

第四章 研究結果與分析

本研究主要是在探討不同的教學法（「傳統教學法 SBL」、「傳統 PBL 教學法」和「網路 PBL 教學法」）對學生學習成效的影響，藉由研究過程所得之各種記錄和數據分析，想要瞭解經過不同的教學方式，學生在水火箭單元的學習歷程、水火箭的另有概念以及科學態度上是否有所改變。本章共分為五節，「不同教學法中學生之學習歷程分析」、「不同教學法之科學態度分析」、「不同教學法之學習成效分析」、「不同教學法之另有概念改變情形分析」、「PBL 分組討論學生問卷分析」，茲分述如下。

4.1 不同教學法中學生之學習歷程分析

本研究以三種不同的教學法實施教學，「傳統教學法 SBL」、「傳統 PBL 教學法」和「網路 PBL 教學法」，傳統教學法和 PBL 教學法的差異極大，所以在學習歷程上也有很大的差別；而網路 PBL 教學法則是將網路學習概念融入 PBL 教學法中。

4.1.1 不同教學法之學習過程分析

(1) 傳統教學法 SBL 之學習過程

傳統教學法在學習水火箭的原理和作法上，都是藉由講述法，由教師負責知識的傳授，學生則專心吸收。教師在教授的過程只能藉由觀察學生的反應來判斷學生吸收的情形，再經由學生的反應來調整教學的進度。對於較為複雜的原理，教師會用較為淺顯的方式重覆講解；在水火箭的製作過程除了教師講解外還播放「水火箭製作過程錄影帶」，讓全班同學都能清楚且詳細的看到整個製作過程。

(2) 傳統 PBL 教學法之學習過程

傳統 PBL 教學法中一開始先使學生與問題產生連結，讓學生自行分析問題，找出問題的重點，教師則居於輔助的角色。由於一開始學生對於水火箭不是很瞭解，所以必須花較多的時間摸索，找出重點。於第一節課中，先發給每組學生一份「PBL 水火箭單元學生學習單」（附錄一），此學習單乃是參考

張民杰(民 91)教授的「PBL 問題學習單」所設計出來的；在進行「PBL 水火箭單元問題學習單」的過程中，學生互相討論、腦力激盪，最後皆能順利完成，以下表 4-1 為傳統 PBL 教學法班級第四組學生在問題討論框架的部份內容：

表 4-1 PBL 問題討論框架部份內容

一、問題陳述	
<p>上學期學校舉辦了水火箭飛行競賽，真是有趣極了，小小一個保特瓶，竟然可以飛得那麼高、那麼遠，不知道是什麼原理？但是，有好多同學的水火箭都飛不好，不是飛不起來去撞地上，就是在空中亂飛一通，還去打到同學呢！到底他們的水火箭怎麼了？為什麼有人飛得好，有人飛不好呢？我自己也來做一個水火箭，如果參加比賽，我一定能得第一名的。</p>	
四、問題討論框架	
<p>事實 (從問題陳述知道什麼?)</p>	<p>大陳：他曾看過水火箭比賽，但不知道原理 小陳：有些人做的水火箭飛得不好，但有些人卻飛得很好</p>
<p>想法和假設 (問題應該怎麼解決?)</p>	<p>小祝：想辦法找出原因，知道製作水火箭的原理 小黃：試著自己做做看，改變保特瓶大小，看是否有影響 全組討論：準備不同的材質，找出效果最好的 小洪：參觀別人製作成功的人的製作過程</p>
<p>學習議題 (要解決問題還要再知道什麼?)</p>	<p>小梁：學習理化壓力原理 小陳：了解反作用力原理 大陳：如何減少風的阻力 小祝：如何讓水火箭平衡</p>
<p>行動計畫 (如何找到解決問題的資料和方法)</p>	<p>小黃：上網查詢 小洪：問參加過比賽的人 小梁：到圖書館找有關的書籍 全組討論：實際操作水火箭，並改良找出飛得不好的問題所在。</p>

學生完成「PBL 水火箭單元學生學習單」後，將學生帶至學校圖書館，圖書館內除了書籍和雜誌外，還有六台連接網路的電腦，供學生上網查詢。最後要求學生將找到的資料加以討論整理，繳交一份書面資料並準備上台報告。從學生搜集資料的過程可以發現，學生對於使用圖書館的書刊雜誌似乎有些生澀，資料來源仍多以網路搜尋為主，交出來的報告內容大多數來自於網路資料，能從圖書館中找到實用資料的組別較少。

學生上台報告的效果差異極大，有的人能善用教師提供的報告工具：單槍投影機、筆記型電腦，製作 powerpoint 檔案來豐富報告的內容，有些組別則只是帶著書面資料上台報告，報告內容不夠詳細生動，也較無條理，所以很難引起台下同學的興趣，因此學生在上台報告上仍須多加訓練。

(3) 網路 PBL 教學法之學習過程

網路 PBL 教學法第一節課一樣是要求每組學生完成「PBL 水火箭單元問題學習單」，但是教師將學習單放置於 PBL 教學網站中讓同學下載，同學共同討論完成學習單後，再上傳至 PBL 教學網站中該組的作業區。作業區是開放參觀的，所有註冊的會員都可以進入作業區觀看其他組別完成的作業。

第一組
版面管理員: 沒有
正在瀏覽此區的會員: 沒有

[發表主題](#) [PBL教學網站 首頁 -> 第一組](#) 將所有主題標示為已閱讀

主題	回覆	發表人	觀看	最後發表
① 第一組水火箭報告	0	承	10	08 一月 2004 09:24 pm 承 → □
② PBL水火箭第一組學習單	0	承	17	26 十二月 2003 05:46 pm 承 → □

文章排序時間:

[發表主題](#) [PBL教學網站 首頁 -> 第一組](#) 所有的時間均為 台北時間 (GMT + 8 小時)

第1頁(共1頁)

圖 4-1 網路 PBL 教學網站作業區

在 PBL 教學網站的設計中，每組同學有自己的討論區如下圖 4-2，將討論區的管理權限開放給該組的組長，組長必須要鼓勵同學多上討論區發表意見，並整理討論區的內容。藉由討論區的功能，可以將同學的討論過程詳實的記錄下來，其他組員不可以跨組參與討論，但是可以瀏覽不同組別的討論

過程。每組同學會比較各組在討論區中張貼文章的篇數，教師也可以藉由文章篇數的多寡加以適時的介入，對於篇數太少的組別加以督促，篇數最多的組別給與鼓勵。教師可以隨時監看討論區中討論的狀況，如果有遇到瓶頸或是離題太遠的情況，適時給予輔導，如圖 4-3 所示。



圖 4-2 網路 PBL 教學網站討論區

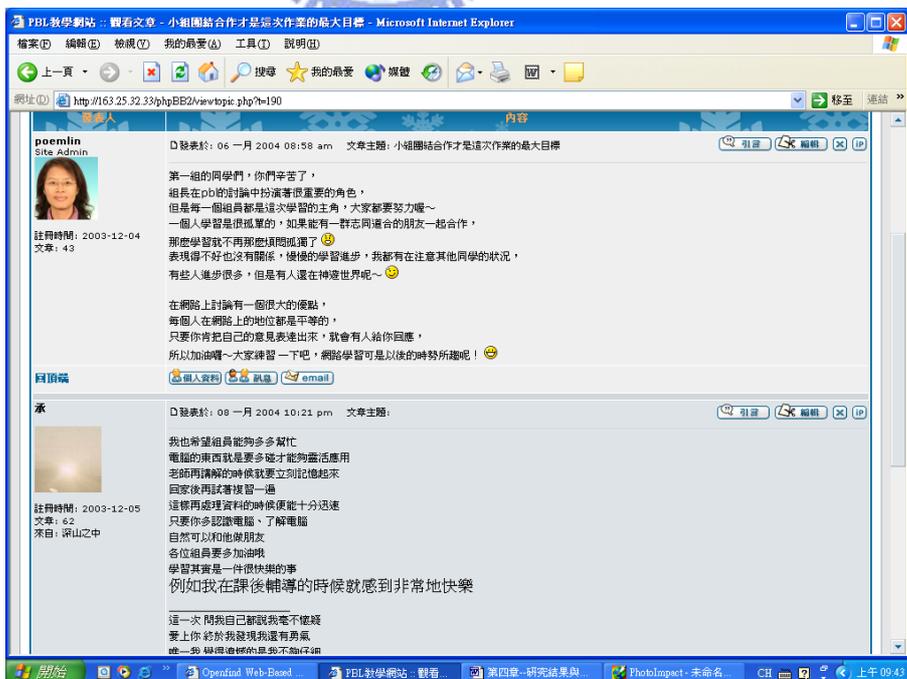


圖 4-3 網路 PBL 教學網站討論區部份內容

從 phpBB 2 的後端控制台可以統計在這段時間內上網張貼文章的數量，總共 285 篇文章，文章主題有 164 個；另外還可以看出所有學生張貼文章的總數，張貼文章總數最多的是第一組的組長，總共張貼了 65 篇文章。

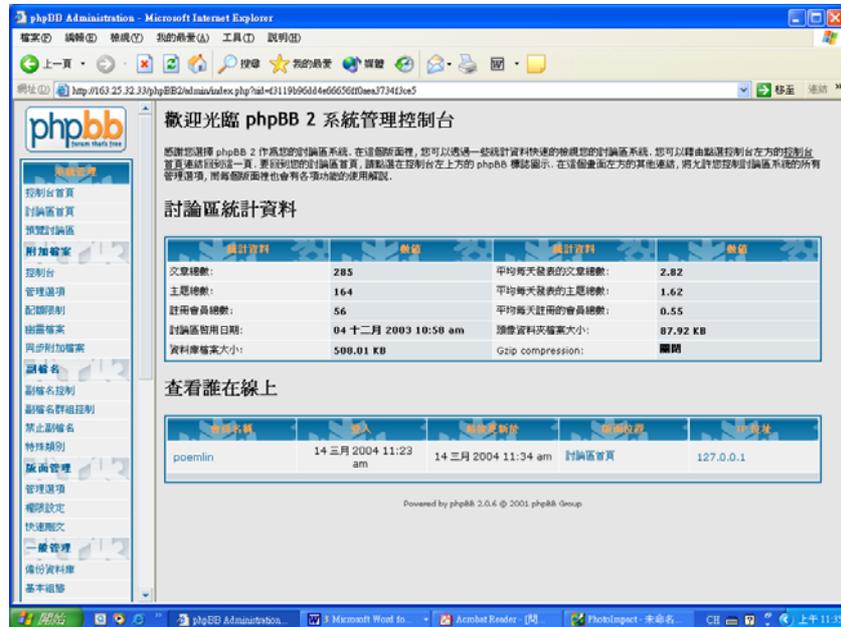


圖 4-4 網路 PBL 教學網站管理控制台



圖 4-5 網路 PBL 教學網站會員名單及到訪記錄

網路 PBL 教學法在經過學生小組討論和搜集資料的過程後，要求學生將搜集到的資料和討論內容加以整理，並製作成 powerpoint 檔案上傳到作業區，準備上台報告；教師準備單槍和筆記型電腦供學生使用。班上六個小組皆能順利完成作業，只是利用網路搜集到的資料非常豐富，學生對於得到的內容瞭解不夠透徹，所以在上台報告時無法很流暢的發揮。

4.1.2 不同教學法之實作表現分析

學生必須完成兩個水火箭作品，一個是標準型 600cc 水火箭，一個則是讓學生自由發揮創意的創意水火箭。安排學生於寒假時小組自行完成作業，各班學生的飛行紀錄如下表 4-2，作品照片如附錄七。從飛行紀錄的成績可以發現實施傳統 PBL 教學法的班級平均最佳，網路 PBL 教學法的班級次之，而傳統 SBL 教學法的班級則最不好。

表 4-2 各班學生水火箭飛行紀錄

班級	水火箭	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組	平均	總平均
201	600cc 水火箭	68.73m	68.8m	26.6m	22.5m	15.36m	9.95m	35.3m	35.2m
	創意水火箭	18.3m	8.5m	55m	棄權	44.9m	65.75m	35.09m	
202	600cc 水火箭	13.4m	棄權	56.77m	43m	70m	29.5m	35.45m	42.19m
	創意水火箭	60m	14m	20m	60.5m	90.1m	棄權	48.92m	
203	600cc 水火箭	59.06m	31.6m	61.86m	6m	10m	67.59m	39.35m	37.85m
	創意水火箭	53.3m	25m	41.19m	33.5m	棄權	28.73m	36.34m	

作品表現的創意部份，根據研究者的觀察，實施 PBL 教學法的 202 班和 203 班在作品製作及材料的應用上較優於傳統教學法的 201 班。或許實施 PBL 教學法班級的創意設計並不都能讓水火箭飛得更好，如 202 班的第四組加裝了螺旋槳於水火箭上，反而阻礙了水火箭飛行，但是這些巧思的表現都是學生用心思考的結果；而且

有些巧思 是非常實用的創意，如 203 班的第一組利用羽毛球的底部替代水火箭的泡綿頭，可以解決泡綿頭不易購買的困擾。反觀傳統教學法的 201 班，作品大都中規中矩，學生比較著墨於水火箭的外型設計上，對於水火箭的結構和材料較無明顯的改變。其原因可能是學生一開始就得知水火箭的製作過程，所以在思想上容易受到局限，無法像 PBL 教學法班級的學生有那麼多創造思考的空間。

除了創意的表現外，實施 PBL 教學法的班級學生在作品試射過程，比較容易去嚐試錯誤進而解決問題，如有的組別覺得水火箭尾翼的數目會影響飛行，他們就嚐試製作了不同數目的尾翼，來進行試飛的工作。有的組別認水火箭的重量會影響飛行的結果，他們就嚐試使用不同材質來製作火箭頭。有的組別認為可以加長水火箭保特瓶的長度，所以黏合了兩個保特瓶來製作水火箭。除了最基本的瓶內壓力和水的變化外，學生會對其他變項產生懷疑，並試著去解決問題。而傳統教學法班級的學生，他們會認為教師教授的方法，已經是最正確的知識了，所以對於其他的變項不容易產生問題，自然也就不會主動去尋找答案。

4.2 不同教學法之科學態度分析

此科學態度量表分為四個向度，對學習科學的態度、對科學的態度對參與科學探討活動的態度、科學態度，每個向度有 10 題，共有 40 題；其中第 4、8、14、19、23、29、30、31 題共 8 題為反向題。對於不同教學法的班級都實施科學態度前測及後測，將其分為以下三個方向來分析：「前測分析」、「前測—後測差異分析」以及「後測分析」，分別述敘如下。

4.2.1 不同教學法之科學態度前測分析

下表 4-3 為科學態度前測描述性統計量表，在其中我們可以發現科學態度量表總分最高的是 201(153.97)，其次是 203(150.69)，最後是 202(141.56)；接著再以單因子變異數分析來瞭解這三個班級的學生在研究進行前其科學態度是否有差異。下表 4-4 是科學態度變異數分析表，可以發現三個班級在向度 3、向度 4 及總計上都達顯著差異，進一步利用 Scheffe 法進行多重比較，如下表 4-5，可以發現 201 和 202 這兩個班級在向度向度 3、向度 4 及總計上都達顯著差異。

由此分析結果可知，這三個班級在研究進行前其科學態度量表的向度 3、向度 4 及總計上達顯著差異。其中 201 和 202 這兩個班級的差異更為明顯，因此在分析水火箭成績的差異比較時，要將這個因素考慮進去，可以先利用統計方法排除科學態度對成績的影響，再加以分析。

表 4-3 科學態度前測描述性統計量表

向度	班級	平均數	標準差	標準誤
S1	201	36.45	6.24	1.01
	202	34.26	4.14	0.71
	203	36.78	4.59	0.77
S2	201	38.95	6.41	1.04
	202	35.91	4.96	0.85
	203	38.36	6.32	1.05
S3	201	39.26	6.93	1.12
	202	35.15	6.10	1.05
	203	37.11	6.85	1.14
S4	201	39.32	5.02	0.82
	202	36.24	5.02	0.86
	203	38.44	5.58	0.93
SUM	201	153.97	22.03	3.57
	202	141.56	18.01	3.09
	203	150.69	20.97	3.50

表 4-4 科學度變異數分析表

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
S1	組間	129.95	2.00	64.98	2.49	0.09
	組內	2744.23	105.00	26.14		
	總和	2874.19	107.00			
S2	組間	182.58	2.00	91.29	2.57	0.08
	組內	3726.94	105.00	35.49		
	總和	3909.52	107.00			
S3	組間	305.06	2.00	152.53	3.45	0.04*
	組內	4647.19	105.00	44.26		
	總和	4952.25	107.00			
S4	組間	178.45	2.00	89.22	3.28	0.04*
	組內	2853.22	105.00	27.17		
	總和	3031.67	107.00			
SUM	組間	2925.92	2.00	1462.96	3.49	0.03*
	組內	44056.99	105.00	419.59		
	總和	46982.92	107.00			

表 4-5 科學度變異數分析 Scheffe 法多重比較

依變數	(I) 班級	(J) 班級	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性
S1	201	202	2.18	1.21	0.20
		203	-0.33	1.19	0.96
	202	201	-2.18	1.21	0.20
		203	-2.51	1.22	0.13
	203	201	0.33	1.19	0.96
		202	2.51	1.22	0.13
S2	201	202	3.04	1.41	0.10
		203	0.59	1.39	0.91
	202	201	-3.04	1.41	0.10
		203	-2.45	1.42	0.23
	203	201	-0.59	1.39	0.91
		202	2.45	1.42	0.23
S3	201	202	4.12	1.57	0.04*
		203	2.15	1.55	0.38
	202	201	-4.12	1.57	0.04*
		203	-1.96	1.59	0.47
	203	201	-2.15	1.55	0.38
		202	1.96	1.59	0.47
S4	201	202	3.08	1.23	0.05*
		203	0.87	1.21	0.77
	202	201	-3.08	1.23	0.05*
		203	-2.21	1.25	0.21
	203	201	-0.87	1.21	0.77
		202	2.21	1.25	0.21
SUM	201	202	12.41	4.84	0.04*
		203	3.28	4.76	0.79
	202	201	-12.41	4.84	0.04*
		203	-9.14	4.90	0.18
	203	201	-3.28	4.76	0.79
		202	9.14	4.90	0.18

在 .05 水準上的平均差異很顯著

4.2.2 不同教學法之科學態度前測—後測差異分析

由下表一可知，三個班級在施以不同的教學法後，在科學態度量表的總分上都有進步，其中以 203 班平均進步 5.11 分最多，其次是 201，進步最少則是 202。在

各向度的表現，只有向度 1 是三個班級全都進步，其餘各向度各班在後測的表現上都略有增減。接著以 T 檢定檢驗三個班級的學生在經過不同教學法的教學後，其科學態度的前後測成績上是否有顯著差異，分析結果如下表 4-6、表 4-7、表 4-8。

表 4-6 「科學態度量表」前測後測成績比較表

向度	班級	後測平均數	前測平均數	後測—前測
S1	201.00	40.18	36.45	3.74
	202.00	36.06	34.26	1.79
	203.00	40.89	36.78	4.11
S2	201.00	39.45	38.95	0.50
	202.00	35.47	35.91	-0.44
	203.00	38.83	38.36	0.47
S3	201.00	38.89	39.26	-0.37
	202.00	35.82	35.15	0.68
	203.00	37.75	37.11	0.64
S4	201.00	39.63	39.32	0.32
	202.00	36.09	36.24	-0.15
	203.00	38.33	38.44	-0.11
SUM	201.00	158.16	153.97	4.18
	202.00	143.44	141.56	1.88
	203.00	155.81	150.69	5.11

從下表 4-7 中可以發現，學生在實施傳統 SBL 教學法後，除了向度 3 外，其他向度都略有增長，而在向度 1—對學習科學的態度上更是達到顯著性的差異，但是整體的總分雖然進步 4.18 分，但是並未到達顯著性差異。

表 4-7 傳統 SBL 教學法學生在科學態度量表前後測成績之差異

向度	科學態度後測		科學態度前測		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
S1	40.18	5.64	36.45	6.24	3.74	4.65	0.00**
S2	39.45	5.32	38.95	6.41	0.50	0.63	0.53
S3	38.89	6.37	39.26	6.93	-0.37	-0.38	0.71
S4	39.63	5.96	39.32	5.02	0.32	0.34	0.73
總計	158.16	21.13	153.97	22.03	4.18	1.56	0.13

從下表 4-8 中可以發現，學生在實施傳統 PBL 教學法後，向度 1 和向度 3 都略

有增長，而在向度 1—對學習科學的態度上達到顯著性的差異，整體的總分進步 1.88 分，但是並未到達顯著性差異。

表 4-8 傳統 PBL 教學法學生在科學態度量表前後測成績之差異

向度	科學態度後測		科學態度前測		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
S1	36.06	5.46	34.26	4.14	1.79	2.10	0.04*
S2	35.47	5.73	35.91	4.96	-0.44	-0.60	0.56
S3	35.82	5.95	35.15	6.10	0.68	0.98	0.33
S4	36.09	6.06	36.24	5.02	-0.15	-0.17	0.87
總計	143.44	21.31	141.56	18.01	1.88	0.72	0.47

從表 4-9 中可以發現，學生在實施網路 PBL 教學法後，除了向度 4 外，其他向度都略有增長，而在向度 1—對學習科學的態度上更是達到顯著性的差異，整體的總分進步 5.11 分，達到顯著性差異。

表 4-9 網路 PBL 教學法學生在科學態度量表前後測成績之差異

向度	科學態度後測		科學態度前測		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
S1	40.89	5.82	36.78	4.59	4.11	5.74	0.00**
S2	38.83	6.42	38.36	6.32	0.47	0.59	0.56
S3	37.75	6.53	37.11	6.85	0.64	0.68	0.50
S4	38.33	5.97	38.44	5.58	-0.11	-0.17	0.87
總計	155.81	22.02	150.69	20.97	5.11	2.15	0.04*

從這三個班級的科學態度前後測成對樣本 T 檢定分析可以發現，三個班級在向度 1—對學習科學的態度上都有進步且都達到了顯著性差異，可能這三個班級雖然教學法不同，但是「水火箭」這個學習很容易引起學生的學習動機，而且最後都可以自己動手作產出作品，讓學生在學習過程中得到很多樂趣和成就感，因此影響了學生對於學習科學的態度。

從科學態度總分前後測的差異上來看，實施網路 PBL 教學法的班級在總分上進步最多，且達到顯著性差異，由此顯示網路 PBL 教學法有助於提升學生的科學態度。

4.2.3 不同教學法之科學態度後測分析

為了更加瞭解實驗效果(不同教學法)，對於學生「科學態度」的影響，資料分析以「科學態度量表前測成績」為共變項進行單因子共變數分析，用以釐清排除前測成績的影響後，三個班級學生的科學態度量表總分是否有顯著差異，分析結果如下例各表。

由下表 4-10 可知，共變項的效果的效果達到顯著 $F=120.57$ ， $P<.001$ ，表示共變項對於依變項的解釋力極高，即「科學態度前測成績」對於「科學態度後測成績」具有極高的解釋力；但是在組間的效果考驗上未達顯著水準， $F=1.41$ ， $P=0.25$ ，表示不同的教學法對於學生的科學態度，在統計上並未達到顯著差異。下表 4-11，更進一步事後比較三個班級的結果，在成對比較下，三個班級交叉比對亦都無顯著差異。結果顯示經過不同的教學法後，三個班級的學生在科學態度上並無顯著差異。

表 4-10 不同教學法班級之「科學態度量表」單因子共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
共變項	26025.62	1.00	26025.62	120.57	0.00
組間	607.44	2.00	303.72	1.41	0.25
組內	22449.46	104.00	215.86		
總和	2572480.00	108.00			

表 4-11 不同教學法班級之「科學態度量表」單因子共變數分析成對的比較

(I) 班級	(J) 班級	平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性
201	202	5.17	3.58	0.15
	203	-0.17	3.42	0.96
202	201	-5.17	3.58	0.15
	203	-5.34	3.57	0.14
203	201	0.17	3.42	0.96
	202	5.34	3.57	0.14

4.2.4 小結

綜合以上對三個班級科學態度前後測的分析可以得知，三個班級的學生在教學實驗開始前的科學態度起始點並不同，傳統 SBL 教學法的班級在科學態度量表的得分上顯著優於傳統 PBL 教學法的班級。教學實驗後，三個班級在科學態度量表的得分都有進步，其中實施網路 PBL 教學法的班級進步最多且達統計上的顯著性；但是在排除科學態度前測成績的影響後，三個班級在科學態度後測的表現上並無顯著的差異。探究其原因可能是教學實驗的時間不夠，實施的單元太少，網路 PBL 教學法的班級在實施了一個單元的教學後，已經有顯著進步產生，如果能多實施幾個教學單元，其進步的幅度可能會更大；而傳統 PBL 教學法的班級一開始的科學態度得分就是最低的班級，所以若要達到顯著進步的情形，需要花費的時間和精力可能要更多。

4.3 不同教學法之學習成效分析

為了分析不同的教學方式是否會影響學生的學習成效，使用水火箭二段式另有概念評量的前測和後測成績，來分析學生經由不同的教學實驗過程，其學習成效是否有所差異。水火箭二段式另有概念評量的計分方式參考 Tsai & Chou (2002) 的研究，採用分層給分，學生答對第一層給一分，答對第二層給一分，全部答對者每題可以得到二分。該評量總共有十五題，所以總分是三十分。分析方式分為以下三部份：水火箭二段式另有概念評量前測分析、不同教學法之水火箭二段式另有概念評量前測後測比較、水火箭二段式另有概念評量後測分析，分別敘述如下。

4.3.1 水火箭二段式另有概念診斷評量前測分析

為了瞭解三個班級的學生在研究進行前的前測成績是否有所差異，以單因子變異數分析檢驗其前測成績，其結果如下：

表 4-12 水火箭另有概念二段式評量前測描述性統計量表

班級	平均數	標準差	標準誤
201	14.32	3.76	0.62
202	14.00	4.60	0.79
203	14.83	3.78	0.64

上表 4-12 是各班前測成績的描述性統計量表，下表 4-13 是以前測成績作為變量的單因子變異數分析的結果， $F=0.37$ ， $P=0.69$ ，未達統計上的顯著差異，表示三個班級的前測成績是沒有差異的。下表 4-14 再進行 Scheffe 法的事後分析，可以發現在各班的成對分析結果上，都沒有顯著差異產生，表示在研究進行前，各班對水火箭的認知層次是相同的。

表 4-13 水火箭另有概念二段式評量變異數分析

前測	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	12.06	2.00	6.03	0.37	0.69
組內	1695.08	103.00	16.46		
總和	1707.14	105.00			

表 4-14 水火箭另有概念二段式評量多重比較 Scheffe 法

(I) 班級	(J) 班級	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性
201	202	0.32	0.96	0.94
	203	-0.50	0.96	0.87
202	201	-0.32	0.96	0.94
	203	-0.83	0.98	0.70
203	201	0.50	0.96	0.87
	202	0.83	0.98	0.70

4.3.2 不同教學法之水火箭二段式另有概念診斷評量前測後測比較

為了瞭解各班學生在經由不同的教學法後其後測成績和前測成績是否有所差異，採用成對樣本 T 檢定法來檢驗前後測成績，其結果如下表 4-15。從分析資料中可以發現，三個班級在經過不同的教學方式後，在水火箭二段式另有概念評量的後測表現上均有所進步，其中 201 班(T=3.59, P<0.05)和 203 班(T=3.50, T<0.00)後測成績進步均達顯著差異。這表示經過傳統 SBL 教學法和網路 PBL 教學法的班級，其火箭二段式另有概念評量的後測後測成績均有顯著進步，但是傳統 PBL 教學法的班級雖有進步，但是未達顯著差異。

表 4-15 不同教學法的班級在「水火箭二段式另有概念評量」前後測成績之差異

班級	後測		前測		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
201	16.35	4.57	14.32	3.76	2.03	3.59	0.00**
202	15.00	5.00	14.00	4.60	1.00	1.49	0.15
203	17.63	3.87	14.83	3.78	2.80	3.50	0.00**

4.3.3 水火箭二段式另有概念診斷評量後測分析

為了更加瞭解實驗效果(不同教學法)，對於學生「水火箭二段式另有概念評量後測」的影響，資料分析以「水火箭二段式另有概念評量前測成績」為共變項進行單因子共變數分析，用以釐清排除前測成績的影響後，三個班級學生的水火箭二段式另有概念評量後測成績是否有顯著差異，分析結果如下例各表。

表 4-16 不同教學法班級之「水火箭二段式另有概念評量」單因子共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
共變項(水火箭前測)	641.22	1.00	641.22	45.38	0.00
組間	77.05	2.00	38.52	2.73	0.07
組內	1441.38	102.00	14.13		
總和	30502.00	106.00			

由上表 4-16 可知，共變項的效果的效果達到顯著 $F=45.38$ ， $P<.001$ ，表示共變項對於依變項的解釋力極高，即「水火箭二段另有概念式評量前測成績」對於「水火箭二段式另有概念評量後測成績」具有極高的解釋力；在組間的效果考驗上未達顯著水準， $F=2.73$ ， $P>0.05$ ，表示不同的教學法對於學生的水火箭二段式另有概念評量後測成績，在統計上沒有達到顯著差異。下表 4-17，更進一步事後比較三個班級的結果，在成對比較下，三個班級交叉比對發現 202 班和 203 班的差異達顯著性 ($P=0.02$)。其分析結果表示，網路 PBL 教學法的班級比傳統 PBL 教學法班級在水火箭二段式另有概念評量後測成績上有更優異的成績。而傳統 SBL 教學法班級和傳統 PBL 教學法班級在統計分析上並無顯著差異。傳統 SBL 教學法班級和網路 PBL 教學法班級在統計分析上也沒有顯著差異。

表 4-17 不同教學法班級之「水火箭另有概念二段式評量」單因子共變數分析成對的比較

(I) 班級	(J) 班級	平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性
201	202	1.15	0.89	0.20
	203	-0.97	0.89	0.28
202	201	-1.15	0.89	0.20
	203	-2.12	0.91	0.02*
203	201	0.97	0.89	0.28
	202	2.12	0.91	0.02*

為了避免科學態度影響學生的學習成效，所以利用統計分析排除科學態度這個變項的影響，以「科學態度前測成績」為共變項進行單因子共變數分析，用以釐清排除科學態度前績成績的影響後，三個班級學生的水火箭二段式另有概念評量後測成績是否有顯著差異，分析結果如下例各表。

表 4-18 不同教學法班級之「水火箭另有概念二段式評量」單因子共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
共變項(科學態度前測)	95.78	1.00	95.78	4.92	0.03
組間	88.75	2.00	44.37	2.28	0.11
組內	1986.82	102.00	19.48		
總和	30502.00	106.00			

由上表 4-18 可知，共變項的效果的效果達到顯著 $F=4.92$ ， $P<.05$ ，表示共變項對於依變項的解釋力極高，即「科學態度前測成績」對於「水火箭二段式另有概念評量後測成績」具有極高的解釋力；但是在組間的效果考驗上未達顯著水準， $F=2.28$ ， $P=0.11$ ，表示將「科學態度前測成績」為共變項時，不同的教學法對於學生的水火箭二段式另有概念評量後測成績，在統計上沒有達到顯著差異。

下表 4-19，更進一步事後比較三個班級的結果，在成對比較下，三個班級交叉比對發現 202 班和 203 班的差異達顯著性($P=0.04$)。這個結果和將「水火箭二段式另有概念評量前測成績」為共變項進行單因子共變數分析時相同。其分析結果表示，無論是將「水火箭二段式另有概念評量前測成績」或是「科學態度前測成績」作為共變項，網路 PBL 教學法的班級比傳統 PBL 教學法班級在水火箭二段式另有概念評量後測成績上有更優異的成績。

表 4-19 不同教學法班級之「水火箭另有概念二段式評量」單因子共變數分析成對的比較

(I) 班級	(J) 班級	平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性
201	202	0.74	1.08	0.50
	203	-1.50	1.05	0.16
202	201	-0.74	1.08	0.50
	203	-2.24	1.08	0.04*
203	201	1.50	1.05	0.16
	202	2.24	1.08	0.04*

4.3.4 小結

三個班級學生在水火箭二段式另有概念的前測成績經統計分析後發現並無差異，也就是三個班級在水火箭概念上立足點是相同的；在經過不同的教學方式後，網路 PBL 教學法班級的平均得分最高，傳統 SBL 教學法次之，而且傳統 SBL 教學法班級和網路 PBL 教學法班級都有顯著的進步；在排除前測影響和科學態度影響後，交叉比較分析三個班級的後測成績，發現網路 PBL 教學法班級的表現顯著優於傳統 PBL 教學法的班級；在水火箭二段式另有概念評量的表現上，以網路 PBL 教學法班級學生表現最為優異，探究其原因可能是網路 PBL 教學法不但有 PBL 教學

法的優點，而且加上網路科技的幫助，可以讓學生利用網路相互分享資訊與討論，較傳統 PBL 教學法來得節省時間，且搜尋資訊更為便利，因此在表現上顯著優於傳統 PBL 教學法；而傳統 SBL 教學法由於是教師在台上將水火箭相關知識有系統的教授給學生，所以在後測表現上也能達到顯著的進步。傳統 PBL 教學法在三個班級中成績進步最少，推論其原因可能是，學生在搜集資料時比較花費時間，所以就沒有時間好好討論，所搜集到的資料也不易和同學分享，所以在表現上就不如網路 PBL 教學法的班級。

4.4 不同教學法之水火箭另有概念改變情形分析

為了瞭解經由不同的教學方式，學生在水火箭另有概念的改變情形是否會有所不同，所以將三個班級學生的答題情況逐一分析比較。再將每班各層答對同學除以每班的總人數，計算出各班每一層的答對率。再加以分析各班第一層和第二層選項的答對率增減情況。

4.4.1 水火箭另有概念改變情形選項分析

(1) 第一題



1.有一個水火箭裝水試飛時，可以飛行的很平順，如果是同樣一個水火箭，但是裡面沒有裝水，請問用打氣筒將氣打飽後，水火箭還會不會飛？正確答案：1-1-1											
班級	測驗	選項分析(人數百分比)									
		1			2				3		
		1	2	總計	1	2	3	總計	1	2	總計
201	前測	26.3%	13.2%	39.5%	13.2%	7.9%	21.1%	42.1%	13.2%	5.3%	18.4%
	後測	28.2%	2.6%	30.8%	28.2%	17.9%	12.8%	59.0%	7.7%	2.6%	10.3%
202	前測	56.8%	5.4%	62.2%	8.1%	8.1%	10.8%	27.0%	5.4%	5.4%	10.8%
	後測	32.4%	10.8%	43.2%	5.4%	8.1%	18.9%	32.4%	8.1%	16.2%	24.3%
203	前測	47.4%	2.6%	50.0%	10.5%	5.3%	23.7%	39.5%	5.3%	5.3%	10.5%
	後測	63.4%	14.6%	78.0%	4.9%	0.0%	4.9%	9.8%	9.8%	2.4%	12.2%

本題主要是在測驗學生對「水火箭」動力來源的認知是否清楚，從結果可以發現，在經過學習過程後 201 和 202 在後測第一層答對率反而下降，只有 203 班後測第一層的答對率上升；而在第二層答對率有大幅增加的也是 203 班。這個結果顯

示，經由不同教學法的學習，201 和 202 班的學生對「水」是水火箭唯一動力來源的迷失概念仍然沒有消除，而 203 班學生在這方面的迷失概念則改進許多。

(2) 第二題

2.在正常的情況下，水火箭順利發射後會以下列哪一種的軌跡飛行？正確答案：2-3-3											
班級	測驗	選項分析(人數百分比)									
		1			2			3			
		1	2	總計	1	2	總計	1	2	3	總計
201	前測	0.0%	5.3%	5.3%	13.2%	13.2%	26.3%	18.4%	10.5%	39.5%	68.4%
	後測	2.6%	10.3%	12.8%	23.1%	5.1%	28.2%	23.1%	12.8%	23.1%	59.0%
202	前測	2.7%	2.7%	5.4%	35.1%	5.4%	40.5%	10.8%	13.5%	29.7%	54.1%
	後測	5.4%	10.8%	16.2%	10.8%	2.7%	13.5%	13.5%	24.3%	32.4%	70.3%
203	前測	2.6%	7.9%	10.5%	15.8%	0.0%	15.8%	18.4%	21.1%	34.2%	73.7%
	後測	2.4%	2.4%	7.3%	12.2%	9.8%	22.0%	9.8%	14.6%	48.8%	73.2%

本題主要是在測驗水火箭飛行時的軌跡，及水火箭飛行時會受到哪些作用力的影響而形成拋物線的軌跡。三個班級在前測第一層的答對率都有五成以上，但是第二層深入探討其原因時，答對率測下降到四成以下；經過學習後，201 班在後測第一層和第二層的答對率都下降，202 班在後測第一層和第二層的答對率都增加，而 203 班在後測第一層答對率沒有什麼變化而第二層的答對率則有增加。結果顯示，202 班的學生對於水火箭飛行軌跡呈拋物線這個現象更為清楚，而 203 班的學生雖然在第一層的答對率上沒有增加，但是有更多的學生瞭解水火箭飛行成拋物線的原因。

(3) 第三題

3. 下列哪一個作用力是水火箭發射出去的“主要”原因？正確答案：3-1-1											
班級	測驗	選項分析(人數百分比)									
		1			2						
		1	2	總計	1	2	總計				
201	前測	50.0%	7.9%	57.9%	23.7%	18.4%	42.1%				
	後測	59.0%	12.8%	71.8%	23.1%	5.1%	28.2%				

202	前測	32.4%	10.8%	43.2%	35.1%	21.6%	56.8%			
	後測	48.6%	16.2%	64.9%	13.5%	21.6%	35.1%			
203	前測	36.8%	0.0%	36.8%	42.1%	21.1%	63.2%			
	後測	48.8%	7.3%	56.1%	24.4%	19.5%	43.9%			

本題主要是在探討水火箭正常飛行時的動力來源。三個班級在經由不同的教學法後，在第一層和第二層的答對率上都有明顯增加，結果顯示，雖然教學法不同，但是學生對於水火箭正常飛行的動力來源的另有概念，都能有所改進。

(4) 第四題

4.假設兩個相同的水火箭，裡面裝水量一樣多，打進去的空氣量也一樣多，但是兩者使用不同大小的噴嘴孔，何者飛得比較遠？正確答案：4-2-3

班級	測驗	選項分析(人數百分比)									
		1			2				3		
		1	2	總計	1	2	3	總計	1	2	總計
201	前測	2.6%	10.5%	13.2%	13.2%	44.7%	23.7%	81.6%	0.0%	5.3%	5.3%
	後測	12.8%	0.0%	12.8%	12.8%	30.8%	30.8%	74.4%	7.7%	5.1%	12.8%
202	前測	16.2%	8.1%	24.3%	18.9%	35.1%	18.9%	73.0%	0.0%	2.7%	2.7%
	後測	2.7%	0.0%	2.7%	21.6%	35.1%	29.7%	86.5%	2.7%	8.1%	10.8%
203	前測	10.5%	7.9%	18.4%	13.2%	47.4%	13.2%	73.7%	5.3%	2.6%	7.9%
	後測	4.9%	2.4%	7.3%	9.8%	31.7%	31.7%	73.2%	9.8%	9.8%	19.5%

本題主要是在測驗學生對水火箭構造的瞭解，以及噴嘴孔的原理。從結果可以發現學生答對第一層的比例極高，但是深究其原理就無法找出正確答案，學生對於噴嘴孔的作用原理似乎不是非常清楚，所以容易填答 4-2-2 這個錯誤選項。經過學習後，三個班級的學生在第二層的答對率都有提高，但是比例都沒有超過四成。

(5) 第五題

5. 在正常的情况下，水火箭內的水向外噴出的力量，是否等於推動水火箭前進的力量？正確答案：5-1-1

班級	測驗	選項分析(人數百分比)										
		1				2				3		
		1	2	3	總計	1	2	3	總計	1	2	總計
201	前測	18.4%	23.7%	23.7%	65.8%	10.5%	7.9%	5.3%	23.7%	2.6%	7.9%	10.5%
	後測	12.8%	43.6%	15.4%	71.8%	2.6%	12.8%	2.6%	17.9%	5.1%	5.1%	10.3%
202	前測	13.5%	32.4%	10.8%	56.8%	5.4%	13.5%	5.4%	24.3%	2.7%	16.2%	18.9%
	後測	24.3%	29.7%	0.0%	54.1%	8.1%	13.5%	2.7%	24.3%	2.7%	18.9%	21.6%
203	前測	23.7%	31.6%	10.5%	65.8%	5.3%	15.8%	5.3%	28.9%	5.3%	2.6%	7.9%
	後測	17.1%	48.8%	2.4%	68.3%	14.6%	12.2%	2.4%	29.3%	0.0%	2.4%	2.4%

本題主要是在深入探討水火箭內部「水」、「空氣」、和「壓力」三者的作用關係。學生在第一層答對率極高，在經過學習後，也都有增加，但是到了第二層的答對率在經過學習後，後測成績也都沒有突破三成。結果顯示學生對於水火箭內部的作用情形不甚瞭解，經由不同的教學法後，其另有概念也沒有顯著的改變。學生容易填答 5-1-2 這個錯誤選項，顯示學生不清楚在水火箭瓶內「水」、「空氣」、和「壓力」的作用關係。

(6) 第六題

6. 水火箭內若裝水一樣多，則打進去的氣如何才能飛得最遠？正確答案：6-1-2

班級	測驗	選項分析(人數百分比)								
		1			2			3		
		1	2	總計	1	2	總計	1	2	總計
201	前測	10.5%	50.0%	60.5%	13.2%	5.3%	18.4%	2.6%	18.4%	21.1%
	後測	5.1%	66.7%	71.8%	5.1%	2.6%	7.7%	0.0%	20.5%	20.5%
202	前測	2.7%	67.6%	70.3%	13.5%	2.7%	16.2%	2.7%	10.8%	13.5%
	後測	10.8%	40.5%	51.4%	8.1%	5.4%	13.5%	5.4%	29.7%	35.1%
203	前測	5.3%	65.8%	71.1%	7.9%	2.6%	10.5%	0.0%	18.4%	18.4%
	後測	4.9%	51.2%	56.1%	4.9%	0.0%	4.9%	2.4%	36.6%	39.0%

本題主要是探討打氣和瓶內壓力的變化對水火箭動力的影響。201 班在後測第一層和第二層的答對率都有增加，但是 202 和 203 班在經過 PBL 教學法的學習後，第一層和第二層的答對率都反而減少了，202 和 203 班反而產生了 6-3-2 的另有概念，認為瓶內水和空氣必須成一定比例才能讓水火箭飛得最遠。

(7) 第七題

7. 將水火箭垂直向上發射，水火箭在加速上升途中的受力狀況為下列何者？ 正確答案：7-3-2														
班級	測驗	選項分析(人數百分比)												
		1			2			3				4		
		1	2	總計	1	2	總計	1	2	3	總計	1	2	總計
201	前測	13.2%	2.6%	15.8%	5.3%	0.0%	5.3%	18.4%	34.2%	23.7%	76.3%	2.6%	0.0%	2.6%
	後測	5.1%	5.1%	10.3%	2.6%	0.0%	2.6%	38.5%	23.1%	23.1%	84.6%	2.6%	0.0%	2.6%
202	前測	8.1%	5.4%	16.2%	2.7%	10.8%	13.5%	21.6%	24.3%	18.9%	64.9%	0.0%	5.4%	5.4%
	後測	13.5%	0.0%	13.5%	2.7%	5.4%	8.1%	21.6%	40.5%	13.5%	75.7%	0.0%	2.7%	2.7%
203	前測	5.3%	2.6%	7.9%	7.9%	0.0%	7.9%	44.7%	26.3%	13.2%	84.2%	0.0%	0.0%	0.0%
	後測	2.4%	2.4%	4.9%	0.0%	0.0%	0.0%	43.9%	39.0%	9.8%	92.7%	2.4%	0.0%	2.4%

本題深入探討水火箭在垂直飛行時的受力狀況。在前測時各班的第一層答對率都極高，但是第二層的答對率就下降到約三成左右。經過學習後，在後測第一層答對率三個班級都有增加，但是第二層答對率增加的班級只有 202 班和 203 班，但是都只提高到四成左右。學生普遍的另有概念是 7-3-1 這個答案，認為水火箭向上的推力會一直持續到最高點才會停止。

(8) 第八題

8. 若要將水火箭垂直向上發射，則水噴出所給火箭的推力要多大，水火箭才會上昇？ 正確答案：8-3-1											
班級	測驗	選項分析(人數百分比)									
		1				2			3		
		1	2	3	總計	1	2	總計	1	2	總計
201	前測	5.3%	5.3%	0.0%	5.3%	13.2%	5.3%	18.4%	68.4%	7.9%	76.3%

	後測	15.4%	10.3%	5.1%	15.4%	15.4%	5.1%	20.5%	51.3%	12.8%	64.1%
202	前測	16.2%	8.1%	8.1%	16.2%	10.8%	27.0%	37.8%	35.1%	10.8%	45.9%
	後測	8.1%	8.1%	0.0%	8.1%	24.3%	24.3%	48.6%	37.8%	5.4%	43.2%
203	前測	5.3%	5.3%	0.0%	5.3%	7.9%	34.2%	42.1%	42.1%	10.5%	52.6%
	後測	7.3%	2.4%	4.9%	7.3%	9.8%	19.5%	29.3%	56.1%	7.3%	63.4%

本題是在測驗水火箭向上推力和地心引力間的作用情形。前測第一層和第二層答對率最高的都是 201 班，但是在後測時 201 班的第一層和第二層答對率都下降。學生在後測時第一層答對率只有 203 班有增加，在後測第二層答對率 202 班和 203 班都有增加，但是增加情況並不明顯。三個班級在第一層選項都容易選擇選項 2 這個錯誤答案，認為水火箭向上的推力只要等於所受重力就可以發射出去；其中以 202 班選擇這個選項比例最高，而且經過學習後，並沒有改變 202 班學生在這個選項的另有概念。

(9) 第九題

<p>9. 水火箭發射時，水往後噴出的速度愈快，水火箭向外射出的衝力愈大還是愈小？ 正確答案：9-1-1</p>										
 選項分析(人數百分比)										
班級	測驗	1			2					
		1	2	總計	1	2	總計			
201	前測	36.8%	39.5%	76.3%	18.4%	5.3%	23.7%			
	後測	38.5%	35.9%	74.4%	15.4%	10.3%	25.6%			
202	前測	24.3%	59.5%	83.8%	8.1%	8.1%	16.2%			
	後測	35.1%	32.4%	67.6%	24.3%	8.1%	32.4%			
203	前測	42.1%	47.4%	89.5%	7.9%	2.6%	10.5%			
	後測	51.2%	43.9%	95.1%	4.9%	0.0%	4.9%			

本題主要是在測量學生作用力與反作用力的觀念。學生在答對第一層的比例極高，顯示學生認為水往後噴的速度愈快，就可以造成愈大的衝力，但是若深入探究其原因，學生則容易填答 9-1-2 這個錯誤選項，顯示學生對於這一種現象是作用力與反作用力的運動方式不是很清楚。經過學習後，203 班的學生在後測第一層和第二層的答對率都有增加，但是 201 班和 202 班第一層的答對率反而下降，在第二層的答對率則有增加。

(10) 第十題

10. 當兩個大小不同的水火箭不幸在空中互撞，請問兩個水火箭在空中受到的撞擊力何者較大？正確答案：10-3-1

班級	測驗	選項分析(人數百分比)								
		1			2			3		
		1	2	總計	1	2	總計	1	2	總計
201	前測	7.9%	15.8%	23.7%	18.4%	28.9%	47.4%	10.5%	18.4%	28.9%
	後測	7.7%	15.4%	23.1%	30.8%	12.8%	43.6%	10.3%	23.1%	33.3%
202	前測	10.8%	16.2%	27.0%	10.8%	32.4%	43.2%	16.2%	13.5%	29.7%
	後測	5.4%	13.5%	18.9%	10.8%	32.4%	43.2%	24.3%	13.5%	37.8%
203	前測	18.4%	15.8%	34.2%	10.5%	23.7%	34.2%	7.9%	23.7%	31.6%
	後測	12.2%	0.0%	12.2%	19.5%	24.4%	43.9%	22.0%	22.0%	43.9%

本題也是在測量學生作用力與反用力的觀念。學生在這題有明顯的另有概念，有四成左右的學生在第一層時會選擇選項 2 這個另有概念，而且經過學習的過程，學生的另有概念也沒有明顯的改變。三個班級在後測第一層和第二層的答對率都有增加，其中 203 班答對率增加最多。但是三個班級後測第一層答對率都沒有超過四成，後測第二層答對率都沒有超過三成。

(11) 第十一題

11. 當我們使用打氣筒將空氣灌入水火箭的保特瓶內，瓶內的壓力會如何變化？
正確答案：11-1-1

班級	測驗	選項分析(人數百分比)								
		1				2				
		1	2	3	總計	1	2	總計		
201	前測	26.3%	44.7%	15.8%	86.8%	7.9%	5.3%	13.2%		
	後測	43.6%	28.2%	20.5%	92.3%	7.7%	0.0%	7.7%		
202	前測	29.7%	27.0%	13.5%	70.3%	10.8%	18.9%	29.7%		
	後測	29.7%	27.0%	18.9%	75.7%	16.2%	8.1%	24.3%		
203	前測	36.8%	39.5%	2.6%	78.9%	13.2%	7.9%	21.1%		
	後測	48.8%	19.5%	24.4%	92.7%	7.3%	0.0%	7.3%		

本題主要是在測量學生對於打氣與瓶內壓力的變化概念。學生在第一層的答對率極高，前測三個班級都有達到七成以上，後測也都有提高；學生在後測第二層的答對率 201 班和 203 班都有增加，而 202 班則沒有改變。其結果顯示，學生大部份都知道打氣進去壓力會變大，但是瓶內何者的壓力會變大，大部份學生都不是很清楚。

(12) 第十二題

12. 當水火箭在飛行過程中，水火箭內的空氣的壓力會增大還是變小？												
正確答案：12-2-3												
班級	測驗	選項分析(人數百分比)										
		1				2				3		
		1	2	3	總計	1	2	3	總計	1	2	總計
201	前測	7.9%	15.8%	5.3%	28.9%	31.6%	5.3%	18.4%	55.3%	10.5%	5.3%	15.8%
	後測	10.3%	15.4%	0.0%	25.6%	7.7%	7.7%	56.4%	74.4%	0.0%	0.0%	0.0%
202	前測	8.1%	10.8%	2.7%	18.9%	21.6%	24.3%	21.6%	67.6%	5.4%	5.4%	10.8%
	後測	13.5%	10.8%	2.7%	27.0%	21.6%	18.9%	21.6%	62.2%	2.7%	8.1%	10.8%
203	前測	2.6%	13.2%	2.6%	21.1%	26.3%	15.8%	36.8%	78.9%	2.6%	0.0%	2.6%
	後測	4.9%	17.1%	2.4%	24.4%	12.2%	9.8%	46.3%	68.3%	4.9%	2.4%	7.3%

本題主要是在測驗學生是否瞭解水火箭在飛行過程中壓力的變化。在後測第一層答對率只有 201 班有增加，後測第二層答對率 201 和 203 班都有增加。其結果顯示，201 班在經過傳統教學法 SBL 後，對於飛行過程中瓶內壓力變化的另有概念有所改變，第一層答對率從 55.3% 進步到 74.4%，第二層的答對率從 18.4% 進步到 56.4%；實施網路 PBL 教學法的 203 班在第二層的答對率雖然也有所進步，但是增長的幅度不像 201 班那麼大。

(13) 第十三題

13. 製作水火箭時如果不加裝尾翼，可能會造成哪一個狀況？正確答案：13-2-1

班級	測驗	選項分析(人數百分比)								
		1			2			3		
		1	2	總計	1	2	總計	1	2	總計
201	前測	10.5%	0.0%	10.5%	44.7%	26.3%	71.1%	5.3%	13.2%	18.4%
	後測	2.6%	0.0%	2.6%	61.5%	23.1%	84.6%	5.1%	7.7%	12.8%
202	前測	5.4%	5.4%	10.8%	35.1%	29.7%	64.9%	16.2%	8.1%	24.3%
	後測	2.7%	0.0%	2.7%	62.2%	18.9%	81.1%	10.8%	5.4%	16.2%
203	前測	5.3%	0.0%	5.3%	44.7%	31.6%	76.3%	5.3%	13.2%	18.4%
	後測	2.4%	0.0%	2.4%	65.9%	26.8%	92.7%	4.9%	0.0%	4.9%

本題是在測量學生對於水火箭尾翼功能的瞭解。三個班級在經過學習的過程後，在後測第一層和第二層的答對率都有增加，其中 203 班在後測第一層的答對率更是高達九成以上。結果顯示，三種教學法都能有效改變學生在尾翼功能的另有概念，其原因可能是三個班級都有水火箭的實作部份，所以經過實際動手的過程，讓學生對於水火箭尾翼的功能有更清楚的瞭解。

(14) 第十四題

14. 使用不同的保特瓶如礦水瓶或汽水瓶來製作水火箭會造成不同嗎？
正確答案：14-1-3

班級	測驗	選項分析(人數百分比)								
		1				2				
		1	2	3	總計	1	2	總計		
201	前測	0.0%	31.6%	26.3%	57.9%	18.4%	23.7%	42.1%		
	後測	7.7%	17.9%	69.2%	94.9%	5.1%	0.0%	5.1%		
202	前測	13.5%	27.0%	8.1%	48.6%	16.2%	35.1%	51.4%		
	後測	16.2%	16.2%	18.9%	51.4%	32.4%	16.2%	48.6%		
203	前測	10.5%	18.4%	39.5%	68.4%	13.2%	18.4%	31.6%		
	後測	2.4%	19.5%	53.7%	75.6%	12.2%	12.2%	24.4%		

本題是在測量水火箭的製作材料若有所不同，是否會造成影響。經過學習後，三個班級在後測第一層和第二層的答對率都有增加，其中以 201 班增加最多，其原因可能是該班學生在水火箭試飛時，有同學使用一般的礦泉水瓶，在加壓時壓力過大使礦泉水瓶爆裂，由於實際體驗過材質不同所造成的差異，所以同學印象特別深刻，因此答對率也特別高。

(15) 第十五題

15. 瓶身總容量相同的水火箭，胖胖短短的水火箭和瘦瘦長長的水火箭，那個飛得快？正確答案：15-3-1												
班級	測驗	選項分析(人數百分比)										
		1					2			3		
		1	2	3	4	總計	1	2	總計	1	2	總計
201	前測	0.0%	5.3%	5.3%	0.0%	10.5%	47.4%	21.1%	68.4%	21.1%	0.0%	21.1%
	後測	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	2.6%	51.3%	23.1%	74.4%	20.5%	2.6%	23.1%
202	前測	2.7%	2.7%	2.7%	0.0%	8.1%	16.2%	27.0%	43.2%	45.9%	2.7%	48.6%
	後測	2.7%	2.7%	2.7%	0.0%	8.1%	21.6%	13.5%	35.1%	45.9%	10.8%	56.8%
203	前測	2.6%	2.6%	2.6%	0.0%	7.9%	50.0%	15.8%	65.8%	18.4%	7.9%	26.3%
	後測	2.4%	0.0%	2.4%	0.0%	4.9%	36.6%	7.3%	43.9%	43.9%	7.3%	51.2%

本題主要是在測驗學生對於水火箭重心和平衡的觀念。大部份的學生都認為應該是瘦長型的水火箭飛得比較好，而沒有考量到水火箭的重心或平衡的問題，而且若就物理學的角度來判斷，若瓶內壓力相同，由於胖的水火箭受力較大(力=壓力*面積)，所以反而是胖的水火箭會飛得較快。201 班在前後測的表現上並無明顯差異，顯示經過傳統教學法後，學生的另有概念並無改變。202 班在後測第一層答對率雖然有提高，但是第二層答對率則無變化。203 班是進步最大的班級，在後測第一層和第二層的答對率都有明顯增加，顯示經過網路 PBL 教學法後，學生的另有概念產生了改變。

4.4.2 水火箭另有概念答題正確率分析

下表 4-20 為不同教學班級學生在「水火箭另有概念二段式評量」第一層和第二層前後測的答題正確率。經過不同的教學方式後，三個班級的學生在後測第一層和第二層的答題正確率都有提升，以下分別就第一層和第二層的答題正確率使用成

對樣本 T 檢定，用以考驗學生經過不同的教學方式，各班在答題正確率上是否達到顯著差異。

表 4-20 不同教學法班級學生「水火箭另有概念二段式評量」第一層和第二層前後測答題正確率

題號	傳統 SBL 教學法				傳統 PBL 教學法				網路 PBL 教學法			
	第一層		第二層		第一層		第二層		第一層		第二層	
	前測	後測	前測	後測	前測	後測	前測	後測	前測	後測	前測	後測
1	0.395	0.308	0.263	0.282	0.622	0.432	0.568	0.324	0.500	0.780	0.474	0.634
2	0.684	0.590	0.395	0.231	0.541	0.703	0.297	0.324	0.737	0.732	0.342	0.488
3	0.579	0.718	0.500	0.590	0.432	0.649	0.324	0.486	0.368	0.561	0.368	0.488
4	0.816	0.744	0.447	0.308	0.730	0.865	0.351	0.351	0.737	0.732	0.474	0.317
5	0.658	0.718	0.184	0.128	0.568	0.541	0.135	0.243	0.658	0.683	0.237	0.171
6	0.605	0.718	0.500	0.667	0.703	0.514	0.676	0.405	0.711	0.561	0.658	0.512
7	0.763	0.846	0.342	0.231	0.649	0.757	0.243	0.405	0.842	0.927	0.263	0.390
8	0.763	0.641	0.684	0.513	0.459	0.432	0.351	0.378	0.526	0.634	0.421	0.561
9	0.763	0.744	0.368	0.385	0.838	0.676	0.243	0.351	0.895	0.951	0.421	0.512
10	0.289	0.333	0.105	0.103	0.297	0.378	0.162	0.243	0.316	0.439	0.079	0.220
11	0.868	0.923	0.263	0.436	0.703	0.757	0.297	0.297	0.789	0.927	0.368	0.488
12	0.553	0.744	0.184	0.564	0.676	0.622	0.216	0.216	0.789	0.683	0.368	0.463
13	0.711	0.846	0.447	0.615	0.649	0.811	0.351	0.622	0.763	0.927	0.447	0.659
14	0.579	0.949	0.263	0.692	0.486	0.514	0.081	0.189	0.684	0.756	0.395	0.537
15	0.211	0.231	0.211	0.205	0.486	0.568	0.459	0.459	0.263	0.512	0.184	0.439
平均	0.616	0.670	0.344	0.397	0.589	0.615	0.317	0.353	0.639	0.720	0.367	0.459

(1) 第一層答題正確率分析

下表 4-21 為不同教學法班級在「水火箭另有概念二段式評量」前後測第一層答題正確率之成對樣本 t 檢定結果，從統計分析中我們可以發現，三個班級在經過

不同的教學方式後，在水火箭另有概念二段式評量的後測第一層答題正確率上均有所進步，其中 203 班平均進步了 0.081，T 值為 2.651，達顯著差異，結果表示 203 班在後測第一層答題正確率在統計上達到顯著進步的標準，但是其他兩個班級則沒有顯著進步的情況。

表 4-21 不同教學法班級在「水火箭另有概念二段式評量」第一層前後測答題正確率之成對樣本 t 檢定

班級	後測		前測		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
201	0.670	0.219	0.616	0.191	0.054	1.637	0.124
202	0.615	0.148	0.589	0.140	0.025	0.751	0.465
203	0.720	0.163	0.639	0.197	0.081	2.651	0.019*

(2) 第二層答題正確率分析

下表 4-22 為不同教學法班級在「水火箭另有概念二段式評量」前後測第二層答題正確率之成對樣本 t 檢定結果，從統計分析中我們可以發現，三個班級在經過不同的教學方式後，在水火箭另有概念二段式評量的後測第二層答題正確率上均有所進步，其中 203 班進步了 0.092，T 值為 2.965，達顯著差異，結果表示 203 班在後測第二層答題正確率在統計上達到顯著進步的標準，但是其他兩個班級則沒有顯著進步的情況。

表 4-22 不同教學法班級在「水火箭另有概念二段式評量」第二層前後測答題正確率之成對樣本 t 檢定

班級	後測		前測		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
201	0.397	0.200	0.344	0.155	0.053	1.116	0.283
202	0.353	0.114	0.317	0.158	0.036	0.980	0.344
203	0.459	0.136	0.367	0.138	0.092	2.965	0.010*

從以上水火箭另有概念評量兩層的分析狀況可以發現，網路 PBL 教學法的班級，在第一層和第二層的答題正確率都有顯著增加的情況，顯示網路 PBL 教學法比其他兩種教學法更有效的改變學生在水火箭單元的另有概念。

4.5 PBL 分組討論學生問卷分析

PBL 分組討論問卷按照教學法的不同也分為兩種，傳統 PBL 教學法分為三個向度共 21 題和 3 題開放性問題，網路 PBL 教學法分為四個向度共 28 題和 3 個開放性問題，兩份問卷的前三個向度都相同，網路 PBL 教學法則增加 PBL 教學網站的實用性這個向度。兩份問卷皆要學生填寫基本資料：家中有無電腦、家中可否上網和平常上網時數。

4.5.1 學生基本資料分析

學生基本資料分析如下表 4-23，可以發現兩個班級中學生家中有電腦的比例都很高，總計有九成以上的同學家中有電腦，有八成以上的同學家中可以上網；這對 PBL 教學法的推行是一個很好的助益，特別是網路 PBL 教學法，因為同學可以利用電腦上網查尋資料及上 PBL 教學網站和同學分享及討論資訊。

表 4-23 PBL 分組討論學生問卷學生基本資料分析

班級	家中有無電腦		家中可否上網		平均一個星期 上網多少小時
	有	無	可	不可	
傳統 PBL 班級	88.57%(31)	11.43%(4)	71.43%(25)	28.57%(10)	6.14
網路 PBL 班級	97.44%(38)	2.56%(1)	89.74%(35)	10.26%(4)	8.22
總計	93.25%	6.76%	81.08%	18.92%	7.18

4.5.2 問卷向度分析

為了瞭解兩班同學在填答 PBL 分組討論問卷上各問題的差異，將每個問題各

班填答的情況分析如下表 4-24。在傳統 PBL 班級中，學生平均值最高的前三個問題分別是：問題 1(3.74)、問題 8(3.71)、問題 10(3.69)、問題 14(3.69)。在網路 PBL 班級中，學生平均值最高的前三個問題分別是：問題 10(3.95)、問題 13(3.92)、問題 14(3.92)。

表 4-24 PBL 分組討論學生問卷各班填答的情況

數字代表的意義 5=非常同意 4=同意 3=無意見 2=不同意 1=非常不同意

評估領域	問題	班級	平均	5	4	3	2	1
PBL 參與度	1.能夠完全參與討論。	傳統 PBL	3.74	11.4%	60.0%	22.9%	2.9%	2.9%
		網路 PBL	3.79	23.1%	41.0%	30.8%	2.6%	2.6%
	2.能夠經常蒐集及提供資料。	傳統 PBL	3.46	5.7%	40.0%	48.6%	5.7%	0
		網路 PBL	3.51	12.8%	38.5%	38.5%	7.7%	2.6%
	3.能夠發表自己的論點及提出疑問。	傳統 PBL	3.46	5.7%	48.6%	37.1%	2.9%	5.7%
		網路 PBL	3.56	17.9%	30.8%	43.6%	5.1%	2.6%
	4.能夠完全參與討論。	傳統 PBL	3.34	5.7%	37.1%	45.7%	8.6%	2.9%
		網路 PBL	3.51	17.9%	33.3%	33.3%	12.8%	2.6%
	5.能夠經常蒐集及提供資料。	傳統 PBL	3.46	8.6%	42.9%	37.1%	8.6%	2.9%
		網路 PBL	3.56	15.4%	33.3%	46.2%	2.6%	2.6%
	6.能夠發表自己的論點及提出疑問。	傳統 PBL	3.34	2.9%	42.9%	45.7%	2.9%	5.7%
		網路 PBL	3.46	20.5%	25.6%	35.9%	15.4%	2.6%
PBL 實用性	7.可以幫助我解決問題。	傳統 PBL	3.60	20.0%	34.3%	37.1%	2.9%	5.7%
		網路 PBL	3.79	28.2%	28.2%	41.0%	0	2.6%
	8.可以有效釐清我的觀念	傳統 PBL	3.71	11.4%	51.4%	34.3%	2.9%	0
		網路 PBL	3.72	23.1%	35.9%	35.9%	0	5.1%
	9.可以幫助我對抽象概念產生具體了解	傳統 PBL	3.57	14.3%	45.7%	25.7%	11.4%	2.9%
		網路 PBL	3.67	20.5%	30.8%	46.2%	0	2.6%
	10.可以提升自己蒐集資料的能力	傳統 PBL	3.69	22.9%	37.1%	31.4%	2.9%	5.7%
		網路 PBL	3.95	23.1%	53.8%	20.5%	0	2.6%
	11.可以提升自己發表意見的能力	傳統 PBL	3.63	17.1%	40.0%	31.4%	11.4%	0
		網路 PBL	3.77	23.1%	38.5%	33.3%	2.6%	2.6%
	12.能讓我擁有新的學習方式	傳統 PBL	3.60	14.3%	42.9%	34.3%	5.7%	2.9%
		網路 PBL	3.85	28.2%	41.0%	23.1%	2.6%	5.1%
	13.能幫助我發現新的問題。	傳統 PBL	3.54	11.4%	42.9%	37.1%	5.7%	2.9%
		網路 PBL	3.92	23.1%	53.8%	17.9%	2.6%	2.6%
14.可以提升我對課程內容的了解程度。	傳統 PBL	3.69	11.4%	42.9%	37.1%	5.7%	0	
	網路 PBL	3.92	28.2%	41.0%	28.2%	0	2.6%	

	15.能夠讓我發現同學的優點。	傳統 PBL	3.63	8.6%	54.3%	34.3%	2.9%	0
		網路 PBL	3.79	5.1%	2.6%	35.9%	20.5%	35.9%
	16.能夠提升我與同學之間的感情。	傳統 PBL	3.46	2.9%	5.7%	31.4%	45.7%	14.3%
		網路 PBL	3.72	25.6%	33.3%	33.3%	2.6%	5.1%
PBL 困難度	17.對 PBL 討論方式不清楚	傳統 PBL	2.97	0	25.7	51.4%	17.1%	5.7%
		網路 PBL	2.85	7.7%	12.8%	46.2%	23.1%	10.3%
	18.討論的單元內容太深	傳統 PBL	3.00	5.7%	22.9%	42.9%	22.9%	5.7%
		網路 PBL	2.87	10.3%	7.7%	51.3%	20.5%	10.3%
	19.資料的蒐集不容易。	傳統 PBL	3.14	2.9%	22.9%	60.0%	14.3%	0
		網路 PBL	3.10	12.8%	28.2%	28.2%	17.9%	12.8%
	20.討論的時間太少。	傳統 PBL	3.54	14.3%	34.3%	45.7%	2.9%	2.9%
		網路 PBL	3.03	12.8%	20.5%	35.9%	17.9%	12.8%
21.老師提供的協助不足	傳統 PBL	2.83	2.9%	8.6%	62.9%	20.0%	5.7%	
	網路 PBL	2.77	10.3%	7.7%	46.2%	20.5%	15.4%	
網路 PBL								
PBL 教學網站的實用性	22.除了在課堂上利用 PBL 教學網站外，我會利用其他時間連上網站討論區，注意同學的討論狀況		3.46	23.1%	17.9%	46.2%	7.7%	5.1%
	23.我會在網站上觀摩其他組員上傳的作業		3.79	25.6%	38.5%	30.8%	0	5.1%
	24.我喜歡將找到的資料放在網路上和組員分享		3.38	15.4%	30.8%	35.9%	12.8%	5.1%
	25.藉由網站的協助，讓我資料蒐集和整理更為容易		3.64	23.1%	38.5%	25.6%	5.1%	7.7%
	26.網路容易讓我分心，不容易集中精神在學習和討論上		3.10	12.8%	15.4%	51.3%	10.3	10.3
	27.在網路上討論事情讓我很不習慣		2.97	12.8%	20.5%	35.9%	12.8%	17.9%
	28.我覺得藉由 PBL 教學網站的協助，讓我更容易在網路上自我學習		3.64	25.6%	23.1%	46.2%	0	5.1%

為了分析方便，將第三個向度反置，分數愈高表示愈不困難，分數愈低表示愈難。再以獨立樣本 T 檢定檢定兩班學生在 PBL 分組討論問卷前三個向度的填答上是否有顯著差異，研究結果如下表 4-25。從研究結果顯示兩班學生在各個向度及總計結果的表現上都偏正向，而網路 PBL 教學法班級的學生在各向度的成績及總計上都

略高於傳統 PBL 教學法的班級，只是都沒有達到統計上的顯著差異。在各向度中平均值最低的是第三向度—PBL 的困難度，表示學生對於 PBL 教學法的反應雖然正向，但是對於 PBL 的實施方式或過程仍是有感到困難的地方。

表 4-25 PBL 分組討論問卷前三個向度獨立樣本 T 檢定

項目	網路 PBL 教學法		傳統 PBL 教學法		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
S1	3.57	0.72	3.47	0.56	0.10	0.67	0.51
S2	3.81	0.79	3.61	0.62	0.20	1.19	0.24
S3	3.08	0.93	2.90	0.49	0.17	1.02	0.31
總計	10.46	1.50	9.98	1.05	0.47	1.56	0.12
S4	3.41	0.66	X	X	X	X	X

S1 代表 PBL 分組討論的參與度

S2 代表 PBL 分組討論的實用性

S3 代表 PBL 的困難度，分數愈高表示愈不困難

S4 代表 PBL 教學網站的實用性



從以上的分析資料可以發現，兩班學生對 PBL 教學法的接受度都很高，其中對於 PBL 教學法的實用性這個向度的分數在兩個班級中都最高的，表示學生在教學實驗的過程中，都能認同 PBL 教學法的優點，明瞭 PBL 教學法能帶給學生的幫助。在各向度的得分上網路 PBL 教學法都能優於傳統 PBL 教學法，推論其原因可能是加入網路科技的幫助，讓學生在施行 PBL 教學法的過程中較為順暢，因為網路討論可以沒有時空的限制，再加上網路討論帶來的新鮮感，所以學生參與度較高；網路 PBL 教學法實施過程，可以讓學生對於各種電腦軟體操作更為熟練，所以學生對於 PBL 教學法的實用性有更多方位的體認，而網路可以讓學生在資料搜集和整理上更為方便，所以認為 PBL 教學法的困難度就沒有傳統教學法高；而學生對於 PBL 教學網站的觀感也都偏向正向，顯示學生都能瞭解教學網站對於學習過程中的幫助。

4.5.3 開放性問題分析

開放性問題共有 3 題，茲分別統計分析如下：

(1) 第一題：你覺得一般傳統教學和網路PBL教學有何不同？你喜歡哪一種？理由為何？

表2-5 PBL分組討論問卷開放性問題第一題統計分析表

班級	喜歡PBL教學法	喜歡傳統教學法	無意見	都不喜歡
網路 PBL 班級	79.5%	5.1%	12.8%	2.6%
傳統 PBL 班級	57.1%	20%	17.1%	5.7%

兩個班級對於實施 PBL 教學法的反應都很正向，在網路 PBL 教學法的班級中，喜歡 PBL 教學法的同學佔 79.5%，喜歡傳統教學法的同學佔 5.1%；在傳統 PBL 教學法的班級中，喜歡 PBL 教學法的同學佔 57.1%，喜歡傳統教學法的同學佔 20%；從分析資料可以得知實施網路 PBL 教學法的班級比實施傳統 PBL 教學法的班級較容易得到學生的認同。在實施網路 PBL 教學法的班級中，學生較喜歡網路 PBL 教學法的原因摘錄如下：

- 網路PBL教學法較自由，可以自由發言
- 網路PBL教學法比較有效率
- 網路PBL教學法比較方便，比較有新奇感，不用手寫
- 網路教學法比較有趣，可以在家中完成未完成的作業
- 傳統教學法是老師講解，學生不易聽懂
- 因為我的吸收能力不好，喜歡看字，較易理解，而且在網路上收集資料比較廣
- 可以上網看見組員的留言，可以了解大家的用心及資料分享
- 網路PBL教學法不但速度快，又不怕聽不懂
- 我比較喜歡網路PBL教學法，因為可以自己去找問題的答案

在實施網路 PBL 教學法的班級中，學生喜歡傳統教學法的原因摘錄如下：

- PBL教學法找資料較難，傳統教學法老師可以協助
- 傳統教學法老師可以清楚的說明

在傳統 PBL 教學法的班級中，學生較喜歡傳統 PBL 教學法的原因摘錄如下：

- 喜歡PBL教學法，因為和同學相處的時間較多
- 喜歡PBL教學法，因為可以有效釐清我的觀點
- 如果用傳統教學，可能會有人不了解，用PBL教學可以有效的讓人懂
- 光是聽老師講有點無趣，PBL教學可以跟大家討論，比較有趣
- PBL教學法的壓力較小
- PBL教學法能和同學討論交換意見
- 自我討論可以加深印象

在實施傳統 PBL 教學法的班級中，學生喜歡傳統教學法的原因摘錄如下：

- 喜歡傳統教學法，因為比較習慣
- PBL教學法比較煩麻煩，傳統教學只須要去理解較多，傳統比較不用去想
- 傳統教學法比較輕鬆，PBL有一點壓力

(2) 第二題：你覺得(網路)PBL教學法對你有什麼幫助？

大部份的同學都能在學習的過程中，都能了解到 PBL 的優點，無論是傳統或是網路 PBL 教學法，同學對實施 PBL 能得的助益都大同小異，只是在實施網路 PBL 教學法的班級中，由於多了網路工具的輔助，同學會將網路帶來的便利思考進去，如節省時間、討論方便等。

在實施網路 PBL 教學法的班級中，學生覺得 PBL 教學法的幫助摘錄如下：

- 可以了解同學的優點
- 可以增加口語能力
- 可以節省很多時間
- 不用跑來跑去和別人交談

- 可以吸收更多的資訊
- 能夠更透徹的分析問題與討論
- 網路資源可以快速搜尋，可以有空就上線看看
- 學會一些新的知識，且對電腦有更深一步的了解

在實施傳統 PBL 教學法的班級中，學生覺得 PBL 教學法的幫助摘錄如下：

- 可以提升收集資料的能力
- 可以了解的比較多
- 增進跟同學的感情，而且能說出自己的想法
- 可以增加我們分工合作的能力
- 解決問題，提升自己發表意見的能力
- 了解每個人的想法，促進同學感情，學會尊重他人意見

(3) 第三題：除了上面的問卷內容之外，如果您覺得有必要，請另外補充您的看法：

第三題同學提出看法的並不多，有同學反應說“同學有可能提出錯的觀念，有時還是要老師說明才好”，另外還有同學提出希望以後能儘量以電腦來進行討論過程。