計.....	109
表 4-2-22 物體由沉於液底，加入另一液體轉變為浮於液體間的力平衡概念應用之回	

答內容與統計.....	110
表 4-2-23 浮於液面之物體，受外力作用的力平衡概念應用之回答內容與統計..	111
表 4-2-24 浮於液面之物體，受外力作用的力平衡概念應用之回答內容與統計..	112
表 4-3-1 單一密度液體，學生在作用力辨識與力平衡應用之相關答題表現.....	116
表 4-3-2 懸掛彈簧的物體，作用力辨識與力平衡應用之相關答題表現.....	118
表 4-3-3 在兩種互不相溶的液體中，作用力辨識與力平衡應用之相關答題表現..	119
表 4-3-4 受其他外力作用的物體，作用力辨識與力平衡應用之相關答題表現....	121

圖次

圖 1-1-1 民國 98 年第 2 次基本學力測驗自然科第 54 題.....	3
圖 2-2-1 概念本質的本體樹.....	13
圖 2-2-2 Vosniadou 的架構理論.....	15
圖 2-6-1 教科書介紹力圖之內容.....	36
圖 2-6-2 教科書介紹生活中浮力作用的實例.....	36
圖 2-6-3 90 年第 2 次國中基本學力測驗自然科第 24 題.....	37
圖 2-6-4 91 年第 2 次國中基本學力測驗自然科第 51 題.....	37
圖 2-6-5 93 年第 2 次國中基本學力測驗自然科第 48 題.....	38
圖 2-6-6 94 年第 2 次國中基本學力測驗自然科第 51 題.....	39
圖 2-6-7 96 年第 1 次國中基本學力測驗自然科第 52 題.....	39
圖 2-6-8 96 年第 2 次國中基本學力測驗自然科第 47 題.....	40
圖 3-3-1 教科書說明浮力之示意圖.....	45
圖 3-4-1 研究流程圖.....	62
圖 4-1-1 學生個人總分與人數之分佈圖.....	67
圖 4-1-2 男生、女生個人總分與人數之分佈圖.....	67
圖 4-2-1 辨識物體浮於水面所受作用力之正確力圖.....	75
圖 4-2-2 辨識物體浮於水面所受作用力之部份正確力圖.....	76
圖 4-2-3 辨識物體浮於水面所受作用力之錯誤力圖.....	76
圖 4-2-4 辨識物體浮於食鹽水面所受作用力之正確力圖.....	77
圖 4-2-5 辨識物體浮於水面所受作用力之部份正確力圖.....	78
圖 4-2-6 辨識物體浮於食鹽水面所受作用力之錯誤力圖.....	78
圖 4-2-7 辨識物體沉於油底所受作用力之正確力圖.....	79
圖 4-2-8 辨識物體沉於油底所受作用力之部份正確力圖.....	80
圖 4-2-9 辨識物體沉於油底所受作用力之錯誤力圖.....	80

圖 4-2-10 辨識懸掛於彈簧的物體，完全沒入水中所受作用力之正確力圖.....	81
圖 4-2-11 辨識懸掛於彈簧的物體，完全沒入水中所受作用力之部份正確力圖....	82
圖 4-2-12 辨識懸掛於彈簧的物體，完全沒入水中所受作用力之錯誤力圖.....	82
圖 4-2-13 辨識懸掛於彈簧的物體，在液體中較深處所受作用力之正確力圖.....	83
圖 4-2-14 辨識懸掛於彈簧的物體，在液體中較深處所受作用力之部份正確力圖.	84
圖 4-2-15 辨識懸掛於彈簧的物體，在液體中較深處所受作用力之錯誤力圖.....	84
圖 4-2-16 辨識懸掛於彈簧的物體，一半體積沉入液體所受作用力之正確力圖..	85
圖 4-2-17 辨識懸掛於彈簧的物體，一半體積沉入液體所受作用力之部份正確力 圖.....	86
圖 4-2-18 辨識懸掛於彈簧的物體，一半體積沉入液體所受作用力之錯誤力圖..	86
圖 4-2-19 辨識由浮於液面，轉變為浮於兩種液體間的物體所受作用力之正確力 圖.....	87
圖 4-2-20 辨識浮於液面，變為浮於兩種液體間的物體所受作用力之部份正確力 圖.....	88
圖 4-2-21 辨識由浮於液面，轉變為浮於兩種液體間的物體所受作用力之錯誤力 圖.....	88
圖 4-2-22 辨識加入另一液體仍浮於液面之物體所受作用力之正確力圖.....	89
圖 4-2-23 辨識加入另一液體仍浮於液面之物體所受作用力之部份正確力圖.....	90
圖 4-2-24 辨識加入另一液體仍浮於液面之物體所受作用力之錯誤力圖.....	90
圖 4-2-25 辨識加入另一液體仍沉於液底之物體所受作用力之正確力圖.....	91
圖 4-2-26 辨識加入另一液體仍沉於液底之物體所受作用力之部份正確力圖.....	92
圖 4-2-27 辨識加入另一液體仍沉於液底之物體所受作用力之錯誤力圖.....	92
圖 4-2-28 辨識加入另一液體，由沉於液底變為浮於液體間之物體之正確力圖....	93
圖 4-2-29 辨識加入另一液體，由沉於液底變為浮於液體間之物體之部份正確力 圖.....	94

圖 4-2-30 辨識加入另一液體，由沉於液底變為浮於液體間之物體之錯誤力圖...	94
圖 4-2-31 辨識浮於液面，受外力作用的物體之正確力圖.....	95
圖 4-2-32 辨識浮於液面，受外力作用的物體之部份正確力圖.....	96
圖 4-2-33 辨識浮於液面，受外力作用的物體之錯誤力圖.....	96
圖 4-2-34 辨識沉於液底，受外力作用的物體之正確力圖.....	97
圖 4-2-35 辨識沉於液底，受外力作用的物體之部份正確力圖.....	98
圖 4-2-36 辨識沉於液底，受外力作用的物體之錯誤力圖.....	98

第壹章 緒論

本章分別就本研究之研究動機、研究目的、研究問題進行陳述，並針對本研究的一些重要名詞給予定義，最後說明研究的範圍及限制。

第一節 研究背景與動機

在某個週末下午的時候，研究者偶然到家中附近的公園散步，發現現代的人開始注重休閒生活，全家一起在公園玩球，或是帶著寵物一起玩耍，替匆促的現代生活增添一些悠閒的步調。無意中聽見一個小朋友和爸爸的對話。小朋友問爸爸為什麼樹葉會在水面上漂浮著，爸爸說這是因為樹葉很輕呀！然後小朋友再問，那為什麼船很重卻可以浮在水面呢？爸爸則說雖然船很重，但是水能夠出一個力量去撐住它，就像你在游泳池游泳會浮起來一樣。也許這樣的對話隨時就發生在我們身邊，可能只是一個再普通不過的情景，然而卻包含了一些重要的科學觀念。

在我們的日常生活中，「力」這個名詞似乎是大家耳熟能詳的，看到帆船在水面航行時，會說是因為「風力」吹拂的緣故。看到足球在草地上越滾越慢，會認為是「摩擦力」的影響。發現物體從高空掉落時，則會說是「重力」造成的結果。由物體所呈現力的效應，進而找出物體所受的作用力似乎不是難事！另外隨著科技不斷發展，以往必須藉由師長教導的科學知識，也可以由電視、科學刊物、網際網路中輕易的獲得。然而，即使「力」的現象不斷的出現在我們的周遭生活中，多數的人也能說出「力」的名稱，但是這表示人們具有正確的「力學」概念嗎？相信多數的學者會持有保留的看法。Watts (1983a) 針對英國 11~18 歲的學生，以訪談的方式調查力和重力的概念，發現學生會使用擬人化 (anthropomorphic) 的語言去描述物體的運動，並認為力是為了對抗物體的阻礙，多數的學生仍認為物體不受力的作用就不會運動。因此「力」的效應雖然隨處可見，但對學生而言往往是一種似是而非的理解。

學生在自然科學的學習中，往往未將教材內容理解後加以融會貫通，而是利用背誦記憶的方式去學習。若是遇到需要計算的題目，也多半是以死記公式的方式來解題，即使算出正確的答案，卻可能仍不知所以然。因為學生的認知基模通常是零散、破碎的短期記憶，因此只要題目稍作變化，就無法找到解題的關鍵。此外當教師在教授力學的原理時，有時會將作用的情境理想化而不去考慮部份作用力，如忽略空氣阻力和摩擦力，造成解題時的理想情境與學生認知的現實世界有所差異。然而在學生處理力學的相關問題時，因為作用力是抽象且不易直接觀察的，在判斷作用力的種類時往往會有所闕漏。此外即使學生能夠正確的找出作用於物體的作用力，通常也缺乏判斷的經驗，無法像老師能輕易判斷哪些作用力可忽略？而哪些作用力則必須考慮？所以力學單元往往是學生在學習國中自然科學時，感到最困難的單元之一。

在研究者本身的教學生涯中發現，在力學的單元之中，浮力則是學生學習成效普遍表現不盡理想的單元。不論是物體的浮沉判斷，還是浮力大小的計算與比較，對多數的學生而言，學習表現都比其他科學單元較不理想。從歷屆的國中基本學力測驗的試題分析，只要是浮力相關概念的問題，學生答對率皆有偏低的現象，意謂著浮力單元對多數的學生而言是較為困難的單元。主要的原因為浮力單元並不像部份科學概念，只需要一個公式就可以處理量化的問題。在浮力單元中，必須先判斷物體屬於浮體或是沉體，再進一步考慮以「力平衡」還是「阿基米德原理」去處理問題，最後才能找出正確的答案。所以只要其中一個概念不夠清楚，往往就無法有效的處理浮力問題。

以 98 年國中第 2 次基本學力測驗自然科第 54 題為例（見圖 1-1-1），研究者在教導浮力單元後，再給予學生測驗，結果發現大多數的學生無法回答出正確的選項。分析本題所測驗的浮力概念，(A) 選項必須利用「阿基米德原理」的浮力公式，才能找出兩種液體密度的關係。而 (B) (C) (D) 選項，則必須藉由力平衡的概念，判斷合力的大小與方向之後，再進一步找出重力與浮力之間的關係。因此，只要其中一個概念不是很清楚，就容易產生錯誤的判斷。

54. 某物體置於甲、乙兩液體中皆能浮出液面且靜止不動。在甲液體中，該物有 $\frac{3}{4}$ 的體積露出液面；在乙液體中，該物有 $\frac{1}{2}$ 的體積露出液面，如圖(二十)所示，則下列敘述何者正確？

- (A) 甲液體密度為乙液體密度的 2 倍
- (B) 物體在甲液體中所受浮力為在乙液體中所受浮力的 2 倍
- (C) 物體無論在甲液體中或乙液體中所受的合力方向皆向上
- (D) 物體在甲液體中所受重力為在乙液體中所受重力的一半

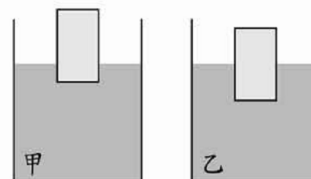


圖 1-1-1 民國 98 年第 2 次基本學力測驗自然科第 54 題

此外，在歷屆的基本學力測驗中，浮力單元幾乎是每年必考的單元。所以如何利用有效的評量工具，找出學生在浮力單元的學習困難，並善用有效的教材教法，來增加學生學習的成效，應該是自然科學教師重要的課題。

夏秋蘋（2008）利用浮力和重力的比較，以「力平衡」的觀點探討國三學生理解浮力概念的情形。結果發現學生使用「力平衡模式」比使用「密度模式」，在處理浮力問題時表現較好。不論在浮體的浮力計算、沉體的浮力計算、浮沈的判斷和液體密度改變對浮力的影響，能掌握力平衡概念的學生，在各種題型皆有較高的答對率。並建議教師在教學時，一方面先加強學生密度、力平衡等先備知識，並在教學時分析物體在液體當中的受力情形，藉著配合物理實驗的進行，以減少學生學習浮力時的學習困難。

但是許多研究指出，對學生而言作用力是抽象且不易理解的。學生是否能辨識出在液體中的物體，會受到哪些力的作用？如果學生無法辨識出作用力的種類，更遑論能以力平衡模式去處理浮力問題。而在科學課程中，通常藉由力圖的呈現，來表達物體所受作用力的種類、方向及作用點。因此本研究想藉由學生畫出在不同浮力情境中物體的力圖，以瞭解學生是否具備辨識作用力的能力，進而利用力平衡的概念，去判斷不同的浮力情境中，物體所受重力與浮力之間的關係。

所以本研究選擇國中三年級的學生，針對需要利用力平衡處理的浮力問題，透過學生繪製浮力情境中物體的力圖，來探討其對液體中物體所受作用力的辨識情

形。其次討論學生是否能使用力平衡模式解釋浮力概念的情形。希望藉由本研究的結果，能更深入了解學生在力學單元的認知情形，一方面能幫助學生澄清概念，另一方面則提供教師教學的參考。

第二節 研究目的與問題

一、研究目的

本研究的主要目的是探討國三學生，在處理需要力平衡概念的浮力問題時，是否能根據物體在液體中不同的浮沉情況，辨識出作用於物體上所有的作用力？其次探討學生是否能利用力平衡的觀點，來判斷在不同的浮沉情境，液體中物體所受作用力之間的關係？

二、研究問題

（一）基於第一個研究目的，欲探討的問題如下：

1. 當物體浮於液體表面，學生是否能畫出物體的力圖？並正確標示出浮力與重力的名稱或代號。如果無法正確畫出物體力圖，其錯誤類型為何？
2. 當物體浮於液體中，學生是否能畫出物體的力圖？並正確標示出浮力與重力的名稱或代號。如果無法正確畫出物體力圖，其錯誤類型為何？
3. 當物體沉於液體底部時，學生是否能畫出物體的力圖？並正確標示出浮力、重力和底部支撐力的名稱或代號。如果無法正確畫出物體力圖，其錯誤類型為何？
4. 當物體懸掛於彈簧且沉入液體中，學生是否能畫出物體的力圖？並正確標示出浮力、重力和彈簧彈力的名稱或代號。如果無法正確畫出物體力圖，其錯誤類型為何？
5. 當液體中的物體，受到另一物體重力的作用時，是否能畫出物體的力圖？並正確標示出浮力、重力和另一物體重力的名稱或代號。如果無法正確畫出物體力圖，其錯誤類型為何？

（二）基於第二個研究目的，欲探討的問題如下：

1. 物體在不同浮沉的情況，學生是否能由力平衡的觀點，求出物體所受浮力的大小？
2. 當液體密度改變時，學生是否能以力平衡觀點，判斷物體浮力的變化？
3. 當物體懸掛於彈簧且在液體中位置改變時，學生是否能以力平衡的觀點，判斷物

體浮力的變化？

4. 液體中的物體，在加入另一互不相溶的液體後，學生是否能以力平衡觀點，判斷物體浮力的變化？
5. 當液體中的物體，受到另一物體重力的作用時，是否能以力平衡的觀點，判斷物體浮力的變化？

第三節 名詞解釋

本研究所涉及的重要名詞，說明如下

一、浮力

物體在液體中，因底部和頂部的壓力差而產生一個向上作用力，可視為物體在液體中所減輕的重量，其大小亦等於排開的液體重。

二、力平衡

當物體受數力作用時，仍維持原運動狀態（即合力等於零），則稱為力平衡

三、迷思概念

學生在學習新的科學概念時，會因為日常生活的經驗和先前知識，而發展出有別於正常科學概念的詮釋方式，甚至是帶有錯誤的詮釋。此概念為不完整且完全不同於科學概念，且不易因教學過程而改變。

第四節 研究範圍與限制

- 一、本研究範圍主要針對國三的學生，因此不宜過度推論至尚未學習相關概念的學生。
- 二、本研究取樣對象為桃園縣某國中三年級學生，因研究對象的取樣上具有侷限性，故研究結果只適宜推廣至相同類型的學校，不宜做過度的推廣。

第貳章 文獻探討

本章共分為四節。第一節為概念的形成，針對概念的定義、概念類型和概念的形成加以闡述；第二節為概念改變的研究；第三節為迷思概念的研究，說明何謂迷思概念及其形成原因；第四節為力與力平衡概念的相關研究，第五節為浮力概念的相關研究。第六節為介紹教科書中浮力概念及基測的浮力試題相關分析。

第一節 概念的定義與形成

一、概念的定義

當科學教師在教授科學課程時，通常會告訴學生科學的學習不在於死背公式，而是在於科學概念的理解。然而什麼是概念呢？相信不同領域的學者會有不同的認知。

Pella (1966) 定義概念為代表一組想法或事實的重要性之要點，是由眾多經驗所形成抽象想法的符號，是由多於一件事物、一個現象或一種事實的經驗累積而成，為一種概括性的結論。

Novak (1977；引自黃萬居, 1993) 則定義概念為物件或事件的規則性，可以利用符號或記號來表示。

黃台珠 (1984) 認為概念是一種學習的基本單位，也是一種心智的活體，是經由學習與經驗而來，且會隨著成長而不斷修正。

張春興 (1998) 則認為概念是對具有共同屬性事物的一種概括性認識。

因此，綜合上述學者的看法，我們可以將概念視為一種由學習或經驗所得到的符號或記號，可用來概括表示物體和事件的共同屬性或規則性，且會經由成長而不斷地修正。

二、概念的類型

有關概念的類型，許多學者根據不同的觀點，而提出了不同的分類方式：

鍾聖校（1994）將概念分為兩種：第一種概念是自然概念，是在日常生活中，為應付需要而產生的概念。第二種則是邏輯概念，是刻意創造出來，為達成特別目的所產生的概念。

劉宏文（1996）則按照屬性將概念分為：

1. 簡單概念：具有單一屬性者。
2. 複雜概念：由兩個以上的屬性共同定義者。

張春興（1998）依照概念性質受否具體顯著，而將概念分為：

1. 具體概念：事物的共同屬性具體而顯著者，例如：昆蟲、椅子等。
2. 定義概念：不能用指認的方式來學習的抽象概念，其共同屬性無法具體顯現者，例如：功、能、熱等。

三、概念的形成

Pella（1975）認為概念是經由分析相似與相異的刺激而形成。Gilbert、Watts（1983）則從知識論的角度，認為一個概念的例子都具有相同性質，而這些性質必須能定義此概念，所以提出概念的形成為一種尋求相同性質表徵的行動。因此認為概念的形成是學習者主動建構的行為。

鄭昭明（1993）認為概念的形成與學習常涉及屬性與規則的學習。在屬性學習方面，如果一個概念是由外界眾多的事物或屬性中，去發現其界定的屬性，則稱為屬性的學習。若是概念的學習是在強調尋求一個屬性混合的規則，則稱為規則的學習。

饒見維（1994）認為概念的形成功能場的性质，其基本法則是「物以類聚」—依共通性質而聚、依類似性質而聚、依關係而聚。依共通性質而聚的概念稱為共性概念，事例間具有相同的屬性，所以容易下定義。若事例間無共同屬性，卻可透過間接關係而連結，則是依類似性而聚。而透過關係而聚的事例，則有空間關係、時間關係和人為關係等三類。

Gilbert、Osborne 和 Fensham（1982）則認為兒童在學習科學概念時，可分為三種情況：

1. 空白的心智假設

學生在學習前不具備任何科學知識，此時教師的科學知識會影響學習者的空白心智。

2. 教師優勢的假設

雖然學生在學習之前具有一些科學知識，但對學習不具有什麼意義，因此容易被教師的科學知識所取代。

3. 學生優勢的假設

學生在學習之前已具有強烈的知識，以致和教師的科學知識互相影響。

第二節 概念改變

Kuhn 在 1962 年發表了「科學革命的結構」一書，讓全世界開始引發概念改變的關注，書中提到：「科學概念的改變過程中，新、舊概念的轉換，就如同進行革命一般」。根據 Kuhn 的觀點，概念改變就如格式塔（Gestalt）的轉換，是在一瞬間變化成全有或全無的過程。

雖然 Kuhn 在 60 年代及提出有關科學概念的轉換，但到了 80 年代，因另有概念研究的興起，才有較多學者投入概念改變的研究。Hashwen（1988）發現學生在學習過程中，容易產生另有概念，必須使用有別於傳統的講述教學法的教學策略，才能改變學生的另有概念。然而近來的許多研究發現，許多學生在學習科學概念時常存有迷思概念，不論是使用傳統的講述教學法或是啟發式教學，對於學生的迷思概念改善並沒有多大的幫助，這些迷思概念對學生而言是根深蒂固且不易改變的。（Trowbridge & Mintzes, 1988）

有關概念改變的理論，一些學者提出不同的看法，以下就不同學者及其理論加以敘述。

一、PSHG 模式

在科學教育領域最早提出概念改變的為 Posner、Strike、Hewson、Gertzo 等人，認為概念改變有兩種面向，一種為同化，另一種則是調適。同化是指利用原有的概念去處理新的訊息。而調適則是當現有概念不足以處理新訊息時必須調整原有想法，即所謂的概念改變。而要發生調適，則必須滿足以下四點條件：

1. 學習者對先前知識感到不滿意。
2. 新知識對學習者是可理解的。
3. 新知識必須是合理的概念。
4. 新知識必須是豐富的概念。

當學習情境符合上述四個條件，透過調適的方式使原有概念重組而達到概念改變。

Posner 和 Strike 在 1985 年修正原有的 PSHG 模式，提出概念生態的觀點，將影響概念改變的因素擴大成七大範疇：(1) 異例現象；(2) 類比與象徵；(3) 範例與影像；(4) 後來經驗；(5) 認識論的立場；(6) 形而上的信念；(7) 其他知識來源；以豐富原有模式的解釋範圍。

此外，Posner 和 Strike 在 1992 年體認到原有理論過於強調理性及線性，忽略了其他面向的考量，所以另外加入了情意與社會面向，即概念生態包括科學概念與迷思概念，是以動態方式不斷交互作用而發展。

二、Chi 的本體論觀點

Chi (1992) 和 Chi, Slotta & deLeew (1994) 從本體論的角度分析概念結構，將實體分為三種類別：

1. 物質 (matter)：含有特定屬性的東西。
2. 過程 (process)：事件發生具有序列性與因果關係或僅是機率問題。
3. 心智狀態 (mental state)：情意部份。

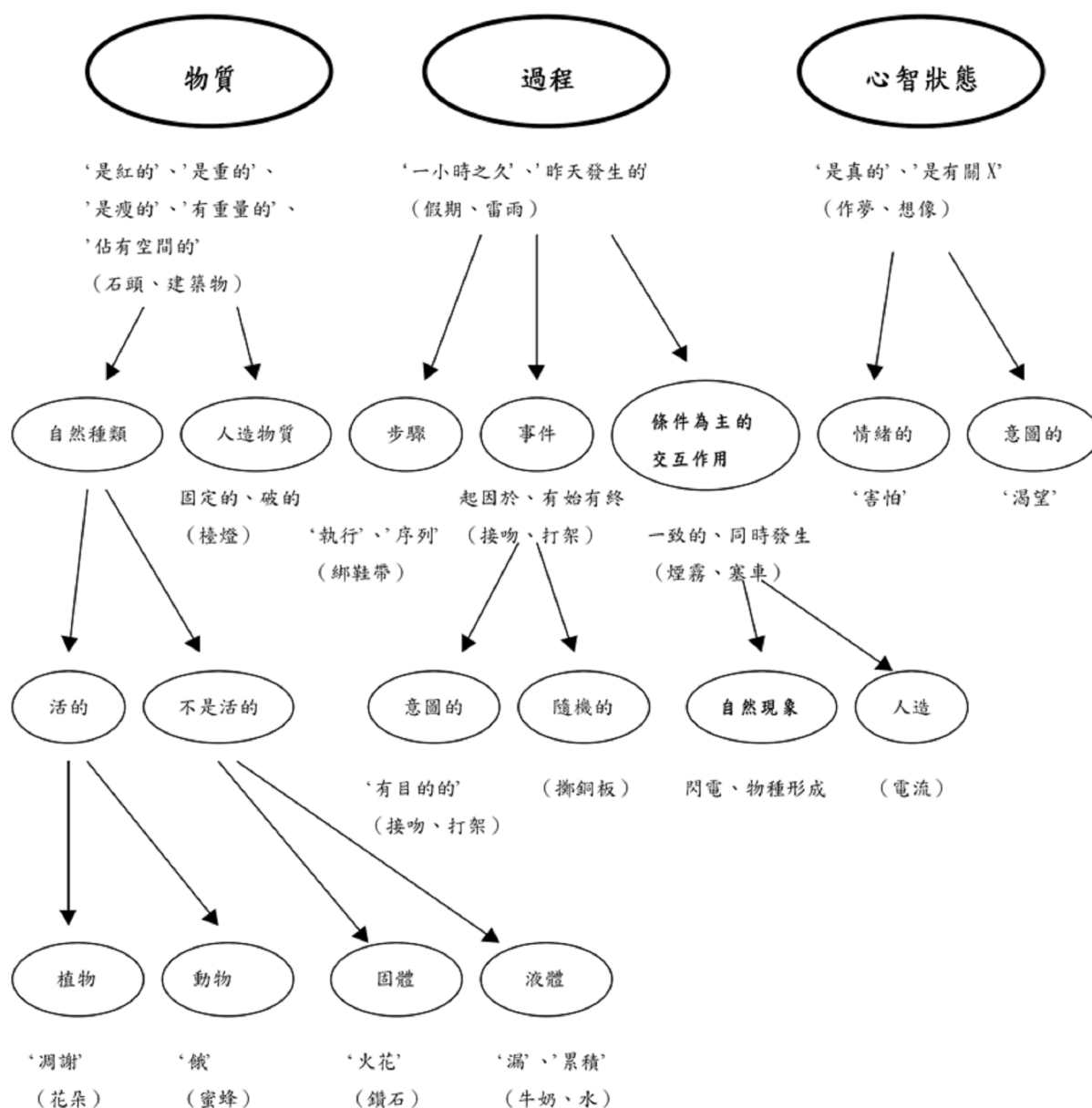


圖 2-2-1 概念本質的本體樹 (Chi, Slotta & deLeew, 1994, 引自邱美虹, 2000)

在這三種類別中，每一類皆有其特殊的屬性且彼此獨立，並分別有次類別，如自然種類、人造物質、步驟、事件、條件為主的交互作用、情緒的、意圖的等等。所謂的概念改變，是指當知識內容的本體屬性，不同於我們原先的認知結構時，則概念會由原先的類別，重新轉換到另一種類別。

因此，由 Chi 的本體樹架構，可將概念改變分為兩類：

1. 本體類別內的概念改變：

是指概念改變發生在同一本體樹內，是概念在本體樹內的上下位置遷移，並未跨越到不同的本體樹，可視為信念的修正。這類型的概念改變，通常發生在缺乏知識或練習。學習者只需以增加、刪除、普遍化和區分屬性的方式來改變概念結構，而不需產生重大的認知結構改變。

2. 跨越本體類別的概念改變

當科學概念由一個本體樹，遷徙至另一棵本體樹時，這類型的概念改變被稱為跨越本體類別的概念改變。由於這樣的改變相當困難，所以這類型的轉移又稱為根本的（radical）概念改變。原則上，物質、過程和心智狀態，其本體屬性是獨立的，所以三者間的轉移為根本的概念改變。

而在根本的概念改變過程，Chi（1992）認為有三項必須經歷的步驟：

1. 經由獲得的過程，學習新的本體分類方式。
2. 經由獲得的過程，學習到個別概念的意義。
3. 重新連結概念到新的分類方式，有三種方式：
 - a. 主動放棄原來對某一概念的定義，並以新的定義取代之。
 - b. 使新、舊概念並存，而新、舊概念的出現視情境而定。
 - c. 透過教學等方式，強化新的意義而放棄舊有觀念。

因此，本體論可歸納出兩個要點（邱美虹, 2000；引自蔡春來, 2002）

1. 本體類別內的概念改變與本體類別間的概念改變是完全不同的。本體類別內的概念改變是不適用於本體類別間的概念改變，而且不能將本體類別間的概念改變看成是一種完全改變，較適當的說法是根本的概念改變是新概念的獲得與發展，而原本的概念可能仍保留著原封不動。
2. 科學概念並非都是不易改變的。若概念改變只是牽涉類別內的轉變，則是容易的且較常發生，例如原子的結構。但概念改變如果牽涉到類別間的轉換，則是較少且不易發生的，例如化學平衡。而在科學領域中的學習常常需要跨越本體類別的

概念改變，這正是學習困難的原因。及原有知識與待學習的新知識具有共同的屬性，概念改變是容易的。反之若彼此缺乏共享的屬性，則概念改變是困難的。

三、Vosniadou 的架構理論

Vosniadou (1994) 認為：概念改變要先有大的架構，然後在逐步增加新的知識去充填細部的概念。他將孩童所具有的「架構理論」稱為素樸架構，源自於孩童從日常生活中的經驗，構成了某些功能性本體論和知識論的預設。預設中的細部概念則源自「特定理論」，事由一組有相互關係的命題或描述物件的屬性和行為的信念所構成；心智模式則是一種特殊的心智表徵。以「架構理論」解決問題情境時會影響心智模式形成。

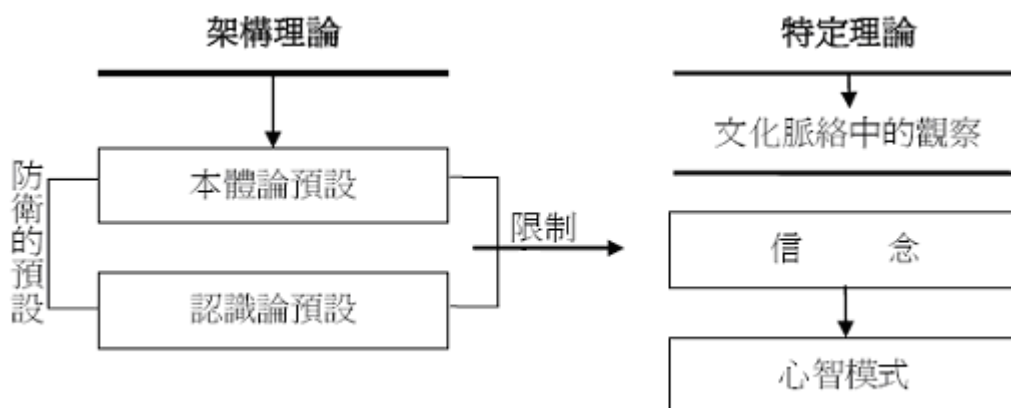


圖 2-2-2 Vosniadou 的架構理論（引自邱美虹、林靜雯，2002）

Vosniadou 在針對孩童對地球形狀的心智模式發生概念改變時提出解釋，他認為概念改變的形式有兩種：

1. 豐富化 (enrichment)

將新的概念加入現有的理論架構中，當新的概念與現有的理論架構內容一致時，學生可以很容易接受新的知識，是最容易的概念改變形式。

2. 修正 (revision)

當現有的概念架構與新的概念不同時，則必須進行修正。而修正可以分為三個層次：特殊理論的修正、有關架構理論的特殊理論修正、架構理論的修正。

此外，Vosniadou (1998) 認為學生概念改變困難的原因有二：

1. 學生無法自我察覺「預設」和「信念」限制他們的學習，並傾向將他們的預設和信念視為物理世界運作的方式。
2. 學生所使用的架構缺乏像專家一樣的系統性與一致性。

所以概念改變不僅是預設與信念的改變，同時也需要後設認知的發展，以協助學生建立一種更有系統、更具有一致性的理論架構。(邱美虹與林靜雯, 2002；引自張志康, 2008)

四、Thagrad 的概念革命

Thagard (1992) 認為概念組織是由種類 (kind) 與階層 (hierarchy) 所構成。如果一個概念系統，被另一個組織系統所取代，則稱為概念上的革命。Thagard 是由樹轉換 (tree switching) 以及分枝跳躍 (branch jumping) 的觀點，來說明概念改變的機制。Thagard 認為概念改變的階層共有九種，如表 2-2-1 所示：

表 2-2-1 Thagard 的概念改變階層理論 (引自邱美虹, 2000)

編號	階層	特質	範例
1	增加新範例	瑣碎的	如遠處的小斑點是鯨魚
2	增加弱原則	強弱視其實用性	如鯨魚可在北冰洋裡發現
3	增加強原則	強弱視其實用性	如鯨魚吃沙丁魚
4	增加新的部份關係	分解	如鯨魚有脾臟
5	增加新的種類關係	利用上階關係來結合兩個概念	如海豚是鯨魚的一種
6	增加新概念	有助於科學知識的發展	如電學與磁學合成電磁學
7	瓦解部份種類的觀點	放棄原有的識別方式	如牛頓放棄亞里斯多德的階層
8	藉由分枝跳躍重組	從一階層樹的分枝轉移到另一分枝	如哥白尼認為地球是行星階層性之一，而非自成一類的觀點
9	樹的轉變	改變已具有的階層性樹狀組織原理	如達爾文改變分類的意義

在表中所述前三種階層只牽涉到增加與刪減，所以稱為信念的改變。而後面六種則牽涉到概念階層的改變，必須透過分解、合併與區分等過程，尤其是第八及第九階層，必須放棄原有概念和重新定義，才能產生類別階層性或部分階層性根本的轉變。

第三節 迷思概念的探討

一、迷思概念的意涵

從建構主義的觀點，孩童的知識並不是被動的接受，而是建立於個體本身主動的認知上，其認知功能具有適應性，是由學習者本身加以組織，而不是去發現客觀的事實，且知識不但是個人的建構，同時也是和社會互動的結果。(Treagust, Duit & Fraser, 1996)

因此在孩童進入教室時並不是像一張白紙，而根據他們的生活經驗，已具備了一些先備知識。而這些觀念可能和被科學家所接受的概念並不一致，並造成學生學習新概念的干擾，科學教育學家稱之為「迷思概念」。

關於迷思概念的名稱，因各家的理念不同、研究方式不同，而有不同的名詞。例如迷思概念 (misconception)、前期概念 (preconception)、另有概念 (alternative conception)、另有架構 (alternative framework)、素樸理論 (naïve theory)、孩童的科學 (children's science) 等等。不論名稱為何，都指出孩童對自然現象的觀察與解釋常異於科學家，而有一套屬於自己的想法。

Eaton, Anderson & Smith (1983) 認為，當孩童出生之後，在觀察生活中的自然現象，會以自己的語言去描述和解釋，若此解釋與科學家不同，則稱為迷思概念。而迷思概念可能出現在每一個成長階段，且非常困難被改變或取代。

此外，不同的研究者對迷思概念有不同的定義，整理結果如表 2-3-1

表 2-3-1 不同研究者對迷思概念之定義

研究者	年代	迷思概念之定義
Bar & Travis	1991	從已學習的科學正式概念的多重測驗裡錯誤的選擇，但是不完全瞭解。
Cho	1985	學生的概念與命題知識，是與一般所接受的科學輿論不一致或不相同。
楊文金	1993	在某情境中，個體所賦予某概念（或符號）的意義或想法。因此，在不同的情境中，相同的概念（或符號），對於不同的個體可以有不同的意義。
陳珊珊	1993	學生學習科學課程時，對某一概念的誤解、對不同概念之間意義的混淆、或曲解不同概念彼此間的關連等，凡以學生自己的思考方式建立不為科學家所接受的概念，則稱為「迷思概念」。
Clement	1993	一個概念與現在所接受的理論相互衝突，如此的定義則可避免專家尋找到事實是必然的，而學生天真的想法是無用且無法改變的。
Vosniadou	1994	個人企圖去同化新的訊息到已存在的概念結構當中，包含與科學觀念相衝突的訊息。
楊純珠	1999	學生因為過去的生活經驗或學校的學習，對於某些自然科學的現象有其獨特的想法或解釋，而不同於一般所公認的科學知識，此時其想法或解釋稱為「迷思概念」。
Nicoll	2001	迷思概念是用來描述任何概念或命題的知識，是和所接受與科學定義是不同的。

蘇育任（1994）比較迷思概念和另有架構的意涵後，認為迷思概念為：

1. 學生在接受正式科學概念的指導之後，因不當同化而產生的概念。
2. 隱含著「錯誤概念」的意義。
3. 和當前被接受的科學概念無法相容，甚至產生衝突。
4. 具有基本模型（elementary model）或理論特徵。

因此，迷思概念可以視為學生在學習科學概念之前，因生活經驗而對自然現象具有和科學家不同的概念，也可能是教師教學過程中，學生不當的同化所形成的概念，此概念可能在任何成長階段產生，且不易改變和取代。

二、迷思概念的來源

迷思概念的產生，主要是孩童利用自己的觀點，嘗試去解釋、合理化世界，因而產生未經協調或不一致的概念，這些概念通常是片斷的、不完整的以及錯誤的。以下為不同的學者，對於學生迷思概念的來源，所具有不同的看法。

Osborne, Bell & Gilbert (1983) 造成學生迷思概念的原因有：

1. 學習者易以個人為中心或是以人類為中心事物，只考慮事物的本質，並且直接從日常生活經驗來建構知識。
2. 學習者易對特殊事物給予特別解釋，且不需對不同現象找出合乎邏輯和不矛盾的解釋。
3. 社會的日常用語使學習者產生異於科學家的想法，且這些想法不會隨年齡成長而改變。

Driver (1985) 認為，易造成學生的迷思概念來源有：

1. 知覺支配思考
學生在問題情境中進行推理時，會將思考建立在可觀察的特徵上。
2. 有限的注意焦點
在問題情境中，學生注意力會集中在幾個明顯的特徵。
3. 變化勝於穩定
學生注意事件的連續或狀態隨時間的變化。
4. 單向的因果推理
學生解釋變化時，推理遵循一個線性的因果關係，而未能考慮彼此的因果關係。
5. 相互混淆的概念
學生會將幾個不同的科學概念，互相混淆的使用。
6. 概念依賴情境
學生會用不同的概念去解釋相同的一個情境。

Head (1986) 則認為造成學生迷思概念的來源可能有：

1. 來自日常經驗的觀察。
2. 由類比產生的混淆。
3. 隱喻字眼的使用。
4. 來自於同儕的文化。
5. 來自一些天賦的觀念。

根據以上不同的觀點，迷思概念的成因可以歸納成以下三點

（一）學生因素

1. 日常生活的經驗。
2. 學習者本身的天賦或大腦內部構造。
3. 學習者容易以個人為中心考慮事物的本質。
4. 從類比產生的混淆

（二）教師因素

1. 教師對學生的迷思概念缺乏直覺及興趣。
2. 教師認為只要教學，學生就能學會。
3. 過度強調講述教學。
4. 教學和教科書的誤導。

（三）社會與文化因素

1. 日常生活用語及語言經驗
2. 同儕團體的影響
3. 文化背景的因素
4. 大眾媒體的影響

由上述觀點可知，迷思概念來源除了學生本身的生活背景和社會文化因素之外，教師的教學與教科書的誤導，也是學生迷思概念的來源之一。在教學過程中，過度依賴講述教學法或企圖簡化概念，甚至不當的類比教學，都可能在無形中造成學生的迷思概念。

三、迷思概念的性質

Driver (1985) 認為迷思概念具有下列四種特性：

1. 個人化的

個人遭遇到相同事件、經歷相同的教學，會產生不同的解釋

2. 不連貫的

兒童的想法並不像科學概念一致，在遭遇不同的問題情境，會有不同的解釋架構。

3. 穩定的

兒童會以自我的架構來解釋所學的觀念或看到的現象，即使出現了不合理的現象，仍不會修正或刪除原先的想法。

4. 動態發展的

兒童隨著年齡的增長，對同一概念的內容及架構會有不同的發展。

Fisher (1985) 則認為迷思概念的特性有六點：

1. 迷思概念和專家所持有的概念有所差異。

2. 單一或少數迷思概念具有普遍性。

3. 迷思概念是穩定的，即使經由傳統教學也不易改變。

4. 迷思概念有時包含另有概念系統，這些系統是學生將命題連結而成。

5. 某些迷思概念有其歷史淵源，即現在學生的迷思概念和早期科學家對現象或事物的解釋是一致的。

6. 學生對某一現象的解釋，可能有許多想法，且這些想法可能是互相矛盾的。

鍾聖校 (1994) 則認為迷思概念有以下七項特性：

1. 過程性

迷思概念是出現在概念發展與概念學習的過程中。

2. 不完備性

因兒童對問題思考不周，造成呈現的概念是片面而零碎的。

3. 非正統性

兒童對概念的想法有別於科學家對概念的定義。

4. 思考性

兒童對概念的學習，會採用直覺、錯誤的類比、不正確的推理或不成熟的運思。

5. 個別性

迷思概念和個體本身的概念系統有關。

6. 普遍性

某一年齡層或特定文化族群普遍易存在某些迷思概念。

7. 頑固性

迷思概念是根深蒂固的、不易改變。

四、迷思概念的研究方式

在迷思概念的研究方法，主要的方式有：診斷性測驗 (diagnostic test) (Anderson, 1986; Erickson, 1980; Treagust, 1988)、臨床訪談法 (clinical interviews) (Novick & Nussbaum, 1978; Hewson & Hewson, 1983; Brumby, 1984)、概念圖法 (Novak & Gowin, 1984; Novak, 1996) 和畫圖法 (Galili et al., 1993; Sanger, 2000)。在許多迷思概念的研究中，研究者往往不會只用單一的方式，通常會使用兩種或兩種以上的方式來研究迷思概念 (Osborne & Cosgrove, 1983)。而國內研究迷思概念，多半是藉由診斷性測驗、晤談、和概念圖法，以下就這三種方法加以說明：

(一) 診斷性測驗

紙筆測驗是一種常被使用以診斷概念的工具，它可以包含各種不同形式的命題方式，它可以涵蓋記憶、理解、應用等不同學習層次，也可以包括對事實、概念及原理等科學知識與觀察、測量等科過程的評量，因此，若經由設計良好的測驗，也是一種有效探究學生科學概念的好方法 (郭重吉, 1990)。紙筆測驗可分為開放式紙筆測驗及封閉式紙筆測驗兩種。開放式紙筆測驗即為問答題，可以獲得學生較為深

入的想法。封閉式紙筆測驗包含多重選擇測驗 (multiple choice test) (Hestenes & Well, 1992) 及二階段診斷測驗 (two tier diagnostic test) (Treagust, 1988)。

多重選擇測驗包含了一個主要問題和圖畫或是文字敘述的說明，學生根據題幹的敘述選擇一個最合適的答案，藉以瞭解學生的想法。其優點為容易實施與評分，可在短時間內對大量的施測對象進行測驗，並將結果量化統計，以瞭解學生的答題表現。然而部份學生可能會透過記憶選擇正確的答案，且不容易探究學生的思考過程。

因多重選擇測驗有其缺失，Treagust (1988) 等人針對特定領域的內容診斷學生迷思概念，發展了二階段診斷測驗，它包含三個階段及十個步驟。第一階段為確定要探討的概念內容，利用概念圖及命題陳述，以確定概念的架構；第二階段則是探查相關文獻，並經由開放性的晤談，發展多重選項的開放式題目；第三階段則是設計出二階段診斷測驗，設計雙向細目表，並加以適度修正。

(二) 晤談

在探究學生的認知結構時有許多研究方法，其中晤談是最有效、也是最常使用的方法。此種研究方法由Piaget (1929) 創立，並命名為“臨床的方法 (clinical method)”。Osborne 和 Gilbert (1980) 將研究學生關於自然現象的訪談方式區分為兩種類型，分別是關於例子的訪談 (interviews about instances) 與關於事件的訪談 (interviews about events)。

郭重吉 (1990) 認為在評估學習者知識架構的方法中，其中有些方法適合探索陳述性知識；有些方法適合探索程序性知識，而晤談就是能同時探索陳述性知識和程序性知識的工具，所以在許多研究中被廣泛的使用。

依晤談的結構類型，可分為三種類型：(1)無結構性晤談 (unstructured interview)。(2)結構性晤談 (semi-structured interview)。(3)半結構性晤談 (semi structured interview)。

在研究學生的概念時，學生的回答可能有所差異，而晤談則可以根據學生的回答，更深入瞭解學生的想法，因此能比其他診斷工具能獲得更多有用的資訊。然而晤談時間過長、且大部分的老師缺乏傳達與詮釋晤談結果的知識，另一方面，晤談結果需要大量的時間解釋及整理，也較不容易統計，所以較其他診斷工具較為不便。

（三）概念圖法

概念圖(concept map)是由Novak和Gowin，根據Ausubel的認知學習理論，發展出一套促進思考、幫助理解學習材料的方法(Novak & Gowin, 1984)。並將概念圖定義成：一種體系的設計，用來表徵一套的概念，在命題的架構中給予有意義的結合。概念圖是用來建構概念之間關係的行為與歷程，可作為一種教學與學習的策略、方法(Heinze-Fry & Novak, 1990)、也可以作為一種評量工具(Novak & Gowin, 1984)。

概念圖是一種結構表徵的方式，藉由節點與連結線所組成，其中節點表示重要概念，而連結線表示概念間的關係，並於連結線上標記聯結語，以輔助說明概念與概念間的連結關係，最後形成一種表徵學習者的知識結構的網路圖，而兩節點與概念間的連結線稱之為命題，概念圖即以此為意義的基本單位，也是用來判斷概念間關係有效性的最小單位(Novak & Gowin, 1984)。

利用概念圖表徵認知結構時，具有下列以下特徵：

1. 具有階層的構造(hierachical structure)，上層的概念應該是位階較高的概念，再依概念間的上下位層關係而分出數層次階概念(subconcept)。
2. 能連接概念間的彼此關係，通常以文字在概念間作連接，這些文字被稱為命題陳述(statement proposition)。將概念作階層性(hierachical)的排列，一般性或概括性的概念在上層，較精細及狹隘的概念在圖下方，以表達概念架構的變化。在概念間用命題連接語，以表達概念間的縱向、橫向或交叉連接的關係。

概念圖可以表徵學習者的概念結構和確認其迷思概念之外，亦有許多研究者將其作為評量的工具。主要基於下列幾項原因(Stuart, 1985)：

1. 概念圖能夠呈現學習者全部或局部思考過程。
2. 概念圖能夠透過計分來評量學習者間的學習成就，或者透過前後測來評量學習前後的學習成就。
3. 概念圖能夠幫助學習者回憶與理解。
4. 概念圖能夠診斷學習者於某一主題的學習表現。

然而將概念圖作為評量工具時，在量化分數時也有許多研究者利用不同的評分方式，來量化概念圖。早期的評分傾向於強調概念圖的複雜度，而Stuart（1985）則主張概念圖的評分應以整體的模式來考量，而不是只著重在數量上而已。

第四節 力與力平衡概念

一、力學概念的演變

在物理學中，『力』指的是物體與物體之間的一種交互作用。施力的物體對受力的物體施加一個作用，使受力的物體產生形狀或運動狀態的改變。例如物體由高處往低處掉落的過程，因為受到地球重力的作用，物體運動的速度會不斷增加。像這樣的說法，現在已經被大眾廣為接受。然而在17世紀之前，社會大眾接受的卻是完全不同的觀念。

古希臘哲學家亞里斯多德（Aristotle）認為，水、火、土、氣四種元素構成了地球，而元素會尋找同類的元素結合。並認為物體的運動可分為：地面上物體的運動，這類的運動是屬於強制性的運動，必須受力作用才會動，若不受力則不會移動。而空中掉落的物體和天體的運動，則是一種天然的運動。因為地球是宇宙的中心，是一切天空中物體的歸宿，所以物體會往地面落下。當物體重量越大，則回到地面的傾向也會越大，則掉落的速度也會越快。至於天體是由特殊的物質所組成，具有特殊的性質，所以天體則以完美的圓形和完美的等速狀態運動。（引自馬文蔚，1995）

然而伽利略（Galileo Galilei）則由實驗中發現，物體在力的作用下並不會呈現等速運動，而是速度會隨時間產生變化。若是物體不受外力作用時，則會以當時的狀態運動下去，即為慣性定律。牛頓（Isaac Newton）則根據伽利略的慣性定律，經過大量的實驗和深入研究，最後歸納出運動三大定律，奠定了古典力學的基礎。

以現今觀點來看，亞里斯多德的論點似乎荒謬可笑，然而卻主宰科學兩千多年的時間，遠遠超過牛頓力學的影響。明明身邊充滿著運動的物體，為什麼之前大家會對亞里斯多德的論點深信不疑呢？既然連古代的科學家都會影響，就更遑論剛接觸科學的學生會產生迷思概念了。

二、國外對力學迷思概念的研究

國外對力與運動的研究，大致由1980年開始。因研究文獻眾多，故只摘錄和本研究探討的主題—重力進行探討。

Gunstone & White (1980) 研究澳洲大一新生對重力概念的理解，結果發現學生認為較重的物體具有較大的加速度，落下速度較快。並發現部份學生認為物體的重量 $=mg$ ，和物體所在的高度無關。

Watts (1983) 調查英國中等學校一至六年級的學生其力與重力的概念。結果發現學生認為沒有空氣的地方即無重力；重力作用在許多物體上，所以是一個很大的力；重力並非永遠存在，而是物體在下降時才存在；重力並不是重量；重力隨高度而增加。而即使是成績優異的學生，也存在著力學的迷思概念。

Driver (1985) 研究10~16歲學校學生有關光、電、力與運動的科學想法，結果發現學生力的方面所出現的迷思概念為靜止的物體不會因為受力而產生反作用力，重力隨高度的增加而增加。

Thijs (1992) 利用兩階段的紙筆測驗，研究190位荷蘭中學學生的重力概念，結果發現學生認為靜止的物體僅受重力或不受力，並存在著物體的慣性力會因為受阻力或重力影響而逐漸減弱的另有概念。

Elaine Reynoso (1993) 則是利用紙筆測驗與訪談方式，調查墨西哥8~18歲的學生在力與運動和重力方面的另有概念。結果發現學生在重力方面所具有的迷思概念為學生認為物體因重力而落下，但因為月球缺乏重力而造成物體漂浮。其次是學生認為空氣造成物體落下的主要因素，以及學生具有重量是物質一種性質的迷思概念。

Bar, Zinn, Goldmuntz, & Sneider (1994) 則透過訪談的方式，研究以色列400位4~13歲學生的重量概念。結果發現年輕的學生會認為物體缺乏支撐時則會落下，而太陽和月球是因為黏在天空上，所以才不會落下。而7歲以上的學生則是認為較重的物體，其落下的速度較快。

Galili & Kaplan (1996) 則是以紙筆測驗研究128位大學生的重量概念，研究結果發現學生具有以下的迷思概念：

1. 物體重量沒有改變是因為仍受大氣壓力作用的緣故。
2. 物體重量沒有改變是因為仍在地球吸引力作用的結果。
3. 外在的作用力會造成物體重量改變。
4. 運動中的物體，其重量會減少。
5. 重量即為質量，而不是重力。

Palmer (2001) 針對澳洲6年級與10年級的學生進行訪談，以瞭解學生的重力概念。結果發現部份學生認為重力並未作用在向上運動、靜止和落下的物體，而部份學生則是認為物體向上運動時，重力的方向是向上。

三、國內對力學迷思概念的研究

關於國內對力學迷思概念的研究，則按年代順序整理成表2-4-2。

表2-4-2 力學迷思概念的國內研究

研究者	年代	研究發現
洪木利	1983	1. 高年級的學生其靜力學概念的思考層次也越高。 2. 「兩力平衡概念」的思考層次，依序為「大小相等」→「平衡」→「互相抵消」→「方向相反」→「合力為零」。 3. 「三力平衡概念」的思考層次，依序為「第三力大小等於另兩力之合」→「三力合力為零」→「三力相抵消」。 4. 學生對於「兩力平衡的概念」比「三力平衡的概念」較能應用「力平衡」的思考因素。
陳忠志	1987	1. 學生將假想力視為一種真正的力。 2. 位置較低的物體較重。
郭重吉與 楊其安	1989	學生說明等速運動物體時，會用「與生俱來的力」來解釋慣性的現象。
楊其安	1989	1. 重力與地心引力不同，前者與重量有關，後者會影響下落速度。 2. 地心引力的大小和物體的高度有關，越高的物體其萬有引力越小。
董正玲與 郭重吉	1992	1. 物體不受力即為靜止狀態。 2. 物體會保持原運動方式，到其運動的力耗盡。 3. 直線運動體會比走曲線運動體快。 4. 重量是一種磁力。
全中平	1993	1. 物體移動越遠，摩擦力越大。 2. 受到外力作用時，摩擦力可增加物體的速度。 3. 有運動傾向的靜止物體不受摩擦力。
全中平	1994	1. 平衡力不會使物體運動。 2. 磁力需在一定的距離才會作用。 3. 只有向下運動的物體才受地心引力。
彭泰源	1999	學生以生活的直覺經驗來判斷物體運動。
簡順永	2000	具有活力的物體才能產生力量。
余秀麗與 譚克平	2005	1. 具有迷思概念的學生認為力必須要經由接觸才會產生。 2. 學生認為如果沒有空氣，在地球上就不會有超距力的現象。

第五節 浮力與其迷思概念

一、浮力迷思概念之回顧

由上一小節可知，當學生在學習力學概念時，因生活經驗和教材抽象等因素，使得學生容易產生迷思概念。而在學生學習力學概念時，尤其以浮力單元最為困難。國內外有許多研究文獻都指出，學生不論年齡、性別及地區，在學習浮力單元時，都會產生迷思概念。

Dentici, Grossi, Borghi & De Ambrosis (1984) 利用訪談與實驗的方式，針對35名義大利6~8歲的孩童，進行浮力概念的研究。結果發現學生會以物體的重量、物體的組成以及物體的形狀，來判斷其浮沉的狀態。而經由實驗教學之後，大部分的學生瞭解物體的形狀與重量，並不是決定物體浮沉的因素。

郭重吉(1989)利用晤談的方法，針對國一和國二的學生進行密度、浮力及壓力等概念的紙筆測驗，再從其中挑選16位學生進行晤談。結果發現學生具有以下的浮力迷思概念：

1. 物體浮在水面，因為它是中空的。
2. 物體浮在水面，是因為浮力大於重力。
3. 水愈多時，物體在水中浮出體積愈多。
4. 船會浮起的原因可能有：輪船所用的鐵密度比水小、船整體是空心的且充滿了空氣、船內有特殊的機器或船身形狀的特殊設計。
5. 物體在海水中容易浮，是因為海裡面有鹽分的關係。

江新合(1992)針對中學生進行浮力相關概念及其迷思概念的研究，結果發現學生具有以下迷思概念：

1. 學生對浮力相關概念的定義與公式記憶錯誤，而形成迷思概念。
2. 學生利用生活經驗去取代課本所學的正确概念。
3. 學生利用新學的不相干概念去解釋浮力。
4. 學生對浮力的產生原因不清楚。

Biddulph(1983)則針對7~14歲的學生研究浮沉判斷的問題，利用紙筆測驗、晤談及收集課堂問題資料方式進行，結果發現學生認為浮體的長度、以及物體在液體當中的深度，會影響到浮沉的情況。將浮體上方體積切除，會使物體下沉。

林俊義(2001)利用Biddulph(1983)所發展的工具，對國中二年級學生進行施測。在分析筆試結果之後，找出6位具有迷思概念的學生，再以臨床晤談的方式探索其浮力相關迷思概念，發現學生具有的迷思概念如下：

1. 以物體輕重來決定浮或沉。
2. 物體重者會沉，輕者會浮物體比液體重者下沉。
3. 液體體積較多者，就能將物體浮起。
4. 物體含有空氣就會浮起。
5. 水浮力是一種水的排斥力。
6. 浮體浮在水面上是因浮力大於重量。

吳昆勇(2002)利用自行編製的紙筆測驗，針對193位國中二年級學生進行測驗，結果發現學生具有以下迷思概念：

1. 誤用學到的浮力概念。
2. 只利用物體密度、體積、質量(重量)大小來判斷浮力大小，而忽略其它因素。
3. 只要同樣是沉體或浮體，不管物體在水中體積、液體密度如何變化，浮力就都一樣。
4. 沉體不受浮力。
5. 浮力和物體與水的接觸面積有關。

劉家成(2002)以動態評量探究國中學生浮力概念的心智模式及概念改變之歷程，經過迷思概念偵測前測卷測試的結果，可以將學生的概念類型分為體積、密度、混合及科學概念類型，而經過動態評量與非動態評量後，二組全部的學生在測驗三的成績達到顯著差異。對體積模式的學生而言，實驗組在經過動態評量之後，其心智模式會轉變成密度模式；非動態評量使對照組學生產生混合及密度模式。對密度模式學生而言，實驗組及對照組經教學後皆使學生產生混合模式。對混合模式學生而言，實驗組及對照組學生最終的心智狀態呈現密度或混合模式。

夏秋蘋(2007)從力的比較觀點探討九年級學生理解浮力單元的困難，研究結

果發現：1. 能掌握力平衡概念的學生，在以上有關浮力的五個向度的答對率皆高於未能掌握力平衡的學生。2. 整體而言男生在浮力各向度的表現是優於女生的。3. 使用「受力比較」模式解浮力題目的答對率高於使用「密度」模式的學生。

二、浮力教學策略之探討

由上述文獻回顧可以發現，無論是國內外的研究都清楚顯示了浮力單元對學生的困難。因此有部份專家學者改良教材教法，以期能減少學生的迷思概念。以下列舉部份研究的發現。

吳昆勇（2002）探討阿基米得原理與引導式發現教學法對學生學習浮力概念的影響，選擇兩個學校的 6 個國二班級共 193 位學生參與研究，每個班級均施以前測、後測，並蒐集學生的理化學期成績。結果發現引導式發現教學法與融入阿基米得原理的教材對部份地區的國中生學習浮力概念有顯著影響，而以後測成績分群，高、中、低分群學生經過教材與教法的改變後有較佳的進步。以理化學期成績分群，中、低分群學生經過教材與教法的改變後有較佳的進步。

黃瑞龍（2002）則探討電腦輔助學習在國中理化浮力單元的成效，結果發現使用軟體前後，全體樣本的前、後測成績沒有顯著的差異。高分組學生的前、後測成績沒有顯著的差異，但低分組則有顯著的進步。此外觀看軟體次數與觀看時間，與其後測成績之提升具正相關性。對高、低成就學生，浮力觀念之改變，低成就學生優於高成就學生，但仍存在若干迷思概念。

鄭文彥（2006）藉由設計以類比橋結合類比學習環，融入浮力單元學習教材實施教學，探究實驗組與控制組學生於教學後對浮力迷思概念的改變情形。結果發現以類比橋融入浮力單元教材教學的實驗組，克服浮力迷思概念的成效顯著優於以一般教科書教材實施教學之控制組。將類比橋融入浮力單元，結合類比學習環的確認、檢索、映射、評估四步驟實施教學，學生確實可經由類比橋的機制降低學習靶領域的抽象程度，獲得概念改變。

侯佳典（2007）利用5E探究式學習環教學探討對國二學生學習浮力概念的影響，研究結果發現：以5E探究式學習環教材進行教學的實驗組，浮力迷思概念的改變情形明顯優於以一般教材進行教學的控制組。另一方面，5E探究式學習環對克服浮力迷思概念、學習科學概念具有很好的成效。

第六節 教科書浮力單元介紹與基測浮力試題分析

一、教科書力學單元介紹

在九年一貫課程實施後，課程標準由課程綱要取代，且教科書不再由國立編譯館編輯，而是開放由民間出版社根據課程綱要編訂，經由教育部審核後，由各學校選擇用書。雖然自然科課本版本略有差異，然而章節安排大致上是相同的。

在力學單元中，教科書首先介紹力的意義與形式，說明力雖然無法直接觀察，但可從物體受力之後所產生的形變或運動狀態改變，察覺力的作用過程。藉由日常生活中的實例說明力的效應，如球受力之後形狀改變以及靜止的帆船受力之後而前進。並按照力的效應是否需要接觸物體，而將作用力區分為接觸力與超距力，例如彈力屬於接觸力而磁力則屬於超距力。

其次則是介紹力的測量及單位，由彈簧秤的長度改變，來說明力的大小與單位。並藉由實驗的操作，瞭解虎克定律的內容。

接著說明力的平衡條件，例如：懸掛在彈簧下的砝碼，因靜止不動，可知它處於力平衡狀態，此時彈簧向上之拉力與砝碼所受的重力互為平衡力，兩力大小相等，方向相反。此時彈簧秤的讀數，即是彈簧向上拉力的大小。最後介紹力的合成與分解，：在一直線上的兩力，如果方向相同，其合力的大小就是兩力相加，方向指向它們的共同方向。如果兩力的方向相反，其合力的大小就是兩力相減，方向沿著較大力方向。

其中在坊間常用的三種版本中，只有一個版本介紹了力圖的繪製，(如圖2-6-1)其餘版本則並未在課文內容中介紹力圖概念。

一彈簧秤掛有質量為 100 公克的金屬塊，若對金屬塊施以一向上作用力，且金屬塊維持靜止（如圖 a），此時彈簧秤的讀數為 60 公克重。試繪出作用在金屬塊上的力圖，並求出向上作用力的大小。

解答

金屬塊所受的外力一共有三個，分別為重力、彈簧的拉力與向上作用力（如圖 b），而彈簧秤的讀數即是彈簧對物體的拉力大小。因金屬塊維持靜止，此三力的合力必須為 0，故向上作用力的大小為 $100 - 60 = 40$ （公克重）。



a. 對彈簧秤上掛的金屬塊施以一向上作用力

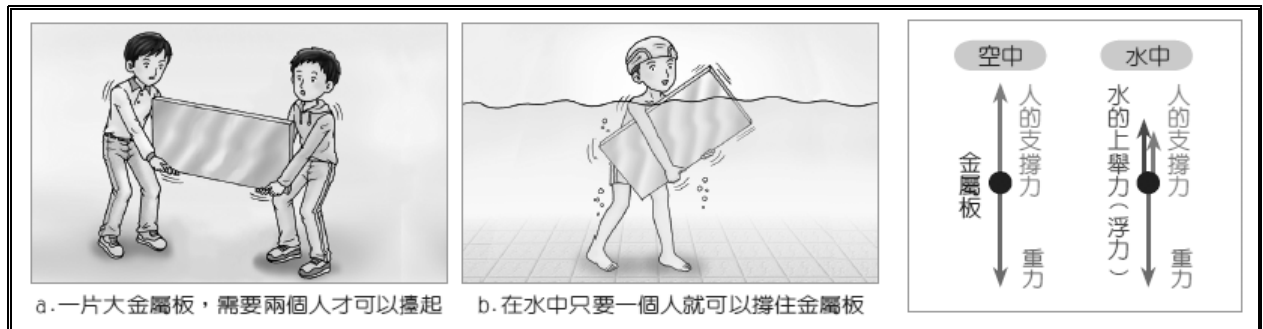


b. 作用在金屬塊上的力圖

圖2-6-1 教科書介紹力圖之內容

二、教科書浮力單元介紹

在介紹浮力概念之前，會先利用生活中的實例，說明物體在液體中，會受到一個向上的作用力，使得水中的物體會變輕，這個作用力則稱為浮力（如圖2-6-2）。



a. 一片大金屬板，需要兩個人才可以擡起

b. 在水中只要一個人就可以撐住金屬板

圖2-6-2 教科書介紹生活中浮力作用的實例

然後說明浮力等於物體在空氣中的重量減掉物體在液體中的重量。

$$\text{即浮力 (B)} = W_{\text{空氣}} - W_{\text{液體}}$$

另外從實驗操作，說明阿基米德原理的內容。藉由物體沒入液體中的體積變化，說明物體在液面下體積與浮力的關係。並將同一物體放入不同密度的液體，說

明浮力與液體密度之間的關係，最後推論浮力的公式

浮力 (B) = 排開的液體重量

= 物體在液面之下的體積 × 液體的密度

三、基測浮力試題分析

為瞭解學生再學習浮力單元中，必須具備哪些概念？因此藉由分析歷屆國中基本學力測驗的自然科試題，以瞭解學生必須掌握的相關概念及能力。以下為歷屆試題中，有關浮力概念的試題分析。

(一) 90年第2次國中基本學力測驗自然科第24題

24. 在日常生活中，我們可調製適當濃度的食鹽水將雞蛋做分級處理。瑪紹將甲、乙、丙、丁四個體積相同的雞蛋投入經調製過的均勻食鹽水中，平衡後，雞蛋靜置於鹽水中的位置，如圖(十一)所示。則哪一個雞蛋所受的浮力最小？

- (A) 甲
- (B) 乙
- (C) 丙
- (D) 丁

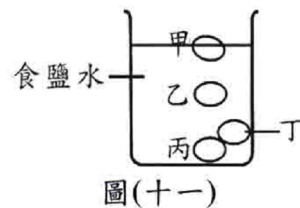


圖2-6-3 90年第2次國中基本學力測驗自然科第24題

本題所應用的概念為：

由阿基米德原理可知，物體所受的浮力等於物體排開的液體重量。因為雞蛋甲在液面之下的體積最小，所以排開的液體最少，因此所受到的浮力最小。

(二) 91年第2次國中基本學力測驗自然科第51題

51. 一艘輪船從某淡水的河流駛入海洋中，船在水面下的體積及所受浮力有何變化？

- (A) 體積增加，浮力增加
- (B) 體積減少，浮力增加
- (C) 體積增加，浮力不變
- (D) 體積減少，浮力不變

圖2-6-4 91年第2次國中基本學力測驗自然科第51題

本題所應用的概念為：

物體靜止在水面時，形成力平衡狀態，故浮力等於物重，亦等於排開液面下同體積的物體重。此時海水密度大於淡水，輪船會上浮些，在海水下的體積減少，但排開的海水重等於船的重量。

(三) 93年第2次國中基本學力測驗自然科第48題 (見圖)

48. 實驗裝置如圖(十四)所示，磅秤測得裝滿水的水槽重量為 500 gw。若在水槽中緩慢放入一個體積為 50 cm^3 ，重量為 30 gw 的木塊後，有一部分的水由水槽側邊的管子溢出，且木塊浮於水面上呈靜止狀態，如圖(十五)所示，則下列敘述何者正確？

- (A)最後的磅秤讀數為 500 gw
- (B)最後的磅秤讀數為 530 gw
- (C)被木塊排出水槽外的水，其體積為 50 cm^3
- (D)木塊浮於水面上，表示它所受的浮力大於它的重量

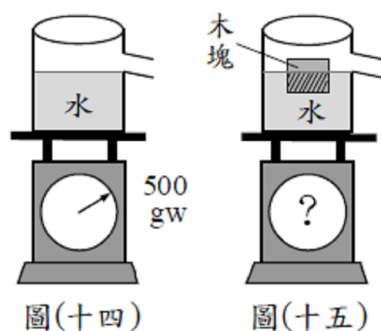


圖2-6-5 93年第2次國中基本學力測驗自然科第48題

本題所應用的概念為：

磅秤的讀數為所有物體的重量總和減掉排開的水重。另外由阿基米德原理可知，物體所受的浮力等於物體排開的液體重量。所以排開的水量等於物體所受的浮力，又因為物體靜止於水面，形成力平衡狀態，則物體的浮力等於物體的重量，因此排開的水體積為 30 cm^3 。

(四) 94年第2次國中基本學力測驗自然科第51題

51. 甲、乙、丙為三個不溶於水的實心球體，它們的質量和體積關係如表(八)所示。若將它們投入裝滿水且容量為10公升的燒杯中，其所受的浮力大小分別為 $B_{甲}$ 、 $B_{乙}$ 及 $B_{丙}$ 。下列關於它們所受浮力大小的關係，何者正確？

- (A) $B_{甲} > B_{乙} > B_{丙}$
 (B) $B_{乙} > B_{甲} > B_{丙}$
 (C) $B_{丙} > B_{乙} > B_{甲}$
 (D) $B_{甲} > B_{丙} > B_{乙}$

表(八)

球體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm^3)	75	50	20

圖2-6-6 94年第2次國中基本學力測驗自然科第51題

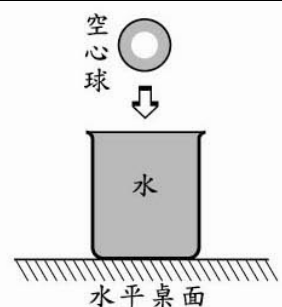
本題所應用的概念為：

首先必須判斷物體的浮沉狀態，因為甲和乙物體的密度小於液體密度，所以會形成浮體，而浮體浮力等於物重，因此 $B_{甲}=30\text{gw}$ 、 $B_{乙}=40\text{gw}$ ；而丙物體的密度大於液體密度，所以會形成沉體，由阿基米德原理可知， $B_{丙}=20\text{gw}$ 。

(五) 96年第1次國中基本學力測驗自然科第52題

52. 一個未知材料製成的空心球，其重量為160 gw。將它投入容積為1公升盛滿水的燒杯中，燒杯置於水平桌面上，如圖(二十)所示。投球入水後，若測得溢出燒杯外的水為100 gw，則下列何者最可能為該球達到力平衡的狀態？

- (A) 該球完全沒入水中，且沈在燒杯的底部
 (B) 該球浮在水面上，它在水中的體積比露出水面的體積少
 (C) 該球浮在水面上，它在水中的體積比露出水面的體積多
 (D) 該球完全沒入水中，但是球沒有接觸到燒杯底部



圖(二十)

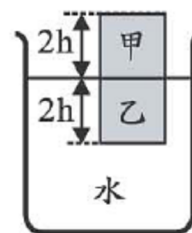
圖2-6-7 96年第1次國中基本學力測驗自然科第52題

本題所應用的概念為：

由阿基米德原理可知，物體的浮力等於排開液體的重量。因此該球所受的浮力為100gw，又因為物體的重量為160gw，當物重大於浮力時，物體會形成沉體。

(六) 96年第2次國中基本學力測驗自然科第47題

47. 小輝將甲、乙兩物體疊在一起，放入一盛水的燒杯內，待靜止後，甲、乙兩物體的接觸面恰好與水面在同一高度，如圖(二十四)所示。假設甲、乙兩物體為具有相同體積的正立方體，它們的密度不同，甲物體的密度大於 0.5 g/cm^3 ，則下列敘述何者正確？
- (A) 乙物體的密度大於 0.5 g/cm^3
 (B) 乙物體的密度等於 0.5 g/cm^3
 (C) 緩慢地拿走甲物體後，乙物體沈在水面下的高度應變為 h
 (D) 緩慢地拿走甲物體後，乙物體沈在水面下的高度應小於 h



圖(二十四)

圖2-6-8 96年第2次國中基本學力測驗自然科第47題

本題所應用的概念為：

甲、乙兩物體相疊之後會浮於水面，形成平衡狀態，則甲、乙物體的重量會等於受到的浮力。再根據阿基米德原理，浮力會等於排開的液體重。可列出下列等式： $V \times D_{\text{甲}} + V \times D_{\text{乙}} = V \times 1$ ，消去 V 後得到 $D_{\text{甲}} + D_{\text{乙}} = 1$ ，因為 $D_{\text{甲}}$ 大於 0.5 g/cm^3 ，所以 $D_{\text{乙}}$ 小於 0.5 g/cm^3 。又因為乙物體的密度小於 0.5 g/cm^3 ，所以拿走甲物體後，乙物體沒入水中的體積將會小於一半體積，故沉入水中的高度將會小於 h 。

由歷屆基測試題可知，浮力單元為常考的概念之一。學生必須具備力平衡概念以及阿基米德原理，才能處理較為複雜的變化題型。因此是否具備辨識物體所受作用力的能力，進而應用力平衡概念處理浮力問題，應是學生在學習浮力單元，必須注意的課題之一。

因此，由歷屆基測試題中可以發現，浮力單元為一個重要的單元。而在處理浮力相關問題時，必須具備力平衡和阿基米德原理應用的能力。然而在應用力平衡概念判斷物體浮力與其他作用力之間的關係，應該先具備辨識能辨釋出物體所有作用力的能力。然而，多數的教科書並未將力圖繪製編排到課程內容中，學生是否具備繪製力圖和辨識作用力的能力呢？所以本研究想延續夏秋蘋先前的研究，藉由力圖的繪製，來瞭解學生是否具備辨識作用力的能力。並進一步探討在不同的浮沉情境中，學生應用力平衡概念處理浮力相關問題的情形。

第參章 研究方法

本章將就本研究的研究設計、研究對象、研究工具、研究過程與資料處理等方面加以說明。

第一節 研究設計

本研究的研究設計主要是採用調查法，藉由自行編製的浮力評量工具，包含繪製力圖、作用力的辨識、浮力與重力的關係判斷。調查國三學生在浮力的問題情境中，其具備的力學概念情形。另一方面，為了進一步了解學生對於力的理解，以及力平衡觀念的認知，則利用半結構的訪談加以詮釋分析，以期能探究學生的力學概念和了解學生浮力單元的學習困難。

第二節 研究對象

根據本研究的研究目的，本研究的研究對象為已經學習所有國中自然課程單元的國三學生，其二年級時學習力的定義與種類、力的測量與平衡、摩擦力、壓力和浮力單元，三年級時則學習過力與運動、功與能等課程。

本研究之研究對象共分為二類；第一類是預試對象、第二類是正式施測對象及晤談對象。

一、預試樣本

本研究的預試對象，為桃園縣南區某國民中學三年級學生共計三班。此校採常態分班，學生程度中等。抽樣並非隨機抽樣，而是藉由方便取樣的方式，委託研究

者的大學同學之任教班級的學生進行測驗。

二、正式施測對象

因侷限於時間和考量晤談便利性，故選擇研究者服務學校作為正式施測對象。本研究的研究對象，為桃園縣某國中三年級的學生。該校學生平均程度為中上。每年約有 50% 的應屆畢業生考上公立高中職。學校為男女合班，以入學測驗成績採 S 型常態編班組成 12 班。學生家長約 25% 為公教人員，社經背景較鄰近學校為高。

本研究第一階段紙筆測驗的對象，由該校三年級 12 個班級中隨機抽取三個班級，作為本研究的研究樣本。從紙筆測驗的內容分析學生辨識液體中物體所受作用力和能掌握力平衡概念判斷浮力與重力關係的正確比例。試卷回收之後刪除完全空白、作答過於規律等無效問卷後，有效樣本為 105 人，如表 3-2-1 所示。

表 3-2-1 本研究樣本之基本資料

班級	班級人數		
	男性	女性	人數
305	19	15	34
307	21	14	35
309	21	15	36
合計	61	44	105

至於第二階段訪談的對象，則由參加第一階段紙筆測驗的學生中，根據其第一階段紙筆測驗的答題表現，成績前 25% 的學生分成高分群，成績中間 50% 的學生分成中分群，成績後 25% 的學生分成低分群。再由高分群、中分群和低分群各隨機抽取男女各 3 人（共 18 人），進行半結構的訪談以深入了解學生的想法。晤談對象的編碼為五位數，第一、二位數字表示學生班級，第三位數字表示學生性別（男生為 0、女生為 1），第四、五位數字則表示學生座號。例如編號 05015 學生則表示該學生為「三年 5 班座號 15 號的男性同學」。

第三節 研究工具的開發

本研究所使用的研究資源與工具逐一說明如下：

一、工具設計理念

本研究主要是想了解國三學生在面對浮力情境的問題時，是否具備對液體中的物體所受作用力的辨識能力，接著探討學生在面對不同情境的浮力問題時，能否應用力平衡的概念處理問題。因此本研究將透過自行開發的紙筆測驗，藉由學生繪製不同浮力情境中物體的力圖，以瞭解學生辨識物體作用力的能力。其次探討學生是否能進一步應用力平衡概念，來判斷不同浮沉情形時，物體所受作用力之間的關係。最後藉由晤談方式，來深入探究學生在面對不同浮力情境時，所掌握的力學概念。

二、評量工具開發流程

表 3-3-1 評量工具開發流程

試題版本	題本設計過程	時間
最初版本	參考相關文獻，決定試題	99.02
修正版本	經由研究小組討論，修正試題	99.04
二次修正版本	經過試寫後，和研究小組討論修正	99.04
預試版本	專家審題，完成預試題本	99.05
正式施測版本	經過預試，分析題本信度及效度	99.06

三、紙筆測驗評量工具的設計

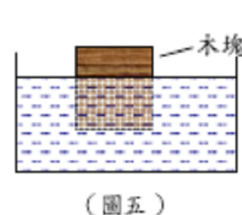
(一) 參考相關文獻

夏秋蘋(2008)在「從力的比較觀點探討九年級學生理解浮力概念困難之研究」的研究中，認為能夠掌握力平衡概念的學生，無論在理解浮體的浮力、沉體的浮力、

判斷物體浮沉、判斷液體密度改變後浮體的浮力及判斷液體密度改變後沉體的浮力，表現皆高於未能掌握力平衡概念的學生。然而在利用力平衡觀點判斷物體浮力時，應該先具備辨識液體中的物體所受作用力的能力，否則無法以力的平衡作為判斷浮力大小的一個方法。

在夏秋蘋的研究中，僅有一題提到辨識液體中物體所受的作用力。敘述如下：
5. 將一個重量 500 公克重的木塊放入水中，木塊部份露出水面（如圖五）。請問：

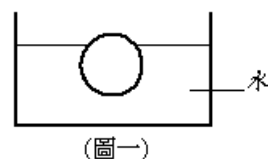
- (1) 此木塊受到哪些力的作用？
- (2) 這些力的大小之間的大小關係為何？



研究結果指出，約有 64% 的受測學生能說明物體受到浮力與重力的作用，並能指出浮力和重力大小相等。其餘學生則無法判斷出木塊所受作用力或無法判斷重力與浮力的關係。然而在其研究中，並未提到當物體沉於液體時，學生是否能辨識物體所受作用力的種類。因此，針對學生是否能辨識作用力，來判斷物體所受浮力的大小，設計了第一題、第二題及第三題的試題

第一題、將一個體積： 100cm^3 、質量： 80g 的木球放入水中（水的密度： 1g/cm^3 ），發現木球浮於水面（如圖一）

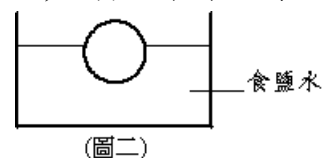
1. 請於下圖中畫出木球在液面所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



2. 在水中，木球所受的浮力大小為多少？

我的答案：_____ gw；我的理由：_____

第二題、若將木球改放入食鹽水中（食鹽水的密度： 1.2g/cm^3 ），發現木球仍浮於液面（如圖二）



1. 請於下圖中畫出木球在食鹽水中所受作用力，
並標示作用力的名稱或代號。



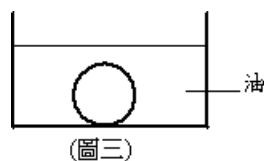
2. 將木球從水中改放入食鹽水中之後，木球所受到的浮力會如何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

第三題、若將木球改放入油中（油的密度： 0.6g/cm^3 ），發現木球沉於液體底部（如圖三）

1. 請於下圖中畫出木球在油中所受作用力，
並標示作用力的名稱或代號。



2. 將木球從水中改放入油中之後，木球所受到的浮力會如何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

(二) 由教科書內容改編

因作用力無法直接觀察，國內教科書在說明浮力時，會利用懸掛於彈簧的物體，在液體中所減輕的重量，來說明浮力為液體給予物體的一向上作用力。

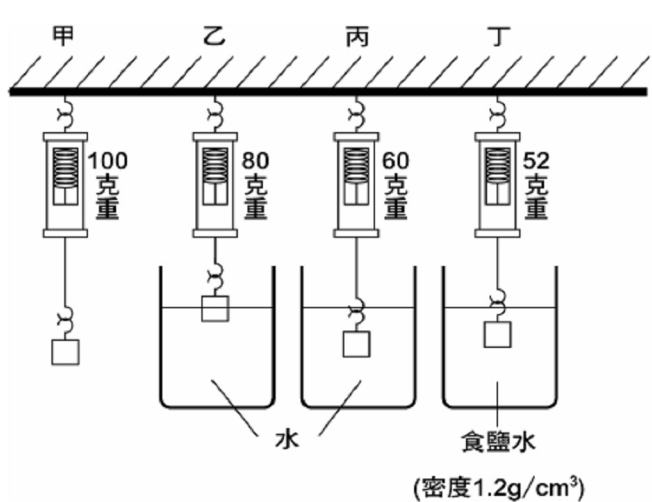


圖 3-3-1 教科書說明浮力之示意圖

問題與討論

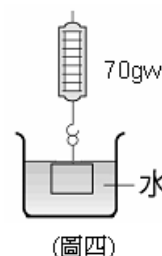
1. 圖中的物體，無論沒入水中或食鹽水中，重量都減少，表示物體在液體中受到什麼作用力的作用？
2. 如乙裝置，當物體一半沒入水中，其所受浮力為多少？
3. 如丙裝置，當物體完全沒入水中，其所受浮力為多少？

因此，編製第四題、第五題及第六題，以了解學生對懸掛於彈簧的物體，沒入水中時，其辨識物體重力、浮力與彈簧彈力的能力及其力平衡的概念。題目如下：

第四題、在已經歸零的彈簧秤下方，掛上一個鐵塊，彈簧秤讀數為80gw。若將鐵塊完全沒入水中（如圖四），彈簧秤讀數變為70gw

1. 請於下圖中畫出鐵塊在水中所受作用力，

並標示作用力的名稱或代號。



(圖四)

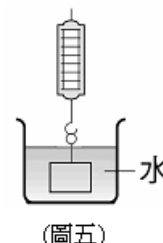
2. 鐵塊在水中所受的浮力大小為多少？

我的答案：_____gw；我的理由：_____

第五題、若將鐵塊繼續沉入水中（如圖五，但未接觸容器底部）

1. 請於下圖中畫出鐵塊在水中所受作用力，

並標示作用力的名稱或代號。



(圖五)

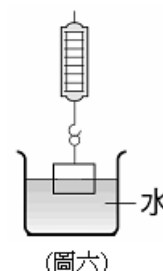
2. 當鐵塊在水中較深的位置，鐵塊所受的浮力有何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

第六題、若將鐵塊一半體積沒入水中（如圖六）

1. 請於下圖中畫出鐵塊在水中所受作用力，



(圖六)

並標示作用力的名稱或代號。



2. 相較於完全沉入水中，當鐵塊一半體積沒入水中時，鐵塊在水中所受的浮力有何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

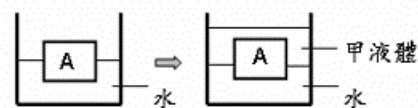
(三) 經由研究小組討論後編製

將修正過後的第二版題本，至桃園縣某鄉鎮圖書館，選擇 6 名國中三年級的學生進行試寫後。針對學生反應題意不清楚進行題幹修正，並將測驗結果和研究小組與指導教授進行討論，最後決定刪除情境三的試題，並將情境一中的第四題，即物體在兩種互不相溶的液體中，發展成另一情境的問題。即液體密度改變時，物體的浮沉情形也會產生變化。因此原先在液體中的物體，再加入另一種液體之後，可能會有不同的浮沉情形出現。所以編製了第七、八、九、十共 4 題，以探討學生對物體在兩種液體中形成不同的浮沉情況時，辨識物體所受作用力與判斷浮力變化的情形。題目如下：

第七題、將 A 物體放入水中，發現 A 物體浮於水面，

若在容器中加入與水互不相溶的甲液體（密

度： 0.6g/cm^3 ），所得情形如（圖七）



（圖七）

1. 請於下圖中畫出 A 物體在水和甲液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。

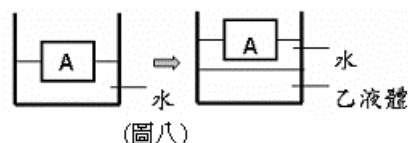


2. 在加入甲液體之後，A 物體所受到的浮力會如何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

第八題、將 A 物體放入水中，發現 A 物體浮於水面，
若在容器中加入與水互不相溶的乙液體（密度： 1.4g/cm^3 ），所得情形如（圖八）



1. 請於下圖中畫出 A 物體在水和乙液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。

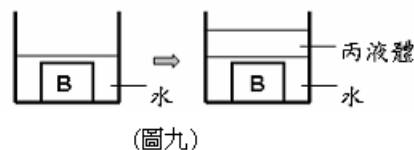


2. 在加入乙液體之後，A 物體所受到的浮力會如何改變？

（A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

第九題、將 B 物體放入水中，發現 B 物體沉於水底，
若在容器中加入與水互不相溶的丙液體（密度： 0.6g/cm^3 ），所得情形如（圖九）



1. 請於下圖中畫出 B 物體在水和丙液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。

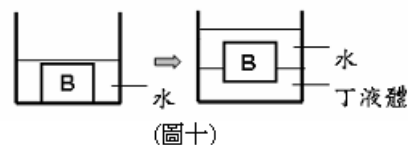


2. 在加入丙液體之後，B 物體所受到的浮力會如何改變？

（A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

十、將 B 物體放入水中，發現 B 物體沉於水底，若在
容器中加入與水互不相溶的丁液體（密度：



1.4g/cm^3 ），所得情形如（圖十）

1. 請於下圖中畫出 B 物體在水和丁液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。

B

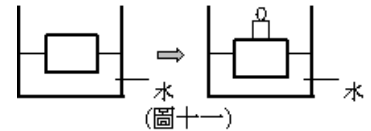
2. 在加入丁液體之後，B 物體所受到的浮力會如何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

最後，當物體受到其他外力的作用時（如其他物體重力），學生是否能了解液體中物體所受到的作用力，並以力平衡的角度判斷浮力的變化。因此編製第十一、十二題，題目如下：

第十一題、將一木塊放入水中，發現木塊浮於水面，若在木塊上方放置一砝碼後，木塊仍浮於水面（如圖十一）



1. 請於下圖中畫出放置砝碼後，木塊在水中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。

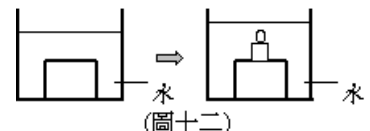


2. 在放置砝碼之後，木塊所受的浮力有何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

第十二題、將一鋁塊放入水中，發現鋁塊沉於水底，若在鋁塊上方放置一砝碼後，鋁塊仍沉於水底（如圖十二）



1. 請於下圖中畫出放置砝碼後，鋁塊在水中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



2. 在放置砝碼之後，鋁塊所受的浮力有何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____；我的理由：_____

四、研究工具的效度與信度

(一) 效度

1. 專家效度

研究者編製「浮力情境的作用力辨識與力平衡測驗」預試題本，先請任教年資超過十年的國中理化教師審查，針對題本中語意不清和圖形不符的地方進行修改。再請任教年資超過八年的國中國文教師，針對文意不流暢之處進行潤飾。最後再請一位國立大學物理系教授進行審核，以建立專家效度。

2. 內容效度

根據研究的主要目的，本研究主要探討在不同浮沉情形時，學生辨識物體所受作用力的種類。以及能以力平衡的觀點，判斷液體中物體作用力之間的關係。因而設計了四部份共 12 題，每一大題包含題幹敘述和 2 小題，第 1 小題需畫出物體受力的力圖並標示作用力的名稱或符號，第 2 小題則需回答物體所受浮力的大小或變化，並說明理由。其題本雙向細目表如表 3-3-2。

表 3-3-2 浮力情境的作用力辨識與力平衡概念測驗單向細目表

向度	問題情境	題號	題數
液體中物體作用力辨識	不同密度液體中的物體	1-1	3 題
		2-1	
		3-1	
	懸掛於彈簧的物體	4-1	3 題
		5-1	
		6-1	
	兩種互不相溶液體中的物體	7-1	4 題
		8-1	
		9-1	
		10-1	
	受其他外力作用的物體	11-1	2 題
		12-1	
以力平衡判斷作用力的關係	不同密度液體中的物體	1-2	3 題
		2-2	
		3-2	
	懸掛於彈簧的物體	4-2	3 題
		5-2	
		6-2	
	兩種互不相溶液體中的物體	7-2	4 題
		8-2	
		9-2	
		10-2	
	受其他外力作用的物體	11-2	2 題
		12-2	

3. 構念效度

因本研究的紙筆測驗評量工具為自行開發，故利用 SAS 9.1.3 軟體進行因素分析以建立研究工具的構念校度。

浮力情境紙筆測驗題本分為四種不同的浮力情境共 12 大題，每大題皆分為 2 小題，共計 24 題如表 3-3-2。其中第 1 小題藉由繪製物體的力圖，以瞭解學生辨識

作用力的情形。而第 2 小題則是力平衡概念的應用，以探討學生在不同浮力情境，判斷物體所受作用力之間的關係。由因素分析結果得知，利用二個因素來解釋變異量，其相對應的特徵值 (Eigenvalue) 已可解釋 87% 的變異量，因此本研究決定保留二個因素，相關解釋變異量如表 3-3-3 所示。

表 3-3-3 因素的解釋變異量

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	12.4085498	10.3589945	0.7438	0.7438
2	2.0495553	1.3620517	0.1229	0.8666
3	0.6875036	0.1138470	0.0412	0.9078
4	0.5736566	0.1622894	0.0344	0.9422
5	0.4113672	0.0788328	0.0247	0.9669
6	0.3325344	0.0274378	0.0199	0.9868
7	0.3050966	0.0716599	0.0183	1.0051
8	0.2334367	0.0159882	0.0140	1.0191
9	0.2174485	0.0133363	0.0130	1.0321
10	0.2041122	0.0861751	0.0122	1.0444
11	0.1179371	0.0311726	0.0071	1.0514
12	0.0867644	0.0529877	0.0052	1.0566
13	0.0337767	0.0319956	0.0020	1.0586
14	0.0017811	0.0339400	0.0001	1.0588
15	-0.0321589	0.0027509	-0.0019	1.0568
16	-0.0349099	0.0033562	-0.0021	1.0547
17	-0.0382660	0.0174868	-0.0023	1.0524
18	-0.0557528	0.0368020	-0.0033	1.0491
19	-0.0925548	0.0229368	-0.0055	1.0436
20	-0.1154915	0.0087302	-0.0069	1.0366
21	-0.1242217	0.0175320	-0.0074	1.0292
22	-0.1417537	0.0209065	-0.0085	1.0207
23	-0.1626602	0.0198211	-0.0097	1.0109
24	-0.1824813		-0.0109	1.0000

2 factors will be retained by the NFACTOR criterion.

在因素的萃取上採用主軸分析法 (Principal Axis Factor Analysis)，轉軸

方法則採用 Harris—Kaiser 轉軸法，以方便因素的詮釋。由因素樣式矩陣可反應各題對因素的相對重要性，由表 3-3-4 的因素負荷量 (factor loading) 可知，1-1、2-1、3-1、4-1、5-1、6-1、7-1、8-1、9-1、10-1、11-1、12-1 題屬於因素一，原設計理念這些題目的概念向度為作用力的辨識。1-2、2-2、3-2、4-2、5-2、6-2、7-2、8-2、9-2、10-2、11-2、12-2 題屬於因素二，原設計理念這些題目的概念向度為力平衡的概念應用。

表3-3-4 浮力情境紙筆測驗之Harris—Kaiser轉軸後的樣式矩陣

試題	Factor1	Factor2
1-1	0.97863	-0.19420
1-2	0.02387	0.77817
2-1	0.95819	-0.13513
2-2	-0.17620	0.88419
3-1	0.77222	0.09184
3-2	0.18598	0.61474
4-1	0.94845	-0.05988
4-2	0.34485	0.50228
5-1	0.99302	-0.09325
5-2	-0.05706	0.81081
6-1	0.86633	0.04645
6-2	0.16315	0.56479
7-1	0.79907	0.05115
7-2	-0.15739	0.42024
8-1	0.92206	-0.01293
8-2	-0.15586	0.86989
9-1	0.59357	0.28847
9-2	-0.14158	0.77948
10-1	0.87544	-0.07014
10-2	0.16419	0.40815
11-1	0.63327	0.21135
11-2	0.02171	0.65810
12-1	0.40240	0.39957
12-2	-0.06899	0.59536

另外，因素分析的參考結構 (Reference Structure) 則如表 3-3-5 所示，顯

示各題與各因素的 Semipartial Correlations，和前述的因素結構，和原設計理念相符。

表 3-3-5 浮力情境紙筆測驗之因素分析的參考結構矩陣

題號	Factor1	Factor2
1-1	0.69522	-0.13796
1-2	0.01696	0.55282
2-1	0.68070	-0.09599
2-2	-0.12517	0.62813
3-1	0.54858	0.06524
3-2	0.13212	0.43671
4-1	0.67378	-0.04254
4-2	0.24498	0.35682
5-1	0.70544	-0.06624
5-2	-0.04054	0.57600
6-1	0.61544	0.03300
6-2	0.11590	0.40123
7-1	0.56766	0.03633
7-2	-0.11181	0.29854
8-1	0.65503	-0.00918
8-2	-0.11072	0.61797
9-1	0.42167	0.20493
9-2	-0.10058	0.55374
10-1	0.62192	-0.04982
10-2	0.11664	0.28995
11-1	0.44988	0.15014
11-2	0.01542	0.46751
12-1	0.28586	0.28385
12-2	-0.04901	0.42295

根據上述資料，探索性因素分析基本上呈現兩個因素解，研究者將因素一詮釋為力圖的繪製能力，而將因素二詮釋為力平衡概念的應用。

（二）信度

為確認本研究所使用測驗題本的信度，先以桃園縣南區某國中三年級 4 個班共 120 人計進行預試，刪除完全空白、作答過於規律等無效問卷後，有效樣本為 98 人。以此預試的結果分析此測驗題本的評分者信度及內度一致性，並根據分析的結果修

改驗測驗題本。

1. 評分者信度

研究者先對預試學生每一題的回答作分類處理，將答案概念相近的分為一類，並表列之，如附件二，再商請一位任教國中理化 15 年的老師重新評分。最後將研究者與此理化老師的評分結果進行一致性的分析，整體評分結果的一致性為 97.9%，而浮力情境的物體作用力辨識之各題評分者信度詳列於表 3-3-6、浮力情境的力平衡概念應用之各題評分者信度詳列於表 3-3-7

表 3-3-6 浮力情境的物體作用力辨識之各題評分者信度

題號	1-1		2-1		3-1		4-1		5-1		6-1		7-1		8-1		9-1		10-1		11-1		12-1	
學生編號	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2	評分者 1	評分者 2
S1	0		0		1		1		1		0	1	2		0	1	0		2		2		0	
S2	2		2		2		2		2		2		2		0		2		0		2		2	1
S3	2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2	1
S4	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
S5	2		2		1		0		2		2		2		2		0		2		2		0	1
S6	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
S7	0		0		1		2		0		2		1		0		0		0		0		0	
S8	2		2		2		2		2		2		2		2		0		2		2		0	
S9	2		2		1		1		1	0	1		0		0		0		0		0		0	
S10	1		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
S11	2		2		2		2		2		2		1		2		0	1	2		0		0	
S12	2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2	
S13	2		2		1		2		2		2		2		2		0		2		2	1	0	
S14	2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2	
S15	2		2		2		0		2		2		2		2		0		2		2		0	
S16	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		2		0	
S17	2		2		0		0		0		1		2		2		0		2		0		0	
S18	2		2		1		2		2		2		2	2	1		0		2		2		0	
S19	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
S20	2		2		1		1		2		2		2		2		0	1	2		2	1	2	
評分一致性	100%		100%		100%		100%		100%		94.9%		100%		94.8%		93.0%		100%		95.3%		87.9%	

表 3-3-7 浮力情境的力平衡概念應用之各題評分者信度

題號	1-2		2-2		3-2		4-2		5-2		6-2		7-2		8-2		9-2		10-2		11-2		12-2		
學生編號	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	評分者1	評分者2	
S1	2		3		0		2		2		3		1		3		3		2		3		2		
S2	3		3		3		2		2		3		0		3		3		3		3		2		
S3	3		2		3		2		2		2		1		3		2		3		3		2		
S4	0		0		1		2		3		0		3		2		2		0		0		3		
S5	0		0		1		2		0		3		1		0		3		1		3		2		
S6	0		2		0		0		0		1		0		0		1		1		0		0		
S7	0		0		1		1		3		0		0		1		1		0		1		1		
S8	0		0		1		2		2		0		0		2		3		1		0		3	2	
S9	3		0		1		2		2		2		0	2	1		0	2	1		3		0		
S10	1		0		0		0	2	1		0		0	3	2		3	2		0	2	3		2	
S11	3		0		0		2		2		0		0		3		2		0		1		2		
S12	3		3		2	3		2		3		2		0		3		3		3		3		0	
S13	1		0		1		1		1		0		0		0		0		1		0		0		
S14	3		3		2		2		2		3		3		3		3		3		3		3		
S15	3		3		3		2		1		0		0		3		3		3		0		2		
S16	3		1		3		2	2	1		3		3		3		3		0		3		2		
S17	3		3		1		2		1		2		3		3		3		2		2	3		1	
S18	1		0		1		2		3		0		0		0		3	2	1		0		1		
S19	0		0		1		1		1		0		1		0		0		1		1		1		
S20	3		2		1		2		0		1		0		3	2		2		2		2	3		2
評分一致性	100%		100%		97.9%		100%		95.1%		100%		100%		96%		98%		96.4%		96.6%		97.5%		

2. 內部一致性

本研究的試卷中，主要利用 Cronbach's Alpha 分析作用力的辨識與利用力平衡判斷作用力關係兩個主要向度，以及同一情境各試題間的內部一致性。

預試部份，預試的有效樣本共 98 人，研究者利用 Excel 和 Spss 軟體進行試題分析，分析的結果如表 3-3-5

表 3-3-8 試題信度、難度及鑑別度

向度	問題情境	題號	難度 P	鑑別度 D	信度
以繪製力圖來辨識作用力	不同密度液體中的物體	1-1	0.63	0.7	0.900
		2-1	0.61	0.74	
		3-1	0.51	0.78	
	懸掛於彈簧的物體	4-1	0.57	0.74	0.943
		5-1	0.55	0.82	
		6-1	0.57	0.78	
	兩種互不相溶液體中的物體	7-1	0.57	0.7	0.873
		8-1	0.56	0.76	
		9-1	0.49	0.82	
		10-1	0.52	0.76	
	受其他外力作用的物體	11-1	0.46	0.8	0.785
		12-1	0.36	0.72	
以力平衡判斷作用力的關係	不同密度液體中的物體	1-2	0.6	0.75	0.775
		2-2	0.55	0.79	
		3-2	0.57	0.6	
	懸掛於彈簧的物體	4-2	0.54	0.63	0.818
		5-2	0.59	0.69	
		6-2	0.49	0.8	
	兩種互不相溶液體中的物體	7-2	0.22	0.07	0.652
		8-2	0.48	0.64	
		9-2	0.55	0.61	
		10-2	0.51	0.61	
	受其他外力作用的物體	11-2	0.53	0.72	0.525
		12-2	0.53	0.59	

在試題難度方面，試題難易度依P值而定，共可分為四大類：容易($0.76 \leq P \leq 1$)、中偏易($0.51 \leq P \leq 0.75$)、中偏難($0.26 \leq P \leq 0.50$)、困難($0 \leq P \leq 0.25$)。當P值愈大時就代表試題的難度愈低，試題愈容易。此題本中題目屬於中偏易的共有18題；屬於中偏難的共有5題；屬於困難的只有1題。

在試題鑑別度方面，除了第 7-2 題為 0.0667，其餘的題目都在 0.5 以上。雖然第 7-2 題鑑別度不佳，但該題難度為 0.22，表示該題對學生較為困難。通常題目難度太難或太簡單鑑別度會不佳，另一方面在預試時發現，在該題之中許多學生的回答理由，可以發現學生容易產生的錯誤概念，因此為了本研究欲探討方向之故予仍予以保留，並希望藉由晤談時找出學生的學習困難。

在試題內部一致性方面，試卷題本主要分為「液體中物體所受作用力之辨識」和「以力平衡概念判斷作用力的關係」兩大面向，再細分為「物體在不同密度的單一液體中」、「懸掛於彈簧秤上的物體」、「物體在兩種互不相溶的液體中」和「受其他外力作用的物體」四種問題情境。在作用力辨識的面向中，單一密度液體中的物體 Cronbach's Alpha 為 0.9、懸掛於彈簧秤上的物體 Cronbach's Alpha 為 0.943、在兩種互不相溶的液體中的物體 Cronbach's Alpha 為 0.873、受其他外力作用的物體 Cronbach's Alpha 為 0.785。在此一面向中，所有情境的 Cronbach's Alpha 皆達 0.7。

另一部份，在利用力平衡判斷作用力關係的面向，單一密度液體中的物體 Cronbach's Alpha 為 0.775、懸掛於彈簧秤上的物體 Cronbach's Alpha 為 0.818、在兩種互不相溶的液體中的物體 Cronbach's Alpha 為 0.652、受其他外力作用的物體 Cronbach's Alpha 為 0.525。在兩種互不相溶的液體中的物體。可能受 7-2 題影響，而受其他外力作用的物體之情境，可能是因為題數較少，其 Cronbach's Alpha 較低，因試題為初步探索性的研究，引此保留該兩題以進行後續的分析。

五、訪談工具

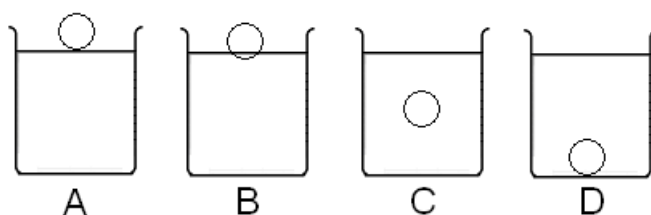
本研究藉由半結構的訪談，來深入了解學生在辨識液體中物體所受作用力的能力以及利用力平衡判斷液體中物體所受作用力間的關係之理解情形。訪談實施為將第一階段紙筆測驗結果所得到的總分，總分在受測人數前 25% 定為高分組，成績後 25% 定為低分組，其餘學生則為中分組。在由高、中、低三組中，男生與女生各挑

選 3 名，共 18 位學生作為訪談對象。訪談時研究者先設計訪談大綱，根據訪談學生的回答，再提出新的問題，訪談時避免使用帶有暗示推論的字句。

訪談大綱：

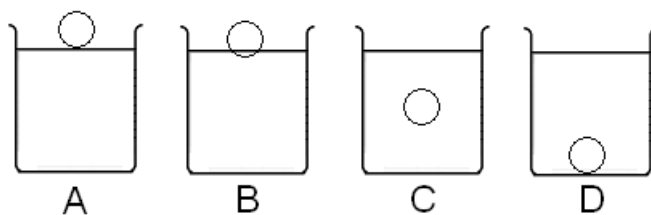
第一種情境（物體在單一液體中，作用力辨識與力平衡應用）

將一個保麗龍球放入水中，你覺得保麗龍球在水中的位置是？



你可以說出保麗龍球受到哪些力量作用嗎？

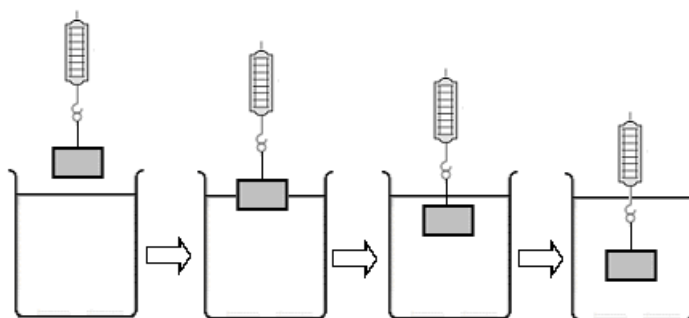
將一個石頭放入水中，你覺得石頭在水中的位置是？



你可以說出石頭球受到哪些力量作用嗎？

第二種情境（懸掛於彈簧的物體，作用力辨識與力平衡應用）

如下圖所示，將一個鋁塊懸掛於彈簧秤下方，將其緩緩沉入水中

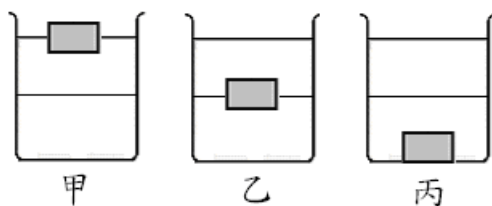


1. 你可以說出鋁塊懸掛於彈簧秤時，受到哪些作用力的作用嗎？

2. 在沉入水中的過程，彈簧秤的讀數有何變化？
3. 你可以說明你的理由嗎？

第三種情境（物體在兩種互不相溶液體中，作用力辨識與力平衡應用）

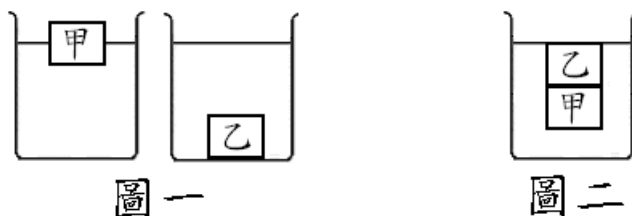
在甲、乙、丙三個燒杯中，皆裝入兩種互不相溶的液體，再將一個相同的物體放入燒杯。所得浮沉情形如下：



1. 物體在三個燒杯中，所受的浮力大小？
2. 為什麼？請說明你的理由？

第四種情境（物體受外力作用，作用力辨識與力平衡應用）

甲、乙兩物體為體積相同、密度不同的物體，將其放入裝水的燒杯中，所得的浮沉情況如圖一所示，若將乙放置在甲上方再放入水中，所得的浮沉情況為圖二所示



1. 在圖一中，甲物體受到哪些作用力的作用？
2. 在圖一中，乙物體受到哪些作用力的作用？
3. 在圖二中，甲物體受到哪些作用力的作用？
4. 在圖二中，乙物體受到哪些作用力的作用？

第四節 研究過程

本研究流程可分為兩個階段，第一階段為準備階段，此階段的主要工作為確定研究主題，收集相關文獻後繪製浮力概念圖，編製及修正預試題本，進行預試施測，預試資料分析及試題修正；第二階段則為正式實施與分析階段，此階段的工作為正式施測的進行與資料分析，訪談進行與資料分析，最後整理資料提出結論與建議完成論文。其流程如圖 3-4-1

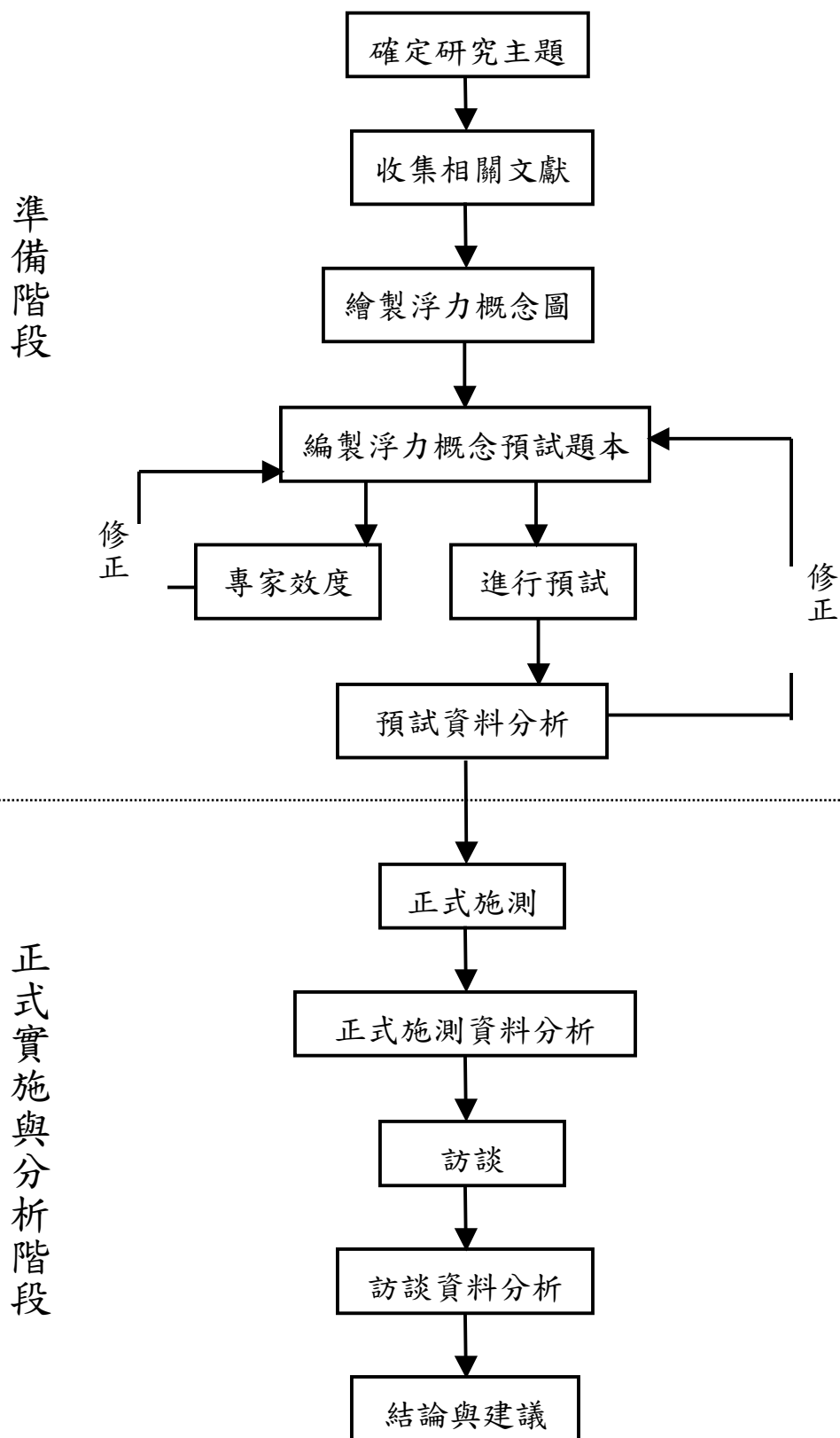


圖 3-4-1 研究流程圖

第五節 資料處理

本研究藉由紙筆測驗和學生個別晤談，收集學生在浮力方面辨識作用力和利用力平衡概念的相關資料。而資料分析可分為量化的分析與質性分析，分別說明如下：

一、 量化分析

本研究利用自行編製的紙筆測驗題本，針對國三學生面對浮力情境，作用力的辨識與力平衡概念應用的理解情形。利用 Excel 及 Spss 軟體進行以下分析：

1. 針對學生在題本中所得到的總分加以統計分析，分析學生整體的表現；男生與女生的表現是否存在差異；高、中、低分組是否存在差異。
2. 針對學生在題本中各試題的作答情形加以統計分析，統計各題的答對人數及百分比，並呈現錯誤作答類型的人數及百分比。
3. 針對學生在力圖繪製和概念應用兩部份的得分，統計對應的人數及平均得分，以探討作用力辨識和力平衡概念應用兩個向度之間的關係。

二、 質性分析

為深入了解學生對於作用力辨識和力平衡應用的認知，本研究利用第一階段紙筆測驗的結果，依照學生的答題表現將學生分為：高分組、中分組以及低分組。在從三個組別中，各挑選男、女生各 3 人，共計 18 人進行訪談。訪談的過程採全程錄音，再將訪談內容逐字謄錄成逐字稿。

第肆章 研究結果與討論

本研究主要目的為探討國中三年級學生，在面對「物體在不同密度的液體中」、「懸掛於彈簧上的物體」、「在兩種互不相溶液體中的物體」以及「受其他外力作用的物體」等不同的浮力情境問題時，是否能辨識出液體中物體所受的作用力；並利用力平衡的概念，判斷物體重力和浮力之間的關係。

因此本章共分為四節，第一節說明學生在紙筆測驗中的整體表現，並說明性別和整體表現的關係，以及在校成績與本次測驗的相關性。第二節則探討學生在浮力情境的答題表現，說明學生在作用力的辨識與力平衡應用的理解情形，並分析學生在浮力單元容易出現的錯誤類型。第三節探討學生在浮力情境中，辨識作用力的答題表現與學生在力平衡應用的答題表現，以分析學生在浮力情境中，能辨識作用力與力平衡應用的相關性。第四節藉由晤談結果的分析，進一步瞭解學生在浮力單元所出現的迷思概念。

第一節 學生的整體表現

一、整體表現

（一）各題計分方式

本次研究所使用的浮力情境題本共計 12 大題，每一大題皆分為兩小題。第一小題為畫出液體中物體所受的作用力並標示出作用力的名稱或代號，完全正確者給予 2 分，若缺少或多出一個作用力則給予 1 分，其餘作答方式則給予 0 分。第二小題則為兩階段式的測驗，除了判斷浮力的大小或變化之外，還必須說明理由。若回答正確，則根據理由是否與參考答案相近給予 1~3 分；若回答錯誤則不論理由正確與否，皆不予計分。每一大題滿分為 5 分，故本次研究的總分滿分為 60 分。各題的評分標準請參閱附件。

(二) 學生整體表現

在本次的研究中，研究樣本共有 105 人，其中最高得分為 58 分（男生：1 人；女生：1 人），最低得分為 3 分（男生：3 人）；學生個人分數與累積人數如表 4-1-1；學生整體得分與人數分佈如圖 4-1-1；男生、女生個人總分與人數之分佈如圖 4-1-2。

表 4-1-1 學生個人分數與累積人數關係表

個人分數	全體學生			男生			女生		
	人數	百分比	累積百分比	人數	百分比	累積百分比	人數	百分比	累積百分比
3	3	2.86	2.86	3	4.92	4.92	0	0.00	0.00
4	3	2.86	5.72	2	3.28	8.20	1	2.27	2.27
5	5	4.76	10.48	3	4.92	13.12	2	4.55	6.82
6	5	4.76	15.24	4	6.56	19.67	1	2.27	9.09
7	6	5.71	20.96	5	8.20	27.87	1	2.27	11.36
8	6	5.71	26.67	2	3.28	31.15	4	9.09	20.45
9	1	0.95	27.62	0	0.00	31.15	1	2.27	22.73
10	2	1.90	29.53	0	0.00	31.15	2	4.55	27.27
11	2	1.90	31.43	2	3.28	34.43	0	0.00	27.27
12	1	0.95	32.38	1	1.64	36.07	0	0.00	27.27
13	0	0.00	32.38	0	0.00	36.07	0	0.00	27.27
14	0	0.00	32.38	0	0.00	36.07	0	0.00	27.27
15	1	0.95	33.34	1	1.64	37.71	0	0.00	27.27
16	3	2.86	36.19	1	1.64	39.35	2	4.55	31.82
17	2	1.90	38.10	2	3.28	42.62	0	0.00	31.82
18	0	0.00	38.10	0	0.00	42.62	0	0.00	31.82
19	1	0.95	39.05	0	0.00	42.62	1	2.27	34.09
20	1	0.95	40.00	0	0.00	42.62	1	2.27	36.36
21	0	0.00	40.00	0	0.00	42.62	0	0.00	36.36
22	1	0.95	40.96	0	0.00	42.62	1	2.27	38.64
23	4	3.81	44.76	4	6.56	49.18	0	0.00	38.64
24	1	0.95	45.72	0	0.00	49.18	1	2.27	40.91
25	0	0.00	45.72	0	0.00	49.18	0	0.00	40.91
26	4	3.81	49.53	2	3.28	52.46	2	4.55	45.45
27	1	0.95	50.48	0	0.00	52.46	1	2.27	47.73

28	2	1.90	52.38	1	1.64	54.10	1	2.27	50.00
29	1	0.95	53.34	1	1.64	55.74	0	0.00	50.00
30	1	0.95	54.29	1	1.64	57.38	0	0.00	50.00
31	3	2.86	57.15	3	4.92	62.30	0	0.00	50.00
32	0	0.00	57.15	0	0.00	62.30	0	0.00	50.00
33	4	3.81	60.96	3	4.92	67.22	1	2.27	52.27
34	2	1.90	62.86	2	3.28	70.49	0	0.00	52.27
35	1	0.95	63.81	0	0.00	70.49	1	2.27	54.55
36	3	2.86	66.67	0	0.00	70.49	3	6.82	61.36
37	1	0.95	67.62	1	1.64	72.13	0	0.00	61.36
38	3	2.86	70.48	1	1.64	73.77	2	4.55	65.91
39	1	0.95	71.43	0	0.00	73.77	1	2.27	68.18
40	1	0.95	72.38	1	1.64	75.41	0	0.00	68.18
41	3	2.86	75.24	1	1.64	77.05	2	4.55	72.73
42	3	2.86	78.10	2	3.28	80.33	1	2.27	75.00
43	1	0.95	79.05	1	1.64	81.97	0	0.00	75.00
44	5	4.76	83.81	3	4.92	86.89	2	4.55	79.55
45	3	2.86	86.67	1	1.64	88.53	2	4.55	84.09
46	1	0.95	87.62	1	1.64	90.17	0	0.00	84.09
47	1	0.95	88.57	0	0.00	90.17	1	2.27	86.36
48	1	0.95	89.53	1	1.64	91.81	0	0.00	86.36
49	0	0.00	89.53	0	0.00	91.81	0	0.00	86.36
50	2	1.90	91.43	0	0.00	91.81	2	4.55	90.91
51	0	0.00	91.43	0	0.00	91.81	0	0.00	90.91
52	1	0.95	92.38	0	0.00	91.81	1	2.27	93.18
53	2	1.90	94.29	1	1.64	93.44	1	2.27	95.45
54	2	1.90	96.19	2	3.28	96.72	0	0.00	95.45
55	0	0.00	96.19	0	0.00	96.72	0	0.00	95.45
56	0	0.00	96.19	0	0.00	96.72	0	0.00	95.45
57	2	1.90	98.10	1	1.64	98.36	1	2.27	97.73
58	2	1.90	100.00	1	1.64	100.00	1	2.27	100.00
總計	105	100		61	100		44	100	

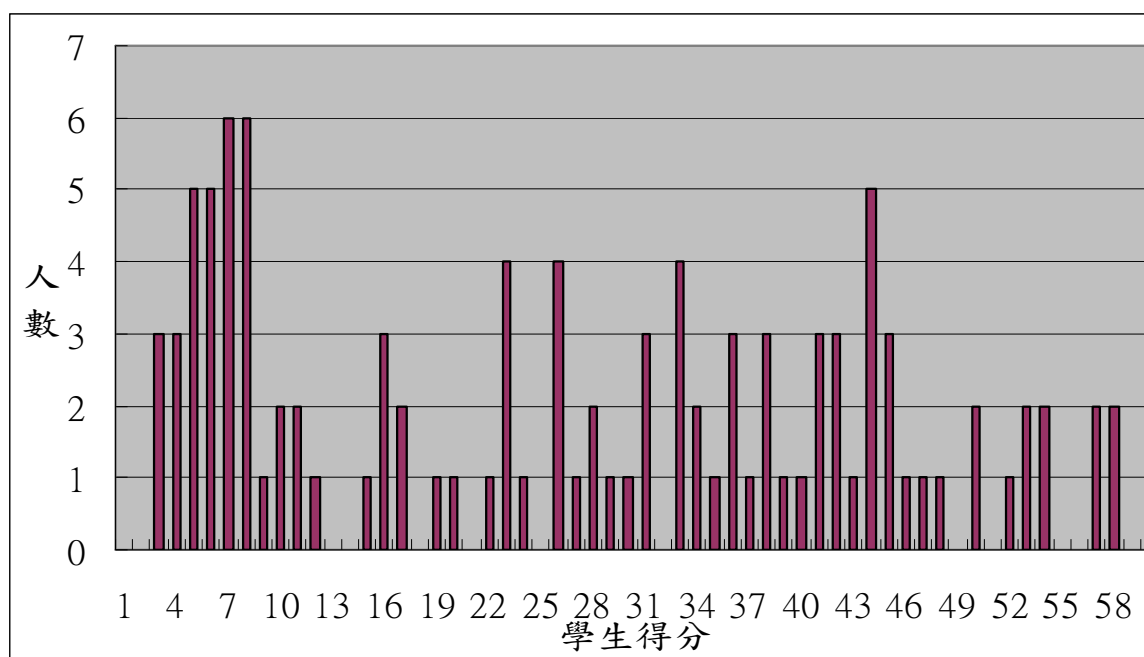


圖 4-1-1 學生個人總分與人數之分佈圖

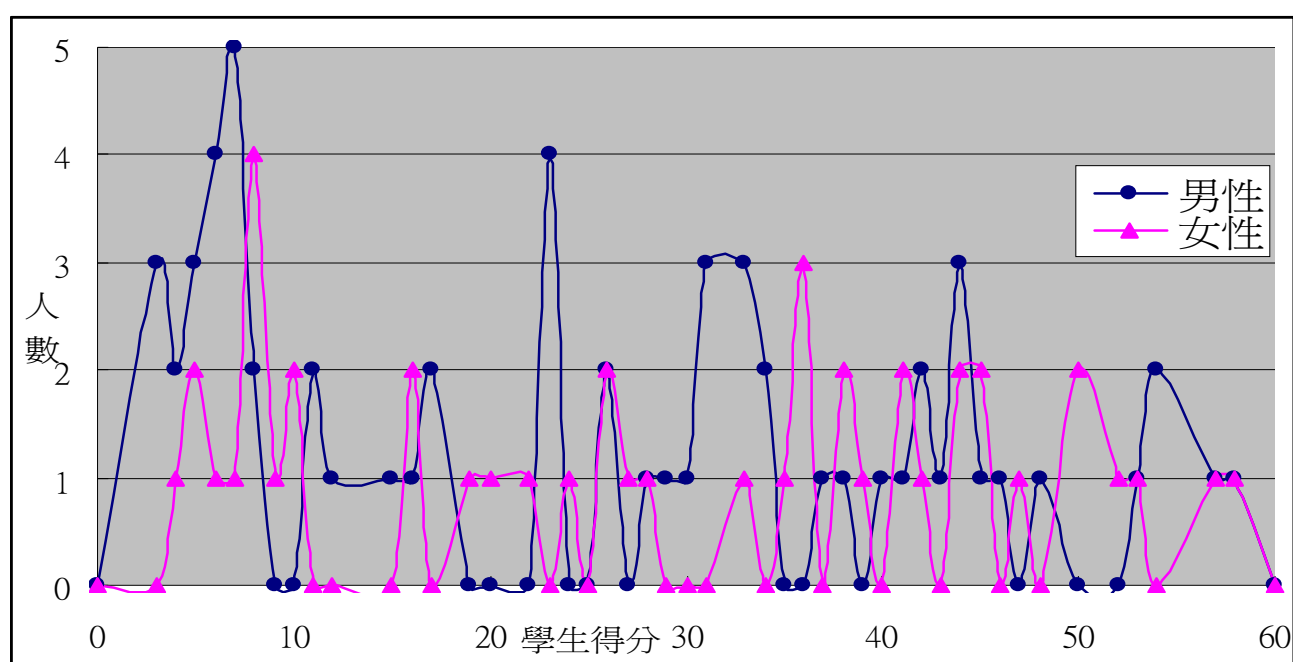


圖 4-1-2 男生、女生個人總分與人數之分佈圖

（三）學生在各題的表現

本研究主要探討學生在面對浮力情境時，是否具備判斷物體所受作用力的能力，以及是否能以力平衡的概念判斷浮力與其他作用力的關係。第一個向度為作用力辨識，當物體所受作用力較少時，則學生的答題表現會較好。所以在 1-1、2-1、8-1 及 10-1 平均得分較高。另一方面多數學生通常能找出浮力與重力這兩個作用力，但往往會忽略物體為沉體時，容器底部所提供的支撐力，所以在 3-1、9-1 及 12-1 表現較差。表 4-1-2 為學生在各題中作用力辨識的分數表現。

表 4-1-2 學生在浮力題本中作用力辨識的各題表現

向度	題號	0 分	1 分	2 分	平均值
液體中物體作用力辨識	1-1	35	11	59	1.23
	2-1	36	11	58	1.21
	3-1	46	46	13	0.69
	4-1	45	31	29	0.85
	5-1	44	33	28	0.85
	6-1	44	28	33	0.90
	7-1	49	19	37	0.89
	8-1	42	12	51	1.09
	9-1	51	44	10	0.61
	10-1	45	14	46	1.01
	11-1	43	23	39	0.96
	12-1	61	35	9	0.50

第二個向度則是利用力平衡概念判斷作用力關係，當物體在兩種互不相溶的液體中，學生較容易產生錯誤的觀念，所以在 7-1、8-1、9-1、10-1 表現較不理想。表 4-1-3 為學生在各題中力平衡判斷作用力的分數表現。

表 4-1-3 學生在浮力題本中力平衡概念應用的各題表現

向度	題號	0 分	1 分	2 分	3 分	平均值
以力平衡判斷作用力的關係	1-2	38	18	10	39	1.48
	2-2	47	16	12	30	1.24
	3-2	16	42	13	34	1.62
	4-2	23	17	34	31	1.70
	5-2	34	27	15	29	1.37
	6-2	50	15	6	34	1.23
	7-2	52	37	6	10	0.75
	8-2	34	26	26	19	1.29
	9-2	26	33	25	21	1.39
	10-2	32	45	12	16	1.11
	11-2	48	13	7	37	1.31
	12-2	30	28	22	25	1.40

二、學生整體表現與基本資料之分析

本次研究主要探討國三學生在浮力情境中，作用力的辨識與力平衡應用的表現，所以將施測題本分為兩大面向，分別探討男生與女生在兩個面相與整體表現的差異性，以及探討學生在校的理化成績與本研究浮力題本的相關性。

有效的受測樣本共 105 人，其中 61 人為男性；44 人為女性。

（一）整體表現與性別的關係

在本次研究的正式施測樣本中，將個人分數的前 25% 定為高分組，成績後 25% 定為低分組，其餘學生則為中分組。所得到整體表現與性別差異如表 4-1-4 所示。

表 4-1-4 學生整體表現與性別關係

組別	性別	人數	平均值	標準差	t 值	P 值	effect-size
整體	男生	61	25.03	16.98	-1.160	0.249	-0.114
	女生	44	28.91	16.78			
高分組	男生	15	47.67	5.88	-0.853	0.402	-0.169
	女生	11	49.55	5.05			
中分組	男生	31	23.71	10.19	-2.097	0.041*	-0.282
	女生	22	29.50	9.49			
低分組	男生	15	5.13	1.46	-3.005	0.006**	-0.504
	女生	11	7.09	1.87			

* $P < .05$; ** $P < .01$; *** $P < .001$

1. 由表 4-1-4 的資料所示，在本次測驗中，男生的平均分數為 25.03，而女生的平均分數為 28.91，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(103) = -1.160$ ， $p > .05$ ，表示女生的整體表現和男生並未達統計學上的顯著差異。
2. 在高分組的比較中，男生平均分數為 47.67，女生的平均分數為 49.55，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(24) = -0.8535$ ， $p > .05$ ，表示在高分組群中，女生表現和男生並未達統計學上的顯著差異。
3. 中分組的比較，男生平均分數為 23.71，女生的平均分數為 29.50，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(51) = -2.097$ ， $p < .05$ ，表示在中分組群，女生表現較男生為佳。
4. 在低分組的比較中，男生平均分數為 5.13，女生的平均分數為 7.09，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(24) = -3.005$ ， $p < .01$ ，顯示在低分組群中，女生表現較男生為佳。

(二) 作用力的辨識和性別的關係

在本次的測驗題本共分為 12 題，每題包含兩小題，第 1 小題為作用力的辨識，第 2 小題為力平衡概念應用，學生第 1 小題的平均得分和性別差異如表 4-1-5

表 4-1-5 作用力辨識與性別差異之關係

組別	性別	人數	平均值	標準差	t 值	P 值	effect-size
整體	男生	61	10.03	8.68	-1.040	0.301	-0.105
	女生	44	11.83	8.41			
高分組	男生	15	19.53	2.50	-0.731	0.472	-0.143
	女生	11	20.27	2.61			
中分組	男生	31	10.19	7.36	-1.671	0.101	-0.232
	女生	22	13.32	5.64			
低分組	男生	15	0.20	0.56	-0.306	0.762	-0.058
	女生	11	0.27	0.65			

* $P < .05$; ** $P < .01$; *** $P < .001$

1. 在第 1 小題的平均得分，男生的平均分數為 10.03，而女生的平均分數為 11.83，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(103) = -1.040$ ， $p > .05$ ，表示女生的整體表現和男生並未達統計學上的顯著差異。
2. 在高分組的比較中，男生平均分數為 19.53，女生的平均分數為 20.27，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(24) = -0.731$ ， $p > .05$ ，表示在高分組群中，女生在作用力辨識方面的表現和男生並未達統計學上的顯著差異。
3. 中分組的比較，男生平均分數為 10.19，女生的平均分數為 13.32，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(51) = -1.671$ ， $p > .05$ ，表示在中分組群，女生在作用力辨識方面的表現和男生並未達統計學上的顯著差異。
4. 在低分組的比較中，男生平均分數為 0.20，女生的平均分數為 0.27，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(24) = -0.306$ ， $p > .05$ ，顯示在低分組群中，女生在作用力辨識方面的表現和男生並未達統計學上的顯著差異。

(三) 力平衡的應用與性別的關係

在本次的測驗題本共分為 12 題，每題包含兩小題，第 1 小題為作用力的辨識，第 2 小題為力平衡概念應用，學生第 2 小題的平均得分和性別差異如表 4-1-6

表 4-1-6 力平衡概念應用與性別差異之關係

組別	性別	人數	平均值	標準差	t 值	P 值	effect-size
整體	男生	61	15.00	9.72	-1.090	0.278	-0.107
	女生	44	17.11	9.92			
高分組	男生	15	28.13	5.04	-0.621	0.540	-0.125
	女生	11	29.27	3.95			
中分組	男生	31	13.52	6.09	-1.414	0.163	-0.189
	女生	22	16.18	7.61			
低分組	男生	15	4.93	1.34	-2.795	0.011*	-0.468
	女生	11	6.82	2.14			

* $P < .05$; ** $P < .01$; *** $P < .001$

1. 在第 2 小題的平均得分，男生的平均分數為 15.00，而女生的平均分數為 17.11，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(103) = -1.090$ ， $p > .05$ ，表示女生的整體表現和男生並未達統計學上的顯著差異。
2. 在高分組的比較中，男生平均分數為 28.13，女生的平均分數為 29.27，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(24) = -0.621$ ， $p > .05$ ，表示在高分組群中，女生在力平衡概念的應用表現和男生並未達統計學上的顯著差異。
3. 中分組的比較，男生平均分數為 13.52，女生的平均分數為 16.18，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(51) = -1.414$ ， $p > .05$ ，表示在中分組群，女生在力平衡概念的應用表現和男生並未達統計學上的顯著差異。
4. 在低分組的比較中，男生平均分數為 4.93，女生的平均分數為 6.82，根據獨立樣本 t 檢定得到 $t(24) = -2.795$ ， $p < .05$ ，顯示在低分組群中，女生在力平衡概念的應用表現優於男生

三、學生整體表現和在校理化成績之相關性

藉由受測學校教務處所提供的資料，求出本次受測學生二、三年級兩個學年度的自然科平均成績，所得的結果如表 4-1-7 所示

表 4-1-7 學生整體表現和在校理化成績之比較

組別	成績類別	人數	平均值	標準差	相關係數 r
整體	正式施測	105	26.66	16.93	0.8255
	在校成績	105	67.63	17.22	
高分組	正式施測	26	48.50	5.46	0.7215
	在校成績	26	85.35	9.34	
中分組	正式施測	53	26.19	10.02	0.7071
	在校成績	53	67.16	12.86	
低分組	正式施測	26	5.77	1.61	0.3117
	在校成績	26	50.85	13.48	

1. 由表 4-1-7 的資料顯示，就整體而言，本次研究的樣本，在這次浮力情境作用力辨識與力平衡應用的題本表現平均得分為 26.66，在校的理化段考平均成績則為 67.63，兩者的相關係數為 0.8255，呈現高度相關，表示學生在此次題本中的表現越好，在校理化段考的平均分數也越高。
2. 在高分組中，在浮力情境題本的平均得分為 48.50 分，而在校段考成績的平均則為 85.35 分，兩者的相關係數為 0.7215，呈現中度相關。表示在這次的研究樣本中，具備作用力的辨識能力和力平衡概念的學生，在校的理化成績也表現較好。
3. 在中分組群中，在浮力情境題本的平均得分為 26.19 分，而在校段考成績的平均則為 67.16 分，兩者的相關係數為 0.7071，呈現中度相關。表示在能這次的研究樣本中，具備作用力的辨識能力和力平衡概念的學生，在校的理化成績也表現較好。
4. 在低分組中，在浮力情境題本的平均得分為 5.77 分，而在校段考成績的平均則為 50.85 分，兩者的相關係數為 0.3117，呈現低度相關。可能存在著範圍侷限效應 (restriction of range)，以致表現反而不如在校的理化成績。

第二節 學生在作用力的辨識與力平衡應用的理解

本節將依據學生在浮力情境的答題表現，說明學生在作用力的辨識與力平衡應用的理解情形，並分析學生在浮力單元容易出現的錯誤類型。

一、學生在浮力情境作用力辨識的表現

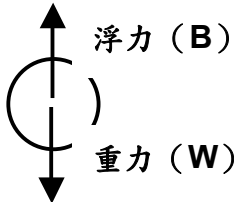
在本次的紙筆測驗中，每題均包含兩小題，第 1 小題為畫出液體中物體所受的作用力，並且必須正確標示出作用力的名稱或代號。共分為「在不同密度液體中的物體」、「懸掛於彈簧上的物體」、「在兩種互不相溶液體中的物體」以及「受外力作用的物體」等四種情境。學生若能畫出物體正確的力圖，並能正確標示出作用力的名稱或代號，則給予 2 分。若力圖中多出或缺少了一個作用力，則給予 1 分。若學生的力圖出現 2 種以上的錯誤，或並未畫出物體力圖，則給予 0 分。評分標準請參考附錄二。希望藉由學生所繪製的力圖，以瞭解學生對於物體所受作用力的辨識情形。

（一）辨識在不同密度液體中的物體所受作用力

1. 物體浮於水面之作用力辨識

表 4-2-1 為題目 1-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-1 辨識物體浮於水面所受作用力之作答統計

題號	1-1		
題目說明	將一個體積： 100cm^3 、質量： 80g 的木球放入水中（水的密度： $1\text{g}/\text{cm}^3$ ），發現木球浮於水面（如圖一） 1. 請於下圖中畫出木球在液面所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。		 (圖一)
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確（2 分）	部份正確（1 分）	完全錯誤（0 分）
人數（人）	59	11	35
百分比	56.19%	10.48%	33.33%

（1）完全正確：

能正確畫出物體的力圖，並標示出重力和浮力的名稱或代號（59 人，56.19%），其物體的力圖如圖 4-2-1 所示

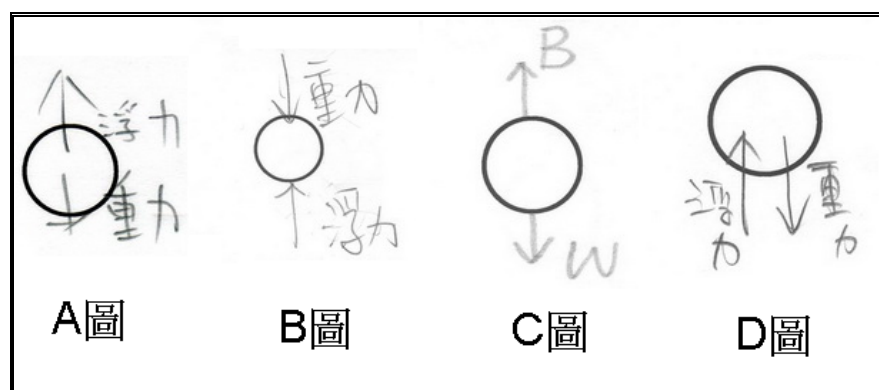


圖 4-2-1 辨識物體浮於水面所受作用力之正確力圖

(2) 部份正確：

誤將大氣壓力視為作用力 (9 人, 8.58%), 標示出重力及浮力, 但誤認兩力為作用力與反作用力 (2 人, 1.90%), 其物體的力圖如圖 4-2-2 所示。

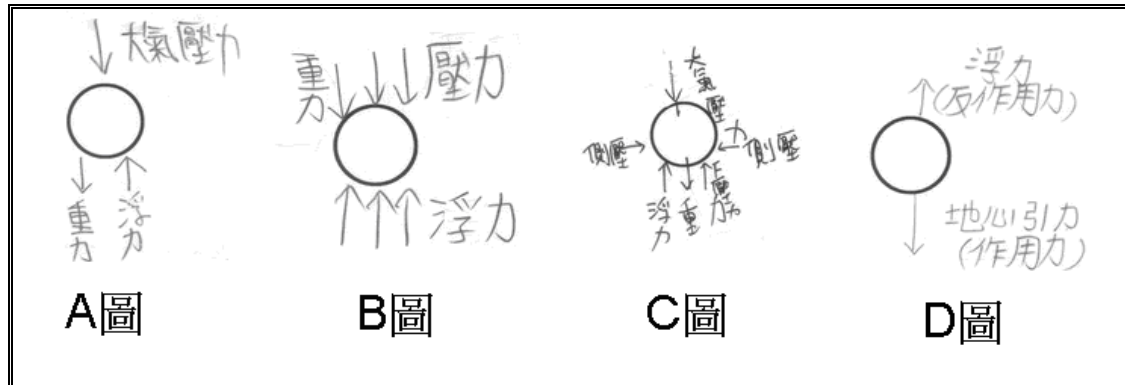


圖 4-2-2 辨識物體浮於水面所受作用力之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出及標示浮力 (22 人, 20.95%), 未畫出力圖及其他錯誤力圖 (13 人, 12.38%), 其物體的力圖如圖 4-2-3 所示。

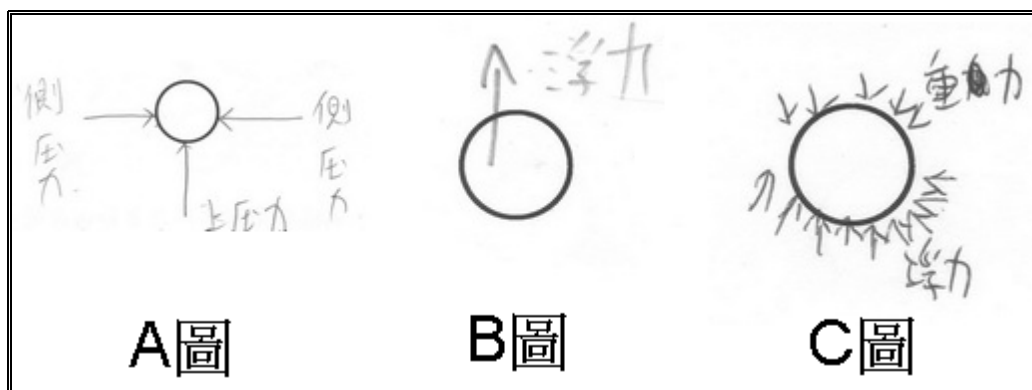
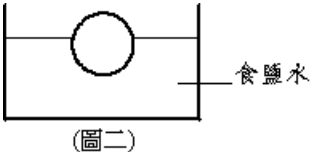
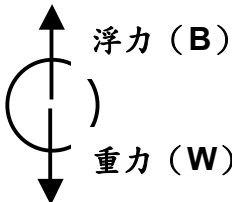


圖 4-2-3 辨識物體浮於水面所受作用力之錯誤力圖

2. 物體浮於食鹽水面之作用力辨識

表 4-2-2 為題目 2-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-2 辨識物體浮於食鹽水面所受作用力之作答統計

題號	2-1		
題目說明	若將木球改放入食鹽水中（食鹽水的密度：$1.2\text{g}/\text{cm}^3$），發現木球仍浮於液面（如圖二） 1. 請於下圖中畫出木球在食鹽水中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。 		
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確（2 分）	部份正確（1 分）	完全錯誤（0 分）
人數（人）	58	11	36
百分比	55.24%	10.48%	34.29%

（1）完全正確：

能正確畫出物體的力圖，並標示出重力和浮力的名稱或代號（58 人，55.24%），其物體的力圖如圖 4-2-4 所示

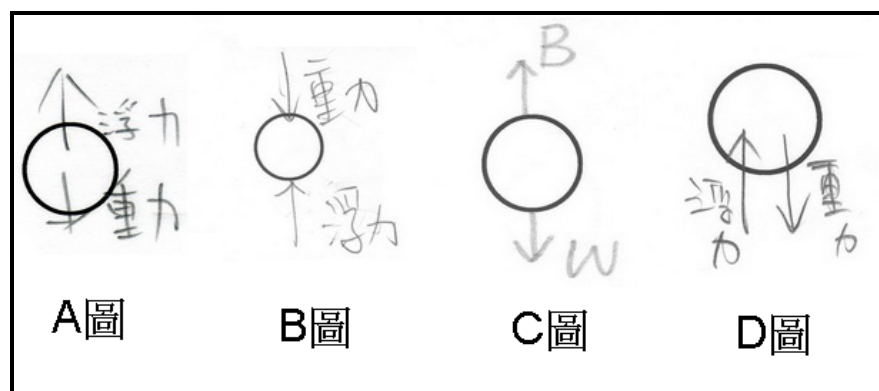


圖 4-2-4 辨識物體浮於食鹽水面所受作用力之正確力圖

(2) 部份正確：

誤將大氣壓力視為作用力 (9 人, 8.58%), 標示出重力及浮力, 但誤認兩力為作用力與反作用力 (2 人, 1.90%), 其物體的力圖如圖 4-2-5 所示。

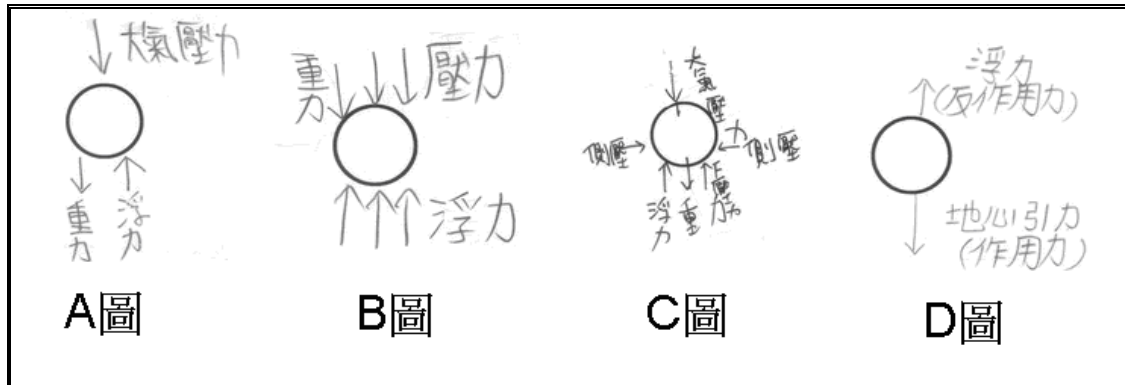


圖 4-2-5 辨識物體浮於水面所受作用力之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出及標示重力 (11 人, 10.48%), 僅畫出及標示浮力 (12 人, 11.43%), 未畫出力圖及其他錯誤力圖 (13 人, 12.38%), 其物體的力圖如圖 4-2-6 所示。

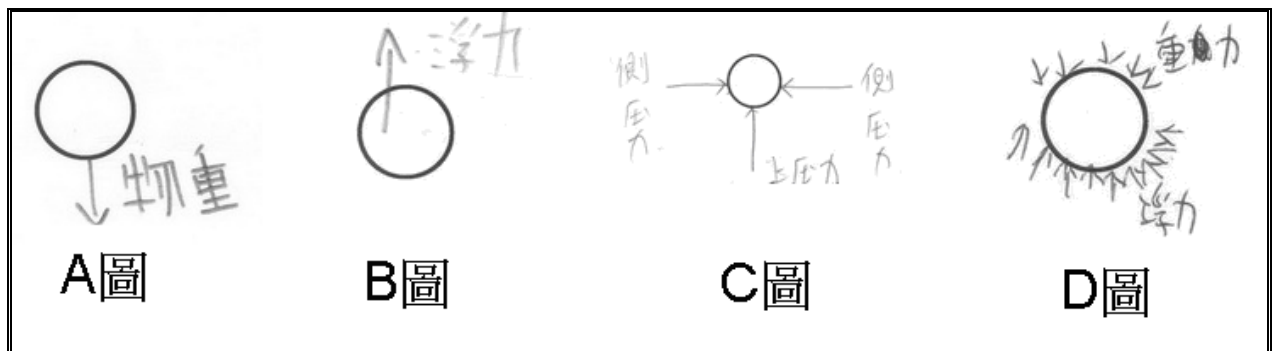
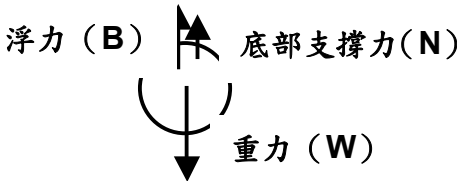


圖 4-2-6 辨識物體浮於食鹽水面所受作用力之錯誤力圖

3. 物體沉於油底之作用力辨識

表 4-2-3 為題目 3-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-3 辨識物體沉於油底所受作用力之作答統計

題號	3-1		
題目說明	若將木球改放入油中（油的密度： $0.6\text{g}/\text{cm}^3$ ），發現木球沉於液體底部（如圖三） 1. 請於下圖中畫出木球在油中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。		 (圖三)
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確（2 分）	部份正確（1 分）	完全錯誤（0 分）
人數（人）	13 人	46 人	46 人
百分比	12.38%	43.81%	43.81%

（1）完全正確：

能正確畫出物體的力圖，並標示出重力和浮力的名稱或代號（13 人，12.38%），其物體的力圖如圖 4-2-7 所示

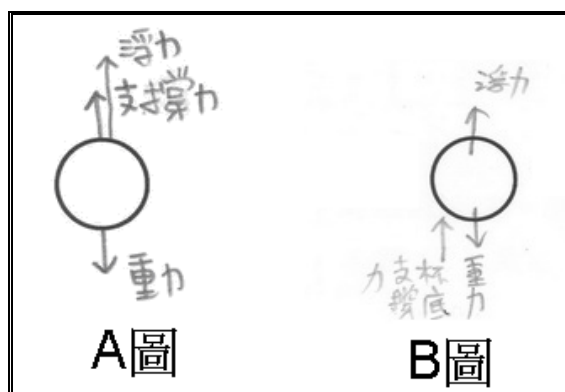


圖 4-2-7 辨識物體沉於油底所受作用力之正確力圖

（2）部份正確：

誤將油的壓力視為作用力（13 人，12.38%），未能標示出底部支撐力（33 人，31.43%），其物體的力圖如圖 4-2-8 所示。

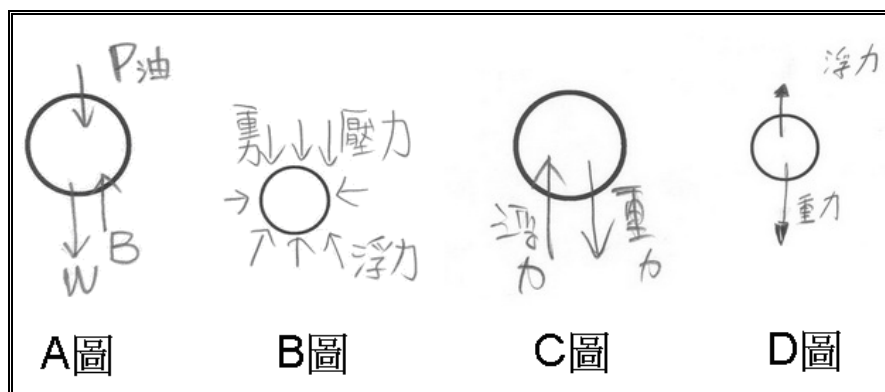


圖 4-2-8 辨識物體沉於油底所受作用力之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出及標示重力（16 人，15.24%），僅畫出及標示浮力（11 人，10.48%），未畫出力圖及其他錯誤力圖（19 人，18.10%），其物體的力圖如圖 4-2-9 所示。

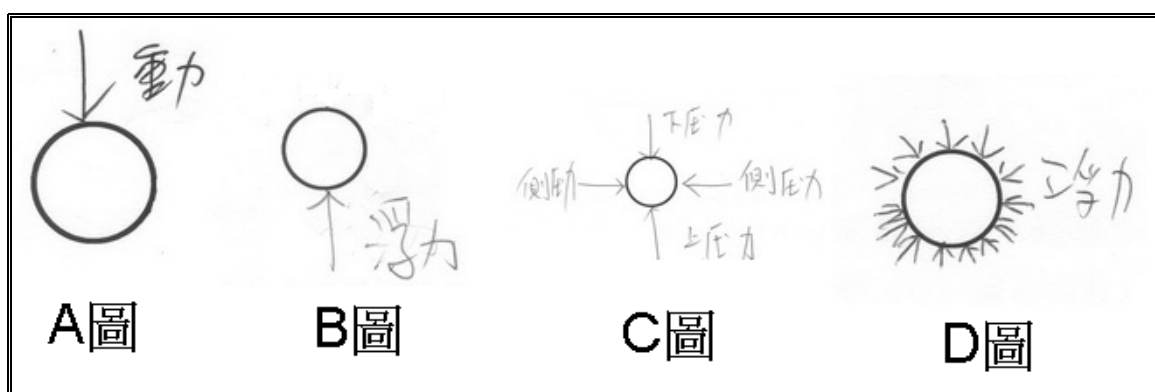


圖 4-2-9 辨識物體沉於油底所受作用力之錯誤力圖

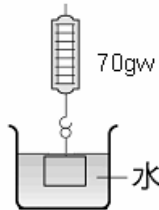
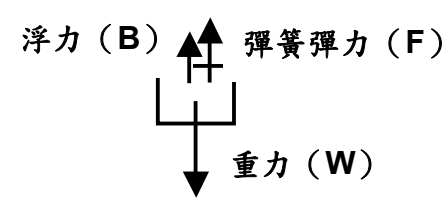
由上述的結果發現，約有 10% 的學生誤將壓力視為一種作用力，這意謂學生在學習壓力單元時，未能注意力與壓力的差別。也有可能是教師在教學時，習慣以力的圖示去呈現物體所受的壓力，導致學生在無形中誤認壓力也是一種作用力。此外多數學生僅能直覺物體所受的重力與浮力，而忽略了能讓物體形成力平衡狀態的其他作用力（如容器的支撐力）。

(二) 辨識懸掛於彈簧上物體在液體中所受作用力

1. 懸掛於彈簧的物體，完全沒入水中之作用力辨識

表 4-2-4 為題目 4-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-4 辨識懸掛於彈簧上物體在液體中所受作用力之回答內容與統計

題號	4-1		
題目說明	在已經歸零的彈簧秤下方，掛上一個鐵塊，彈簧秤讀數為 80gw。若將鐵塊完全沒入水中(如圖四)，彈簧秤讀數變為 70gw 1. 請於下圖中畫出鐵塊在水中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。		 (圖四)
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確 (2 分)	部份正確 (1 分)	完全錯誤 (0 分)
人數 (人)	29	31	45
百分比	27.62%	29.52%	42.86%

(1) 完全正確：

能正確畫出物體的力圖，並標示出標示出重力、浮力及彈簧彈力的名稱或代號(29 人，27.62%)，其物體的力圖如圖 4-2-10 所示

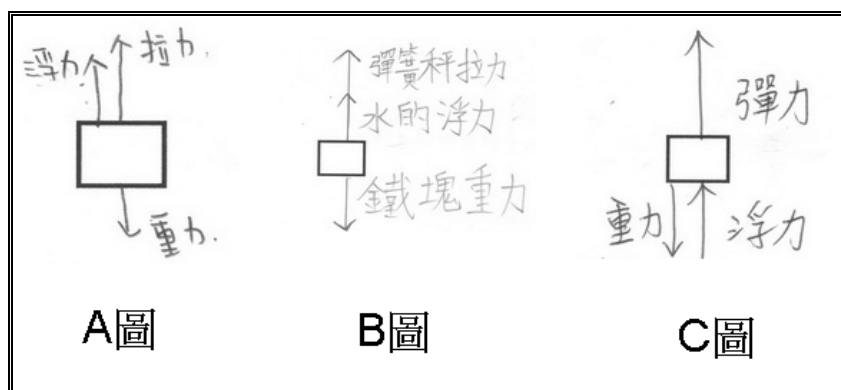


圖 4-2-10 辨識懸掛於彈簧的物體，完全沒入水中所受作用力之正確力圖

(2) 部份正確：

能畫出物體力圖，但多了水壓（9 人，8.58%），能畫出物體力圖，只標示出重力及浮力，未畫出彈簧彈力（22 人，20.95%），其物體的力圖如圖 4-2-11 所示。

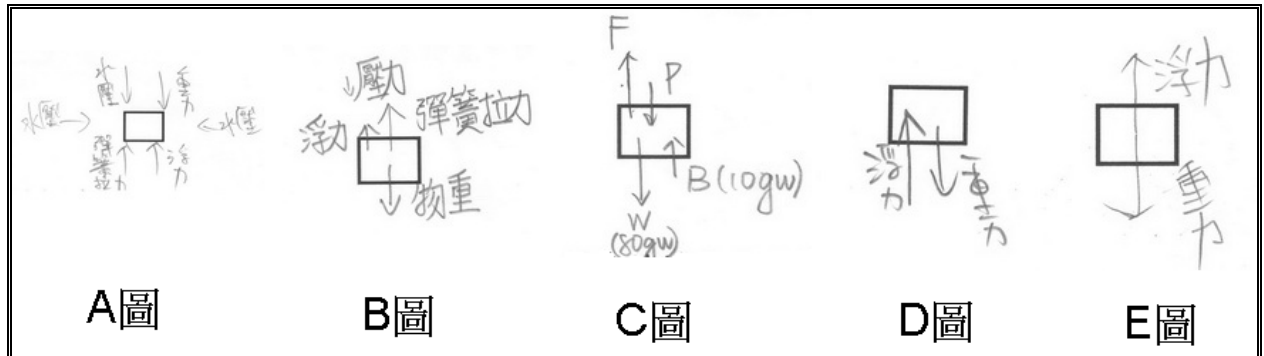


圖 4-2-11 辨識懸掛於彈簧的物體，完全沒入水中所受作用力之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出及標示重力（16 人，15.24%），僅畫出及標示浮力（11 人，10.48%），未畫出力圖及其他錯誤力圖（18 人，17.14%），其物體的力圖如圖 4-2-12 所示。

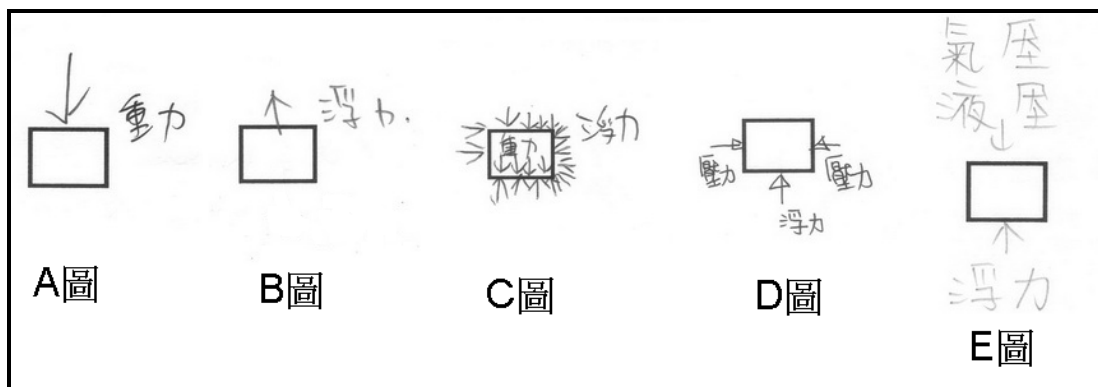
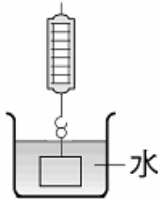
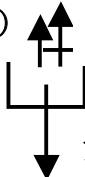


圖 4-2-12 辨識懸掛於彈簧的物體，完全沒入水中所受作用力之錯誤力圖

2. 懸掛於彈簧的物體，沉入較深的水中之作用力辨識

表 4-2-5 為題目 5-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-5 辨識懸掛於彈簧上物體，在液體中較深處所受作用力之回答內容與統計

題號	5-1		
題目說明	若將鐵塊繼續沉入水中（如圖五，但未接觸容器底部） 1. 請於下圖中畫出鐵塊在水中所受作用力， 並標示作用力的名稱或代號。		 (圖五)
參考答案	浮力 (B) 彈簧彈力 (F)  重力 (W)		
學生答題表現			
得分情形	完全正確 (2 分)	部份正確 (1 分)	完全錯誤 (0 分)
人數 (人)	28	33	44
百分比	26.67%	31.43%	41.9%

（1）完全正確：

正確畫出物體的力圖，並標示出重力、浮力及彈簧彈力（28 人，26.67%），其物體的力圖如圖 4-2-13 所示

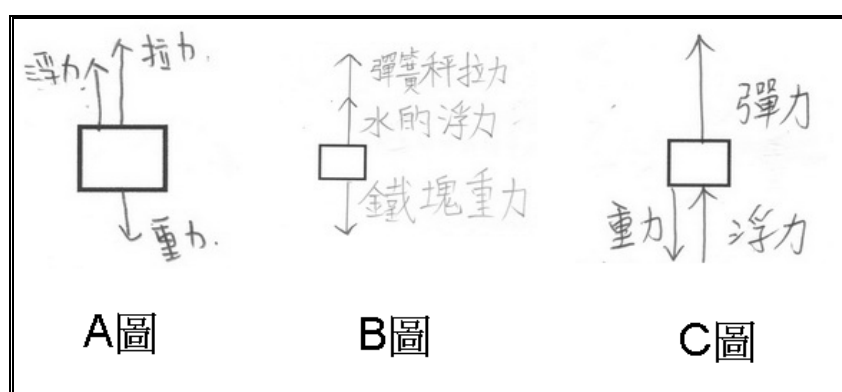


圖 4-2-13 辨識懸掛於彈簧的物體，在液體中較深處所受作用力之正確力圖

(2) 部份正確：

能畫出物體力圖，但多了水壓（10 人，9.52%），能畫出物體力圖，只標示出重力及浮力，未畫出彈簧彈力（23 人，21.90%），其物體的力圖如圖 4-2-14 所示。

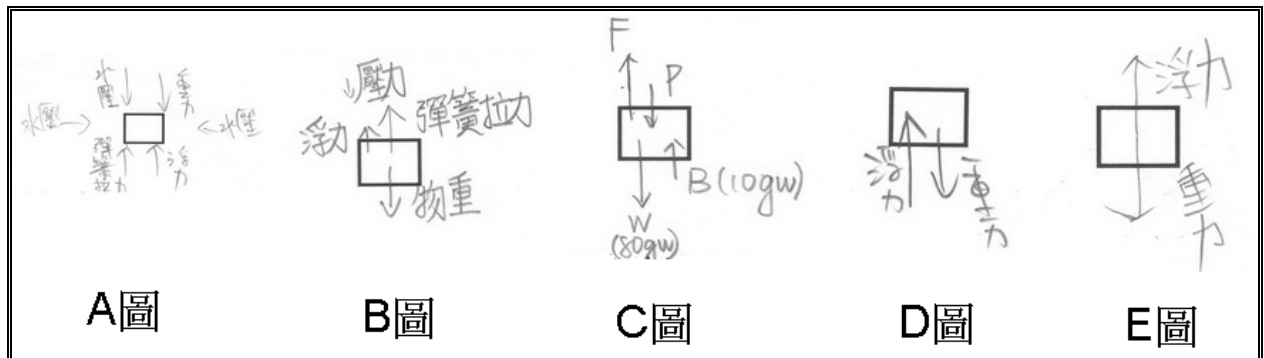


圖 4-2-14 辨識懸掛於彈簧的物體，在液體中較深處所受作用力之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出鐵塊所受重力（15 人，14.29%），僅畫出鐵塊所受浮力（11 人，10.48%），未畫出力圖及其他錯誤力圖（18 人，17.14%），其物體的力圖如圖 4-2-15 所示。

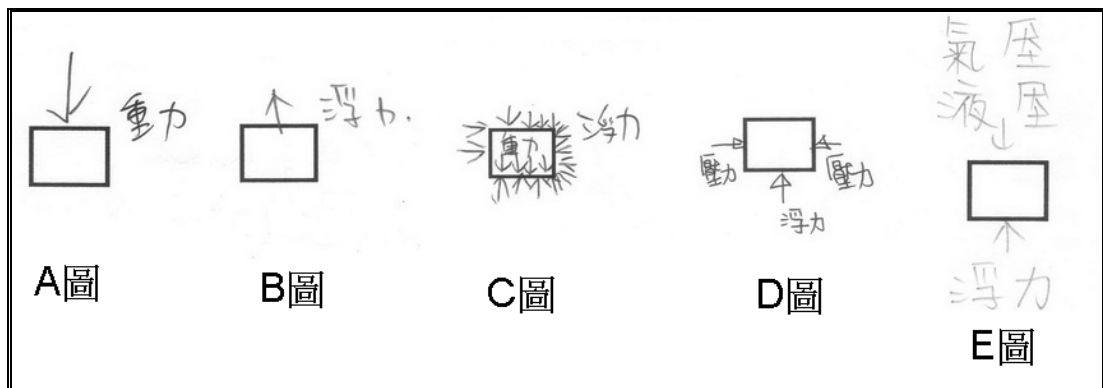
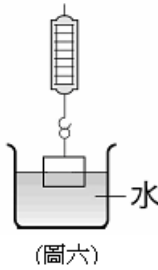
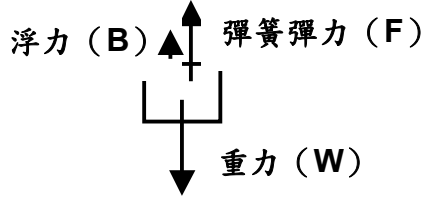


圖 4-2-15 辨識懸掛於彈簧的物體，在液體中較深處所受作用力之錯誤力圖

3. 懸掛於彈簧的鐵塊，一半體積沉入水中之作用力辨識

表 4-2-6 為題目 6-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-6 辨識懸掛於彈簧上物體一半體積沉入液體所受作用力之回答內容與統計

題號	6-1		
題目說明	若將鐵塊一半體積沒入水中（如圖六） 1. 請於下圖中畫出鐵塊在水中所受作用力， 並標示作用力的名稱或代號。		 (圖六)
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確（2 分）	部份正確（1 分）	完全錯誤（0 分）
人數（人）	33	28	44
百分比	31.43%	26.67%	41.9%

(1) 完全正確：

能正確畫出物體的力圖，並標示出重力、浮力與彈簧彈力的名稱或代號(33 人，31.43%)，其物體的力圖如圖 4-2-16 所示

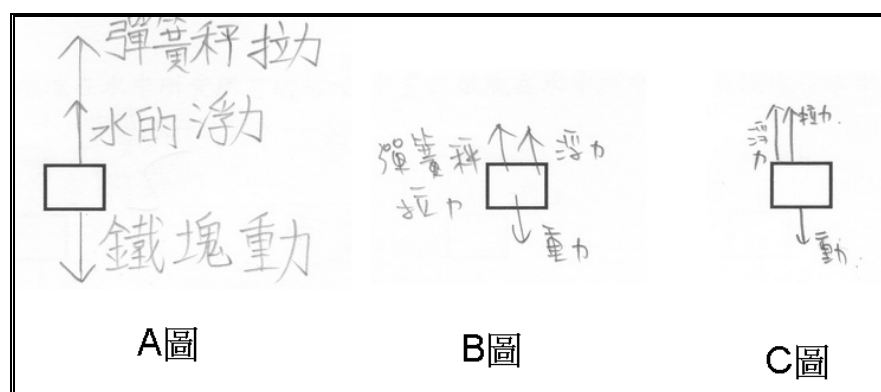


圖 4-2-16 辨識懸掛於彈簧的物體，一半體積沉入液體所受作用力之正確力圖

(2) 部份正確：

能畫出物體力圖，但多了大氣壓力(9 人，8.57%)，能畫出物體力圖，只標示出重力及浮力，未畫出彈簧彈力(19 人，18.10%)，其物體的力圖如圖 4-2-17 所示。

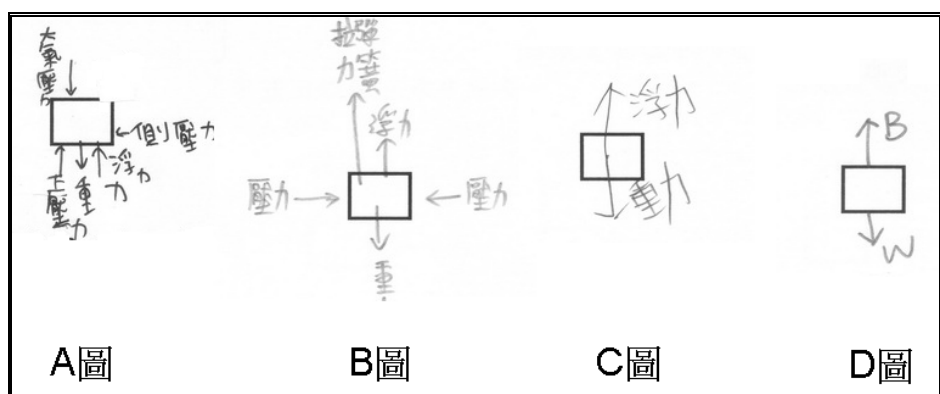


圖 4-2-17 辨識懸掛於彈簧的物體，一半體積沉入液體所受作用力之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出及標示重力 (15 人, 14.29%)，僅畫出及標示浮力 (11 人, 10.48%)，未畫出力圖及其他錯誤力圖 (18 人, 17.14%)，其物體的力圖如圖 4-2-18 所示。

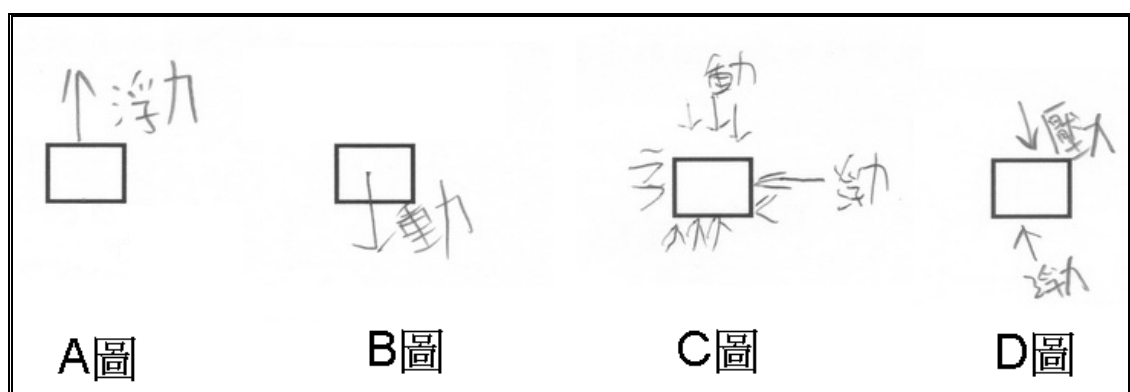


圖 4-2-18 辨識懸掛於彈簧的物體，一半體積沉入液體所受作用力之錯誤力圖

對於物體懸掛於彈簧的情境，約有 28% 的學生能正確找出物體所受的重力、浮力及彈簧彈力，而有約 9% 的學生誤將壓力視為一種作用力。而大約 40% 的學生僅能找出一種作用力或完全無法找出物體所受的作用力。

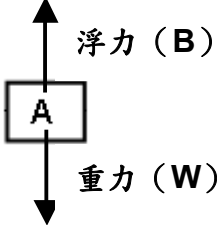
由上述的結果發現，仍有 9% 的學生誤將壓力視為一種作用力。此外部份學生僅能直覺物體所受的重力與浮力，而忽略了能讓物體形成力平衡狀態的其他作用力（如彈簧的彈力）。

(三) 辨識在兩種互不相溶液體中的物體所受作用力

1. 物體由浮於液面，加入另一液體轉變為浮於兩種液體間之作用力辨識

表 4-2-7 為題目 7-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-7 物體由浮於液面，加入另一液體轉變為浮於兩種液體間之作用力辨識回答
內容與統計

題號	7-1		
題目說明	將 A 物體放入水中，發現 A 物體浮於水面，若在容器中加入與水互不相溶的甲液體（密度：$0.6\text{g}/\text{cm}^3$），所得情形如（圖七） 1. 請於下圖中畫出 A 物體在水和甲液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。 		
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確（2 分）	部份正確（1 分）	完全錯誤（0 分）
人數（人）	37	19	49
百分比	35.24%	18.1%	46.67%

(1) 完全正確：

能正確畫出物體的力圖，並標示出重力和浮力的名稱或代號 (37 人，35.24%)，其物體的力圖如圖 4-2-19 所示

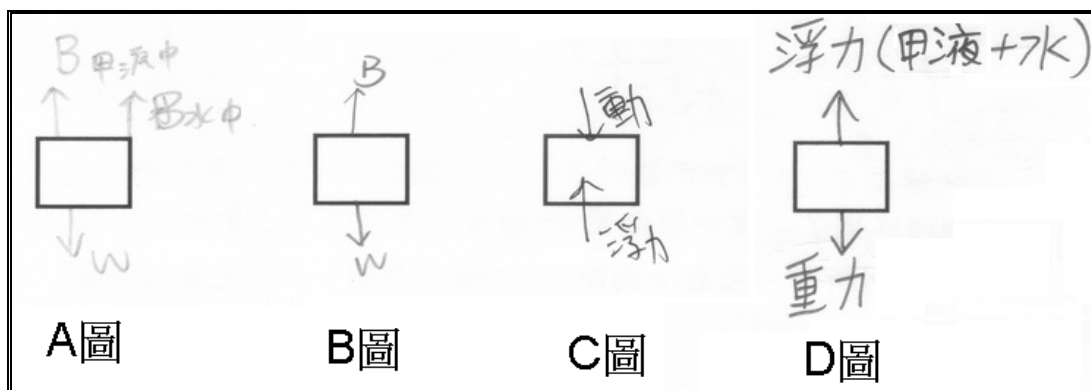


圖 4-2-19 辨識由浮於液面，轉變為浮於兩種液體間的物體所受作用力之正確力圖

(2) 部份正確：

能畫出物體力圖，但多了水壓（10 人，9.52%），能畫出物體的力圖，但多了甲液體的重力（9 人，8.57%），其物體的力圖如圖 4-2-20 所示。

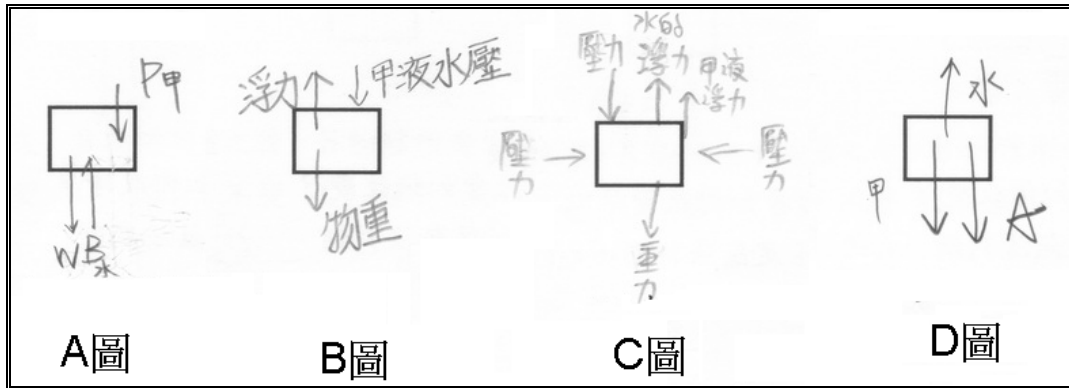


圖 4-2-20 辨識浮於液面，變為浮於兩種液體間的物體所受作用力之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出鐵塊所受重力（12 人，11.43%），僅畫出鐵塊所受浮力（17 人，16.19%），未畫出力圖及其他錯誤力圖（20 人，19.05%），其物體的力圖如圖 4-2-21 所示。

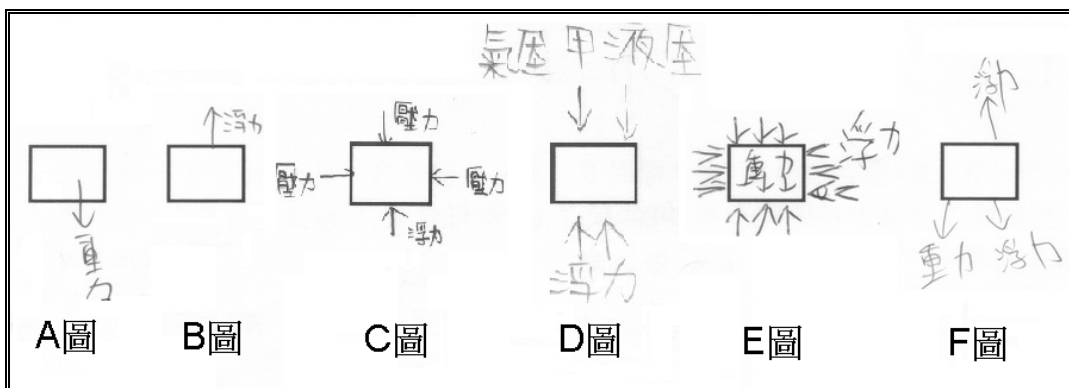
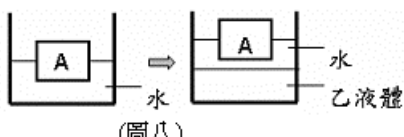
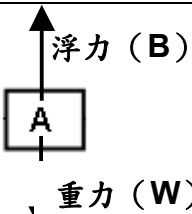


圖 4-2-21 辨識由浮於液面，轉變為浮於兩種液體間的物體所受作用力之錯誤力圖

2. 物體由浮於液面，加入另一液體仍浮於液面之作用力辨識

表 4-2-8 為題目 8-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-8 物體由浮於液面，加入另一液體仍浮於液面之作用力辨識回答內容與統計

題號	8-1		
題目說明	將 A 物體放入水中，發現 A 物體浮於水面，若在容器中加入與水互不相溶的乙液體（密度：$1.4\text{g}/\text{cm}^3$），所得情形如（圖八） 1. 請於下圖中畫出 A 物體在水和乙液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。  （圖八）		
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確（2 分）	部份正確（1 分）	完全錯誤（0 分）
人數（人）	51	12	42
百分比	48.57%	11.43%	40%

（1）完全正確：

能畫出物體的正確力圖，並標示出重力及浮力（51 人，48.57%），其物體的力圖如圖 4-2-22 所示

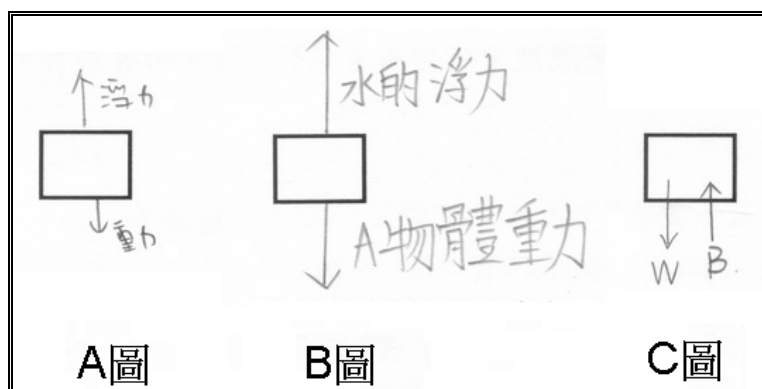


圖 4-2-22 辨識加入另一液體仍浮於液面之物體所受作用力之正確力圖

（2）部份正確：

能畫出物體力圖，但多了大氣壓力（12 人，11.43%），其物體的力圖如圖 4-2-23

所示。

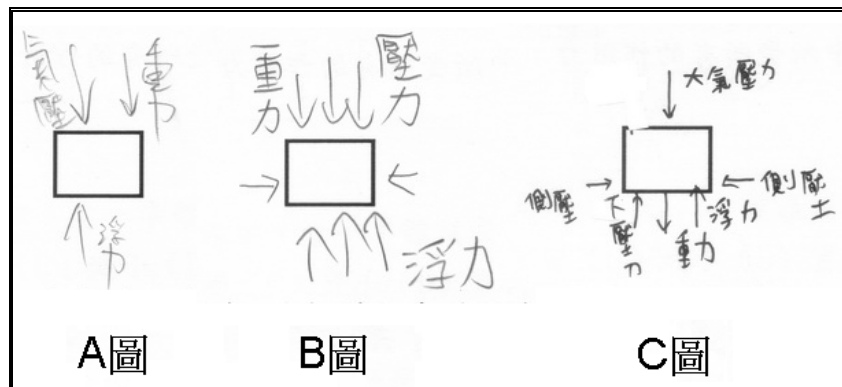


圖 4-2-23 辨識加入另一液體仍浮於液面之物體所受作用力之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出鐵塊所受重力 (8 人, 7.62%), 僅畫出鐵塊所受浮力 (14 人, 13.33%), 未畫出力圖及其他錯誤力圖 (20 人, 19.05%), 其物體的力圖如圖 4-2-24 所示。

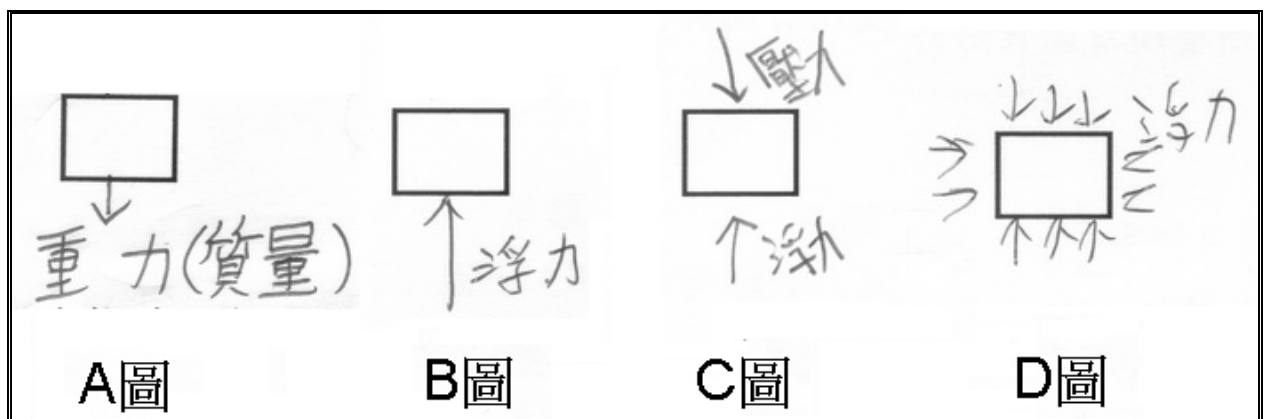
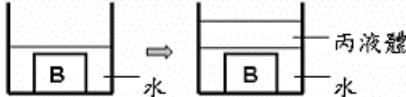
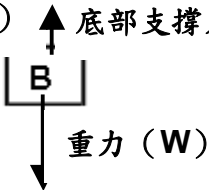


圖 4-2-24 辨識加入另一液體仍浮於液面之物體所受作用力之錯誤力圖

3. 物體由沉於液底，加入另一液體仍沉於液底之作用力辨識

表 4-2-9 為題目 9-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-9 物體由沉於液底，加入另一液體仍沉於液底之作用力辨識回答內容與統計

題號	9-1		
題目說明	將 B 物體放入水中，發現 B 物體沉於水底，若在容器中加入與水互不相溶的丙液體（密度：0.6g/cm^3），所得情形如（圖九） 1. 請於下圖中畫出 B 物體在水和丙液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。  （圖九）		
參考答案	浮力 (B) 底部支撐力 (N)  重力 (W)		
學生答題表現			
得分情形	完全正確（2 分）	部份正確（1 分）	完全錯誤（0 分）
人數（人）	10	44	51
百分比	9.52%	41.9%	48.57%

（1）完全正確：

正確畫出物體的力圖，並標示出重力、浮力及底部支撐力（10 人，9.52%），其物體的力圖如圖 4-2-25 所示

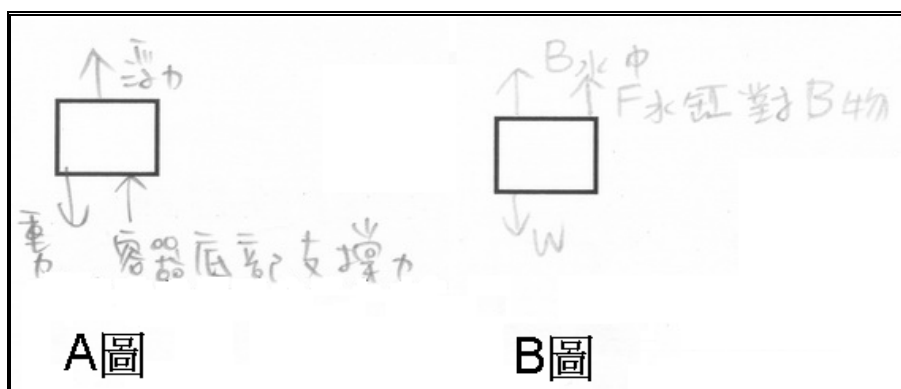


圖 4-2-25 辨識加入另一液體仍沉於液底之物體所受作用力之正確力圖

(2) 部份正確：

能畫出物體力圖，但多了丙液體的重力（9 人，8.57%），能畫出物體力圖，但多了水壓（12 人，11.43%），能畫出物體力圖，但少了底部支撐力（23 人，21.90%），其物體的力圖如圖 4-2-26 所示。

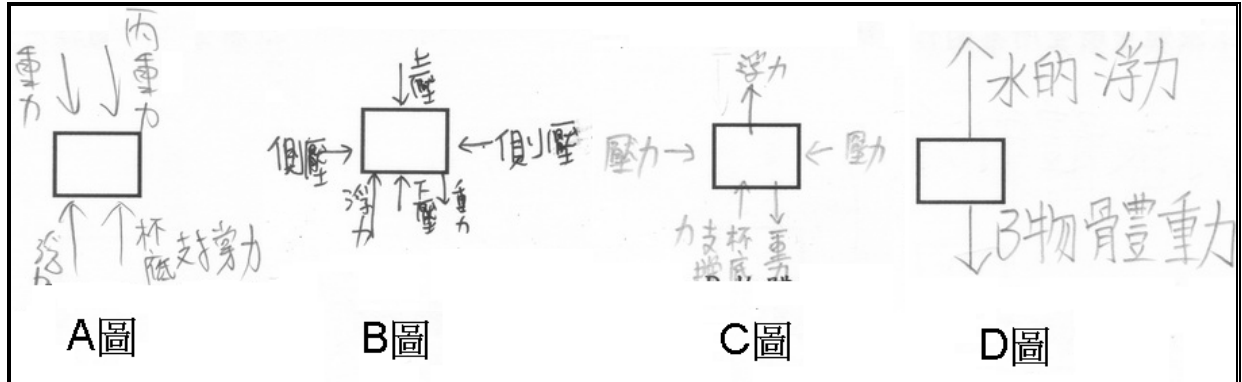


圖 4-2-26 辨識加入另一液體仍沉於液底之物體所受作用力之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出及標示重力（8 人，7.62%），僅畫出及標示浮力（16 人，15.24%），未畫出力圖及其他錯誤力圖（27 人，25.71%），其物體的力圖如圖 4-2-27 所示。

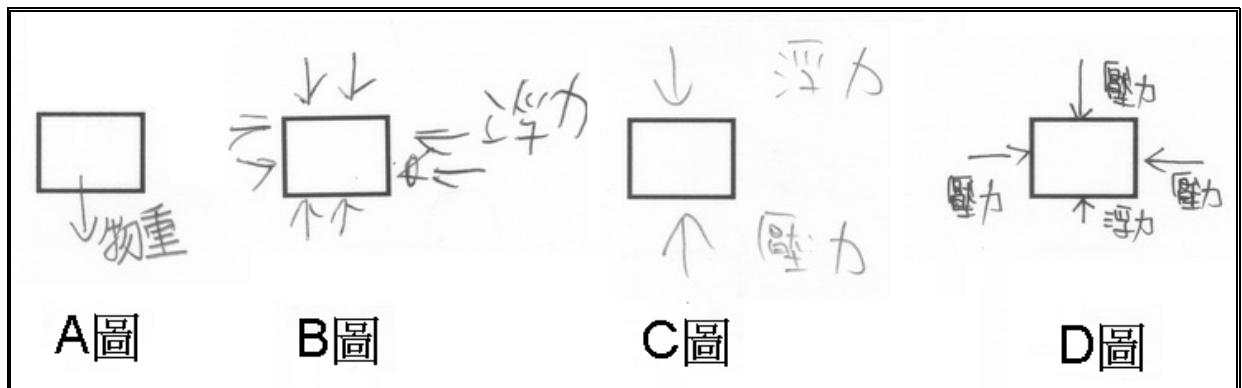
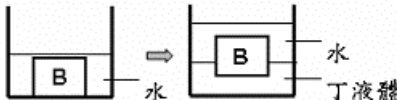
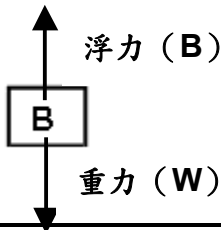


圖 4-2-27 辨識加入另一液體仍沉於液底之物體所受作用力之錯誤力圖

4. 物體由沉於液底，加入另一液體轉為浮於液體間之作用力辨識

表 4-2-10 為題目 10-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-10 物體由沉於液底，加入另一液體轉為浮於液體間之作用力辨識回答內容與統計

題號	10-1		
題目說明	將 B 物體放入水中，發現 B 物體沉於水底，若在容器中加入與水互不相溶的丁液體（密度：$1.4\text{g}/\text{cm}^3$），所得情形如(圖十) 1. 請於下圖中畫出 B 物體在水和丁液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。  (圖十)		
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確 (2 分)	部份正確 (1 分)	完全錯誤 (0 分)
人數 (人)	46	14	45
百分比	43.81%	13.33%	42.86%

(1) 完全正確：

能正確畫出物體的力圖，並標示出重力和浮力的名稱或代號 (46 人，43.81%)，其物體的力圖如圖 4-2-28 所示

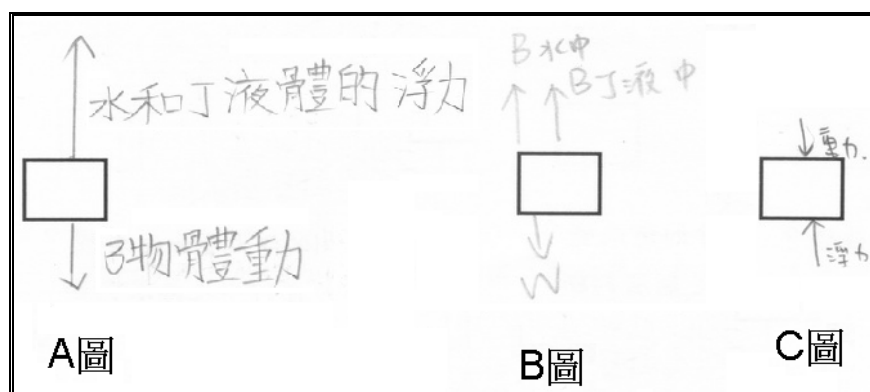


圖 4-2-28 辨識加入另一液體，由沉於液底變為浮於液體間之物體之正確力圖

(2) 部份正確：

能畫出物體力圖，但多了丁液體壓力（8 人，7.62%），能畫出物體力圖，但多了水壓（6 人，5.71%），其物體的力圖如圖 4-2-29 所示。

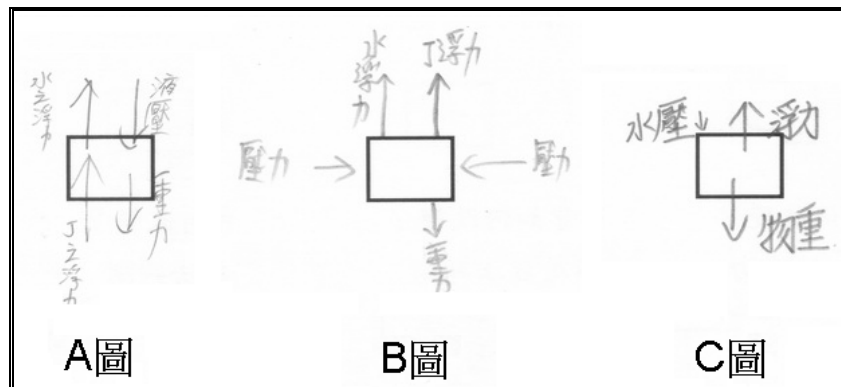


圖 4-2-29 辨識加入另一液體，由沉於液底變為浮於液體間之物體之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出及標示重力（7 人，6.67%），僅畫出及標示浮力（16 人，15.24%），未畫出力圖及其他錯誤力圖（22 人，20.95%），其物體的力圖如圖 4-2-30 所示。

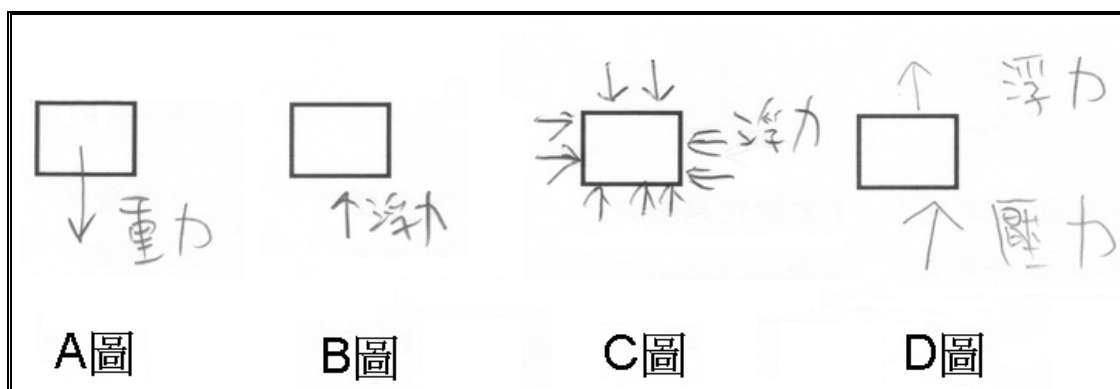


圖 4-2-30 辨識加入另一液體，由沉於液底變為浮於液體間之物體之錯誤力圖

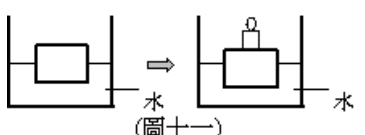
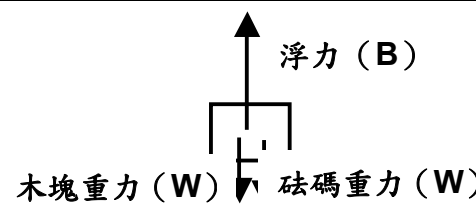
由上述的結果發現，約有 11% 的學生誤將壓力視為一種作用力。而約有 8% 的學生認為物體會受到上層液體的重力作用。此外部份學生僅能直覺物體所受的重力與浮力，而忽略了能讓物體形成力平衡狀態的其他作用力（如容器底部支撐力）。

(四) 辨識受其他外力作用物體所受作用力

1. 浮於液面之物體，受外力作用之作用力辨識

表 4-2-11 為題目 11-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-11 浮於液面之物體，受外力作用之作用力辨識回答內容與統計

題號	11-1		
題目說明	將一木塊放入水中，發現木塊浮於水面，若在木塊上方放置一砝碼後，木塊仍浮於水面（如圖十一） 1. 請於下圖中畫出放置砝碼後，木塊在水中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。  (圖十一)		
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確（2 分）	部份正確（1 分）	完全錯誤（0 分）
人數（人）	39	23	43
百分比	37.14%	21.9%	40.95%

(1) 完全正確：

能畫出木塊的正確力圖，並標示出重力、浮力及砝碼重力的名稱或代號(39 人，37.14%)，其物體的力圖如圖 4-2-31 所示

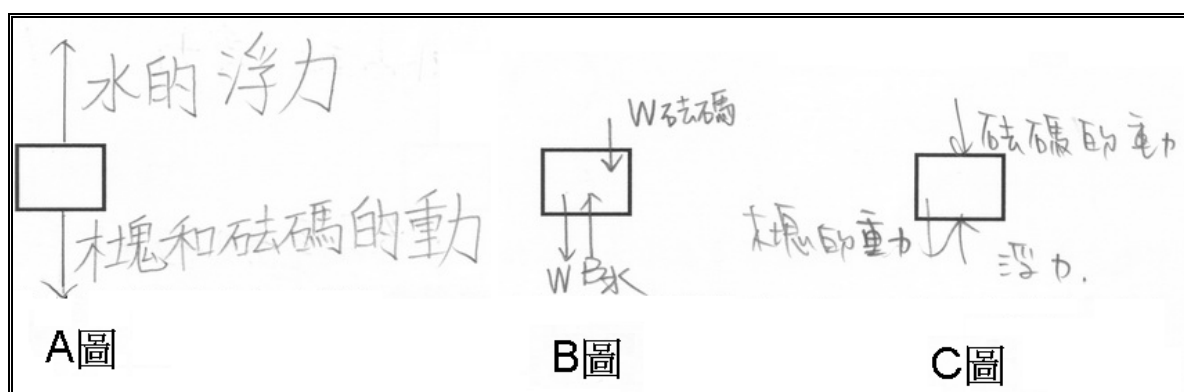


圖 4-2-31 辨識浮於液面，受外力作用的物體之正確力圖

(2) 部份正確：

能畫出木塊力圖，但多了大氣壓力（10 人，9.52%），能畫出木塊力圖，但多了水壓

(13 人，12.38%)，其物體的力圖如圖 4-2-32 所示。

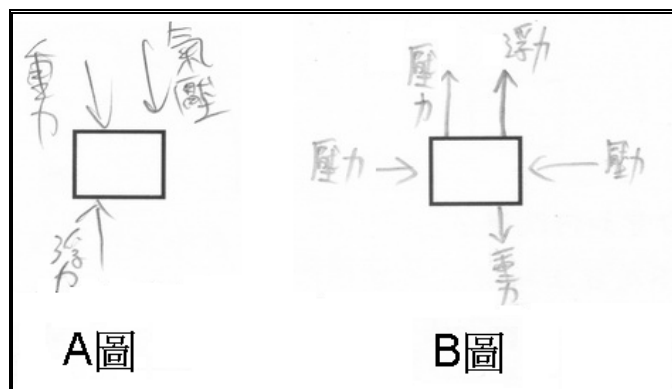


圖 4-2-32 辨識浮於液面，受外力作用的物體之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出及標示重力 (7 人，6.67%)，僅畫出及標示浮力 (16 人，15.24%)，未畫出力圖及其他錯誤力圖 (20 人，19.05%)，其物體的力圖如圖 4-2-33 所示。

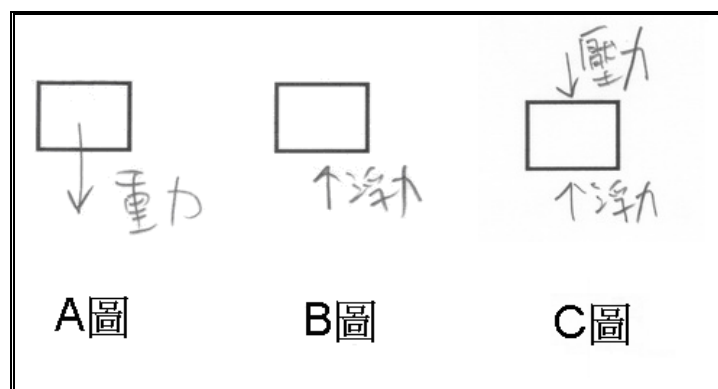
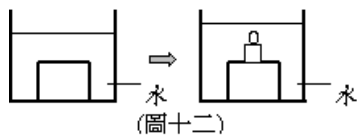
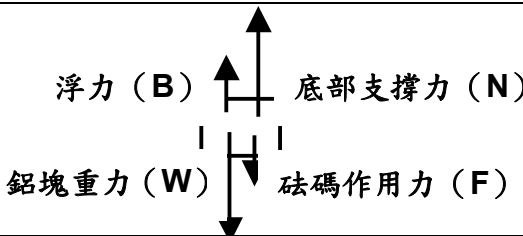


圖 4-2-33 辨識浮於液面，受外力作用的物體之錯誤力圖

2. 浮於液面之物體，受外力作用之作用力辨識

表 4-2-12 為題目 12-1 之題幹敘述、參考答案與學生答題表現之統計。

表 4-2-12 浮於液面之物體，受外力作用之作用力辨識回答內容與統計

題號	12-1		
題目說明	將一鋁塊放入水中，發現鋁塊沉於水底，若在鋁塊上方放置一砝碼後，鋁塊仍沉於水底（如圖十二） 1. 請於下圖中畫出放置砝碼後，鋁塊在水中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。 		
參考答案			
學生答題表現			
得分情形	完全正確（2 分）	部份正確（1 分）	完全錯誤（0 分）
人數（人）	9	35	61
百分比	8.57%	33.33%	58.1%

（1）完全正確：

能畫出鋁塊的正確力圖，並標示出鋁塊重力、浮力、砝碼作用力及底部支撐力的名稱或代號（9，8.57%），其物體的力圖如圖 4-2-34 所示

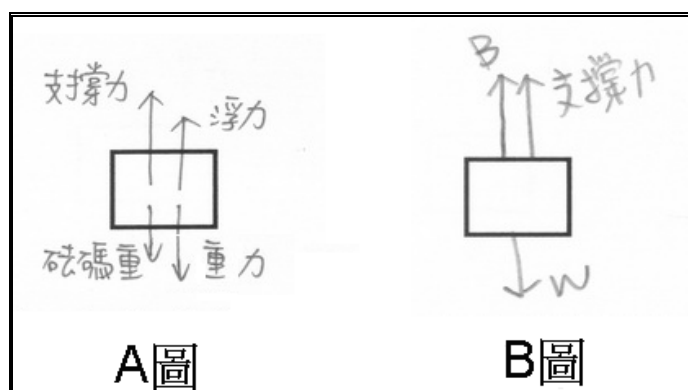


圖 4-2-34 辨識沉於液底，受外力作用的物體之正確力圖

（2）部份正確：

能畫出鋁塊力圖，但多了水壓（13 人，12.38%），能畫出及標示鋁塊重力、浮力、砝碼重力，但缺少底部支撐力（22 人，20.95%），其物體的力圖如圖 4-2-35 所示。

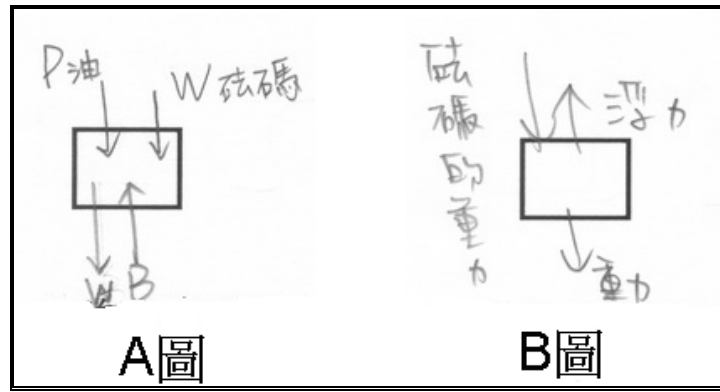


圖 4-2-35 辨識沉於液底，受外力作用的物體之部份正確力圖

(3) 完全錯誤：

僅畫出及標示重力 (30 人, 28.57%)，僅畫出及標示浮力 (11 人, 10.48%)，未畫出力圖及其他錯誤力圖 (20 人, 19.05%)，其物體的力圖如圖 4-2-36 所示。

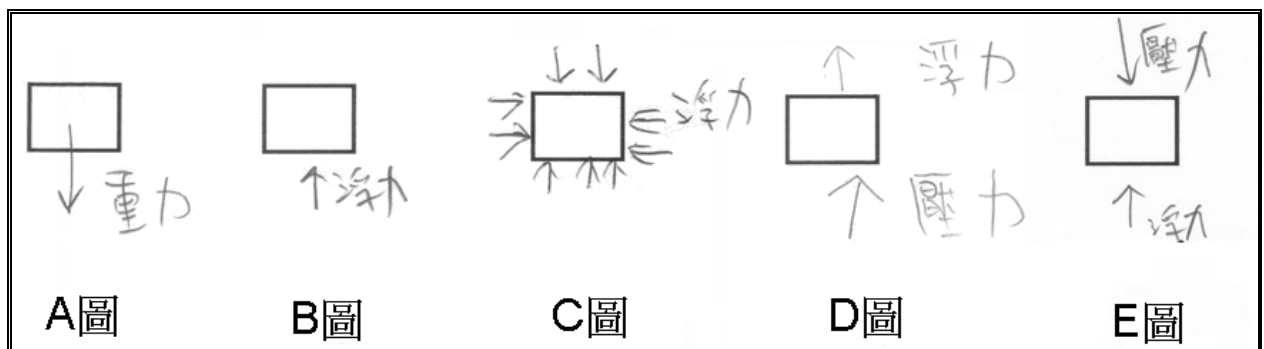


圖 4-2-36 辨識沉於液底，受外力作用的物體之錯誤力圖

由上述的結果發現，約有 20% 的學生誤將壓力視為一種作用力。而約有 21% 的學生則忽略了容器的支撐力。

二、學生在力平衡的表現

在本次的紙筆測驗中，每題均包含兩小題，第 2 小題為利用力平衡的概念，求出物體所受浮力的大小或判斷浮力的變化。共分為「在不同密度液體中的物體」、「懸掛於彈簧上的物體」、「在兩種互不相溶液體中的物體」以及「受外力作用的物體」

等四種情境，以瞭解學生力平衡概念的理解情形。

(一) 在不同密度液體中的物體力平衡概念應用

題本中和此概念相關的題目分別為 1-2、2-2、3-2 等三題，題目和學生回答的情形如表 4-2-13、4-2-14、4-2-15 所示：

表 4-2-13 物體浮於水面的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	1-2	
題目說明	將一個體積：100cm^3、質量：80g 的木球放入水中（水的密度：$1\text{g}/\text{cm}^3$），發現木球浮於水面（如圖一） 2. 在水中，木球所受的浮力大小為多少？ 我的答案：_____ gw；我的理由：_____	
參考答案	我的答案：_____ 80 _____ gw 我的理由：<u>因木球在水面維持靜止，表示達到靜力平衡，即合力為零。因此木球所受浮力等於木球向下的重力，故浮力為 80gw。</u>	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	39 人（37.14%）	■ 浮力為 80gw，並說明木球為力平衡狀態，故浮力等於重力（7 人，6.66%） ■ 浮力為 80gw，並說明木球為浮體，其浮力等於重力（32 人，30.48%）
部份正確 （2 分）	10 人（9.52%）	■ 僅說明木球為力平衡狀態（2 人，1.90%） ■ 僅說明木球為浮體（8 人，7.62%）
部份正確 （1 分）	18 人（17.14%）	■ 浮力為 80gw，無任何理由的說明（18 人，17.14%）
完全錯誤	38 人（36.19%）	■ 誤認為浮力 = 物體體積 $\times$ 液體密度 = $100 \times 1 = 100\text{gw}$（8 人，7.62%） ■ 僅將題目提供數字進行無意義四則運算或未作答（30 人，28.57%）

表 4-2-14 物體浮於食鹽水面的力平衡概念應用之回答內容與統計

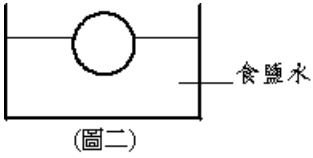
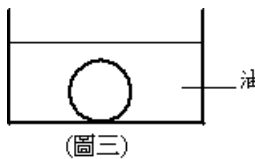
題號	2-2	
題目說明	若將木球改放入食鹽水中（食鹽水的密度：1.2g/cm^3），發現木球仍浮於液面（如圖二） 2. 將木球從水中改放入食鹽水中之後，木球所受到的浮力會如何改變？ （A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	 (圖二)
參考答案	我的答案： <u> B </u> 我的理由： <u> 因為木球放入食鹽水中之後仍浮於水面，為浮體。故木球所受的浮力等於向下的重力，仍然為 80gw。 </u>	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	30 人（28.57%）	■ 選 B，並說明木球為仍為平衡狀態，故浮力等於重力（4 人，3.81%） ■ 選 B，並說明木球仍為浮體，其浮力等於重力（26 人，24.76%）
部份正確	12 人（11.43%）	■ 選 B，僅說明木球為力平衡狀態（1 人，0.95%） ■ 選 B，僅說明木球為浮體（11 人，10.48%）
部份正確	16 人（15.24%）	■ 選 B，無任何理由的說明或理由錯誤（16 人，15.24%）
完全錯誤	47 人（44.76%）	■ 選 A，認為液體密度變大，浮力增加（20 人，19.05%） ■ 選 A、C 或 D，無說明理由（27 人，25.71%）

表 4-2-15 物體沉於油底的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	3-2	
題目說明	若將木球改放入油中（油的密度：0.6g/cm^3），發現木球沉於液體底部（如圖三） 2. 將木球從水中改放入油中之後，木球所受到的浮力會如何改變？ （A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	 (圖三)
參考答案	我的答案：_____ C _____ 我的理由：放入油中之後，木球所受浮力小於重力，沉至容器底部之後，才形成靜力平衡。（重力＝浮力＋底部支撐力）	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	34 人（32.38%）	■選 C，說明木球為平衡狀態，浮力＋支撐力＝重力，故浮力小於重力（4 人，3.81%） ■選 C，並說明木球浮力等於 $V_{\text{液下}} \times d_{\text{液}}$，浮力＝60gw（30 人，28.57%）
部份正確	13 人（12.38%）	■選 C，僅說明木球變為沉體（13 人，12.38%）
部份正確	42 人（40.00%）	■選 C，僅說明液體密度減小（17 人，16.19%） ■選 C，無任何理由的說明或理由錯誤（25 人，23.81%）
完全錯誤	16 人（15.24%）	■選 A，認為液面下的體積增加（4 人，3.81%） ■選 A、B、D 選項，無任何理由的說明或理由錯誤（12 人，11.43%）

在判斷浮於水面的木球所受的浮力（問題 1-2），約有 6.66% 的受測學生，利用力平衡概念，即木球所受的浮力和物體的重力形成平衡，求出木球在水中所受的浮力為 80gw。另有 30.48% 則利用浮體的浮力公式（ $B=W_{\text{物}}$ ），求出木球所受的浮力。

另外約有 26.66% 的學生，回答的理由並不完整，可能其科學概念為零碎的片段，而並沒有將力學概念統整成一個完整的系統。

在本題中，約有 7.62%認為木球所受的浮力 $B = V_{\text{物}} \times d_{\text{液}}$ ，主要是學生缺乏辨識物體為浮體或沉體的能力，以致誤用公式。

在判斷由浮於水面的物體，轉變成浮於食鹽水面的物體，其浮力變化的問題中（問題 2-2）。約有 3.81%的受測學生，利用力平衡概念，判斷木球所受的浮力和物體的重力形成平衡，因物體重力沒有改變所以浮力並未產生變化。另有 30.48%則利用浮體的浮力公式（ $B = W_{\text{物}}$ ），判斷出球所受的浮力仍等於物重，所以浮力並未改變。

此外約有 26.67%的學生，回答的理由並不完整，僅呈現部份的科學概念。

在本題中，約有 19.05%的學生，在判斷物體所受的浮力大小，仍直接使用公式，認為木球所受的浮力 $B = V_{\text{物}} \times d_{\text{液}}$ 。因為液體密度增加，所以物體的浮力也會增加，卻沒有考慮沉於液體中的體積發生變化，以至於誤認物體浮於食鹽水時所受的浮力較浮於水面為大。

在判斷由浮於水面的物體，轉變成沉於油底的物體，其浮力變化的問題中（問題 3-2）。約有 3.81%的受測學生，利用力平衡概念，判斷木球在油中所受的浮力，和物體的重力與容器支撐力形成平衡，因需要加入一個支撐力才能形成力平衡，所以浮力較原情境為小。另有 28.57%則利用沉體的浮力公式（ $B = V_{\text{液下}} \times d_{\text{液}}$ ），判斷出木球在油中所受的浮力為 60gw，所以浮力較木球浮於水面時（浮力為 80gw）減小。

此外約有 52.38%的學生，回答的理由並不完整，僅呈現部份的科學概念。

在本題中，約有 3.81%的學生，在判斷物體所受的浮力大小，仍直接使用公式，認為木球所受的浮力 $B = V_{\text{液下}} \times d_{\text{液}}$ 。因為物體在液面下體積增加，所以物體的浮力也會增加，卻沒有考慮液體的密度減小，以至於誤認物體沉於油底時所受的浮力較浮於水面為大。

小結：

1. 在不同密度的液體中，判斷物體所受浮力的大小。學生容易出現的誤用公式，以至於無法正確求出浮力的大小或判斷浮力的變化。
2. 由物體形成靜力平衡的觀點，能容易求出或判斷浮力的變化。但僅有少數的學生，能利用力平衡的概念解題。

(二) 懸掛於彈簧上的物體力平衡概念應用

題本中和此概念相關的題目分別為 4-2、5-2、6-2 等三題，題目和學生回答的情形如表 4-2-16、4-2-17、4-2-18 所示：

表 4-2-16 懸掛於彈簧上物體在液體中的力平衡概念應用之回答內容與統計

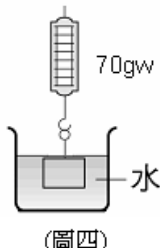
題號	4-2	
題目說明	在已經歸零的彈簧秤下方，掛上一個鐵塊，彈簧秤讀數為 80gw。若將鐵塊完全沒入水中(如圖四)，彈簧秤讀數變為 70gw 2. 鐵塊在水中所受的浮力大小為多少？ 我的答案：_____ gw；我的理由：_____ 	
參考答案	我的答案：_____ 10 _____ gw 我的理由：<u>當物體沒入水中之後形成平衡狀態，此時合力為零。故向下的重力等於向上的浮力加彈簧彈力，浮力＝重力－彈簧彈力＝10gw。</u>	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	31 人（29.52%）	■ 浮力為 10gw，說明鐵塊為平衡狀態，浮力＋彈力＝重力，故浮力等於重力－彈力＝10gw（31 人，29.52%）
部份正確	34 人（32.38%）	■ 浮力為 10gw，僅說明鐵塊浮力＝80-70＝10（gw）（34 人，32.38%）
部份正確	17 人（16.19%）	■ 浮力為 10gw，無任何理由的說明（17 人，16.19%）
完全錯誤	23 人（21.90%）	■ 無法算出木球的浮力（23 人，21.90%）

表 4-2-17 懸掛於彈簧上物體在液體中較深處的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	5-2	
題目說明	若將鐵塊繼續沉入水中（如圖五，但未接觸容器底部） 2. 當鐵塊在水中較深的位置，鐵塊所受的浮力有何改變？ （A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	
參考答案	我的答案：_____ B _____ 我的理由：_____ 在較深的位置，排開的液體重量並未改變，故所受浮力不變。 _____ _____（在較深的位置，液面下的體積並未改變，故所受浮力不變。）_____	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	29 人（27.62%）	■選 B，說明沉體的浮力＝液面下體積×液體密度，不受到深度的影響（23 人，21.90%） ■選 B，說明鐵塊所排開的水重並未改變（6 人，5.71%）
部份正確	15 人（14.29%）	■選 B，僅說明鐵塊仍為沉體（8 人，7.62%） ■選 B，僅說明液體密度不變（3 人，2.86%） ■選 B，僅說明鐵塊在液面下體積不變（4 人，3.81%）
部份正確	27 人（25.71%）	■選 B，無任何理由的說明或理由錯誤（27 人，25.71%）
完全錯誤	34 人（32.38%）	■選 A，鐵塊在水中的深度變大，水壓變大（13 人，12.38%） ■選 C，鐵塊在水中所受水壓變大，浮力則變小（4 人，3.81%） ■選 A、C、D，無任何理由的說明或理由錯誤（17 人，16.19%）

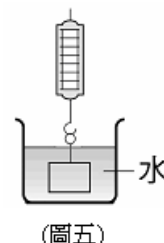
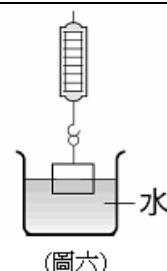


表 4-2-18 懸掛於彈簧物體一半體積沉入液體的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	6-2	
題目說明	若將鐵塊一半體積沒入水中（如圖六） 2. 相較於完全沉入水中，當鐵塊一半體積沒入水中時，鐵塊在水中所受的浮力有何改變？ （A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	
參考答案	我的答案：_____ C _____ 我的理由：_____ 因為物體沉入水中的體積減小，造成物體上下的壓力差變小，導致物體所受浮力減小。（或是物體的浮力等於排開的液體重，液面下體積越小，排開液體越少，所受浮力越小） _____	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	34 人（32.38%）	■ 選 C，說明沉體的浮力＝液面下體積×液體密度，因液面下體積減小，故浮力減小
部份正確	6 人（5.71%）	■ 選 C，僅說明沉體的浮力＝液面下體積×液體密度（6 人，5.71%）
部份正確	15 人（14.29%）	■ 選 C，認為鐵塊在水中的深度變小，水壓變小（5 人，4.76%） ■ 選 C，無任何理由的說明或其他錯誤理由（10 人，14.29%）
完全錯誤	50 人（47.62%）	■ 選 A，誤以為物體為浮體（22 人，20.95%） ■ 選 A、B、D，無任何理由的說明或理由錯誤（28 人，26.67%）



在判斷懸掛於彈簧且完全沒入水中的鐵塊所受的浮力（問題 4-2），約有 29.52% 的受測學生，利用力平衡概念，即鐵塊所受的浮力與彈簧彈力，和物體的重力形成平衡，求出鐵塊在水中所受的浮力為 10gw。

另外約有 48.57% 的學生，回答的理由並不完整，可能其科學概念為零碎的片段，而並沒有將力學概念統整成一個完整的系統。

在判斷懸掛於彈簧的物體，其完全沒入水中而深度改變時，其浮力變化的問題中（問題 5-2）。約有 27.62% 的受測學生，能瞭解鐵塊在水中的深度改變，並沒有

改變物體沉入水中的體積，所以浮力並未產生變化。

此外約有 40% 的學生，回答的理由並不完整，僅呈現部份的科學概念。

在判斷懸掛於彈簧的物體，由完全沒入水中轉變成而一半體積沉於水中時，其浮力變化的問題中（問題 6-2）。約有 32.38% 的受測學生，利用沉體的浮力公式（ $B = V_{\text{液下}} \times d_{\text{液}}$ ），判斷出鐵塊在水中的體積減少，所以浮力較完全沉入水中時的浮力較小。

此外約有 20% 的學生，回答的理由並不完整，僅呈現部份的科學概念。

在本題中，約有 20.95% 的學生，誤認物體的浮沉情況為浮體，以致認為鐵塊所受的浮力增加。

小結：

1. 在懸掛於彈簧，判斷物體在液體中不同位置所受浮力的大小的問題情境中。
部份學生能瞭解到物體所受的浮力，和物體在液面下的體積有關。
2. 部份學生利用直觀的角度，即物體所在的位置判斷物體的浮沉，以至於無法正確判斷物體的浮沉情況。

（三）在兩種互不相溶液體中的物體力平衡概念應用

題本中和此概念相關的題目分別為 7-2、8-2、9-2、10-2 等四題，題目和學生回答的情形如表 4-2-19、4-2-20、4-2-21、4-2-22 所示：

表 4-2-19 物體由浮於液面，加入另一液體轉變為浮於兩種液體間的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	7-2	
題目說明	將 A 物體放入水中，發現 A 物體浮於水面，若在容器中加入與水互不相溶的甲液體（密度：0.6g/cm^3），所得情形如（圖七） 2. 在加入甲液體之後，A 物體所受到的浮力會如何改變？ （A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	
參考答案	我的答案：_____ B _____ 我的理由：_____ 因為在加入甲液體之後，物體靜止於液面下的位置（浮體），僅受向下重力和向上浮力作用。其浮力仍等於物體重，故浮力並未改變。 _____	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	10 人（9.52%）	■ 選 B，說明物體呈力平衡，故向上浮力等於向下重力（3 人，2.86%） ■ 選 B，說明物體仍為浮體，浮力等於物體受重力（7 人，6.67%）
部份正確	6 人（5.71%）	■ 選 B，僅說明物體仍為浮體（6 人，5.71%）
部份正確	37 人（35.24%）	■ 選 B，無任何理由的說明或理由錯誤（37 人，35.24%）
完全錯誤	52 人（49.52%）	■ 選 A，因為增加了在甲液體中的體積，所以浮力變大（11 人，10.48%） ■ 選 C，因為物體由浮體變為沉體，故浮力減小（7 人，6.67%） ■ 選 C，因為浮力減小，造成物體在液體中的位置變低（6 人，5.71%） ■ 選 A、C、D，無任何理由的說明或理由錯誤（28 人，26.67%）

表 4-2-20 物體由浮於液面，加入另一液體仍浮於液面的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	8-2	
題目說明	將 A 物體放入水中，發現 A 物體浮於水面，若在容器中加入與水互不相溶的乙液體（密度：1.4g/cm^3），所得情形如（圖八） 2. 在加入乙液體之後，A 物體所受到的浮力會如何改變？ （A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	
參考答案	我的答案：_____ B _____ 我的理由：<u>因為在加入乙液體前後，物體皆為浮體。其浮力皆等於物體重力，故浮力並未改變。</u>	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	19 人（18.10%）	■ 選 B，說明物體呈力平衡，故向上浮力等於向下重力（2 人，1.90%） ■ 選 B，說明物體仍為浮體，浮力等於物體受重力（8 人，7.62%） ■ 選 B，說明物體仍在水中，且水面下的體積並未改變（9 人，8.57%）
部份正確	26 人（24.76%）	■ 選 B，僅說明物體仍為浮體（16 人，15.24%） ■ 選 B，僅說明物體體積不變（4 人，3.81%） ■ 選 B，僅說明物體質量不變（6 人，5.71%）
部份正確	26 人（24.76%）	■ 選 B，僅說明物體未接觸乙液體（10 人，9.52%） ■ 選 B，無任何理由的說明或理由錯誤（16 人，15.24%）
完全錯誤	34 人（32.38%）	■ 選 A，認為多了乙液體的浮力（11 人，10.48%） ■ 選 A，認為物體上升的位置離底部更高（6 人，5.71%） ■ 選 A、C、D，無任何理由的說明或理由錯誤（17 人，16.19%）

表 4-2-21 物體由沉於液底，加入另一液體仍沉於液底的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	9-2	
題目說明	將 B 物體放入水中，發現 B 物體沉於水底，若在容器中加入與水互不相溶的丙液體（密度：0.6g/cm^3），所得情形如(圖九) 2. 在加入丙液體之後，B 物體所受到的浮力會如何改變？ (A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	
參考答案	我的答案：_____ B _____ 我的理由：_____ 因為物體浮沉情況並未改變，且排開液體的重量也並未改變，故浮力不變。 _____	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	21 人（20.00%）	■ 選 B，說明物體仍在水中，且水面下的體積並未改變（21 人，20.00%）
部份正確	25 人（23.81%）	■ 選 B，僅說明物體仍為沉體（16 人，15.24 人） ■ 選 B，僅說明物體體積並未改變（9 人，8.57%）
部份正確	33 人（31.43%）	■ 選 B，僅說明物體物接觸丙液體（12 人，11.43%） ■ 選 B，無任何理由的說明或理由錯誤（21 人，20.00%）
完全錯誤	26 人（24.76%）	■ 選 A，認為多了丙液體的浮力（8 人，7.62%） ■ 選 C，認為丙液體的密度較小，提供的浮力亦較小（3 人，2.86%） ■ 選 A、C、D，無任何理由的說明或其他理由錯誤（15 人，14.29%）

表 4-2-22 物體由沉於液底，加入另一液體轉為浮於液體間的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	10-2	
題目說明	將 B 物體放入水中，發現 B 物體沉於水底，若在容器中加入與水互不相溶的丁液體（密度：1.4g/cm^3），所得情形如(圖十) 2. 在加入丁液體之後，B 物體所受到的浮力會如何改變？ (A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	
參考答案	我的答案： <u> A </u> 我的理由：<u>因為在加入丁液體之後，物體由沉體變為靜止於液面下的位置(浮體)。從原先浮力小於重力變為等於重力，故浮力增加。</u>	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	16 人 (15.24%)	■ 選 A，說明物體由沉體（浮力 < 重力）變為浮體（浮力 = 重力），故浮力增加（10 人，9.52%） ■ 選 A，說明物體液面下體積不變，但丁液體密度較大，會增加物體的浮力（6 人，5.71%）
部份正確	12 人 (11.43%)	■ 選 A，僅說明物體變為浮體（12 人，11.43%）
部份正確	45 人 (42.86%)	■ 選 A，僅說明液體密度變大（17 人，16.19%） ■ 選 A，僅說明物體在液體中的位置上升（16 人，15.24%） ■ 選 A，未說明理由或其他錯誤理由（12 人，11.43%）
完全錯誤	32 人 (30.48%)	■ 選 B，認為物體的體積不變（6 人，5.71%） ■ 選 B，認為物體仍為沉體（11 人，10.48%） ■ 選 B、C、D，無任何理由的說明或其他理由錯誤（15 人，14.29%）

在判斷位於兩種互不相溶的液體中物體所受的浮力，當物體由浮於液面，轉變成位於兩種液體之間時（問題 7-2），僅有 2.86% 的受測學生，利用力平衡概念，

判斷物體在兩種液體之間時，物體的重力與浮力仍形成平衡，所以浮力並未較原先情況有所改變。而約 6.67% 的受測學生，則判斷物體仍為浮體，其浮力仍等於物體重量，進而判斷浮力並未改變。

約有 40.95% 的學生，回答的理由並不完整或缺乏理由。

另外，有 10.48% 的學生認為物體在液面之下的體積增加，而浮力 $B = V_{\text{液下}} \times d_{\text{液}}$ ，所以物體所受浮力增加。這表示學生並沒有完全掌握影響浮力的因素，只考慮體積的變化，卻忽略液體密度的影響。而有 6.67% 無法定義物體的浮沉，將物體誤判為沉體，進而選擇浮力減小的選項。另有 5.71% 的學生仍以直觀方式判斷物體的浮力，認為物體從液體表面轉為位於兩種液體之間，是因為浮力減小才會造成物體下沉。

在物體由浮於液體表面，在加入另一種互不相溶的液體之後，仍浮於原液體表面的情境（問題 8-2）。1.90% 的受測學生，利用力平衡概念，判斷物體的重力與浮力形成平衡，所以浮力並未改變。有 7.62% 的學生，判斷物體仍為浮體，其浮力仍等於物體重量，所以浮力並未改變。而有 8.57% 的學生，認為物體在液面之下的體積和液體密度皆未改變，所以物體所受浮力不變。

約有 54.29% 的學生，回答的理由並不完整或缺乏理由。

此外，有 10.48% 學生認為，在加入乙液體之後，物體會受到乙液體的浮力作用導致所受的浮力增加。而 5.71% 的學生以直觀方式判斷物體的浮力，認為在加入乙液體之後，物體離容器底部更遠了，是因為浮力增加才會造成物體上升。

物體原先沉於液體底部，在加入另一種互不相溶的丙液體之後，仍沉於原液體底部的情境（問題 9-2）。有 20.00% 認為物體在液面之下的體積和液體密度皆未改變，所以物體所受浮力不變。

約有 55.24% 的學生，回答的理由並不完整或缺乏理由。

此外，有 7.62% 的學生，認為在加入丙液體之後，物體會受到丙液體的浮力，以至於整體的浮力增加。而 2.86% 的學生則認為，加入密度較小的丙液體，所能提供的浮力較原先為小。

物體原先沉於液體底部，在加入另一種互不相溶的丁液體之後，轉為浮於原液體和丁液體之間的情境（問題 10-2）。有 9.52% 的學生認為，物體由沉體（浮力 < 重力）變為浮體（浮力 = 重力），故浮力增加。而有 5.71% 的學生認為，物體液面下體積不變，但丁液體密度較大，會增加物體的浮力。

約有 55.24% 的學生，回答的理由並不完整或缺乏理由。

此外，有 5.71% 的學生，認為在加入丁液體之後，物體在液面之下的體積並未改變，但忽略液體密度的變化，所以認為浮力不變。而 10.48% 的學生則缺乏辨識物體浮沉的概念，以至於認為加入丁液體之後物體仍為沉體，所以浮力不變。

小結：

1. 當物體在兩種互不相溶的液體中不同的浮沉情況，判斷物體所受浮力大小變化的問題情境中。部份學生利用直觀的角度，由物體所在的位置判斷物體的浮沉，以至於無法正確判斷物體的浮沉情況。
2. 部份學生認為，當物體所受的浮力增加，會造成物體位置上升，因此會離容器底部較遠。而離容器底部較近時，則意謂物體所受的浮力減小。
3. 部份學生僅能考慮影響浮力的一個因素，而忽略另一個因素。以致在判斷浮力變化時出現錯誤的結果。

（四）受外力作用的物體力平衡概念應用

題本中和此概念相關的題目分別為 11-2、12-2 等兩題，題目和學生回答的情

形如表 4-2-23、4-2-24 所示：

表 4-2-23 浮於液面之物體，受外力作用的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	11-2	
題目說明	將一木塊放入水中，發現木塊浮於水面，若在木塊上方放置一砝碼後，木塊仍浮於水面（如圖十一） 2. 在放置砝碼之後，木塊所受的浮力有何改變？ （A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	
參考答案	我的答案：_____ A _____ 我的理由：_____ 原先木塊所受浮力等於木塊重量，在放上砝碼之後，木塊所受浮力為木塊重力加上砝碼重力，故浮力增加。（放上砝碼之後，木塊所排開的液體重量增加，故所受浮力變大） _____	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	37 人（35.24%）	■選 A，說明木塊呈力平衡，故浮力等於重力，因重力增加則浮力也會增加（14 人，13.33%） ■選 A，因為放上砝碼後木塊在水中的體積增加，故浮力增加（23 人，21.90%）
部份正確	7 人（6.67%）	■選 A，僅說明木塊仍為浮體（7 人，6.67%）
部份正確	13 人（12.38%）	■選 A，因為多了砝碼（4 人，3.81%） ■選 A，無任何理由的說明（9 人，8.57%）
完全錯誤	48 人（45.71%）	■選 B，物體仍為浮體，浮力等於物體重量（15 人，14.29%） ■選 C，因為浮力減小，造成物體下沉（13 人，12.38%） ■選 B、C、D，無任何理由的說明或其他理由錯誤（20 人，19.05%）

表 4-2-24 浮於液面之物體，受外力作用的力平衡概念應用之回答內容與統計

題號	12-2	
題目說明	將一鉛塊放入水中，發現鉛塊沉於水底，若在鉛塊上方放置一砝碼後，鉛塊仍沉於水底（如圖十二） 2. 在放置砝碼之後，鉛塊所受的浮力有何改變？ （A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷 我的答案：_____；我的理由：_____	
參考答案	我的答案：_____ B _____ 我的理由：_____ 在放上砝碼之後，鉛塊的浮沉情況並未改變，且排開的液體重量並未改變，故所受浮力並未改變。 _____	
得分情形	回答人數及百分比	學生回答主要概念（人數，百分比）
完全正確	25 人（23.81%）	■選 B，說明物體仍在水中，且液面下的體積並未改變（25 人，23.81%）
部份正確	22 人（20.95%）	■選 B，僅說明物體仍為沉體（22 人，20.95%）
部份正確	28 人（26.67%）	■選 B，無任何理由的說明（28 人，26.67%）
完全錯誤	30 人（28.57%）	■選 A，鉛塊所受重力增加，故浮力增加（12 人，11.43%） ■選 A，鉛塊的體積增加，故浮力增加（10 人，9.52%） ■選 A、C、D，無任何理由的說明或其他理由錯誤（8 人，7.62%）

當物體在液體中，受其他外力作用的情境中。物體原為浮體，受其他外力作用之後轉變為沉體（問題 11-2），有 13.33% 的學生能利用力平衡的概念，判斷放上砝碼之後，浮力會和木塊本身的重力加上碼碼的重力形成平衡，所以浮力增加。而有 21.90% 的學生則認為，放上砝碼之後，木塊在液體的體積會增加，所以木塊所受的浮力也會增加。

19.05% 的學生，回答的理由並不完整或缺乏理由。

此外，有 14.29% 的學生則認為，在放上砝碼之後木塊仍為浮體，而浮體的浮力公式則為浮力 $B=W_{物}$ ，所以浮力並未改變。而此可知，在學習理化概念時，許多學生只是死背公式，而未瞭解公式中，每一個符號所代表的意義。而 12.38% 的學生則認為，在放上砝碼之後木塊雖仍為浮體，但在液體當中的位置下沉，是因為浮力減小的因素。

物體原為沉體，放上砝碼之後仍為沉體的情境（問題 12-2）。有 23.81% 的學生認為鋁塊在液面之下的體積並未改變，且液體密度也未發生改變，所以鋁塊所受的浮力並未改變。

47.62% 的學生，回答的理由並不完整或缺乏理由。

而有 11.43% 的學生，缺乏容器支撐力的概念，認為鋁塊受到砝碼重力的作用，所以鋁塊所受的浮力以會增加。另有 9.52% 的學生，將砝碼與鋁塊視為同一物體，當鋁塊的體積增加時，則所受到的浮力也會增加。

小結：

1. 當物體在液體中，受其他外力作用的情境中，部份學生並未瞭解公式的意義，誤認為浮體的浮力一定會等於物體的物重。
2. 當物體受其他外力作用時，因缺乏力平衡的概念，無法根據條件而調整。部份的學生，則以直觀的方式判斷浮力大小，當浮力增加物體則會上升，浮力減小時物體則會下降。
3. 部份學生缺乏辨識作用力的能力，造成認為沉體受其他物體重力作用時，浮力則會因此增加。

第三節 學生在作用力辨識與力平衡應用的相關分析

本節將探討學生在浮力情境中，辨識作用力的答題表現與學生在力平衡應用的答題表現，以分析學生在浮力情境中，能辨識作用力與力平衡應用的相關性。

一、在不同的單一密度液體中，物體作用力辨識與力平衡答題表現之分析

與此情境有關的題目為第一、二、三共三題，將學生在此三題中，辨識作用力的得分人數與概念應用的得分人數統計後，如表 4-3-1 所示。

表 4-3-1 單一密度液體，學生在作用力辨識與力平衡應用之相關答題表現

題號		第一題				第二題				第三題			
向度	得分	辨識作用力			平均 得分	辨識作用力			平均 得分	辨識作用力			平均 得分
		2 分	1 分	0 分		2 分	1 分	0 分		2 分	1 分	0 分	
概念 應用	3 分	31	5	3	1.72	25	3	2	1.77	11	19	4	1.21
	2 分	8	1	1	1.70	7	4	1	1.50	1	11	1	1.00
	1 分	7	3	8	0.94	4	1	11	0.56	0	15	27	0.36
	0 分	13	2	23	0.74	22	3	22	1.00	1	1	14	0.19
平均 得分		1.97	1.82	0.54		1.60	1.64	0.53		2.69	2.04	0.89	

(一) 在力平衡概念應用方面

第一題中，能利用浮力概念計算出物體浮力並說明正確理由的學生共有 39 人。其中能掌握作用力種類的學生有 31 人，而無法辨識作用力的學生則有 3 人。第二題中，能利用浮力概念計算出物體浮力並說明正確理由的學生共有 30 人。其中能

掌握作用力種類的學生有 25 人，而無法辨識作用力的學生則有 2 人。第三題中，能利用浮力概念計算出物體浮力並說明正確理由的學生共有 34 人。其中能掌握作用力種類的學生有 11 人，而無法辨識作用力的學生則有 4 人。

除了第三題中，許多學生未能畫出容器的支撐力，以至於在概念應用得高分的人數較少。其餘兩題，在概念應用能得高分的學生之中，能掌握作用力種類的學生約占整體人數的 80%。表示學生在利用力平衡概念計算物體浮力之前，必須先掌握辨識物體所受作用力的能力。

（二）是否掌握辨識物體作用力的答題表現

在第一題中，能掌握物體作用力的學生，在利用力平衡的概念計算物體浮力的表現方面，其平均得分為 1.97，而無法辨識物體作用力的學生平均得分 0.54。在第二題中，在利用力平衡的概念判斷物體浮力變化的表現方面，掌握物體作用力的學生其平均得分為 1.60，未能掌握辨識物體作用力的學生平均得分則為 0.53。在第三題中，能辨識物體作用力的學生，在利用力平衡的概念判斷物體浮力變化的表現方面，其平均得分為 2.69，而未能掌握物體作用力的學生平均得分則為 0.89。

由以上結果得知，學生能掌握作用力的種類，在計算物體浮力以及判斷物體浮力變化方面，表現皆比未能掌握作用力種類的學生為佳。

二、懸掛於彈簧的物體，在液體中不同位置，作用力辨識與力平衡答題表現之分析

與此情境有關的題目為第四、五、六共三題，將學生在此三題中，辨識作用力的得分人數與概念應用的得分人數統計後，如表 4-3-2 所示。

表 4-3-2 懸掛彈簧的物體，作用力辨識與力平衡應用之相關答題表現

題號		第四題				第五題				第六題			
向度 得分		掌握作用力			平均 得分	掌握作用力			平均 得分	掌握作用力			平均 得分
		2 分	1 分	0 分		2 分	1 分	0 分		2 分	1 分	0 分	
概念 應用	3 分	17	12	2	1.48	12	13	4	1.28	22	10	2	1.59
	2 分	9	13	12	0.91	7	8	0	1.47	1	4	1	1.00
	1 分	3	3	11	0.53	6	3	18	0.56	1	2	12	0.27
	0 分	0	3	20	0.13	3	9	22	0.44	9	12	19	0.75
平均 得分		2.48	2.10	0.91		2.00	1.76	0.68		2.09	1.43	0.59	

（一）在力平衡概念應用方面

第四題中，能利用浮力概念計算出物體浮力並說明正確理由的學生共有 31 人。其中能掌握作用力種類的學生有 17 人，而無法辨識作用力的學生則有 2 人。第五題中，能利用力平衡判斷物體浮力變化並說明正確理由的學生共有 29 人。其中能掌握作用力種類的學生有 12 人，而無法辨識作用力的學生則有 4 人。第六題中，能利用力平衡判斷物體浮力變化並說明正確理由的學生共有 34 人。其中能掌握作用力種類的學生有 22 人，而無法辨識作用力的學生則有 2 人。

在此情境中，多數學生未能畫出彈簧的彈力，或誤將水壓視為一種作用力，因此在此概念應用獲得 3 分的人數中，掌握作用力獲得 2 分和獲得 1 分的學生人數差異不大，但仍大幅超過獲得 0 分的人數。表示學生在利用力平衡概念計算物體浮力及判斷浮力變化之前，必須先掌握辨識物體所受作用力的能力。

（二）是否具備辨識物體作用力的答題表現

在第四題中，能掌握物體作用力的學生，在利用力平衡的概念計算物體浮力的表現方面，其平均得分為 2.48，而無法辨識物體作用力的學生平均得分 0.91。在第五題中，在利用力平衡的概念判斷物體浮力變化的表現方面，掌握物體作用力的

學生其平均得分為 2.00，未能掌握辨識物體作用力的學生平均得分則為 0.68。在第六題中，能辨識物體作用力的學生，在利用力平衡的概念判斷物體浮力變化的表現方面，其平均得分為 2.09，而未能掌握物體作用力的學生平均得分則為 0.59。

由以上結果得知，在懸掛於彈簧的情境中，學生能掌握作用力的種類，在計算物體浮力以及判斷物體浮力變化方面，表現皆比未能掌握作用力種類的學生為佳。

三、在兩種互不相溶的液體中，作用力辨識與力平衡答題表現之分析

與此情境有關的題目為第七、八、九、十共四題，將學生在此四題中，辨識作用力的得分人數與概念應用的得分人數統計後，如表 4-3-3 所示。

表 4-3-3 在兩種互不相溶的液體中，作用力辨識與力平衡應用之相關答題表現

題號		第七題				第八題				第九題				第十題			
向度	得分	辨識作用力			平均得分	辨識作用力			平均得分	辨識作用力			平均得分	辨識作用力			平均得分
		2 分	1 分	0 分		2 分	1 分	0 分		2 分	1 分	0 分		2 分	1 分	0 分	
概念應用	3 分	7	3	0	1.70	17	1	1	1.84	5	11	5	1.00	11	4	1	1.63
	2 分	2	3	1	1.17	15	4	7	1.31	4	14	7	0.88	9	1	2	1.58
	1 分	8	5	24	0.57	11	2	13	0.92	1	9	23	0.33	19	5	21	0.96
	0 分	20	8	24	0.92	8	5	21	0.62	0	10	16	0.38	7	4	21	0.56
平均得分		0.89	1.05	0.53		1.80	1.08	0.71		2.40	1.59	1.02		1.52	1.36	0.62	

(一) 在力平衡概念應用方面

第七題中，能利用力平衡概念判斷出物體浮力變化並說明正確理由的學生共有 10 人。其中能掌握作用力種類的學生有 7 人，而無法辨識作用力的學生則有 0 人。第八題中，能利用力平衡概念判斷出物體浮力變化並說明正確理由的學生共有 19

人。其中能掌握作用力種類的學生有 17 人，而無法辨識作用力的學生則有 1 人。第九題中，能利用力平衡概念判斷出物體浮力變化並說明正確理由的學生共有 21 人。其中能掌握作用力種類的學生有 5 人，而無法辨識作用力的學生則有 5 人。第十題中，能利用力平衡概念判斷出物體浮力變化並說明正確理由的學生共有 16 人。其中能掌握作用力種類的學生有 11 人，而無法辨識作用力的學生則有 1 人。

在此情境，第七題中多數學生利用物體在溶液中體積的變化去判斷浮力的變化，但未能考慮液體密度的改變，以至於完全答對獲得 3 分僅有 10 人，但若能掌握作用力而利用力平衡概念，則能將問題更簡單的處理（7 人）。而在第九題中，許多學生未能畫出容器的支撐力，以至於在概念應用得高分的人數較少。而在第八、十兩題中，在概念應用能得高分的學生之中，能掌握作用力的學生遠超過未能掌握作用力的學生。整體而言在此情境中，學生在利用力平衡概念計算物體浮力之前，必須先掌握辨識物體所受作用力的能力。

（二）是否具備辨識物體作用力的答題表現

在第七題中，能辨識物體作用力的學生，在利用力平衡的概念判斷物體浮力變化的表現方面，其平均得分為 0.89，而無法辨識物體作用力的學生平均得分 0.53。在第八題中，在利用力平衡的概念判斷物體浮力變化的表現方面，掌握物體作用力的學生其平均得分為 1.80，未能掌握辨識物體作用力的學生平均得分則為 0.71。在第九題中，能辨識物體作用力的學生，在利用力平衡的概念判斷物體浮力變化的表現方面，其平均得分為 2.40，而未能掌握物體作用力的學生平均得分則為 1.02。在第十題中，能辨識物體作用力的學生，在利用力平衡的概念判斷物體浮力變化的表現方面，其平均得分為 1.52，而未能掌握物體作用力的學生平均得分則為 0.62。

由以上結果得知，物體在兩種互不相溶的液體情境中，學生能掌握作用力的種類，在判斷物體浮力變化方面，表現皆比未能掌握作用力種類的學生為佳。

四、受其他外力作用的物體，作用力辨識與力平衡答題表現之分析

與此情境有關的題目為第十一、十二共二題，將學生在此二題中，辨識作用力

的得分人數與概念應用的得分人數統計後，如表 4-3-4 所示。

表 4-3-4 受其他外力作用的物體，作用力辨識與力平衡應用之相關答題表現

題號		第十一題				第十二題			
向度 得分		辨識作用力			平均 得分	辨識作用力			平均 得分
		2 分	1 分	0 分		2 分	1 分	0 分	
概念 應用	3 分	24	8	5	1.51	6	17	2	1.16
	2 分	3	3	1	1.29	1	9	12	0.50
	1 分	3	4	6	0.77	0	2	26	0.07
	0 分	9	8	31	0.54	2	7	21	0.37
平均 得分		2.08	1.48	0.53		2.22	2.03	0.92	

(一) 在力平衡概念應用方面

第十一題中，能利用力概念判斷出物體浮力變化並說明正確理由的學生共有 37 人。其中能掌握作用力種類的學生有 24 人，而無法辨識作用力的學生則有 5 人。第十二題中，能利用力概念判斷出物體浮力變化並說明正確理由的學生共有 25 人。其中能掌握作用力種類的學生有 6 人，而無法辨識作用力的學生則有 2 人。

在此情境中，在第十一題中，在概念應用獲得 3 分的人數中，掌握作用力的人數約為 66%。第十二題多數學生未能畫出容器的支撐力，因此在概念應用獲得 3 分的人數中，掌握作用力獲得 2 分僅有 6 人，少於獲得 1 分（17 人）而多於獲得 0 分的人數（2 人）。整體而言學生在利用力平衡概念判斷浮力變化之前，必須先具備辨識物體所受作用力的能力。

(二) 是否具備辨識物體作用力的答題表現

在第十一題中，能掌握物體作用力的學生，在利用力平衡的概念判斷物體浮力

變化的表現方面，其平均得分為 2.08，而無法辨識物體作用力的學生平均得分 0.53。在第十二題中，在利用力平衡的概念判斷物體浮力變化的表現方面，掌握物體作用力的學生其平均得分為 2.22，未能掌握辨識物體作用力的學生平均得分則為 0.92。

由以上結果得知，在受其他外力作用的情境中，學生能掌握作用力的種類，在判斷物體浮力變化方面，表現皆比未能掌握作用力種類的學生為佳。

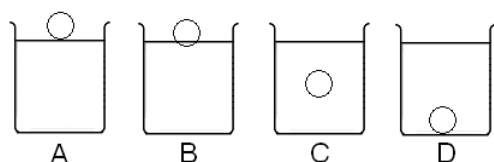
第四節 學生在作用力辨識與力平衡應用的晤談分析

本節是根據學生在第二節中浮力情境題本的答題表現，根據學生回答的理由，針對其迷思概念的部份進行晤談，以瞭解學生在浮力情境中，辨識作用力和力平衡概念應用的困難。

一、物體的浮沉判斷

(1) 學生能判斷浮沉情形 (S05012, 高分組男生)

T: 將一個保麗龍球放入水中，你覺得保麗龍球在水中的位置是？



S: B 圖。

T: 你可以說明你的理由嗎？

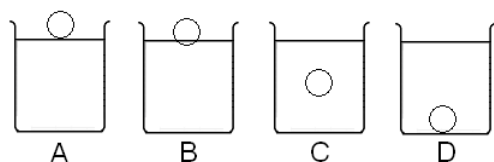
S: 因為保麗龍的密度小於水，所以會形成浮體。

T: 那為什麼不是 A 圖呢？

S: 因為物體必須有部份體積位於液體中，才會產生浮力。

(2) 學生無法判斷浮沉情形 (S09121, 低分組女生)

T: 將一個保麗龍球放入水中，你覺得保麗龍球在水中的位置是？



S: A 圖和 B 圖都有可能吧。

T: 那在什麼情況下，物體會形成 A 圖，什麼時候會變成 B 圖？

S: 要看保麗龍的大小啊！保麗龍越大時越重，就會變成 B，保麗龍很小時，就變成 A 圖。

在判斷物體浮沉方面，具有科學概念的學生，會利用比較物體與液體的密度大小，或是利用物體所受浮力與重力的關係，來判斷浮沉情況。而部份學生仍持有迷思概念，認為質量小的物體容易上浮，而質量大的物體則容易下沉。

二、浮體所受作用力的辨識

(1) 學生能辨識浮體所受的重力與浮力 (S05012, 高分組男生)

T: 除了浮力之外，物體還有受其他作用力作用嗎？

S: 重力。

T: 那浮力與重力之間有什麼關係嗎？

S: 浮力和重力大小相等、方向則是相反。

(2) 學生誤將壓力視為一種作用力 (S07018, 中分組男生)

T: 那你可以說出物體受哪些力量作用嗎？

S: 重力、浮力...，嗯，應該還有大氣壓力吧。

T: 那這些作用力之間有什麼關係嗎？

S: 重力和大氣壓力相加會等於浮力。

T: 那如果在真空的環境中，物體在液體中的位置會不會改變？

S: 嗯，沒有大氣壓力的話，我想物體應該會往上浮一點。

(3) 學生缺乏辨識作用力的能力 (S09121, 低分組女生)

T: 那你能找出物體所受的作用力嗎？

S: 應該有重力吧。

T: 還有其他作用力嗎？

S: 沒有了。

在辨識物體所受作用力的方面，部份學生物將壓力視為一種作用力，造成在應用力平衡概念時容易出現錯誤。部份學生在學習浮力單元之後，其科學概念仍為零散的知識，僅能找出物體所受部份的作用力。

三、懸掛於彈簧的物體，其作用力的辨識與浮力變化的判斷

(1) 學生能知道物體所受浮力的大小，和其液面之下的體積有關 (S05121，高分組女生)

T：在鋁塊沉入水中的過程，彈簧秤的讀數有何變化？

S：彈簧秤的讀數會逐漸減小，但是當鋁塊完全沉入水中之後，讀數就不再改變了。

T：為什麼呢？可以說出你的理由嗎？

S：物體所受的浮力，和物體在液面之下的體積成正比，當物體在液面之下的體積不變時，浮力也不再改變。

(2) 學生以直觀方式判斷物體在液體中的位置對浮力的影響 (S05134，低分組女生)

T：在鋁塊沉入水中的過程，浮力有何變化？

S：會變小。

T：為什麼？

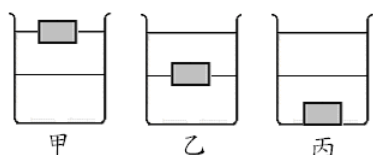
S：因為重力比浮力大，所以才會沉下去呀。

在懸掛於彈簧上的物體，其浮力變化的判斷方面。具有科學概念的學生，能了解物體在液面下的體積不變時，其浮力並不會改變。然而部份學生仍以直觀方式判斷浮力大小，認為在較深處是因為浮力減小，才會造成物體下沉。

四、物體位於兩種不相溶的液體中，其作用力的辨識與浮力變化的判斷

(1) 學生能根據物體的浮沉，辨識物體所受的作用力，並能應用力平衡概念判斷浮力的大小。(S09002，高分組男生)

T：物體在三個燒杯中，所受的浮力大小？



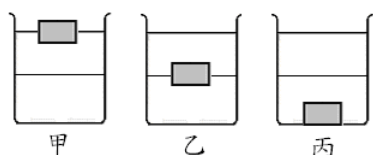
S：甲 = 乙 > 丙

T：為什麼？請說明你的理由？

S：因為在甲、乙兩個燒杯中，物體只受重力與浮力作用，且形成平衡狀態，所以浮力等於重力。而在丙燒杯中物體為沉體，表示物體的浮力小於重力。

(2) 學生習慣利用浮力的公式判斷浮力大小，卻未能掌握到所有影響浮力的因素，以至於利用自己的觀點去詮釋現象。(S07131，中分組女生)

T：物體在三個燒杯中，所受的浮力大小？



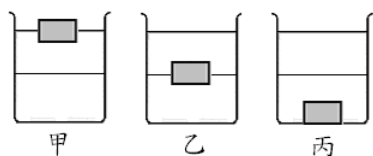
S：乙 > 甲 > 丙

T：為什麼？請說明你的理由？

S：丙是沉體，所以浮力最小。而甲和乙都算是浮體，但乙在液面之下的體積大於甲，所以浮力較大。

(3) 學生利用直觀方式判斷浮力大小，而未能應用科學概念。(S05008，低分組男生)

T：物體在三個燒杯中，所受的浮力大小？



S：甲 > 乙 > 丙

T：為什麼？請說明你的理由？

S：浮力越大，物體就會上升的越高呀。

T：那浮力大小跟物體本身的輕重有關嗎？

S：應該沒有吧！

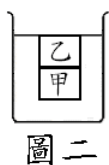
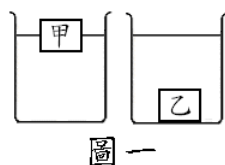
當物體位於兩種液體中時，學生用力平衡概念則可以輕易判斷浮力的大小。而部份學生仍以浮力公式判斷浮力大小，但卻未能考量全部的因素，以至於容易出現錯誤。而部份學生仍以直觀方式判斷浮力大小，認為在較深處是因為浮力減小，才

會造成物體下沉。

五、判斷受其他外力作用的物體浮力變化

(1) 學生能根據物體的浮沉，辨識物體所受的作用力。然而在判斷兩物體間的作用力卻出現了錯誤。(S07009，高分組男生)

T：在圖一中，甲物體受到哪些作用力的作用？



S：浮力和重力。

T：那這些作用力之間有什麼關係？

S：重力和浮力大小相同，而方向相反。

T：在圖一中，乙物體受到哪些作用力的作用？

S：浮力、重力還有燒杯支撐力。

T：那這些作用力之間有什麼關係？

S：重力等於浮力和支撐力的和。

T：在圖二中，甲物體受到哪些作用力的作用？

S：浮力和重力，還有乙對甲的作用力。

T：乙對甲的作用力？這個作用力怎麼產生的？

S：應該等於乙的重力。

T：在圖二中，乙物體受到哪些作用力的作用？

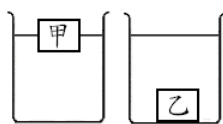
S：浮力和重力和甲物體的支撐力。

T：甲物體的支撐力？其大小為？

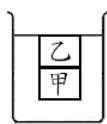
S：乙物體的重力，因為甲給乙的作用力與乙給甲的作用力是作用力與反作用力啊！

(2) 學生能根據物體的浮沉，辨識浮體所受的作用力。卻無法找出沉體所有的作用力。也無法辨識出兩物體之間的作用力。(S05133，中分組女生)

T：在圖一中，甲物體受到哪些作用力的作用？



圖一



圖二

S：浮力跟重力吧。

T：那這些作用力之間有什麼關係？

S：重力和浮力方向相反。

T：大小呢？

S：兩力相等。

T：在圖一中，乙物體受到哪些作用力的作用？

S：浮力、還有重力。

T：那這些作用力之間有什麼關係？

S：重力大於浮力，所以物體才會沉。

T：除了重力和浮力之外還有其他力嗎？

S：沒有了。

T：在圖二中，甲物體受到哪些作用力的作用？

S：浮力和重力，還有乙的重力。

T：在圖二中，乙物體受到哪些作用力的作用？

S：浮力和重力。

T：那為什麼乙物體在兩張圖中，位置會不一樣？。

S：因為圖二中有甲物體呀！乙碰到了甲，所以不會沉到底部。

T：如果乙物體很重呢？

S：應該就會沉下去了。

在判斷兩物體之間作用力時，部份學生未能將物體的正確力圖畫出，以至於判斷作用力之間關係時容易產生錯誤。而部份學生在辨識作用力時，因缺少部份作用力而形成零碎的概念結構。

第五章 結論與建議

本研究主要探討學生面對浮力情境時，是否具備辨識作用力和應用力平衡觀念的能力。是以選擇國三學生，利用自行編制的評量題本，和藉由晤談方式，以深入探討學生在處理浮力相關概念的題目所遭遇的困難。本章將歸納各項研究的結果，並對教學者以及將來相關概念的研究者提出建議。

第一節 結論

本研究以桃園縣某國中國中三年級學生為研究對象，有效樣本共 105 人，其中男性學生為 61 人，女性學生則為 44 人。第一階段先以自行編制的「浮力情境試題」題本，瞭解學生在作用力辨識以及力平衡概念的應用，有哪些學習困難？第二階段再以晤談方式，深入了解其學習困難。

一、學生在浮力情境中，辨識物體所受作用力之分析

（一）當物體位於單一密度的液體中

1. 約有 56% 的受測學生，能畫出浮體的正確力圖，並能標示物體所受的重力及浮力。而約有 9% 的受測學生誤將壓力視為一種作用力。
2. 約有 12% 的受測學生，能畫出沉體的正確力圖，並能標示出作用力的名稱。約有 30% 的受測學生僅畫出沉體的重力與浮力，而忽略了容器所提供的支撐力。

（二）當懸掛於彈簧上的物體沒入液體時

1. 約 30% 的受測學生，能畫出懸掛於彈簧之物體的正確力圖，並能標示出物體所受的重力、浮力及彈簧彈力。而約有 9% 的受測學生誤將壓力視為一種作用力，以及約 20% 的受測學生未能標示出彈簧的彈力。

（三）當物體位於兩種互不相溶的液體中

1. 當物體浮於兩種液體中間時，約 35% 的學生能畫出物體的正確力圖，並標示出物體所受的作用力。而約 9% 的學生誤將壓力視為作用力，另約有 8% 的學生

誤認上層液體會對物體施加重力。

2. 當物體浮於上層液體表面時，約 48% 的學生能畫出物體的正确力圖，並標示出物體所受的作用力。而約 11% 的學生誤將大氣壓力視為作用力。
3. 當物體沉於下層液體底部時，約 9% 的學生能畫出物體的正确力圖，並標示出物體所受的作用力。而約 8% 的學生誤認上層液體會對物體施加重力。而約 20% 的學生忽略容器支撐力。

(四) 當物體受其他外力作用時

1. 當外力作用於浮體時，約 37% 的受測學生能畫出物體的正确力圖，並標示出物體所受的作用力。而約 20% 的學生誤將壓力視為作用力。
2. 當外力作用於沉體時，約 8% 的受測學生能畫出物體的正确力圖，並標示出物體所受的作用力。而約 10% 的學生誤將壓力視為作用力，以及約 20% 的學生忽略容器的支撐力。

二、學生在浮力情境中，力平衡概念應用之分析

(一) 當物體位於單一密度的液體中

1. 約有 36% 的受測學生能求出浮力的大小。其中應用力平衡概念為 6%，應用浮力公式為 30%。
2. 當液體密度改變，而物體仍為浮體時。約有 29% 的受測學生能判斷浮力變化，其中應用力平衡概念為 4%，應用浮力公式為 25%。另外約有 20% 學生在利用浮力公式時，未能考量物體體積而產生錯誤。
3. 當液體密度改變，而物體變為沉體時。約有 32% 的受測學生能判斷浮力變化，其中應用力平衡概念為 4%，應用浮力公式為 28%。而約有 4% 學生在利用浮力公式時，未能考量液體密度而產生錯誤。

(二) 當懸掛於彈簧上的物體沒入液體時

1. 當物體完全沒入液體時，約有 29% 的受測學生，利用力平衡概念，求出物體的浮力。
2. 當物體在液體中的深度改變時，約有 27% 的受測學生，能瞭解物體在液體的深度，並不影響物體浮力的大小。
3. 當物體一半沒入液體時，約有 32% 的受測學生，利用浮力的公式，判斷出物體

浮力的變化。

(三) 當物體位於兩種互不相溶的液體中

1. 當物體由浮於液面，轉變成位於兩種液體之間時，約有 10% 的受測學生能判斷浮力變化，其中應用力平衡概念為 3%，應用浮力公式為 7%。錯誤的學生中，10% 忽略密度的變化，7% 無法定義物體的浮沉，而 5% 以直觀方式判斷浮力。
2. 物體再加入另一種液體之後，仍浮於原液體表面時。約有 18% 的受測學生能判斷浮力變化，其中應用力平衡概念為 2%，應用浮力公式為 16%。
3. 物體從沉於液體底部，在加入另一種液體後，仍沉於底部時。約有 20% 的受測學生能判斷浮力變化，應用浮力公式為 20%。
4. 物體由沉於液體底部，轉為浮於兩種液體之間時。約有 15% 的受測學生能判斷浮力變化，其中應用力平衡概念為 10%，應用浮力公式為 5%。錯誤的學生中，6% 忽略密度的變化，10% 無法定義物體的浮沉。

(四) 當物體受其他外力作用時

1. 當外力作用於浮體時，約有 35% 的受測學生能判斷浮力變化，其中應用力平衡概念為 13%，應用浮力公式為 22%。
2. 當外力作用於沉體時約有 23% 的受測學生能判斷浮力變化，應用浮力公式為 23%。錯誤的學生中，11% 缺乏容器支撐力的概念，10% 則是誤用公式。

三、學生處理浮力概念錯誤類型之分析

(一) 辨識物體作用力部份

1. 多數學生在浮力情境中，能辨識出物體受向下重力以及向上重力的作用。但卻容易忽略物體為沉體時，容器底部所提供的支撐力或彈簧的彈力。
2. 部份學生未能區分作用力與壓力的差異，而誤將壓力視為一種作用力。
3. 當物體位於單一密度的液體中，學生通常會辨識出物體的重力及浮力，而不會誤認液體會給予物體重力。然而當物體在兩種液體中時，則部份學生會認為上方液體會給予下方的物體一個重力作用。
4. 部份學生無法區分反作用力與平衡力的差異，而誤認物體重力與浮力互為反作用力。

(二) 力平衡概念應用部份

1. 僅有少數學生會以力平衡的概念去判別浮力大小與變化，多數的學生習慣以浮力公式，求出物體所受的浮力，以及判斷物體浮力的變化。然而學生在使用浮力公式時，往往只注意其中一個因素，而無法同時考量物體體積與液體密度的變化，造成判斷上的錯誤。
2. 仍有部份學生以直觀方式判斷浮力，認為浮力越大，物體越容易上升；浮力越小，物體則容易下沉。
3. 部份學生無法瞭解浮力的成因，以至於認為物體在液體中的位置，會改變物體所受的浮力。
4. 部份學生無法瞭解浮體與沉體的意義，而認為物體未接觸容器底部即為浮體，或以為物體在液面之下即為沉體，進而使用錯誤的浮力公式判斷浮力。

四、浮力情境中，作用力辨識與力平衡應用的關係之分析

- (一) 不同的浮力情境中，在判斷浮力大小與浮力變化的概念應用題中，能掌握作用力的學生人數，皆多於未能掌握作用力的人數。
- (二) 能掌握作用力的學生，其概念應用的平均得分，皆優於未能掌握作用力的學生。

第二節 建議

一、研究過程的改進

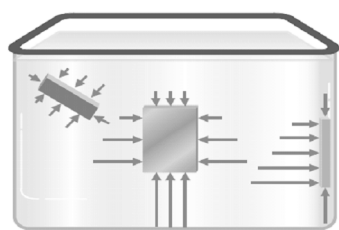
- (一) 在本研究的浮力情境試題施測部份，雖然在預試階段有紀錄作答時間，作為正式施測時的參考。但仍有部份學生在作答時，覺得時間不夠以致無法完整回答理由。
- (二) 在本研究的浮力情境試題中，要求受測學生畫出液體中物體的力圖，藉由學生畫出作用力的方向和標示作用力的名稱，來判斷學生對作用力的辨識。研究中並未強調力的作用點，若探討高中學生對作用力的理解時，應考慮作用點的影響。
- (三) 本研究的晤談對象，是根據學生在浮力情境測驗中的分數，由高、中低分組分別挑出男、女性學生各3名。雖然有參考學生在筆試中的回答，但挑選的晤談對象並非每題皆有錯誤的概念。所以時間許可時，可增加晤談的對象，以深入瞭解不同學生對浮力單元的認知。

二、給學習者的建議

- (一) 力學為中學課程的一個重要概念，許多單元皆以力學概念作為基礎再加以延伸，例如牛頓三大運動定律，主要是探討作用力與物體運動的關係。另外功與能也會以力學單元作為基礎，進一步討論作用力與能量之間的關係。若能找出物體所有的作用力，並能根據作用力的大小及方向，判斷合力的大小，便可推論出物體的運動情形及能量變化。
- (二) 為能找出作用力的種類，並進一步求出合力。透過力圖的繪製是一個很好的辦法，將物體所有作用力的種類及方向標示之後，便能容易地去推論合力的大小及判斷運動狀態。所以，建議學習者在最初接觸力學單元時，仔細地將達成兩力平衡的物體上作用力找出，進而延伸至摩擦力、浮力作用的力學情境，將會對學習力學單元有很大的助益。

三、給教學者的建議

- (一) 在作用力辨識的部份，多數的學生能辨識出物體所受的重力與浮力。但對於容器的支撐力（正向力）和彈簧的彈力，卻未能於力圖畫出。因此在講述兩力平衡的概念時，應多舉例及給予學生實際練習的機會，以其學生能清楚分辨物體上的作用力。
- (二) 雖然多數的教科書未將力圖繪製編入自然課程之中，然而學生若能畫出物體正確的力圖，將會使學生更容易去判斷作用力與運動狀態之間的關係。因此建議教師在教授力學單元時，可以加強力圖繪製的練習，如此一來將對學生學習力學單元上有所幫助。
- (三) 在浮力情境測驗的紙筆測驗中，中分組與高分組有不少受測學生，誤將壓力視為一種作用力。其可能原因為教師在描述壓力時，習慣上也會利用帶有箭頭的線段去作表示。例如：物體所受水壓的大小與方向



- 而造成學生將壓力視為一種作用力。因此在講述壓力概念時，應特別強調作用力與壓力的差異，可藉由公式與單位的比較，讓學生清楚分辨兩者的不同。
- (四) 將物體放入液體時，多數的學生會藉由比較物體與液體密度的大小，進而判斷物體的浮沉情形。然而在某些情形下，並無法直接找出物體或液體的密度，則可利用物體所受重力與浮力的比較，來判斷物體的浮沉。教師在講述此概念時，可搭配實驗的操作，讓學生瞭解物體在不同浮沉情形時，其重力與浮力的關係。
- (五) 浮力成因主要為物體在液體中，頂部和底部所受到的液體壓力差而造成，因此在液體的壓力差並未改變時，物體所受的浮力將不會產生變化。所以在教導浮力單元時，應該先強調液體壓力的概念，然後藉由實驗的操作，讓學生理解物體在液體中不同的位置，其頂部和底部所受到液壓的大小，進而理解浮力和物體在液面之下體積的關係。
- (六) 浮力概念對學生而言是困難的，一方面是因為作用力無法直接觀察，以至於

學生無法直接判斷物體所受的作用力，進而計算浮力的大小。另一方面，浮力的大小也等於物體在液面之下的體積和液體密度的乘積。然而在使用這項公式時，許多學生只能注意到其中一個變數，常常注意到物體在液體之中體積的變化，卻忽略液體密度的改變。或是注意到液體密度改變，卻忘記考慮物體在液體中體積的變化。尤其是物體浮沉情況改變時，這樣的情況經常發生，而當液體由兩種互不相溶的液體組成時，學生錯誤的比例更是偏高。因此建議在教導學生利用浮力公式，進行浮力大小的計算或是判斷浮力變化時，可先讓學生先行計算及預測，再利用實驗操作進行印證，利用認知的衝突以改變學生錯誤的觀念。

三、給教科書編者的建議

- (一) 力學單元為國中自然課程中一個重要的單元，然而部份的版本卻未將力圖繪製的內容編入課程中。建議在編輯教科書時，能將此單元加入教材。透過力圖的繪製，將有助於學生掌握作用力的種類，進而利用力平衡的概念去判斷合力的大小及推論物體運動狀態及能量的變化。

四、未來研究的建議

- (一) 本研究因受限於時間與人力因素，並不能大規模的取樣。建議在往後的研究中，可增加樣本的深度與廣度。因國中自然教材，都在二年級下學期教授浮力單元，所以深度的部份可往下延伸至國中二年級的學生。另一方面，可由不同地區增加取樣的數量，以增加研究的廣度。
- (二) 在評量學生學習成效時，常利用選擇題進行施測。其優點是容易在短時間內收集學生的想法，但卻不容易看到學生答案之外的真正想法。在本次研究中，藉由學生畫出物體的力圖，來觀察學生對物體所受作用力的掌握情況。不但可以瞭解學生辨識作用力的情形，還能進一步看出學生的一些迷思概念。所以建議後續的研究者可以利用力圖繪製，探討學生在其他力學單元中對作用力的掌握。另一方面，也可以探討繪圖法是否能作為一種新的評量工具，除了評定學生學習成效之外，也可以進一步瞭解學生其答案之後的真正想法。

參考文獻

中文資料

- 全中平(1993)。國民小學五年級學生對力與運動概念之分析研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 全中平(1994)。師範學院學生對學習物理力學概念之分析研究。國立臺北師範學院學報，7，481~506。
- 江新合、許榮富、林寶山(1991)。我國學生自然科概念發展與診斷教學之研究;(1)中學生浮力相關概念發展及其相關迷思概念的分析研究。國科會專題研究報告。
- 余秀麗(2003)。探討國三學生對於重力概念之了解及心智模式。國立台灣師範大學碩士論文。
- 邱美虹(2000)。概念改變研究的省思與啟示。科學教育學刊，8(1)，1-34。
- 邱美虹等(譯)(2003)。Paul Thagard 著。概念革命(Conceptual Revolutions)。台北市：洪葉。
- 邱美虹與林靜雯(2002)。以多重類比探究兒童電流心智模式之改變。科學教育學刊，10(2)，109-134。
- 吳昆勇(2002)。阿基米得原理與引導式發現教學法對學生學習浮力概念的影響。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 林俊義(2002)。國二學生浮力迷思概念之研究。國立彰化師範大學物理系物理教學碩士班碩士論文。
- 張春興(1998)。教育心理學。台北：東華。89-112。
- 張志康(2008)。從概念改變理論探究建模教學對學生力學心智模式與建模能力之影響。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。
- 郭重吉(1989)。利用晤談方式探查國中學生對重要物理概念的另有架構之研究(I)。國科會專題研究計畫成果報告。
- 郭重吉(1990)。學生科學知識認知結構的評估與描述。彰化師範大學學報，1，280-319。
- 洪木利(1983)。兒童重力概念型態之研究。高雄師範學院學報，183-199。
- 侯佳典(2007)。5E探究式學習環教學對國二學生浮力概念改變成效之研究。國立彰化師範大學物理研究所碩士論文。
- 陳忠志(1987)。力學錯誤概念與教學成效之關係。行政院國家科學委員會。
- 陳珊珊(1993)。我國國三學生酸鹼概念之研究。國立台灣師範大學化學研究所碩士論文。
- 馬文蔚(1995)。物理發展史上的里程碑。新竹，凡異出版。
- 夏秋蘋(2008)。從力的比較觀點探討九年級學生理解浮力概念困難之研究。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 黃台珠(1984)。概念的研究及其意義。科學教育，66，165-177。
- 黃萬居(1993)。國小學生的概念構圖和自然科學學習成就之研究。台北市立師範學院學報，24，47-66。
- 黃瑞龍(2002)。電腦輔助學習在國中理化浮力單元教學之研究。國立彰化師範大學物理

- 研究所碩士論文。
- 董正玲與郭重吉（1992）。探究國小兒童運動與力概念的另有架構。**科學教育**，93-121。
- 彭泰源（1999）。國小五年級學童力與運動概念學習之研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 楊文金（1993）。多重現象與電學概念理解研究。**科學教育學刊**，1(2)，135-160。
- 楊其安（1989）。利用晤談探究國中學生對力學概念的另有架構。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 楊純珠（1999）。「溶液」多媒體 CAL 之概念學習研究。國立臺灣師範大學化學研究所碩士論文。
- 鄭文彥（2006）。以類比橋融入浮力單元對國中學生迷思概念改變之研究。國立彰化師範大學物理研究所碩士論文。
- 鄭昭明（1993）。**認知心理學：理論與實踐**。台北：桂冠圖書。
- 劉宏文（1996）。概念及概念學習在學科教學上之應用。**科學教育月刊**，192 期，2-8。
- 劉家成（2002）。以動態評量探究國中學生浮力概念的心智模式及概念改變之歷程。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 劉俊庚（2002）。迷思概念與概念改變教學策略之文獻分析—以概念構圖和後設分析模式探討其意涵與影響。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 蔡春來（2002）。探討國中生對摩擦力的迷思概念。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 簡順永（2000）。高二學生力概念的運用調查分析。國立台灣師範大學物理系研究所碩士論文。
- 鍾聖校（1994）。對科學教育錯誤概念研究之省思。**教育研究資訊**，2(3)，89-110。
- 蘇育任（1994）。中部地區國小教師與師資班學生對放射性之迷思概念研究。**初等教育研究集刊**，2，83-98。
- 饒見維（1994）。**知識場論：認知、思考與教育的統合理論**。初版。台北市：五南圖書出版有限公司。

西文資料

- Anderson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8(2), 155-171.
- Bar, V., Zinn B., Goldmuntz, R., & Sneider, C. (1994). Childrens's concepts about weight and free fall. *Science Education*, 78(2), 149-169.
- Biddulph, F., & Osborne, R (1983). *Children's ideas about "Metals."* Learning in science project (primary). Working paper No.112. New Zealand: Waikato Univ., Science Education Research Unit (ERIC document Reproduction Service No. ED 252395)
- Brumby, M. N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68(4), 493-503.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Implications for learning and discovery in sciences. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp.129-186). Minneapolis: university of Minneosota Press.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory physics. *American Journal of Physics*, 50, 66-70.
- Dentici, O. A., Grossi, M. G., Borghi, L., & De Ambrosis, A. (1984). Understanding floating: a study of children aged between six and eight years. *European Journal of Science Education*, 6(3), 235-243.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien , A. (1985). *Children's ideas in science*. Open University Press.
- Eaton, J. F. Anderson, C. W. & Smith, E. L. (1983). When students don't know. *Science and Children*, 20(7), 7-9.
- Erickson, G. L. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education*, 64, 323-336.
- Fisher (1985) Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 53-62.
- Elaine Reynoso, H., Enrique Fierro, H., & Gerrdo Torres, O. (1993). The alternative frameworks presented by Mexican students and teachers concerning the free fall of bodies. *International Journal of Science Education*, 15(2), 127-138.
- Galili, I., & Bar, V. (1992). Motion implies force: Where to expect vestiges of the misconception? *International Journal of Science Education*, 14, 63-81.
- Galili, I., Goldberg, F., & Bendall, S. (1993). The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Journal of Research in Science Teacher*. 30, 271-303.
- Galili, I., & Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19(3), 317-340.

- Gilbert, J. K., & Osborne, R. J. (1980) : . The use of models in science and science teaching . *European Journal of Science Education* , 2(1), 3-13.
- Gilbert, J. K. , Osborne, R. J. & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633 .
- Gilbert, J. K. & Watts, K. M. (1983). Concepts, misconception and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Gunstone, R. F., & White, R. T. (1980). Understanding gravity. *Science Education*, 65(3), 294-299.
- Hashwen, M. (1988). Descriptive studies of students' conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(2), 121-134.
- Head, J. (1986). Research into 'alternative frameworks': promise and problem. *Research in Science & Technological Education*, 4(2), 203-211.
- Heinze-fry, J. A., & Novak, J. D. (1990). Concept mapping brings long-term movement toward meaningful learning. *Science Education*, 74(4), 461-472.
- Hestenes, D., Wells, W., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141~158.
- Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), 731-743.
- Novick & Nussbaum, (1978). Using Interviews to Probe Understanding. *Science Teacher*, 45(8), 29-30.
- Novak, J. D., & Gowan, D. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Novak, J. D. (1977). An alternative to Piagetian psychology for science and mathematics education. *Science Education*, 61(4), 453-477.
- Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15, 77-101.
- Osborne, R. ,& Cosgrove, M. M. (1983). Children conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838
- Palmer, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, 23(7), 691-706.
- Palmer, D. H. & Flanagan, R. B. (1996). *Readiness to change the conception that "Motion-Implies-Force"*. A comparison of 12-Year-Old and 16-Year-Old students" Peter W. Hewson, Section Editor.
- Pella, M. O. (1966). Concept Learning in Science. *Science Teacher*, 33(9), pp.31-34.
- Pella, M. O. (1975). *Concept of concept*. University of Wisconsin-Madison Press.
- Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J. (2000). Addressing student misconceptions concerning electron flow in aqueous solutions with instruction including computer animations and conceptual change strategies. *International Journal of Science Education*, 22, 521-537.

- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. T. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 211-231) Academics press, Inc.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, Cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). Albany, NY: SUNY press.
- Stuart, H. A. (1985). Should concept maps be scored numerically? *European Journal of Science Education*, 7, 3-8.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Thijs, G. D. (1992). Evaluation of an introductory course on "Force" considering students' Preconceptions. *Science Education*, 76(2), 155-174.
- Treagust, D. F., Duit, R., & Fraser, B. J. (1996). *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. New York : Teachers College Press.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic test to evaluate student's misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169.
- Trowbridge, J. E., & Mintzes, J. J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: A cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(7), 547-571.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, pp. 45-69.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18(1), 123-183.
- Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A Psychological Point of View. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.
- Watts, D. M. (1983). A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, 5(2), 217-230.
- Watts, D. M., & Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, 16, 360-365.
- Watts, D. M. (1982). Gravity—don't take it for granted ! *Physics Education*, 17(4), 116-121.

附錄一：浮力情境的作用力辨識與力平衡概念測驗

親愛的同學你好：

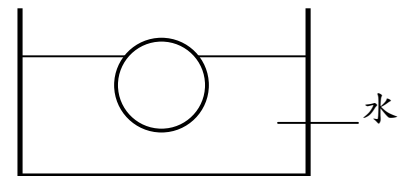
這是一份關於浮力概念的測驗，主要是作為學術研究的參考。成績不會公開，也不會影響在學成績，請仔細閱讀題目說明後，細心的作答！

臺灣師範大學 科學教育研究所

班級： 座號： 性別： 姓名：

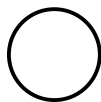
情境一：木球在不同液體所受的浮力

一、將一個體積： 100cm^3 、質量： 80g 的木球放入水中（水的密度： 1g/cm^3 ），發現木球浮於水面（如圖一）



(圖一)

1. 請於下圖中畫出木球在液面所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。

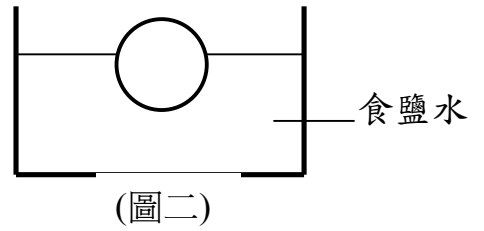


2. 在水中，木球所受的浮力大小為多少？

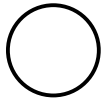
我的答案：_____ gW

我的理由：_____

二、若將木球改放入食鹽水中（食鹽水的密度： 1.2g/cm^3 ），發現木球仍浮於液面（如圖二）



1. 請於下圖中畫出木球在食鹽水中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



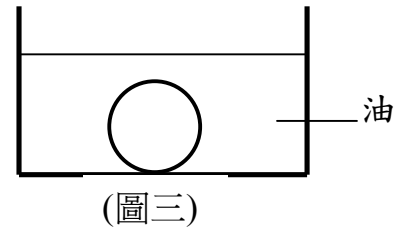
2. 將木球從水中改放入食鹽水中之後，木球所受到的浮力會如何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

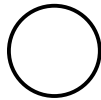
我的答案：_____

我的理由：_____

三、若將木球改放入油中（油的密度： 0.6g/cm^3 ），發現木球沉於液體底部（如圖三）



1. 請於下圖中畫出木球在油中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



2. 將木球從水中改放入油中之後，木球所受到的浮力會如何改變？

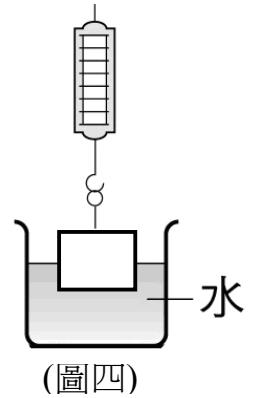
(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____

我的理由：_____

情境二：彈簧上的物體浮力探討

四、在已經歸零的彈簧秤下方，掛上一個鐵塊，彈簧秤讀數為 80gw 。若將鐵塊一半體積沒入水中（如圖四），彈簧秤讀數變為 75gw



1. 請於下圖中畫出鐵塊在水中所受作用力，
並標示作用力的名稱或代號。



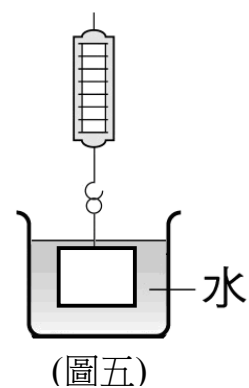
2. 鐵塊在水中所受的浮力大小為多少？

我的答案：_____ gw

我的理由：_____

五、若將鐵塊完全沉入水中（如圖五）

1. 請於下圖中畫出鐵塊在水中所受作用力，
並標示作用力的名稱或代號。



2. 相較於一半體積沉入水中，當鐵塊完全沒入水中時，鐵塊在水中所受的浮力有何改變？

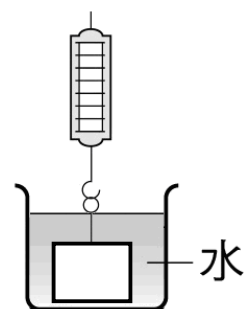
(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____

我的理由：_____

六、若將鐵塊繼續往下沉（如圖六，但未接觸容器底部）

1. 請於下圖中畫出鐵塊在水中所受作用力，
並標示作用力的名稱或代號。



(圖六)



2. 相較於完全沉入水中，當鐵塊在水中較深的位置，鐵塊所受的浮力有何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

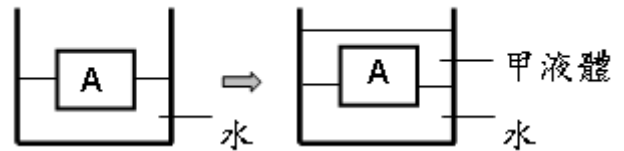
我的答案：_____

我的理由：_____

情境三：物體在兩種互不相溶的液體間浮力探討

七、將 A 物體放入水中，發現 A 物體浮於水面，若在容器中加入與水互不相溶的甲液體（密度： 0.6g/cm^3 ），所得情形如（圖七）

1. 請於下圖中畫出 A 物體在水和甲液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



（圖七）



2. 在加入甲液體之後，A 物體所受到的浮力會如何改變？

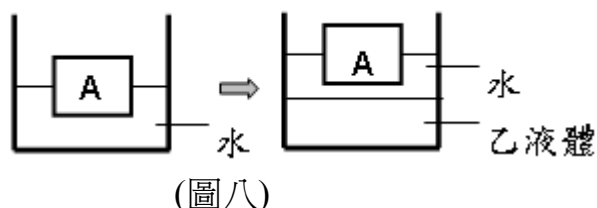
（A）增加（B）不變（C）減小（D）資料不足無法判斷

我的答案：_____

我的理由：_____

八、將 A 物體放入水中，發現 A 物體浮於水面，若在容器中加入與水互不相溶的乙液體（密度： 1.4g/cm^3 ），所得情形如(圖八)

1. 請於下圖中畫出 A 物體在水和乙液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



2. 在加入乙液體之後，A 物體所受到的浮力會如何改變？

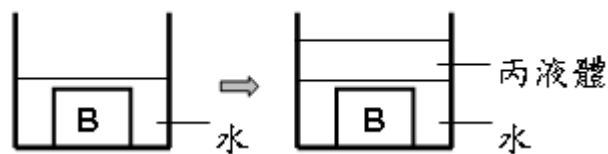
(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____

我的理由：_____

九、將 B 物體放入水中，發現 B 物體沉於水底，若在容器中加入與水互不相溶的丙液體（密度： 0.6g/cm^3 ），所得情形如(圖九)

1. 請於下圖中畫出 B 物體在水和丙液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



(圖九)



2. 在加入丙液體之後，B 物體所受到的浮力會如何改變？

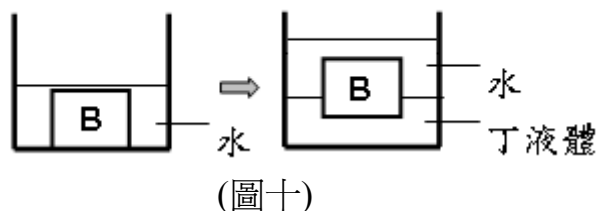
(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____

我的理由：_____

十、將 B 物體放入水中，發現 B 物體沉於水底，若在容器中加入與水互不相溶的丁液體（密度： 1.4g/cm^3 ），所得情形如(圖十)

1. 請於下圖中畫出 B 物體在水和丁液體中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



2. 在加入丁液體之後，B 物體所受到的浮力會如何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

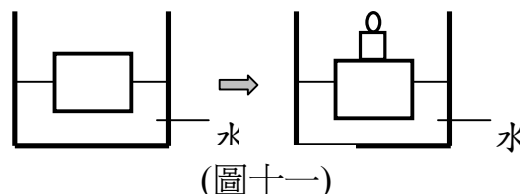
我的答案：_____

我的理由：_____

情境四：外力對浮力的影響

十一、將一木塊放入水中，發現木塊浮於水面，若在木塊上方放置一砝碼後，木塊仍浮於水面（如圖十一）

1. 請於下圖中畫出放置砝碼後，木塊在水中所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



2. 在放置砝碼之後，木塊所受的浮力有何改變？

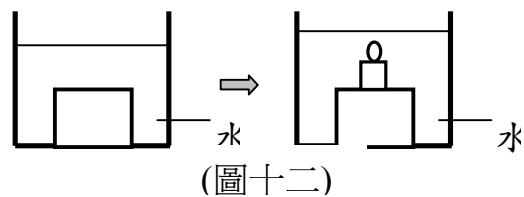
(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____

我的理由：_____

十二、將一鋁塊放入水中，發現鋁塊沉於水底，若在鋁塊上方放置一砝碼後，
鋁塊仍沉於水底（如圖十二）

1. 請於下圖中畫出放置砝碼後，鋁塊在水中
所受作用力，並標示作用力的名稱或代號。



2. 在放置砝碼之後，鋁塊所受的浮力有何改變？

(A) 增加 (B) 不變 (C) 減小 (D) 資料不足無法判斷

我的答案：_____

我的理由：_____

附錄二：浮力情境的作用力辨識與力平衡概念測驗評量標準

題號	子題	分數	評 分 標 準
一	1	2	● 能畫出木球的正確力圖，並標示出重力及浮力
		1	● 能畫出木球力圖，但多了大氣壓力 ● 能畫出木球的正確力圖，並標示出重力及浮力，但誤認兩力為作用力與反作用力
		0	● 其他
	2	3	● 浮力為 80gw，並說明木球為力平衡狀態，故浮力等於重力 ● 浮力為 80gw，並說明木球為浮體，其浮力等於重力
		2	● 浮力為 80gw，僅說明木球為力平衡狀態 ● 浮力為 80gw，僅說明木球為浮體
		1	● 浮力為 80gw，無任何理由的說明
		0	● 無法算出木球的浮力
二	1	2	● 能畫出木球的正確力圖，並標示出重力及浮力
		1	● 能畫出木球力圖，但多了大氣壓力 ● 能畫出木球的力圖，並標示出重力及浮力，但誤認兩力為作用力與反作用力
		0	● 其他
	2	3	● 選 B，並說明木球為仍為平衡狀態，故浮力等於重力 ● 選 B，並說明木球仍為浮體，其浮力等於重力
		2	● 選 B，僅說明木球為力平衡狀態 ● 選 B，僅說明木球為浮體
		1	● 選 B，無任何理由的說明
		0	● 選 A、C、D 選項
三	1	2	● 能畫出木球的正確力圖，並標示出重力、浮力及底部支撐力
		1	● 能畫出木球力圖，但多了油壓 ● 能畫出木球的力圖，只標示出重力及浮力，未畫出底部支撐力
		0	● 其他
	2	3	● 選 C，說明木球為平衡狀態，浮力+支撐力=重力，故浮力小於重力 ● 選 C，並說明木球浮力等於 $V_{\text{液下}} \times d_{\text{液}}$ ，浮力=60gw
		2	● 選 C，僅說明木球變為沉體
		1	● 選 C，僅說明液體密度減小 ● 選 C，無任何理由的說明
		0	● 選 A、B、D 選項

題號	子題	分數	評 分 標 準
四	1	2	● 能畫出物體的正确力圖，並標示出重力、浮力及彈簧彈力
		1	● 能畫出物體力圖，但多了水壓 ● 能畫出物體力圖，只標示出重力及浮力，未畫出彈簧彈力
		0	● 其他
	2	3	● 浮力為 10gw ，說明鐵塊為平衡狀態，浮力+彈力=重力，故浮力等於重力-彈力= 10gw
		2	● 浮力為 10gw ，僅說明鐵塊浮力= $80-70=10(\text{gw})$
		1	● 浮力為 10gw ，無任何理由的說明
		0	● 無法算出木球的浮力
五	1	2	● 能畫出鐵塊的正确力圖，並標示出重力、浮力及彈簧彈力
		1	● 能畫出鐵塊力圖，但多了水壓 ● 能畫出鐵塊的力圖，只標示出重力及浮力，未畫出彈簧彈力
		0	● 其他
	2	3	● 選 B，說明沉體的浮力=液面下體積×液體密度，不受到深度的影響 ● 選 B，說明鐵塊所排開的水重並未改變
		2	● 選 B，僅說明鐵塊仍為沉體
		1	● 選 B，無任何理由的說明
		0	● 選 A、C、D 選項
六	1	2	● 能畫出鐵塊的正确力圖，並標示出重力、浮力及彈簧彈力
		1	● 能畫出鐵塊力圖，但多了水壓 ● 能畫出鐵塊的力圖，只標示出重力及浮力，未畫出彈簧彈力
		0	● 其他
	2	3	● 選 C，說明沉體的浮力=液面下體積×液體密度，因液面下體積減小，故浮力減小
		2	● 選 C，僅說明沉體的浮力=液面下體積×液體密度
		1	● 選 C，無任何理由的說明
		0	● 選 A、B、D 選項

題號	子題	分數	評 分 標 準
七	1	2	● 能畫出物體的正确力圖，並標示出重力及浮力
		1	● 能畫出物體力圖，但多了水壓 ● 能畫出物體的力圖，但多了甲液體的重力
		0	● 其他
	2	3	● 選 B，說明物體呈力平衡，故向上浮力等於向下重力 ● 選 B，說明物體仍為浮體，浮力等於物體受重力
		2	● 選 B，僅說明物體仍為浮體
		1	● 選 B，無任何理由的說明
		0	● 選 A、C、D 選項
八	1	2	● 能畫出物體的正确力圖，並標示出重力及浮力
		1	● 能畫出物體力圖，但多了大氣壓力
		0	● 其他
	2	3	● 選 B，說明物體呈力平衡，故向上浮力等於向下重力 ● 選 B，說明物體仍為浮體，浮力等於物體受重力 ● 選 B，說明物體仍在水中，且水面下的體積並未改變
		2	● 選 B，僅說明物體仍為浮體
		1	● 選 B，無任何理由的說明
		0	● 選 A、C、D 選項
九	1	2	● 能畫出物體的正确力圖，並標示出重力、浮力及底部支撐力
		1	● 能畫出物體力圖，但多了丙液體壓力
		0	● 其他
	2	3	● 選 B，說明物體呈力平衡，故浮力 + 支撐力等於向下重力 ● 選 B，說明物體仍在水中，且水面下的體積並未改變
		2	● 選 B，僅說明物體仍為沉體
		1	● 選 B，無任何理由的說明
		0	● 選 A、C、D 選項
十	1	2	● 能畫出物體的正确力圖，並標示出重力、浮力
		1	● 能畫出物體力圖，但多了丁液體壓力
		0	● 其他
	2	3	● 選 A，說明物體呈力平衡，浮力等於重力，故較原先浮力大 ● 選 A，說明物體由沉體（浮力 < 重力）變為浮體（浮力 = 重力），故浮力增加
		2	● 選 A，僅說明物體變為浮體
		1	● 選 A，無任何理由的說明
		0	● 選 B、C、D 選項

題號	子題	分數	評 分 標 準
十一	1	2	● 能畫出木塊的正確力圖，並標示出重力、浮力及砝碼重力
		1	● 能畫出木塊力圖，但多了大氣壓力 ● 能畫出木塊的力圖
		0	● 其他
	2	3	● 選 A，說明木塊呈力平衡，故浮力等於重力，因重力增加則浮力也會增加 ● 選 A，因為放上砝碼後木塊在水中的體積增加，故浮力增加
		2	● 選 A，僅說明木塊仍為浮體
		1	● 選 A，無任何理由的說明
		0	● 選 B、C、D 選項
十二	1	2	● 能畫出鋁塊的正確力圖，並標示出鋁塊重力、浮力、砝碼作用力及底部支撐力
		1	● 能畫出鋁塊力圖，但多了水壓 ● 能畫出及標示鋁塊重力、浮力、砝碼作用力，但缺少底部支撐力
		0	● 其他
	2	3	● 選 B，說明物體仍在水中，且液面下的體積並未改變
		2	● 選 B，僅說明物體仍為沉體
		1	● 選 B，無任何理由的說明
		0	● 選 A、C、D 選項

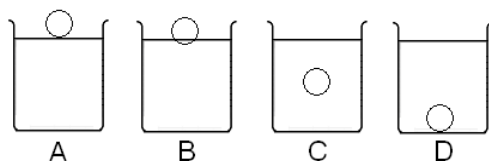
附錄三：訪談原案

T：研究者、S：訪談學生（編號 S05121，高分組女生）

T：這是一份學術性的研究，主要是想瞭解學生對浮力概念的理解情形。在聽完題目之後，可以思考一下，再回答出你的想法。訪談的過程將會全程錄音，以方便之後分析資料。可以開始了嗎？

S：可以了。

T：將一個保麗龍球放入水中，你覺得保麗龍球在水中的位置是？



S：嗯，我覺得會是 B。

T：為什麼呢？

S：因為水的密度比保麗龍球大，所以保麗龍會浮在水面上。

T：那為什麼不是 A 圖呢？

S：因為物體的浮力，會等於在液體中的體積和液體密度的乘積。所以會有一部分的體積沉入水中。

T：物體除了浮力之外，還有其他的作用力嗎？

S：有啊！

T：你可以一一說出嗎？

S：物體還會受到地球的吸引。

T：那是什麼力呢？

S：重力。

T：保麗龍球在水面時，除了浮力與重力之外，還有受到其它的作用力作用嗎？

S：應該沒有了！

T：你確定嗎？

S：嗯。

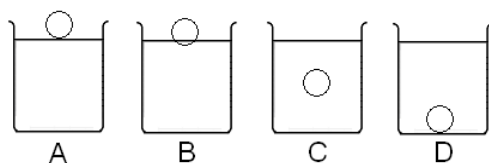
T：好，那你認為重力和浮力之間有什麼關係呢？

S：形成兩力平衡。

T：為什麼呢？

S：因為物體維持靜止呀！

T：若改將一個石頭放入水中，你覺得石頭在水中的位置是？



S：D。

T：為什麼呢？

S：因為石頭密度大於水呀！

T：除了利用密度判斷浮沉，還有其他的方法嗎？

S：可以比較重力和浮力大小。

T：怎麼比較？

S：重力大於浮力時，物體會下沉；重力等於浮力時，物體則會浮在水面。

T：那重力小於浮力呢？

S：應該不會出現這樣的情況吧！

T：你確定嗎？

S：應該吧！

T：那你可以說出石頭沉在水底時，受到哪些力的作用嗎？

S：有浮力、重力和底部的支撐力。

T：還有嗎？

S：沒有了。

T：這些力之間有什麼關係？

S：一樣形成力的平衡。

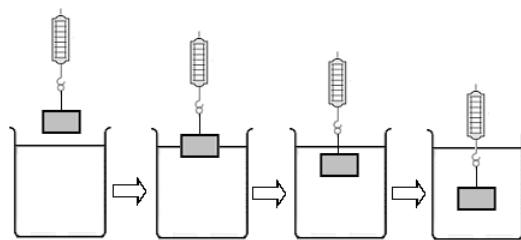
T：力的方向有什麼差別嗎？

S：浮力向上、重力向下。嗯.. 支撐力也是向上。

T：那力的大小呢？

S：浮力加上支撐力會等於重力。

T：接著是第2題，如下圖所示，將一個鋁塊懸掛於彈簧秤下方，將其緩緩沉入水中



你可以說出鋁塊懸掛於彈簧秤時，受到哪些作用力的作用嗎？

S：鋁塊受到彈力和重力作用。

T：這些力的方向呢？

S：彈力向上，而重力的方向向下。

T：作用力的大小有什麼關係呢？

S：彈力和重力大小相等。

T：當鋁塊沉入水中時，受到哪些作用力的作用嗎？

S：除了原本的彈力和重力之外，多了水所提供的浮力。

T：這些作用力之間有什麼關係嗎？

S：重力會等於浮力加上彈簧彈力

T：在鋁塊沉入水中的過程，彈簧秤的讀數有何變化？

S：彈簧秤的讀數會逐漸減小。

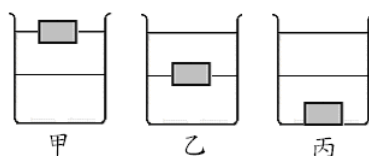
T：一直減小嗎？

S：不是，當物體都沉入水中之後，讀數就不再減小了。

T：為什麼呢？

S：因為浮力等於物體在液體中的體積乘上液體的密度，當全部沉入水中之後，浮力就不變了。

T：再來是第 3 題，在甲、乙、丙三個燒杯中，皆裝入兩種互不相溶的液體，再將一個相同的物體放入燒杯。所得浮沉情形如下：



你認為物體在三個燒杯中，所受的浮力大小？

S：選最大的嗎？

T：請排出甲、乙、丙三個燒杯中物體所受浮力的大小？

S：我不太確定耶！

T：沒關係，用你所學過的觀念去思考再回答。

S：嗯.. 乙最大，其次是甲，最後才是丙。

T：為什麼丙最小呢？

S：因為丙是沉體啊！沉體的浮力小於重力，才會沉下去。

T：那甲和乙呢？

S：甲和乙都浮起來，但是乙在液體當中的體積是全部的體積，所以浮力應該會比較大啊！

T：那你能說出甲受到哪些力的作用嗎？

S：甲受到重力和浮力作用。

T：乙呢？

S：乙受到重力和浮力.....。應該還有其他的力吧！

T：其他的力，是什麼？

S：我不太清楚耶，不然甲和乙的浮力就會一樣。但是它們在液體中的體積不同啊！

T：思考一下在回答。

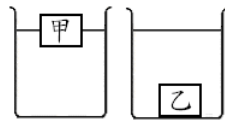
S：(沉默大約 10 秒)

S：可能是上層的液體的重力，會給乙一個向下的作用力吧！

T：可以再說一次乙受到的作用力嗎？

S：重力、浮力還有上層液體的重力。

T：最後是第 4 題，甲、乙兩物體為體積相同、密度不同的物體，將其放入裝水的燒杯中，所得的浮沉情況如圖一所示，若將乙放置在甲上方再放入水中，所得的浮沉情況為圖二所示



圖一



圖二

在圖一中，甲物體受到哪些作用力的作用？

S：重力和浮力。

T：力的大小關係呢？

S：重力等於浮力。

T：圖一中，乙受到哪些力的作用？

S：重力、浮力還有支撐力。

T：力的大小關係呢？

S：重力等於浮力加上支撐力。

T：在圖二中，甲物體受到哪些作用力的作用？

S：重力、浮力還有乙的重力。

T：這些力的方向呢？

S：重力和乙給甲的重力方向朝下，而浮力向上。

T：那圖二中，乙受到哪些力的作用？

S：重力、浮力還有甲提供的支撐力。

T：這些力的方向呢？

S：重力方向向下，而浮力和甲的支撐力方向則是向上。

T：在這些作用力中，有哪一些是互為作用力和反作用力嗎？

S：乙給甲的重力和甲給乙的支撐力是一組作用力和反作用力。

T：嗯，謝謝你，今天的訪談就到這邊，再次謝謝你的協助。