

國立台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

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

研究生：夏秋蘋

中華民國九十七年 七月

摘要

浮力的概念，在物理學當中是屬於重要且不容易學習的單元，學生必須統合之前學過的密度、體積、質量、壓力…等許多相關知識，並且要能掌握阿基米德的原理及物體在液體中抽象的受力情形，才得以架構出完整的浮力概念。鑒於近年來的基本學力測驗，有關浮力問題的答對率普遍偏低，研究者在學生解題過程中發現，普遍學生不太會使用物體在液體中受力比較的情形來解浮力的問題，許多可以用簡單的受力比較來解決的浮力問題，學生卻被其它複雜的想法所困住，反而無法解答。研究者查閱國內外十八篇相關討論浮力的文獻，尚未發現有從受力的比較觀點，來探討物體在液體中所受浮力的情形，因此本研究設計欲探討學生能否從物體受力的比較情形，來減少在浮力方面的學習困難，希望藉此提升學生在學習浮力的整體成效。

本研究主要從「力平衡」的概念為主軸，探討學生在使用物體受力的比較來理解「浮體」浮力、「沉體」浮力、「判斷浮沉」、「液體密度改變後的浮體」浮力、「液體密度改變後的沉體」浮力，這五個面向的浮力問題。本研究的浮力試題經由預試後確定信度、效度皆達到標準後正式施測。

研究結果發現：一、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。二、整體而言男生在浮力各向度的表現是優於女生的。三、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。

綜上所述，使用力的比較方式來解浮力問題可以減少學生在學習浮力的困難，而且可以提高浮力問題的答對率。

關鍵詞：浮力、迷思概念、兩力平衡

A student into the difficulty of ninth grade students in reasoning buoyancy problems from the perspectives of force comparison

Abstract

Buoyancy is an important but difficult concept in physics. Students need to integrate knowledge that they have previously acquired about density, volume, mass, and pressure. Moreover, they need to understand Archimedes' principle and concept of the abstract force on an object in liquid before they can completely frame the concept of buoyancy. In recent years, students also had relatively lower performance in solving problems related to buoyancy in the Basic Competence Test. The researcher found in their problem-solving process that most of them were not familiar with comparing the forces on an object in liquid to solve buoyancy problems. Many problems could be solved through comparison of forces, but students' minds were restrained by other complicated methods and could not solve the problems correctly. In a review of 18 local studies of buoyancy, it was found that none of the existing studies used force comparison to explore the buoyancy of an object in liquid. Thus, the purpose of this study is to investigate whether the learning of buoyancy would be easier for students through comparison of forces on object, so as to enhance the overall learning effectiveness of students' on buoyancy.

Based on the concept of "force equation", this study probed into the understanding of students on buoyancy from five perspectives, including buoyancy of "a floating object", buoyancy of "a sinking object", "judging whether an object is floating or sinking", buoyancy of "a floating object after liquid density has changed", and buoyancy of "a sinking object after liquid density has changed". Before the formal test, a pre-test of the test problems

about buoyancy was conducted to ensure validity and reliability of the test instrument.

The research findings were: (1) Students familiar with the concept of force equation demonstrated higher correct response rates in all aspect of buoyancy problems than those unfamiliar with the concept of force equilibrium; (2) Generally, boys outperformed girls in all aspect of buoyancy problems; (3) Students who used “force comparison” to solve buoyancy problems also outperformed those who used “density” to solve buoyancy problems.

To sum up, using force comparison to solve buoyancy problems could reduce the difficulty of solving buoyancy problems and also enhance the correct response rate.

Keywords: buoyancy, misconception, force equilibrium.

目錄

第壹章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的與問題	6
第三節 名詞界定	7
第四節 研究範圍及限制	8
第貳章 文獻探討	9
第一節 概念形成與改變的理論研究	9
第二節 有關迷思概念的研究	14
第三節 力平衡與浮力概念發展的相關研究	23
第四節 浮力迷思概念之相關研究	30
第五節 教科書的學習	42
第參章 研究方法	46
第一節 研究設計	46
第二節 研究對象	47
第三節 研究工具	50
第四節 研究過程	69
第五節 資料處理	70
第肆章 研究結果與討論	71
第一節 學生的整體表現	72
第二節 學生對於「力平衡」概念的理解	77
第三節 學生對於「浮體的浮力與重力」的理解	91
第四節 學生對於「沉體的浮力與重力」的理解	104
第五節 學生如何判斷物體在液體中沈浮狀態	116
第六節 學生對於「液體密度改變後對浮體的浮力影響」的理解	133
第七節 學生對於「液體密度改變對沉體的浮力影響」的理解	144

第八節 使用「密度」或「力平衡」模式解浮力問題之難易比較	154
第五章 討論與建議	162
第一節 研究發現與結論	162
第二節 建議.....	170
文獻參考	179
中文部分	179
外文部分	181
附錄一 浮力評量試題及參考答案	184
附錄二 從力平衡理解浮力評量題本各題評分標準	188

表次

表 2-1-1 有關概念的定義-----	10
表 2-2-1 學生迷思概念的成因與來源-----	14
表 2-2-2 迷思概念的特性-----	17
表 2-4-1 國內外有關浮力另有概念的文獻資料-----	38
表 2-5-1 九十五學年度國中自然科有關浮力課程內容表-----	42
表 2-5-2 部編本理化課程中有關力平衡和浮力的內容-----	42
表 2-5-3 南一版本理化課程中有關浮力和壓力的內容-----	42
表 2-5-4 翰林版本理化課程中有關浮力和壓力的內容-----	43
表 2-5-5 康軒版本理化課程中有關浮力和壓力的內容-----	43
表 2-5-6 浮力概念 -----	44
表 3-2-1 研究對象具備的力平衡與浮力相關概念-----	48
表 3-3-1 初版浮力試卷題本細目表-----	51
表 3-3-2 力平衡與浮力試題題本各題評分者信度-----	52
表 3-3-3 試題信度、答對率、鑑別度表-----	54
表 3-3-4 試題各向度信度表-----	55
表 3-3-5 題本設計的向度與因素分析的結果對照表-----	65
表 3-3-6 力平衡—浮力試卷之因素分析的樣式矩陣-----	66
表 4-1-1 所有學生個人分數與人數之累計表-----	72
表 4-1-2 學生在各向度間的差異比較表-----	73
表 4-1-3 男生和女生在各向度的表現表-----	74
表 4-2-1 力平衡-浮力題本第一題至第四題及統計分析-----	75
表 4-2-2 第一向度內各小題的答對率-----	77
表 4-2-3 男生、女生在第一向度的各小題答題表現表-----	78

表 4-2-4 能否掌握力平衡概念之群組在第一向度各題表現表-----	79
表 4-2-5 能否掌握「力平衡」概念的學生在其他各向度的答對率-----	80
表 4-2-6 能否掌握「力平衡」概念的男、女學生人數表-----	81
表 4-2-7 男、女生在第一向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念-----	82
表 4-2-8 男、女生在第一向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念----	83
表 4-2-9 能否掌握力平衡概念的男、女生在第一向度各題人數答題表現表----	84
表 4-3-1 力平衡-浮力題本第 5、6、7 題及統計分析-----	89
表 4-3-2 第二向度內各小題的答對率-----	90
表 4-3-3 男生、女生在第二向度的各小題答題表現表-----	91
表 4-3-4 能否掌握力平衡概念之群組在第二向度各題表現表-----	92
表 4-3-5 男、女生在第二向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念-----	94
表 4-3-6 男、女生在第二向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念----	95
表 4-3-7 能否掌握力平衡概念的男、女生在第二向度各題人數答題表現表----	96
表 4-4-1 力平衡-浮力題本第 8、9、10 題及統計分析-----	102
表 4-4-2 第三向度內各小題的答對率-----	104
表 4-4-3 男生、女生在第三向度的各小題答題表現表-----	105
表 4-4-4 能否掌握力平衡概念之群組在第三向度各題表現表-----	106
表 4-4-5 男、女生在第三向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念-----	107
表 4-4-6 男、女生在第三向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念--	108
表 4-4-7 能否掌握力平衡概念的男、女生在第三向度各題人數答題表現表--	109
表 4-5-1 力平衡-浮力題本第 11、12、13 題及統計分析-----	114
表 4-5-2 第四向度內各小題的答對率-----	116
表 4-5-3 男生、女生在第四向度的各小題答題表現表-----	117
表 4-5-4 能否掌握力平衡概念之群組在第四向度各題表現表-----	118
表 4-5-5 男、女生在第四向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念-----	119

表 4-5-6 男、女生在第四向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念--	120
表 4-5-7 能否掌握力平衡概念的男、女生在第四向度各題人數答題表現表--	121
表 4-6-1 力平衡-浮力題本第 14、15-1、16-1 題及統計分析 -----	131
表 4-6-2 第五向度內各小題的答對率-----	133
表 4-6-3 男生、女生在第五向度的各小題答題表現表-----	133
表 4-6-4 能否掌握力平衡概念之群組在第五向度各題表現表 -----	134
表 4-6-5 男、女生在第五向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念-----	136
表 4-6-6 男、女生在第五向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念--	137
表 4-6-7 能否掌握力平衡概念的男、女生在第五向度各題人數答題表現表--	138
表 4-7-1 力平衡-浮力題本第 15-2、16-2 題及統計分析 -----	142
表 4-7-2 第六向度內各小題的答對率-----	143
表 4-7-3 男生、女生在第六向度的各小題答題表現表-----	144
表 4-7-4 能否掌握力平衡概念之群組在第六向度各題表現表 -----	145
表 4-7-5 男、女生在第六向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念-----	146
表 4-7-6 男、女生在第六向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念--	147
表 4-7-7 能否掌握力平衡概念的男、女生在第六向度各題人數答題表現表--	148
表 4-8-1 「密度」或「物體受力」概念測試題目 -----	152
表 4-8-2 使用密度或力平衡概念解題的答對率-----	158
表 4-8-3 使用密度或力平衡概念解題的男、女生答對率-----	159
表 5-1-1 阿基米德原理的演示實驗紀錄表-----	170

圖次

圖 1-1-1 民國 96 年第一次基測的第 52 題-----	2
圖 2-3-1 浮力成因 -----	24
圖 2-3-2 阿基米德原理的第五個命題推理圖-----	26
圖 2-3-3 伽俐略對浮體現象之詳釋圖.-----	27
圖 2-4-1 初版本浮力架構概念圖-----	40
圖 2-4-2 修改後版本浮力架構概念圖-----	41
圖 2-5-1 阿基米德浮力實驗裝置圖-----	46
圖 3-4-1 研究流程圖-----	68
圖 4-1-1 學生個人分數與人數之分佈圖-----	70
圖 4-1-2 男生、女生個人分數與男女人數圖-----	71
圖 4-1-3 學生在各向度間的差異比較圖-----	73
圖 4-1-4 男生和女生在各向度的表現圖-----	74
圖 4-2-1 第一向度內各小題的答對率-----	77
圖 4-2-2 男生、女生在第一向度的各小題答題表現圖-----	78
圖 4-2-3 能否掌握力平衡概念的學生在第向一度各題的表現圖-----	79
圖 4-2-4 能掌握「力平衡」概念與否的學生在各向度的表現表-----	80
圖 4-2-5 能否掌握「力平衡」概念的男、女學生人數圖-----	81
圖 4-2-6 男、女生在第一向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念-----	82
圖 4-2-7 男、女生在第一向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念-----	83
圖 4-2-8 能否掌握力平衡概念的男、女生在第一向度各題人數答題率圖-----	84
圖 4-3-1 第二向度內各小題的答對率-----	91
圖 4-3-2 男生、女生在第二向度的各小題答題表現圖-----	92
圖 4-3-3 能否掌握力平衡概念的學生在第二向度各題的表現圖-----	93

圖 4-3-4 男、女生在第二向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念-----	94
圖 4-3-5 男、女生在第二向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念-----	95
圖 4-3-6 能否掌握力平衡概念的男、女生在第二向度各題人數答題率圖----	96
圖 4-4-1 第三向度內各小題的答對率-----	104
圖 4-4-2 男生、女生在第三向度的各小題答題表現圖-----	105
圖 4-4-3 能否掌握力平衡概念的學生在第三向度各題的表現圖-----	106
圖 4-4-4 男、女生在第三向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念-----	107
圖 4-4-5 男、女生在第三向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念-----	108
圖 4-4-6 能否掌握力平衡概念的男、女生在第三向度各題人數答題率圖---	109
圖 4-5-1 第四向度內（判斷沉浮）各小題的答對率-----	117
圖 4-5-2 男生、女生在第四向度的各小題答題表現圖-----	117
圖 4-5-3 能否掌握力平衡概念的學生在第四向度各題的表現圖-----	118
圖 4-5-4 男、女生在第四向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念-----	120
圖 4-5-5 男、女生在第四向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念-----	121
圖 4-5-6 能否掌握力平衡概念的男、女生在第四向度各題人數答題率圖---	122
圖 4-6-1 第五向度內（判斷沉浮）各小題的答對率-----	133
圖 4-6-2 男生、女生在第五向度的各小題答題表現圖-----	134
圖 4-6-3 能否掌握力平衡概念的學生在第五向度各題的表現圖-----	135
圖 4-6-4 男、女生在第五向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念-----	136
圖 4-6-5 男、女生在第五向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念-----	137
圖 4-6-6 能否掌握力平衡概念的男、女生在第五向度各題人數答題率圖---	138
圖 4-7-1 第六向度內（判斷沉浮）各小題的答對率-----	144
圖 4-7-2 男生、女生在第六向度的各小題答題表現圖-----	144
圖 4-7-3 能否掌握力平衡概念的學生在第六向度各題的表現圖-----	145
圖 4-7-4 男、女生在第六向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念-----	147

圖 4-7-5 男、女生在第六向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念-----	148
圖 4-7-6 能否掌握力平衡概念的男、女生在第六向度各題人數答題率圖---	149
圖 4-8-1 使用密度或力平衡概念解題的答對率 -----	158
圖 4-8-2 使用密度或力平衡概念解題的男、女生答對率-----	159
圖 5-1-1 阿基米德原理的演示實驗-----	170

第壹章 緒論

本章主要將分別就本研究的研究動機、研究目的、研究問題進行統整性的陳述，並針對本研究中所出現的重要名詞給予定義，以及就本研究所涉及的研究範圍與限制提出解釋。

第一節 研究背景與動機

鑒於近幾年來的國中基本學力測驗考題分析顯示，學生在有關浮力的題目答對率向來偏低，這顯示國內學生普遍對此單元的概念還不甚清楚，據國內外實徵研究顯示，「浮力概念」的學習是普遍學生感到困難的一環，而且從小學生到大學生與浮力相關的錯誤概念，並沒有遞減的現象（江新合，許榮富，林寶山，民 82；黃湘武和黃寶細，民 75；Stepaqs et al., 1986）。可見這個主題，有繼續追蹤探討及改進的空間，有必要在課程、教學與評量上重新檢討、修正與建構，進而引起研究者探究之動機。

學生從生活經驗中和小學自然課本中已認識到「浮起的物體受到浮力」，但是對「浮力的形成原因」、「下沉的物體是否受到浮力」等一系列較深入的問題，就比較會產生學習困難，在研究物體所受的浮力大小和浮沈條件時，就需要聯繫和綜合運用前面學過的許多基本概念和分析方法，如密度的概念，重力，二力平衡和平衡條件，液體內部的壓力的計算等，如果不注意它們之間的區別和聯繫，常常被表面上某些相似或聯繫迷惑，造成理解和應用上的錯誤，影響到後續課程的學習，因而造成學習上的困難。

在研究者多年教學中幫助學生解答不少有關浮力的問題深深感覺到，學生在此確實有相當多的迷思概念及另有想法。在試著深入了解學生的解題困難所在時發現，學生除了對浮力基本定義不清楚外，相當多的學生對物體在液體中所受「浮力」和「重力」兩者之間的關係是完全沒有概念的。也就是說學生在這個區塊是陌生的。然而許多看似困難的浮力題目，從「力平衡」這個觀點去解題卻可以使問題變的非常簡單，這個發現讓研究者感到訝異。以 96 年第一次基測的第 52 題為例（如下圖 1-1-1）：

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 1-1-1 民國 96 年第一次基測的第 52 題

此題經過研究者對多名不同班級的學生訪談後發現，答對的學生幾乎都是先算出此空心球的「密度」，然後根據比較物體密度是大於或等於、小於液體密度，再判斷該物體是沉還是浮。如此雖然可以找出答案，但若換個思考方式從「力平衡」的面向去解答就顯得更容易了。但令研究者驚訝的是，許多學生對「力平衡」這名詞感到非常陌生，更不用說使用到這個觀念來解題了！於是這個現象引起研究者想從「浮力」和「重力」兩者之間的關係去探討學生在「浮力」概念的學習困難。

然而學生對於不會用「力平衡」觀點來解浮力題目的原因，是由於老師沒教呢？還是教科書沒編入此觀點呢？抑或是學生不會呢？研究者查

了相當多有關浮力文獻都無法從過去的研究中找到答案，這更使得研究者想透過這個觀點來研究學生在學習「浮力」概念時有哪些困難，是否從這個觀點解釋浮力概念會使得學生更容易了解。

目前國內針對學生浮力概念方面的研究，主要在探討浮力概念的另有架構（郭重吉、吳武雄，1989）、迷思概念分析（江新合，1992；許榮富、林寶山，1992；張銘傑，1996；林俊義，2001；郭信宏，2005）、各種教學法（吳昆勇，2001）動態評量（莊麗娟，1995；劉家成 2002）、心智模型（蔡有財，1995）。其中從「動態評量」方面探討學生浮力概念的論文有：莊麗娟和劉家成，此兩篇論文著重於「動態評量」的探討；以學生「心智模型」或「聯想法」或「教學法」來探討學生浮力概念的有：蔡有財、張銘傑、吳昆勇，此三篇論文著重於學生「學習方式」的研究；又以不同區域、不同年齡的學生是否具有相同迷思概念方面探討浮力的論文有：江新合、許榮富、林寶山；而以國內學生在國中階段的浮力迷思概念晤談研究有：郭重吉、吳武雄和林俊義及郭信宏，郭重吉、吳武雄是國內較早從事研究國中生浮力的問題的先驅，陸續有不少學者專家研究關於浮力方面的迷思概念。

此外，劉翠伶（2002）以成年人「理化科職前教師」做研究對象，其研究發現，即使是從事理化教學工作的教師，他們在浮力概念上也不是全然都具有正確的概念，其中有相當多的教師有關浮力概念上也存有不少的迷思概念，可見浮力迷思概念是不分區域或年齡的普遍存在。

從以上 16 篇國內外的文獻中可發現，學生在學習浮力的概念上，的確普遍存有許多種類的迷思概念，例如，學生通常只利用物體密度、體積、或重量（質量）其中一項因素來判斷浮力大小，而忽略其他因素，或是錯

誤使用其它零碎繁雜的因素（錯誤應用浮力原理、物體形狀、接觸面積...等）。但目前尚未有從「物重」和「浮力」大小關係比較中去探討浮力概念和力平衡的關係，故研究者希望能從力平衡這個面向去探究學生對浮力的學習困難，以期發現一些被學者專家所忽略，但卻對學生在浮力概念學習上有幫助的觀點。

研究者在比較各版本的教科書後發現，多數的八年級自然與生活科技教材在浮力單元前一章節有合力的學習，說明兩力平衡要有三個條件：大小相等，方向相反，並兩力作用在同一直線上。後面的單元在接著介紹壓力與浮力，各版本的教材對浮力的介紹，多從日常經驗的體會使學生了解浮力的存在，並用簡單的實驗來驗證「亞基米得」浮力原理，即浮力等於「排開的液體重」，說明浮力大小和排開液重多少有關，排開液重又等於排開體積乘以液體密度，所以浮力和物體浸入液體中的體積多寡及該液體密度有關和物重無關。那麼如何解釋浮體和沉體的現象？及如何判斷一物體被置入水中是沉還是浮呢？教材中顯示要用「密度」來判斷，當物體密度大於液體密度時是沉，物體密度小於液體密度時是浮，物體密度等於液體密度時，物體在液中任何位置靜置。但是教材中並沒有說明理由，尤其在浮體浮力等於物重這一點，並未詳細將這個重要概念與「力平衡」的概念做連結，課本教材真正較深入介紹「力平衡」的概念是要到九年級的牛頓運動定律的單元。這樣可能使得教師在教此單元時，對浮體浮力等於物重的概念未使用到「力平衡」的概念做說明，而使得學生對此觀念不是很清楚。因此研究者試著從力平衡觀點來探討物體所受浮力的大小與物重的關係，是否可以從「力平衡」的觀點來幫助學生學習浮力概念？是否從「力平衡」的觀點來解釋沉體或浮體所受的浮力可以減少一些學習困難？

本研究之所以選擇「九年級」的學生為研究對象，是考量到目前各版

本浮力單元教材皆安排在八年級下學期的最後一個章節，學生在繁重的趕課中匆忙學完這一個單元，通常尚未吸收理解一些基本定義，接著就已經學期結束，成為九年級的學生，所以從課程安排及學生成熟度及理解力的三方面考量結果，研究者選擇以「九年級」的學生為研究對象。希望本研究結果能了解學生使用力平衡解決浮力學習的困難，減少學生學習浮力的困難，幫助學生澄清錯誤概念，提升學習成效，及提供教師教學上的參考，以期達到提高教學質量，培養學生的科學素質之目的，對教材之編輯有所助益。

第二節 研究目的與問題

一、研究目的

本研究的主要目的是希望能藉由「浮力」和「重力」的比較，探討國中生藉由「力平衡」的觀點來解釋浮力概念的情形如何。希望藉此研究能更了解學生在學習浮力時所遇到的困難，並提供教師教學上的參考，及對教材之編輯有所助益。

二、研究問題

根據上述研究目的，研究者發展出六個研究問題詳列於下：

- (一) 九年級學生對於「力平衡」的觀念理解是否有困難？如果有的話，困難為何？
- (二) 九年級學生從「物重等於浮力」這個兩力平衡概念來理解「浮體」的浮力問題是否有困難？如果有的話，困難為何？
- (三) 九年級學生判斷沉體的浮力大小是否有困難？如果有的話，困難為何？
- (四) 九年級學生判斷物體在液體中的沈浮狀態是否有困難？如果有的話，困難為何？
- (五) 九年級學生對於浮體在液體密度改變情況下，從「力平衡」的觀念理解浮體所受浮力不變是否有困難？如果有的話，困難為何？
- (六) 九年級學生對於沉體在液體密度改變情況下，從「亞基米德原理」及「力平衡」的觀念理解沉體所受浮力會隨著改變是否有困難？如果有的話，困難為何？

第三節 名詞界定

一、浮力 (Buoyancy)

物體在液體中所減輕的重量即為浮力，大小等於該物體所排開的液體重。

$$B = V \times d$$

B：浮力

V：物體浸在液體中的體積

d：液體的密度

二、兩力平衡 (Force equation)

當一個靜止的物體，同時受到大小相等，方向相反的兩個力作用，若這兩個力也沿著同一直線作用，則該物體將仍然維持靜止的狀態，我們稱這兩個力彼此平衡。兩力平衡的條件：**1.兩力大小相等。2.兩力方向相反。3.兩力作用在一直線。**

三、迷思概念 (Misconception)

個人所建構的概念知識，並補一定與科學上的概念相符合，有時是不完整的，甚至是完全錯誤的，科學教育者將此種與現行科學概念有抵觸、錯誤、不完備的概念，稱之為迷思概念 (Novak, 1988；郭重吉，1988)。Cobern (1988) 指出迷思概念來源有二：

(一) 學習者錯誤的理解，包括：

- 1、未受教育的知識。
- 2、錯誤的教學。
- 3、錯誤的訊息。

(二) 學習者本身的另有架構，即學習者對事物的看法，包括：

1. 學習者原有的想法，對科學自我的解釋，並非科學上的了解。
2. 學習者對科學有適當的了解，但於新學習中，無法與世界的觀點配合。

Fisher (1985) 指出學習者的迷思概念有以下共同特性：

- 1、此概念與專家的概念不同。
- 2、迷思概念普遍存在於少數人中。
- 3、迷思概念對於傳統的概念轉變教學具有很大的阻力。
- 4、迷思概念有時涉及信仰、歷史典故。

四、晤談 (interview)

本研究所使用的晤談法為半結構晤談 (semistructured interview)，研究者是先設計好一套晤談原案，作為晤談之大綱。晤談時要求學生對有關現象加以描述、解釋，在視學生的反應加入探測性問題，已深入了解學生的想法，此種晤談具有合理的客觀性，不論學生答對或答錯，晤談者以一連串的問題，一問一答，直到了解學生的可能想法為止。

第四節 研究範圍及限制

- 一、本研究範圍主要是針對學過國中理化教科書第二冊第六章浮力單元的九年級學生。
- 二、本研究取樣對象為台北市某國中九年級學生，四個班級共 77 人，研究對象的取樣上有其侷限性，而本研究結果只宜推廣至同類型的學校群體，不宜作過份的推廣。

第貳章 文獻探討

本章共分成五節。第一節為概念形成與改變的理論研究，針對概念的定義、概念的形成、概念的改變等議題做一分析；第二節為有關迷思概念的研究，探究何謂迷思概念及迷思概念形成的原因；第三節為浮力概念發展的相關研究，探討理論基礎和回顧相關研究；第四節為浮力迷思概念之相關研究，探討國內外學者對於探究學生對有浮力哪些迷思概念；第五節為教科書的學習，比較現今較普遍的版本教科書（翰林、康軒、南一）其浮力與壓力在編排上的順序，及其主要的內容和實驗。

第一節 概念形成與改變的理論研究

Kuhn 在 1962 年發表了“科學革命的結構”（Structure of Scientific Revolutions）一書，書中提到：「科學概念的改變過程中，對於新、舊概念的轉換，如同是進行革命一般」。此種觀點由科學教育學者引用而成為了概念改變研究的濫觴。學童在學習某些特定的科學概念時，容易產生迷思概念，所以使許多的學者相繼研究如何才能使學童的概念發生轉變，故使得概念改變的研究發展興盛起來。有關於概念改變的理論，有一些學者各自提出了不同的說法。例如 Posner 等人（1982）的同化與調適，Thagard（1992）的分枝跳躍與樹狀轉換，Hewson（1983）的概念獲得與概念交換，Chi（1992）與類別內與類別間的概念改變，Vosniadou（1994）的概念豐富與概念修正等理論。

依建構論的觀點，學習是一種概念改變，其目的是使學生錯誤的前置

概念，改變成為科學家的概念（熊召弟、王美芬，1995）。就科學概念而言，科學概念隨著學習的成長而一直在修正，修正的目的是使矛盾和模糊的地方更清晰，更具包容性。

Driver、Guesne 和 Tiberghien（1989）指出，了解學生想法的研究目的有下列三點：

- （1）選擇學生需要的概念來進行教學。
- （2）選擇適當的教學內容，除了讓學生了解自己的想法外，尚須提供可產生概念衝突的例子來幫助學生修正原先的想法。
- （3）給予教學活動恰當的表徵，因為學生會以自己的了解來詮釋題目，所以老師再呈現教學活動或題目時，要考慮學生的想法。

因此，教師從事教學的工作，不僅應當熟悉教授課程的內容外，對於學生在學習該課程時所具有的原有概念（prior-knowledge）、和迷思概念（misconception），也應當有所了解。

以下就有關國內外學者對概念的研究作一整理。首先研究者收集綜整有關“概念（Conception）”的定義，並將這些定義整理如下表：

表 2-1-1 有關概念的定義

年 代	研 究 者	定 義
1963~ 1995	Arone,Pella, Romey； 楊冠政，歐 陽忠仁	概念是一種認知過程（cognitive process）的觀念、符號或意念，使個體能概括抽象及理解的事物，而表現在有層次的結構上即為概念結構。
1979	Novak	概念存在於事件或物體的一致性，會以一些符號或象徵來定名。

1980	Tennyson & Park	概念是一系列具有共同特質的物體、象徵或事件，且可藉由特定的名稱或符號來表示。
1981	Mervis & Rosch	把個人的經驗加以歸納整理建立起來的範疇或類別，就稱為概念。
1986	Lawson	定義「概念＝心智模式＋語詞」，他強調心智模式並不是由的教學所能建構的，必須親自體驗才能得到，並藉由語詞的甲判，使學生連結心智模式及而產生概念。
1992	Bruner	任何概念均有三要素：1.實例（範例、類別、例證 Example or Exemplar or Instance）。2.屬性（或特性 Attribute）。3.屬性價值（或屬性範圍 Attribute value or range）。
1984	黃台珠	概念是學習的基本單位，亦為一心智的活體，是經由學習與經驗而來，且隨著成長而修正。以心理學領域而言，行為學派學者視概念為一群能產生某特定反應之相似刺激，認知學派者則視概念為一心智的活動。
1992	吳武雄、陳瓊森	日常生活中的概念通常是比較具體的事物，卻很難有明確、為人所共同接受的定義，而科學概念多數是抽象、有明確的定義、人造的或專門的概念。
1992	郭重吉	概念具有動態性質，是學習者接受外來訊息後，統整先前知識（prior knowledge）或先前概念（preconception）而建構發展出來的結果。
1994	饒見維	每一個人的心中都擁有無數的概念，每一個概都由許多的「事例」來形成其一意範疇或意義內涵。一個概念的意義範疇並沒有非常精確的界限，宛如電力場或重力場一般，只有一個逐漸往外減弱的意義範疇。饒見維將這種場性稱之為「概念場」，並指出概念場具有四個面向：事例、原型、定義、名稱。

1994	林生傳	所有認知都離不開概念化的作用（conceptualization），從知覺的形成至理論建立，問題解決的過程都要用概念為工具來進行。
1996	劉宏文	概念依其屬性形式大致分為下列兩大類： 1. 簡單概念：單一屬性，如紅色。 2. 複雜概念：由兩個以上的屬性共同界定，例如在「少女」這個概念中，「年齡」和「性別」兩個屬性缺一不可。 簡單的來說概念是：一群具有同特性之事物的總稱。
2001	張春興	概念分成兩類，一類是具體概念（concrete concept），指事物具體而顯著者，例如：椅子、杯子、車子等。另一類是定義概念（defined concept），所指的是不能用指認的方式來學習的抽象概念，只能用概念性的語文涵意來表示，例如：功、能、熱、力等。
2001	陳瓊森	概念是人類思考和解的工具，具備了概念，人類學習的最終目的解決問題才有可能達成。

總結上述各位學者專家的觀點，「概念」是人類認知外在世界、組織世界的一個基本單位。透過將事物概念化的過程，使得人類可以簡化複雜而多樣的現象世界，可見概念的形成對學習影響之重要。

此外我們也將從概念改變對學習的重要性著眼，了解學者們對於概念改變和學習之間所存在的關連。認知心理學家皮亞傑（Piaget）和奧斯貝（Ausubel）強調兒童認知結構對學習的重要性，使得科學教育學者對學生概念學習有了新的看法。另一方面，Linn（1987）指出，許多科學教育學者已對學生學習自然科學逐漸形成了趨於一致的看法如下：

- 1、 學生在學習的過程中，扮演了主動學習、積極建構的角色。
- 2、 在學習過程中有高階過程存在。

- 3、 學生原有知是在學習過程中扮演重要的角色。
- 4、 學習乃概念上的改變。

「學習即概念改變的歷程」，正是近年來科學教育學者較為接受科學學習的學習觀，由此可知，在教導學生科學知識前要了解學生原有的迷思概念並設法導正，才是有效的教學技巧，達到事半功倍的效果。Posner，Strike，Hewson & Gertzson（1982）在科學哲學的基礎上，提出了一個概念改變的模式，指出四個概念改變的必要條件：

- 1、 對自己的先前概念產生不滿意（dissatisfaction）
- 2、 要提供亦於領悟（intelligible）的其他條件
- 3、 此條件是合理的（plausible）
- 4、 此條件是更有效果的（fruitful）

由此可知，要使學生發生概念改變達到學習的效果是不容易的（楊文金，1995）學生學習之後，即使產生了概念改變，但經過一段時間後，學生又會自動地回復他原本的舊有概念，亦即「概念回歸」的現象是必然發生的。

概念學習的另一個困難在於迷思概念（misconception）的存在。許多的學者指出，學生原本的想法與正統科學的概念不同；而學生的原有想法可以稱為原有知識（prior knowledge）、迷思概念（misconception）、兒童科學（children's science）、先前概念（preconception）、直覺概念（intuition）、另有架構（alternative framework）、自發性知識（spontaneous knowledge）等等。Stepans，Beiswenger，Dyche（1986）指出，迷思概念是不容易消除的，面對一個新的科學術語時，學生對他原有的錯誤概念會加以潤飾而非放棄它。

第二節 有關迷思概念的研究

迷思概念的研究是來自於建構的主張，建構主義以學生為本位的教學，有助於科學教育的傳達。從概念的發展、聯結與分析，導出學習者所具有的最初想法，從而明瞭與發現學習者所具有的迷思概念。因此，迷思概念的診斷與釐清有助於教學的進行，經過概念改變的教學或引導，才能教學與學習成為有效的活動。就科學知識本身而誓，學習新的知識又以舊有的知識經驗作為基礎，依靠學生認知結構進行同化，這過程就是知識的正遷移；相反的，這過程產生的消極作用就是知識的負遷移。當學習概念混淆不清時，負遷移對科學學習的干擾就可能表現在定理、公式、法則的誤用，及範例的應用錯誤等等情形。以下研究者試圖從**迷思概念產生的原因及其特性與迷思概念的研究方式**，討論過去中外文獻對迷思概念的論點及看法。

一、迷思概念產生的原因及特性

迷思概念產生，可能源自於學生日常生活經驗的自我學習所得；也可能來自於學生對老師機械教學的一知半解（呂溪木，1985）。以下是國內外一些相關研究所提出的看法，並將國內外對於迷思概念成因的文獻大致整理如下表：

表 2-2-1 學生迷思概念的成因與來源

年代	研究者	迷思概念的來源
1982	Sutton & West	1. 直接的實際經驗。 2. 可使用的日常用語，特別是可使用的隱喻。 3. 同儕所認同及鼓勵的信念和看法。

		4. 正式或非正式的教學。
1983	Osborne, Bell & Gilbert	1. 學習者易以個人為中心或是以人類為中心來看事物，只考慮事物的本質，並且直接從日常生活來建構知識。 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。
1985	Fisher	迷思概念來自文字的聯想、知識的混淆、知識的衝突與知識的不足。
1986	Shuell	迷思概念來自於正確與錯誤的科學知識之交互作用。
1986	Head	迷思概念的來源有五項： 1. 從日常的經驗與觀察（From Everyday Experience and Observation）。 2. 從類比所產生的混淆（From Confusion about the Analogies）。 3. 從隱喻字眼的使用（From the Use of Metaphors）。 4. 從同儕文化（From the Peer Culture）。 5. 來自一些天賦的觀念（Innate Origion of Some Ideas）。
1987	Reif	迷思概念來自於學生片面知識的誤解或誤用。
1989	Cobern	1. 學習者錯誤的理解： (1) 未受教育的知識。 (2) 錯誤的教導。 (3) 錯誤的訊息。 2. 學習者本身的另有架構，及學習者對事物的看法： (1) 學習者既有的想法，對於科學的想法，主動的發生障礙。 (2) 學習者的了解並非是科學上的了解。 (3) 學習者對於科學有適當的了解，但在新學習中，無法與世界的觀點配合。
1985	Driver	1. 知學支配思考：在問題的情境下，學生的思考建立在可觀察的特徵上。

		- 限制性的聚焦：在問題的情境下，學生的注意力集中在特別的知學特徵上。 - 變化勝於穩定：屬於限制性聚焦的一種，學生注意事件的連續或狀態隨時間的變化。 - 線性因果推理：當學生解釋變化時，他們的推理傾向於遵循一個線性的因果關係。 - 相混淆的概念：有些概念學生使用上無法區分且相互混淆，傾向更總概性與全面性。 - 概念依賴情境：學生用不同的概念去詮釋同一個狀況，即不一致概念引入相同狀況。
1996	Duit 王美芬 等譯	- 感官的印象。 - 日常用語。 - 大腦內部構造。 - 學生在社會環境中的學習。 - 教學。
1996	Stepans	- 教師對學童迷思概念缺乏察覺心（awareness）、興趣。 - 日常生活語言和隱喻。 - 教師認為建構時只要涵蓋概念，學生就能立即學會。 「話語用字就可代表是否理解」的假設。 - 教科書的誤導。 - 教師過份強調講述法。
1995	謝秀月	- 生活經驗的影響。 - 日常用語的影響。 - 學科背景知識不夠。 - 教科書與教學上的誤導。
1998	洪瑞英	- 受先前知識的影響。 - 受日常生活直覺經驗及日常生活用語的影響。 - 受正式教學的影響。 - 受非正式教學的影響。 - 受學生的個人因素或特質的影響。

其中有關浮力另有概念的來源綜合了許多學者的看法，歸納出五種主要來源（洪瑞英，1998）：

- （一）受先前知識的影響：重量是判斷浮沉的依據，重量愈重、浮力愈大。
- （二）受日常生活直覺經驗及日常生活用語的影響：水越深、浮力越大。
- （三）受正式教學的影響：教師上課語意不清，會造成學生的另有概念。
- （四）受非正式教學的影響：家用的瓷碗輕放在水面上，會沉入水中，因為瓷碗密度大於水。
- （五）受學生的個人因素或特質的影響：學生有自己的想法與看法，會影響學習的效果。如小華從淺水區走到深水區，其浮力變化如何？因水都是一樣，所以浮力不變。

對於另有概念的研究，物理起步雖快，惟對質量、重量、密度與浮力的相關主題部分的研究並不多，仍待努力。

而從上述迷思概念產生的原因，可看出迷思概念大多受到學生的經驗、先前知識、教科書內容等的影響，因而受到科學教育界普遍的關注。另外，我們也可以從不同學者所提出的迷思概念特性中看出科學教育界對科學迷思概念的重視，所以研究者也將學者們的論點整理成下表：

表 2-2-2 迷思概念的特性

年代	研究者	迷思概念特性
1985	Fisher	1. 迷思概念和專家所擁有概念存在差異性 2. 單一或少數迷思概念具有普遍性 3. 大部的迷思概念很難改變，由傳統的教學方式很難改變迷

		思概念 - 迷思概念有時包含另有概念系統，這些系統是學生將命題在自己的認知中連結而成的 - 某些迷思概念和科學概念早期的發展是平行的，也就是說現在學生所具有的迷思概念可能是過去大家所能接受的想法
1985	Driver、 Guesne & Tierghien	- 迷思概念的想法是個人的：個人對於操作相同的實驗、聆聽同樣的教學，會有不同的解釋，甚至以自己的發法來內化經驗，建構出自己的意義。 - 學生迷思概念的想法有實是不一致的：兒童不了解科學知識前後一致的重要性，常常缺乏概括一個範圍的單一模型（抽象化的能力）。 - 迷思概念具穩定性的：學生對於學到的概念，常以自己的內再想法或架構加以詮釋。因此，會有其獨特的解釋方法，而且常在教學後，仍不會改變。 - 迷思概念是動態發展的：學生對於同一概念的內涵與程度有不同的發展，會因年齡或經驗增長而有所改變。
1994	鍾聖校	- 過程性：迷思概念是在概念發展或概念學習中出現 - 不完備性：受訪者對問題思考不周全，以致呈現出來的概念是片面或零碎的 - 非正統性：迷思概念不同於正統的、科學家的觀點 - 思考性：迷思概念無論造成思考結果的方式是直覺、錯誤的類比、不正確的推理或不成熟的運思，含有概念思考的成分 - 個別性：許多迷思概念是相當特別的，屬個人特有，是學習者將訊息內化，用自己的經驗來建構事物的意義 - 普遍性：某些迷思概念存在於某一年齡層或某一文化族群 - 不穩定性：學生缺乏正確概念時，其迷思概念具有相當的不穩定性，容易出現，也容易拋棄。 - 頑固性：有些迷思概念根深蒂固，不易改變

2002	林楷植	1. 不易改變 2. 不是完全錯誤 3. 先前知識不是孤立存在，而是某一概念生態的一部分
1986	張川木	1. 非僅存於特定學科領域，而是存在所有學科裡。 2. 存在不同國度的學童及年齡層中。 3. 似乎是導源且符合於日常生活經驗，不因為傳統教學法而有所改變。 4. 學童所發展出來的迷思概念在科學史上也曾有類似的先例產生。
1989	郭重吉	1. 迷思概念具有別於同領域專家的概念。 2. 迷思概念具有同時存在不同個體的普遍性。 3. 迷思概念大多數都難以傳統教學加以扭轉。 4. 迷思概念可能是同一領域中，早期所能被接受的想法。 5. 迷思概念常與其他概念架構，藉由演繹思考或教學而產生連結。 6. 迷思概念形成的原因可能為神經、基因、生活經驗或教學環境等因素所影響。

綜合以上各研究者對於迷思概念所具有的特性描述來看，學生的迷思概念有時是很難改變的，但還是有那麼多的研究者投入在迷思概念的研究上，其目的不外乎是為了：追求教學卓越、修正學生迷思概念和瞭解迷思概念的內容與原因。

二、迷思概念的研究方式

用來探究學生有關科學迷思概念的方法有許多種，普遍的方法如：利用針對特定科學主題的開放性問題對學生進行晤談，Osborne 與 Gilbert（1980）便提出多種進行此種晤談的歷程形式；而 Halloun 與 Hestenes（1985）則採用選擇測驗題的方法來研究學生的科學迷思概念。然後，利

用晤談法來進行對學生迷思概念的研究雖然能夠獲得豐富且完整的資料，但是實際上相當耗時的，對於研究者或教師而言，難以得到較多的樣本，並不是一個有效率的方法；但是，若使用多重選擇題的方式，可能無法較深入的瞭解究竟學生的迷失概念發生在那個階層中。於是有些學者便採用二階式多選題的方法（two-tier multiple-choice instrument）來進行研究（Haslam & Treagust, 1987）；近來更有人以畫出概念圖（concept maps）的方式來探究學生的迷思概念（Arnaudin et al., 1984; Wallace & Mintzes, 1990; Hazel & Prosser, 1994; Mitzes & Jones, 1994）。在許多的研究中，研究者通常不會使用單獨一種方式，他們通常會使用兩種或兩種以上的方式（Osborne, & Cosgrove, 1983）。

國內學者鄭湧涇（2000）曾指出一般的評量目的是在瞭解受試者會不會，受試者答案對不對，因此不易測出受試者的學習困難，或是存在哪些迷思概念，他認為要診斷科學概念的方法有以下兩種方式：

（一）晤談（interview）：

1. 晤談方式：可分為臨床晤談（clinical interviews）、皮亞傑式晤談（Piagetian interviews）與放聲想（think aloud）等方式。
2. 晤談結構設計：可區分有結構式（structured questionnaire）、半結構式（semi-structured questionnaire）與無結構式（unstructured questionnaire）等三種方式。
3. 晤談的性質：將學生視為專家、晤談者視為學者、要注意平等對話、檢驗與檢查過程。

（二）診斷測驗：

1. 傳統選擇題型式（conventional type）：

劉俊庚（2002）根據國外學者文獻綜整出選擇題形式具有下列幾項優點：

- (1) 教室中最容易實施的一種診斷方式，因為它易於執行與評分。
- (2) 分析時，比概念圖或訪談所需時間更短。
- (3) 比是非題具有較低的猜對率。
- (4) 可用在大量的受測者，作為統計的評估。
- (5) 可當作教學前的測驗，來診斷學生的迷思概念。

2. 二段式選擇型式（two-tier）：

Treagust 和 Fraser（1995）認為二段式測驗也可以有效的診斷出迷思概念，其流程如下：

教材結構分析，確定命題知識敘述→發展概念圖→命題知識陳述
連結概念圖→內容效度化→探查有關文獻→進行開放式晤談→發展允許自由回答的選擇題→發展二段式的診斷工具→設計雙向細目表→繼續修正，等十個步驟。

3. 簡答題型式（constructed-response type）：

簡答題的型式可以探究學生對問題認知的程度，並且可以深入瞭解學生的多概化的想法與思維，不會受制於選擇題答案的選項，同時可以免選擇題容易猜題的缺點，但由於簡答題型式對於不耐文字表達的學生，容易繳交空白卷，且對於學生答案分類不易是其最大的缺點。

為使一些科學學科迷思概念的研究獲得更多結果，及能更有效、實際地應用於教學現場上，有些學者提倡發展二階段式（two-tier）概念診斷測

驗之必要性 (Odom & Barrow, 1995 ; Treagust, 1997)。Treagust (1988,1997) 指出，雖然晤談法可深入探究學生的想法，但其具有耗時費力的顧慮，故在一般班級人數多的教室中，教師較易於用以確認學生的迷思概念的方法，還是以紙筆式為多。因此，若能針對某依特定的學科內容，應用既有的研究發展為基礎，設計成紙筆式、選擇題型的二階段式診斷測驗，當更可幫助科學教師了解學生在教學前、後所存的迷思概念，以對症下藥。此外，隨著認知心理學理論的發展及其在科學教育研究上的廣泛應用，現今的教學評量應妥善結合認知科學與心理計量的原理，發展出能夠診斷學生學習錯誤並能測知思考機制的認知診斷評量工具，如此方能真正幫助師生達成教與學的成效。迄今，二階段式的診斷測驗已陸續發展且應用於數學、物理、化學及生物等學科。

第三節 力平衡與浮力概念發展的相關研究

過去 40 年來，科學教育研究者在孩童認知發展方面，探討過許多孩童在學習浮體概念的一些想法。首先，研究孩童詮釋浮體概念的文獻報告，出現在 Inhelder 和 Piaget (1958)，其主要研究重點是擺在如何從孩童身上得到認知指標的發展層。往後數年 Piaget's 浮體的認知發展研究工作已被視為一種研究工具。Rowell 和 Dawson(1977, 1981, 1983)應用 Piaget's 研究的成果應用到學校班級上，以幫助學生學習浮體的現象；在某些研究上發現學生在不同的年齡層及處在不同的文化背景時，持有特定的浮體概念 (Biddulph, 1983； Hewson, 1981, 1986; Hewson & Hewson, 1983)。

在課程的發展方面，一些學者以浮體為主題來設計教學模式 (Biddulph & Osborne, 1984； Simington, 1983)，並使浮體去探究孩童對於訊息的處理能力 (Halford, Brown, & Thompson, 1986)。此外，亦有使用電腦教學來模擬浮體概念之發展。(Smith, Snir, & Grosslight, 1986, 1987)。Snir (1991)則是從歷史的發展觀點分析不同時代的專家對浮體現象的詮釋。由於 Snir 從歷史的發展觀點，分析專家當時的詮釋系統及其詮釋系統對情境的受限性，藉此，試圖來了解當今孩童學習浮體現象的困難及原始想法，甚具參考價值。

其實從浮力的詮釋系統不難發現，浮體所受的力最終會達到一平衡狀態，因此本節試圖了解如何連結力平衡及浮力兩大概念。首先先簡單說明**兩力平衡的意義**：當一個靜止的物體，同時受到大小相等，方向相反的兩個力作用，若這兩個力也沿著同一直線作用，則該物體將仍然維持靜止的狀態，我們稱這兩個力彼此平衡。在生活中有關兩力平衡的實例如下：

1. 天花板上靜止的吊燈。（重力與繩子的拉力平衡）
2. 靜置在桌上的書本、浮在水面上的船等。
3. 拔河比賽中，堅持不下的兩個隊伍。
4. 靜止於水中的木塊，受到的浮力與重力。

值得注意的是，當合力等於零時，物體不一定是呈現靜止狀態，有可能使做「等速度運動」，根據牛頓第一運動定律，當物體不受外力或所受合力為零，物體靜者恆靜，動者恆做等速度直線運動。但反之，若物體呈現靜止時，可推知其合力等於零。

再者說明浮力的成因。在北京的初中物理（1993）中即說明當物體浸入液體（或氣體）時，都會受到液體（或氣體）對它豎直向上的浮力作用；而物體浸入液體又可分為兩種情況：一是物體完全浸沒在液體之中，這時物體的排開體積（ $V_{\text{排}}$ ）＝物體的原來體積（ $V_{\text{物}}$ ）；二是物體的一部分浸在液體中，即物體漂浮在液體表面上，這時 $V_{\text{排}} < V_{\text{物}}$ 。浮力是由於浸入液體的物體，下表面所受向上壓力 F' 大於它的上表面受到向下的壓力 F 而產生的；浮力的大小等於 $F_{\text{浮}} = F' - F$ ，其方向是豎直向上的（如圖 2-3-1），浮力的施力物體是物體周圍的液體，物體的左右兩側面、前後兩側面，受到的壓力都是大小相等、方向相反，互相平衡的。

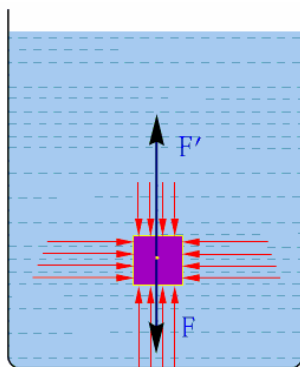


圖 2-3-1 浮力成因（北京：人民教育出版社，1993）

沉在容器底部的物體是否受浮力的作用？關鍵是看物體的下表面和容器底面之間有沒有滲進液體，如果物體的下底面和容器的底面之間有滲進的液體，物體就受到浮力，如果物體的下表面和容器的底面接觸緊密，或者物體就是容器底面的一部分，以致物體的下表面緊貼在底面上，不能滲進液體，那麼物體就可能沒有受到浮力的作用。

（二）阿基米德原理

浸入液體裏的物體受到向上的浮力，浮力的大小等於它排開的液體受到的重力，這就是著名的阿基米德原理。阿基米德原理公式表示如下：

$$\text{浮力} = \text{排開的液體重} = \text{液體的密度} \times \text{物體在液中的體積}$$

浮力大小只與液體的密度、排開的體積有關，而與物體浸入液體的深度沒有關係。阿基米德原理不僅適用於所有液體，而且也廣泛地適用在一切氣體中，阿基米德原理是計算浮力最普遍適用的規律。

（三）物體的浮沈條件

全部浸沒在液體中的幾個不同的物體，有的上浮，有的下沉，是由於它們受到的重力 G 和浮力 F 的相對大小而決定的。當 $G > F$ 時，此時，物體密度 $>$ 液體密度，物體受到方向豎直向下的合力，因此物體在液體中下沉。當 $G_{\text{排}} < F$ ，此時，物體密度 $<$ 液體密度，物體受到方向豎直向上的合力，因此，物體在液體中上浮。當 $G_{\text{排}} = F$ 浮，此時，物體密度 $=$ 液體密度，形成二力平衡的狀態，根據平衡力作用下物體的運動可知，物體可以懸浮在液體中的任何深度處。上述條件對空心物體同樣可以適用，此時物體密度可以看作是該物體的平均密度。

另一方面，關於專家所詮釋的浮體系統，蔡有財（1994）認為從人類對浮體詮釋的歷史發展分析可大致區分成三大詮釋系統：（一）阿基米德

(Archimedes) 詮釋系統，(二)伽俐略 (Galileo) 詮釋系統，以及(三)現代物理學家詮釋系統。茲簡述如下：

(一) 阿基米德 (Archimedes) 對浮體現象之詮釋系統

阿基米德以浮體在兩個假想容積中進行研究而提出他的浮體理論。他所提的浮體原理不但可預測物體沉沒在水中的部份而且，也證明了一個物體在液體中的重量，進而解決國王的皇冠體積難題。阿基米德對浮體研究，一開始是對液體性質作一假設，再經由數學及邏輯運算，從此一假設導出九命題。

阿基米德假設流體是連續及均勻的。流體每一部份的任何一點被圍繞在其四面八方的液體推擠，其施力方向垂直於其表面上。此外，阿基米德定義流體的平衡狀態，為流體的每一部份不受任何動量時，即是液體的平衡狀態，進而再推出九個命題狀況來。以下是阿基米德所推出的第五個命題並將加以說明，這也是他對浮力原理的主要中心思想。命題五的內容為：任何比流體來得輕的固體，如放入液體中，則固體的重量將等於排開液體的重量。

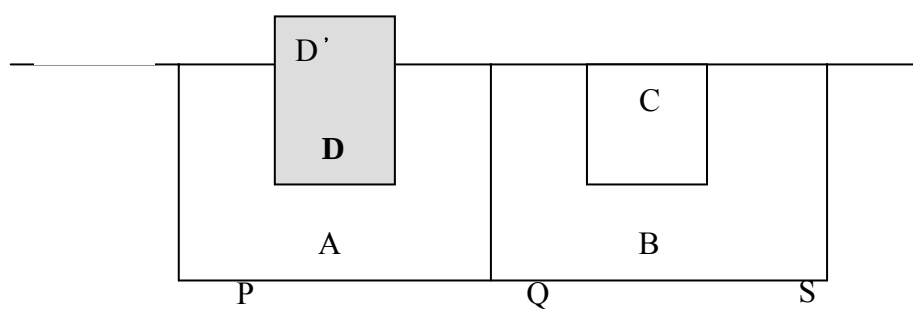


圖 2-3-2 阿基米德原理的第五個命題推理圖

命題五的推理說明如下，假設 A 和 B 表為兩個全等假想的無限大容器（如圖 2-3-2）。容器 A、B 的上表面為 S，下表面為 PQR 設固體 D' 在容器 A 內漂浮著，當液體是靜止時，D 是 D' 沉入液體

中的部份，現在假設 C 是液體在容器 B 的一部份在且其體積等於 A 中的 D。因系統是靜一的，亦即液體處在平衡狀態。所以固體 D' 重量必須等於液體 C。否則，PQ 面與 QR 面所承受的重量將不相等。因此，D' 的重量等於體積 D 的液體重。

阿基米德對液體性質提出一個假設並建構了這些命題的證明情境，這就像在作幾何證明一樣。在假設下定義系統維持平衡的條件，進而推論產生命題。推論的平衡機制是決定於平行液體表面的底面上之重量平衡。阿基米德以液體為思考對象，來推論它的假設，證明液體表面間的抽象交互作用力。

（二）伽俐略（Galileo）對浮體現象之詮釋系統

伽俐略對浮體現象的研究首先他意識到對「等重量」（equal weight）與「比重」（specific weight）加以辨別。他界定「比重」為兩個物體在一定的體積下有相同的重量，稱之；而所謂「等重量」是為只要兩物體的重量相同即是。之後，伽俐略又嘗試定義「力矩」（moment）來更進一步釐清重量的概念。伽俐略詮釋浮體現象是建立在有限的容器中所作的觀察實驗（圖 2-3-3）。

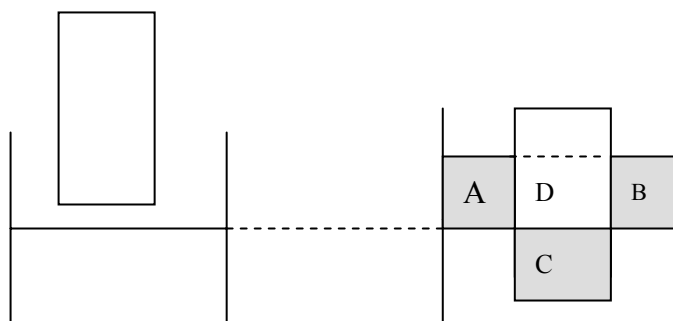


圖 2-3-3 伽俐略對浮體現象之詳釋圖

從這個有物體浮在液面上的容器中，他發現到阿基米德原理詮

釋浮體現象的受限性。因為，實驗觀察到少量的水即可將比它重達數倍的物體稱起浮於水面。因而，他懷疑阿基米德原理的排開液體重等於物體重，有局限性並不完美。並且真正的測量到在有限的容器中，沉沒的物體所上升的水量只等於未放物體之水面下的部份，從圖中顯示，即 $C=A+B$ ，而此時物體沉入水中的全部為 $D+C$ 。由此可發現，少量的水即可將物體撐起，這以阿基米德原理是無法加以詮釋成功的。

（三）現代物理學家對浮體現象之詮釋系統

當代物理學家以一種更簡便的觀點來詮釋浮體現象——位能 (potential energy)，物理學家對位能的主要觀念是：當一個物理系統達成平衡狀態時，其總位能處在最低點。設系統是由一容器裝有液體所產生，處在平衡狀態。此時，若將一物體放入液體中，很明確的物體變成系統的一部份，而且，物體已破壞了系統的平衡狀態，對整個液體的質心而言，是處在物體質心之下，因而加入物體後的系統將尋求另一個平衡點。一開始，物體質心具有較高的位能，而液體質心則未能較低。所以，物體將損失位能傳遞到給液體以增加位能這暫態的瞬間過程一來一往，直到系統位能達到最低點時，才會停止中斷。假如系統位能未達最低點，亦即系統尚未在穩定狀態，物體就已全部沒入液體中，則物體的最終結果，當然是沉入液體中。同理，當系統位能到達最低點時，物體漂浮在液面，那麼物體將永遠浮於液面上。

以上從歷史的發展觀點分析當代物理學家對浮體原理的研究貢獻，計有三個時階段(一)阿基米德之詮釋系統(二)伽利略之詮釋系統(三)現代物理學之家詮釋系統。首先，阿基米德原理主要是以重量概念加以詮釋，認

為處在無限大的容器中，浮體的重量將會被其排開的液體重量所平衡。其次，伽俐略從現象的觀察發現到阿基米德原理的局限性。而進提他的浮體詮釋模型，主要是以物體的「比重」(specific weight)及「力矩」(moment)概念解釋，認為處在一個有限容器中，浮體的「力矩」將會被環繞其四周的液體所平衡。最後，現代物理學家則是以能量觀念加以詮釋，認為處在一個動態的浮體現象中，液體位能的增加乃藉由物體位能的損失加以補償，最後達到平衡狀態。由以上的探討研究者得到啟示，科學概念的發展歷程，從日常生活的現象觀察是相當重要的一個必然過程，由此不借可以激發每個人的學習動機，更可以促成科學知識的進展。

第四節 浮力迷思概念之相關研究

有關浮力的迷思概念以往的研究文獻頗多，在外文文獻中，Hewson (1986) 曾針對西方或是非西方學生了解他們在學習科學時是否具有共同的迷思概念，Hewson 以紙筆測驗及晤談法進行研究，研究對象為 40 名 14-22 歲南非地區的中學生。**結果發現：**學生無法正確解題的原因，出現在他們缺乏「密度」的正確概念，尤其是對「體積」做了錯誤的推論。發現大部分學生在解題時，往往受到「重量」因素的干擾，只有少部分學生能參考「體積」因素作正確的判斷。Hewson 認為，學習科學時，不論是西方或是非西方所面對的問題是相同的；兩者的概念改變，皆與先前所累積的知識有關。而多數的學生在學習關於物體在水中沉浮的問題時，會產生困難，是因為遺漏體積的概念，或對質量／體積、密度等等存在許多的另有概念。

而在國內國科會的專題研究報告部分，有郭重吉、吳武雄（1989）以及江新合、許榮富、林寶山（1991）針對學生浮力的迷思概念進行研究。郭重吉、吳武雄利用晤談方式探查國中學生對浮力問題的另有概念，其研究結果指出國中學生浮力概念的另有架構有下列各點：

1. 物體浮在水面，因為它是中空的。
2. 物體浮在水面，因為它所受的浮力比較大。
3. 水越多的話，物體在水中浮出的體積越多。
4. 物體浸在水中時，物體頂部所受水的向下壓力等於其底部所受向上的壓力。
5. 物體浸在水中時，物體頂部所受水的向下作用力和物體所受水的浮力剛好抵消。

江新合、許榮富、林寶山（1991）則針對不同年齡、不同性別、不同地區的學生，了解學生對浮力概念有哪些共同的迷思概念，以及迷思概念形成的原因，他們利用紙筆測驗及晤談法收集學生的相關資料，其結果發現浮力的迷思概念普遍存在於不同年齡、不同性別、不同地區、不同思考層次（具體操作期、過渡期、形式操作期、及高層次形式操作期）的學生群中，尤其是過渡期學生，最容易受迷思概念的影響，研究中也指出，學生往往以生活經驗去取代課堂上所學的正確概念，甚至用不相干的新概念（如：表面張力、分子力等）來解釋浮力現象，形成迷思。

蔡有財（1994）欲探討國二學生面對物體沉浮現象相關問題情境時，學生建構浮力概念的心智歷程及認知層次，並以現象學詮釋學生面對物體沉、浮概念的理解，換句話說他採用胡塞爾現象學本質理念為基礎，配合後時正哲學理念及社會認知建構點之研究方向；由理論架構設計以密度、壓力、及體積三種不同題形的學生樣本及資料編碼系統，以紙筆測驗的形式收集學生資料。其研究結果得到學生以現象學本質方法經由三組不同面相—密度、壓力、體積型學生之建構浮力理解的心智模型。而從現象學本質方法——研究結果如下：學生意識到使用壓力概念來詮釋浮力現象最佔優勢，其次是使用密度概念，最後是使用體積概念。

莊麗娟（1995）探討動態評量對鑑定受試者能力差異的區辨效果、提升受試者解題能力的助益效果力、以及動態評量提示量對評估受試者未來表現的預測效果。她採用紙筆測驗及晤談法，研究對象為國小六年級學生依受試者智力測驗成績，分成高中低三組，並隨機分派至實驗組與控制組，實驗組接受動態評量，控制組接受靜態評量，樣本總人數 90 人；研究結果發現動態評量能有效區辨學生在「學習能力」以及「遷移能力」的差異。

張銘傑（1996）則是利用「概念聯想」及「浮力概念試題」來探究國二學生的浮力概念及概念結構，試圖發展出一個有效的方式來探查學生的科學概念及概念結構，以供概念學習之研究者或學校科學教師作參考。經由四名個案學生的概念聯想晤談資料、認知結構圖以及紙筆測驗資料來分析個案學生的浮力概念及概念結構，並從分析的結果來探討概念聯想晤談法在探查學生科學概念及概念結構上的成效。其研究結果：藉由概念聯想晤談法，能動態地診斷出學生的問題與迷思概念，而作出立即的確認與回饋。對於學生科學概念及概念結構，既能保有傳統紙筆測驗，又可彌補傳統紙筆測驗之不足。

林俊義（2001）為研究國二學生對浮力的迷思概念，他利用紙筆測驗晤談法筆試及晤談的方式進行資料的收集，且筆試測驗採用 Biddulph (1983) 所發展的工具；林俊義經筆試分析找出 6 位具有迷思概念的學生，再加以臨床晤談的方式探索其浮力相關迷思概念，研究結果發現學生主要的迷思概念有下列四點：

1. 浮沉體的定義與科學家的概念是不同的。
2. 決定浮沉的因素只考慮單一因素，未能以一通用法則解釋所有物體的浮沉。
3. 物體浮起才受浮力，下沉則不受浮力。
4. 氣體由水中上升，是因輕或難溶於水而自然上升，與浮力無關。

吳昆勇（2001）則是從教授阿基米得原理與引導式發現教學法，探討此教學法對學生學習浮力概念的成效。該研究由兩位教師分別只教授課本教材（對照組）、慣常使用的教學法但加入阿基米得原理教材（實驗 A 組）、以及使用引導式發現教學法且加入阿基米得原理教材（實驗 B 組）。每個班級均施以前測、後測，並蒐集學生的理化學期成績。前後測工具為研究者自行開發，經一位科學教育專家和三位國中理化科教師審查修正，前測

內部一致性 $\alpha=.53$ ，後測內部一致性 $\alpha=.71$ 。所得資料除做描述統計，並做卡方考驗、變異數分析。研究對象共有兩個學校 6 個國二班級 193 位學生參與研究，一間學校在台北縣市區、一間學校在桃園縣郊區。研究結果發現學生有如下的七個迷思概念：

1. 單向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. 只要同樣是沈體或浮體，不管物體在水中體積、液體密度如何變化，浮力就都一樣
4. 沈體不受浮力
5. 只注意到題目中的變化量來判斷浮力
6. 物質的性質使浮力改變
7. 浮力和物體與水的接觸面積有關。

引導式發現教學法與融入阿基米德原理的教材對桃園縣的國中生學習浮力概念有顯著影響；但對台北縣的國中生無顯著影響。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。

劉翠伶（2001）不同於其他論文之處在於她是探討職前教師的浮力概念，及職前教師教授「自然與生活科技」的科學態度。透過浮力試卷及科學教學態度問卷進行資料的收集，其中科學教學態度問卷為修改 Thompson 和 Shrigley（1986）所發表之態度量表。二份工具均經過專家審查及四次預試，浮力試卷重測信度為 0.74，科學教學態度之信度（ α ）為 0.87。所得資料以 SPSS10.1 套裝軟體求頻率分佈、相關分析及 t 考驗。研究對象為 293 位來自三所國立大學正在修習中等教育學程，且將來預備教授「自然

與生活科技」領域的職前教師。其研究結果發現職前教師有和中學生相同的浮力迷思概念：

1. 只以物體體積來判斷浮力；
2. 單以物體質量來判斷浮力；
3. 以物體本身特性來判斷浮力；
4. 只以液體密度來判斷浮力；
5. 用分子力或物體與液體的密度差來解釋浮力。

劉家成（2002）欲探討（1）學生的浮力迷思概念類型、（2）學生的浮力迷思概念的心智模式、（3）動態評量的教學方式是否較有利於學生在浮力概念的改變？因此他所收集的資料以國二學生做研究對象，將學生分為實驗組及對照組兩組，這兩組受試者除了接受前後測和晤談外，對照組學生並接受浮力概念學習題的教學，實驗組則接受實作活動階段及概念教導階段的動態評量。

郭信宏（2005）則是從「壓力」與「浮力」兩個概念，探討國中生之迷思概念對解題之影響，他採用 A、B 兩種不同情境的問卷，採兩段式紙筆測驗、晤談等方式，來收集學生壓力與浮力相關迷思概念之類型。首先對所有國二學生樣本進行 A 問卷施測，一週後再進行 B 問卷測驗。兩份問卷回收分析後，選出具代表性的學生進行晤談。晤談方面以上述之兩段式紙筆測驗為架構，晤談對象為原測驗班級的學生，依該班學生問卷得分之低、中、高程度，每班各 2 人。將所得資料以次數分配、百分率、平均數、標準差、獨立樣本 t 檢定、 ϕ 相關、Pearson 積差相關等統計方法進行分析。其研究結果發現學生有六個迷思概念：

1. 誤認「壓力」就是力。
2. 不具有水壓隨深度而增加變大的概念

3. 誤以物重來判斷沉浮及浮力大小
4. 誤以液體密度來判斷沉浮及浮力大小
5. 誤以物體體積來判斷沉浮及浮力大小
6. 誤以浮力與深度有關。

由以上蒐集的文獻分析得知，其中從「**動態評量**」方面探討學生浮力概念的論文有兩篇莊麗娟（1995）和劉家成（2002），此兩篇論文著重於動態評量的探討，對學生浮力概念的各種迷思探討較少。以學生「**心智模型**」或「**聯想法**」或「**教學法**」來探討學生浮力概念的有三篇分別為蔡有財（1994）、張銘傑（1996）及吳昆勇（2001）；此三篇論文著重於學生「**學習方式**」的研究，對學生浮力概念的各種迷思較未深入探討。以**不同區域、不同年齡的學生是否具有相同迷思概念**方面探討浮力的論文有兩篇有 Hewson（1986）及江新合、許榮富、林寶山（1992），此兩篇論文著重於不同年齡對科學學習迷思概念是否有所不同的探討，比較沒有針對國中生階段這個時期的學生浮力概念的各種迷思探討。另外以成年人「**理化科職前教師**」做研究對象的劉翠伶（2002），其研究發現即使是從事理化教學工作者在浮力概念上也不是全然都具有正確概念，其中有相當多的教師有關浮力概念上也存有不少的迷思概念，可見浮力迷思概念是不分區域或年齡的普遍存在。

而以國內學生在**國中階段**的浮力迷思概念晤談研究有三篇分別為郭重吉、吳武雄（1989）、林俊義（2001）及郭信宏（2005），此三篇文獻中，郭重吉、吳武雄是國內較早從事研究國中生浮力的問題的先驅，而後陸續有一些學者專家，從各種角度切入或不同的面向去探討有關浮力概念，對國內在浮力概念的研究上提供不少資料及貢獻。

小結：

綜合以上各項研究結果分析得知，學生在學習浮力的概念上，的確普遍存有許多種類的迷思概念，例如：學生通常只利用物體密度、體積、或重量（質量）其中一項因素來判斷浮力大小，而忽略其他因素。或是錯誤使用其它零碎繁雜的因素（錯誤應用浮力原理、物體形狀、接觸面積…等）。故可將浮力概念大致歸類為：密度、體積、質量、其它，這四大類的學習困難。

在密度方面的學習困難：

Hewson (1986) 和郭重吉 (1989) 指出學生缺乏「平均密度」的概念。例如：「為何鐵釘會沉，輪船可以浮在海面？」這個問題，學生會認為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。Hewson (1986)、林俊義 (2001) 及黃湘武、黃寶鈿，(1987) 經由個案晤談發現，學生不知道「密度」是什麼。例如：(1)認為重量除以質量等於密度；(2)不知道物體密度大於液體可以浮，小於液體會沉；(3)船從淡水駛進海水時，其所受浮力變大，重量變輕；(4)有些物質不具密度，如空氣。吳昆勇 (1995)、劉翠伶 (2002)、蔡有財 (1994)、郭信宏 (2005) 透過紙筆測驗及晤談方式發現學生經常會誤用液體或物體密度對浮力大小的影響，也就是說學生誤以為體積相同的沉體，密度越大，浮力越大。

在質量方面的學習困難：

有相當多的研究指出學生經常會錯誤使用浮力來解釋所見的現象。例如：以為浮體是因為所受浮力大於重量；或以為沉體不受浮力…等(1989、郭重吉，2001，林俊義 1997，張銘傑，2002、劉翠伶，2002，吳昆勇，2005，

郭信宏)。蔡有財(1995)在探討學生浮力的心智模型時發現，學生常常光憑物體輕重決定沉浮。例如：重的物體會沉，輕的會浮；或是沉體不受浮力；或是浮在水面的物體沒有重量。有關質量方面的學習困難，研究者認為學生缺乏「力平衡」的概念，若能從教學時加強「力平衡」的概念會使學生減少此方面的學習困難。

在體積方面的學習困難：

也有相當多的研究指出學生光憑物體體積大小決定浮力多少，忽略液體密度等其他因素(1989，郭重吉；1997，張銘傑，2002、劉翠伶)。例如：物體體積越大，浮力就越大；或是液面下的體積比液面上的體積大時，容易浮起。此外，蔡有財(1995)、郭信宏(2005)發現有些學生認為，水愈多時，物體在水中浮出的體積愈多。吳昆勇(2002)在晤談時發現有的學生會認為浮力和水的接觸面積有關。例如：船能浮是因為接觸面積大。

在其它方面的學習困難：

江新合、許榮富、林寶山(1992)指出，很多學生對浮力「成因」不了解。例如：學生以為浮力成因是「分子力」或「表面張力」造成的。郭信宏(2005)發現有些學生認為浮力就是物體只受「上壓力」。此外，尚有一些容易被學生誤用解釋浮力大小的其它因素(1989，郭重吉；2002、劉翠伶；2002，吳昆勇；2005，郭信宏)，例如物體的「形狀」、「高低位置」、「特殊成分」…等；像是中空的物體可以浮，實心會沉；物體浮在水面，因為它是中空的；物體在海水中容易浮，是因為海裡面有鹽分的關係；物體沉入水中越深，浮力越大。茲將以上相關資料以表列的方式整理如表 2-4-1：

表 2-4-1 國內外有關浮力另有概念的文獻資料

向度	密度			質量		體積		其它			
	1. 缺乏「平均密度」概念	2. 不懂如何判斷浮體或沉體	3. 誤用液體或物體密度對浮力大小的影響	4. 單憑物體重量判斷浮沉或浮力大小	5. 錯誤使用浮力來解釋所見的現象	6. 誤用物體體積判斷浮沉或浮力大小	7. 浮力和水的接觸面積有關	8. 誤以外觀形狀判斷浮力大小	9. 認為物體在液體中的位置會影響浮力大小	10. 誤用液體或物體本身的特質判斷浮沉	11. 用不相干的概念（表面張力、分子力）解釋浮力
Rowell & Hewson, 1986	○			○		○					
Biddulph, 1983		○		○					○		
Driver, Guesne & Iberghien, 1985			○	○		○					
1988, Mullet & Montcouquiol			○						○	○	
黃湘武、黃寶細, 1987	○	○									
郭重吉、吳武勇, 1989	○	○		○	○	○			○	○	○
江新合、許榮富、林寶山, 1992		○			○			○			○
蔡有財, 1995			○	○		○					
莊麗娟, 1996			○		○						
張銘傑, 1997			○	○	○	○					
許嘉玲, 1997			○	○							
林福榮, 2001			○	○							
林俊義, 2001		○			○						
劉翠伶, 2002			○		○	○					
吳昆勇, 2002			○		○		○				
郭信宏, 2005		○	○		○	○			○		○

透過閱讀、深思過去學者們對浮力所做的研究，研究者認為由以上十多篇學者專家對浮力概念的文獻研究分析中，可以將有關浮力的研究歸納為「密度」、「體積」、「質量」三個方向來探討；然而，目前卻似乎尚未有從受力比較的面向來探討學生有關學習浮力的困難，這或許是一個值得探討方向。

鑒於以上諸多學者專家對浮力的討論，研究者認為建立一個浮力概念圖將有助於第三章研究試題的架構和依據，故研究者依照浮力相關的概念繪製一個初版的浮力概念圖（參圖 2-4-1），此概念圖目的可以幫助研究者對浮力有更完整的概念，更清楚浮力有哪些相關的概念，及概念與概念間彼此的關聯性為何，以及對浮力所具有的各项變因外，還可以藉此瞭解學生應具備的浮力概念有哪些。後又懇請國立大學物理系教授修改此概念圖，使其更有完整性（參圖 2-4-2）。

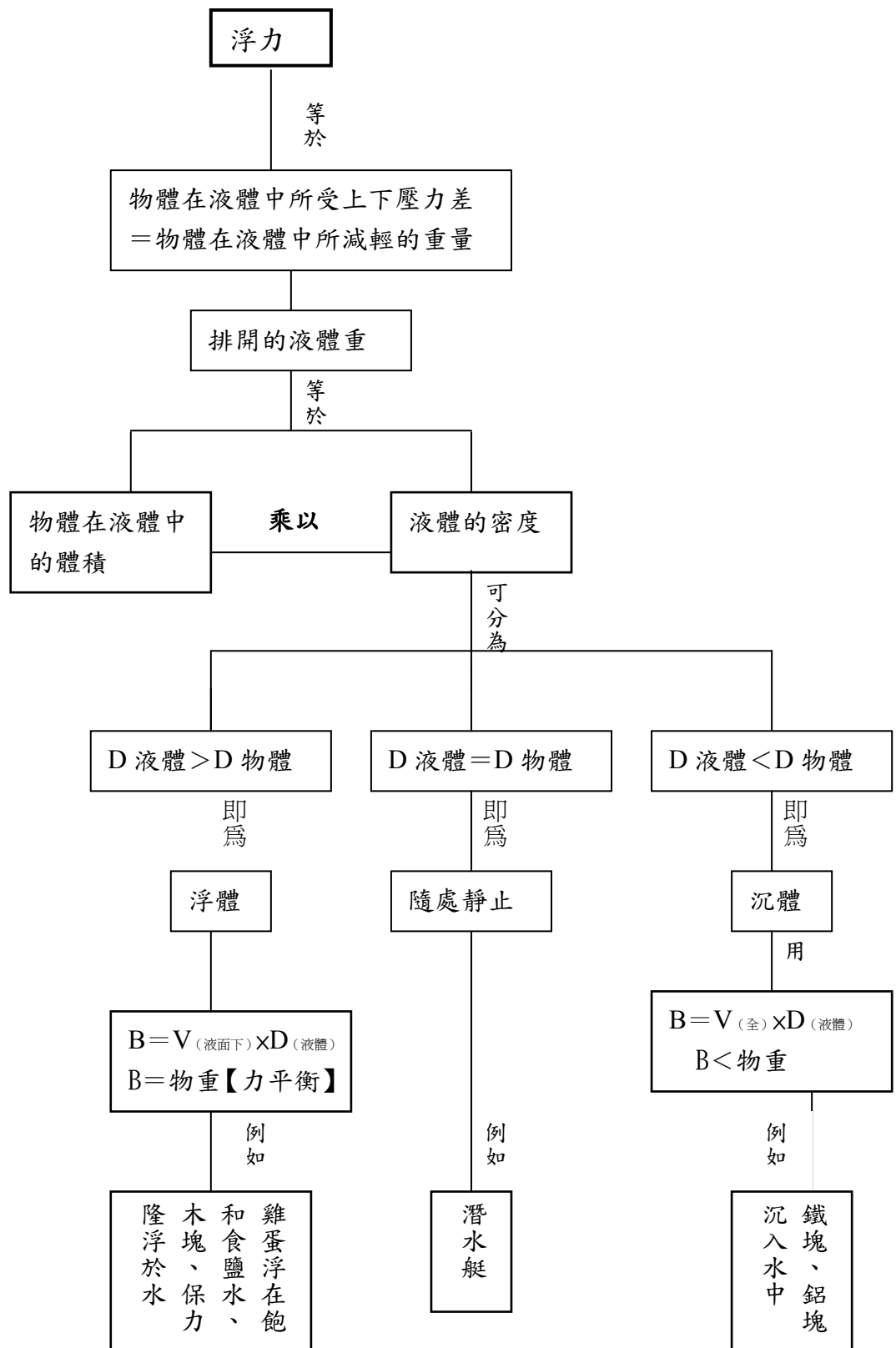


圖 2-4-1 初版本浮力架構概念圖

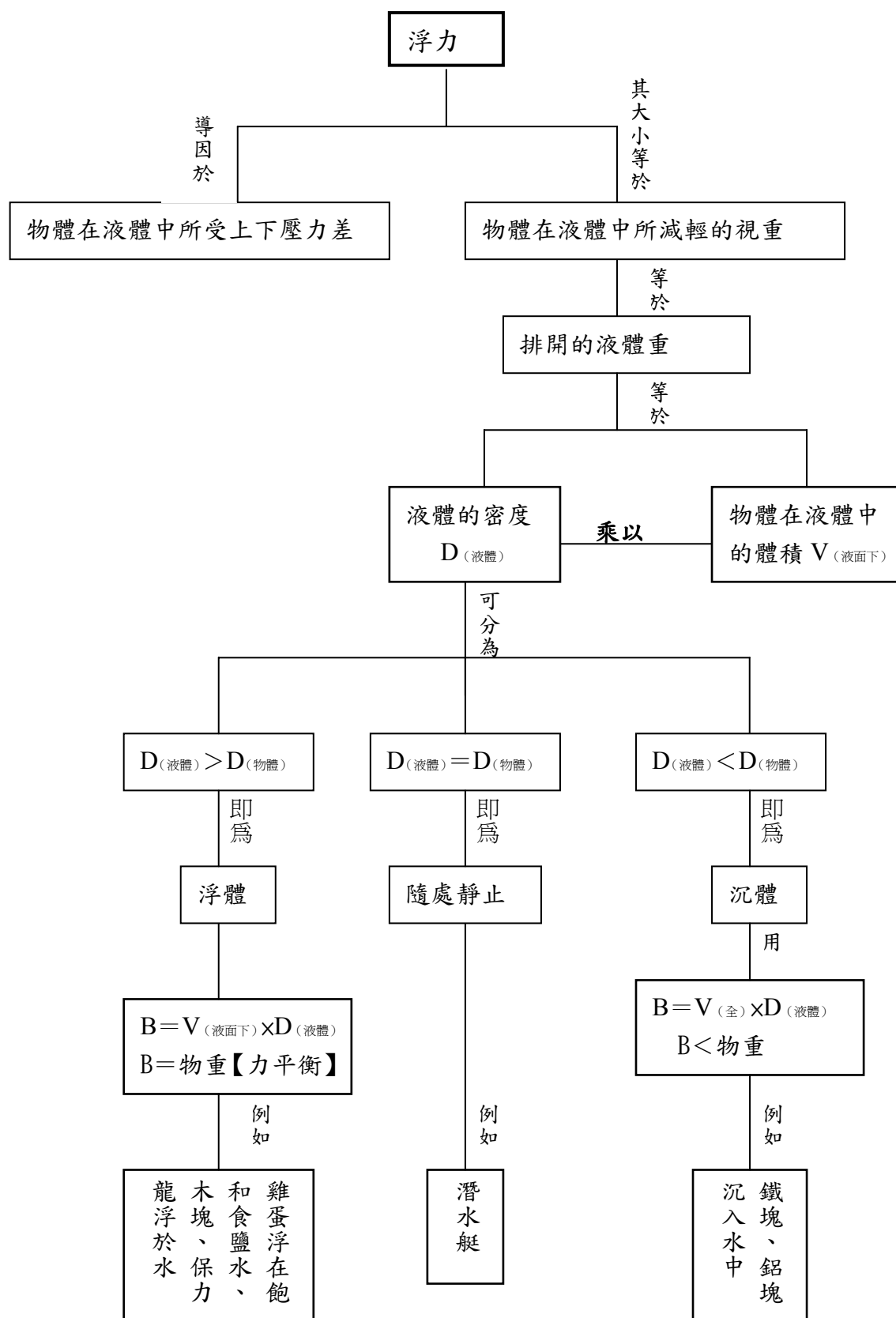


圖 2-4-2 修改後版本浮力架構概念圖

第五節 教科書的學習

一、現階段國中教科書中浮力的編排

現行國中自然與生活科技課程中，因學校選擇課本的版本不同，有關浮力授課時間也有所差異，而本研究以九十六學年度為準：康軒版、南一版、翰林版目前皆排在國二下學期，如下表：

表 2-5-1 九十五學年度國中自然科有關浮力課程內容表

版本	南一版	翰林版	康軒版
年級及章節	【2 下】第五章	【2 下】第六章	【2 下】第六章

而實際上國中自然與生活科技第四冊中各版本有關壓力與浮力的教學內容也有些出入，詳如下列各表：

表 2-5-2 部編本理化課程中有關力平衡和浮力的內容

年級 (冊數)	目次	單元內容
八年級 (第四冊)	6-3 兩力平衡	■ 達到平衡的兩力，必須大小相等、方向相反、且作用在同一直線上。
八年級 (第四冊)	6-4 浮力 實驗 6-2 浮力	■ 只定性討論浮力，不涉及計算。 ■ 物體在液體中受到浮力，故重量減輕。 ■ 浮力與物體沒入液體中的體積成正比。 ■ 浮力與液體密度成比例。 ■ 物體在空氣中也受到浮力。 ■ 介紹應用的實例。

表 2-5-3 南一版本理化課程中有關浮力和壓力的內容

年級 (冊數)	目次	單元內容

八年級 (第四冊)	5-1 力 實驗 5-2 力的平衡	達到平衡的兩力，必須大小相等、方向相反、且作用在同一直線上。
八年級 (第四冊)	5-4 浮力 實驗 5-5 物體在液體中所受的浮力	- 測量知道在液體中所受浮力，等於排開液體重。 - 察覺物體受好幾個力作用仍可能保持平衡靜止不動。

表 2-5-4 翰林版本理化課程中有關浮力和壓力的內容

年級 (冊數)	目次	單元內容
八年級 (第四冊)	6-2 力的合成 實驗 6-1 彈簧秤測力的大小	- 了解力的合成和分解。 - 了解力的表示法。
八年級 (第四冊)	6-5 浮力	- 了解浮力的定義 - 了解物體在液體中所減輕的重量，等於排開液體重，即是該物體的浮力。 - 了解影響浮力的因素。

表 2-5-5 康軒版本理化課程中有關浮力和壓力的內容

年級 (冊數)	目次	單元內容
八年級 (第四冊)	5-1 力 實驗 5-1 力的平衡	- 藉由力的平衡，了解合力之間的關係。 - 了解作用在一直線中各力的合力求法。
八年級 (第四冊)	5-5 浮力 實驗 5-5 物體在液體中所受的浮力	- 測量知道在液體中所受浮力，等於排開液體重。 - 知道浮力即為物體在液體中所減輕的重量。 - 了解浮力對物體的影響，以及影響浮力的因素。 - 知道並了解阿基米得原理。 - 知道密度小的物體在密度大的流體中會浮起來。 - 知道浮體的浮力等於物體本身的重量。 - 知道物體沉浮原理。 - 了解氣體也會產生浮力。

二、國內教科書中介紹有關浮力的概念

浮力 (Buoyancy)：物體在液體中所減輕的重量及為浮力，大小等於該物體所排開的液體重。

$$B = V \times d$$

V：物體浸在液體中的體積

d：液體的密度

可見浮力問題是脫離不了【物體浸在液體中的體積】和【液體的密度】這兩者概念，只要弄清楚這兩個關係加上堅守，浮力＝該物體所排開的液體重，其實不難解題。

表 2-5-6 浮力概念

浮力	(1)能用 $D_{\text{誤體}}$ 與 $D_{\text{液體}}$ 大小比較來判斷物體在該液體中是浮或沉。
	(2) 浮力＝所排開的液體重量
	(3) 排開的液體重量＝物體浸在液體中的體積×液體的密度 $B = V \times d$
	(4) 浮體的浮力＝該物體的重量

三、國內教科書中介紹有關浮力的實驗

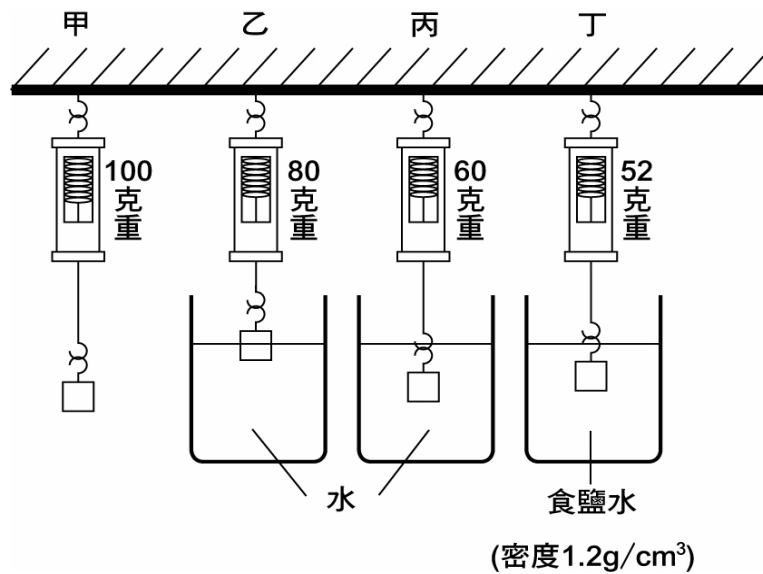


圖 2-5-1 阿基米得浮力實驗裝置圖

和本實驗相關的問題與討論如下：

1. 圖中的方塊無論沒入水或食鹽水中，重量都減輕，這證明物體在液體中受到什麼作用？
-----參考答案：浮力
2. 如乙裝置所示，當方塊沒入水中一半時，其所受的浮力為多少？
-----參考答案：20gw
3. 如丙裝置所示，當方塊全部沒入水中時，所受之浮力為多少？
-----參考答案：20gw

第參章 研究方法

本研究係採質與量兼並的方式進行學生對使用力平衡的概念來解浮力問題的分析，希望透過調查研究法探討國中九年級學生在使用力平衡的概念來解浮力問題的表現，另一方面，也希望透過更深入訪談研究，對於學生使用力平衡的概念來解浮力問題的學習困難做進一步的探討。

本章就研究設計、研究對象、研究工具、研究過程及研究限制等五節說明本研究之研究方法。

第一節 研究設計

本研究主要採「調查研究法」。實際研究過程分兩方面進行，一是透過較大量的試卷施測，此試卷內容包含與國中八年級力平衡及浮力課程有關的概念之題目，調查學生在學習完力平衡與浮力單元之後，對使用力平衡的概念來解浮力問題的情形；為了使分析學生的學習困難進行得更可靠，本研究另外利用較深入的半結構式訪談，加以詮釋性分析，期望了解學生對使用力平衡的概念來解浮力問題的困難癥結所在。

另一方面，由於研究者發現在 96 年第一次基測的第 52 題(圖 1-1-1)，此題答對的學生幾乎都是先算出此空心球的「密度」，然後根據比較物體密度是大於或等於、小於液體密度，再判斷該物體是沉還是浮。如此雖然可以找出答案，但若換個思考方式從「力平衡」的面向去解答就顯得更容易了。此外，目前國內外有關浮力的學習困難文獻探討，也大多是圍繞於物體和液體的「密度」、「體積大小」、「質量輕重」、「位置高低」的問題，

卻沒有從「力平衡」的觀點去解釋浮力的原因，故研究者選擇以歷屆基本學力測驗中相關試題和教科書中的一般試題來進行初步半結構性晤談，目的除了想藉此了解學生在解浮力相關試題時所遇到的困難之外，也希望透過訪談結果分析來確定學生在使用「力平衡」觀念來解浮力問題的情形及在浮力學習上有哪些困難。這一部份以質性研究為主，研究者會先用引導式的訪談引導學生用力平衡概念解題，接著再利用兩個不同於浮力試卷的題目進行進一步測試，用以比較學生使用「力平衡」概念或是「密度」概念解題的差異。

第二節 研究對象

本研究之研究對象為台北市中山區某國中九年級學生，該校學生平均程度中等，去年考上公立高中職的比率是 55%；學校所座落的社區屬於商業區，家長職業雖含括士農工商各階層，但屬於中低收入者佔多數，同時學生家長的教育程度超過七成為國、高中畢業。另外，據輔導室研究調查顯示，該校學生屬於單親家庭佔 30~40%。本研究施測對象為九年級學生，該校是採男女合班的 S 型常態編班方式組成七個班，另外加上一個美術班，共有八個班級。

本研究對象已學過八年級力平衡及浮力相關課程，所使用的是翰林版教科書；八年級下學期與力平衡及浮力相關課程節數約 8-10 節，為期二~三週；研究者將教科書內容及教師教學的主要內容列於表 3-2-1，而從此表可知，研究對象已具備的力平衡及浮力概念相關知識為何。

表 3-2-1 研究對象具備的力平衡與浮力相關概念

	教科書內容	教師教學
兩 力 平 衡	- 當一個靜止的物體，同時受到大小相等，方向相反的兩個力作用，若這兩個力也沿著同一直線作用，則該物體將仍然維持靜止的狀態，我們稱這兩個力彼此平衡。 - 兩力平衡的條件： 甲、兩力大小相等。 乙、兩力方向相反。 丙、兩力作用在一直線。	- 天花板上靜止的吊燈。(重力與繩子的拉力平衡) - 靜置在桌上的書本、浮在水面上的船等。 - 拔河比賽中，堅持不下的兩個隊伍。 - 靜止於水中的木塊，受到的浮力與重力。
浮 力 的 概 念	- 物體在液體中所減輕的重量及為浮力，大小等於該物體所排開的液體重。 - 浮力：物體浸在液體中的體積 $\times$ 液體的密度。 - 能用 D 誤體與 D 液體大小比較來判斷物體在該液體中是浮或沉。 - 浮體的浮力＝該物體的重量	- 由實驗導出阿基米德原理問題與討論： - 圖中的方塊無論沒入水或食鹽水中，重量都減輕，這證明物體在液體中受到什麼作用？---參考答案：浮力 - 如乙裝置所示，當方塊沒入水中一半時，其所受的浮力為多少？---參考答案：20gw - 如丙裝置所示，當方塊全部沒入水中時，所受之浮力為多少？---參考答案：20gw

由於本研究分為了解學生的浮力概念以及學生在使用「力平衡」概念或是「密度」概念解題的差異兩方面進行研究，所以研究對象的選擇也有所不同。

在了解學生的浮力概念方面將以質與量兼並的方式進行學生對使用力平衡的概念來解浮力問題的分析，因此研究對象也分成兩階段選取：第

一階段的研究對象，將從九年級隨機抽取四個班作為本研究之研究樣本，共 77 名學生，從量的部分察覺學生的錯誤類型；第二階段的研究對象則由第一階段研究之 77 名學生中挑選 15 名學生進行半結構訪談以深入了解學生的困難。以下再針對兩階段的研究對象做進一步說明：

（一） 第一階段研究對象：

第一階段研究對象為已學過八年級下學期力平衡及浮力相關課程的九年級學生，由於第一階段研究的主要目的為調查九年級學生對於使用力平衡的概念來解浮力問題的情形，因此採較大樣本的試卷施測，從台北市某國中九年級隨機抽取四個班作為本研究之研究樣本，共 77 名學生接受了試卷測驗。

（二） 第二階段研究對象：

第二階段研究的主要目的為進一步瞭解九年級學生對於使用力平衡的概念來解浮力問題的情形，將第一階接受試卷測驗的 77 名學生，首先依照測驗結果將得分為前 1/3 的學生分成高分組，中間 1/3 的學生分成中分組，後 1/3 的學生分成低分組，並從高分組、中分組及低分組中各挑取 5 名，共 15 名學生進行訪談。因為此階段的訪談是為了更瞭解學生解題的情形，所以學生的取樣為「立意取樣」，也就是依試卷答題結果選擇想要進一步瞭解的學生進行訪談。

在比較學生使用「力平衡」概念或是「密度」概念解題的差異方面，研究者將以訪談的方式了解這兩者的差異，因此此部分的訪談對象將從浮力與力平衡題本的第 11 題的回答中，挑選 15 名使用「密度」作答的學生進行下一階段---「密度」和「力平衡」概念使用答對率之比較。用兩題浮力題目做一簡單測試並訪談學生。

第三節 研究工具

一、正式測驗的試卷內容

本研究的試卷為自編的試卷，主要想知道學生對使用力平衡的概念來解浮力問題的情形，因此從三方面進行考量以編製題目。

1. 參考現行九年一貫自然與生活科技暫行綱要及主要出版社康軒、翰林、南一各版本教材。
2. 蒐集歷屆基本學力測驗中有關浮力或力平衡的相關試題後改編。
3. 綜合其他資深老師與研究者長期教學中所發現學生對浮力概念出現的迷思概念。

(一) 試卷設計理念

經過研究者整理與歸納文獻及其他參考資料後，研究者針對物體在液體中所受到的「重力」和「浮力」兩者關係發展相關的試題，希望可以用此試題測量出學生在使「力平衡」觀念來解浮力的題目，進而評斷是否能用這些結果來幫助學生減少學習浮力之困難；接著，透過初步對學生訪談分析後，發展出「浮力試題」。最後，隨即根據本試題的結構與內容確定了六個向度，分別是探究學生是否具有「力平衡」概念、學生對「浮體的浮力與重力」、「沉體的浮力與重力」的了解情形、學生能否「藉由浮力與重力比較來判斷沉浮」、當「液體密度變化後對浮體的浮力影響」以及「液體密度變化後對沉體的浮力影響」，並依此來分析學生無法解答浮力題目的原因。研究者於每個向度分別設計 2~4 題，共有 16 大題，每題又有 1~3 個小題，試卷題本的細目表如表 3-3-1。

表3-3-1 初版浮力試卷題本細目表

相關概念	題號	題數	概念層次
力平衡	1、2、3、4	7題	理解
從「物重等於浮力」這個兩力平衡概念，來理解「浮體」的浮力。	5、6、7	5題	應用
從「物重大於浮力」這個概念來理解「沉體」的浮力。	8、9、10	7題	理解
「浮力」與「物重」的大小比較，與物體「沉浮」的關係。	11、12、13	6題	理解
對於浮體而言，當液體密度改變，從「力平衡」的概念理解其所受浮力不變。	14、15-1、16-1	6題	理解
對於沉體而言，當液體密度改變，從「力平衡」與「亞基米德原理」理解其所受浮力會有改變。	15-2、16-2	4題	理解

初步設計的試卷，先經過專家審核再進行預試，接著根據審核及預試結果修改而得到正式的施測題本。據此，以下將從信度（包含試卷信度及評分者信度）及試題的效度（包含專家效度、內容效度及構念效度）兩部分說明如何修改預試題本而成為正式題本。

（二）試卷的信度：

為了確認本試卷題本的信度，研究者另外商請台北縣某國中三年級任課教師協助進行預試，預試樣本試測三個班級，共 100 位學生，以此預試的結果分析此試卷題本的評分者信度及內部一致性，並且依據分析結果，修改本試卷題本。

1. 評分者信度

由於本試卷題本中有需要學生回答理由的問題，因此研究者另外

設計了一份評分標準（如附件二，共 36 題，滿分 37 分），在預試時也同時進行評分者信度的分析。

經過預試後，研究者先將學生回答的試卷影印一份，再將答案依各題評分標準評分後，另外請一位任教年資 20 年的理化老師也以同一份學生的回答試卷重新評分，最後將研究者及此理化老師的評分結果進行一致性的分析。獲得的結果兩人的一致性總平均為 98.8%，茲將各題評分的相同百分比詳列於下表 3-3-2：

表 3-3-2 力平衡與浮力試題題本各題評分者信度

向度	題號	評分者一致性	向度平均
一、力平衡概念	1	100 %	98.85%
	2-1	100 %	
	2-2	98 %	
	3-1	100 %	
	3-2	96 %	
	4-1	100 %	
	4-2	98 %	
二、浮體的浮力與重力	5-1	100 %	100%
	5-2	100 %	
	6	100 %	
	7-1	100 %	
	7-2	100 %	
三、沉體的浮力與重力	8-1	100 %	98.25%
	8-2	97 %	
	9-1	100%	
	9-2	100%	
	9-3	95%	
	10-1	100%	
	10-2	100%	
	10-3	94%	

四、藉由浮力與重力比較來判斷沉浮	11-1	100%	98.5%
	11-2	100%	
	12-1	98%	
	12-2	100%	
	13-1	100%	
	13-2	93%	
五、液體密度改變後對浮體的浮力影響	14-1	100%	99.17%
	14-2	99%	
	15-1-1	100%	
	15-1-2	98%	
	16-1-1	100%	
	16-1-2	98%	
六、液體密度改變對沉體的浮力影響	15-2-1	100%	99%
	15-2-2	97%	
	16-2-1	100%	
	16-2-2	99%	

2. 內部一致性 (internal-consistency method)

本研究之試卷主要以 Cronbach's Alpha 分析試題間的一致性，分析預試及正式施測的內部一致性。

在預試部分，預試樣本為台北縣一所完全中學的九年級學生，三個班級（A 班 33 人、B 班 34 人、C 班 33 人）學生共 100 人，試卷預測後，研究者對試卷進行信度分析，其內部一致性 Cronbach's Alpha 係數為 0.80，若將問卷細分成「力平衡」概念、「浮體的浮力與重力」、「沉體的浮力與重力」、「藉由浮力與重力比較來判斷沉浮」、「液體密度改變後對浮體的浮力影響」、「液體密度改變對沉體的浮力影響」六類，其中浮體的浮力與重力的 Cronbach's Alpha 係數為 0.885、液體密度改變後對浮體的浮力影響的 Cronbach's Alpha 係數為 0.879、液體密

度改變對沉體的浮力影響的 Cronbach's Alpha 係數為 0.857，這三類的 Cronbach's Alpha 係數都在 0.85 以上；而力平衡概念的 Cronbach's Alpha 係數為 0.763、藉由浮力與重力比較來判斷沉浮的 Cronbach's Alpha 係數為 0.784，這兩類的 Cronbach's Alpha 係數都在 0.76 以上；唯有沉體的浮力與重力的 Cronbach's Alpha 係數為 0.657 低於 0.7（詳見表 3-3-3），這些資料可為本研究之調查問卷提供了一些實徵的證據。

表 3-3-3 試題信度、答對率、鑑別度表

向度	信度	題號	答對率	鑑別度
一、力平衡概念	0.763	1	86%	0.230
		2-1	60%	0.406
		2-2	34%	0.356
		3-1	67%	0.380
		3-2	47%	0.454
		4-1	64%	0.487
		4-2	63%	0.488
二、浮體的浮力與重力	0.855	5-1	55%	0.611
		5-2	36%	0.638
		6	52%	0.542
		7-1	48%	0.726
		7-2	49%	0.708
三、沉體的浮力與重力	0.657	8-1	38%	0.725
		8-2	35%	0.778
		9-1	86%	-0.039
		9-2	65%	0.157
		9-3	25%	0.387
		10-1	15%	0.144
		10-2	38%	0.266
		10-3	19%	0.417

四、藉由浮力與重力比較來判斷沉浮	0.784	11-1	71%	0.420
		11-2	42%	0.668
		12-1	67%	0.402
		12-2	67%	0.445
		13-1	39%	0.569
		13-2	24%	0.713
五、液體密度改變後對浮體的浮力影響	0.879	14-1	33%	0.665
		14-2	25%	0.745
		15-1-1	54%	0.543
		15-1-2	36%	0.742
		16-1-1	59%	0.541
		16-1-2	44%	0.769
六、液體密度改變對沉體的浮力	0.857	15-2-1	66%	0.536
		15-2-2	39%	0.737
		16-2-1	34%	0.538
		16-2-2	30%	0.596

而在預試樣本經過修改後，實際正式施測的浮力評量題本共計十六題，題本的評分方式除第 12 題因完整答對需有兩個答案所以會給兩分外，其餘答對皆為 1 分，各題計分標準請參閱附錄二。在正式施測的 77 位受試者的測驗資料中，第二～六向度的 Cronbach's Alpha 係數皆在 0.84 以上，而第一向度的力平衡概念的 Cronbach's Alpha 係數也有 0.748，顯示本試卷在各向度的信度皆在 0.7 以上（表 3-3-4），顯示本研究之內部一致性皆在可接受的範圍之內。

表 3-3-4 試題各向度信度表

向度	一	二	三	四	五	六
信度	0.748	0.864	0.846	0.886	0.936	0.887

(三) 試卷的效度：

1. 專家效度

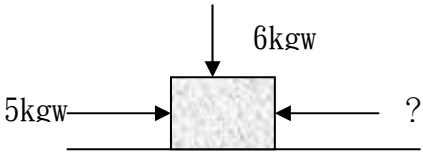
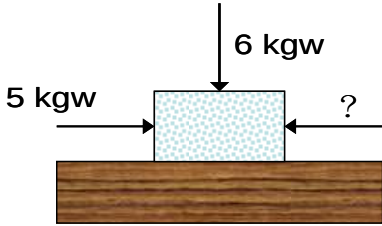
研究者編製「力平衡與浮力概念」試卷初稿後，先由現任教於九年級的兩位資深理化科教師進行修改，再經指導教授及研究小組的同學幫忙審核試卷內容，討論题目的可行性和表達方式，並提供具體的意見和修正的建議，以形成初版試卷。之後本試卷再商請國立大學物理系教授（美國約翰霍普金斯大學博士）及三位教學經驗 15~20 年的資深國中理化老師進行審核，透過反覆修改後訂定。因此，本研究之調查試卷具有專家效度。

2. 內容效度

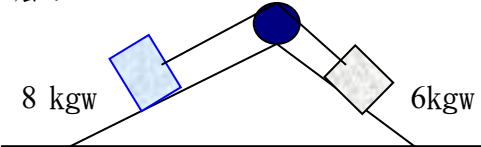
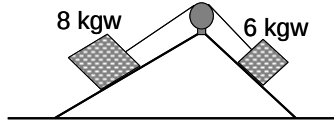
試題內容是根據力平衡與浮力之間的關係為構想進行設計，試題草案經由三位教學經驗 15~20 年的資深國中理化老師及國立大學物理系教授審視及提供修改意見後完成。初版試卷完成後，隨機找了六個學生（四男二女）進行初步試測，這六個學生理化程度四高二中，以了解學生在作答試卷所需的時間，以及學生是否有題目看不懂或題意不清的地方。

透過專家審核及對學生所做的初步試測，針對有爭議的題目，包括初稿試卷第 1、2、5、6、7、8、9、10、13、15、17、18 題等十二題，綜合專家意見及試測學生的作答反應後修改，完成預試試卷。初稿試卷修改的主要內容及原因如下：

- ◆ 第 1 題：根據專家意見，增加「置於桌面上」的描述較好，因為還有沒畫出的力，桌面對物體的正向力的作用，物體才能保持靜態平衡，因而桌面的存在應強調。

更改前	更改後
1.一物體受到 5kgw、6 kgw 和另一個力在三個力同時作用下，呈現靜止狀態，(如圖) 請問此未知力多少？ 	1.置於桌面上的一物體受到 5kgw、6 kgw 和另一個力的同時作用下，呈現靜止狀態 (如圖一)。請問此未知力多少？  (圖一)

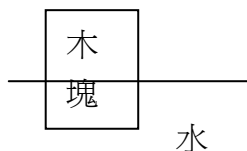
- ◆ 第 2 題：根據專家意見，公斤 (kg) 是質量單位，公斤重 (kgw) 是重量單位，因而重量應如圖中以 kgw 為單位表示。圖中的滑輪更改成更具體較好。

更改前	更改後
2.以細線連接兩物體，一個重 8 公斤，另一個重 6 公斤，並跨繞在光滑斜面上之定滑輪後達到平衡狀態靜止不動 (如圖)，請問此定滑輪左端繩子和右端繩子受到拉力何者較大？或相等？理由是什麼？ 	2.以細繩連接兩物體，一個重 8 公斤重，另一個重 6 公斤重，並跨繞在光滑斜面上之定滑輪後達到 靜止平衡狀態 (如圖二)。請問繩子在定滑輪左端和右端的部分受到的拉力何者較大？或相等？理由是什麼？  (圖二)

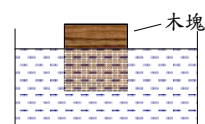
- ◆ 第 5 題：修改圖形

更改前	更改後
-----	-----

5.將一個重量為 500 公克重的木塊放入水中，木塊部份露出水面（如圖五），此木塊受到哪些力作用？這些力之間有什麼關係？



5.將一個重量為 500 公克重的木塊放入水中，木塊部份露出水面（如圖五）。此木塊受到哪些力作用？這些力之間有什麼關係？

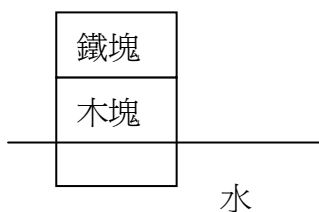


（圖五）

◆ 第 6 題：專家認為若取木塊的比重為 0.4—0.6 則當木與鐵的質量比為 5：2 時，其體積比約 40：1。圖示比例不宜差太多。

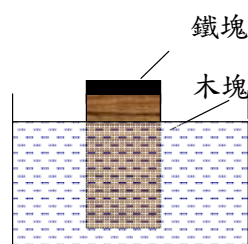
更改前

6.承上題，若在此木塊上放另一塊 200 公克重的鐵塊後仍然浮著（如圖六），則此木塊的浮力為多少？



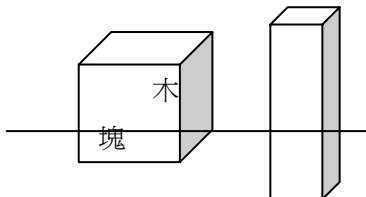
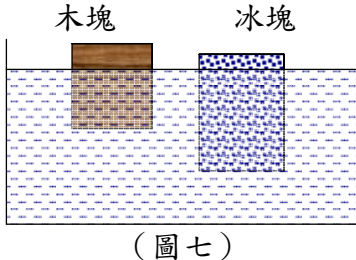
更改後

6.承上題，若在此木塊上放另一塊 200 公克重的鐵塊後仍然浮著（如圖六），則此木塊的浮力為多少？

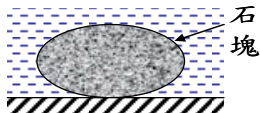


（圖六）

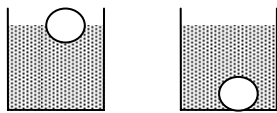
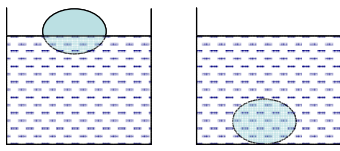
◆ 第 7 題：根據專家意見，在此題的圖形上應略作修改較好，因為如果冰塊是沒有雜質的純水，其體積應為 $100 \div 0.92 \approx 110$ (cm³)。木塊有 2/3 在水中，冰塊有 9/10 在水中，圖示的情形不宜與實際相差太遠。若木塊與冰塊以立體方式畫出，則水面也以立體形式描繪較佳。根據另一位專家意見，原題目要求學生描述物體受力狀況重覆出現，概念類似，且對學生而言較為繁瑣，會影響其作答意願，更改為具體的數字較簡潔亦可以測出學生是否具有浮力等於重力的概念。

更改前	更改後
7.兩個都是 100 公克重的木塊和冰塊漂浮在水面上(如圖)，木塊的體積 150 立方公分，冰塊的體積 120 立方公分則此木塊受到哪些力作用？這些力之間有什麼關係？冰塊受到哪些力作用？這些力之間有什麼關係？ 	7.兩個都是 100 公克重的木塊和冰塊漂浮在水面上(如圖七)，木塊的體積為 150 立方公分，冰塊的體積是 110 立方公分。木塊所受浮力多少？冰塊所受浮力多少？ 

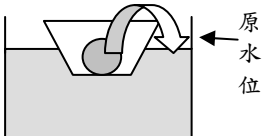
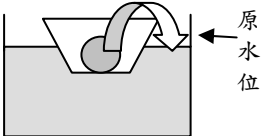
- ◆ 第 8 題：根據專家意見，可將題目做後兩句刪除，在題本的描述上用簡潔方式亦可以測出學生是否具有浮力和重力的概念。

更改前	更改後
8.石塊的體積 100 立方公分，重量 150 公克，沉於水底(如圖)，石塊受到哪些力作用？這些力之間有什麼關係？ 	8.石塊的體積是 100 立方公分，重量為 150 公克。當石塊沉於水底(如圖)，石塊所受的浮力多少？ 

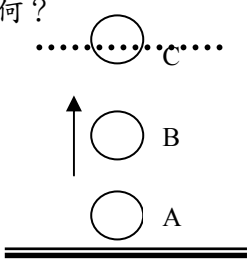
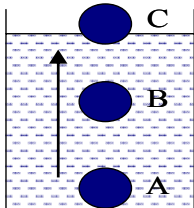
- ◆ 第 9 題：題目中的文字敘述應該更明確。

更改前	更改後
9.已知有一雞蛋若放在甲液體會浮起，若改放在乙液體會下沉，這個雞蛋在甲、乙兩種液體中受的浮力是否相等？如果不相等，哪一個受的浮力較大？說明你的理由。 	9.已知有一雞蛋若放在甲液體會浮起，若改放在乙液體會下沉，這個雞蛋在甲、乙兩種液體中受的浮力是否相等？如果不相等，在哪種液體中受的浮力較大？說明你的理由。 

◆ 第 10 題：根據專家意見，加入雞蛋會下沉到底，及修改最後兩句較佳。

更改前	更改後
10.在水槽中放一個保力龍碗，碗內有個雞蛋，呈平衡狀態（如圖），若將雞蛋取出改放進水中，則水槽中的水位會如何變化？雞蛋在水中和在碗中所受的浮力有相同嗎？若不同，何者較大？ 	10.在水槽中放一個保力龍碗，碗內有個雞蛋，呈靜止平衡狀態（如圖）。若將雞蛋取出改放進水中，若雞蛋會下沉到底，這時水槽中的水位會如何變化？雞蛋在水中和在碗中所受的浮力何者較大或相同？理由為何？ 

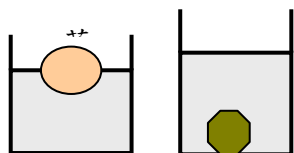
◆ 第 13 題：根據專家意見，將文字修改成較簡潔的描述。

更改前	更改後
13.手持一乒乓球，將乒乓球完全浸沒在水中，放手後球從運動到靜止的過程中（如圖）所示，乒乓球在 A 點所受哪些力？大小關係如何？在 B 點所受哪些力？大小關係如何？在 C 點所受哪些力？大小關係何？A、B、C 三點所受的浮力大小關係為何？ 	13.手持一乒乓球，將它完全浸沒在水中，放手後球從上浮到靜止的過程所示，乒乓球在 A、B、C 三點所受的浮力大小關係為何？  （圖十三）

◆ 合併第 15 及 17 題：根據專家意見，將原來的第 15 題和第 17 題修改成新的第 16 題，所以把沉、浮物體一起併入同一題中即可，並將液體密度改為減少的情況。

更改前	更改後（新第 16 題）
-----	--------------

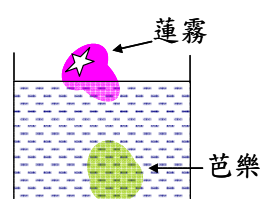
15.放入一杯水中的蓮霧會浮起來（如圖），
在水中加入兩匙食鹽發現食鹽完全溶解而蓮霧仍然浮著。請問蓮霧在加入食鹽之前與之後，所受的浮力大小關係為何？（填：變大、變小、不變）為什麼？



17.把芭樂放入一杯水中發現芭樂會沉下去（如圖），在水中加入兩匙食鹽後，發現食鹽完全溶解，芭樂仍然沉在水底。請問芭樂在加入食鹽之前與之後，所受的浮力大小關係為何？（填：變大、變小、不變）為什麼？

16.小明將蓮霧和芭樂同時放入一杯完全溶解的食鹽水中，發現蓮霧會浮起來，芭樂卻沉在水底（如圖）。當小明多加一些水倒入杯子裡後，發現蓮霧仍然浮著，芭樂仍然沉在水底。請問

- (1) 問蓮霧在加水之前與之後，所受的浮力大小關係為何？（填：變大、變小、不變）為什麼？
- (2) 芭樂在加水之前與之後，所受的浮力大小關係為何？（填：變大、變小、不變）為什麼？



（圖十四）

◆ 刪除第 14 題：根據專家意見，第 14 題潛水艇問題因牽涉到其質量改變（變重而下沉），下沉後浮力比原來露出水面為大，這和原來的單純比較浮力與重力概念較不符，故刪除之。

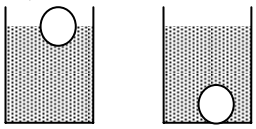
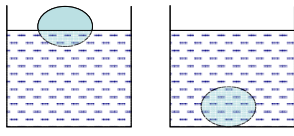
◆ 第 18 題：修改圖形

更改前	更改後
小花將高爾夫球和保力龍球放入水中，（如圖）發現高爾夫球沉在水中，而保力龍球浮在水面（如圖）。此時當小花將廚房內食鹽加入水中後，保力龍球仍然浮在水面，而高爾夫球仍然沉在水中。加鹽前後你認為：	小花將高爾夫球和保力龍球放入水中發現高爾夫球沉在水中，而保力龍球浮在水面（如圖）。當小花食鹽加入水中後，保力龍球仍然浮在水面，而高爾夫球仍然沉在水中。加鹽前後你認為：

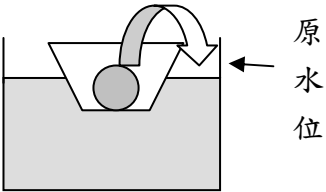
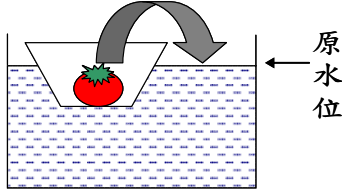
經過專家審核後修訂初稿試卷，形成新的預試試卷版本，題數由原來的十八題修改為十六題。

另外進行預試後所得到的信度（表 3-3-2），可以發現第一向度的第 1 題及第三向度的第 9 題、第 10 題在鑑別度上都低於 0.3；分別探討其原因第 1 題是屬於比較基礎、簡單的題目，第 9 題及第 10 題則屬於比較困難、變化比較多的題目。

研究者透過與研究小組的討論，決定保留第 1 題，因為第 1 題屬於相當基本的問題，可以用此問題確定學生是否已經具備基本的力平衡觀念；此外第 9 題的第 1 小題的鑑別度為負，探究其原因可能是因為第 9 題的第 2 小題提供了很強的暗示，使得低程度的學生可能可以由第 2 小題的問題猜測第 1 小題的答案；另外也同時發現第 3 小題的答對率較低，研究小組認為可能是因為學生不知道老師要問什麼理由。因此更改第 9 題，將第 1 小題及第 2 小題合併修改成為一個小題，而原來的第 3 小題則從向度「沉體的浮力與重力」的角度，重新修正問題的敘述。

更改前	更改後
9、已知有一雞蛋若放在甲液體會浮起，若改放在乙液體會下沉（如圖九）。 （1）這個雞蛋在甲、乙兩種液體中受的浮力是否相等？ （2）如果不相等，在哪種液體中受的浮力較大？ （3）說明你的理由。  甲液 乙液	9、已知有一雞蛋若放在甲液體會浮起，若改放在乙液體會下沉（如圖九）。 （1）這個雞蛋在甲、乙兩種液體中受的浮力是否相等？ （2）請用雞蛋的重量和所受浮力的大小來說明你的理由。  甲液 乙液 （圖九）

另外，第 10 題的第 1、2 小題鑑別度也較低，經過研究者與研究小組的討論後，認為第 1 小題和本向度要測的的概念較沒有相關，因此直接刪除；而且第 9、10 題連續兩個題組都以雞蛋為主角，可能會引起學生混淆，所以將第 10 題的雞蛋改為蕃茄，並將原來的第 2 小題改為第 1 小題，及修正其敘述；同時此題組第 3 小題的答對率也較低，所以和第 9 題一樣，將原來的第 3 小題從向度「沉體的浮力與重力」的角度，重新修正問題的敘述。

更改前	更改後
10、在水槽中放一個保力龍碗，碗內有個雞蛋，呈靜止平衡狀態。若將雞蛋取出改放進水中，若雞蛋會下沉到底。(如圖十) (1) 這時水槽中的水位會如何變化？ (2) 雞蛋在水中和在碗中所受的浮力何者較大或相同？ 	10、在水槽中放一個保力龍碗，碗內有個蕃茄，呈靜止平衡狀態。若將蕃茄取出改放進水中，若蕃茄會下沉到底。(如圖十) (1) 蕃茄在水中和在碗中所受的浮力何者較大或相同？ (2) 請問浮力大小和水面高低變化有甚麼關係？  (圖十)

初步設計的試卷，經過專家審核及預試之後，及成為本研究中所使用的正式施測題本。此正式題本將收集學生對於浮力問題有哪些類型的困難，進而評斷是否能用這些結果來幫助學生從「力平衡」觀念學習浮力，以減少學生在學習浮力時的困難。

3. 構念效度

因為本浮力試卷是研究者新開發的工具，因此採探索性因素分析作為建立構念效度的方式，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 法。

本試卷原始設計共分為六個向度來評量學生對於力平衡及浮力的相關概念，因此在因素分析時以六個因素來解釋變異量。利用 SAS 統計軟體進行因素分析，其因素樣式矩陣的結果呈現出第 5-2、6、7-1、7-2 題以及第 14-1、14-2、15-1-1、15-1-2、16-1-1、16-1-2 題屬於因素因子一，這兩個部分在原設計理念中分別屬於第二向度：**浮體的浮力問題**以及第五向度：**液體密度改變後對浮體的浮力影響**；第 3-1、3-2、4-1、4-2 題屬於因素因子二，在原設計理念中屬於第一向度的一部份：**力平衡概念**；第 11-1、11-2、12-1、12-2、13-1、13-2 題屬於因素因子三，在原設計理念中均屬於第四向度：**藉由浮力與重力比較來判斷沉浮**；第 15-2-1、15-2-2、16-2-1 及 16-2-2 題屬於因素因子四，在原設計理念中均屬於第六向度：**液體密度改變對沉體的浮力影響**；第 9-1、9-2、10-1、10-2 題屬於因素因子五，在原設計理念中均屬於第三向度；第 1、2-1、2-2、3-1、3-2 題屬於因素因子六，在原設計理念中也屬於第一向度的一部份：**力平衡概念**（詳見表 3-3-5）。

從上述結果解讀因素分析是否與本試卷所設計的各個向度相吻合，研究者有以下說明：**液體密度改變對沉體的浮力影響**、**沉體的浮力與重力**、**藉由浮力與重力比較來判斷沉浮**、這三個向度都能分別歸類在三個因素，顯示學生對於沈體的浮力問題會受到沈體的體積、重量以及液體的密度影響；而**浮體的浮力與重力**及**液體密度改變後對浮體的浮力影響**這兩個向度會同時被歸類為同一個因素，研究者認為這應該是學生對於浮體的浮力問

題較不受其他條件影響，因此會同時出現在同一個因素中；最後對於第一個向度力平衡概念，此概念中的第 1~3 題和第 4 題並沒有同時出現在同一個因素中，研究者認為應該是第四題是要學生求出三個力的合力，並且還有角度的影響，所以學生忽略題目中「靜止平衡」的狀況而將題目複雜化。

表3-3-5 題本設計的向度與因素分析的結果對照表

向度	一 力平衡	二 浮體浮力	三 沉體浮力	四 判斷浮沉	五 浮體液變	六 沉體液變
因素	二、六	一	五	三	一	四

表 3-3-6 力平衡—浮力試卷之因素分析的樣式矩陣(Rotated Factor Pattern)

	題號	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6
力 平 衡	1	0.06513	-0.05871	0.03093	-0.08449	0.03601	0.34341
	2-1	-0.01421	0.05142	0.13152	0.18189	-0.08302	0.76542
	2-2	0.13135	0.14819	-0.00675	0.27524	0.03451	0.77785
	3-1	0.08924	0.54789	0.28290	0.03664	0.07183	0.33667
	3-2	0.13704	0.47809	0.21150	0.10572	0.12844	0.41894
	4-1	0.14739	0.85694	0.15617	0.16913	0.09938	-0.06402
	4-2	0.18360	0.86303	0.15748	0.17452	0.11151	-0.03017
浮 體 浮 力	5-1	0.35413	0.46767	0.09100	0.07246	0.23894	-0.13560
	5-2	0.56807	0.38843	0.06355	0.22910	0.36160	0.05716
	6	0.48847	0.13469	-0.00050	0.23363	0.35388	-0.05909
	7-1	0.63217	0.13231	0.04443	0.36030	0.41393	-0.01305
	7-2	0.68862	0.13726	0.05776	0.25744	0.41978	-0.03244
	8-1	0.36271	0.54296	0.46827	0.11713	0.12630	0.12524
沉 體 浮 力	8-2	0.40815	0.47330	0.46580	0.11302	0.21638	0.14310
	9-1	-0.03372	0.06103	0.27020	0.05550	0.73607	0.01473
	9-2	0.02542	0.15051	0.17276	-0.05713	0.83293	-0.03391
	10-1	0.22669	0.38477	0.29925	-0.00554	0.48450	0.18516
	10-2	0.25583	0.33022	0.21190	0.16301	0.41522	0.25020
	11-1	0.14028	0.40111	0.55700	0.22887	0.27822	-0.03195
判 斷 沉 浮	11-2	0.19533	0.32367	0.54064	0.28240	0.37743	0.04208
	12-1	0.21286	0.23313	0.55410	0.21303	0.27593	0.06164
	12-2	0.08354	0.07100	0.51167	0.24188	0.23947	0.12238
	13-1	0.28407	0.18523	0.75475	0.11112	0.13543	0.06481
	13-2	0.35850	0.20849	0.68179	0.16161	0.10935	0.16953
	14-1	0.76194	0.23746	0.10700	0.07655	0.01239	0.14889
浮 體 液 變	14-2	0.76178	0.25762	0.04867	0.15000	0.05331	0.15585
	15-1-1	0.82940	0.09763	0.34630	0.04509	-0.08406	0.10147
	15-1-2	0.80929	0.07324	0.34752	0.16882	0.04726	0.15944
	16-1-1	0.74372	0.04445	0.46151	0.05117	-0.14002	0.00362
	16-1-2	0.72417	0.13359	0.38336	0.17763	0.00345	0.08512
	15-2-1	0.30824	0.13591	0.24384	0.72147	0.07131	0.03654
沉 體 液 變	15-2-2	0.29206	0.22266	0.30058	0.66169	0.14648	0.06557
	16-2-1	0.14743	0.09262	0.11845	0.83935	-0.02856	0.06882
	16-2-2	0.11552	0.11310	0.16217	0.83627	0.04718	0.16525

二、 半結構訪談

本研究藉由半結構訪談來深入了解學生回答試題時的思維及想法，分成兩大部分訪談，第一部分挑選對象是依據學生在「力平衡與浮力」評量題本的回答內容，再配合第二節學生在力平衡與浮力的學習困難種類作深入分析的晤談，藉以了解學生在學習浮力的困難原因。第二部分則由試卷施測結果第 11 題為依據，將使用「密度」概念答題的學生中挑選出 15 名進行訪談。訪談時研究者不使用任何指導用語，以避免受訪學生因訪談而造成概念改變。

訪談大綱：

第一向度：力平衡概念

T：你認為第一題右邊這個力是多少？

T：為什麼？

T：你認為兩力要達到平衡有什麼條件？

第二向度：浮體的浮力

T：這木塊在水中受到哪些力？

T：第 7 題的木塊和冰塊浮力各是多少？

T：為什麼？

第三向度：沉體的浮力

T：這顆石頭的浮力是多少？

T：為什麼

T：雞蛋在甲液中還是乙液中浮力較大？

T：為什麼？

第四向度：判斷沉浮

T：你如何判斷這個空心球放入水裡會浮還是沉？

T：你認為第 12 題的小球放入水裡會沉還是浮還是隨處靜止？

T：空心球在水中所受到的浮力和重力分別是多少？

第五向度：浮體液變

T：你認為同一艘船在海水還是在淡水中所受浮力較大？

T：為什麼？

T：第 15 題的保力龍球在加鹽後的水中浮力變大還是變小？或不變？

T：為什麼？

第六向度：沉體液變

T：你認為第 15 題加鹽後的高爾夫球浮力變化如何？

T：為什麼？

T：你認為加鹽後對原本沉在水底物體浮力會造成什麼影響？

T：為什麼？

第四節 研究過程

根據本研究所進行的過程，繪製研究流程如下圖 3-4-1



圖 3-4-1 研究流程圖

第五節 資料處理

本研究透過試卷紙筆測驗及個別訪談來收集所需資料，茲將資料收集的方法與分析的方式說明如下：

一、試卷紙筆測驗資料分析

本研究利用研究者自編的試卷，對九年級四個班級的學生施測，目的是要了解學生在學習完「力平衡」及「浮力」單元之後，是否會將「力平衡」的概念用來解浮力之問題。資料處理方式是研究者於紙筆測驗之後收回試卷，分析紙筆測驗的結果，此外，運用 Excel 及 SAS 統計套裝軟體做以下分析：

1. 對試卷各題的答題情形加以統計分析，算出答對的百分比和次數統計。
2. 對試卷各題的答題情形加以統計分析，依照答題狀況將學生分為高分組、中分組、低分組三群，以挑選出訪談學生。

二、個別訪談資料之分析

研究者依據受測學生的答題情形，選擇個別訪談的對象，對試卷紙筆測驗提問訪談，引導受訪學生思考自己的解題歷程，說出心中的想法，以進一步了解學生對於使用「力平衡」的概念用來解浮力問題之學習困難。訪談的過程採全程錄音及研究者現場筆記的方式加以紀錄，並將訪談內容打成逐字稿謄錄成文字資料。

第肆章 研究結果與討論

由於本研究之浮力題本是依照力平衡概念、浮體的浮力與重力、沉體的浮力與重力、藉由浮力與重力比較來判斷沉浮、液體密度改變後對浮體、液體密度改變對沉體的浮力影響，這六個向度進行設計，同時也為了能更清楚學生對於題本中有關浮力各向度的理解，以及學生原本以密度在判斷物體的浮沈時，改以「重力」與「浮力」的比較方式來判斷沉浮是否會覺得比較簡單。

本章將依此分成三大部分：第一部份是本試卷的整體表現呈現於第一節；第二部份是學生對各向度的理解，其中又將分為六小節，第二節—學生對於「力平衡」概念的理解、第三節—學生對於「浮體的浮力與重力」的理解、第四節—學生對於「沉體的浮力與重力」的理解、第五節—學生對於「判斷物體在液體中的沉浮狀態」的理解、第六節—學生對於「液體密度改變後對浮體的浮力影響」的理解、第七節—學生對於「液體密度改變對沉體的浮力影響」。除了分別呈現這六個向度的作答情形外，也將根據統計結果並參考學生回答的資料，分析及討論學生對於力平衡浮力概念的認知情形，以及學習所遇到的困難。

第三部分是引導學生從「重力」與「浮力」的比較方式來判斷沉浮，此部分呈現在第八節，主要是先從試卷答題資料中挑選適合訪談的對象，再進一步分析，在浮力的學習上是否從「力平衡」的角度來分析比從「密度」大小的比較來的容易。

第一節 學生的整體表現

浮力題本進行正式施測之評分標準，是依先前所訂定的標準給分，答對為 1 分，答錯為 0 分；除了第 12 題的第 1 個答案需回答出兩個結果，因此全對為 2 分，只答出 1 個為 1 分，題本滿分應為 35 分。最後統計的結果（表 4-1-1），在樣本數 77 人中，最高分為 35 分，最低 3 分，而整體表現分佈呈現雙峰（圖 4-1-1），顯示學生在浮力單元的表現兩極化；其中，男生最低分 4 分，最高分 35 分，分佈也是呈現雙峰（圖 4-1-2），女生最低分 3 分，最高分 35 分，分佈則是偏低分（圖 4-1-2）。

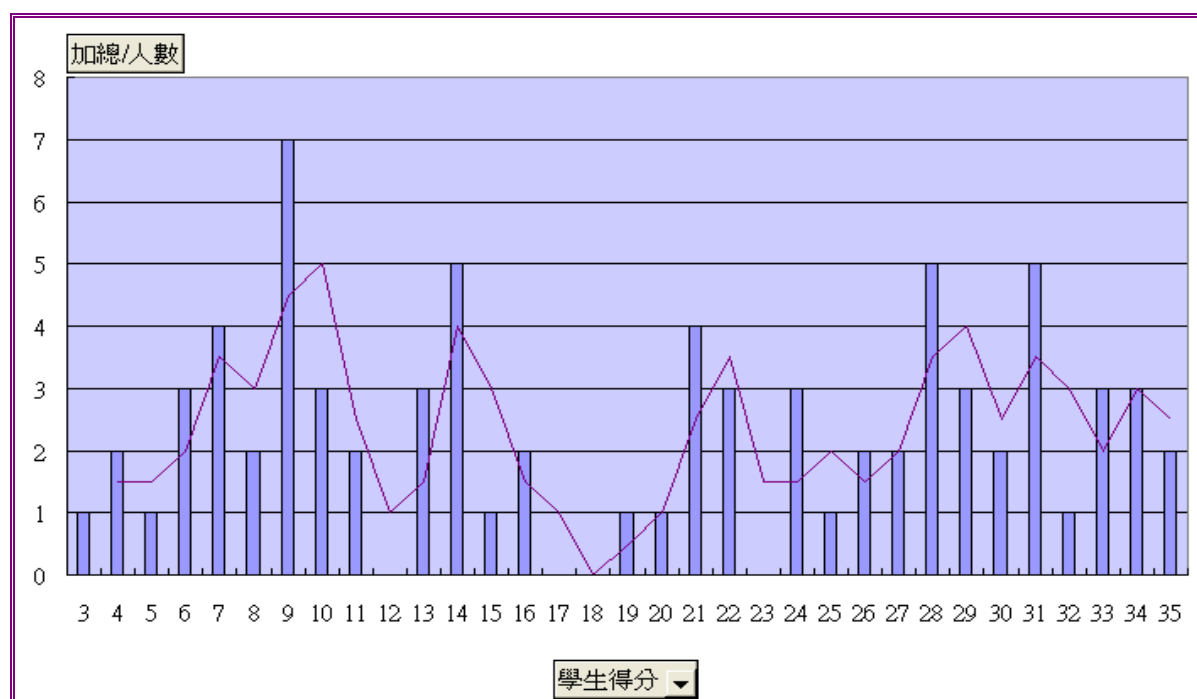


圖 4-1-1 學生個人分數與人數之分佈圖

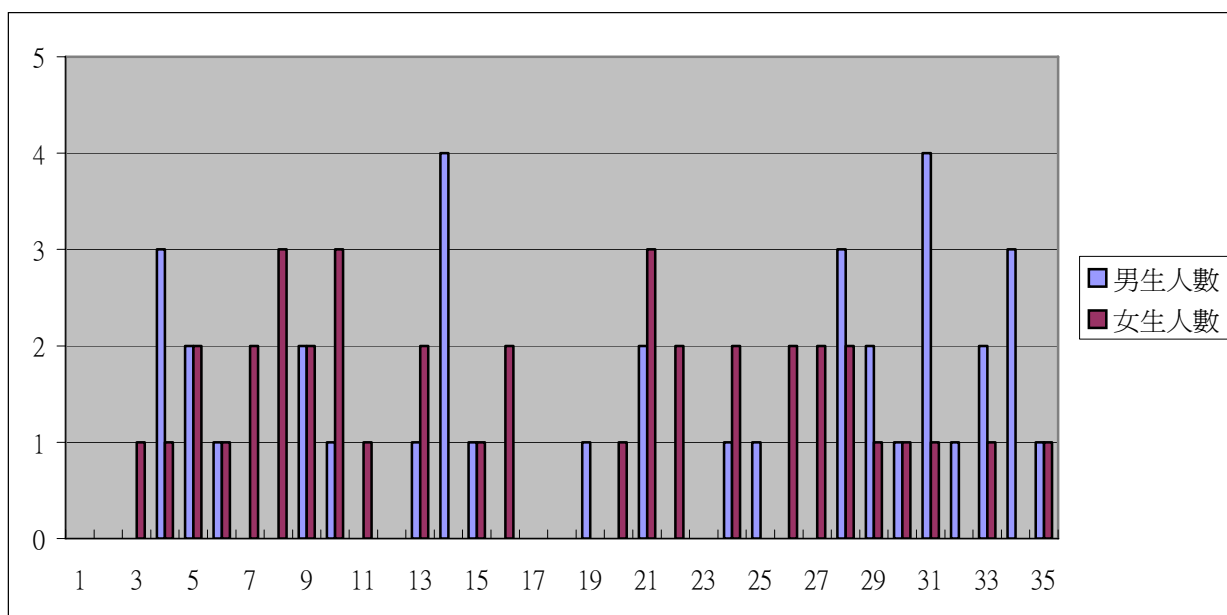


圖 4-1-2 男生、女生個人分數與男女人數圖

將分數分為高、中、低三組：得分在 24 分至 35 分之間是為高分組，13 分至 23 分之間是為中分組，12 分以下是為低分組。從表 4-1-1 中可以看出，在整體表現部分，得分在 24 分以上的學生佔所有施測人數的 38%，得分在 13 分至 23 分之間的學生佔所有施測人數的 26%，得分在 12 分以下的學生佔所有施測人數的 32%。而在男生部分，得分在 12 分以下的學生佔男生人數的 24%（8 人），13 分至 23 分之間的學生佔男生人數的 24%（9 人），24 分至 35 分的學生佔男生人數的 52%（19 人）；男生 37 人中按分數高低排第 19 名（中間）的分數是 25 分，平均得分是 21 分。另一方面，在女生部分，得分在 12 分以下的學生佔女生人數的 40%（16 人），13 分至 23 分之間的學生佔女生人數的 28%（11 人），24 分至 35 分的學生佔女生人數的 32%（13 人）；女生 40 人中按分數高低排第 20 名（中間）的分數是 16 分，平均得分是 18 分。

將男生與女生的表現作比較發現（圖 4-1-2），在低分組部分，女生的

低分組人數所佔的比例（16 人，21%）多於男生的低分組人數所佔的比例（9 人，12%）；在中分組部分男女生的差異不大，男生有 9 人（12%），女生有 11 人（14%）；而在高分組部分，則是男生的表現優於女生的表現，高分組男生佔所有人數的 25%，高分組女生佔所有人數的 17%。因此，根據男女生在本試卷的整體表現看來，總答題表現男生成績優於女生。

表 4-1-1 所有學生個人分數與人數之累計表

學生 得分	總人數 (77 人)			男生 (37 人)			女生 (40 人)		
	人數	百分比	累計 百分比	人數	百分比	累計 百分比	人數	百分比	累計 百分比
3	1	1%	1%	0	0%	0%	1	3%	3%
4	2	3%	4%	3	8%	8%	1	3%	5%
5	1	1%	5%	2	5%	13%	2	5%	10%
6	3	4%	9%	1	3%	16%	1	3%	13%
7	4	5%	14%	0	0%	16%	2	5%	18%
8	2	3%	17%	0	0%	16%	3	8%	26%
9	7	9%	26%	2	5%	21%	2	5%	31%
10	3	4%	30%	1	3%	24%	3	8%	39%
11	2	3%	32%	0	0%	24%	1	3%	42%
12	0	0%	32%	0	0%	24%	0	0%	42%
13	3	4%	36%	1	3%	27%	2	5%	46%
14	5	6%	43%	4	11%	38%	0	0%	46%
15	1	1%	44%	1	3%	41%	1	3%	49%
16	2	3%	47%	0	0%	41%	2	5%	51%
17	0	0%	47%	0	0%	41%	0	0%	51%
18	0	0%	47%	0	0%	41%	0	0%	51%
19	1	1%	48%	1	3%	44%	0	0%	51%
20	1	1%	49%	0	0%	44%	1	3%	54%
21	4	5%	55%	2	5%	49%	3	8%	62%
22	3	4%	58%	0	0%	49%	2	5%	67%
23	0	0%	58%	0	0%	49%	0	0%	67%
24	3	4%	62%	1	3%	52%	2	5%	72%
25	1	1%	63%	1	3%	55%	0	0%	72%
26	2	3%	66%	0	0%	55%	2	5%	77%
27	2	3%	69%	0	0%	55%	2	5%	82%
28	5	6%	75%	3	8%	63%	2	5%	87%

29	3	4%	79%	2	5%	68%	1	3%	90%
30	2	3%	82%	1	3%	71%	1	3%	93%
31	5	6%	88%	4	11%	82%	1	3%	96%
32	1	1%	89%	1	3%	85%	0	0%	96%
33	3	4%	93%	2	5%	90%	1	3%	97%
34	3	4%	97%	3	8%	97%	0	0%	97%
35	2	3%	100%	1	3%	100%	1	3%	100%

由於本研究之浮力題本是依照（一）力平衡概念、（二）浮體的浮力與重力、（三）沉體的浮力與重力、（四）藉由浮力與重力比較來判斷沉浮、（五）液體密度改變後對浮體、（六）液體密度改變對沉體的浮力影響，這六個向度進行設計，因此從學生整體的表現比較學生在各向度間的差異（表 4-1-2，圖 4-1-3）。

表 4-1-2 學生在各向度間的差異比較表

向度	一	二	三	四	五	六
題號	1, 2, 3, 4	5, 6, 7	8, 9, 10	11, 12, 13	14, 15-1, 16-1	15-2, 16-2
向度滿分	7	5	6	7	6	4
學生總分	371	246	260	229	308	164
平均分數	4.82	3.19	3.38	2.97	4.00	2.13
向度平均	0.69	0.64	0.56	0.43	0.67	0.53

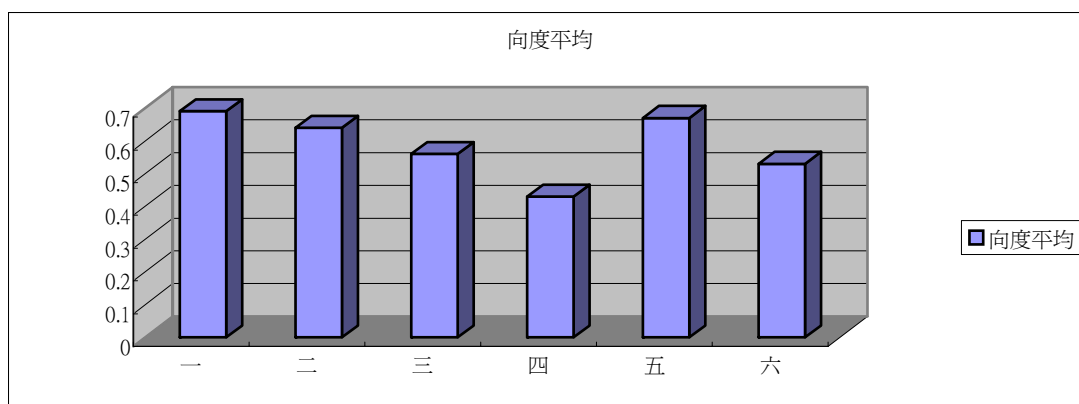


圖 4-1-3 學生在各向度間的差異比較圖

學生在「力平衡」的表現向度有 0.69；在第二向度「浮體的浮力與重力」有 0.64，「沉體的浮力與重力」有 0.56，學生這兩類比較簡單的沉浮體題目上可以直觀的用體積或重量來判斷出浮力大小。但是在第四向度「藉由浮力與重力比較來判斷沉浮」這類型的題目向度就降到 0.43，研究者發現，用密度來判斷沉浮的學生在相似的下一題就幾乎全錯，顯示出用「密度」思考模式會形成某些學習困難。在第五向度「液體密度改變後對浮體浮力影響」、第六向度「液體密度改變對沉體浮力影響」向度答對率分別為 0.67 和 0.53，和第一、二、三向度差異不大。

從男生及女生的表現來看（表 4-1-3），男生在每個向度的表現皆優於女生，尤其在第六向度液體密度改變對沉體的浮力影響相差最多，顯示女生對這個概念的掌握不佳，而這個概念對女生而言可能和第四向度藉由浮力與重力比較來判斷沉浮一樣困難。

表 4-1-3 男生和女生在各向度的表現表

向度	一 力平衡	二 浮體浮力	三 沉體浮力	四 浮沉判斷	五 浮體液變	六 沉體液變
男生向度平均	0.69	0.70	0.62	0.41	0.68	0.51
女生向度平均	0.53	0.59	0.49	0.28	0.57	0.30
相差	0.16	0.11	0.13	0.13	0.11	0.21

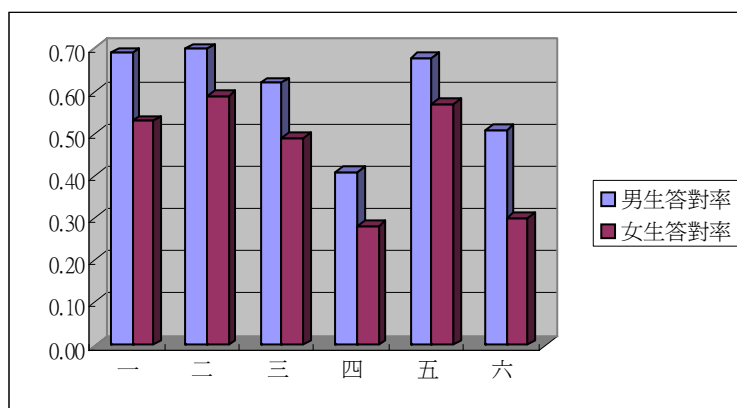


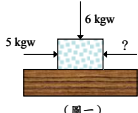
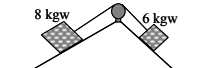
圖 4-1-4 男生和女生在各向度的表現圖

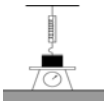
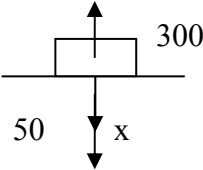
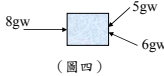
第二節 學生對於「力平衡」概念的理解

一、筆試題目與答題統計分析

在「浮力與力平衡」概念紙筆測驗卷中，第 1 題到第 4 題屬於第一向度——「力平衡」的概念，而這四題也分屬不同的情境，例如第 1 題屬於無角度的水平面力平衡，第 2 題屬於斜面上的力平衡，第 3 題屬於垂直方向的力平衡，第 4 題屬於有角度的水平面三力的平衡，測驗學生對力平衡概念的瞭解情形。研究者為了初步了解學生各題的表現，茲將學生所回答的正確答案及錯誤答案統計於下表中（表 4-2-1）：

表 4-2-1 力平衡-浮力題本第一題至第四題及統計分析

題目內容		
學生回答人數(%)	學生回答主要概念(人數, 百分比)	
1. 置於光滑桌面上的一物體受到 5kgw、6 kgw 和另一個力的同時作用下(不考桌面慮摩擦力), 呈現靜止狀態(如圖一)。請問此未知力多少 kgw?		 (圖一)
正確	73 人 (94.8%)	在不考桌面慮摩擦力下, 物體處於靜止狀態時則可推知物體所受合力等於零, 6kgw 的力被桌面支撐力抵銷, 水平向左的力為大小相同的向右 5kgw 的力。
錯誤	3 人 (3.9%)	- 物體受到兩力作用下, $6+5=11$, 又因為合力$=0$故認為此力為 11kgw。(1.3%)(1 人) - 物體受到兩力作用下, $6-5=1$, 故認為此力為 1kgw。(2.6%)(2 人)
其它	1 人 (1.3%)	未作答
2. 以細繩連接兩物體, 一個重 8 公斤重, 另一個重 6 公斤重, 並跨繞在光滑斜面上之定滑輪後達到靜止平衡狀態(如圖二)。請問: (1) 繩子在定滑輪左端和右端的部分受到的拉力何者較大? 或相等? (2) 你的理由是什麼?		 (圖二)

正確	44 人 (57.1%)	定滑輪兩邊物體呈現靜力平衡狀態，故左右兩邊拉力相等。
錯誤	30 人 (40.0%)	- 認為左邊拉力較大者，有 18 人 (23.4%)，理由有三： - 左邊 8 公斤較重 (20.8%，16 人)， - 左邊線較長 (1.3%，1 人)， - 左邊坡面較長 (1.3%，1 人)。
		- 認為右邊拉力較大者，有 9 人 (23.4%)，理由有二： - 右邊坡較陡，斜度較大 (6.5%，5 人)， - 右邊 6 公斤較輕，所以會被 8 公斤物體向右拉 (5.2%，4 人) - 認為兩邊相等，但理由錯誤者，有 3 人 (3.9%)，理由有二： - 有共同的支點， - 兩邊摩擦力相同。
其它	3 人 (3.9 %)	未作答
3. 一物體置於磅秤的上方，同時掛在一彈簧秤下（如圖三），已知磅秤的讀數為 500 公克重，彈簧秤的讀數為 300 公克重，且物體呈靜止不動，請問：物體的重量為多少公克重？為什麼？		
正確	57 人 (74 %)	物重減掉彈簧拉力 300gw 後， 還剩下 500gw， $X - 300 = 500$ ，故 $X = 800 \text{ gw}$ 
錯誤	15 人 (20.5%)	- 認為 200gw，物體受到兩個力，向下 500 gw，向上 300 gw，故相減為 200 gw。(14.3%，11 人) - 認為 500gw，因為磅秤讀數顯示 500 gw (3.9%，3 人) - 認為 300gw，因為彈簧秤讀數顯示 300 gw (1.3%1 人)
其它	5 人 (6.5 %)	未作答
4. 一物體在大小 5 gw、6 gw、8 gw 的三力同時作用下保持靜止（如圖四），請問這些力的合力為何？為什麼？		
正確	48 人 (62.3%)	三力同時作用下保持靜止，合力為零
錯誤	17 人 (22.1%)	- 認為 19gw，理由是 $5 + 6 + 8 = 19$，達到平衡。(13.0%，10 人) - 認為 3 gw，右邊相加在檢調左邊 $5 + 6 - 8 = 3$ (9.1%，7 人)。 - 認為 8 gw，右邊座力的分解後應等於左邊 8 gw (2.6%，2 人)。
其它	12 人 (15.6%)	未作答

（一）整體表現

整體而言，以各題的答對率由高至低排列分別為第 1 題：94.8%、第 3 題 74.0%、第 4 題 62.3%、第 2 題 57.1%。研究者分析學生答題表現，對於學生在「力平衡」概念表現，提出下列結果：第 1 題是屬於基本題型，左右兩邊水平力相等就達到力平衡，答對率是 94.8%；第 3 題是垂直方向的力平衡，因為物體在垂直方向上要考慮到重力的影響，有些學生會忘了重力，答對率是 74.0%；第 4 題是三個力加上有夾角的情形，有些學生會從角度去分析力的大小而造成誤判，答對率只有 62.3%；第 2 題是將物體置於斜面上，學生會想到斜的長短...等不相干的因素而形成誤判，答對率最低，只有 57.1%。由以上結果可知，學生在力平衡的概念上，以基本的水平面、無角度、無斜面...等單純的情境下最容易判斷，其它情形如垂直面上會遺漏重力，若有斜面或角度會造成干擾，若超過兩個力則顯得更難判斷。

表 4-2-2 第一向度內各小題的 77 人答對率

題號	1	2_1	2_2	3_1	3_2	4_1	4_2
答對人數	73	48	37	56	48	49	46
答對率	0.95	0.62	0.48	0.73	0.62	0.64	0.60

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人。

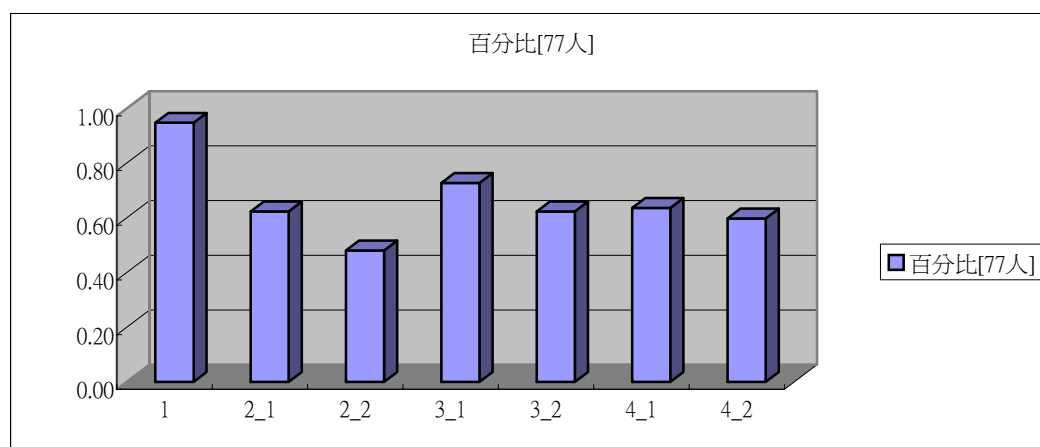


圖 4-2-1 第一向度內各小題的答對率

另外從男女生的差異來看，整體比較可以看出男生皆略高於女生；從圖 4-2-1 則可看出男生及女生在第 1 題及第 3 題兩者的表現幾乎相同，第 2 題及第 4 題則有些差異，而這兩題的力平衡示意圖都有牽涉到角度，因此研究者推測女生比較容易受到角度的影響。

表 4-2-3 男生、女生在第一向度的各小題答題表現表

	題號	1	2_1	2_2	3_1	3_2	4_1	4_2
男生 (37 人)	答對人數	37	26	23	27	25	28	26
	答對率	1	0.70	0.62	0.73	0.68	0.76	0.70
女生 (40 人)	答對人數	36	22	14	29	23	22	21
	答對率	0.90	0.55	0.35	0.73	0.58	0.55	0.53
答對率相差		0.10	0.15	0.27	0.00	0.10	0.21	0.18

註：男、女生答對率是指男、女生答對人數除以男、女生人數

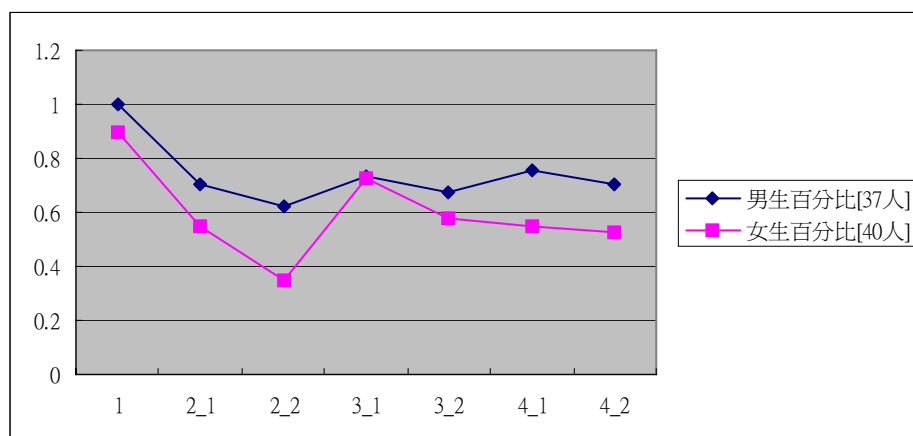


圖 4-2-2 男生、女生在第一向度的各小題答題表現圖

(二) 能否掌握力平衡概念學生的分析

其次，為了更進一步了解能掌握「力平衡」概念學生和無法掌握「力平衡」概念學生在其它各向度的表現差異情形，研究者將受測學生依照第一向度「力平衡」的回答情形歸成兩類。第一類：能掌握「力平衡」概念的學生，第二類：未能掌握「力平衡」概念。分類依據是全體受測學生回

答第一題到第四題共 7 個答案的分數總合，取其中位數為分界點，總分 7 分經分析後中位數分數是 5 分，在本向度得分小於 5 分（1 到 4 分）的學生有 32 位，歸類於**未能掌握**力平衡概念的學生；在本向度得分大於或等於 5 分的有 45 位，歸類於**能掌握**力平衡概念的學生。

依據上述之條件將學生分為掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念這兩群學生後，再分析這兩群學生在第一向度中各題的表現（表 4-2-4）發現這兩群學生在第 1 題的表現差異較小，顯示第一題為比較容易且基本的問題；在第 3、4 兩題的表現差異較大，顯示第 3、4 兩題對於能掌握力平衡概念的學生比較容易解決，而未掌握力平衡概念的學生較無法處理。

表 4-2-4 能否掌握力平衡概念之群組在全體 77 人中第一向度各題表現表

題號		1	2_1	2_2	3_1	3_2	4_1	4_2
掌握	答對人數	44	35	32	44	41	41	41
	答對率	0.57	0.45	0.42	0.57	0.53	0.53	0.53
未掌握	答對人數	29	13	5	12	7	9	6
	答對率	0.38	0.17	0.06	0.16	0.09	0.12	0.08
相差		0.19	0.28	0.36	0.41	0.44	0.41	0.45

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人。

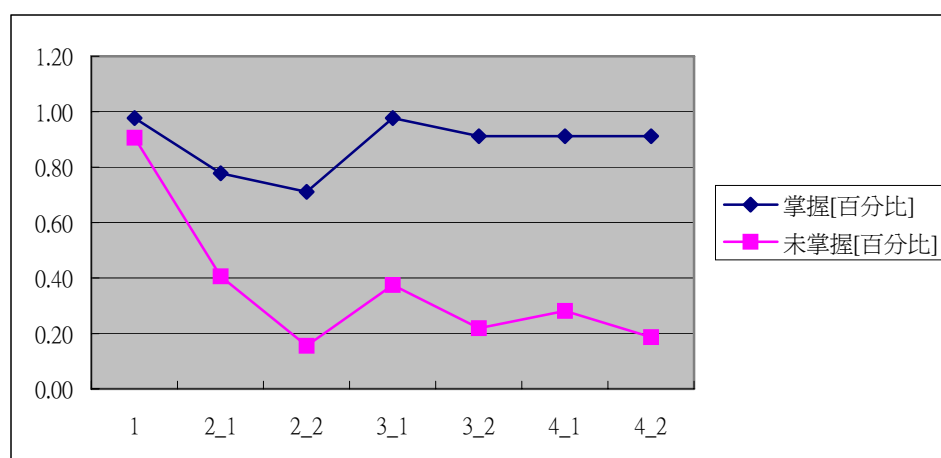


圖 4-2-3 能否掌握力平衡概念的學生在第向一度各題的表現圖

分析掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念這兩群學生在其他向度的答對率（表 4-2-2）發現，在第一向度掌握力平衡概念的學生在其他向度的表現皆優於未掌握的學生，並在第二至第四向度的答對率相差了 0.5 以上，而第五向度及第六向度的差異較小。

表 4-2-5 能否掌握「力平衡」概念的學生在其他各向度的答對率

向度	二 浮體浮力	三 沉體浮力	四 浮沉判斷	五 浮體液變	六 沉體液變
掌握（45 人）	0.86	0.77	0.63	0.78	0.64
未掌握（32 人）	0.36	0.25	0.12	0.41	0.28
相差	0.50	0.52	0.51	0.37	0.36

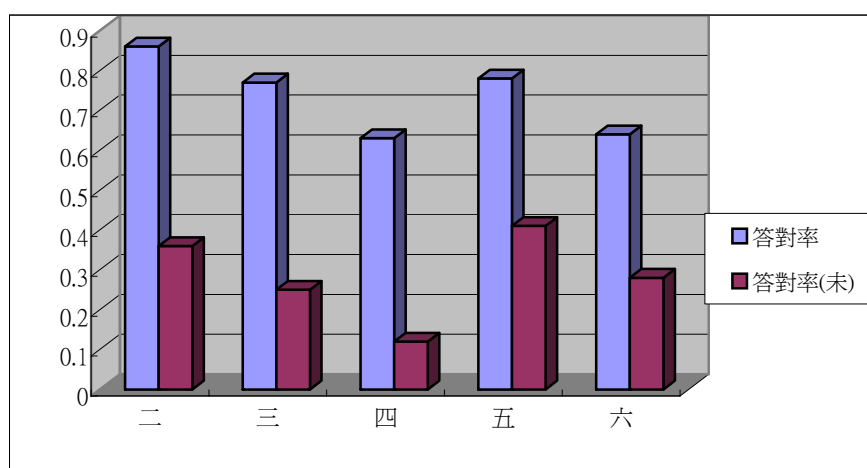


圖 4-2-4 能掌握「力平衡」概念與否的學生在各向度的表現表

再針對男生與女生在掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念這兩個群組中的表現進行分析（表 4-2-6）。男生總人數 37 人中，掌握力平衡的人數為 26 人，佔總人數的 34%，未掌握力平衡的人數為 11 人，佔總人數的 14%；女生總人數 40 人中，掌握力平衡的人數為 18 人，佔總人數的 23%，未掌握力平衡的人數為 22 人，佔女生總人數的 29%，顯示男生有較高比例屬於掌握力平衡概念群組的學生，而女生有較高比例屬於未掌握力平衡概念群組的學生。

表 4-2-6 能否掌握「力平衡」概念的男、女學生人數表

	掌握力平衡 (45 人)	未能掌握力平衡 (32 人)
男生 (37 人)	26 人 (0.34)	11 人 (0.14)
女生 (40 人)	18 人 (0.23)	22 人 (0.29)

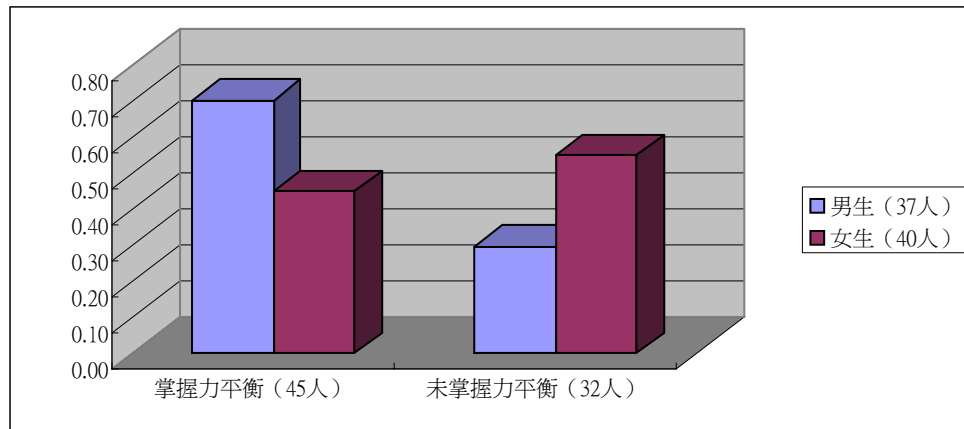


圖 4-2-5 能否掌握「力平衡」概念的男、女學生人數圖

前面除了比較掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念的兩個群組在第一向度及其他向度的表現，也粗略比較男生和女生在這兩個群組的表現，因此，以下將分別針對掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念的兩個群組中男生與女生的表現進行三個部分的分析：1.能掌握力平衡概念、2.未能掌握力平衡概念、3.綜合討論。

1. 能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析能掌握力平衡概念的男女學生表現（表 4-2-7），發現在能掌握的學生中男生的答對率都比女生高一些，其中在第 1、3、4 題中，男生的答對率佔所有能掌握力平衡概念學生的五成以上；而在第 2 題的第 1 小題男生及女生的差別最小。由此可知在第一向度中，在能掌握力平衡概念的群組中，男生表現較優於女生的表現。

表 4-2-7 男、女生在第一向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念

題號	1	2_1	2_2	3_1	3_2	4_1	4_2
男	答對人數	26	19	19	25	24	25
生	答對率	0.58	0.42	0.42	0.56	0.53	0.56
女	答對人數	18	16	13	19	17	16
生	答對率	0.40	0.36	0.29	0.42	0.38	0.36
答對率相差		0.18	0.07	0.13	0.13	0.16	0.20

註：答對率是指答對人數除以能掌握力平衡概念的人數 45 人。

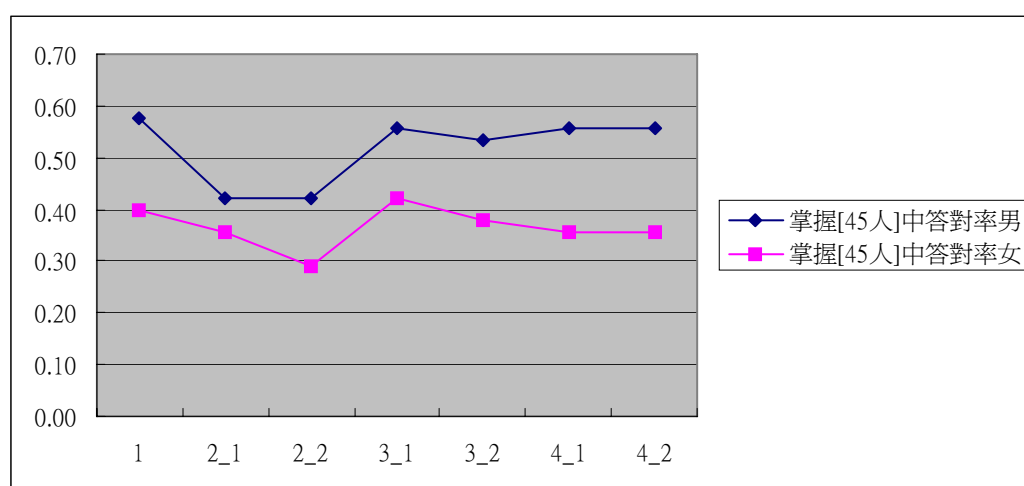


圖 4-2-6 男、女生在第一向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念

2. 未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析未能掌握力平衡概念的男女學生表現（表 4-2-8），發現在未能掌握的學生中女生的答對率大多比男生高，但在第 2 題中，男生的答對率卻比女生高，研究者推測這是因為女生受到圖形中坡度、繩子長短…等原因干擾所致；此外，雖然在第 1、3、4 題中女生的表現都比男生好，但是幅度並不高。由此可知在第一向度中，在未能掌握力平衡概念的群組中，女生表現稍稍優於男生的表現。

表 4-2-8 男、女生在第一向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念

題號	1	2_1	2_2	3_1	3_2	4_1	4_2
男	答對人數	11	7	4	2	1	3
生	答對率	0.34	0.22	0.13	0.06	0.03	0.03
女	答對人數	18	6	1	10	6	5
生	答對率	0.56	0.19	0.03	0.31	0.19	0.16
答對率相差		0.22	-0.03	-0.09	0.25	0.16	0.13

註：答對率以答對人數除以未能掌握力平衡概念的人數 32 人。

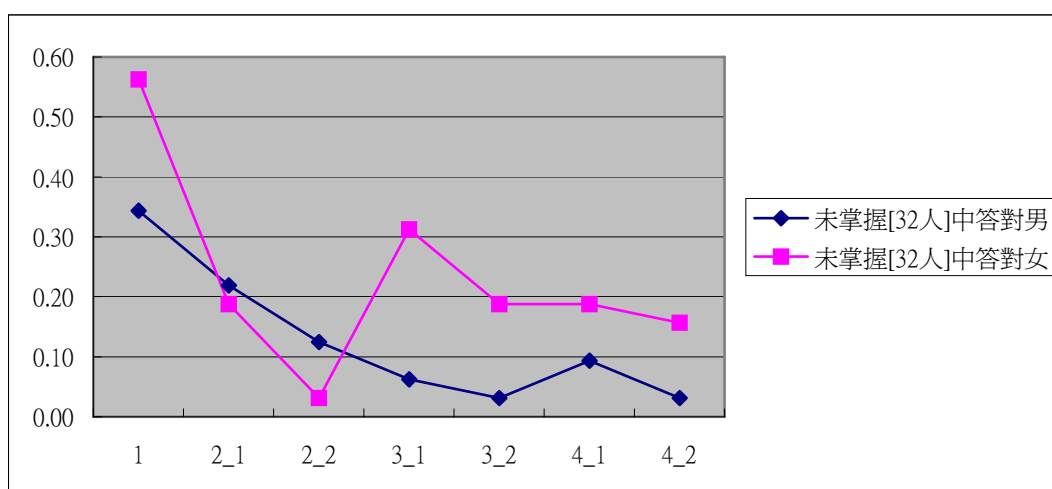


圖 4-2-7 男、女生在第一向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念

3. 綜合討論

從對「掌握力平衡概念」以及「性別」兩個面向討論學生的表現（表 4-2-9），可以發現掌握力平衡概念的男生是所有群組中表現最好的一群，反之，未掌握力平衡概念的男生卻是所有群組中表現比較差的一群；另一方面，掌握力平衡概念的女生表現比較中等，而未掌握力平衡概念的女生表現比較不穩定。由此可知，在第一向度中，能否掌握力平衡概念的確可以用來判別男生在此向度的表現。

表 4-2-9 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第一向度各題人數答題表現表

		題號	1	2_1	2_2	3_1	3_2	4_1	4_2
掌握	男生	答對人數	26	19	19	25	24	25	25
		答對率	0.34	0.25	0.25	0.32	0.31	0.32	0.32
	女生	答對人數	18	16	13	19	17	16	16
		答對率	0.23	0.21	0.17	0.25	0.22	0.21	0.21
未掌握	男生	答對人數	11	7	4	2	1	3	1
		答對率	0.14	0.09	0.05	0.03	0.01	0.04	0.01
	女生	答對人數	18	6	1	10	6	6	5
		答對率	0.23	0.08	0.01	0.13	0.08	0.08	0.06

註：答對率以答對人數除以總人數 77 人。

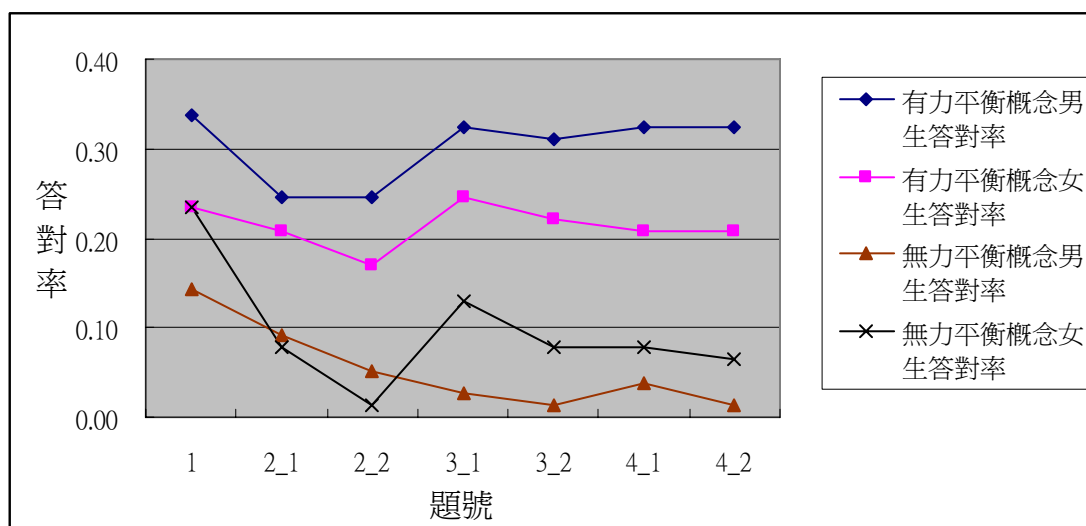


圖 4-2-8 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第一向度各題人數答題率圖

二、訪談資料分析

為了更進一步確認學生作答時的想法，以及發生錯誤和困難的原因，研究者依學生答題結果將其分成低分組、中分組、高分組三組，各找出 4 位學生訪談。

(一) 正確答題的想法

在接受訪談的學生中，S302（高分組、男）、S303（高分組、男）、S321（高分組、女）、S327（高分組）這四個學生在第一向度（1—4 題）是完全正確的。整合第一向度正確答題學生的想法，學生認有關力平衡的概念為：（1）兩力平衡時，有夾角不影響；（2）物體只要靜止平衡，所受合力是零。以下為 S302、S303、S321 的訪問部分摘要。

(1) 認為兩力達到靜止平衡時，大小相等、方向相反、且作用在同一直線上

（S302，高分組、男）

1. T：你認為第一題右邊這個力是多少？
3. S302：6 公斤重。
4. T：為什麼？
6. S302：因為左邊有一個 5 公斤向右的力讓它達到平衡。
8. T：你認為兩力要達到平衡有什麼條件？
10. S302：大小相等、方向相反、且作用在同一直線上。
12. T：那物體上方 6 公斤重的力呢？
15. S302：被桌面支撐力抵銷了。

從以上訪談中可以看出 S302 同學認為當兩力大小相等、方向相反、且作用在同一直線上時（行 10），兩力可以達到平衡。

(2) 物體只要靜止平衡，所受合力是零。

（S303，高分組、男）

3. T：你認為第二題哪邊拉力較大？
5. S303：一樣大。
6. T：為什麼？

8. S303：因為題目說他們達到「靜止平衡」嘛....
11. T：那在斜面上呢？
12. S303：一樣呀！兩邊作用的結果，力就是要相等，才會靜止嘛！合力就是零囉！...

(S321，高分組、女)

3. T：你認為第四題合力多少？
6. S321：零。
7. T：為什麼？
9. S321：因為題目不是說這些力達到「靜止」嗎？....
11. T：那右邊的力有夾角呢？
13. S321：有夾角不影響呀！因為只要是達到靜止合力為零。

從以上訪談中可以看出 S303 同學認為題目出現靜止平衡則可推知合力為零（行 12），而 S321 則認為夾角不影響答案，只要是達到靜止，合力就為零（行 13）。

綜合以上訪談結果，學生認為兩力平衡的條件是大小相等、方向相反、且作用在同一直線上，此外，達到「靜止」狀態的物體其所受合力為零。

（二）容易產生的困難

有些學生不知道「力平衡」是什麼意思，沒有力平衡概念，會認為角度、線的長短...等其他因素去判斷力的大小。研究者依照答對率和訪談結果，依照容易發生困難的順序將其分成兩種類型：（1）誤用斜面坡度及線的長短而忽略「力平衡」的概念；（2）無法判斷出物體受力正確的大小及方向，例如：忘記重力的存在。以下是節錄編號 S306（中分組、男）、S301

(中分組、男)、S623(低分組、女)學生晤談的口語資料：

(1) 誤用斜面坡度及線的長短而忽略「力平衡」的概念。

(S306, 中分組、男)

3. T: 你認為在力平衡的情況下, 左端和右端的拉力哪個較大?
7. S306: 左端。
8. T: 為什麼?
11. S306: 因為左端斜面上掛 8 公斤重的物體大於右端 6 公斤重的物體。
12. T: 還有其他原因嗎?
15. S306: 左邊斜面上的繩子比較長, 物體又比較重, 所以左邊兩個乘起來力矩會比較大。

(S301, 中分組、男)

3. T: 你認為在力平衡的情況下, 左端和右端的拉力哪個較大?
7. S301: 左端大。
8. T: 為什麼?
12. S301: 物體比較重。
16. T: 還有其他原因嗎?
19. S301: 斜面比較長。

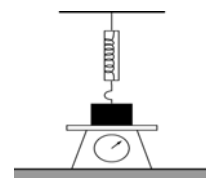
這類型學生受到斜面坡度及線的長短的影響, 而忽略了力平衡的概念, 例如 S306 同學(行 15)認為繩子長短及物體輕重, 會造成兩邊不一樣的力矩; S301 同學認為物重(行 12)和斜面長(行 19)影響兩端力的大小, 卻忽略這兩力是已達力平衡狀態。

(2) 無法判斷出物體受力正確的大小及方向。

「力」是看不見的抽象東西, 必須由物體形狀改變或運動方向變化來判斷受力大小及方向, 對國中學生而言, 是比較困難的, 例如 S301 同學

(行 7) 將物體視同位在水平面上的狀態，將上下兩力看成類似左右兩力作用，故將上下相減而誤判。下面是節錄編號 S623 學生晤談的口語資料：

3. T：你認為在力平衡的情況下，物體重量多少？
7. S623：這個物體被彈簧往上拉 300 公克重，又有向下 500 公克重的力，所以上下抵銷剩下 200 公克重。
15. T：你認為磅秤上的物體是多重？
22. S623：200 公克重呀！



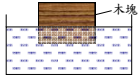
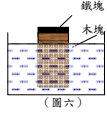
綜合以上訪談資料，發現許多學生在判斷物體受到哪些力作用時是困難的，因為力是看不見，抽象又無形，對國中階段的學生可能必須經由實驗或老師提醒才會比較了解其存在。雖然在國中八年級的理化教材第四冊第六章有介紹兩力平衡的條件及狀況，但學生對三力或稍有變化的應用，就顯得招架不住，會無法判斷。例如：物體在斜面上、在垂直線上、在磅秤上...等較複雜的情形下，就會想到其它不相干的因素，而失去判斷的準則。學生在「力平衡」的概念上，如果無法清楚掌握，那麼就會影響到浮力的受力分析，在浮力的學習上勢必會造成學習困難。所以在浮力學習上，基本的力平衡概念是很重要的。

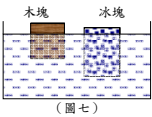
第三節 學生對於「浮體的浮力與重力」的理解

一、筆試題目與答題統計分析

在「浮力與力平衡」概念紙筆測驗卷中，第 5 到第 7 題屬於第二向度--「浮體的浮力與重力」的概念，而這三題也分屬不同的情境，例如第 5 題探討單一浮體受到哪些力，第 6 題提供浮體重量讓學生判斷浮力大小，第 7 題提供浮體重量和體積讓學生判斷浮力大小，測驗學生對浮體的浮力與重力概念的瞭解情形。研究者為了初步了解學生各題的表現，茲將學生所回答的正確答案及錯誤答案統計於下表中（表 4-4）：

表 4-3-1 力平衡-浮力題本第 5、6、7 題及統計分析

題目內容		
學生回答人數（%）		學生回答主要概念（人數，百分比）
5. 將一個重量為 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) 此木塊受到哪些力作用？ (2) 這些力的大小之間的大小關係為何？		 （圖五）
正確	49 人 （63.6%）	* 木塊在水中是浮體，受到浮力及重力，兩力大小相等。
錯誤	24 人 （31.2%）	● 錯誤最多的類型：浮力 > 重力--（10 人，13%） ● 第二多：物體只受到浮力。--（7 人，9.1%） ● 第三多：物體受到：大氣壓力 + 重力 = 浮力（3 人，3.9%） ● 其它：物體受到阻力、水壓力、大氣壓力...等（4 人，5.2%）
其它	4 人 （5.2 %）	未作答
6. 承上題，若在此木塊上放另一塊 200 公克重的鐵塊後仍然浮著（如圖六），則此木塊的浮力為多少？		 （圖六）
正確	48 人 （62.3%）	500 公克重 + 200 公克重 = 700 公克重
錯誤	15 人	● 200 公克重者，忘了木塊的存在。（7 人，9.1%）

	(19.5%)	- 認為 500 公克重者，認為木塊依然浮著所以浮力不變。(5 人，6.5%) - 認為 300 公克重：$500 - 200 = 300$。(3 人，3.9%)
其它	14 人 (18.2%)	未作答
7. 兩個都是 100 公克重的木塊和冰塊漂浮在水面上（如圖），木塊的體積為 150 立方公分，冰塊的體積是 110 立方公分。請問： (1) 木塊所受浮力多少？ (2) 冰塊所受浮力多少？		
正確	50 人 (64.9%)	木塊所受浮力：100 公克重；冰塊所受浮力：100 公克重。浮體的浮力等於物重。
錯誤	17 人 (22.1%)	- 浮力類型：用物體體積來決定浮力大小。所以木塊：150 公克重；冰塊：110 公克重（11 人，14.3%） - 第二多的錯誤答案：木塊浮力 75 公克重；冰塊浮力 55 公克重。將物體體積$\div 2$，認為物體一半在水中所以受到體積一半的浮力。(4 人，5.2%) - 其它錯誤答案：用體積減重量，或用體積除重量。(2 人，2.6%)
其它	10 人 (13%)	未作答

（一）整體表現

整體而言，以各題的答對率由高至低排列分別為第 7 題：64.9%、第 5 題 63.6%、第 6 題 62.3%。研究者分析學生答題表現，可知學生在「浮體的浮力與重力」概念的答對率上是差異不大的，分別為 62.3%、63.6%、64.9%，這三題同質性頗高，具有正確浮體浮力概念的學生可以很容易判斷出浮力大小。

表 4-3-2 第二向度內 77 人中各小題的答對率

題號	5_1	5_2	6	7_1	7_2
答對人數	58	46	47	54	51
答對率	0.75	0.60	0.61	0.70	0.66

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人。

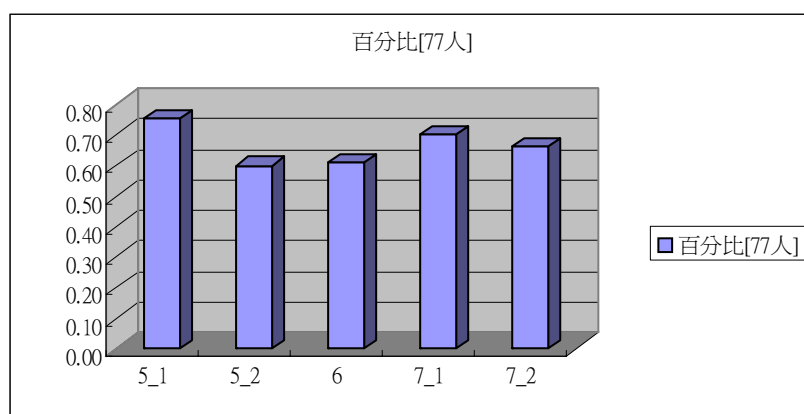


圖 4-3-1 第二向度內各小題的答對率

從男女生的表現來看（圖 4-3-1），整體比較可以看出除了第 5 題第 1 小題外，其餘 4 題的表現男生皆略高於女生，而且其他四題的答對率差異都在 0.15 左右，經由試卷作答情形分析，研究者觀察到第 5 題第 1 小題女生組的錯誤答案較一致，大多是空白，不會寫。而男生組的答案較複雜，有填「大氣壓力」、「阻力」…等，研究者分析其原因是男生組普遍比女生組對物理較有興趣，也喜歡做較多方面的思考，所以會多填了一些看似有關其實無關的物理名詞，卻不是很清楚彼此間的關係，混淆概念而答錯。

表 4-3-3 男生、女生在第二向度的答題表現表

題號		5_1	5_2	6	7_1	7_2
男生 (37 人)	答對人數	27	25	24	28	26
	答對率	0.73	0.68	0.65	0.76	0.70
女生 (40 人)	答對人數	31	21	23	26	25
	答對率	0.78	0.53	0.58	0.65	0.63

註：男、女生答對率是指男、女生答對人數除以男、女生人數

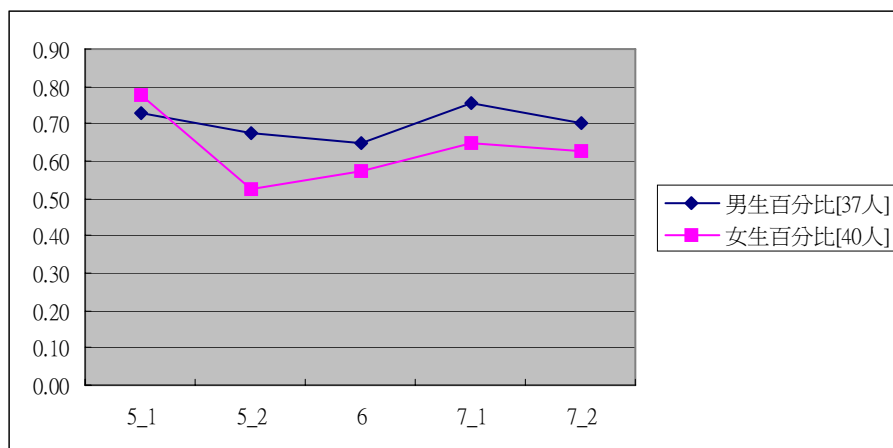


圖 4-3-2 男生、女生在第二向度的答題表現圖

(二) 能否掌握力平衡概念學生的分析

以下就本向度（第二向度）中能掌握「力平衡」概念和未能掌握「力平衡」概念的兩組學生在第 5、6、7 三題的答題表現進行分析。從表 4-3-4 中可以看出兩組學生的答對率以第 5 題第 2 小題差的最多，能掌握的學生答對率達 0.78，而未掌握的學生答對率只有 0.34，顯示未掌握力平衡的學生比較不清楚浮體的受力狀態；另一方面，兩組的答對率在第 6 題差的最少，能掌握的學生答對率達 0.71，而未掌握的學生答對率也有 0.47，顯示第 6 題中「於浮體上再加一塊鐵塊」不論對有無掌握力平衡的學生都有一些困難。

表 4-3-4 能否掌握「力平衡」概念的學生在第二向度各題答對率表

題號	5-1	5-2	6	7-1	7-2	平均
掌握 (45 人)	0.87 (39 人)	0.78 (35 人)	0.71 (32 人)	0.82 (37 人)	0.78 (35 人)	0.80
未掌握 (32 人)	0.59 (19 人)	0.34 (11 人)	0.47 (15 人)	0.53 (17 人)	0.50 (16 人)	0.49
答對率之差	0.27	0.43	0.24	0.29	0.28	

註：答對率是指該題答對人數除以掌握（45 人）、未掌握（32 人）人數

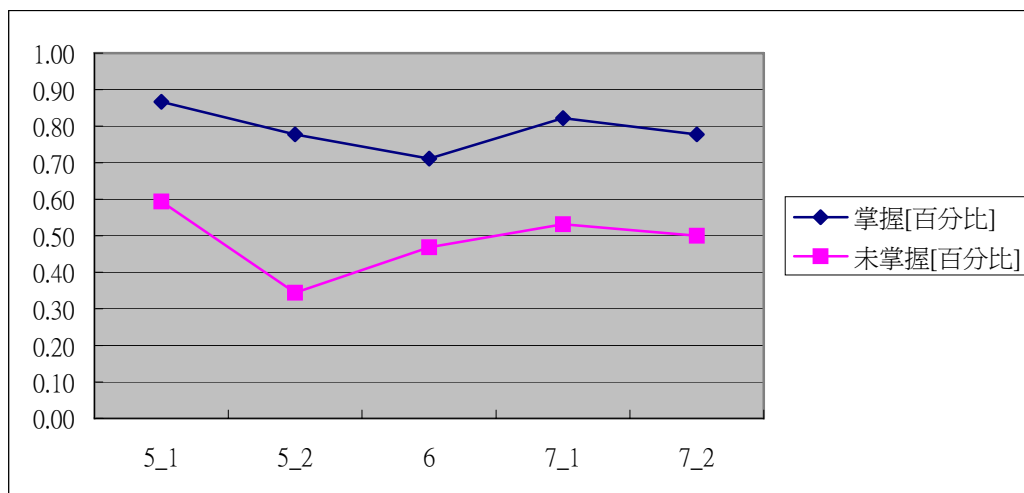


圖 4-3-3 能否掌握「力平衡」概念的學生在第二向度各題答對率圖

除了從整體學生比較掌握力平衡概念與未掌握力平衡概念兩個群組的學生在第二向度表現外，接下來，研究者也分別針對掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念的兩個群組中，男生與女生在第二向度中各題的表現進行下列三個部分的分析：1.能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、2.未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、3.綜合討論。

1. 能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析能掌握力平衡概念的男女學生在第二向度的各題表現（表 4-3-5），研究者發現在能掌握力平衡概念的學生中，男生每一題的答對率都比女生高一些，其中男生的答對率在所有能掌握力平衡概念學生中佔了四成以上，而女生的答對率在所有能掌握力平衡概念學生中大約佔了三成左右；顯示在第二向度中能掌握力平衡概念的群組中，男生比女生較能掌握浮體的浮力與重力之問題。

表 4-3-5 男、女生在第二向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念

題號		5_1	5_2	6	7_1	7_2
男	答對人數	23	22	19	23	21
	答對率	0.51	0.49	0.42	0.51	0.47
女	答對人數	16	13	13	14	14
	答對率	0.36	0.29	0.29	0.31	0.31
答對率差		0.16	0.20	0.13	0.20	0.16

註：答對率是指答對人數除以能掌握力平衡概念的人數 45 人。

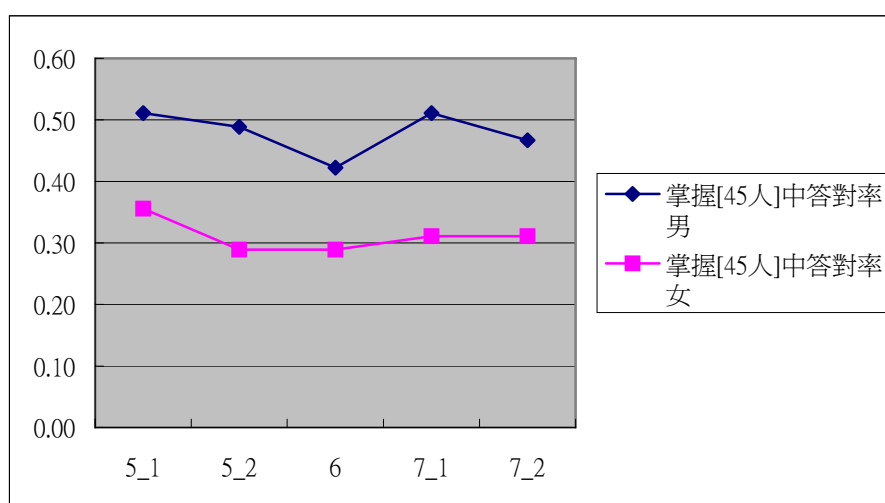


圖 4-3-4 男、女生在第二向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念

2. 未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析未能掌握力平衡概念的男女學生在第二向度的各題表現（表 4-3-6），發現在未能掌握的學生中女生的答對率皆高於男生的答對率，尤其在第 5 題的第 1 小題，男女生差異超過 0.3，顯示未掌握力平衡概念的男生對於判別浮力所受的力有困難。整體而言，在第二向度中未能掌握力平衡概念的群組中，女生比男生較能掌握浮體的浮力與重力之問題。

表 4-3-6 男、女生在第二向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念

題號		5_1	5_2	6	7_1	7_2
男	答對人數	4	3	5	5	5
	答對率	0.13	0.09	0.16	0.16	0.16
女	答對人數	15	8	10	12	11
	答對率	0.47	0.25	0.31	0.38	0.34
答對率差		0.34	0.16	0.16	0.22	0.19

註：答對率以答對人數除以未能掌握力平衡概念的人數 32 人。

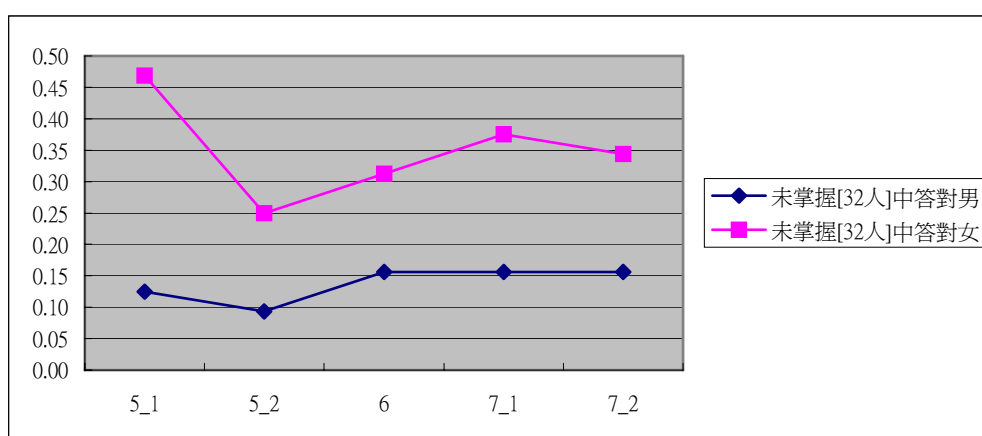


圖 4-3-5 男、女生在第二向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念

3. 綜合討論

從對「掌握力平衡概念」以及「性別」兩個面向討論學生的表現（表 4-3-7），同第一向度，可以發現掌握力平衡概念的男生是所有群組中表現最好的一群，反之，未掌握力平衡概念的男生卻是所有群組中表現比較差的一群；另一方面，掌握力平衡概念的女生表現與未掌握力平衡概念的女生表現相差較小。由此可知，在第二向度中，能否掌握力平衡概念的確可以用來判別男生與女生在此向度的表現，但用來判別男生的表現會比較明顯。

表 4-3-7 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第二向度各題人數答題表現表

		題號	5_1	5_2	6	7_1	7_2
掌握	男生	答對人數	23	22	19	23	21
		答對率	0.30	0.29	0.25	0.30	0.27
	女生	答對人數	16	13	13	14	14
		答對率	0.21	0.17	0.17	0.18	0.18
未掌握	男生	答對人數	4	3	5	5	5
		答對率	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06
	女生	答對人數	15	8	10	12	11
		答對率	0.19	0.10	0.13	0.16	0.14

註：答對率以答對人數除以總人數 77 人。

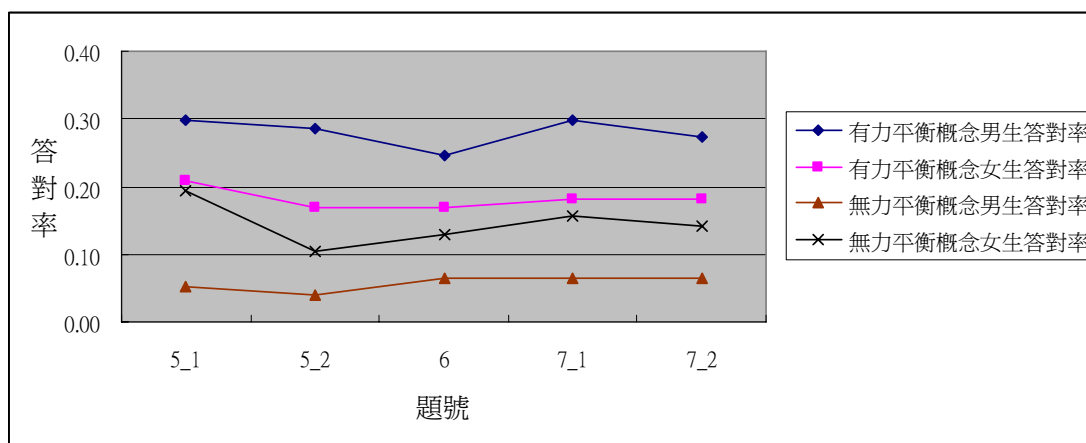


圖 4-3-6 能否掌握「力平衡」概念的男、女學生在第二向度各題人數答題表現圖

二、訪談資料分析

(一) 正確答題的想法

接受訪問的學生當中，這三大題浮體浮力的判斷完全正確的學生有 S310 (高分組、男)、S313 (高分組、男)、S321 (高分組、女)，這些學生的共同特色有：(1) 知道浮體在液中同時受到浮力和重力；(2) 知道浮體的浮力等於重力，且會利用重力求得浮力大小。以下是 S310、S313、

S321 的部分訪談摘要。

(1) 知道浮體在液中同時受到浮力和重力

(S310, 高分組、男)

3. T: 這木塊在水中受到哪些力?
7. S310: 木塊在水中受到浮力和重力。

(S313, 高分組、男)

3. T: 這木塊在水中受到哪些力?
5. S313: 嗯...地球引力和浮力。

(S321, 高分組、女)

22. T: 請問木塊在水中受到哪些力?
24. S321: 浮力和重力。

從 S310 和 S313、S321 同學訪談中得知，他們都能毫不猶豫的說出浮體受到重力和浮力作用，此三位同學清楚知道浮體在水中受力狀態（行 7、行 5、行 24），知道浮體在液中同時受到浮力和重力。

(2) 知道浮體的浮力等於重力，且會利用重力求得浮力大小

(S310, 高分組、男)

21. T: 第 7 題的木塊和冰塊浮力各是多少?
24. S310: 木塊 100 公克重，冰塊也是 100 公克重。
25. T: 為什麼?
27. S310: 因為這兩個都是浮體呀！浮體的浮力等於物重嘛！

(S313, 高分組、男)

23. T: 說說看...第 7 題的木塊和冰塊浮力各是多少?
25. S313: 嗯...兩個一樣重都是 100 公克重。

26. T：為什麼？

28. S313：因為浮體的浮力等於物重。

(S321，高分組、女)

33. T：請問第 6 題木塊加鐵塊的浮力多少？

36. S321：700 公克重。

37. T：為什麼？

39. S321：原本木塊重 500 公克，加上 200 公克重鐵塊就變成 700 公克重啦。

接受訪談的學生 S310、S313、S321 在本大題表現是全對。因此可以初步獲得若學生具有浮體的浮力等於其重量的「力平衡概念」且懂得使用此概念求出物重或浮力（行 27、行 28、行 39），則比較容易判斷浮體浮力大小的結果。

（二）容易產生的困難

由問卷答題統計結果及訪談的過程中，發現學生容易在浮體浮力判斷上出現的困難依序為：

- （1）對浮體受力情形不了解：認為浮體在液體中只受到浮力，或把壓力當成浮力，或將大氣壓力也考慮進去；
- （2）認為物體能浮的原因是浮力大於重力；
- （3）用浮體體積決定浮力大小：認為浮體的浮力看浮體體積大小決定，或是認為浮體的浮力只看液面下體積大小；
- （4）不知道浮體的浮力和重量相等。

下面是節錄編號 S308（中分組、男）和 S323（中分組、女）學生晤談的口語資料：

- （1）認為浮體在液體中只受到浮力，或把壓力當成浮力

(S308, 中分組、男)

3. T: 請你說說看浮體受到哪些力作用? 這些力彼此之間有什麼關係?
7. S308: 嗯.....浮體在液體中只有受到浮力
8. T: 浮體在液體中就只有受到浮力嗎?
10. S308: 嗯.....應該是吧!

(S323, 中分組、女)

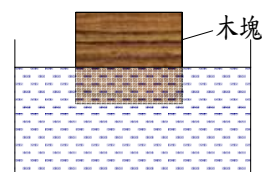
3. T: 請你說說看浮體受到哪些力作用? 這些力之間有什麼關係?
6. S323: 浮體在液體中受到水壓力及大氣壓力和地球引力。
8. T: 那麼, 這些力之間有什麼關係?
10. S323: 水壓力加大氣壓力等於地球引力。

從 S308 訪談中發現, S308 認為物體在液中只有受到浮力(行 7); S323 同學則認為物體在液中受到很多力, 有大氣壓力、水壓力、地球引力(行 6), S323 同學將這些他認為的力關係和方向又混淆不正確, 他認為水壓力加大氣壓力等於地球引力(行 10)。

(2) 認為物體能浮的原因是浮力大於重力

學生認為浮體會之所以浮, 就是受到一個大於重力的力這樣才物體才能露出水面。下面是節錄編號 S322 (中分組、女) 學生晤談的口語資料:

3. T: 請你說說看浮體受到哪些力作用?
7. S322: 受到浮力和重力。
9. T: 這些力彼此之間有什麼關係?
13. S322: 浮力大於重力。
14. T: 浮力大於重力?
17. S322: 對! 浮力大, 這樣物體才會浮得起來。



(圖五)

從 S322 訪談中發現, S322 認為浮體之所以會浮, 是因為受到一個

大於物重的力（行 13），如此一來，物體才能浮得起來。

（3）用浮體體積決定浮力大小

學生認為浮體會之所以浮，是因為認為浮體的浮力要根據浮體體積大小決定，或是只看液面下體積大小，如果只是知道重量不知道液面下體積多少，就無法得知浮力的大小了。下面是節錄編號 S605（中分組、男）及編號 S331（低分組、女）學生晤談的口語資料：

（S605，中分組、男）

4. T：你認為這個木塊和冰塊的浮力多少？
8. S605：木塊的浮力是 150 公克重，冰塊的浮力是 110 公克重。
9. T：為什麼？
11. S605：因為木塊的體積是 150 cm^3 ，冰塊的體積是 110 cm^3 。
14. T：你為何認為如此？
17. S605：因為它們是浮體嘛，所以浮體的浮力等於體積。

（S331，低分組、女）

3. T：你如何求浮體的浮力？
6. S331：浮體的浮力看體積。
7. T：全部的體積？
13. S331：嗯..不是...是液面下的體積
16. T：這一題題目只有給重量沒有給體積，那要如何知道它的浮力呢？
18. S331：那....那就沒辦法算了！

從 S605 訪談中發現，S605 認為浮體的浮力是看體積大小決定（行 17），和重量無關，體積越大浮力就越大，體積小浮力就小；S331 也認為浮體的浮力是看體積大小，但是看液面下的體積大小（行 13），不會使用力平衡概念求浮力（行 18）。

(4) 不知道浮體的浮力和重量相等

學生知道「阿基米得」原理，浮力等於物體在液面下體積乘以液體密度，但不知道浮體的浮力等於其重量這個兩力平衡的概念，例如，從 S311（低分組、男）學生晤談的口語資料，S311 知道「阿基米得」公式，浮力等於物體在液面下體積乘以液體密度（行 7），但不知道浮體的浮力等於其重量這個兩力平衡的概念（行 13）。

4. T：你如何算出浮體的浮力？
7. S311：就是液面下體積乘以液體密度。
9. T：那麼這一題沒有給物體的液面下體積也沒有液體密度，只知道物體重量的情形下，要怎麼求浮力呢？
13. S311：這個嘛..... 沒有給液面下體積也沒有液體密度....所以不能算！
15. T：有其它方法可以求出浮體的浮力嗎？
18. S311：這個嘛...不知道耶！

綜合以上訪談資料，研究者有以下發現：分析學生第 5 題的答題表現可以看出下列四點：

- (1) 36.4%的學生對於浮體在液體中受到哪些力作用並不清楚；
- (2) 有 13%的學生認為浮體所受的浮力是大於重力，所以物體才會浮起來，這表示學生在浮體的浮力與重力上，未具有兩力平衡的正確觀念；
- (3) 9.1%的學生認為浮體在液體中只有受到浮力；
- (4) 9.1%的學生認為浮體在液體中受到水壓力及大氣壓力....等。

學生對浮體的浮力大小錯誤認知最常見的類型是用體積來考量（14.3

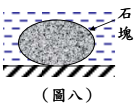
％)，有的學生認為浮體一半在水中，所以受到體積一半的浮力（5.2％），由此可知，學生通常用體積模式來解浮體浮力的問題，但其實在浮體浮力問題上用浮力等於重力的力平衡概念來解會簡單多了。

第四節 學生對於「沉體的浮力與重力」的理解

一、筆試題目與答題統計分析

在「浮力與力平衡」概念紙筆測驗卷中，第 8、9、10 題屬於第三向度---「沉體的浮力與重力」的概念，主要測驗學生對沉體的浮力與重力概念的瞭解情形。而這三題也分屬不同的情境：第 8 題提供沉體重量和體積讓學生判斷其浮力大小；第 9 題屬於改變物體所在的液體內容，使該物由浮體變成沉體讓學生判斷其浮力大小；第 10 題屬於改變液體狀態，使物體由浮體變成沉體讓學生判斷其浮力大小。研究者為了初步了解學生各題的表現，茲將學生所回答的正確答案及錯誤答案統計於下表中（表 4-4-1）：

表 4-4-1 力平衡-浮力題本第 8、9、10 題及統計分析

題目內容		
學生回答人數（％）	學生回答主要概念（人數，百分比）	
8. 石塊的體積是 100 立方公分，重量為 150 公克。當石塊沉於水底時（如圖八），它所受的浮力多少？你的理由為何？		
正確	43 人 (55.8%)	沉體浮力＝體積×液體密度
錯誤	17 人 (22.1%)	錯誤類型最多：物體完全浸在水中所以受到浮力最大，所以是 150 公克重。(10 人，13%)

		其次多的是：$150-100=50$，認為物重－體積＝浮力。(6 人，7.8%)
其它	17 人 (22.1%)	未作答
9. 已知有一雞蛋若放在甲液體會浮起，若改放在乙液體會下沉（如圖九）。 請問： (1) 此雞蛋在甲、乙兩種液體中所受浮力何者較大？ (2) 你的理由為何？		(圖九)
正確	53 人 (68.8%)	物體在甲液中是浮體，故浮力＝物重；在乙液中是沉體，故浮力＜物重，故在甲液中所受浮力較大。 有 13% 答對的同學是用兩者 液體密度不同 來判斷所受浮力不同。
錯誤	14 人 (18.2%)	- 錯誤類型最多：因為是同一個雞蛋所以不管放到哪種液體所受的浮力皆相同。(8 人，10.4%) - 其次多的是：從圖中看到雞蛋在甲液中是一半體積在液面下，在乙液中是全部體積在液面下，所以體積較大的乙液所受浮力較大。(4 人，5.2%) - 深度不同所以浮力不同、
其它	10 人 (13%)	未作答
10. 在水槽中放一個保力龍碗，碗內有個蕃茄，呈靜止平衡狀態（如圖十）。 若將蕃茄取出改放進水中，則蕃茄會下沉到底。請問： (1) 蕃茄在水中和在碗中所受的浮力何者較大或相同？ (2) 你的理由為何？		(圖十)
正確	34 人 (44.2%)	寫出在碗中較大的正確答案者，又分成兩類理由： (1) 放在碗中浮力＝物重，而放在水中浮力＜物重。(29 人，37.7%) (2) 放在水中是沉體故密度＞1，物體質量＞物體體積，而物體體積×水密度＝浮力，在碗中的浮力＝物重，在水中浮力浮力＜物重。如此解釋繞了一圈又回到同(1)的理由(5 人，6.5%)但此 5 人用密度觀念解下一個題目(第 11 題)都答錯，可見用密度觀念來判斷浮力問題對學生而言似乎較困難。
錯誤	25 人 (32.5%)	- 錯誤類型最多：蕃茄在水中和在碗中所受的浮力皆相同，因為都是同一個物體，同種液體。或認為蕃茄裝在碗裡一樣是在水裡，所以浮力沒有改變。(12 人，15.6%) - 在碗中浮力較大但理由錯誤：認為碗裡有空隙，可使蕃茄浮的較高(5 人，6.5%)。認為碗是保力龍做的，可以提供較大浮力(3 人，3.9%)

		在水中浮力較大：認為蕃茄在碗中沒有浮力，只有沉到水裡才有浮力。(5 人，6.5%)
其它	18 人 (23.4%)	未作答

(一) 整體表現

學生在第 9 題的答對率較高有 68.8%，研究者分析其原因認為，此題只需學生做浮力大小判斷並沒有出現數字，所以對學生而言，可由直覺作答較容易。而第 8 題沉體的浮力判斷必須由重量和體積兩個數字中去選擇判斷的依據，所以答對率有 55.8%。同時雖然第 10 題也是判斷浮力大小，但是題目情境為蕃茄從碗中取出放入水裡，此題比第 8、9 兩題的情境多一個碗，對學生而言較難判斷，答對率只有 44.2%。

表 4-4-2 第三向度內 77 人中各小題的答對率

題號	8_1	8_2	9_1	9_2	10_1	10_2
答對人數	43	39	58	51	38	30
答對率	0.56	0.51	0.75	0.66	0.49	0.39

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人

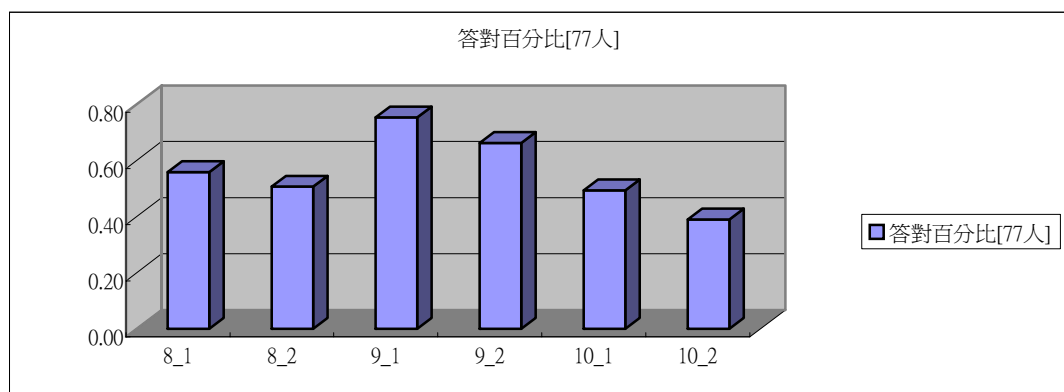


圖 4-4-1 第三向度內各小題的答對率

另外從男女生的差異來看，整體比較可以看出男生皆略高於女生；從圖 4-4-1 則可看出男生及女生在第 8 題及第 9 題兩者的表現差距不大，但在第 10 題則顯示兩者有差異，研究者推測第 10 題的情境問題對女生來說比較困難。

表 4-4-3 男生、女生在第三向度的答題表現表

	題號	8_1	8_2	9_1	9_2	10_1	10_2
男生 (37 人)	答對人數	22	20	30	26	22	17
	答對率	0.59	0.54	0.81	0.70	0.59	0.46
女生 (40 人)	答對人數	22	20	30	26	22	17
	答對率	0.55	0.50	0.75	0.65	0.55	0.43

註：男、女生答對率是指男、女生答對人數除以男、女生人數

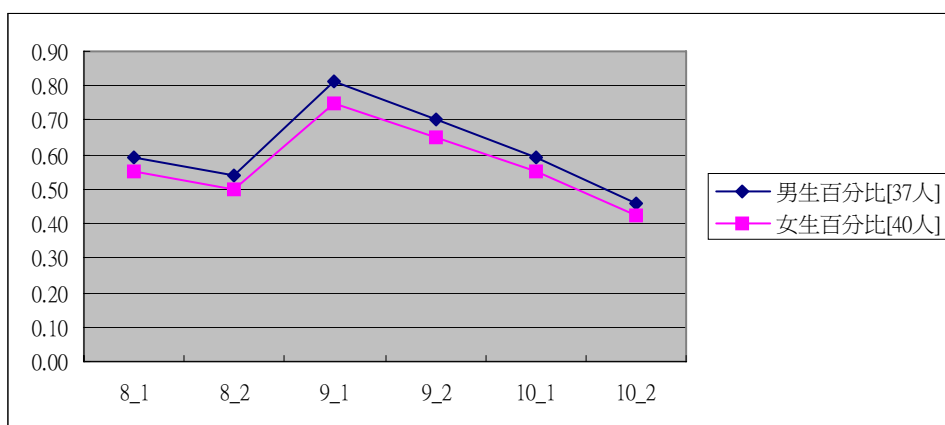


圖 4-4-2 男生、女生在第三向度的答題表現圖

(二) 能否掌握力平衡概念學生的分析

以下就本向度（第三向度）中能掌握「力平衡」概念和未能掌握「力平衡」概念的兩組學生在第 8、9、10 三題的答題表現進行分析。從表 4-4-4 中可以看出兩組學生的答對率在第 8 題的兩個小題都相差最多，能掌握的學生答對率，分別達 0.84 及 0.77，而未掌握的學生答對率分別只有 0.15 及 0.12，顯示未掌握力平衡的學生比較不能掌握沈體所受的浮力是沈體的

體積×液體密度；另一方面，兩組的答對率在第 9 題的兩個小題都相差最少，能掌握的學生答對率分別達 0.91 及 0.84，而未掌握的學生答對率也分別有 0.55 及 0.42，顯示第 9 題比較雞蛋的浮力，不論對有無掌握力平衡的學生都不算困難。

表 4-4-4 能掌握「力平衡」概念與否的學生在第三向度的答對率

題號	8-1	8-2	9-1	9-2	10-1	10-2	平均
掌握 (45 人)	0.80 (36 人)	0.73 (33 人)	0.84 (38 人)	0.78 (35 人)	0.69 (31 人)	0.56 (25 人)	0.73
未掌握 (32 人)	0.22 (7 人)	0.19 (6 人)	0.63 (20 人)	0.50 (16 人)	0.22 (7 人)	0.16 (5 人)	0.32
答對率之差	0.58	0.55	0.22	0.28	0.47	0.40	

註：答對率是指該題答對人數除以掌握（45 人）、未掌握（32 人）人數

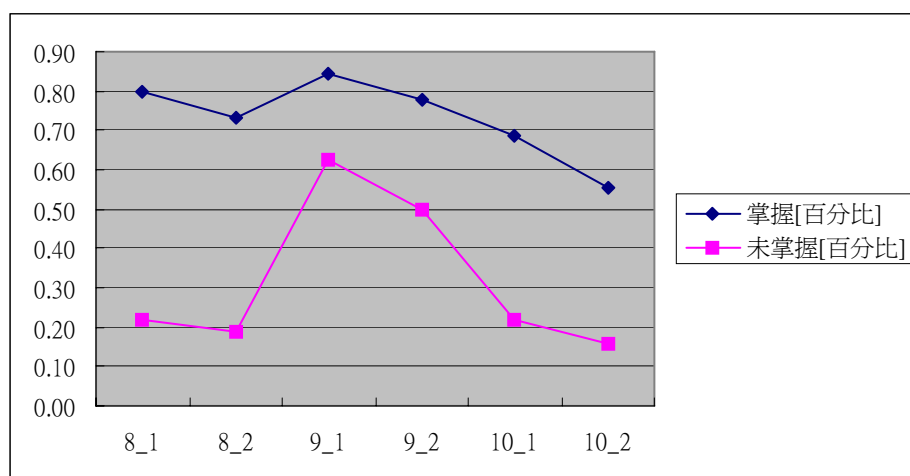


圖 4-4-3 能掌握「力平衡」概念與否的學生在第三向度的答對率圖

除了從整體學生比較掌握力平衡概念與未掌握力平衡概念兩個群組的學生在第三向度表現外，接下來也分別針對掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念的兩個群組中，男生與女生在第三向度中各題的表現進行下列三個部分的分析：1.能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、2.未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、3.綜合討論。

1. 能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析能掌握力平衡概念的男女學生在第三向度的各題表現（表 4-4-5），發現在能掌握力平衡概念的學生中，男生每一題的答對率都比女生高一些，其中男生的答對率在所有能掌握力平衡概念學生中大約佔了四成左右，而女生的答對率在所有能掌握力平衡概念學生中大約佔了三成至兩成之間；顯示在第三向度中能掌握力平衡概念的群組中，男生比女生較能掌握沈體的浮力與重力之問題。

表 4-4-5 男、女生在第三向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念

題號		8_1	8_2	9_1	9_2	10_1	10_2
男 生	答對人數	21	20	24	22	20	16
	答對率	0.47	0.44	0.53	0.49	0.44	0.36
女 生	答對人數	15	13	14	13	11	9
	答對率	0.33	0.29	0.31	0.29	0.24	0.20
答對率差		0.13	0.16	0.22	0.20	0.20	0.16

註：答對率是指答對人數除以能掌握力平衡概念的人數 45 人。

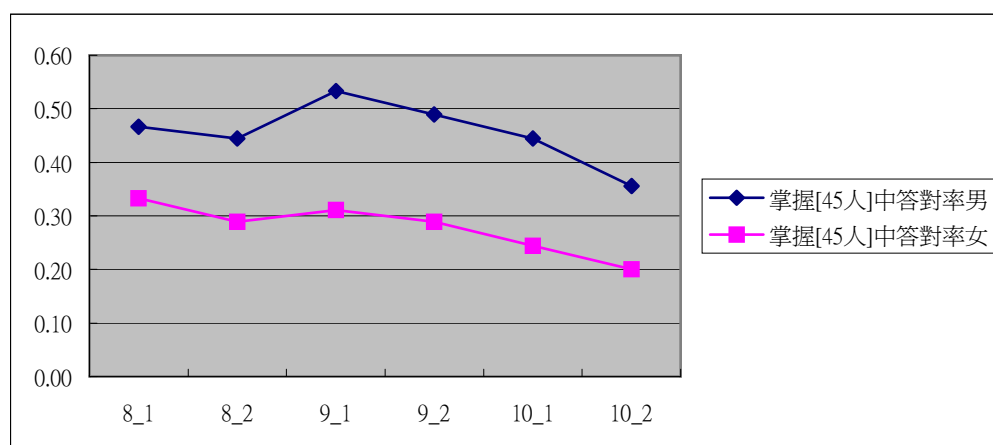


圖 4-4-4 男、女生在第三向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念

2. 未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析未能掌握力平衡概念的男女學生在第三向度的各題表現（表 4-4-6），發現在未能掌握的學生中女生的答對率皆高於男生的答對率，尤其男生的答對率在所有未能掌握力平衡概念學生中都不超過兩成。其中，在第 9 題的兩個小題中，男女生差異都有 0.25，顯示未掌握力平衡概念的男生對於判斷雞蛋在不同液體中所受的浮力有困難；而在第 10 題男女生表現都不佳，顯示這類問題對未掌握力平衡概念的學生有較大的困難。整體而言，在第三向度中未能掌握力平衡概念的群組中，女生比男生較能掌握浮體的浮力與重力之問題。

表 4-4-6 男、女生在第三向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念

題號		8_1	8_2	9_1	9_2	10_1	10_2
男 生	答對人數	1	0	6	4	2	1
	答對率	0.03	0.00	0.19	0.13	0.06	0.03
女 生	答對人數	6	6	14	12	5	4
	答對率	0.19	0.19	0.44	0.38	0.16	0.13
答對率差		0.16	0.19	0.25	0.25	0.09	0.09

註：答對率是指答對人數除以未能掌握力平衡概念的人數 32 人。

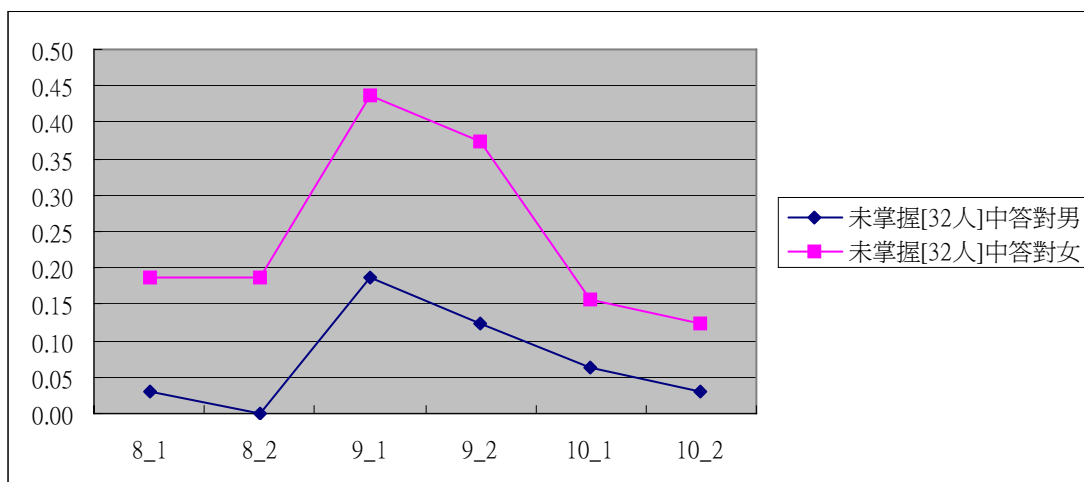


圖 4-4-5 男、女生在第三向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念

3. 綜合討論

從對「掌握力平衡概念」以及「性別」兩個面向討論學生的表現（表 4-4-7），可以發現掌握力平衡概念的男生答對率都佔所有答對學生的兩成以上，反之，未掌握力平衡概念的男生答對率都達不到佔所有答對學生的一成；另一方面，掌握力平衡概念的女生表現與未掌握力平衡概念的女生表現相差較小，甚至在第 9 題的表現幾乎相同。由此可知，在第三向度中，能否掌握力平衡概念可以用來判別男生在此向度的表現，但用來判別女生的表現則比較不明顯。

表 4-4-7 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第三向度各題人數答題表現表

		題號	8_1	8_2	9_1	9_2	10_1	10_2
掌握	男生	答對人數	21	20	24	22	20	16
		答對率	0.27	0.26	0.31	0.29	0.26	0.21
	女生	答對人數	15	13	14	13	11	9
		答對率	0.19	0.17	0.18	0.17	0.14	0.12
未掌握	男生	答對人數	1	0	6	4	2	1
		答對率	0.01	0.00	0.08	0.05	0.03	0.01
	女生	答對人數	6	6	14	12	5	4
		答對率	0.08	0.08	0.18	0.16	0.06	0.05

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人。

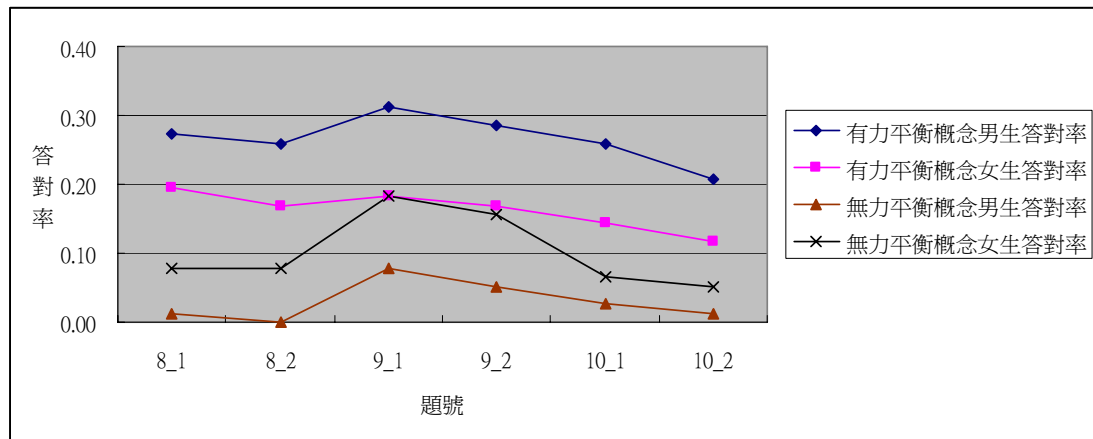


圖 4-4-6 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第三向度各題人數答題表現圖

二、訪談資料分析

(一) 正確答題的想法

接受訪問的學生當中，這三題沉體浮力的判斷完全正確的學生有 S312 (高分組、男)、S303 (高分組、男)、S327 (高分組、女)，這些學生的共同特色有：(1) 知道沉體的浮力和其體積大小有關；(2) 知道沉體的浮力等於體積乘以液體密度；(3) 知道沉體的浮力小於重力；(4) 懂得利用沉體的浮力小於重力來判斷浮力大小。以下是 S312、S303、S327 的部分訪談摘要。

(1) 知道沉體的浮力和其體積大小有關

(S312, 高分組、男)

- 3. T: 這顆石頭的浮力是多少?
- 7. S312: 100 公克重。
- 8. T: 為什麼
- 13. S312: 看它的體積。

因為沈體所受的浮力是沈體的體積 $\times$ 液體密度，因此判斷沈體的浮力時，沈體的體積及液體的密度都必須考量，例如從 S312 訪談可以得知，S312 同學算沉體的浮力大小時會使用體積概念（行 13）。

(2) 知道沉體的浮力等於體積乘以液體密度

(S303, 高分組、男)

- 33. T: 這顆石頭的浮力怎麼算?
- 36. S303: 體積 100 乘以密度 1
- 37. T: 為什麼?
- 39. S303: 因為沉體的浮力公式不就是：體積乘以密度嗎?

從 S303 訪談得知，S303 同學在求沉體的浮力大小時，懂得會使用阿基米得原理，用體積 $\times$ 液體密度來算（行 39）。

（3）知道沉體的浮力小於重力

（S327，高分組、女）

21. T：蕃茄取出後浮力變大、還是變小、還是不變？
24. S327：變.....小。
25. T：為什麼？
28. S327：因為蕃茄原本是浮體，取出後變沉體，浮體的浮力等於物重，沉體的浮力小於物重。

根據力平衡概念，浮體的浮力會等於重力，而沈體的浮力會小於重力，因此從 S327 訪談得知，她能正確判斷浮力是因為她知道沉體的浮力小於物重（行 28）。

（4）懂得利用沉體的浮力小於重力來判斷浮力大小

（S312，高分組、男）

23. T：雞蛋在甲液中還是乙液中浮力較大？
26. S312：甲液。
27. T：為什麼？
28. S312：因為在甲液中是浮體，浮力等於物重；在乙液中是沉體，浮力小於物重。

同樣根據力平衡概念，浮體的浮力會等於重力，而沈體的浮力會小於重力，因此從 S312 訪談得知，S312 同學不僅知道沈體的浮力會小於重力，也會利用兩力的大小關係比較來判斷浮力大小：浮體的浮力等於物重，沉體的浮力小於物重（行 28）。

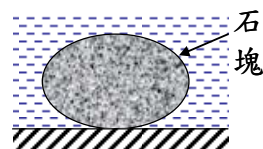
(二) 容易產生的困難

有些學生認為沉體會沉下去就是因為物體的重量等於浮力，另外，也有部分學生認為沉體的浮力等於物重減體積，不清楚沉體受到哪些力，也不清楚這些力的大小關係。下面是節錄編號 S605（中分組、男）、S317（低分組、女）學生晤談的口語資料：

(1) 認為沉體的浮力等於物重

S605（中分組、男）

21. T：這塊石頭沉在水底它所受的浮力是多少？
26. S605：150gw。
27. T：為什麼？
28. S605：因為石頭重 150gw。
29. T：你為何如此認為？
30. S605：因為它沉下去，它有多重浮力就有多大。



(圖八)

從 S605 訪談得知，他或許知道浮體的浮力等於物重，但是他卻忽略沈體所受的力不僅有浮力及重力，還有其他的力，因此 S605 認為沉體的浮力等於物重（行 30），其實沉體的浮力是小於物重的。

(2) 認為沉體的浮力等於物重減體積

S317（低分組、女）

3. T：這塊沉在水底的石頭所受的浮力是多少？
7. S317：150 gw－100 gw＝50gw。
8. T：為什麼？
11. S317：因為石頭重力 150 gw 向下，體積 100 gw 向上，抵銷後剩下 50 gw 向下。
15. T：你認為沉體受到哪些力作用？
17. S317：沉體受到重力、水壓力、浮力。

18. T：這些力彼此之間有什麼關係？

22. S317：嗯.....不清楚。

從 S317 訪談得知，S317 同學對沉體的受力狀況不清楚（行 22），又將體積當成向上的力（行 11），所亦將重力減體積去算浮力，觀念不正確。

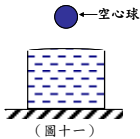
綜合以上訪談資料，以及對學生在沉體的浮力分析中發現，有 44.2% 的學生不具有沉體的浮力 = 沉體體積 $\times$ 液體密度的概念，有 13% 學生認為沉體的浮力 = 物重，由此可知學生對沉體受力狀況並不了解。也有相當多的學生用體積模式來解沉體問題但卻忘了考慮在不同液體密度下的浮力是不同的。在沉體浮力問題上學生要同時考慮體積和液體密度兩個變因，是有困難的。從第 10 題題的分析中發現有 6.5% 的學生認為物體沒有與水直接接觸就沒有受到浮力，15.6% 的學生認為不論是浮體或沉體，只要物體沒變浮力就不會改變，從這些錯誤觀念看來，學生在物體受力的分析上是很弱的，對沉體和浮體的受力情形分析是有困難的。

第五節 學生如何判斷物體在液體中沈浮狀態

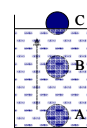
一、筆試題目與答題統計分析

在「浮力與力平衡」概念紙筆測驗卷中，第 11、12、13 屬於第四向度---「藉由浮力與重力比較來判斷沉浮」的概念，主要是測驗學生是使用何者方式來判斷物體沉浮，而這三題也分屬不同的情境：第 11 題屬於利用重力 $>$ 浮力來判斷物體是沉體，第 12 題屬於利用重力 $=$ 浮力來判斷物體是浮體或可隨處靜止，第 13 題屬於用重力和浮力比較來判斷浮力大小。研究者為了初步了解學生各題的表現，茲將學生所回答的正確答案及錯誤答案統計於下表中（表 4-5-1）：

表 4-5-1 力平衡-浮力題本第 11、12、13 題及統計分析

題目內容		
學生回答人數(%)	學生回答主要概念（人數，百分比）	
11. 一顆 180 公克重的空心球，將它放入盛滿水的容器中（如圖十一），若測得溢出容器外的水重 100 公克， (1) 請問該空心球是 <u>浮</u> 還是 <u>沉</u> ，或 <u>可隨處靜止</u> ？ (2) 你的理由為何？		
正確	35 人 (45.5%)	回答正確的學生中有一半是用物體所受浮力 $<$ 重力的觀念判斷物體是沉體（18 人，23.4%），有一半學生是用物體密度 $>$ 水的密度，判斷物體是沉體（17 人，22.1%）
錯誤	35 人 (45.5%)	- 錯誤類型最多：認為該物體是浮體，理由是被擠（溢）出 100 公克重的水等於該球在液面下的體積，而把 180 公克重當成球的體積，故 $180-100=80$，球還有 80 是露在液面上的（20 人，26%）。 - 其次多的是：認為該物體是浮體，因為該球是「空心球」，裡面有空氣，所以會浮起來（9 人，11.7%）。 - 其餘零星錯誤：密度除錯，用體積除以質量。認為有水流出就是沉到水底。

其它	7 人 (9.1%)	未作答
12. 承上題，若換成一顆 100 公克重的空心球，將它放入盛滿水的容器中（如圖十一），若測得溢出容器外的水重 100 公克。： (1) 請問現在該空心球是<u>浮</u>還是<u>沉</u>，或<u>可隨處靜止</u>？ (2) 你的理由為何？		
正確	5 人 (6.5%)	該球所受浮力＝物重，可為 <u>浮體</u> 或 <u>隨處靜止</u> 兩種情形。
錯誤	67 人 (87 %)	● 回答該球可<u>隨處靜止</u>的學生有 33 人 (42.9%) 約佔錯誤類型一半，這些學生中有 22 人 (28.6%) 是用<u>密度</u>觀念來判斷，100 公克物重÷100 水重（體積）＝1，密度和水相同都是 1，所以該球可隨處靜止。用該球<u>重</u> 100 公克擠（溢）出 100 公克水（浮力），故該球可隨處靜止（11 人，14.3%）。 ● 回答該球是<u>浮體</u>的學生有 20 人 (26%)，其中一半（10 人，13%）認為球是空心的，裡面有空氣，所以球會浮起來。另外一半的學生（10 人，13%）認為該球重量＝排開水重＝浮力，故為浮體。此觀念並不算錯，但是回答時必須將隨處靜止這種情形也考慮進去才算完整的答案。 ● 認為物重和排開水重相等，該物體是<u>下沉到底</u>（14 人，18.2%）。
其它	5 人 (6.5%)	未作答
13. 有一乒乓球，將它用手壓到完全浸沒在水中，放手後球向上浮到靜止的過程如右圖所示，請問： (1) 乒乓球在 A、B、C 三點所受的浮力大小關係為何？ (2) 你的理由為何？		
正確	29 人 (37.7%)	A＝B>C，用物體排液體重＝浮力來判斷，因為在同一種液體中，所以從球在水中的<u>體積</u>中可得知（27 人，35.1%）。其中有兩人是用浮力與重力的比較得知，A：浮力>重力，B：浮力>重力，C：浮力＝重力，得出浮力大小為 A＝B>C（2 人，2.6%）。
錯誤	43 人 (55.9%)	● 錯誤類型最多：<u>A＝B＝C</u>，認為同一物體，重量沒變，所以浮力沒變都相同（13 人，16.9%）。 ● 其次多的是：<u>A>B>C</u>，認為位置（深度）不同，在最下面的球所受浮力最大，越上面的球所受浮力較小才會被推到上面去（11 人，14.3%）。 ● <u>A<B＝C</u>，認為 B、C 在是浮體，A 是沉體，浮體的所受浮力大於沉體（8 人，10.4%）。 ● <u>A<B<C</u>，越下面的物體所受浮力越小，上面是因為浮力大才把物體推上去（7 人，9.1%）。



（圖十二）

		● $A=B<C$，A 和 B 在水中所以浮力相同，C 露出水面所以浮力較大（3 人，3.9%）。
其它	6 人 (7.8 %)	未作答

（一）整體表現

整體而言，學生在此向度答對率偏低，歸納並分析其原因發現，此題必須具有「排開的水重」等於「浮力」的概念，才能進一步利用浮力和重力的大小比較，來判斷沉浮。而用密度概念來作答的學生則必須具有「排開的水重」等於「排開的水體積」等於「物體體積」，並假設物體是沉體及具有物體密度大於 1 會沉到水中的概念，就本向度題目而言使用密度概念來作答並不是很正確的方法，而且必須經過較多個概念及複雜的想法方能得到答案，細究其原因，發現許多同學只會用比較物體和液體「密度」來判斷沉浮，不知道使用「重力」和「浮力」比較，並未具有「力平衡」的概念。如此一來，第 11 題可以剛好湊巧答對，但在第 12 題就會落入錯誤的區塊，可見「力平衡」概念是值得重視並推廣，用來減少學生在學習浮力概念的困難。

表 4-5-2 第四向度（判斷沉浮）內 77 人中各小題的答對率

題號	11_1	11_2	12_1	12_2	13_1	13_2
答對人數	39	35	47	14	31	29
答對率	0.51	0.45	0.61	0.18	0.40	0.38

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人

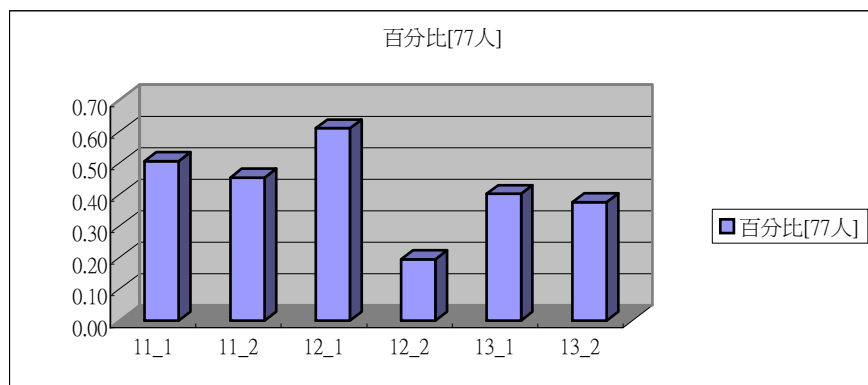


圖 4-5-1 第四向度（判斷沉浮）內各小題的答對率圖

另外從男女生的差異來看，整體比較在第四向度的答對率上依然是男生皆略高於女生；從圖 4-5-2 則可看出男生及女生除了第 12 題第 1 小題及第 13 題第 2 小題外，兩者的表現差距不大。

表 4-5-2 男生、女生在第四向度的答題表現表

	題號	11_1	11_2	12_1	12_2	13_1	13_2
男生 (37 人)	答對人數	19	18	25	9	17	17
	答對率	0.51	0.49	0.68	0.24	0.46	0.46
女生 (40 人)	答對人數	20	17	21	5	14	12
	答對率	0.50	0.43	0.53	0.13	0.35	0.30

註：男、女生答對率是指男、女生答對人數除以男、女生人數

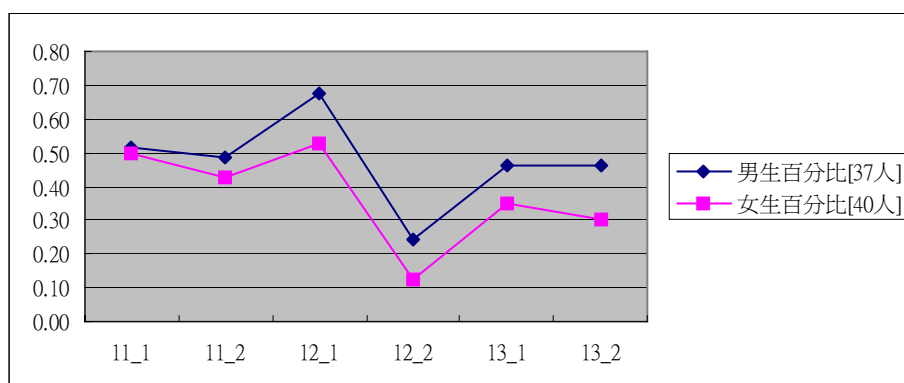


圖 4-5-2 男生、女生在第四向度的答題表現圖

(二) 能否掌握力平衡概念學生的分析

以下就本向度（第四向度）中能掌握「力平衡」概念和未能掌握「力平衡」概念的兩組學生在第 11、12、13 三題的答題表現進行分析。從表 4-5-3 中可以看出兩組學生的答對率除了第 12 題第 2 小題外，其餘題目的答對率都相差很多，顯示未掌握力平衡的學生比較不能解決本向度藉由浮力與重力比較來判斷沉浮的問題，大多會受到液體密度的影響；另一方面，兩組的答對率在第 12 題第 2 小題相差最少，能掌握的學生答對率只有 0.30，而未掌握的學生答對率更是只剩下 0.03，顯示第 12 題第 2 小題要求學生說明 100 公克重的空心球在水中沈浮狀態的理由，不論對有無掌握力平衡的學生都有困難。

表 4-5-3 能否掌握「力平衡」概念的學生在第四向度的各題答對率

題號	11_1	11_2	12_1	12_2	13_1	13_2	平均
掌握 (45 人)	0.69 (31 人)	0.62 (28 人)	0.80 (36 人)	0.24 (11 人)	0.56 (25 人)	0.56 (25 人)	
未掌握 (32 人)	0.25 (8 人)	0.22 (7 人)	0.34 (11 人)	0.09 (3 人)	0.19 (6 人)	0.13 (4 人)	
答對率相差	0.44	0.40	0.46	0.15	0.37	0.43	

註：答對率是指該題答對人數除以掌握（45 人）、未掌握（32 人）人數

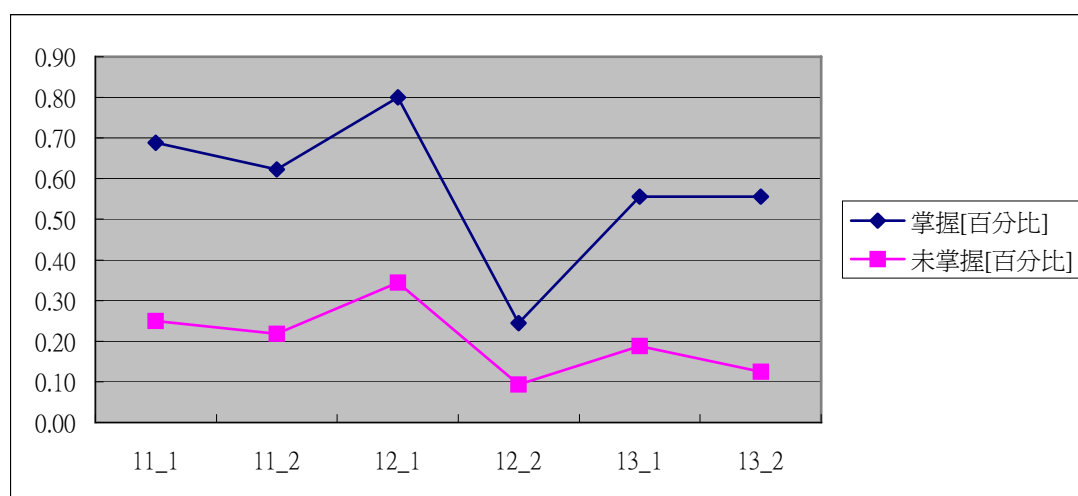


圖 4-5-3 能否掌握「力平衡」概念的學生在第四向度的各題答對率

除了從整體學生比較掌握力平衡概念與未掌握力平衡概念兩個群組的學生在第四向度表現外，接下來也分別針對掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念的兩個群組中，男生與女生在第二向度中各題的表現進行下列三個部分的分析：1.能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、2.未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、3.綜合討論。

1. 能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析能掌握力平衡概念的男女學生在第四向度的各題表現（表 4-5-4），研究者發現在能掌握力平衡概念的學生中，男生在第四向度答題表現都稍優於女生；除了第 12 題的第 2 小題外，男生的答對率在所有能掌握力平衡概念學生中都超過三成五，而女生的答對率在所有能掌握力平衡概念學生中大約佔了兩成至三成之間；顯示在第二向度中能掌握力平衡概念的群組中，男生比女生較能判斷出物體在液體中的浮沈狀態。

表 4-5-4 男、女生在第四向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念

題號		11_1	11_2	12_1	12_2	13_1	13_2
男生	答對人數	18	17	23	9	16	16
	答對率	0.40	0.38	0.51	0.20	0.36	0.36
女生	答對人數	13	11	13	2	9	9
	答對率	0.29	0.24	0.29	0.04	0.20	0.20
答對率差		0.11	0.13	0.22	0.16	0.16	0.16

註：答對率是指答對人數除以能掌握力平衡概念的人數 45 人。

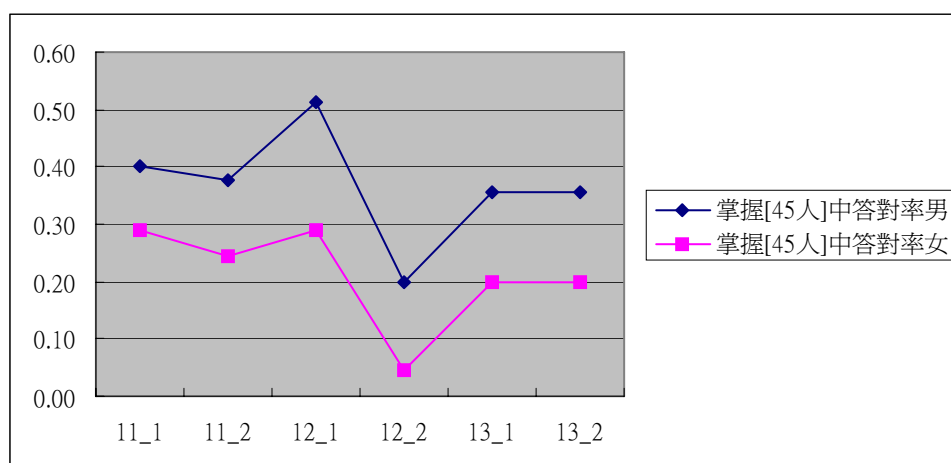


圖 4-5-4 男、女生在第四向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念

2. 未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析未能掌握力平衡概念的男女學生在第四向度的各題表現（表 4-5-5），發現在未能掌握的學生中女生的答對率皆高於男生的答對率，此外對於需要寫理由的題目，未能掌握力平衡概念的學生也比較無法寫出正確的答案。另一方面，未掌握力平衡概念的男生在第四向度的答對人數相當少，顯示判斷物體在液體中的浮沈狀態這類問題對於男生而言相當困難。整體而言，在第四向度中未能掌握力平衡概念的群組中，女生比男生較能掌握浮體的浮力與重力之問題。

表 4-5-5 男、女生在第四向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念

題號		11_1	11_2	12_1	12_2	13_1	13_2
男生	答對人數	1	1	2	0	1	1
	答對率	0.03	0.03	0.06	0.00	0.03	0.03
女生	答對人數	7	6	9	3	5	3
	答對率	0.22	0.19	0.28	0.09	0.16	0.09
答對率差		0.19	0.16	0.22	0.09	0.13	0.06

註：答對率是指答對人數除以未能掌握力平衡概念的人數 32 人。

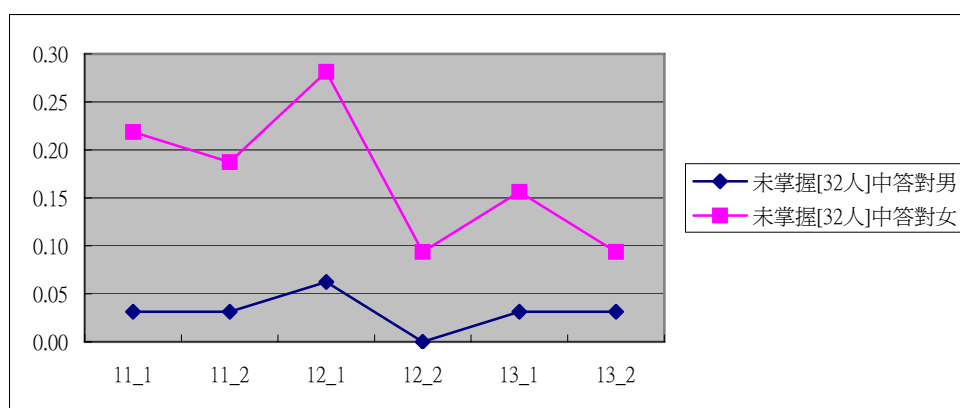


圖 4-5-5 男、女生在第四向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念

3. 綜合討論

從對「掌握力平衡概念」以及「性別」兩個面向討論學生的表現（表 4-5-6），同第一向度，可以發現掌握力平衡概念的男生是所有群組中表現最好的一群，反之，未掌握力平衡概念的男生卻是所有群組中表現比較差的一群，在第四向度的答對率佔所有答對人數的 3% 以下；另一方面，掌握力平衡概念的女生表現與未掌握力平衡概念的女生表現相差較小，尤其在第 12 題的第 2 小題未掌握力平衡概念的女生表現比掌握力平衡概念的女生高一些。由此可知，在第四向度中，能否掌握力平衡概念比較適合用來判別男生在此向度的表現，而用來判別女生的表現會比較不明顯。

表 4-5-6 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第四向度各題人數答題表現表

		題號	11_1	11_2	12_1	12_2	13_1	13_2
掌握	男生	答對人數	18	17	23	9	16	16
		答對率	0.23	0.22	0.30	0.12	0.21	0.21
	女生	答對人數	13	11	13	2	9	9
		答對率	0.17	0.14	0.17	0.03	0.12	0.12
未掌握	男生	答對人數	1	1	2	0	1	1
		答對率	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01
	女生	答對人數	7	6	9	3	5	3
		答對率	0.09	0.08	0.12	0.04	0.06	0.04

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人。

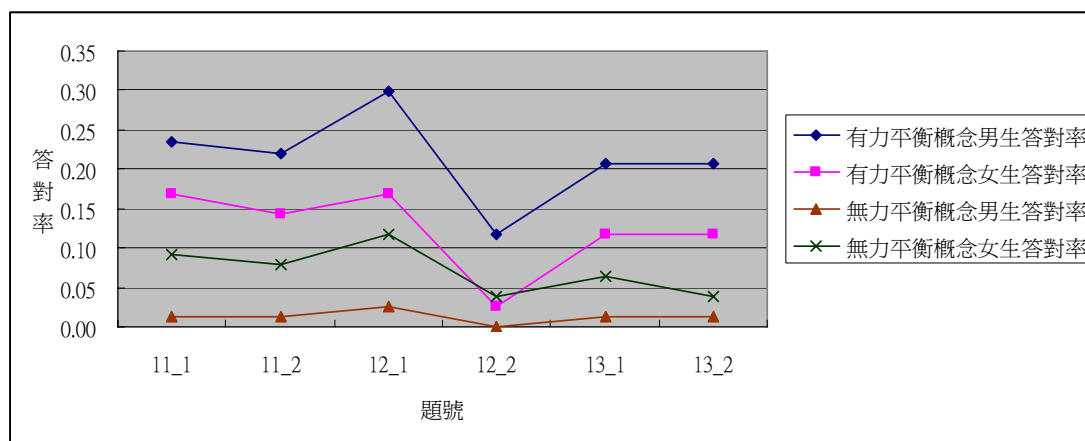


圖 4-5-6 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第四向度各題人數答題表現圖

二、訪談資料分析

(一) 正確答題的想法

此一向度完全答對的同學很少，尤其是第 12 題，必須具有完整浮力概念及使用「力平衡」比較法，才有可能答對，故這幾位同學也是少數可以得到滿分的學生。這三題物體沉浮的判斷完全正確的學生有 S307（高分組、男）、S310（高分組、男）、S327（高分組、女），這些學生的共同特色有：(1) 使用浮力和重力的比較判斷物體浮沉；(2) 知道浮力小於重力時物體是沉，而浮力等於重力時物體可能是浮也可能是隨處靜止。以下是 S307、S310、S327 的部分訪談摘要。

(1) 使用浮力和重力的比較判斷物體浮沉

(S307，高分組、男)

3. T：你是怎麼判斷這個小球放入水裡會浮還是沉？
 7. S307：我是看小球排開的水重就是浮力，浮力小於重力，所以小球會沉囉。

(S310，高分組、男)

22. T：你如何判斷這個小球放入水裡會浮還是沉？
 26. S310：小球會沉，因為小球的浮力小於重力。

27. T：你怎麼知道它的浮力小於重力？
29. S310：小球擠出的水重就是浮力，題目不是說小球擠出 100 公克的水嗎？小球重 180 公克所以浮力小於重力會沉。

從力平衡的角度來看當浮力等於重力時物體會呈現浮起的狀態，而當浮力小於重力時物體則是呈現下沉的狀態；所以從 S307 已經掌握浮力小於重力的概念（行 7），以及 S310 在判斷物體浮沉時是使用重力和浮力大小的比較（行 29）。

（2）知道浮力小於重力時物體是沉，而浮力等於重力時物體可能是浮也可能是隨處靜止。

（S327，高分組、女）

31. T：你認為第 12 題的小球放入水裡會沉還是浮還是隨處靜止？
35. S327：有兩種情形耶！
37. T：喔？怎麼說？
39. S327：因為這一題的小球浮力等於重力，所以它可能是浮著的，也可能是在水中任何一個的地方。

另一方面，浮力等於重力時物體可以是呈現浮起的狀態，也可以是在液體中隨處靜止，而從 S310 訪談得知他已經掌握當浮力和重力相等時，有兩種情形，物體可能是浮也可能是隨處靜止（行 39）。

（二）容易產生的困難

由於本向度是學生答對率最低的一個向度，因此研究者從學生答題及訪談的情形將本向度容易產生困難的類型整理成兩部份，並將這兩個部分依序分述於下：

第一部分是在判斷物體沉浮方面，依照錯誤多寡歸納第一部分有以下四種錯誤類型：

- (1) 誤將重量當成體積 (45.5%)；
- (2) 使用「密度」來判斷沉浮，但將排開的水體積當成小球全部的體積 (42.9%)；
- (3) 認為浮力＝重力時，只有浮著一種情形 (13%)；
- (4) 從物體材質（空心）去判斷物體「沉浮」(13%)；
- (5) 認為有水溢出來就是沉 (4%)。

第二部分是在使用沉浮比較來判斷浮力大小，這部分可以歸納出以下三種錯誤類型：

- (1) 誤用深度來判斷浮力大小 (23.4%)；
- (2) 誤用重量來判斷浮力大小 (16.9%)；
- (3) 誤用「沉浮狀態」來判斷浮力大小 (10.4%)。

第一部分：在判斷物體沉浮方面

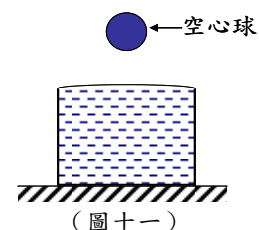
(1) 誤將重量當成體積

許多學生把小球重量 180gw 當成小球全部的體積，所以用 180 cm^3 減掉背脊出來的水 100 cm^3 ，還剩下 80 cm^3 在液面上，所以認為小球是部份露出水面是浮著的。下面是節錄編號 S612（低分組、男）學生晤談的口語資料：

（S612，低分組、男）

3. T：你認為這小球放進水裡是沉還是浮？

5. S612：是浮。



6. T：為什麼？
9. S612：因為 $180 - 100 = 80$ ，小球露出水面 80 cm^3 ，所以是浮的。

學生容易忽視「單位」，所以容易造成將重量 180gw 當成是 180 cm^3 ，並直接將 180 與 100 相減後，把剩下的 80 當成小球浮在水面上的體積，例如，S612 認為小球露出水面的部分是 80 cm^3 （行 9）。

（2）使用「密度」來判斷沉浮，但將排開的水體積當成小球全部的體積

在目前的教科書中大多會以「物體密度」與「液體密度」的比較作為判斷物體浮沈的主要依據，而計算物體的密度又會牽涉到物體的體積，因此在限制條件下浮力會排開液體重，但是學生卻容易誤認所有情形物體排開水的體積會等同於物體本身的體積。下面是節錄編號 S302（高分組、男）、S624（中分組、女）學生晤談的口語資料：

（S302，高分組、男）

22. T：你怎麼判斷空心球是浮還是沉？
26. S302：我是用「密度」來判斷。
27. T：說說看你用密度怎麼判斷小球沉浮？
29. S302：如果小球密度大於 1 就是沉，等於 1 就可以隨處靜止，小於 1 就是浮。
31. T：那麼，這顆球的密度是多少？
33. S302： $180 \div 100 = 1.8$ ，是 1.8。
34. T：你怎麼知道它的體積是 100？
37. S302：因為排開的水是 100 公克重。
39. T：排開的水是 100 公克重，小球的體積就是 100 立方公分？
40. S302：是呀！
44. T：如果讓你用浮力和重力來做比較的方式，你覺得有困難嗎？
45. S302：不知道。
46. T：溢出的 100 公克水重和空心球所受的浮力有關係嗎？
51. S302：就是小球的浮力呀！

52. T：空心球在水中所受到的浮力和重力分別是多少？
54. S302：重力是 180gw，浮力是 100gw。
55. T：所以你認為空心球在水中是浮還是沉？
57. S302：是沉。
58. T：為什麼？
59. S302：因為向下的重力大於向上的浮力呀！
62. T：你覺得用密度的方式還是用浮力和重力的比較在這一題上會比較簡單？
65. S302：嗯..我覺得用浮力和重力的比較會容易一點，但是那時候沒想到。

(S624，中分組、女)

4. T：第 12 題的小球，你認為放入水裡會如何？
7. S624：嗯...懸浮吧....
8. T：「懸浮」是什麼意思？
9. S624：就是可以隨處靜止。
11. T：為什麼？
16. S624：因為它的密度是 1。
18. T：怎麼說呢？
20. S624：它排開水重 100 公克，浮力就是 100 公克，體積也會是 100 立方公分，
小球重量 100 公克，所以 100 除以 100 等於 1。
22. T：100 除以 100 等於 1？請說清楚一點。
26. S624：就是小球質量 100，體積 100，所以相除就是「密度」呀！

為了判斷物體浮沈，學生會先算出空心球的密度，而為了算出其密度學生又會從排開液體重來判斷物體的體積，例如：S302 將排開 100 公克重的水認為是小球的體積（行 33、行 37）；S624 說明她認為排開水重 100 公克，浮力就是 100 公克，體積也會是 100 立方公分，所以小球的體積就是 100 立方公分（行 20、行 26）。

(3) 認為浮力＝重力時，物體只有浮著一種情形

- 4. T：第 12 題的小球，你認為放入水裡會如何？
- 6. S609：會浮起來。
- 7. T：為什麼？
- 11. S609：因為小球浮力 100，重力也 100，剛好相等，所以會浮著。
- 12. T：浮著是指什麼情形？
- 15. S609：就是一些露出水面上呀！
- 16. T：你認為浮力等於重力時物體就是浮著？
- 19. S609：對！浮體的浮力等於重力，所以，當重力等於浮力時物體就是浮著。
- 21. T：還有其它情形嗎？
- 24. S609：沒有吧。

當重力等於浮力時，物體會有「浮著」及「隨處靜止」兩種情形，因為還牽涉到物體及液體的密度比較關係，但有些學生只能接受浮著的情形，例如 S609 認為當重力等於浮力時物體就是浮著（行 19）。

(4) 從材質（空心）上去判斷物體「沉浮」

部分學生從題目的字面上直接判斷物體是沉還是浮，例如看到「保力龍」就認為物體一定是浮，看到鐵製的物體就一定是沉，看到題目出現「空心球」這三個字，就直覺得認為一定是浮體，例如 S608 認為只要是「空心」就會比較輕（行 16）。

（S608，低分組、男）

- 2. T：你認為這小球放進水裡是沉還是浮？
- 7. S608：是浮。
- 8. T：為什麼？
- 13. S608：因為小球是「空心」的。
- 14. T：為什麼你認為空心的球就會浮？
- 16. S608：因為空心的東西比較輕，例如空心的船就會浮呀！

(5) 認為有水溢出來就是沉

(S322, 低分組、女)

22. T: 你認為這小球放進水裡是沉還是浮?
24. S322: 是沉。
25. T: 為什麼?
27. S322: 因為水溢出來了。
28. T: 為什麼水溢出來就是沉?
30. S322: 因為小球如果浮著的話, 水不會溢出來, 沉下去水才會溢出來。

有些學生從日常經驗去判斷物體沉浮, 只要是水有溢出來就是會沉, 只要是浮著就不會有水溢出來, 例如 S322 認為小球如果浮著的話, 水不會溢出來, 沉下去水才會溢出來 (行 30)。

第二部分: 使用沉浮比較來判斷浮力大小

(1) 誤用深度來判斷浮力大小

在這一類型的錯誤回答中, 有部分學生認為在水中運動的物體位置越低所受浮力越大 (如學生 S321), 同時也有另一部分的學生認為在水中物體位置越高所受浮力越大 (如學生 S632)。節錄學生晤談的口語資料如下:

(S321, 低分組、女)

23. T: 你認為乒乓球在 A、B、C 三點所受浮力大小為何?
27. S321: $A > B > C$
28. T: 為什麼?
32. S321: 因為小球被擠上去了。

(S632, 低分組、女)

- 3. T: 你認為乒乓球在 A、B、C 三點所受浮力大小為何?
- 7. S632: $C > B > A$
- 8. T: 為什麼?
- 12. S632: 因為 C 浮的比較高
- 14. T: 為什麼浮的高浮力就大?
- 17. S632: 可以把物體撐的越高表示越大力。

雖然 S321 及 S632 兩位學生的答案恰好相反,但其實他們的另有概念卻是類似的,S321 認為物體位置越低所受浮力越大,因此小球是被擠上去的(行 32);S632 則認為物體位置越高所受浮力越大,所以位置越高表示需要越大的浮力(行 17)。

(2) 誤用重量來判斷浮力大小

(S606, 中分組、男)

- 2. T: 你認為乒乓球在 A、B、C 三點所受浮力大小為何?
- 7. S606: $A = B = C$
- 8. T: 為什麼?
- 12. S606: 因為都是同一顆球呀!重量都一樣嘛!
- 13. T: 重量都一樣所以呢?
- 16. S606: 重量一樣,所以浮力一樣。

由於在計算浮力時需用到物體的體積及液體的密度,但若是同一個物體的情形下,學生則會誤認為浮力並不會受到影響,例如 S606 認為同一顆球重量一樣,所以浮力一樣(行 12、行 16)。

(3) 誤用「沉浮狀態」來判斷浮力大小

在這一類型的錯誤回答中,有部分學生認為認為同一物體沉著的時候

所受浮力大於浮著的時候（如學生 S331），同時也有另一部分的學生認為認為同一物體浮著的時候所受浮力大於沉著的時候（如學生 S629）。節錄學生晤談的口語資料如下：

（S331，中分組、女）

23. T：你認為乒乓球在 A、B、C 三點所受浮力大小為何？
26. S331： $A > B = C$
27. T：為什麼？
29. S331：因為 B、C 是浮體所以浮力相等，A 是沉體比較重，所以浮力比較大。
31. T：你為何如此認為？
35. S331：浮體的浮力小於沉體物體才能浮的起來。

（S629，中分組、女）

3. T：你認為乒乓球在 A、B、C 三點所受浮力大小為何？
7. S629： $C > B = A$
8. T：為什麼？
15. S629：因為 A、B 體積相同所以浮力相同，C 可以浮的起來表示浮力大於 A 和 B。

雖然 S331 及 S629 兩位學生的答案恰好相反，但其實他們的另有概念卻是類似的，S331 認為同一物體沉著的時候所受浮力大於浮著的時候，因此浮體的浮力小於沉體物體才能浮的起來（行 35）；S629 則認為同一物體浮著的時候所受浮力大於沉著的時候，所以物體可以浮的起來表示浮力大於沈在水裡情形（行 15）。

學生在「浮力與重力比較與沉浮判斷」上答對率偏低，在答對的學生中有近半數的人是用「密度」概念來判斷物體沉浮的，但在下一題（第 12 題）回答時就陷入迷思概念當中，因為用「密度」算出物體與液體密度相

同，學生就只想到一種情形：隨處靜止。但若用物重和浮力大小來做比較答對率較高。從第 12 題——題本答對率最低的一題中可看到答對的 5 人(6.5%)都是用浮力與重力比較來做浮沉的判斷，可見物體的浮力與重力的概念是值得推廣，如此可以減少學生在學習浮力時的困難。

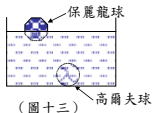
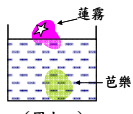
第六節 學生對於「液體密度改變後對浮體的浮力影響」的理解

一、筆試題目與答題統計分析

在「浮力與力平衡」概念紙筆測驗卷中，第 14、15-1、16-1 題屬於第五向度——「液體密度改變後對浮體浮力變化」的概念，主要是要了解學生在液體密度改變後對浮體浮力影響的瞭解情形。而這三題也分屬不同的情境：第 14 題需要學生比較船在海水及淡水中所受的浮力，第 15 題的第 1 小題需要學生比較保力龍球在水加鹽前後所受的浮力，第 16 題的第 1 小題需要學生比較蓮霧在食鹽水又再加鹽前後所受的浮力。研究者為了初步了解學生各題的表現，茲將學生所回答的正確答案及錯誤答案統計於下表中（表 4-6-1）：

表 4-6-1 力平衡-浮力題本第 14、15-1、16-1 題及統計分析

題目內容	
學生回答人數(%)	學生回答主要概念(人數，百分比)
14. 一艘船從淡水河駛入台灣海峽，小明觀察到此艘船在海水中浮的較在淡水中的高，所以小明認為它在海水中所受到的浮力較在淡水中的大。請問：	

(1) 你認為對不對？		
(2) 你的理由為何？		
正確	49 人 (63.6%)	船在海水中所受的浮力和在淡水中相同，因為浮體的浮力等於物重。
錯誤	23 人 (29.9%)	● 海水含有鹽份，所以密度大於淡水，因此浮的較高，浮力較大。
其它	5 人 (6.5%)	未作答
15. 小花將高爾夫球和保力龍球放入水中發現高爾夫球沉在水中，而保力龍球浮在水面（如圖十五）。當小花將食鹽加入水中後，保力龍球仍然浮在水面，而高爾夫球仍然沉在水中。加鹽前後你認為：		
(1) 保力龍球所受的浮力，是增加或減少或保持不變？為什麼？		
正確	53 人 (68.9%)	加鹽後保力龍球浮力仍不變，浮體浮力等於物重。
錯誤	17 人 (22.1%)	● 加鹽後液體密度變大，所以浮力變大。
其它	7 人 (9.1%)	未作答
16. 小明將蓮霧和芭樂同時放入一杯完全溶解的食鹽水，發現蓮霧會浮起來，芭樂卻沉在水底（如圖十六）。當小明多加一些水倒入杯子裡後，發現蓮霧仍然浮著，芭樂仍然沉在水底。		
(1) 請問蓮霧在加水之後，所受的浮力變化如何（填：變大、變小、不變）？為什麼？		
正確	52 人 (67.5%)	加水稀釋後蓮霧浮力不變，浮體的浮力等於物重。
錯誤	18 人 (23.4%)	● 加水稀釋後液體密度變小，所以浮力變小。
其它	7 人 (9.1%)	未作答

（一）整體表現

整體而言，以各題的答對率由高至低排列分別為第 15-1 題：68.9%、第 16-1 題 67.5%、第 14 題 63.6%。研究者分析學生答題表現，認為此向度的三題皆為同一類型的題目，變化不大，主要是探究學生在液體密度改

變時對浮體浮力判斷的概念，因此同質性高，所以學生的答對率也相當一致。

表 4-6-2 第五向度內 77 人中各小題的答對率

題號	14_1	14_2	15_1_1	15_1_2	16_1_1	16_1_2
答對人數	52	47	53	47	47	44
答對率	0.68	0.61	0.69	0.61	0.61	0.57

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人

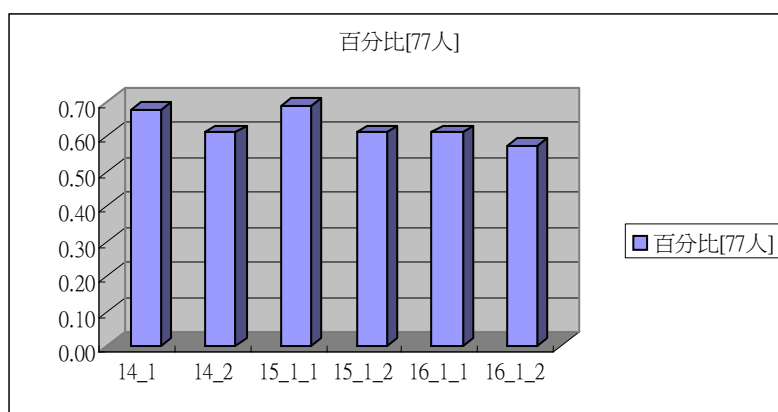


圖 4-6-1 第五向度內各小題的答對率圖

另外從男女生的差異來看，整體比較在第五向度的答對率雖然全都是男生略高於女生，但相差幾乎不超過 0.10；從圖 4-6-1 則可看出相差稍微較多一點的只有第 14 題第 1 小題，其餘題目的答對率兩者表現差不多。

表 4-6-3 男生、女生在第五向度的答題表現表

	題號	14_1	14_2	15_1_1	15_1_2	16_1_1	16_1_2
男生 (37 人)	答對人數	28	24	27	24	23	22
	答對率	0.76	0.65	0.73	0.65	0.62	0.59
女生 (40 人)	答對人數	28	24	27	24	23	22
	答對率	0.70	0.60	0.68	0.60	0.58	0.55

註：男、女生答對率是指男、女生答對人數除以男、女生人數

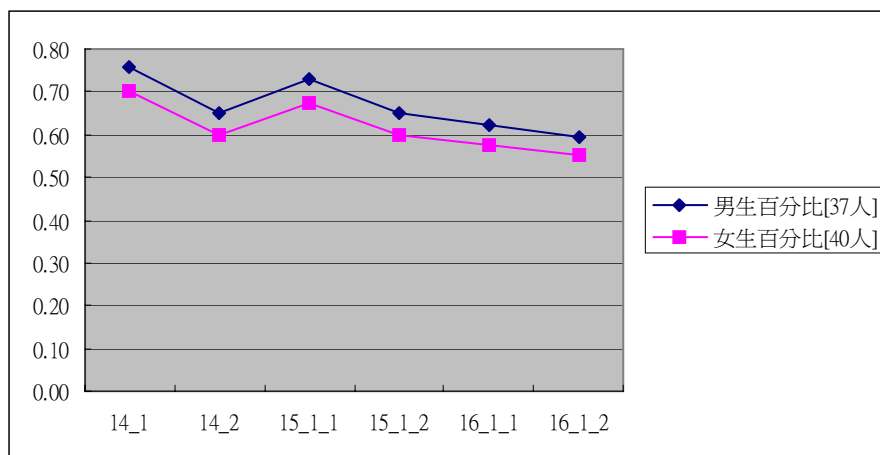


圖 4-6-2 男生、女生在第五向度的答題表現圖

(二) 能否掌握力平衡概念學生的分析

以下就本向度（第五向度）中能掌握「力平衡」概念和未能掌握「力平衡」概念的兩組學生在第 14、15-1、16-1 三題的答題表現進行分析。從表 4-6-4 中可以看出兩組學生的答對率除了第 16 題第 1 子題的第 1 小題外，其餘題目的答對率相差的幅度偏高，顯示未掌握力平衡的學生（平均答對率 0.41）比掌握力平衡的學生（平均答對率 0.78）較不能解決當液體密度改變後對浮體浮力變化的問題；另一方面，在第 16 題第 1 子題的第 1 小題兩組的答對率相差最少，能掌握的學生答對率有 0.73，而未掌握的學生答對率高達 0.52，顯示第 16 題第 1 子題的第 1 小題在鹽水中再加水的情境，不論對有無掌握力平衡的學生都屬於較易理解的問題。

表 4-6-4 能否掌握「力平衡」概念的學生在第五向度的答對率

題號	14_1	14_2	15_1_1	15_1_2	16_1_1	16_1_2	平均
掌握 (45 人)	0.78 (35 人)	0.73 (33 人)	0.78 (35 人)	0.71 (32 人)	0.76 (34 人)	0.76 (34 人)	
未掌握 (32 人)	0.50 (16 人)	0.41 (13)	0.53 (17 人)	0.44 (14 人)	0.41 (13 人)	0.31 (10 人)	
答對率相差	0.28	0.33	0.25	0.27	0.35	0.44	

註：答對率是指該題答對人數除以掌握（45 人）、未掌握（32 人）人數

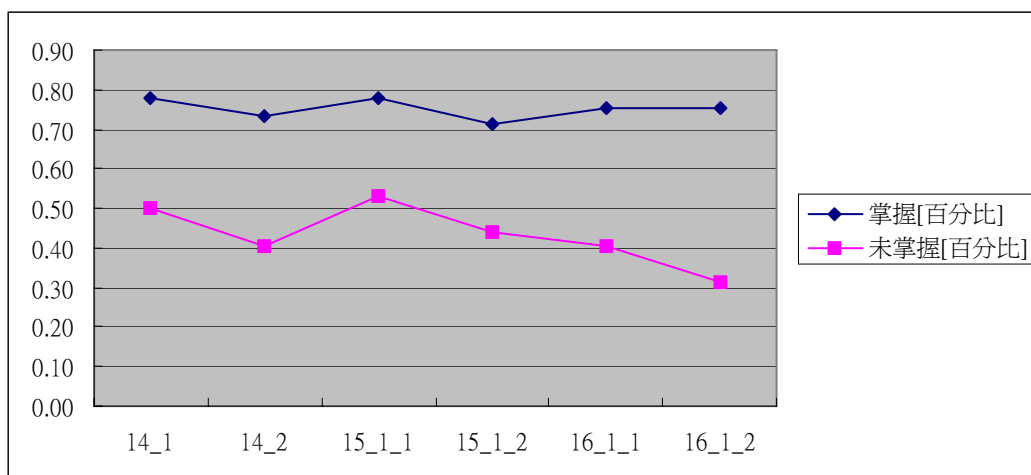


圖 4-6-3 能否掌握「力平衡」概念的學生在第五向度的答對率

接下來將分別針對掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念的兩個群組中，男生與女生在第五向度中各題的表現進行下列三個部分的分析：1. 能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、2. 未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、3. 綜合討論。

1. 能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析能掌握力平衡概念的男女學生在第五向度的各題表現（表 4-6-5），發現在能掌握力平衡概念的學生中，男生每一題的答對率雖然都比女生高，但只高一點點；其中在所有能掌握力平衡概念學生中，男生的答對率大約佔了四成以上，而女生的答對率大約佔了三成左右。顯示在第五向度中能掌握力平衡概念的群組中，男生和女生都能掌握液體密度改變後對浮體浮力變化之問題。

表 4-6-5 男、女生在第五向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念

題號		14_1	14_2	15_1_1	15_1_2	16_1_1	16_1_2
男	答對人數	21	20	20	19	19	19
	答對率	0.47	0.44	0.44	0.42	0.42	0.42
女	答對人數	14	13	15	13	15	15
	答對率	0.31	0.29	0.33	0.29	0.33	0.33
答對率差		0.16	0.16	0.11	0.13	0.09	0.09

註：答對率是指答對人數除以能掌握力平衡概念的人數 45 人。

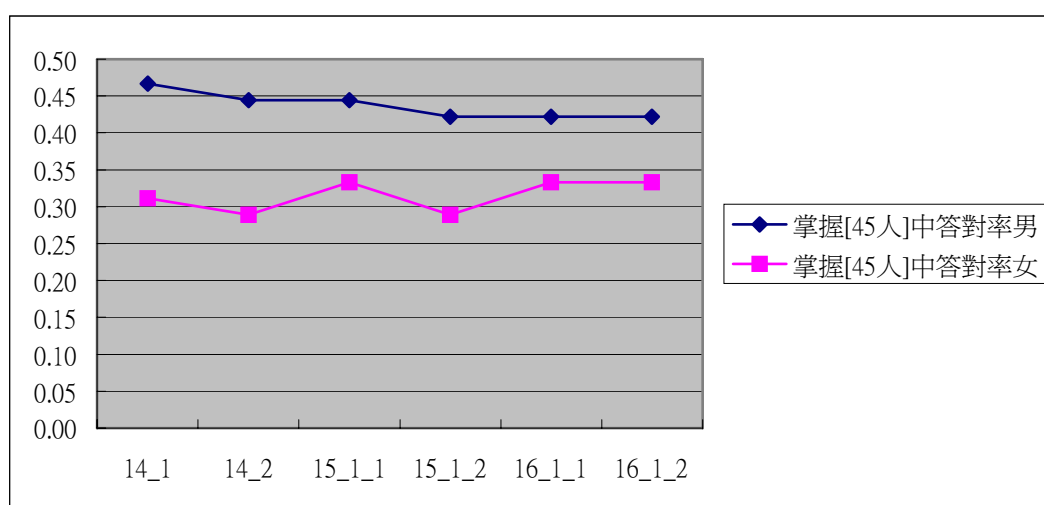


圖 4-6-4 男、女生在第五向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念

2. 未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析未能掌握力平衡概念的男女學生在第五向度的各題表現（表 4-6-6），發現在未能掌握的學生中女生的答對率皆高於男生的答對率，在所有未能掌握力平衡概念學生中，男生的答對率都不超過 25%，女生的答對率則介於 20%~30%之間；顯示未掌握力平衡概念的男生對於判斷液體密度改變後對浮體浮力變化之問題有困難。整體而言，在第五向度中未能掌握力平衡概念的群組中，女生比男生較能掌握液體密度改變後對浮體浮力變化之問題。

表 4-6-6 男、女生在第五向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念

題號		14_1	14_2	15_1_1	15_1_2	16_1_1	16_1_2
男 生	答對人數	7	4	7	5	4	3
	答對率	0.22	0.13	0.22	0.16	0.13	0.09
女 生	答對人數	9	9	10	9	9	7
	答對率	0.28	0.28	0.31	0.28	0.28	0.22
答對率差		0.06	0.16	0.09	0.13	0.16	0.13

註：答對率是指答對人數除以未能掌握力平衡概念的人數 32 人

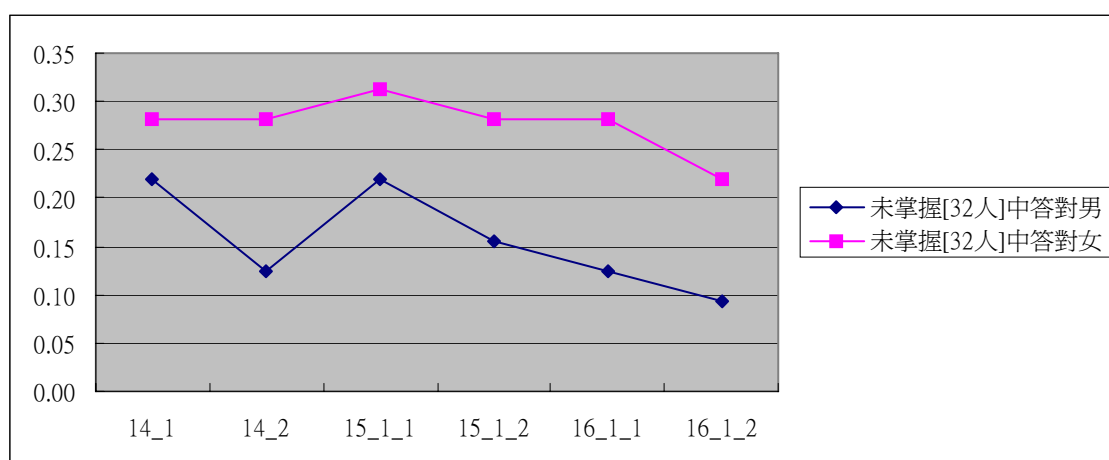


圖 4-6-5 男、女生在第三向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念

3. 綜合討論

從「掌握力平衡概念」以及「性別」兩個面向討論學生的表現（表 4-6-7），可以發現在男生的表現部分，在第五向度的各個小題中，掌握力平衡概念的男生答對率都佔所有答對學生的 25% 以上，反之，未掌握力平衡概念的男生答對率都達不到佔所有答對學生的一成；另一方面，掌握力平衡概念的女生表現與未掌握力平衡概念的女生表現相差較小，只有在第 16 題第 1 小題的第 2 個回答，未掌握力平衡概念的女生表現明顯比能掌握力平衡概念的女生表現差。由此可知，在第五向度中，能否掌握力平衡概念的男生在此向度的表現差異最大，而能否掌握力平衡概念的女生其表現

的差異比較不明顯。

表 4-6-7 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第五向度各題人數答題表現表

		題號	14_1	14_2	15_1_1	15_1_2	16_1_1	16_1_2
掌握	男生	答對人數	21	20	20	19	19	19
		答對率	0.27	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25
	女生	答對人數	14	13	15	13	15	15
		答對率	0.18	0.17	0.19	0.17	0.19	0.19
未掌握	男生	答對人數	7	4	7	5	4	3
		答對率	0.09	0.05	0.09	0.06	0.05	0.04
	女生	答對人數	9	9	10	9	9	7
		答對率	0.12	0.12	0.13	0.12	0.12	0.09

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人。

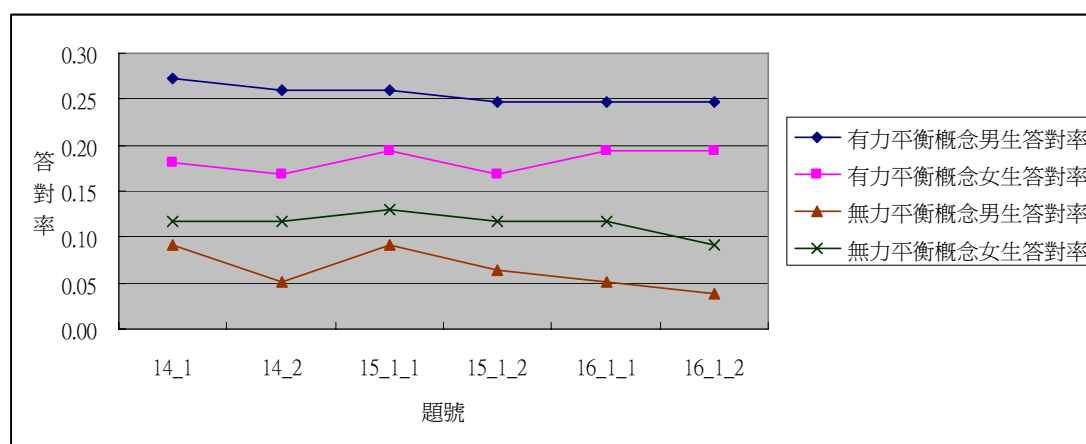


圖 4-6-6 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第五向度各題人數答題表現圖

二、訪談資料分析

(一) 正確答題的想法

接受訪問的學生當中，這三題判斷完全正確的學生有 S603 (高分組、男)、S628 (中分組、女)、S629 (中分組、女)，這些學生的共同特色有：

(1) 知道浮體達到靜止平衡狀態，所以其浮力等於重力；(2) 知道浮體的

浮力不會隨液體密度改變而改變。以下是 S603、S628、S629 的部分訪談摘要。

(S603, 高分組、男)

3. T: 你認為同一艘船在海水還是在淡水中所受浮力較大?
5. 603: 一樣大。
6. T: 為什麼?
9. S603: 是浮體呀!
10. T: 請說詳細一點。
13. S603: 浮體的浮力是等於它自己本身的重量, 所以不管液體是什麼, 只要浮起來就是自己的重量, 所以浮力不會改變。
15. T: 可是船在海水中浮的較高, 這不影響它的浮力嗎?
17. S603: 液體密度變大, 但在液面下的體積比較小, 所以兩個乘起來浮力不會變。

(S628, 中分組、女)

3. T: 第 15 題的保力龍球在加鹽後的水中浮力變大還是變小? 或不變?
6. S628: 不變。
7. T: 為什麼?
9. S628: 因為保力龍是浮體。
13. T: 為什麼是浮體浮力就不會變?
16. S628: 因為浮體的浮力等於物重。

(S629, 中分組、女)

23. T: 第 16 題中, 加水稀釋後的蓮霧浮力變化如何?
24. S629: 嗯...浮力不會改變。
25. T: 為什麼?
27. S629: 因為它還是浮著呀!
28. T: 浮著就不會變, 為什麼?
31. S629: 對! 因為浮著時候, 它的浮力和重力相等。

由於當液體密度改變後浮體的浮力依然保持不變，所以答對此向度問題的學生能掌握「當浮體達到靜止平衡狀態時其浮力等於重力」，例如 S603 認為浮體的浮力是等於它自己本身的重量，所以不管液體是什麼，只要浮起來就是自己的重量，所以浮力不會改變（行 13）；S628 認為浮體的浮力等於物重（行 16）；S629 認為浮體浮著的時候，其浮力和重力相等（行 31）。同時答對此向度問題的學生也能掌握「浮體的浮力不會隨液體密度改變而改變」，例如 S603、S628 及 S629 都認為浮體的浮力不會改變。

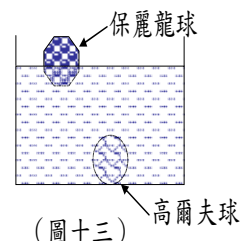
（二）容易產生的困難

本向度學生的錯誤類型相當一致，22%~29% 的學生認為液體密度改變對浮體浮力的影響是成正比的關係，也就是說當物體所處的液體密度變大時，浮體的浮力也會變大；當物體所處的液體密度變小時，浮體的浮力也會變小。探究其原因發現，學生會強調「阿基米得」的原理：浮力＝液面下的體積×液體的密度；學生只記得液體的密度變大或變小會影響浮力的大小，但卻忘了物體在液面下的體積，是會隨液體密度變大而變小的，所以只記其一，不記其二的片段瞭解後產生錯誤判斷。關於此點，研究者發現學生若用「浮力＝重力」力平衡的觀點在判斷浮體浮力時，可以避免密度增加和體積減少...等的因素造成判斷浮力上的困擾，同時也可以減少密度與體積的顧此失彼和混淆不清。以下是 S608（中分組、男）、S612（低分組、男）、S621（中分組、女）的部分訪談摘要。

（1）液體密度變大浮體的浮力會跟著變大

（S608，中分組、男）

21. T：你認為加鹽後對原本就浮著物體的浮力會造成什麼影響？
23. S608：浮體的浮力會變大。



24. T：為什麼？
26. S608：因為液體的密度變大了
27. T：液體的密度變大，浮力為什麼會變大？
29. S608：因為浮力等於體積乘以液體的密度，液體的密度變大浮力就會變大。

(S621，中分組、女)

3. T：你認為液體密度對浮體的浮力會造成什麼影響？
5. S621：會使它的浮力變大。
6. T：為什麼？
11. S621：因為浮力和液體密度有關。

從「阿基米得」的原理：浮力＝液面下的體積×液體的密度，可以得知浮力會和密度有關，但學生卻未考慮到液面下的體積也是影響浮力的變因，只考慮密度變大浮力就會變大，例如 S608 認為液體的密度變大浮力就會變大（行 29）；S621 也認為浮力和液體密度有關，所以密度變大，浮力就會變大（行 5、行 11）。

(2) 認為鹽會增加浮力

(S612，低分組、男)

23. T：你認為加鹽後對原本就浮著物體的浮力會造成什麼影響？
- 25.. S612：浮力會變大。
26. T：為什麼？
28. S612：因為鹽會使物體增加浮力。
29. T：為什麼加鹽就會使物體增加浮力？
33. S612：因為鹽是一種特殊的物質。

第 15 題及第 16 題的差異在於 15 題是加鹽，16 題則是加水，對某些學生來說，水加入鹽水並不會影響浮體的浮力，但在鹽水中再加入鹽，則

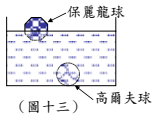
會對浮體的浮力產生影響，因為鹽和水性質不同，例如 S612 認為鹽是一種特殊的物質，會使物體增加浮力（行 28、行 33）。

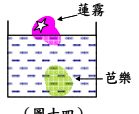
第七節 學生對於「液體密度改變對沉體的浮力影響」的理解

一、筆試題目與答題統計分析

在「浮力與力平衡」概念紙筆測驗卷中，15-2 和 16-2 是屬於第六向度---「液體密度改變後對沉體浮力變化」的概念，這兩題和前一個向度類似，主要是測驗學生在液體密度改變後對沉體浮力影響的瞭解情形。研究者為了初步了解學生各題的表現，茲將學生所回答的正確答案及錯誤答案統計於下表中（表 4-7-1）：

表 4-7-1 力平衡-浮力題本第 15-2、16-2 題及統計分析

題目內容		
學生回答人數(%)	學生回答主要概念(人數，百分比)	
15. 小花將高爾夫球和保力龍球放入水中發現高爾夫球沉在水中，而保力龍球浮在水面（如圖十五）。當小花將食鹽加入水中後，保力龍球仍然浮在水面，而高爾夫球仍然沉在水中。加鹽前後你認為： (2) 高爾夫球所受的浮力，是增加或減少或保持不變？為什麼？		
正確	50 人 (65%)	高爾夫是沉體，會隨液體密度變大而浮力變大。
錯誤	21 人 (27.3%)	● 高爾夫浮力不變，因為它仍然沉在水底，體積沒變，液體密度不影響浮力（17 人，22.1%）。

		● 高爾夫浮力減少（4 人，5.2%）。
其它	6 人 (7.8%)	未作答
16. 小明將蓮霧和芭樂同時放入一杯完全溶解的食鹽水，發現蓮霧會浮起來，芭樂卻沉在水底（如圖十六）。當小明多加一些水倒入杯子裡後，發現蓮霧仍然浮著，芭樂仍然沉在水底。 (2) 請問芭樂在加水之後，所受的浮力變化如何（填：變大、變小、不變）？為什麼？		 (圖十四)
正確	32 人 (41.6%)	芭樂是沉體，會隨液體密度變小而浮力變小。
錯誤	37 人 (48.1%)	● 芭樂浮力不變，因為它仍然沉在水底，體積沒變液體密度不影響浮力（33 人，42.9%）。 ● 芭樂浮力變大（4 人，5.2%）。
其它	8 人 (10.4%)	未作答

（一）整體表現

本向度的兩題均屬於同一類型，但答對率卻分別為第 15-2 題：65.0%；第 16-2 題：41.6%。研究者經訪談探究其原因發現，因為第 16-2 題是本試卷的最後一題，再加上學生做過此類型題目通常是加鹽後的浮力變化，所以在沒有看清楚題目及先入為主的觀念下使得第 16-2 題的答對率比 15-2 題低許多。另外從男女生的差異來看，整體比較男生和女生在第六向度的答對率幾乎相同；從圖 4-7-1 則可看出在第 16 題男女生有稍微大一點的差異，但兩者對於沈體在密度變小的液體中所受的浮力似乎都不是很清楚。

表 4-7-2 第六向度內 77 人中各小題的答對率表

題號	15_2_1	15_2_2	16_2_1	16_2_2
答對人數	51	48	31	28
答對率	0.66	0.62	0.40	0.36

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人

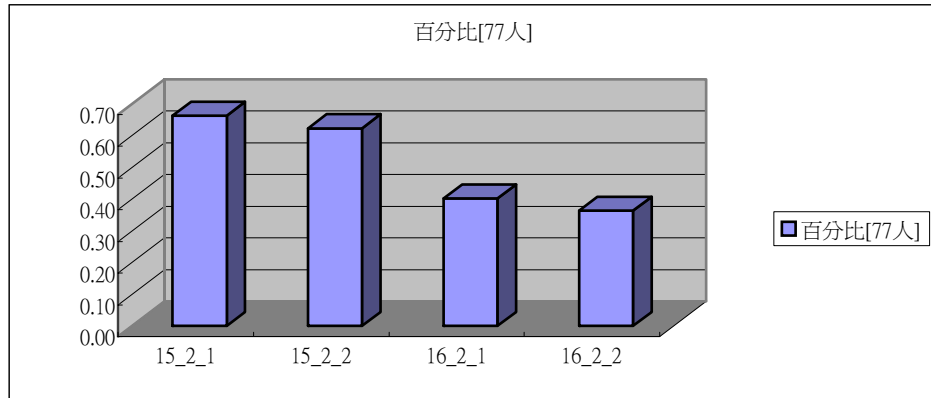


圖 4-7-1 第六向度內各小題的答對率圖

表 4-7-3 男生、女生在第六向度的答題表現表

題號		15_2_1	15_2_2	16_2_1	16_2_2
男生 (37 人)	答對人數	26	22	14	14
	答對率	0.70	0.59	0.38	0.38
女生 (40 人)	答對人數	25	21	17	14
	答對率	0.63	0.53	0.43	0.35

註：男、女生答對率是指男、女生答對人數除以男、女生人數

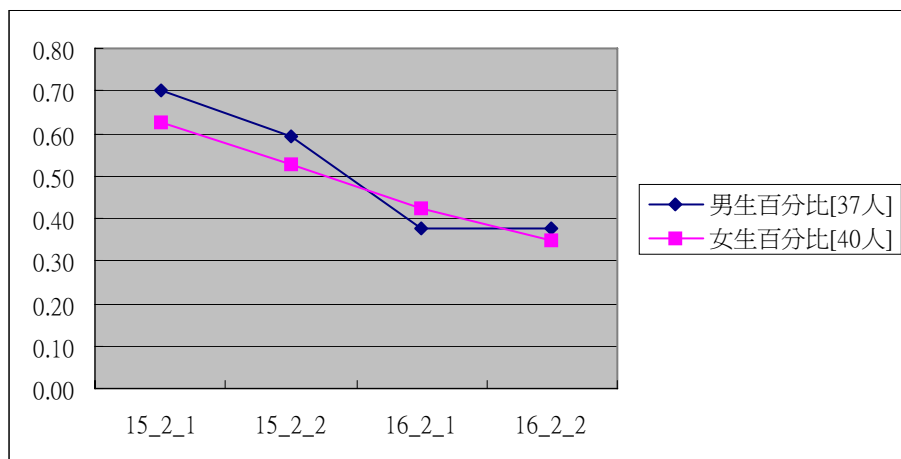


圖 4-7-2 男生、女生在第六向度的答題表現圖

(二) 能否掌握力平衡概念學生的分析

以下就本向度（第六向度）中能掌握「力平衡」概念和未能掌握「力平衡」概念的兩組學生在第 15-2、16-2 兩題的答題表現進行分析。從表 4-7-3 中可以看出兩組學生的答對率在 15-2 差的比較多，16-2 則相差較少。在第 15 題第 2 小題中掌握力平衡的學生答對率分別為 0.82 及 0.75，未掌握力平衡的學生答對率則分別為 0.39 和 0.30，顯示未掌握力平衡的學生較不能解決當液體密度改變後對沈體浮力變化的問題；另一方面，在第 16 題第 2 子題，兩組的答對率相差較少，能掌握的學生答對率在 0.50 左右，而未掌握的學生答對率也低於 0.25，顯示第 16 題第 2 子題在鹽水中再加水的情境，弱若是浮體浮力會保持不變，但若是沈體則會變小，這樣的想法不論對有無掌握力平衡的學生都屬於較難理解的問題。

表 4-7-4 能否掌握「力平衡」概念的學生在第六向度的答對率

題號	15_2_1	15_2_2	16_2_1	16_2_2	平均
掌握 (45 人)	0.76 (34 人)	0.69 (31 人)	0.51 (23 人)	0.49 (22 人)	
未掌握 (32 人)	0.53 (17 人)	0.38 (12 人)	0.25 (8 人)	0.19 (6 人)	
答對率相差	0.22	0.31	0.26	0.30	

註：答對率是指該題答對人數除以掌握（45 人）、未掌握（32 人）人數

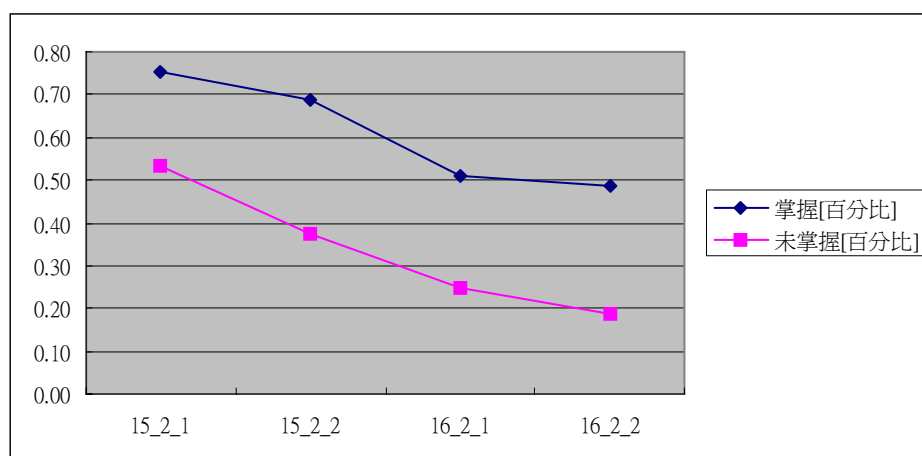


圖 4-7-3 能否掌握「力平衡」概念的學生在第六向度的答對率

接下來分別針對掌握力平衡概念以及未掌握力平衡概念的兩個群組中，男生與女生在第六向度中各題的表現進行下列三個部分的分析：1.能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、2.未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現、3.綜合討論。

1. 能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析能掌握力平衡概念的男女學生在第六向度的各題表現（表 4-7-5），發現在能掌握力平衡概念的學生中，男生每一題的答對率都比女生高一些，其中在第 15 題的第 2 小題中，男生與女生的答對率在所有能掌握力平衡概念學生中都大約佔了三成左右；在第 16 題的第 2 小題中，男生與女生的答對率在所有能掌握力平衡概念學生則只佔了不到三成。顯示在第六向度中能掌握力平衡概念的群組中，男、女生都較能掌握在水裡加鹽的沈體浮力與重力之問題，反之都比較不能掌握在水裡再加水的沈體浮力與重力之問題。

表 4-7-5 男、女生在第六向度各題人數答題表現表—能掌握力平衡概念

題號		15_2_1	15_2_2	16_2_1	16_2_2
男	答對人數	20	18	13	13
	答對率	0.44	0.40	0.29	0.29
女	答對人數	14	13	10	9
	答對率	0.31	0.29	0.22	0.20
答對率相差		0.13	0.11	0.07	0.09

註：答對率是指答對人數除以能掌握力平衡概念的人數 45 人

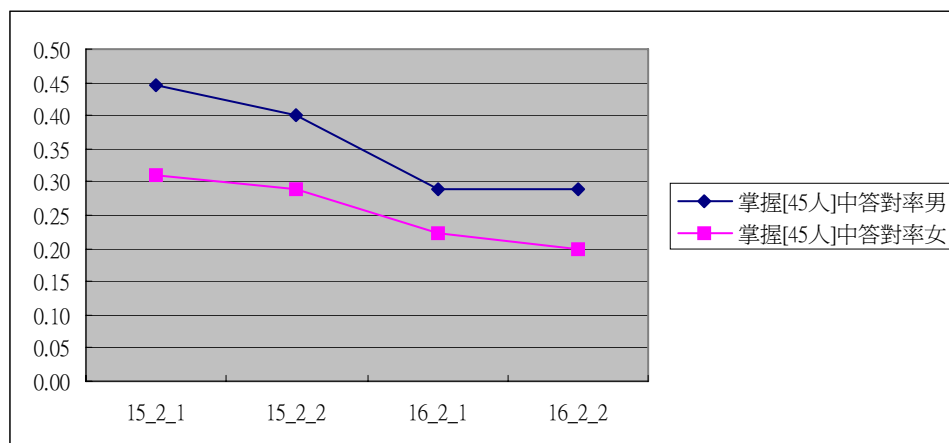


圖 4-7-4 男、女生在第六向度各題答對率圖—能掌握力平衡概念

2. 未能掌握力平衡概念中男生與女生的表現

分析未能掌握力平衡概念的男女學生在第六向度的各題表現（表 4-7-6），發現在未能掌握的學生中女生的答對率皆高於男生的答對率，其中，除了第 16 題第 2 小題的第 2 個回答外，女生的答對率都有超過兩成；而除了第 15 題第 2 小題外，男生的答對率都只有 3%，顯示未掌握力平衡概念的男生對於在水裡再加水的沈體浮力與重力之問題比女生還有無法解決。整體而言，在第六向度中未能掌握力平衡概念的群組中，女生比男生較能掌握沈體的浮力與重力之問題。

表 4-7-6 男、女生在第六向度各題人數答題表現表—未能掌握力平衡概念

題號		15_2_1	15_2_2	16_2_1	16_2_2
男生	答對人數	6	4	1	1
	答對率	0.19	0.13	0.03	0.03
女生	答對人數	11	8	7	5
	答對率	0.34	0.25	0.22	0.16
答對率相差		0.16	0.13	0.19	0.13

註：答對率是指答對人數除以未能掌握力平衡概念的人數 32 人

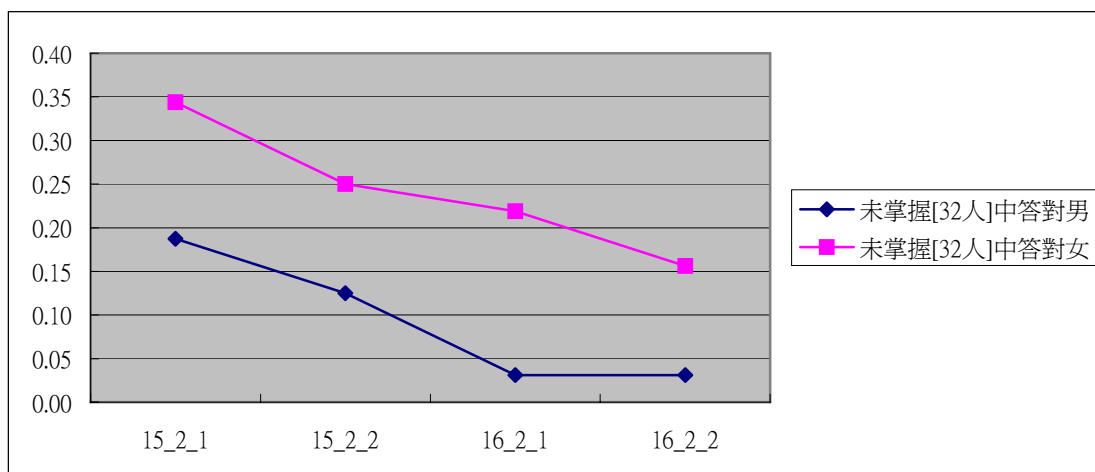


圖 4-7-5 男、女生在第六向度各題答對率圖—未能掌握力平衡概念

3. 綜合討論

從「掌握力平衡概念」以及「性別」兩個面向討論學生的表現（表 4-7-7），雖然在第六向度大家的表現都不是很好，但是掌握力平衡概念的男生答對率還是能佔所有答對學生的兩成左右，反之，未掌握力平衡概念的男生答對率都達不到佔所有答對學生的一成，甚至有些只佔 1%；另一方面，掌握力平衡概念的女生表現與未掌握力平衡概念的女生表現相差較小，且在兩個小題的第 1 個回答表現上，未掌握力平衡概念的女生表現與能掌握力平衡概念的女生表現差不多。由此可知，在第六向度中，能否掌握力平衡概念的男生在此向度的表現差異最大，而能否掌握力平衡概念的女生其表現的差異比較不明顯。

表 4-7-7 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第六向度各題人數答題表現表

		題號	15_2_1	15_2_2	16_2_1	16_2_2
掌握	男生	答對人數	20	18	13	13
		答對率	0.26	0.23	0.17	0.17
	女生	答對人數	14	13	10	9
		答對率	0.18	0.17	0.13	0.12

未 掌 握	男生	答對人數	6	4	1	1
		答對率	0.08	0.05	0.01	0.01
	女生	答對人數	11	8	7	5
		答對率	0.14	0.10	0.09	0.06

註：答對率是指答對人數除以總人數 77 人

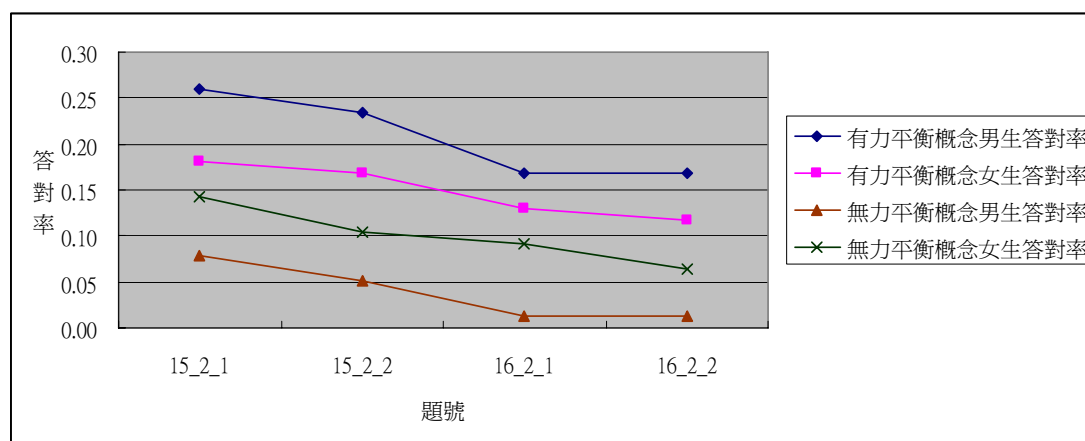


圖 4-7-6 能否掌握「力平衡」概念的男、女生在第六向度各題人數答題表現圖

二、訪談資料分析

(一) 正確答題的想法

接受訪問的學生當中，在此向度液體密度改變對沉體浮力的影響判斷完全正確的學生有 S625 (中分組、女)、S606 (中分組、男)、S634 (高分組、女)，這些學生的共同特色有：知道沉體的浮力會受液體密度影響。以下是 S625、S606、S634 的部分訪談摘要。

(S625, 中分組、女)

3. T: 你認為第 15 題加鹽後的高爾夫球浮力變化如何?
5. S625: 嗯...變大呀...
6. T: 為什麼?

11. S625：沉體體積沒變，但液體密度變大，所以浮力變大。

(S606，中分組、男)

24. T：你認為第 15 題加鹽後的高爾夫球浮力變化如何？

25. S606：高爾夫球的浮力會變大。

26. T：為什麼？

29. S606：浮力等於體積乘以密度，密度變大所以浮力變大。

(S634，高分組、女)

3. T：你認為第 16 題加水稀釋後的芭樂浮力變化如何？

7. S634：會變小。

8. T：為什麼？

11. S634：浮力等於體積乘以密度，密度變小所以浮力變小。

由於沉體的浮力會受液體密度影響，且同時考慮「阿基米得」的原理：
浮力＝液面下的體積×液體的密度，可以得知浮力會和密度有關，因此在
這個情境下，只需考慮當液體密度變大時，浮力就會變大，例如 S625 認
為沉體體積沒變，所以當液體密度變大，所以浮力變大（行 11）；S606 認
為浮力等於體積乘以密度，密度變大所以浮力變大（行 29）；S634 也認為
沉體浮力會受液體密度影響（行 11）。

（二）容易產生的困難

學生在液體密度改變後對沉體的向度答題分析中，發現約有 32.5% 的
學生認為沉體沉在水底，體積沒變，也沒浮起來所以浮力不變。由此可知
許多學生是由體積模式去思考浮力，忽略液體密度對沉體所造成的影響。
以下是 S615（低分組、男）、S621（低分組、女）、S627（低分組、女）
的部分訪談摘要。

(1) 認為沉體體積沒變，所受浮力不會改變

(S615, 低分組、男)

3. T: 你認為加鹽後對原本沉在水底物體浮力會造成什麼影響?
5. S615: 不會改變。
6. T: 為什麼?
8. S615: 因為題目說沉的還是沉，浮的還是浮，所以不管是沉還是浮體都不會造成影響。
11. T: 理由再說清楚一點。
13. S615: 就是它在加鹽前後沉浮情形都沒有改變，所以浮力沒有變囉。

在第 15 題中是在水中加鹽，比較物體在加鹽前後的浮力，而這對部分學生來說沈體既然依舊為沈，表示浮力就沒有改變，例如，S615 認為物體在加鹽前後沉浮情形都沒有改變，所以浮力沒有變（行 13）。

(2) 認為沉體所受浮力會因為水量變多而增加

(S621, 低分組、女)

21. T: 你認為加水稀釋後對原本沉在水底物體浮力會造成什麼影響?
23. S621: 浮力會變大。
24. T: 為什麼?
27. S621: 因為水量增加了，浮力就會變大。
28. T: 為什麼水量增加，浮力就會變大?
29. S621: 因為幫助物體浮起來的東西變得更多了。

在第 16 題中是在水中加水，有部分學生則認為加了水會使浮力增加，例如，S621 認為因為水量增加，浮力就會變大（行 27），這是因為幫助物體浮起來的東西（液體）變得更多的關係（行 29）。

第八節 使用「密度」或「力平衡」模式解浮力問題之難易比較

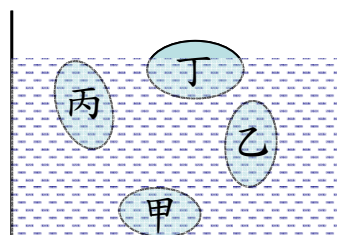
在之前的第二～七節中，研究者為了瞭解學生對浮力學習困難進行了一些訪談，在訪談學生的過程中研究者發現，學生大多會使用「密度」或「物體受力」概念來解浮力的問題，為了了解並比較這兩種想法所面臨浮力題目時的困難情形，故從浮力試卷中挑選有兩種答法的第 11 題，做第三階段的訪談對象挑選之依據。

從使用「密度」概念回答浮力試卷的學生中挑選出 15 名（8 男 7 女）進行第二階段訪談，並於訪談結束後用下面兩題（表 4-8-1）測試學生是使用「物體受力」概念，還是「密度」概念比較容易解決浮力的問題。

表 4-8-1 「密度」或「物體受力」概念測試題目

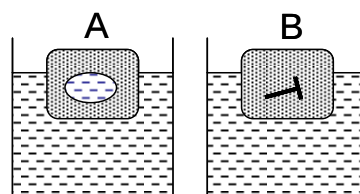
【試題一】

右圖中的四顆質量均相同但體積大小不一的雞蛋，甲雞蛋一放入水中，就迅速沉入水底，其餘三顆雞蛋如右圖所示，則此四顆蛋所受到的浮力大小關係為何？



【試題二】

右圖兩杯水中皆有一塊浮在純水中的冰塊，並且在冰塊未融化前，兩圖的水面一樣高，但是 A 冰塊中包著純水，B 冰塊中包著鐵釘。請問，當冰塊融化後這兩杯水的水面會有何變化？



經過訪談引導後測試結果發現：在試題一的答題中有 8 名（3 男 5 女）學生仍使用「密度」概念來判斷浮力大小關係，7 名（5 男 2 女）學生使用「浮力與重力的比較」概念來判斷浮力大小關係，可見解題習慣和概念形成非短時間內可以改變的。但是，在 8 名使用「密度」概念來判斷的學生答案中只有 2 人（1 男 1 女）是正確的，其餘 6 人（2 男 4 女）是錯的。而用「浮力與重力的比較」概念來判斷的 7 名（5 男 2 女）學生的答案卻全對。由此可見「浮力與重力的比較」概念對減少浮力概念的學習困難是非常有幫助的。

一、第一題測試結果：

第一題的正確答案是 $\text{乙} = \text{丙} = \text{丁} > \text{甲}$ ，但使用「密度」概念解試題一的學生答對率只有 25%，而使用「浮力與重力的比較」概念解試題一的學生答對率是 100%。分別將這兩類型的學生訪談記錄於下：

（一）使用「密度」概念解試題一的學生訪談部分摘要紀錄：

【編號 S01、中分組、男】

4. T：你認為這四顆蛋所受到的浮力大小關係為何？
7. S01： $\text{乙} = \text{丙} > \text{丁} > \text{甲}$
8. T：為什麼？
11. S01：因為乙和丙都是懸浮體，所以密度都是 1，甲是沉體密度大於 1，所以體積最小浮力也最小，丁是浮體密度小於 1，所以體積最大浮力也最大。

【編號 S02、中分組、女】

4. T：你認為這四顆蛋所受到的浮力大小關係為何？
8. S02： $\text{甲} = \text{乙} = \text{丙} > \text{丁}$
9. T：為什麼？
13. S02：因為甲、乙、丙都在水中，密度體積質量都一樣，而丁是浮著的，體積只

有部分在水中，所以浮力比較小。

【編號 S03、高分組、男】

3. T：你認為這四顆蛋所受到的浮力大小關係為何？
7. S03：丁 > 甲 = 乙 = 丙
8. T：為什麼？
12. S03：因為甲、乙、丙都在水中，浮力都相同，丁是浮起來的，所以浮力比較大。
14. T：為什麼在水中，浮力都相同？浮起來的，所以浮力比較大？
17. S03：甲、乙、丙因為密度大於 1，體積小於質量，而且密度都一樣才會都在水中。
丁浮起來表示密度小於 1，體積等於質量。所以，丁的浮力最大，甲、乙、丙三個物體浮力相同且比丁小。

學生從密度判斷浮力，大都是考慮到每個雞蛋在水中的狀態，再比較個別雞蛋的密度及水的密度，所以都會忽略當雞蛋懸浮在水中和雞蛋在水面兩者的浮力是相同的。例如，S01 認為乙和丙都是懸浮體，所以密度都是 1，甲是沉體密度大於 1，而丁是浮體密度小於 1，所以丁的浮力最大（行 11）；而 S02 則認為甲、乙、丙都在水中，所以密度體積質量都一樣，而丁是浮著的，所以浮力比較小（行 13）；另外，S03 認為甲、乙、丙因為密度大於 1，體積小於質量，而且密度都一樣才會都在水中，而丁浮起來表示密度小於 1（行 17）。

（二）使用「浮力與重力的比較」概念解試題一的學生訪談部分摘要紀錄：

【編號 S04、中分組、男】

4. T：你認為這四顆蛋所受到的浮力大小關係為何？
7. S04：乙 = 丙 = 丁 > 甲
8. T：為什麼？
12. S04：因為乙、丙、丁都是浮體，浮體的浮力等於物重，既然四個雞蛋重量都相同所以浮力就相同。甲是沉體，沉體的浮力小於物重，所以很簡單，甲的浮力最小囉！

14. T：你用這種浮力與重力的比較法來判斷覺得如何？
15. S04：嗯...我覺得比較簡單耶！

當研究者引導學生用浮力與重力是否達到平衡的觀念來判斷試題一的浮力時，學生能夠清楚的分別出每個雞蛋所受的浮力，例如，S04 提到乙、丙、丁都是浮體，浮體的浮力等於物重，既然四個雞蛋重量都相同所以浮力就相同，而因為甲是沉體，沉體的浮力小於物重，所以甲的浮力最小（行 12）。

二、第二題測試結果：

試題二的答題中 15 名學生中有 9 名（3 男 6 女）學生使用「密度」概念來判斷冰融化後杯內水面的變化，其中有 8 名（2 男 6 女）答案是錯的，只有 1 人（男）是正確的。答對率是 11%。另外有 6 名（5 男 1 女）學生使用「浮力與重力的比較」概念來判斷冰融化後杯內水面的變化，這 6 名（5 男 1 女）學生的答案全對，答對率是 100%。由以下學生的訪談中發現：學生在使用物體平均「密度」概念來解題時，無法知道融化後體積與密度及浮力有何關係，陷入無法判斷的困境。

（一）使用「密度」概念來判斷冰融化後杯內水面的變化的學生訪談部分

摘要紀錄：

【編號 S05、高分組、男】

4. T：當冰塊融化後 A、B 兩杯水面會有何變化？
7. S05：A 杯水面上升，B 杯水面上升。
8. T：為什麼？
13. S05：因為 A、B 杯內這兩個東西都是浮體，密度小於 1，體積都比同質量的水大，所以融化後水會多出來，水面會升高。

【編號 S06、中分組、女】

4. T：當冰塊熔化後 A、B 兩杯水面會有何變化？
8. S06：A 杯水面上升，B 杯水面下降。
9. T：為什麼？
11. S06：A 杯內冰塊的密度比水小，熔化後體積會變大，所以水面會上升。
B 杯冰塊內包的鐵釘密度比水大，熔化後體積會變小，所以水面會下降。
14. T：為什麼密度比水小，熔化後體積會變大？
17. S06：同質量的東西不是密度小體積大嗎？

【編號 S07、中分組、女】

4. T：當冰塊熔化後 A、B 兩杯水面會有何變化？
6. S07：A 杯水面不變，B 杯水面上升。
7. T：為什麼？
11. S07：A 杯冰塊熔化成水質量不會變，所以同樣是水，體積不會變。但是，
B 杯冰塊熔化後鐵釘掉下來會佔據空間排開一些水，所以體積會增加，水
面會上升。

學生從密度判斷水面的變化，只會考慮到冰塊在水中的狀態，再從質量的想法比較冰塊融化前後的高度。例如，S05 認為 A、B 杯內這兩個東西都是浮體，密度小於 1，體積都比同質量的水大，所以熔化後水會多出來，水面會升高（行 13）；此外，S06 認為同質量的東西密度小體積會比較大（行 17），所以 A 杯內冰塊的密度比水小，熔化後體積會變大，水面會上升，B 杯冰塊內包的鐵釘密度比水大，熔化後體積會變小，水面會下降（行 11）；而 S07 則是認為 A 杯冰塊熔化成水質量不會變，所以同樣是水，體積不會變。但是，B 杯冰塊熔化後鐵釘掉下來會佔據空間排開一些水，所以體積會增加，水面會上升（行 11）。

(二) 使用「浮力與重力的比較」概念來判斷冰融化後杯內水面的變化學生訪談部分摘要紀錄：

【編號 S04、高分組、男】

21. T：當冰塊融化後 A、B 兩杯水面會有何變化？
25. S04：A 杯水面不變，B 杯水面下降。
26. T：為什麼？
29. S04：A 杯冰塊和水都是浮體，浮體的浮力等於物重，融化後變成水，重量不會變，浮力等於重量，所以水面也不會變。
32. T：B 杯呢？
34. S04：B 杯冰塊包鐵釘時是浮體，浮體的浮力等於物重，但冰融化後變成水後，鐵釘沉下去變成沉體，此時，沉體的浮力小於物重，排開的水體積就較小，水面就會下降。

當研究者引導學生用浮力與重力是否達到平衡的觀念來判斷試題二的浮力時，學生能夠清楚的分別出 A、B 兩杯的冰塊融化前後的浮力，例如，S04 提到 A 杯冰塊和水都是浮體，浮體的浮力等於物重，融化後變成水，重量不會變，浮力等於重量，所以水面高度不會變（行 29）；B 杯冰塊包鐵釘時是浮體，浮體的浮力等於物重，但冰融化後變成水後，鐵釘沉下去變成沉體，沉體的浮力小於物重，排開的水體積就較小，水面就會下降（行 34）。

三、小結：

由以上的測試及訪談中發現，15 名學生中使用密度或力平衡概念解題情形如下：

試題一的答題中有 8 名學生仍使用「密度」概念解題有 2 人是正確的，答對率是 25% 另外的 7 名學生使用力平衡概念解題，答案全對，答對率是 100%。

試題二的答題中 15 名學生中有 9 名學生使用「密度」概念只有 1 名答對，答對率是 11%。另外的 6 名學生使用力平衡概念解題，答案全對，答對率是 100%。

有學生習慣用密度模式來解浮力問題，但是密度往往牽涉到體積、質量等變化問題，對國中生而言，常常會顧此失彼，無法思考週延而造成學習困難，若能從不同的角度，例如從，物體在液體中受力的大小來做比較，反而會有更好的效果，減少學生在學習浮力時的困難。

表 4-8-2 使用密度或力平衡概念解題的答對率

	第一題	答對率 (人數)	第二題	答對率 (人數)
使用密度概念	8 人	0.25 (2 人)	9 人	0.11 (1 人)
使用力平衡概念	7 人	1.00 (7 人)	6 人	1.00 (6 人)

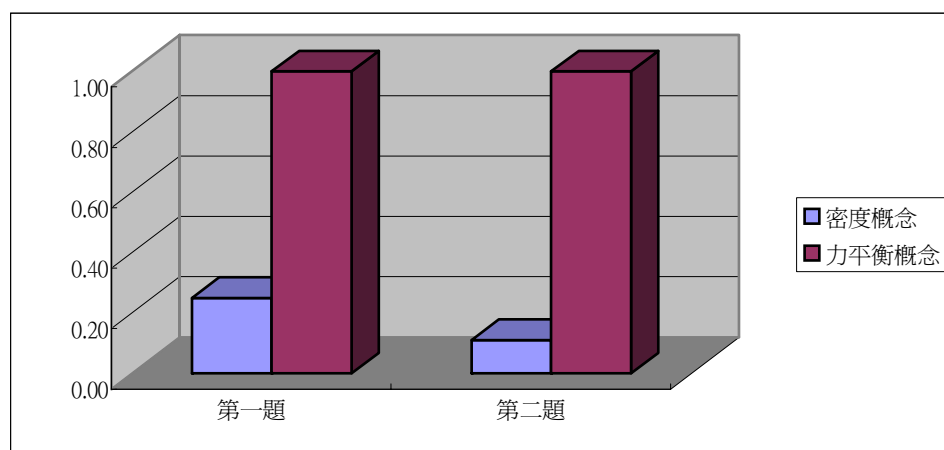


圖 4-8-1 使用密度或力平衡概念解題的答對率

表 4-8-3 使用密度或力平衡概念解題的男、女生答對率

	第一題	答對率	第二題	答對率
使用密度概念（男）	3 人	0.38	3 人	0.38
使用密度概念（女）	5 人	0.71	6 人	0.86
使用力平衡概念（男）	5 人	0.63	5 人	0.63
使用力平衡概念（女）	2 人	0.29	1 人	0.14

註：密度答對率是指答對人數除以 8 人、力平衡答對率是指答對人數除以 7 人

受第二階段訪談的 15 名學生中有 8 名男生 7 名女生，第一題使用密度解題 8 人（3 男 5 女），使用力平衡概念解題 7 人（5 男 2 女）；第二題使用密度解題 9 人（3 男 6 女），使用力平衡概念解題 6 人（5 男 1 女）。

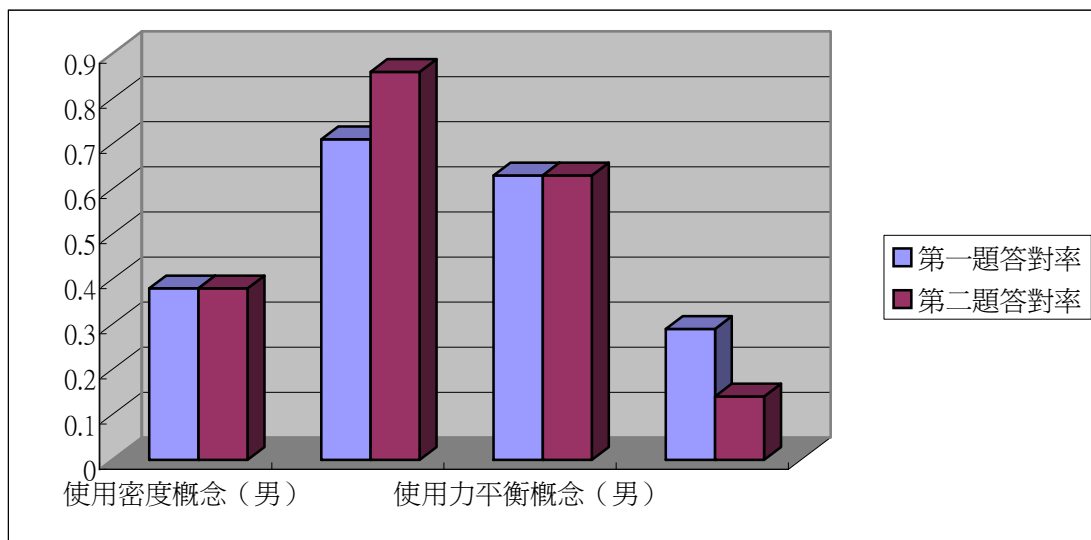


圖 4-8-2 使用密度或力平衡概念解題的男、女生答對率

第五章 討論與建議

本章就本研究所題的問題及歸納各項研究結果進行討論，並對本研究的待改的部分提出說明，最後根據本研究的結果對國中理化科老師、教科書的編者及對後續未來研究方向提出建議。

第一節 研究發現與結論

從第四章學生在力平衡與浮力概念問卷的答題及實際訪談的結果，研究者發現九年級學生在與浮力相關的概念呈現出的認知情形如下：

一、在「力平衡」概念的認知情形

（一）正確答題學生想法

正確答題的學生會根據力平衡概念進行力的大小判別，兩力或多力達到平衡時，物體會呈現「靜止」或「等速度」狀態，反之，當物體呈現「靜止」或「等速度」狀態時，合力就是零。兩力達到平衡時，這兩力的條件為：大小相等，方向相反，受力在同一直線上。

（二）容易產生的困難

因為力是看不見，無形又抽象的東西，學生在判斷物體受到哪些力作用時是困難的，八年級理化教材友介紹兩力平衡的條件及狀況，但學生對三力或在變化一點的圖形探討，例如：物體在斜面上、磅秤...等較複雜的情形下會想到其他各種情形，無法清楚掌握「力平衡」的概念，

而失去判斷的準則。常出現的狀況如下：

(1) 誤用角度及線的長短而忽略「力平衡」的概念。

(2) 無法判斷出物體受力正確的大小及方向。

以上兩點發現上無發現其它文獻記載。

(三) 能否掌握受力情形的學生：

本向度中位數為 5 分，能得到 5 分或以上者有 45 人 (58%)，歸為能掌握力平衡概念的學生；32 人 (42%) 為未能掌握力平衡概念的學生。

(四) 男、女生在本向度的表現：

男生答對率是 0.69，女生為 0.53，在掌握力平衡概念上男生是優於女生的。

二、在「浮體的浮力與重力」概念的認知情形

(一) 正確答題學生想法

浮體受到浮力及重力，因為物體處在平衡狀態，所以浮力和重力大小相等，方向相反，故從物體重力就可求浮力大小。

(二) 容易產生的困難

從題目分析可以看出，許多學生對於浮體在液體中受到哪些力作用並不清楚，有 13% 的學生認為浮體所受的浮力是大於重力，所以物體才會浮起來。這表示學生在浮體的浮力與重力上，未具有兩力平衡的正確

觀念。9.1%的學生認為浮體在液體中只有受到浮力，9.1%的學生認為浮體在液體中受到水壓力及大氣壓力....等。學生對浮體的浮力錯誤認知最常見的類型是用體積來考量（14.3%），有的學生認為浮體一半在水中，所以受到體積一半的浮力（5.2%）。常出現的狀況如下：

- （1）認為浮體在液體中只受到浮力，或把壓力當成浮力
- （2）認為物體能浮的原因是浮力大於重力
- （3）認為浮體的浮力由浮體全部體積大小決定
- （4）浮體的浮力只看液面下體積大小
- （5）不知道浮體的浮力和重量相等

以上五點發現其中第（1）的研究發現和郭重吉、吳武勇（1989），江新合、許榮富、林寶山（1992），郭信宏（2005）的浮力相關論文研究有相似的結果。第（2）和第（5）研究結果和郭重吉、吳武勇（1989），蔡有財（1995），張銘傑（1997）中學生會單憑物體重量判斷浮沉或浮力大小有點類似。第（3）和（4）的研究發現和 Rowell & Hewson（1986），Driver, Guesne & Iberghien（1985）郭重吉、吳武勇（1989）研究論文中提到的學生會誤用物體體積判斷浮沉或浮力大小有類似之處。

（三） 能否掌握受力情形的學生在本向度的答對率比較：

能掌握受力情形的學生在本向度答對率為 0.86，而未能掌握受力情形的學生在本向度答對率為 0.36，相差 0.50，可見能掌握受力情形的學生在浮體的浮力這個向度答對率明顯高於未能掌握受力情形的學生。

（四） 男、女生在本向度的表現：

男生答對率是 0.70，女生為 0.59，在浮體浮力概念上男生是優於女生的。

三、「沉體的浮力與重力」概念的認知情形

(一) 正確答題學生想法

亞基米得：沉體浮力＝體積×液體密度；從受力情形來看，沉體浮力＝物重－底部支撐力。

(二) 容易產生的困難

從沉體的浮力題目分析中發現，有 44.2% 的學生對沉體的浮力＝沉體體積×液體密度的概念不太會使用，有 13% 學生認為沉體的浮力＝物重，和浮體情形混在一起。也有相當多的學生用體積模式來解沉體問題但卻忘了考慮在不同液體密度下的浮力是不同的。在沉體浮力問題上，學生要同時考慮體積和液體密度兩個變因，是較有困難的。從第 10 題題的分析中發現有 6.5% 的學生認為物體沒有與水直接接觸就沒有受到浮力，15.6% 的學生認為不論是浮體或沉體，只要物體沒變浮力就不會改變，從這些錯誤觀念看來，學生在物體受力的分析上較不具概念。常出現的狀況如下：

(1) 認為沉體的浮力等於物重

(2) 認為沉體的浮力等於物重減體積

以上兩點發現的第 (1) 點和 Rowell & Hewson (1986)，Biddulph (1983)，Driver, Guesne & Iberghien (1985)，郭重吉、吳武勇 (1989)，單憑物體重量判斷浮沉或浮力大小的研究結果有類似之處。第 (2) 點尚未發現有類似的相關研究。

(三) 能否掌握受力情形的學生在本向度的答對率比較：

能掌握受力情形的學生在本向度答對率為 0.77，而未能掌握受力情形

的學生在本向度答對率為 0.25，相差 0.52，可見能掌握受力情形的學生在沉體的浮力這個向度答對率明顯高於未能掌握受力情形的學生。

（四）男、女生在本向度的表現：

男生答對率是 0.62，女生為 0.49，在沉體浮力概念上男生是優於女生的。

四、「藉由浮力與重力比較來判斷沉浮」概念的認知情形

（一）正確答題學生想法

有兩種概念可解此類型答案，在回答正確的學生中有一半是用物體所受浮力 < 重力的觀念，判斷物體是沉體（18 人，23.4%），有一半學生是用物體密度 > 水的密度，判斷物體是沉體（17 人，22.1%）

（二）容易產生的困難

學生在「浮力與重力比較與沉浮判斷」上答對率是偏低的，在答對的學生中有近半數的人是用「密度」來判斷物體沉浮的，雖然這也是正確方法之一，但在 11 題用密度的同學是先將排開的液體重假設成物體全部的體積，那麼已經先假設物體全部是在水裡，是沉體，本末倒置。這些使用密度來解題的同學在下一題（第 12 題）回答時全數陷入答題不完全的情形，因為用「密度」算出物體與液體密度相同時（例如：物體密度 = 1，和水相同），學生就只想到一種情形：隨處靜止。而忽略另一種情形-----就是當物體是浮著的時候，排開的水重只是部分的體積的水重，所以不能

先假設排開水重等於物體全部的體積。所以說用「密度」模式來解此類題目將陷入錯誤的概念，無法正確的解題了。常出現的狀況如下：

- (1) 從材質上去判斷物體「沉浮」
- (2) 認為有水溢出來就是沉
- (3) 把重量當成體積，用重量減溢出的水來判斷沉浮
- (4) 認為同一物體沉的時候所受浮力大於浮著的時候
- (5) 認為同一物體浮的時候所受浮力大於沉著的時候
- (6) 認為在水中運動的物體位置越低所受浮力越大
- (7) 認為在水中物體位置越高所受浮力越大

以上七點發現的第(1)點和 Mullet (1988) & Montcouquiol，郭重吉、吳武勇(1989)誤用液體或物體本身的特質判斷浮沉有類似之處。第(4)、(5)、(6)、(7)點和 Biddulph(1983), Mullet & Montcouquiol (1988)，郭重吉、吳武勇(1989)的研究中認為物體在液體中的位置會影響浮力大小有類似之處。而第(2)和(3)的研究發現尚未發現其它文獻記載。

(三) 能否掌握受力情形的學生在本向度的答對率比較：

能掌握受力情形的學生在本向度答對率為 0.63，而未能掌握受力情形的學生在本向度答對率為 0.12，相差 0.51，可見能掌握受力情形的學生在判斷沉浮這個向度答對率明顯高於未能掌握受力情形的學生。

使用物重和浮力大小來做比較所得出的答案，可以簡單又正確的判斷出有小球有兩種情形-----隨處靜止或浮著。從題本答對率最低的一題--第 12 題，可看到研究對象 77 人中此題答對的僅 5 人 (6.5%)，這 5 位同學都是用浮力與重力比較來做此題浮沉的判斷，由此可知，用力的比較概念來解決浮力問題是值得推廣，可以減少浮力的學習困難。

（四）男、女生在本向度的表現：

男生答對率是 0.62，女生為 0.49，在判斷沉浮的浮力問題表現上男生是優於女生的。

五、「液體密度改變後對浮體浮力影響」的認知情形

（一）正確答題學生想法

浮體的浮力不隨液體密度改變而變，浮體的浮力等於物重。

（二）容易產生的困難

從題目分析看出，學生在液體密度改變後對浮體浮力不變的答對率似乎頗高，平均約有 65%，但仍有 25--30% 的學生，認為密度大小會影響浮體的浮力。這些學生如果從浮體的浮力等於重力這個角度去思考也許可以減少密度與體積的顧此失彼和混淆不清了。常出現的狀況如下：

（1）認為浮體會隨液體密度改變所受浮力變大

（2）認為鹽會增加浮力

以上兩點發現在 Driver, Guesne & Iberghien (1985) 和 Mullet & Montcouquiol (1988) 及郭信宏 (2005) …等 6 人，有類似研究文獻發現學生會誤用液體或物體密度對浮力大小的影響有類似之處。

（三）能否掌握受力情形的學生在本向度的答對率比較：

能掌握受力情形的學生在本向度答對率為 0.78，而未能掌握受力情

形的學生在本向度答對率為 0.41，相差 0.37，可見能掌握受力情形的學生在浮體液變這個向度答對率是高於未能掌握受力情形的學生。

（四）男、女生在本向度的表現：

男生答對率是 0.62，女生為 0.49，在在液體密度改變中的浮體浮力問題表現上男生是優於女生的。

六、「液體密度改變對沉體的浮力影響」的認知情形

（一）正確答題學生想法

沉體的浮力會隨液體密度變大而浮力變大，液體密度變小而浮力變小。

（二）容易產生的困難

學生在液體密度改變後對沉體的概念分析中，由以上兩題發現答對率平均約 53.3%，平均約有 32.5%的學生認為沉體沉在水底，體積沒變，也沒浮起來所以浮力不變。由此可知 32.5%的學生是對亞基米得浮力原理不清楚的。忽略液體密度對浮體所造成的影響。常出現的狀況如下：

（1）認為沉體體積沒變，所受浮力不會改變

（2）認為沉體所受浮力會因為水量變多而增加

以上第（1）點發現和 Rowell & Hewson（1986），Driver，Guesne & Iberghien（1985），吳昆勇（2002）的研究文獻中誤用物體體積判斷浮力大小有相似之處。第（2）點尚未發現有相關文獻研究。

（三）能否掌握受力情形的學生在本向度的答對率比較：

能掌握受力情形的學生在本向度答對率為 0.64，而未能掌握受力情形的學生在本向度答對率為 0.28，相差 0.36，可見能掌握受力情形的學生在沉體液變這個向度答對率是高於未能掌握受力情形的學生。

（四）男、女生在本向度的表現：

男生答對率是 0.51，女生為 0.30，在液體密度改變中的沉體浮力問題表現上男生是優於女生的。

七、使用「密度」模式與「受力」模式的測試比較：

學生的解題習慣和概念形成，非短時間內可以改變的。在 15 名使用「密度」概念來判斷的學生答案中，約有半數學生依舊使用原來「密度」概念來解浮力題目，但答對率僅 25%。而改用「浮力與重力的比較」概念來解浮力題目的這些學生卻都得到**正確答案**。由此可見「浮力與重力的比較」概念對減少浮力概念的學習困難是有相當的幫助。

第二節 建議

本節將就本研究待加強的部分做說明，並對國中理化科老師、教科書的編者及對後續研究方向提出建議。茲說明如下

一、教師教學方面

（一）加強學生先備知識（例如：密度、力平衡...概念）

物理學內容本身有著嚴密的知識體系，教學內容的安排也是一環扣一環的。這就決定了物理教學要有一定的系統性，前面學習的物理概念和規律要為後面的學習打基礎做準備，後續的學習要充分利用前面的準備知識，這樣才能取得良好的教學效果。如果對這一點注意不夠，往往就會造成教學上的難點，給學生的學習帶來困難。

例如浮力一章在研究物體所受的浮力大小和浮沈條件時，就需要聯繫和綜合運用前面學過的許多基本概念和分析方法，如密度的概念，重力，二力平衡和平衡條件...等。學生在計算物體所受的浮力時，常常由於前面某個環節上的知識沒有很好的理解和掌握，而使浮力的學習受到了阻礙。

（二）了解學生的浮力迷思概念

在建立浮力概念之前，學生已從小學自然、生活經驗及相關教育媒體中已經形成了“浮在水中的物體受到浮力”的觀念，因而對“下沉的物體”想當然地認為不受浮力，或者認為下沉的物體受到的浮力小，從而否定浮力產生原因的解釋，對正確理解浮力概念產生負遷移作用。從教學經驗發現，當建立了浮力概念之後，相當一部分學生對影響浮力大小的因素產生若干錯誤的模糊認識。如學生認為“浮力與物體的密度有關”、“浮力與物體的形狀有關”、“浮力與物體浸入液體的深度有關”等，而形成學習的困難。

（三）分析物體在液體中的受力情形

許多學生對物體在液體中的受力情形，不論是浮體或沉體都不清楚，從本研究中發現，如果教師能從物體在液體中的受力情形來分析，對減少學生學習浮力的困難是有幫助的。

二、課程設計方面

(一) 藉由浮力與重力大小比較來探討沉浮體

建議把力，尤其是重力、二力合成、二力平衡（複雜一些的是同一直線上力的平衡）、壓力、密度等諸多知識綜合起來研究浮力問題，可以透過物體在液體中的受力情形來分析，藉由浮力與重力大小比較來減少學習困難。

(二) 重視加強物理實驗

許多難點的產生，往往是因為學生不能在頭腦形成物理圖像，不能展現物理過程導致的。因此重視實驗，加強實驗，通過實驗重現物理過程，發揮實驗的表像作用，對學生深入理解物理概念和規律都大有裨益。以下研究者舉一個浮力實驗的課程示範：

浮力實驗課程示範

一、課堂示範實驗：把小鐵釘放入盛水的燒杯中，觀察小鐵釘入水後的浮沈情況。

教師提出問題	1. 為什麼水的浮力有時能托起萬噸巨輪，有時卻托不起一枚小小的釘子？影響浮力大小的因素是什麼？ 2. 3. 你在海邊玩水時，往水的深處走去，當身體浸在水裡的部分越多時，你覺得身體會變輕還是變重？
學生提出問題	學生經過仔細觀察和認真思考後，可能生成以下若干問題： (1) 浮在水面的物體受到浮力，沈沒在水中的物體受到浮力嗎？ (2) 為什麼有的物體能浮上水面，有的則沈入水底？ 與哪些因素有關？ (4) 物體所受浮力與重量有關係嗎？

	(5) 同一個物體在不同溶液裡，浮力一樣大嗎？ (6) 重量相同的兩種物體，掛在彈簧秤上，放入水中，讀數還一樣嗎？ (7) 內部有空氣的物體都上浮嗎？ (8) 人躺在水中能沈下去嗎？
提出假設	學生對影響浮力大小的因素討論猜想提出假設： 可能是物體的質量、體積、密度、形狀及液體的質量、體積、密度、深度等等...

二、設計實驗，動手操作：學生對老師提供的器材可以任意選用，學生分組設計實驗方案，然後根據實驗方案進行實驗。

實驗器材	水、酒精、相同體積的鐵柱、銅柱、大小不同的燒杯、黏土、細線、彈簧秤。
------	------------------------------------

(1) 浮力與液體的密度有關嗎？

物體	彈 簧 秤 讀 數			物體在水中受到的浮力	物體在酒精中受到的浮力
	物體在液面外	浸沒在水裏	浸沒在酒精裏		
鐵柱					
銅柱					

運用控制變數法設計實驗，最後比較表格中鐵柱受到兩次浮力的大小，得出以下結論：

浮力大小與液體的密度有關，而且液體密度越大，物體受到的浮力越大；而與物體的密度、質量無關。

(2) 浮力與液體的深度有關嗎？

物 體	彈簧秤的讀數	
	浸沒在盛水容器的上部	浸沒在盛水容器的中部
鐵 柱		
銅 柱		

選擇一個圓柱體和一種液體，把它掛在彈簧秤下，浸沒在液體中，然後，把圓柱體浸沒在液體中更深處，觀看彈簧秤上的示數是否變化，得到結論：

浮力與液體的深度無關。

(3) 浮力與物體的形狀有關嗎？

橡皮泥	彈簧秤的讀數(浸沒在水中)
改變形狀前	
改變形狀後	

選擇橡皮泥和一種液體，把黏土浸沒在液體中，然後改變黏土的形狀，再次把它浸沒在液體中，觀察彈簧秤示數是否變化。**結論：**

浮力與物體的形狀無關。

(4) 浮力與物體排開液體體積有關嗎？

物 體	彈簧秤讀數	
	一半浸入水中	全部浸入水中
鐵 柱		
銅 柱		

選擇一個圓柱體，把圓柱體挂在彈簧秤下，慢慢浸入液體中，觀察彈簧秤示數的變化。實驗過程中，我們可以看到，隨著物體的浸入，彈簧秤的讀數慢慢減小。因此，可以判斷浮力在慢慢增大。**得出結論：**

浮力與物體排開液體的體積有關，而且物體排開液體的體積越大，物體所受到的浮力越大。

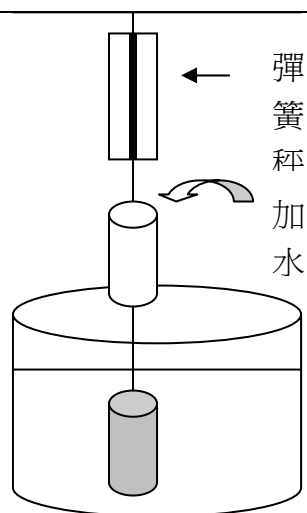
三、分析歸納，得出結論

每個小組展示自己的研究成果，最後歸納出：

影響浮力大小的因素只有兩個：液體的密度和物體排開液體的體積。

浮力怎樣測量？

(如圖)將金屬圓柱體浸入水中時，彈簧秤所減輕的重量等於浮力，然後再將水加入等體積的空心圓柱內，彈簧秤的讀數將恢復原來未浸水中時的讀數。由此引出阿基米德定律：浮力是物體在液體中減輕的重量又等於排開的物體重。



以實驗為先導，數理分析為輔助，將物理實驗加數學分析的實驗研究方法滲透到課堂教學之中；理解阿基米德原理的關鍵在於分析國中課本中的演示實驗，使學生更容易理解，實驗過程中教師要通過具體資料來驗證實驗結論。如下圖實驗裝置（圖 5-1-1）及表格（表 5-1-1）：

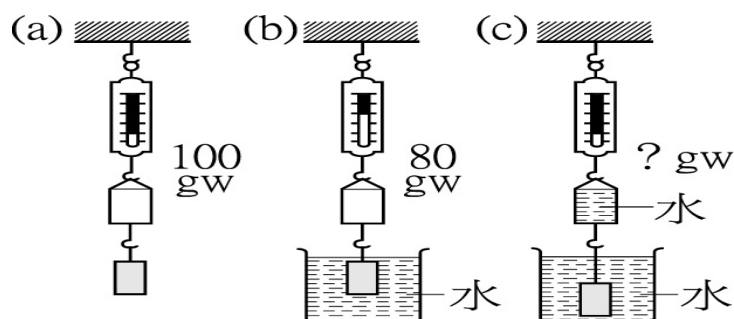


圖 5-1-1 阿基米德原理的演示實驗

表 5-1-1 阿基米德原理的演示實驗紀錄表

液體	空氣中的重力	物體浸入後彈簧秤示數	浮力	空氣中的重力	液體及桶的重力	排開液體的重力
水						
鹽水						

在實驗的基礎上引導學生比較物體受到的浮力與排開液體的重力之關係，但必須注意實驗中要用不同液體、不同重物及其漂浮情況，做兩組

對照實驗，研究比較後進行歸納總結。在通過實驗歸納出結論之後，應當從理論上進行分析。教學過程中，通過建立理想化模型的方法，引導學生運用力、力的合成等知識進行理論分析。然後要著重解決學生存在的錯誤認識，使學生弄清以下問題：（1）沉浮的判斷（2）物體受到的浮力與物體形狀、體積、質量和物體的密度等之間的關係。（3）浮力＝排開液體的重力。

三、未來研究方面

（一）較多的研究樣本

由於人力與時間的限制本研究的樣本僅限於台北市某國中九年級四個班的 77 名學生。建議未來的研究可以擴大到其它地區，將研究發現座較大樣本的探討。

（二）針對研究發現設計教學

後續的研究可就本研究的結果，從兩方面做學生理解度的比較，學生使用「受力的情形」來解浮力問題，還是用「密度」概念來解浮力問題，何者比較能解浮力困難？目前浮力的教學，大多數的教材及教師是否偏重使用「密度」來判斷沉浮，而忽略物體在液中「受力的情形」的探討，而導致學生在學習浮力時會產生某些學習困難。進而設計適當的教學法，長期且深入的探討這些困難形成的原因，以供教師未來改進教學及學者專家課程編製時的參考依據。

舉例：浮力的教學結構

在學生已有浮力直覺認識的基礎上，巧用實驗、類比的方法，建立浮

力概念，揭示基本規律。對於浮力，學生已有直覺認識，水對浸入它當中的物體有浮力，然而要形成科學的浮力概念，仍需要通過觀察、分析實踐，經過推理得出全面認識。根據國中八年級自然與生活科技課本第四冊（康軒、南一、翰林...版）課本中的處理過程：

- （一）先做實驗獲得“浮力”的有關事實依據；
- （二）用彈簧秤稱不規則物體在空氣中的重力；
- （三）將物體分別浸入水、鹽水、酒精中實驗；
- （四）記錄各次彈簧秤示數，記入下列表中。

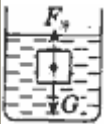
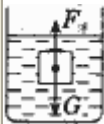
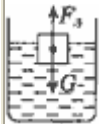
	空氣中	水中	鹽水中	酒精中
讀數				

經由實驗，大多數學生能正確地認識到彈簧秤讀數變小的原因是由於物體受到了浮力，類比液體內部壓強形成的實驗，分析出浮力的方向是豎直向上，並建立立方體模型，分析研究浮力產生的原因。這樣的教學過程是由具體形象思維過渡到抽象思維的認識序列組成的，這一程式適合國中生的認知層次，於是學生通過參與教學後了解下列與浮力相關的概念：

- （一）一切浸入液體的物體都受到液體對它的浮力；
- （二）同一物體浸沒在不同液體中所受浮力大小不同；
- （三）浮力的方向是向上的；
- （四）浮力的實驗計算方法：物體在液體中所減輕的重量（ $W_{\text{空氣中}} - W_{\text{液體中}}$ ）；
- （五）浮力是液體對物體向上和向下的壓力差，即 $F_{\text{浮}} = F_{\text{向上}} - F_{\text{向下}}$ 。

把實驗的範圍外推，將認知層次引伸和擴展，給學生創設一個認識物理規律的物理情境，以達到更深入了解的效果。進而提出問題：既然一切

物體受到液體對它的浮力，那麼為什麼有些物體下沉，有些上浮，有些懸浮？

	下沉	懸浮	上浮
條件	$F_{\text{浮}} < \text{物重}$	$F_{\text{浮}} = \text{物重}$	$F_{\text{浮}} > \text{物重}$
受力圖示			

學習浮沉條件的思維策略是，深化實驗認識，強調理性推理作用，要從力與物體運動狀態關係的角度引導學生分析，培養初步推理能力。

文獻參考

中文部分：

- 江新合 (1996)。理化教師學科教學能力之研究 **國立高雄師範大學科學與教育學報**, 第 1 期 pp. 161-181。
- 江淑卿、郭生玉 (1997)。不同學習過程的概念構圖策略對促進知識結構專家話語理解能力之效果研究。**師大學報：教育類**，42 期。
- 邱美虹 (2000)。概念改變研究的省思與啟示。**科學教育學刊**，第八卷第一期，1-34。
- 張春興、林清山 (1992)。**教育心理學**。台北：東華。
- 蔡春來 (1994)。**國中生摩擦力的迷思概念**。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。
- 黃達三 (2001)。**科學概念的學習**。國立台灣師範大學科學教育研究所教學碩士班概念分析講義。
- 黃湘武 (1987)。**學生推理能力與概念發展之研究**。認知與學習研討會專輯。行政院國家科學委員。
- 康軒出版社 (2006)。**自然與生活科技教科書** (第四冊第六章)。
- 翰林出版社 (2006)。**自然與生活科技教科書** (第四冊第六章)。
- 南一出版社 (2006)。**自然與生活科技教科書** (第四冊第六章)。
- 熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯 (1996)。**科學學習心理學/Shawn M.Glynn, Bruce K.Britton 著**。台北：心理。
- 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**。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版。
- 鍾聖校 (1994)。對科學教育錯誤研究之省思。**教育研究資訊**，2 (3)，89-110。
- 郭重吉 (1988)。從認知觀點探討自然科學的學習，**教育學院學報**，(13)，335-363。
- 郭重吉 (1990)。學生科學認知結構的評估與描述。**彰化師範大學學報** (1)。
- 郭重吉、吳武雄 (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**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 趙金祁、許榮富、黃方裕 (1992)。**科學哲學對科學知識組成之主張及其演變**。

科教月刊，161，4-17。

蔡有財（1994）。從現象學本質建構學生建構浮力理解的心智模型。國立台灣師範大學物理研究所碩士論文，未出版。

郭信宏（2005）。國中生在「壓力」與「浮力」單元學習後之迷思概念對解題之影響。國立中山大學教育研究所碩士論文，未出版。

張銘傑（1996）。利用概念聯想晤談法來探究國二學生的浮力迷思概念及概念結構。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版。

莊麗娟（1995）。國小六年級浮力概念動態評量的效益分析。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版。

劉翠伶（2002）。職前教師的浮力概念及科學教學態度之探討。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版。

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。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版。

吳昆勇（2001）。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，未出版。

閻金鐸（1989）。田世昆著，初中物理教學通論。北京：高等教育出版社。

張同恂（1988）。初中物理教材分析和研究。北京：人民教育出版社。

教師教學用書（初中物理第一冊）（1993）。北京：人民教育出版社。

外文部分

- Arnaudin, M. W., Mintzes, J. J., Dunn, C. S., & Shafer, T. S. (1984). Concept mapping in college science teaching. *Journal of College Science Teaching*, **14**, 117-121.
- Bruner, J.S.(1967). *The process of education*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- 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)
- Cobern, W. W. (1989). World view theory and science education research: Fundamental epistemological structure as a critical factor in science leaning and attitude development. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching* (62nd, San Francisco, CA, March 30-April 1, 1989.)
- Chi, M T. H (1992) . Conceptual change within and across ontological categories: Implications for leaning 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 Minnesota Press.
- Driver,R. ,Guesne , E. , & Tierghien , A. (1985) .Some features of children ideas and their implications for teaching. *Children ideas of scienc* (pp.193-201) .Milton Keynes : Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes Philadelphia : Open University Press ° (pp.145-169).
- Duiver, R., Guesne, E., & Tierghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In Driver, E. Guesne, & Tiberghien (Eds.),

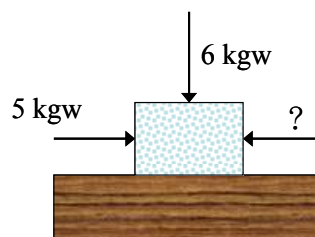
- Children's Ideas in Science***.(193-201) Milton Keynes:Open University Press. °
- Harty H. Samuel J. V. & Andersen H. O. (1991). Understanding the nature of science and attitudes toward science and science teaching of preservice elementary teachers in three preparation sequences. ***Journal of Elementary Science Education***.
- Harlen.W.(1996).***The teaching of science in primary schools***.london:D Fulton Publishers.
- Hewson.M.G.AB.(1986).The acquisition of scientific knowledge:Analysis and representation of student conceptions concerning density.***Science Education***.70(2).159-170
- Head, J. (1986). Research into 'alternative framework': Promise and problems. ***Research in Science & Technological Education***, 4(2), 203-211.
- Rowell.J.A.,& DAWSON,C.J.(1977b).Teaching about floating and sinking:***Further studies toward closing the gap between cognitive psychology and Learning in Science and Mathematics***.New York; Teachers College Press
- Treagust, R. duit , &B.J Fraser (1995) .***Improving teaching and learning in science and mathematics***.Teacher College Press.
- Kuhn Thomas (1962/1994). ***The Structure of Scientific Revolutions***.
- Lawson A. E. (1988). The acquisition of biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or Tabula Rasa. ***Journal of Research in Science Teaching***, 25, 185-199.
- Mintzes, Joe1 J., Wandersee, James H. Novak, Joseph D. (2001) Assessing understanding in biology. ***Journal of Biological Education***, 35(3). 118.
- Novak, J. D. (1979). The reception learning paradigm. ***Journal of Researching Science Teaching***, 16, 481-488.
- Osborne, R. J., & Gilbert J. K. (1979). Investigation of students understanding of

- basic physics concepts using an interview about-instances approach. *Research In Science Education*. **9**, 85-93.
- Osborne, R. J., & Freyberg, P'(1985). Learning in science: *The implications of children's science*. Auckland: Heinemann.
- Osborne, R. ,& Cosgrove , M.M.(1983).Children conceptions ofn the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching* , **20 (9)** , 825-838
- Vosniadou, S. & Brewer, W.F.(1992). Mental models of the earth A study of conceptual change in children, *Cognitive psychology*, **24**, 5354-585.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, **10**, 159-169.
- Treagust, D.F. (1996). Concept mapping: A tool for improving science teaching and learning. In D. F. Treagust, R Duit, & B. J. Fraser (Eds), *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics* (pp. 32-43). New York: Teachers Collage Press.

附錄一 浮力評量試題及參考答案

1、置於光滑桌面上的一物體受到 5kgw、6 kgw 和另一個力的同時作用下（不考慮桌面摩擦力），呈現靜止狀態（如圖一）。請問此未知力多少 kgw？

答：_____

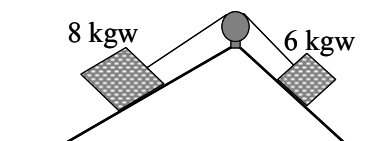


(圖一)

2、以細繩連接兩物體，一個重 8 公斤重，另一個重 6 公斤重，並跨繞在光滑斜面上之定滑輪後達到靜止平衡狀態（如圖二）。請問：

- (1) 繩子在定滑輪左端和右端的部分受到的拉力何者較大？或相等？
(2) 你的理由是什麼？

答：(1) _____；(2) _____

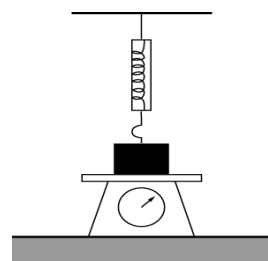


(圖二)

3、一物體置於磅秤的上方，同時掛在一彈簧秤下（如圖三），已知磅秤的讀數為 500 公克重，彈簧秤的讀數為 300 公克重，且物體呈靜止不動，請問：物體的重量為多少公克重？為什麼？

答：(1) 物重 = _____；

(2) _____

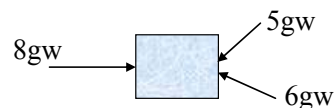


(圖三)

4、一物體在大小 5 gw、6 gw、8 gw 的三力同時作用下保持靜止（如圖四），請問這些力的合力為何？為什麼？

答：(1) 合力 = _____；

(2) 因為 _____



(圖四)

5、將一個重量為 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）此木塊受到哪些力作用？

（2）這些力的大小之間的大小關係為何？

答：（1）_____；

（2）_____

6、承上題，若在此木塊上放另一塊 200 公克重的鐵塊後仍然浮著（如圖六），則此木塊的浮力為多少？

答：_____

7、兩個都是 100 公克重的木塊和冰塊漂浮在水面上（如圖），木塊的體積為 150 立方公分，冰塊的體積是 110 立方公分。請問：

（1）木塊所受浮力多少？ 答：_____

（2）冰塊所受浮力多少？ 答：_____

8、石塊的體積是 100 立方公分，重量為 150 公克。當石塊沉於水底時（如圖八），它所受的浮力多少？你的理由為何？

答：（1）浮力 = _____；

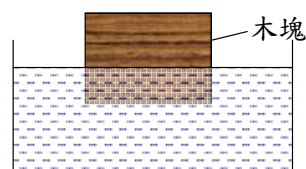
（2）因為 _____

9、已知有一雞蛋若放在甲液體會浮起，若改放在乙液體會下沉（如圖九）。請問：

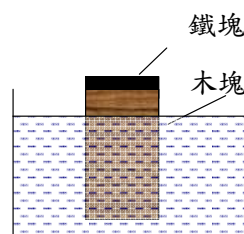
（1）此雞蛋在甲、乙兩種液體中所受浮力何者較大？

（2）你的理由為何？

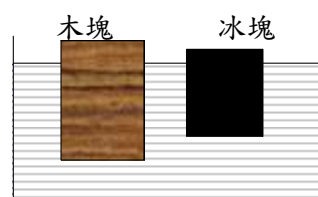
答：（1）_____；



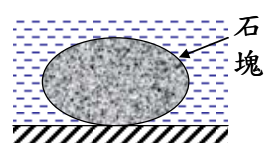
（圖五）



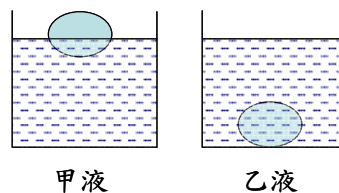
（圖六）



（圖七）



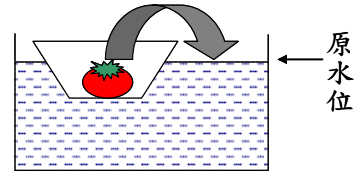
（圖八）



（圖九）

(2)_____

10、在水槽中放一個保力龍碗，碗內有個蕃茄，呈靜止平衡狀態（如圖十）。若將蕃茄取出改放進水中，則蕃茄會下沉到底。請問：



（圖十）

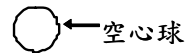
（1）蕃茄在水中和在碗中所受的向上力何者較大或相同？

（2）你的理由為何？

答：(1)_____；

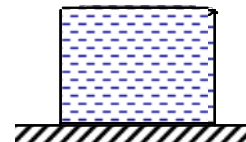
(2) _____

11、一顆 180 公克重的空心球，將它放入盛滿水的容器中（如圖十一），若測得溢出容器外的水重 100 公克，



（1）請問該空心球是浮還是沉，或可隨處靜止？

（2）你的理由為何？



（圖十一）

答：(1) _____；

(2) _____

12、承上題，若換成一顆 100 公克重的空心球，將它放入盛滿水的容器中（如圖十一），若測得溢出容器外的水重 100 公克。：

（1）請問現在該空心球是浮還是沉，或可隨處靜止？

（2）你的理由為何？

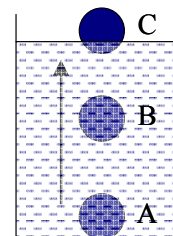
答：(1)_____；

(2)_____

13、有一乒乓球，將它用手壓到完全浸沒在水中，放手後球向上浮到靜止的過程如右圖所示，請問：

（1）乒乓球在 A、B、C 三點所受的浮力大小關係為何？

（2）你的理由為何？



（圖十二）

答：(1) _____；

(2)因為_____

14、一艘船從淡水河駛入台灣海峽，小明觀察到此艘船在海水中浮的較在淡水中的高，所以小明認為它在海水中所受到的浮力較在淡水中的大。請問：

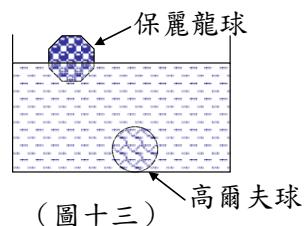
(1) 你認為對不對？

(2) 你的理由為何？

答：(1)_____；

(2)因為_____

15、小花將高爾夫球和保力龍球放入水中發現高爾夫球沉在水中，而保力龍球浮在水面（如圖十五）。當小花將食鹽加入水中後，保力龍球仍然浮在水面，而高爾夫球仍然沉在水中。加鹽前後你認為：



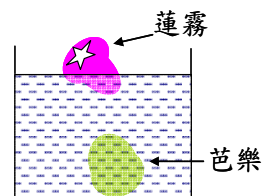
(1) 保力龍球所受的浮力，是增加或減少或保持不變？為什麼？

(2) 高爾夫球所受浮力，是增加或減少或保持不變？為什麼？

答：(1)_____，因為_____

(2)_____，因為_____

16、小明將蓮霧和芭樂同時放入一杯完全溶解的食鹽水，發現蓮霧會浮起來，芭樂卻沉在水底（如圖十六）。當小明多加一些水倒入杯子裡後，發現蓮霧仍然浮著，芭樂仍然沉在水底。



(1) 請問蓮霧在加水之後，所受的浮力變化如何（填：變大、變小、不變）？為什麼？

(2) 芭樂在加入水之前與之後，所受的浮力變化如何（填：變大、變小、不變）？為什麼？

答：(1)_____，因為_____

(2)_____，因為_____

附錄二 從力平衡理解浮力評量題本各題評分標準

題號	分數	評分標準
第 1 題	1 分	寫出 5kgw
	0 分	其它
第 2 題 --1	1 分	寫出相等者
	0 分	其它
	1 分	寫出左端和右端受力達到靜止平衡狀者
	0 分	其它
第 3 題 ---1	1 分	寫出 800 公克重者
	0 分	其它
	1 分	寫出物重 $-300=500$ ，故物重 = 800 公克重。
	0 分	其它
第 4 題 ---1	1 分	寫出受力總合為零者
	0 分	其它
	1 分	寫出物體保持靜止不動者
	0 分	其它
第 5 題 ---1	1 分	寫出重力和浮力者
	0 分	其它
	1 分	寫出重力和浮力相等者
	0 分	其它
第 6 題	1 分	寫出 700 公克重者
	0 分	其它
第 7 題 --1	1 分	寫出木塊所受浮力為 100 公克重者
	0 分	其它
	1 分	寫出冰塊所受浮力為 100 公克重者
	0 分	其它
第 8 題 ---1	1 分	寫出石塊所受浮力為 100 公克重者
	0 分	其它
	1 分	寫出 $100 \times 1 = 100$ 或（亞基米德原理）者
	0 分	其它
第 9--1	1 分	寫出甲者
	0 分	其它
	1 分	寫出甲液體的密度 $>$ 乙液體的密度；或密度較大的原因者；或在甲液中浮力 = 物重，乙液中浮力 $<$ 物重者。
	0 分	其它

第 10--1	1 分	寫出在碗中所受的浮力較大者
	0 分	其它
---2	1 分	寫出雞蛋在水中是沉體，浮力 < 物重；在碗中是浮體，所受浮力 = 物重，雞蛋重量沒變情況下，故在碗中浮力較在水中時大；或寫出浮力 < 物重故下沉者
	0 分	其它
第 11-1	1 分	寫出沉者。
	0 分	其它
---2	1 分	寫出浮力 = 排開液體重 = 100gw，其重量 180gw 大於浮力 100gw，故下沉。或求出密度 = 1.8 大於水的密度亦可。
	0 分	其它
第 12--1	2 分	寫出浮或隨處靜止兩種者
	1 分	只寫出浮或隨處靜止其中一種者
	0 分	其它
	1 分	寫出重力 = 浮力者。
	0 分	若用球的密度 = 1 來解釋者，因觀念不正確，故不計分，其它
第 13 1--	1 分	寫出 $A=B>C$ 者
	0 分	其它
---2	1 分	寫出在 A.B 兩點未呈平衡狀態，浮力 > 物重，在 C 點呈力平衡狀態 浮力浮力 = 物重者：或用比較球在水中佔據的體積大小亦可。
	0 分	其它
第 14 ---1	1 分	寫出不對者
	0 分	其它
---2	1 分	寫出船是浮體，浮力 = 物重，在淡水或海水中船皆浮著，故所受浮力不變者
	0 分	其它
15---1	1 分	寫出不變者
	0 分	其它
	1 分	寫出根據「力平衡」，浮體的浮力等於物重，故不隨液體密度變化。
	0 分	其它者
15---2	1 分	寫出增加者
	0 分	其它
	1 分	寫出加鹽後液體密度變大，根據「亞基米德原理」沉體的浮力會隨液體密度變大者
	0 分	其它

16--1	1 分	寫出不變者
	0 分	其它
	1 分	寫出根據「力平衡」，浮體的浮力等於物重，故不隨液體密度變化。
	0 分	其它者
16---2	1 分	寫出減少者
	0 分	其它
	1 分	寫出加水後液體密度變小，根據「亞基米德原理」沉體的浮力會隨液體密度而變小者
	0 分	其它