

十二年國民基本教育
自然科學領域教學模組
研發模式與示例研發計畫
104 年成果報告

(四)

高中組

主題

高中物理即時回饋暨另類探究教學模組

委辦單位：教育部國民及學前教育署

承辦單位：國家教育研究院

計畫主持人：國家教育研究院曾世杰副院長

國立臺灣師範大學科學教育研究中心張俊彥主任

共同主持人：國立臺中教育大學科學教育與應用學系黃鴻博教授

國家教育研究院黃茂在副研究員

國家教育研究院吳文龍助理研究員

中華民國 105 年 3 月 31 日

目 次

一、基本資料	1
1.1 教學主題	1
1.2 研發團隊	1
1.3 內容綱要	1
1.4 學習內容與課綱結合情形	2
1.5 使用說明	2
二、模組架構	4
三、模組特色與亮點	6
四、教學活動	7
4.1 教學目標	7
4.2 教學素材	7
4.2.1 實驗工具說明	7
4.3 教學設計	9
4.4 已完成開發之模組試題	10
五、教學資源	13
5.1 教師專業發展	13
5.1.1 教學策略	13
六、試教成果	15
6.1 教學活動紀錄-試教答題分佈說明	15
6.2 教學成效試教結果分析	22
七、教學模組設計檢核表	30

圖 目 次

圖 4-1 簡易氣動桌照片	8
圖 4-2 氣動桌與光電閘	8
圖 4-3 光電控制計時器	9
圖 4-4 A、B 班教學流程設計圖	9
圖 5-1 光電閘導入展示圖	13
圖 5-2 改良型氣動桌	14
圖 6-1 i-pad 教室上課環境	29
圖 6-2 學生操作實況	29

表 目 次

表 1 學習內容與課綱結合情形一覽表	2
表 2 即時回饋系統使用方法與工具說明	2

一、基本資料

1.1 教學主題：高中物理即時回饋暨另類探究教學模組

1.2 研發團隊

◎指導教授：

張俊彥 國立臺灣師範大學科學教育中心主任

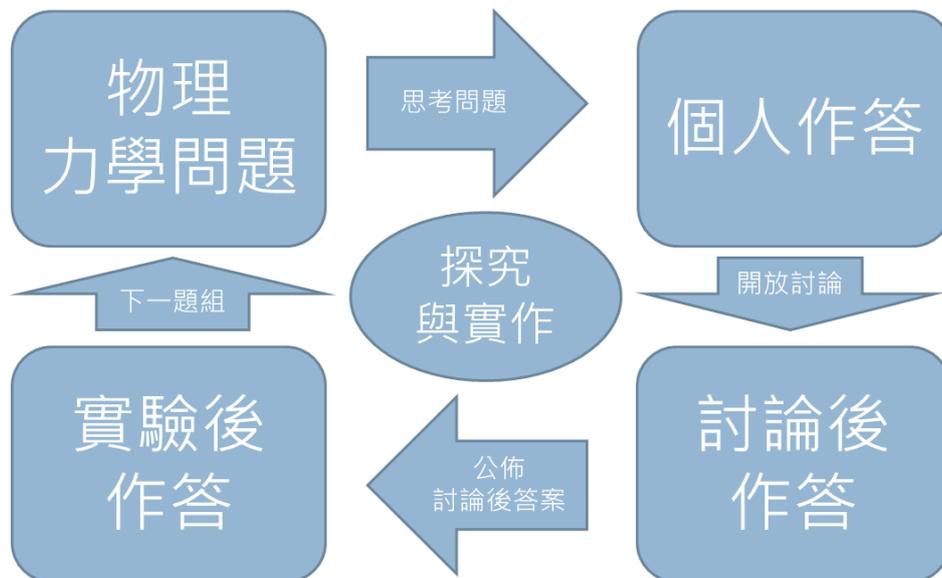
簡佑達 國立臺灣師範大學科學教育中心研究員

◎教材編撰、試教、修訂：

李育賢 國立金門高級中學教師

1.3 內容綱要

高中物理牛頓力學概念融入 clicker 或 CCR 線上即時回饋系統進行解題實驗教學。



中學物理即時回饋暨另類探究教學模組

1.4 學習內容與課綱結合情形

表 1 學習內容與課綱結合情形一覽表

主題	次主題
物質系統(E)	力與運動(Eb)
PEb-V a-1	質點如在一平面上運動，則其位移、速度、加速度有兩個獨立的分量。
PEb-V a-2	直線等加速運動（如自由落體運動），其位移、速度、加速度與時間的數學關係。
PEb-V a-3	二質點在同一直線上運動，其相對速度為二質點速度之差。
PEb-V a-4	簡諧運動為一周周期性運動，其位移和速度可用時間的正弦函數或餘弦函數表示。
PEb-V a-5	質點如在一平面上運動，則其位移、速度、加速度有兩個分量，應用向量表示，例如拋體運動，其軌跡是拋物線。
PEb-V a-6	質點作等速圓周運動時其速率及角速度不變，但有向心加速度，因此速度的方向會改變。
PEb-V a-7	力是向量，可以分解和合成。
PEb-V a-8	牛頓三大運動定律包括慣性定律、運動定律、作用與反作用定律。
PEb-V a-9	牛頓第二運動定律的應用（如簡諧運動及等速圓周運動）。
PEb-V a-10	質點的動量等於質點的質量乘以速度，其時間變化率等於質點所受作用力。衝量等於動量的變化。
PEb-V a-11	質點系統的動量對時間的變化率等於外力的總和，如外力的總和為零，則系統動量守恆。

1.5 使用說明

本模組引導討論採取的方式是即時回饋系統，可以即時收集到學生作答的結果，讓教師了解學生的學習成效，這一點是本模組最大的特點，也是最重要的教學過程。我們可以給予教師以下三種方式進行學生答題的收集。

表 2 即時回饋系統使用方法與工具說明

	方法與工具	說明
方式一：	各組舉紙牌呈現討論後答案	只能做小組答案簡易的統計
方式二：	clicker 即時回饋系統	售價高且非各校皆有
方式三：	CCR 線上即時回饋系統	手機、平板、電腦皆可使用，並且免費

CCR使用教學網頁與連結

簡易版

□ 學生(免註冊)

ccr.tw

□ 老師

ccr.tw/teacher

專業版

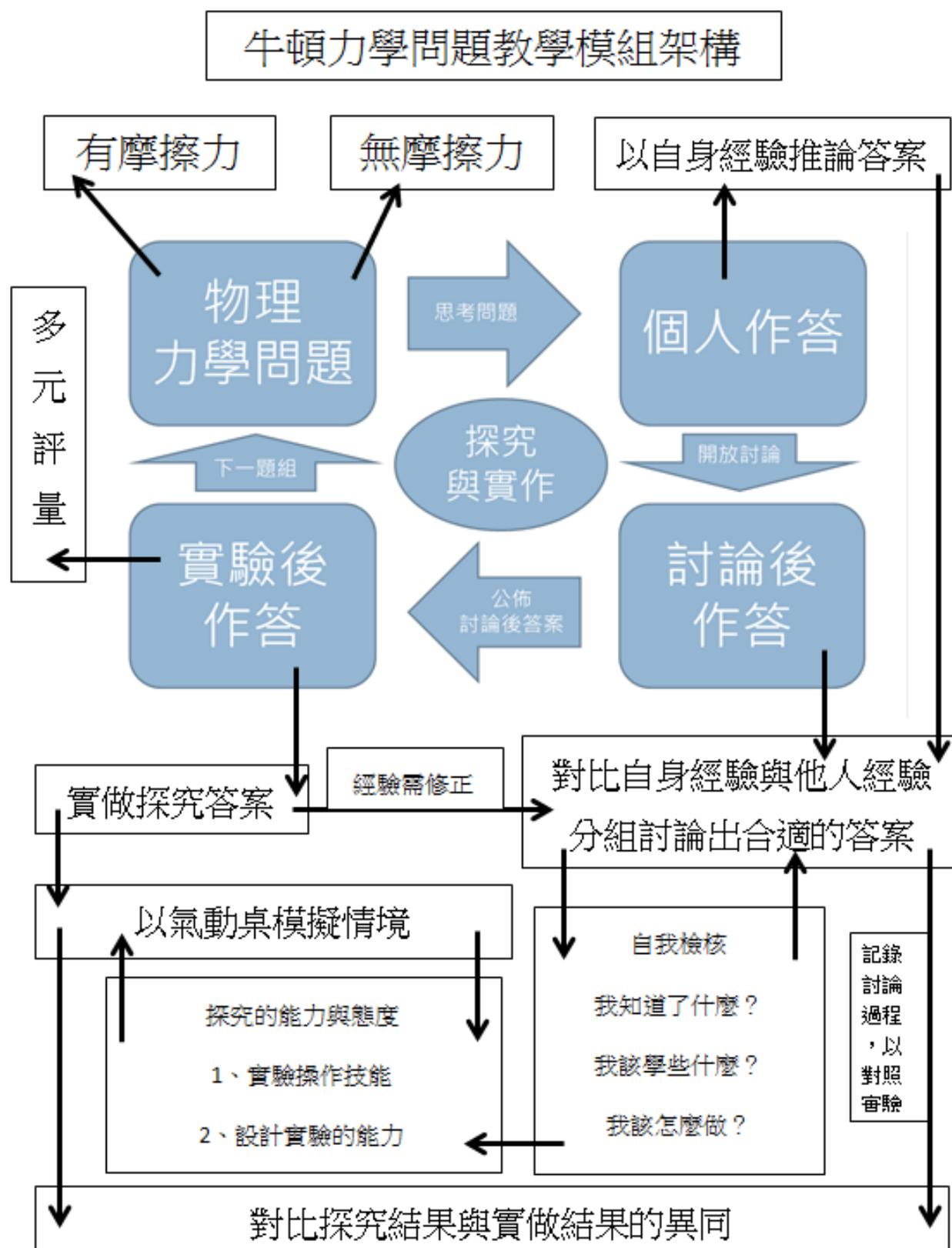
□ pro.ccr.tw

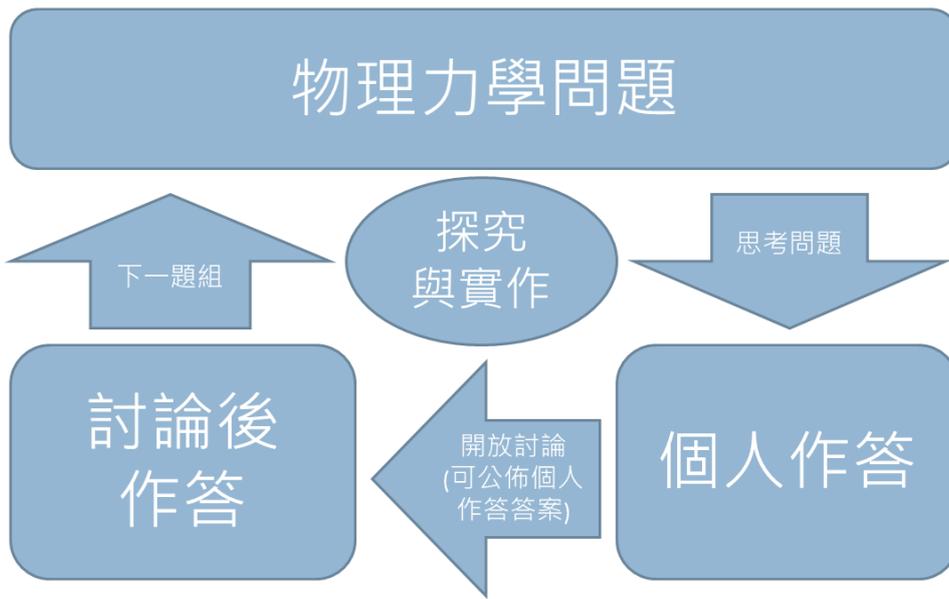
The screenshot shows the homepage of Professor Zhang Junyan's CCR website. At the top, there is a navigation bar with links for '個人簡歷', '學術論著', '研究計畫', '榮譽獎勵', '專業學會', and '國際邀請演講'. Below this is a header section with a profile picture and the text '張俊彥教授 張俊彥 師大講座教授 科普英雄幫幫忙-蝙蝠俠'. A central banner features a photo of Professor Zhang in a Batman costume. Below the banner, there is a section for 'AD PLAZA' with a date of 2015.04.11. A '最新消息' section lists a recent publication: 'Wu, L. Y., Chang, C. L., Liu, H. H., Wu, P. H., Lei, Y. C. & Lu, H. Y. (2015). Piloting a collaboration between education and broadcast journalism in Taiwan. Science Communication, 37(4), 642-648. (SSCI)'. A '媒體報導' section includes a link to '金門高中與台師大 緊密聯繫' and a 'Cloud Classroom 雲端教室系統' logo with an arrow pointing to '在這'. The footer contains navigation links for 'Home', 'Location', 'Research Team', 'Wikipedia', '醫療設備說明', and 'Facebook', along with contact information for the National Sun Yat-sen University Science Education Research Center and Institute of Science Education.

本模組希望各位老師在沒有增購設備的情況下，依舊可以進行，CCR 的使用非常的簡單，可以參考張俊彥教授首頁 CCR 連結，網頁中有詳盡的使用說明，至於網址則可以依使用的需求，於瀏覽器中輸入上述網址即可。

The screenshot shows the login page of the CCR system. At the top, it says 'CCR' and features the 'Cloud Classroom C.C.R.' logo. Below the logo is a dropdown menu with '我是老師' selected. There are two input fields: '請輸入EMAIL' and '請輸入密碼'. A '確定送出' button is located below the password field. There is a link for '忘記密碼?' and a section for '用FB帳號快速登入' with a 'Facebook' button. At the bottom, there is a 'Language: 中文' dropdown menu and the URL 'http://pro.ccr.tw'.

二、模組架構





※若無實驗操作，教學模組可以簡化為上圖的方式

三、模組特色與亮點

- (一)個人作答即時回饋統計：立即分析學生盲點
- (二)簡易實驗：小組討論差異化教學，並由教師引導，實作探討物理
- (三)科技輔助學習：由行動裝置錄影，幫助學生重複觀察
- (四)緊扣課綱：可完全詮釋力與運動中大部份內容

模組亮點(科技、互動、實驗)



教學方式微改變，科學探索大發現

四、教學活動

4.1 教學目標

1、突破生活情境與理想情境的困難點

(1)生活中的經驗:

物體受力後移動，會自然減速至停止。

(物體儲存的力會由於運動而被消耗完；物體不受力則不移動)

(2)牛頓力學:

若物體受合力為 0，則維持原先的運動狀態（等速直線運動或靜止）

(3)學生學習的困難點:

無法消除生活中運動的阻力(靠氣動桌輔助)

2、傳遞概念問題

引發學生的假說以暴露迷思概念。

3、簡易實驗

對應概念問題，以簡易器材輔助學生挑戰迷思概念，並協助學生檢驗假說與修正解釋。

4、其他

激發老師平常不易發覺的問題。

4.2 教學素材

4.2.1 實驗工具說明

1. 本次的題型為力學題目，題目皆是要在理想無摩擦的狀態下，學生才能選出正確的答案。但實際上，學生若拿手邊的工具做簡單的實驗去尋找答案時，會因為日常生活中阻力的存在，而且幾乎不可乎略，在此情況下，學生因為實驗的精神而答錯，實在可惜。此模組的力學題目有想到一個簡單的氣動桌道具，可以擺在分組桌供學生自由的使用，此道具可以讓物體因為氣體的上升推力，可以製造出微小阻力近乎無摩擦的效果。因此，學生在找尋平面或是斜面問題的答案時，就可以用此道具來做簡易的實驗。

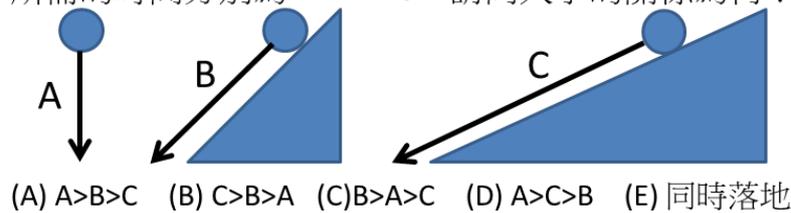


圖 4-1 簡易氣動桌照片

2. 氣動桌融入

本次施測 5 題題目，學生普遍皆可以在小組討論或是實驗驗證後，正確的答案的選答率會有明顯的提升，在本文中只針對一題，進行分析與探討，因為在教學的過程中筆者發現，本題學生有非常強的迷失概念，故針對此題希望了解學生在物理邏輯推演上的困難點，與如何幫助學生答對來調整教學的策略。本題題目如下：

例：光滑的不同斜面上，相同高度下釋放球至落地所需的時間分別為A、B、C。請問大小的關係為何？



本次有迷思概念的力學題目

約有半數的學生會選 E 選項，即使經過討論後，選 E 的同學比例依然不低，對此，原本預計學生在動手做實驗過後可以改變選答，卻在 B 班的教學結果中發現，學生會合理化實驗的結果，使之與討論結果穩合。



圖 4-2 氣動桌與光電閘



圖 4-3 光電控制計時器

4.3 教學設計

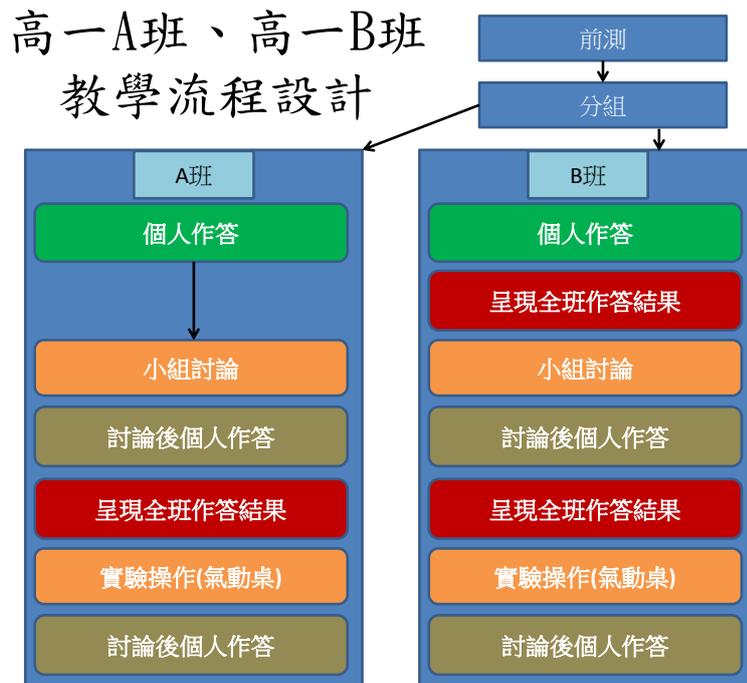


圖 4-4 A、B 班教學流程設計圖

4.4 已完成開發之模組試題

模組試題 1		
試題	選項	迷思概念
有一個曲棍球被放置在平滑，沒有摩擦力的冰面上。下列哪個方式可使這個曲棍球沿著平行於冰面的方向持續進行等速度運動？	(1)沿著平行於冰面的方向，以固定的力道使用球棍持續推著曲棍球。	有磨擦力的情況需如此作用，但本題為無摩擦力。
	(2)沿著平行於冰面的方向，使用球棍敲擊曲棍球一次即可。	
	(3)沿著平行於冰面的方向，使用球棍敲擊曲棍球一次。但是敲擊的力道一定要大於曲棍球的重量。如果敲擊的力道小於曲棍球的重量，曲棍球不會移動。	F=ma 的概念不完全理解，本題敘述有施力即可，不用超過重量的力量。
	(4)沿著平行於冰面的方向，使用球棍敲擊曲棍球。但是要注意隨時再補上一棍，曲棍球隨時可能會停下來。	有磨擦力的情況需如此作用，但本題為無摩擦力。但本選項的作用方式也不會等速。
實驗桌操作方式		
開啟氣動桌幫浦，對曲棍球撞擊		

模組試題 2		
試題	選項	迷思概念
在不開啟幫浦的狀態下，在氣動桌上敲擊曲棍球一下，當球棍離開曲棍球後，曲棍球最可能以哪種方式進行運動？	(1) 持續不斷減速至停止。	
	(2) 維持等速移動。	與無摩擦力情境搞混
	(3) 等速移動一段時間，才開始減速至停止。	F=ma 的概念不完全理解，若有摩擦力，加速度是馬上開始的。
	(4) 加速移動一段時間，才開始減速至停止。	F=ma 的概念不完全理解，若有摩擦力，加速度是馬上開始的。
實驗桌操作方式		
關閉氣動桌幫浦，對曲棍球撞擊		

模組試題 3

試題	選項	迷思概念
將曲棍球水平放置在開啟幫浦的氣動桌上，以水平方向敲擊曲棍球一下。當球棍離開曲棍球後，曲棍球會以何種的方式運動？	(1) 持續減速至停止。	誤認為有摩擦力的情況
	(2) 先加速一小段時間，再開始減速至停止。	F=ma 的概念不完全理解
	(3) 等速移動一段時間，才開始減速至停止。	F=ma 的概念不完全理解
	(4) 以上皆非。	
實驗桌操作方式		
開啟氣動桌幫浦，對曲棍球撞擊		

模組試題 4

試題	選項	迷思概念
假使你站在一輛等速直線前進的公車內，公車的行駛速度相當快。若公車司機突然緊急煞車，你最可能以何種方式運動？	(1) 朝向公車行駛的方向滑動	
	(2) 留在原地，不會移動	
	(3) 以相反於公車行駛的方向滑動	分不清啟動與煞車
	(4) 以上皆非	
實驗桌操作方式		
開啟或關閉氣動桌幫浦，放曲棍球於桌面上，抽離氣動桌並急停，觀察其運動		

模組試題 5

試題	選項	迷思概念
兩個水平相疊的曲棍球在氣動桌上直線前進。若位於下方的曲棍球撞擊到直尺而停住，則上方的曲棍球將如何運動？	(1) 向後飛	實驗時沒注意到尺也撞到上面的曲棍球
	(2) 與下方的曲棍球一起停住	
	(3) 向前飛	
	(4) 以上皆非	
實驗桌操作方式		
開啟或關閉氣動桌幫浦，疊放 2 個曲棍球於桌面上，推動使其撞擊其中一顆		

模組試題 6		
試題	選項	迷思概念
你把曲棍球水平放在汽動桌上(不開幫浦),突然猛力把氣動桌向右一拉。相對於氣動桌而言,曲棍球最可能如何運動?	(1) 不動(維持在氣動桌上的原先位置)	
	(2) 向右移動至停止	以為曲棍球也同時受力往右跑
	(3) 向左移動至停止	
	(4) 以上皆非	
實驗桌操作方式		
開啟或關閉氣動桌幫浦,放曲棍球於桌面上,抽離氣動桌並觀察其運動		

模組試題 7		
試題	選項	迷思概念
你把曲棍球水平放在汽動桌上(打開幫浦),突然猛力把氣動桌向右一拉。與未開幫浦的實驗相比,曲棍球的運動狀態有何不同?	(1) 接近不動	
	(2) 向右移動至停止	
	(3) 向左移動至停止	
	(4) 以上皆非	
實驗桌操作方式		
開啟或關閉氣動桌幫浦,放曲棍球於桌面上,抽離氣動桌並觀察其運動		

教師示範實驗

1. 氣動桌
2. 急速停下的椅子(上面乘載著書)
3. 為何需要安全帶

教師需解釋慣性為物體的自然趨勢

在合力為零的情況下,維持原先的運動狀態;若移動則為等速直線運動

五、教學資源

5.1 教師專業發展

5.1.1 教學策略

教學策略：以類似題輔助

例：光滑且長度相同斜面上，靜止釋放球至落地所需的時間分別為A、B、C。請問大小的關係為何？



(A) $A > B > C$ (B) $C > B > A$ (C) $B > A > C$ (D) $A > C > B$ (E) 同時落地

光電閘導入



圖 5-1 光電閘導入展示圖

改良型氣動桌

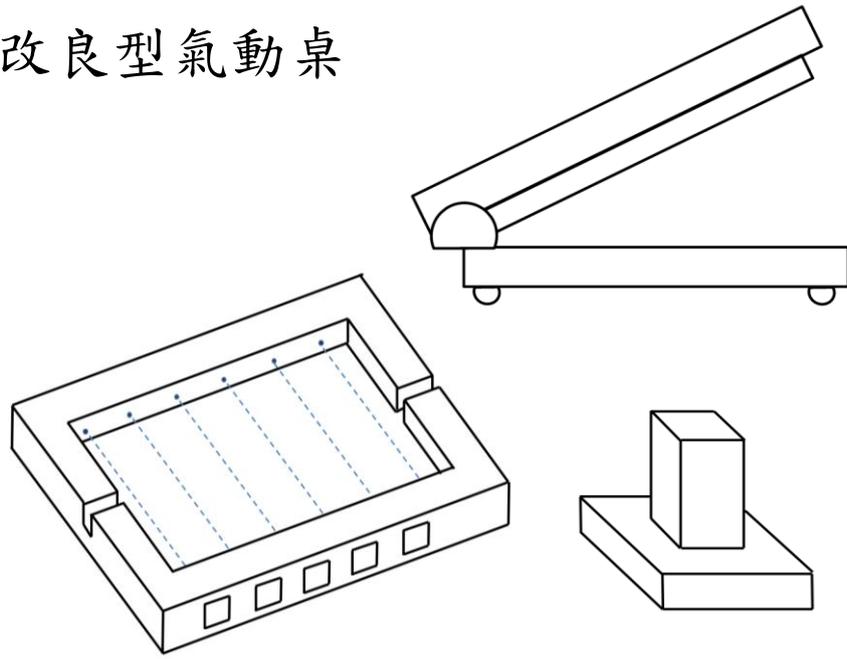


圖 5-2 改良型氣動桌

六、試教成果

6.1 試教答題分佈說明

本模組有兩班試教成果：

107 班為 A 組，109 班為 B 組，共施測 10 多題氣動桌題目，本次以較具代表性的 3 題來呈現結果。本分佈表以前測(1 次)、實驗過程答題分佈(3 次)、後測(1 次)，共 5 次答題總人數供參考，前後測與實驗答題時間差距一個月以上，並以下表作為學生信心指數以確認學生答題信心程度。

上課用信心指數對照表(選 A 為 1 分，選 F 為 6 分)

自我檢核(分數愈高信心愈大)

□ 你對你的預測
很有信心嗎？

(A)0% (B)20%
(C)40% (D)60%
(E)80% (F)100%

總人數為完成前後測驗並全程參與實驗的同學，本實驗模組以 clicker 做為即時作答收集工具

◎A 組(107 班)沒討論前沒 show 答案，討論後 show 答案

第一題試題

下圖表示一靜止曲棍球，放置在無摩擦的光滑桌面上，若突然受到方向如粗箭頭所示的水平打擊。若空氣阻力可忽略不計，並從正上方向下俯視，則：



- (A)立刻停止運動。
- (B)繼續以固定速率運動一段時間，然後減慢到停止。
- (C)立刻開始減慢直到停止。
- (D)持續以固定速率運動。
- (E)速率增大一段時間，然後開始減慢到停止。

第一題前測

A	B	C	D	E	總人數
0	2	2	17	9	30

實驗模組過程

A	B	C	D	E	總人數
0	3	1	20	6	30
沒 show 答案，平均信心指數 4.8					
A	B	C	D	E	總人數
0	1	0	28	1	30
show 答案，平均信心指數 5.6					
A	B	C	D	E	總人數
0	1	0	29	0	30

第一題後測

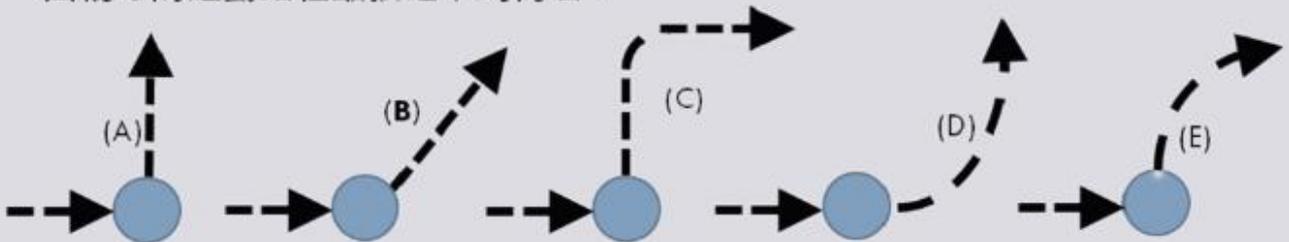
A	B	C	D	E	總人數
0	3	1	25	1	30

第二題試題

下圖表示同一曲棍球以一固定速率 v_0 ，在一無摩擦的光滑平面上沿一直線，由a點滑行到b點。若空氣阻力可忽略不計，並從正上方向下俯視，當曲棍球到達b點時，突然受到方向如粗箭頭所示的水平打擊。(設曲棍球為質點)



此一固定速率的曲棍球受到此一打擊之後（指曲棍球離開球棍之後），曲棍球的運動路徑最接近下列何者？



第二題前測

A	B	C	D	E	總人數
7	11	0	8	4	30

實驗模組過程

A	B	C	D	E	總人數
8	13	0	5	4	30

沒 show 答案，平均信心指數 4.7

A	B	C	D	E	總人數
9	13	0	6	2	30

show 答案，平均信心指數 4.2

A	B	C	D	E	總人數
18	11	0	0	1	30

第二題後測

A	B	C	D	E	總人數
6	18	1	2	3	30

第三題試題

- 三個相同物體靜止放置於相同高度處釋放，三種情況如圖所示，斜面光滑無摩擦力。釋放後至落地所需的時間分別為A、B、C。請問A、B、C大小的關係為何？



- (A) $A > B > C$ (B) $C > B > A$ (C) $B > A > C$
 (D) $A > C > B$ (E) 同時落地

第三題前測

A	B	C	D	E	總人數
13	11	3	0	3	30

實驗模組過程

A	B	C	D	E	總人數
7	13	3	0	7	30

沒 show 答案，平均信心指數 4.3

A	B	C	D	E	總人數
3	21	3	0	3	30

沒 show 答案，平均信心指數 4.2

A	B	C	D	E	總人數
0	20	1	0	9	30

第三題後測

A	B	C	D	E	總人數
5	15	2	0	8	30

◎B 組(109 班)沒討論前有 show 答案，討論後 show 答案

第一題試題

下圖表示一靜止曲棍球，放置在無摩擦的光滑桌面上，若突然受到方向如粗箭頭所示的水平打擊。若空氣阻力可忽略不計，並從正上方向下俯視，則：



- (A)立刻停止運動。
- (B)繼續以固定速率運動一段時間，然後減慢到停止。
- (C)立刻開始減慢直到停止。
- (D)持續以固定速率運動。
- (E)速率增大一段時間，然後開始減慢到停止。

第一題前測

A	B	C	D	E	總人數
2	3	1	17	7	30

實驗模組過程

A	B	C	D	E	總人數
0	3	1	19	7	30
show 答案，平均信心指數 4.8					
A	B	C	D	E	總人數
0	0	0	29	1	30
show 答案，平均信心指數 5.2					
A	B	C	D	E	總人數
0	0	0	30	0	30

第一題後測

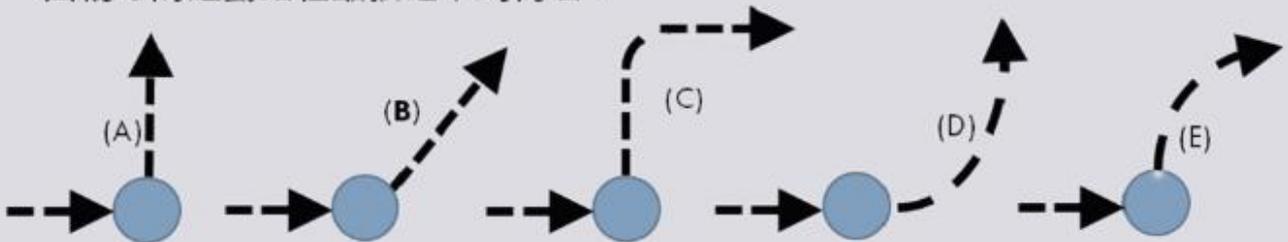
A	B	C	D	E	總人數
1	4	0	23	2	30

第二題試題

下圖表示同一曲棍球以一固定速率 v_0 ，在一無摩擦的光滑平面上沿一直線，由a點滑行到b點。若空氣阻力可忽略不計，並從正上方向下俯視，當曲棍球到達b點時，突然受到方向如粗箭頭所示的水平打擊。(設曲棍球為質點)



此一固定速率的曲棍球受到此一打擊之後（指曲棍球離開球棍之後），曲棍球的運動路徑最接近下列何者？



第二題前測

A	B	C	D	E	總人數
10	10	3	4	3	30

實驗模組過程

A	B	C	D	E	總人數
7	14	0	6	2	30

show 答案，平均信心指數 4.6

A	B	C	D	E	總人數
5	24	0	2	0	30

show 答案，平均信心指數 4.8

A	B	C	D	E	總人數
15	15	0	0	0	30

第二題後測

A	B	C	D	E	總人數
7	19	0	3	1	30

第三題試題

- 三個相同物體靜止放置於相同高度處釋放，三種情況如圖所示，斜面光滑無摩擦力。釋放後至落地所需的時間分別為A、B、C。請問A、B、C大小的關係為何？



- (A) $A > B > C$ (B) $C > B > A$ (C) $B > A > C$
 (D) $A > C > B$ (E) 同時落地

第三題前測

A	B	C	D	E	總人數
10	8	4	1	7	30

實驗模組過程

A	B	C	D	E	總人數
8	9	1	0	12	30

show 答案，平均信心指數 5

A	B	C	D	E	總人數
1	11	0	1	18	30

show 答案，平均信心指數 5.1

A	B	C	D	E	總人數
1	7	0	1	21	30

第三題後測

A	B	C	D	E	總人數
3	14	1	0	12	30

6.2 教學成效-試教結果分析

一、氣動桌輔助教學

本教學模組共進行十題試教，本次列舉三題具有其代表性的題目，分別說明如下列。

第一題：簡單且好實驗觀察，能夠達成共識的題目。

第二題：若正確的進行實驗操作能夠合理的推論出答案。

第三題：需有物體具有加速度大小差異的概念，實驗較不易觀察出明顯的差異，要有邏輯思維以輔助答題。

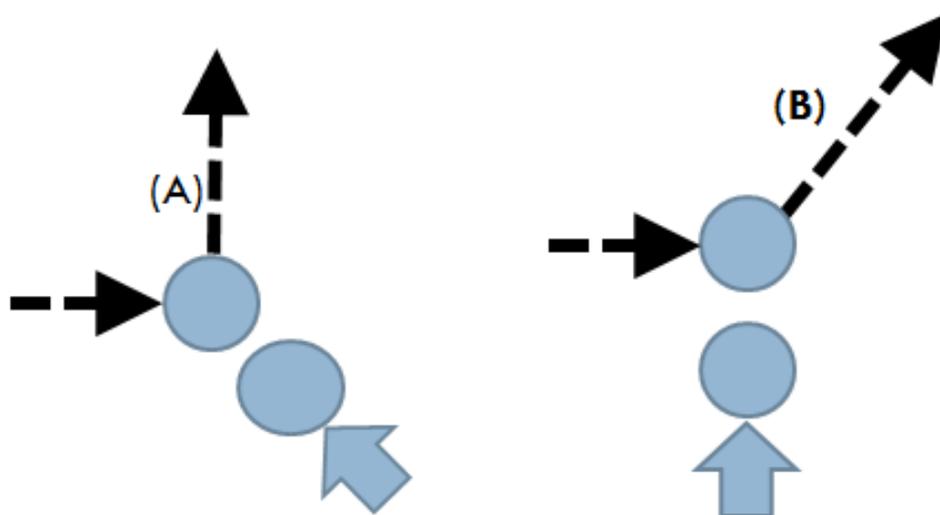
二、針對 A 組與 B 組之答題數據呈現，說明與分析如下：

第一題：

A 組與 B 組在前測時皆有 17 人次答對，經過一系列過程後，A 組高達 29 人答對，B 組則有 30 人答對，學生在答題的過程中，普遍信心提升許多。後測 A 組有 25 人次答對，B 組有 23 人次答對，在與前測的結果比較後，皆有明顯的進步，可以得知較簡單的題目對學生而言，學生作答即時公佈與否，對學生答題的後測能力皆有明顯提升的作用。

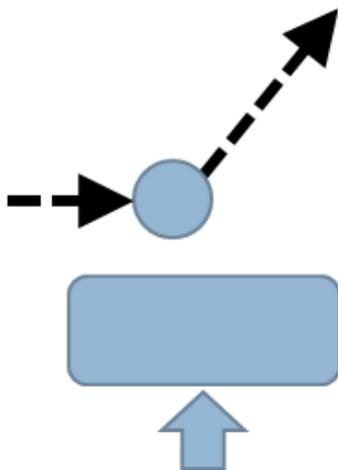
第二題：

A 組前測 11 人次答對，B 組的前測 10 人次答對，A 組後測 18 人次答對，B 組則有 19 人次答對，前後測成績一樣有明顯進步，但是本題在實驗後答題的分佈，發現很有趣的現象，幾乎半數的同學實驗過後選擇錯誤的 A 答案，我們以下圖做為說明分析。



正確的實驗方式應該以 B 圖為主，不過學生幾乎是以 A 為主的撞擊方式，甚至有做出兩個結果卻選擇合理化 A 的答案。在這題我們所提供的實驗器材，在學生思辨能力不夠的情況下，且沒有足夠的提示下，很容易讓學生相信眼前的直覺而不是去思考自己的實驗方式是否有誤。

若要在器材上改進需以方型的撞擊器即可，但圓型的撞擊器也有增進同學思考與討論的優點。



學生若以方型撞擊器撞擊可以得到比較正確的實驗結果

第三題：

第三題前測 A 組有 11 人答對，B 組則有 8 人，後測 A 組有 15 人答對，B 組有 14 人，答題的過程中可以看見 A 組在未公佈個人結果進行討論後投票，答題的分佈往正確的方向集中，而 B 組在公佈個人結果後進行討論投票，明顯的趨向答案 E，而實驗過後也沒有答題分佈也沒有比較偏向正確的答案，而是同學們開始進行合理化答案的過程，主因是氣動桌斜面在 30、60 度相同高度的曲棍球滑下時時間並沒有明顯的差異，讓學生在這實驗後有機會合理化結果，而非調整實驗的方式。若在此老師可以提示斜面可以在趨進水平一些，或許答題的分佈會有趨向正確的變化。

約有半數的學生會選 E 選項，即使經過討論後，選 E 的同學比例依然不低，對此，原本預計學生在動手做實驗過後可以改變選答，卻在 B 班的教學結果中發現，學生會合理化實驗的結果，使之與討論結果穩合。

本次兩班對照組分別為 A 班與 B 班，皆為高一正在進行基礎物理課程的班級，2 班各 30 名完成前測、教學與後測三部分的實驗，其中 A 班個人投票後到討論完之前沒公佈答案，B 班則每一階段投票皆有公佈答案，A、B 兩班皆於 2015 年 1 月完成(1)前測，在 4 月份完成牛頓力學的單元後，即進行本次教學實驗，並於 4 月完成教學實驗：(2)個人作答、(a)信心指數 a、(3)討論後作答、(b)信心指數 b、(4)實驗後作答，本實驗為物理課堂上實施，在實施的前一周，就開始對學生進行此模式的教學方式，並同步錄音、錄影與即時回饋的方式讓學生習慣本次實驗題的教學情境，讓學生在本次研究受到外在干擾因素達到最小，教學後老師對學生進行講解該題的物理。並在沒有預告下，於 5 月底進行(5)後測作答，A、

B兩班的力學題目與實驗結果如附圖所示。在期間，我們亦使用即時回饋系統，以統計學生的信心程度，觀察A、B兩班在不同模式下，學生信心程度的變化。

上課用信心指數對照表(選A為0分，選B為20分，選C為40分，選D為60分，選E為80分，選F為100分，信心指數以全班平均值呈現)

自我檢核(分數愈高信心愈大)

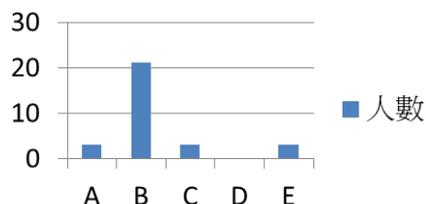
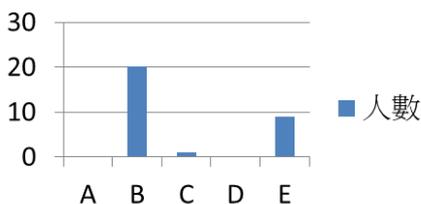
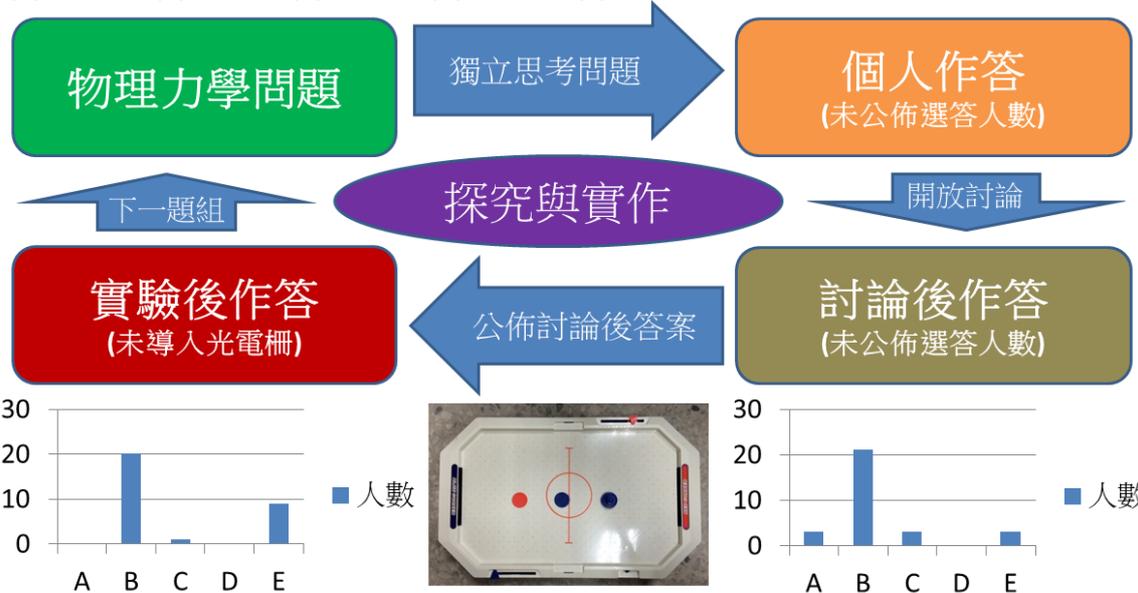
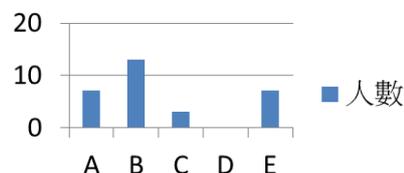
□你對你的預測很有信心嗎？

(A)0% (B)20%
(C)40% (D)60%
(E)80% (F)100%

例：光滑的不同斜面上，相同高度下釋放球至落地所需的時間分別為A、B、C。請問大小的關係為何？

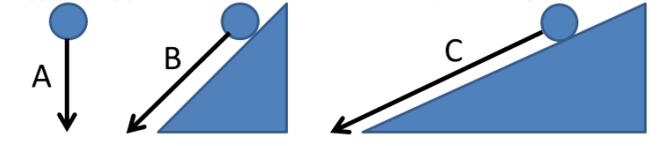
(A) $A > B > C$ (B) $C > B > A$ (C) $B > A > C$ (D) $A > C > B$ (E) 同時落地

A班作答分佈

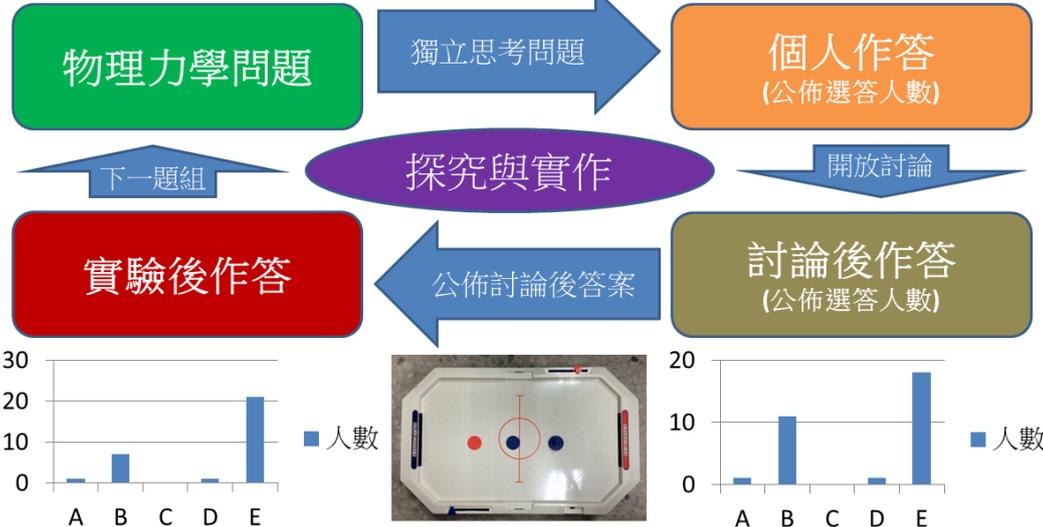
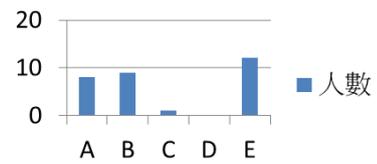


A班教學流程(含題目、選項變化)

例：光滑的不同斜面上，相同高度下釋放球至落地所需的時間分別為A、B、C。請問大小的關係為何？



B班作答分佈



B班教學流程(含題目、選項變化)

班級	A 班						B 班					
	A	B	C	D	E	total	A	B	C	D	E	total
(1)前測作答	13	11	3	0	3	30	10	8	4	1	7	30
實驗模組過程												
(2)個人作答	7	13	3	0	7	30	8	9	1	0	12	30
(a)信心指數 a	平均信心指數 66						平均信心指數 80					
公佈與否	沒公佈選答人數						公佈選答人數					
(3)討論後作答	3	21	3	0	3	30	1	11	0	1	18	30
(b)信心指數 b	平均信心指數 64						平均信心指數 82					
公佈與否	沒公佈選答人數						公佈選答人數					
(4)實驗後作答	0	20	1	0	9	30	1	7	0	1	21	30
後測												
(5)後測作答	5	15	2	0	8	30	3	14	1	0	12	30

本次施測的題目為物理課上常見的力學問題，依題目的提示讓學生回答在不同的斜度的光滑斜面情況下，讓質點以相同高度條件下釋放後，落下時間的差異，由表中可以得知，(1)前測作答至(2)個人作答 A 班在老師純授課後作答額外增加 2 人答對，而 B 班在老師純授課的情況下只有增加 1 人答對，A 班在討論作答前，並沒有公佈班上答題分佈，而 B 班則有，可以發現 B 班在(3)討論後作答的分佈漸趨向 E 選項，而 A 班則漸趨正確的 B 選項，有趣的是，實驗過後，施行(4)實驗後作答並沒有辦法導正 B 班學生的答題趨勢，反而因公佈(3)討論後作答的答題分佈而讓選 E 的同學繼續增加。不過可以發現，(5)後測作答的部份，A 班答 B 的同學只增加 2 人，而 B 班則增加了 5 人，或許是在學生答錯後，經過老師的講解，反而印象比較深刻。

信心指數 a 與信心指數 b 的部份，A 班有些微的下降，B 班則些微上升，可以得知，若先公佈選項分佈的班級信心指數會上升，反之則下降。

此過程中也發現，學生習慣刻意的把斜面與平面的角度設定成 90 度、60 度與 30 度，而沒有想到可以用更小的角度來做實驗的反差，另一個常見的錯誤則是改變的斜面，卻忘了要由同一個高度落下。而且測量時間的部份，雖然學生都有嘗試使用手錶計時，但是卻感受不到其中的差異，只能憑感覺的選出答案，甚至本來推理正確同學也因此被實驗誤導，實驗的過程中，發現學生並不會想到這微小的時間差可以使用工具來做更精準的測量，而是合理化自己眼睛所看到的感覺。所以要使用本教學方式，還需要再給學生多一點提示與設備。

實驗的過程中也發現，若斜面不光滑可以明顯的做出 $C > B > A$ ，因而有部份學生認為摩擦力會讓落下時間不同，合理推論光滑無摩擦落下的時間就會相同。也有學生認為，因為高度相同，所以重力位能相同，因此落地的時間要一樣。

◎信心程度探討：

信心程度我們可以發現，除了第一題因為題目較簡單，學生信心度是提升的外，A 組的學生討論後信心度有些微下降的驅勢，而 B 組則有明顯上升的驅勢，但是信心度的上升，並沒有和答題的正確率成正比的關係，這是非常有趣的結果。

◎教師在進行探究與實作教學的可注意的事項：

本次試教主要讓學生自行討論實作，老師並沒有給任何的提示，結果意外的發現，學生在找答案的過程中，有部份的學生想盡辦法讓實驗符合自己預測，而非去討論實驗設計上的改進。因此，探究實做的課堂中，老師的角色在於提示學生往正確的實驗方式去比較想法的差異，用實驗找到正確的答案，並從中修正自己的主觀意識，這種輔助的教學，才能達成探究與實作教學的最大效能。

三、光電閘輔助氣動桌融入教學

有鑑於學生在高一經驗討論實驗後，並沒有因為做了實驗而驗證出真正的答案，而是更加合理化自己討論的結果，本次的實驗模組最終的希望就是可以以實驗導正學生的想法，進而提出判斷並修正既有的概念，因此我們針對學過高一基礎物理的高二，非理工取向的文組學生，以相同的題目於 2015 年 9 月初進行前測，依前測的分佈結果，再進行相同的教學模組，我們在分組的時候以前測的分數，與高一是否做過實驗，來差別化分組，分成六組，區分的方式如表：

組別	曾做過	答對 B	答一樣快 E		答 A	備註
一	●	●	●	●	●	
二	●	●	●	●	●	
三	●	●	●	●	●	
四	●	●	●	●	●	
五	●		●	●	●	
六	●	無	●	●	●	

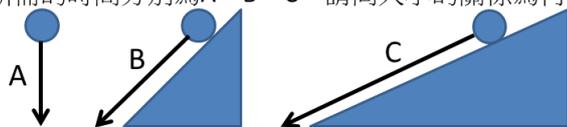
第五組第六組 4 人，其中第六組無前測答對的同學

光電閘輔助氣動桌教學流程如附圖，教學在 2015 年的 10 月中進行，依高一的實現結果與相關研究(2015, 簡佑達等)，本實教學在個人作答後，即公佈全班選答的分佈，分組討論後再次公佈選答人數分佈，學生答案明顯的保持在 E 選，這時候，進行小組實驗階段，不同的是，本實驗有別之前，另外增加光電閘以輔助氣動桌來驗證答案，再進行小組投票，這時發現，學生的選答分佈明顯的往正確的 B 選項移動，學生經過實驗後，不再合理化實驗的結果，而是相信實驗結果，相較於第一部份可以得知，學生普遍具有實驗的精神，但是若要使用小組實驗來改變學生的共識，以選答出正確的答案，實驗的器材需能提供更精密的指示供學生判斷，本次導入光電閘的目的也正是如此。

全班統計	A	B	C	D	E	Total
個人投票	7	6	1	0	14	28
討論後選答	6	8	0	0	14	28
實驗後選答	1	19	0	0	7	27

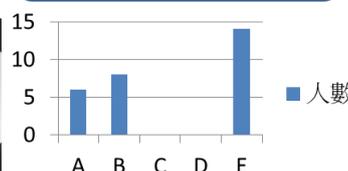
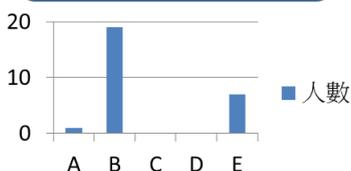
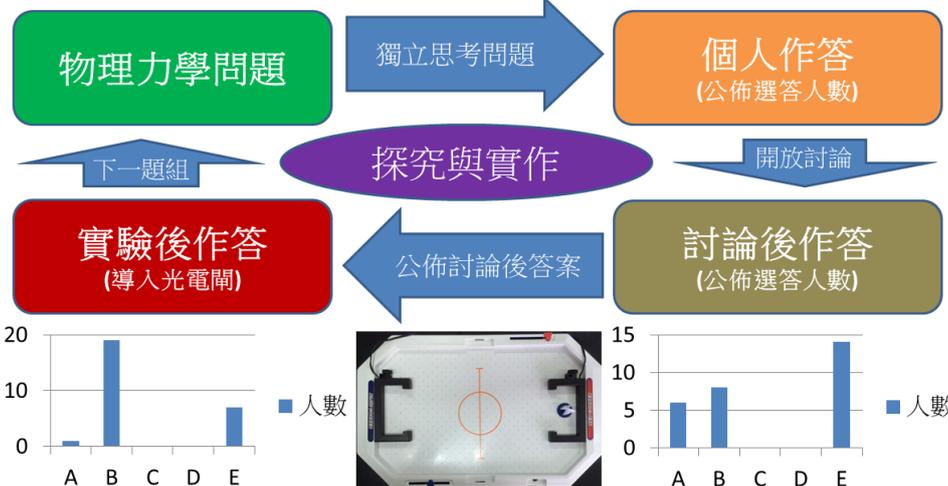
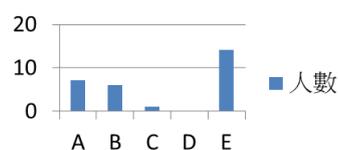
投票分佈，實驗後有 1 位同學放棄作答

例：光滑的不同斜面上，相同高度下釋放球至落地所需的時間分別為A、B、C。請問大小的關係為何？



(A) $A > B > C$ (B) $C > B > A$ (C) $B > A > C$ (D) $A > C > B$ (E) 同時落地

B班作答分佈



光電閘輔助氣動桌教學流程

本次實驗以每組一張學習單的方式，指派一名同學記錄其討論與實驗的過程，其餘同學則在實驗階段進行實驗，由教學結果發現，第六組個人作答時皆為E選項，討論後整組依舊為E選項，即使給他們良好的實驗工具，這組組員也實驗出正確的結果，但是為了合理化大家一致的想法，該組員還是認為時間差異可以乎略，並讓曲棍球有初速以符合時間相同的答案，因此可以發現，整組一開始皆答錯的情況下，依舊會想辦法合理化實驗的結果。該組的學習單在討論後的陳述如下：「大家覺的是E，因為斜坡沒有摩擦力」，而實驗過後陳述如下：「用光電計時器做之後的想法及看法是都一樣，雖然說一開始做發現數數字相差很多，之後多做幾次發現其實一樣」。教學的結果可以發現，若前測與個人作答沒有對該題有正確想法的同學，學生依舊對其所選答錯誤的答案，不論在討論與實驗後，都不會有所改變。

	學生 1	學生 2	學生 3	學生 4
個人作答	E	E	E	E
討論後作答	E	E	E	E
實驗後作答	E	E	E	E

第六組學生作答答案分佈

四、ipad 融入氣動桌與及時探究



圖 6-1-i-pad 教室上課環境



圖 6-2 學生以 i-pad 進行錄影、分析，並以 ccr 回答結果，以影片方式上傳。

除了光電柵以外，我們團隊以 ipad 進行影像分析，慢動作或是定格等功能讓學生可以鎖定特定的狀態來探索，平板電腦在登入 CCR 後，更成為一個回答問題的工具，是相當方便的方式。

七、教學模組設計檢核表

自然科學領域教學模組自我設計檢核表

主題：高中物理即時回饋暨另類探究教學模組

向度		對應項目	方式一 個人回答	方式二 分組討論	方式三 決定討論後答案	說明	備註	
基本理念與課程目標	1. 自發：以學習者為學習的主體，選擇適當的學習方式，促進自我理解，引發學習興趣與動機。		■	■	■			
	2. 互動：學習者應能廣泛運用各種工具，有效與他人及環境正向互動。		■	■	■			
	3. 共好：學習者應參與行動與他人建立適切的合作模式與人際關係，應用所學產生共好的效果。		■	■	■			
	4. 跨領域／科目：考量與其他領域或科目的關係							
核心素養	核心概念	1. 配合學習階段之核心概念		■	■	■		
		2. 具有跨科概念		■	■	■		
	探究能力	思考智能	(1) 想像創造			■	■	
			(2) 推理論證		■	■	■	
			(3) 批判思考		■	■	■	
			(4) 建立模型		■	■	■	
		(1) 觀察與定題		■	■	■		

向度		對應項目		方式一 個人回答	方式二 分組討論	方式三 決定討論後答案	說明	備註
	問題解決	(2)規劃與探究		■	■	■		
		(3)發現與解決		■	■	■		
		(4)討論與傳達			■	■		
科學的態度與本質	1. 培養科學探究的興趣		■	■	■			
	2. 養成應用科學思考與探究的習慣		■	■	■			
	3. 認識科學的本質			■	■			
教學設計	自然科學領域有效教學原則	1. 說明學習目標		■	■	■		
		2. 連結過去、現在和預想未來		■	■	■		
		3. 依知識或技能水準，適時調整教學		■	■	■		
		4. 教學內容選編或組織具有合理的論述		■	■			
		5. 教學內容採用不同表徵(圖像、文字、符號)		■	■			
		6. 引發科學思考與探索		■	■			
		7. 於教學小段落進行形成性評量		■	■	■		
		8. 適時歸納學習重點			■	■		
		9. 澄清科學的另有概念及易錯誤的原因			■	■		
		10.提供記憶、思考、實作與解決科學問題的機會		■	■	■		
		11.教導學習或解題策略，精熟學習			■	■		
培養科學潛能	1. 加入設計元素，保留科學創造的空間		■	■	■			
	2. 引導投入科學志業			■				

