

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

教師組 教案表單與學習單

教案設計者： 曾美蓮
課程領域：
<input checked="" type="checkbox"/> 物理 <input type="checkbox"/> 化學 <input type="checkbox"/> 生物 <input type="checkbox"/> 地球科學 <input type="checkbox"/> 科技領域 <input type="checkbox"/> 其他
教案題目：
我比牛頓還快!
授課時數：
2 小時(2 節課)
教案設計理念與動機：
<p>自從台北市推動一生一平板計畫後，使得每個孩子都能有行動載具，達到落實平等學習的理念，教師端要如何設計課程幫助學生學習便是一大課題，而此時和平高中使用的平板是 IOS 系統的 Ipad，因此如何善加利用平板於教學上，且能幫助學生容易發現物理現象的規則之外，加上現在許多人使用的手機是 IOS 系統的 Iphone、Ipad，更能讓孩子們認識到物理可以無所不在。</p> <p>最後由於課程進度考量上，所以在課程中讓各組作的實驗數據不是很多，但我自己也有重複做該項實驗並增加實驗數據，可讓實驗結果更加明顯，可於實驗課程最後讓學生們看到我的數據結果。</p>
教學目標：
<p>利用 IOS 系統的兩種 App：[Video Phycis]與[Graphical GW]，便能作影像分析並求出滑車作等加速度運動時的加速度，進而取代傳統的實驗方法-打點計時器。</p> <p>過去物理課程當中要帶領學生作牛頓第二運動定律實驗時，皆是利用打點計時器做軌跡紀錄，而打完點之後還要利用打點帶上的軌跡求出滑車的位移，進而才能算出滑車的平均速度與平均加速度，但有了以上兩種 App 之後，學生能夠在釋放完滑車體之後，便能立刻利用平板 Ipad 作影像分析並找到滑車的加速度，省略了繁複的計算過程，更可將節省的時間用來帶領學生建模。</p>
教育對象：
高中二年級生(自然組)

課程設計 (方法與步驟) :

一、課程大綱圖：

第一節課

1. 收集數據-固定質量的牛頓第二定律
引導學生熟悉實驗步驟

約
20
分鐘



2. 利用Video Physics進行影像分析

約
5
分鐘



3. 利用Graphical GW分析出加速度

約
5
分鐘



4. 給予各組時間分析出每次的加速度

約
15
分鐘



第二節課

1. 收集數據-固定外力的牛頓第二定律

約
20
分鐘



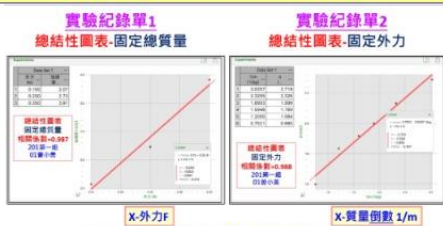
2. 利用Graphical GW製作總結性圖表

約
15
分鐘



3. 引導觀察總結性圖表並建模

約
10
分鐘



4. 實驗歷程報告做為學習評量依據

回家
作業





二、第一節課：目的為引導學生熟悉實驗步驟與 App 進行影像分析步驟，共 45 分鐘，5 分鐘彈性

■課程內容簡報與課程詳細步驟：

1.引導學生實驗操作過程與注意事項(步驟解說 5 分鐘，實驗收集滑車影像 15 分鐘)

<p>實驗-用ipad驗證牛頓第二定律</p> 	<p>實驗器材</p> <ul style="list-style-type: none"> •滑車軌+滑車 •掛勾1個 •砝碼5~7個 •長尾夾1個 •ipad一人一台 	<p>分別測量下列狀況的加速度 $x+y=4$</p> <table border="1"> <tr> <td>砝碼數</td> <td>$x=3$</td> <td>$x=2$</td> <td>$x=1$</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$y=1$</td> <td>$y=2$</td> <td>$y=3$</td> </tr> </table> <p>m_2g (砝碼+掛勾)</p> <p>a</p> <p>利用影像分析求出 a</p> 	砝碼數	$x=3$	$x=2$	$x=1$		$y=1$	$y=2$	$y=3$
砝碼數	$x=3$	$x=2$	$x=1$							
	$y=1$	$y=2$	$y=3$							
<p>實驗操作注意事項</p> 	<p>1.將軌道固定在實驗桌一側如圖</p> 	<p>2.將軌道固定與實驗桌垂直</p> 								
<p>4.車頭貼上橘色標籤紙</p> <p>3.利用長尾夾固定滑車上的砝碼</p> 	<p>5.棉線跨過掛勾掛勾要和棉線平行</p> 	<p>6.掛勾下放巧拼避免撞擊</p> <p>7.準備錄影囉</p> <p>確認錄影畫面可以將軌道全部包進去</p> 								

2.引導學生利用 Ipad 中的 App-[Video Physics]做滑車的每一次軌跡影像分析步驟(引導 5 分鐘)

<p>Video physics 基礎教學</p> 	<p>1.選擇好的影片</p> 	<p>2.找到剛剛錄製的影片後按下[使用]</p> 
<p>3.點選[Origin & Scale]設定座標原點與尺度</p> 	<p>4.設定座標原點及x、y軸方向 X軸要平行軌道</p> 	<p>5.設定真實長度數據 兩根螺絲之間距1.16m</p> <p>This is 軌道螺絲!</p> 
<p>6.點選[Point] 點出球的軌跡</p> <p>7.利用圓圈指定[橘點]當目標 接著在圓圈的中心點一下 即出現第一個紅點(第一個軌跡)</p> <p>指定目標介面 確認橘點的軌跡點</p> 	<p>8.可拖曳時間軸 到要點軌跡的位置</p> <p>也可以用觸摸按鈕 幫助到下一個位置</p> 	<p>將軌跡轉出獲得加速度數據</p> <p>9.點右上角[匯出]按鈕</p> 

3.利用[Graphical GW]分析滑車的軌跡獲得加速度量值(引導 5 分鐘後，讓學生各組進行收集固定質量、不同外力的滑車影像並完成分析出加速度，給予共 15 分鐘進行數據收集)

Graphical GW 基礎教學

1. 點右上角[分享]按鈕
2. 點[Logger Pro/]按鈕
3. 點[Open in...]按鈕
4. 點[拷貝到GraphicalGW]按鈕
5. 點左側座標名稱，即可選擇想要的數據圖
6. 選擇適合的曲線(正比:Linear)
7. 斜率m=加速度a

今日作業②-上傳影像分析截圖
 固定總質量
 $a_1 = 0.195$
 201第一組
 01曾小美
 每張截圖畫面中打上自己的姓名與組名
 $a_1 \sim a_3$ 各一張
 [3張]GraphicalGW分析的加速度結果截圖

備註：由於第一節需要花時間先引導學生操作 App，故課程進度安排上是先讓學生僅收集牛頓第二運動定律實驗當中的固定總質量部分(如下左圖)與協助熟悉操作過程，第二節課時一開始則只需要告訴學生改測量固定外力的部分(如下右圖)，並要求完成影像分析後求得每次的加速度結果。

15分鐘 完成實驗記錄1表格中的 $a_2 \sim a_3$

砝碼數	$x = 3$ $y = 1$	$x = 2$ $y = 2$	$x = 1$ $y = 3$
$m_2 g$ (砝碼+掛勾)			
加速度值	a_1	a_2	a_3
組員 1 的 a			
組員 2 的 a			
組員 3 的 a			
組員 4 的 a			

20分鐘 針對下列不同的砝碼數量做紀錄與求出加速度值(可每位組員負責分析 1~2 個 a)

外力 (掛勾重量)	$m_2 g =$		$kgw =$		N	
砝碼數	$x = 0$ $y = 0$	$x = 1$ $y = 0$	$x = 2$ $y = 0$	$x = 3$ $y = 0$	$x = 4$ $y = 0$	$x = 5$ $y = 0$
$(m_1 + m_2)$ (滑車+砝碼+掛勾) 單位:kg						
$\frac{1}{m_1 + m_2}$						
加速度值 (m/s^2)	$a_1 =$	$a_2 =$	$a_3 =$	$a_4 =$	$a_5 =$	$a_6 =$

三、第二節課：目的為讓學生完成牛頓第二運動定律當中的固定總外力部分，最後引導學生建模 $F=ma$ 關係，共 45 分鐘，5 分鐘彈性

■課程內容簡報與課程步驟：

1. 請各組測量固定外力的滑車實驗並利用影像分析求出每次的加速度值(20 分鐘進行收集數據)

2. 針對下列不同的砝碼數量做紀錄與求出加速度值(可每位組員負責分析 1~2 個 a)

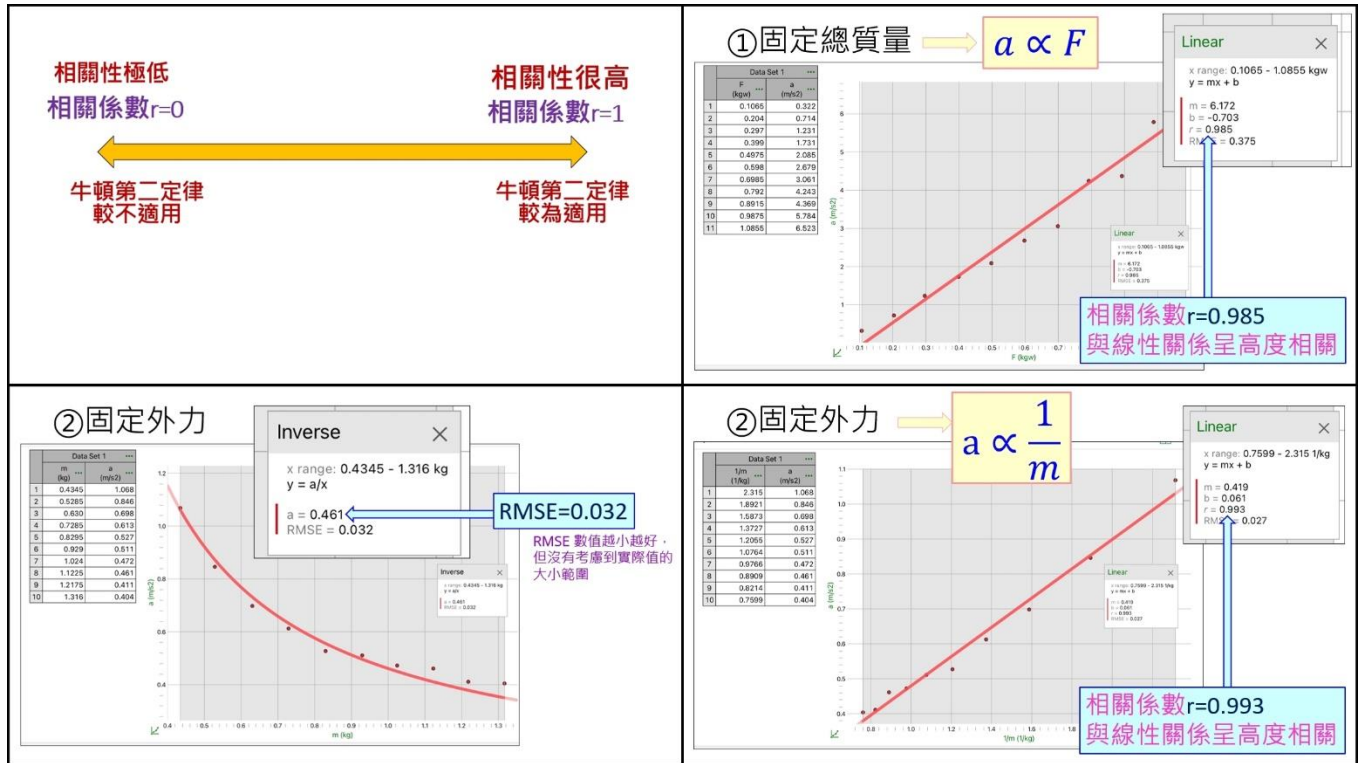
外力 (掛勾重量)	$m_2g = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kgw} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$					
砝碼數	$x = 0$ $y = 0$	$x = 1$ $y = 0$	$x = 2$ $y = 0$	$x = 3$ $y = 0$	$x = 4$ $y = 0$	$x = 5$ $y = 0$
$(m_1 + m_2)$ (滑車+砝碼+掛勾) 單位:kg						
$\frac{1}{m_1 + m_2}$						
加速度值 (m/s^2)	$a_1 =$	$a_2 =$	$a_3 =$	$a_4 =$	$a_5 =$	$a_6 =$

2. 引導學生利用 Ipad 的 App-[Graphical GW]製作總結性圖表(分別進行固定總質量、固定外力的兩張總結性圖表，共 15 分鐘)：

 <p>Graphical 製作總結性圖表</p>	<p>用APP作圖①</p> <p>➢新增實驗 [New Experiment]</p> 	<p>用APP作圖②</p> <p>➢選擇手動輸入 [Manual Entry]</p> 
<p>用APP作圖③</p>  <p>➢於Data Set 1 輸入 X-外力F(N) Y-加速度(m/s^2)</p> <p>$F = m_2g$ (砝碼+掛勾)總重量 (1kgw=10N)</p> <p>應變變因 標縱變因</p> 	<p>用APP作圖③-1</p> <p>➢於Data Set 1 輸入 X-外力F(N) Y-加速度(m/s^2)</p>  <p>點[...]選擇[Column Option] 可以修改座標名稱</p>	<p>用APP作圖③-2</p> <p>➢於Data Set 1 輸入 X-外力F(N) Y-加速度(m/s^2)</p>  <p>第一排改[座標名稱] 第二排改[座標單位]</p>
<p>用APP作圖④</p>  <p>➢於Data Set 1 輸入 X-外力F(N) Y-加速度(m/s^2)</p> <p>APP會自動產出數據落點</p>	<p>用APP作圖⑤</p> <p>➢讓APP自動產生趨勢線與數學函數</p> <p>點[Apply Curve Fit]</p> 	<p>Linear</p> <p>x range: 0.15 - 0.35 N y = mx + b</p> <p>m = 9.200 b = 0.603 r = 0.987 RMSE = 0.212</p> <p>相關係數r</p> 

3. 最後從趨勢線分析結果，讓學生認識相關係數意義、並從老師的實驗數據與各組的實驗數據進行比較，皆可驗證出以下兩個結果並呼應牛頓第二定律(共 5~10 分鐘)：

- (1) 固定總質量：發現加速度(a)與外力成正比
- (2) 固定外力：加速度(a)與質量倒數(1/m)成正比



■課程照片：包含實驗過程、影像分析求得加速度、數據總整理與製作總結性圖表



三、學生的實驗歷程報告成果(以下為不同學生的報告成果穿插)

實驗原理與目的




THEORY

牛頓第二運動定律: $F=ma$
「物體受外力作用時, 會沿著受力方向產生加速度。此加速度與外力方向相同, 其量值與外力成正比與物體質量成反比。」



EXPERIMENT

滑車實驗
改變物體的質量(m), 與外力(F), 測量物體運動的加速度(a)



ANALYSIS

用APP取代打點計時器
利用[Video Physics]分析軌跡
利用[Graphical GW]驗證理論

實驗目的

進行滑車實驗, 觀測滑車受力的運動, 利用[Video Physics]和[Graphical GW]分析軌跡並驗證牛頓第二定律 $F=ma$

證明方式

- 固定受力物體的質量, 改變外力大小
分析 **加速度** 和 **外力** 的關係。 $\rightarrow F \propto a$
- 固定外力大小, 改變受力物體的質量
分析物體 **質量** 和 **加速度** 的關係 $\rightarrow 1/m \propto a$

影像分析




把錄製的影像放到Video Physics, 點出每秒的軌跡點。

實驗過程


一、測[固定總質量]的加速度

掛勾加滑車上的總砝碼數需相同

1. 軌道固定在實驗桌一側
2. 固定軌道(垂直實驗桌)
3. 測量砝碼的重量並記錄(須個別測量因為許多砝碼重量已經不準了)
4. 開始在滑車上方放置砝碼並記錄軌跡
5. 次次減少滑車砝碼數量, 次次增加掛勾砝碼數量
6. 利用app分析軌跡及驗證理論



實驗過程大綱1(固定總質量m)



總砝碼數(x+y)皆為4個
初始x=3 y=1, 將滑車釋放並錄製其運動影像, 再依序將滑車上的砝碼移至掛勾, 重複實驗步驟。

實驗器材



器材名稱	數量
滑車軌+滑車	1
砝碼	5-7
掛勾	1
長尾夾	1
Ipad(分析用)	一人一個

二、實驗方法

透過滑車實驗證明 改變上方與下方的砝碼數, 可使F、m有不同的改變

1. 證明a正比於F

總質量不變、力大小改變

操縱變因: 改變外力大小(m2g)
控制變因: 總質量大小(m1+m2)
應變變因: 加速度大小

依序將放在上方的砝碼移至下方

2. 證明a反比於m

力大小不變、總質量改變

操縱變因: 總質量大小(m1+m2)
控制變因: 外力大小(m2g)
應變變因: 加速度大小

依序將砝碼數增加

滑車實驗裝置

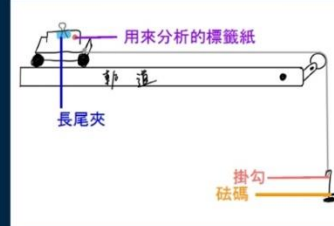


實驗過程


二、測[固定外力]的加速度

滑車的總重量需相同

1. 軌道固定在實驗桌一側
2. 固定軌道(垂直實驗桌)
3. 測量砝碼的重量並記錄(須個別測量因為許多砝碼重量已經不準了)
4. 開始在掛勾上方放置砝碼並記錄滑車的軌跡
5. 次次增加掛勾上方的砝碼數量
6. 利用app分析軌跡及驗證理論

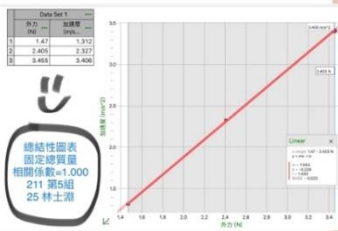


實驗過程大綱2(固定外力F)



初始x=0, 每次將滑車上的砝碼增加一個, 將滑車釋放並錄製其運動影像, 再進行影像分析及數據紀錄。

五、實驗分析結果



- 證明當中的 a 正比於 F
- 由圖表可證明 a 正比於 F
(總質量不變時)
相關係數有1!

六、心得

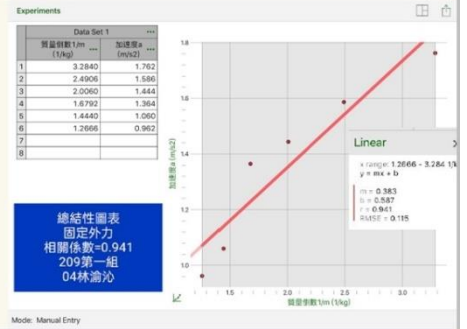
我覺得這個實驗很有趣，而且結合了傳統實驗與數位科技很新穎。在國中時我也有做過類似的實驗，但當時是用打點計時器，做起來常會因為設備問題而導致成效不彰，成就感也沒那麼大；相較之下這次的實驗讓我有更大的成就感，也對於牛二的應用也有了更深的認識。非常謝謝老師費心設計實驗，也希望將來會有其他有趣好玩的實驗:)

我們這組過程中實驗還做錯，謝謝老師給我們重做的機會

固定外力F

趨勢線相關係數接近1

$$\rightarrow 1/m \propto a$$



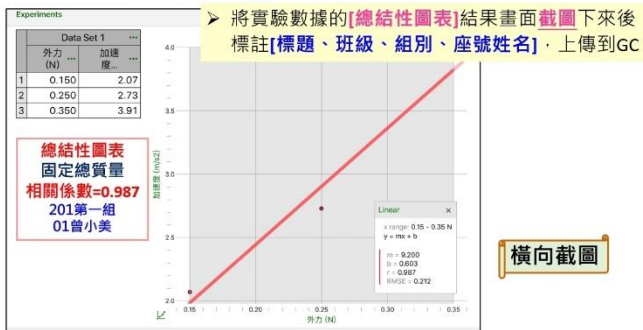
心得

這次的實驗很有趣，也從中學到了如何操作[Video Physics]和[Graphical GW]這兩個app，比起傳統打點計時器，用app打點比較方便許多，能直接得出物體運動的相關數據並轉成數據圖，讓整個實驗更有效率!在結果分析的過程中，我學會了如何使用工具從圖取得所需的資訊，像是作趨勢線看斜率取得加速度值、看相關係數確認兩軸的數值是否接近成正比等。期待未來進行的實驗能多接觸到這類的app。

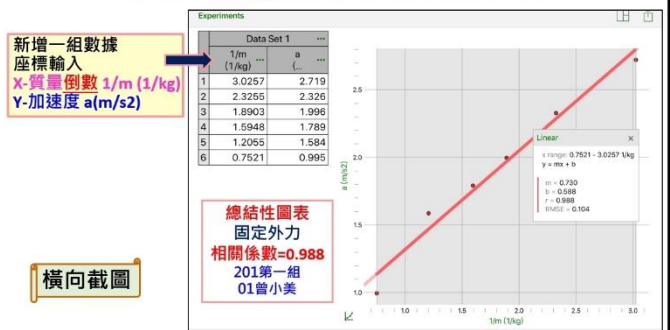
學習評量內容

- 兩種實驗的數據結果截圖與實驗紀錄單
- 實驗歷程報告

今日作業①-畫面截圖上傳到GC

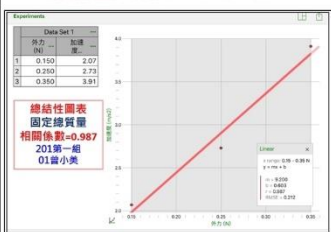


今日作業②-畫面截圖上傳到GC



實驗紀錄單1

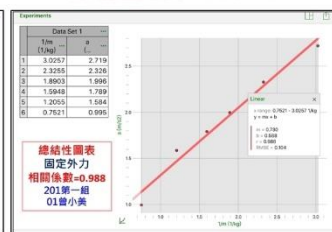
總結性圖表-固定總質量



X-外力F

實驗紀錄單2

總結性圖表-固定外力



X-質量倒數 1/m

標註[標題、班級、組別、座號姓名]，上傳到GC

實驗and個人學習歷程檔案

- 每人都要完成一篇實驗報告簡報PPT
- 內容包含如下
 - 實驗目的(文字描述目的or原理介紹)
 - 實驗過程(照片或繪圖輔助佳)
 - 實驗數據紀錄(數據和截圖)
 - 實驗分析結果(總結性圖表)
 - 心得
- 12/24前上傳到GC



參考資料：

林秀豪教授。選修物理I 力學一。牛頓第二運動定律實驗(114-115 頁)。臺北市：龍騰出版社