

2013/2014 學年教學設計獎勵計
劃

單擺、蛇擺、傅科擺

參選編號：C042

科目：物理科

教育階段：高中二年級

目錄

一、 簡介.....	2
二、 教學進度表.....	3
三、 教案.....	4
第一課時－單擺的介紹.....	4
第二課時－單擺公式應用.....	6
第三課時－單擺實驗課.....	9
實驗工作紙.....	10
第四課時－單擺實驗課及教師回饋.....	12
第五課時－介紹蛇擺及傅科擺.....	14
第六課時－學生蛇擺裝置分享.....	16
四、 試教評估.....	18
五、 反思與建議.....	19
六、 參考文獻.....	20

一、 簡介

設計目的：

單擺這一單元課題安排於「機械振動」這章節內，而單擺屬於較容易接觸到的簡諧運動模型。雖然單擺制作看似簡單，但要求嚴謹才能符合簡諧運動定義，透過這個單元內容，期望學生學懂把看似簡單的事情，仍必須以嚴謹的態度面對。

本單元設計是透過理論和實驗，讓學生探究影響單擺周期的因素，進而推導至公式的應用。另外，配合與單擺相關模型（蛇擺、傅科擺）的講解，讓學生加深印象。

最後，要求學生制作蛇擺模型，增強學生動手能力，發揮團隊合作精神，並培養學生學會從觀看影片，到實踐實現的能力。

教學目標：

1. 認識單擺及其計算；
2. 學會利用單擺測量地球的重力加速度；
3. 了解與單擺相關的物理裝置（蛇擺、傅科擺）；
4. 透過模型製作，讓學生增強動手能力。

主要內容：

1. 分析影響單擺周期的因素；
2. 認識單擺周期計算 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，並且學會相關計算；
3. 利用單擺實驗裝置，測量所在地的重力加速度；
4. 認識蛇擺及傅科擺，並製作相關模型。

設計創意和特色：

1. 透過課堂討論及實踐，由學生推導影響周期的因素，而過程中學生會對影響單擺周期的因素產生迷思，通過實驗解決迷思；
2. 在討論單擺過程中，引入蛇擺及傅科擺，這些與單擺相關的有趣實驗裝置，有助引起學生深入研究單擺的興趣；
3. 製作蛇擺模型，除了增強學生對單擺的研究興趣外，同時培養動手能力。

二、教學進度表

一、教學程序：(每課節為 45 分鐘)

節數	實施教學時間	教學內容
第一節	2013/12/03	<ul style="list-style-type: none">➤ 單擺介紹及其定義；➤ 與學生一同探究影響單擺周期的因素。
第二節	2013/12/05	<ul style="list-style-type: none">➤ 單擺計算公式的應用；➤ 單擺計算與升大題目參考。
第三節	2013/12/10	<ul style="list-style-type: none">➤ 實驗－用單擺測量重力加速度；
第四節	2013/12/10	<ul style="list-style-type: none">➤ 實驗數據的處理技巧；➤ 教師對學生實驗的回饋。
第五節	2013/12/12	<ul style="list-style-type: none">➤ 介紹蛇擺及傅科擺；➤ 安排學生分組制作蛇擺模型。
第六節	2014/02/10~14	<ul style="list-style-type: none">➤ 學生蛇擺模型分享。

備註：第三、四節課為連堂安排，需要足夠的實驗時間及回饋分享時間。

三、 教案

教案：第一課時－單擺的介紹

一、 主要內容：

介紹單擺的定義，與學生一同探究影響單擺周期的因素。

二、 設計思路：

要求學生思考影響單擺周期的因素，並對他們的想法提出質疑，使他們陷入迷思，再透過演示實驗把迷思解開。通常學生認為單擺周期與以下物理量相關：擺球質量、擺長、振幅（擺角）。透過學生對影響單擺周期的物理量產生懷疑，利用實驗進行驗證，找出影響單擺周期的因素。

教師要教會學生如何設置實驗裝置，使能夠檢測出與哪個物理量有關。要求學生在設定其中一個為可變的物理量時，其他一定要不變。例如：當想檢驗單擺周期與擺球質量是否有關，可用兩個質量不同的擺球，但其他條件，即擺長及振幅等，必須處於相同的條件，才可進行檢測。

三、 教學程序：（每課節為 45 分鐘）

教學程序	教學活動		時間安排及資源運用
	教師活動	學生活動	
引入	<ul style="list-style-type: none">▶ 回顧簡諧運動及胡克定律 $F=-kx$。	<ul style="list-style-type: none">▶ 學生回憶	● 5 分鐘
引入	<ul style="list-style-type: none">▶ 介紹單擺並展示單擺裝置；▶ 單擺： 單擺是一種理想的物理模型，由理想化的擺球和擺線組成。	<ul style="list-style-type: none">▶ 學生觀看及聆聽	● 5 分鐘
	<ul style="list-style-type: none">▶ 單擺的定義（關於振幅）： 單擺在擺角小於 10° 的條件下振動時，可近似認為是簡諧運動。▶ 教師示範不同擺角的狀況。	<ul style="list-style-type: none">▶ 學生觀看及聆聽	● 5 分鐘

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 單擺的定義(關於擺球及擺線): 擺線由質量不計、不可伸縮的細線提供 ➤ 教師示範不同擺球及擺線的狀況。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生觀看及聆聽 	● 5 分鐘
提問	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 單擺周期 (T) ➤ 要求學生思考: 單擺運動怎樣才算一次全振動? 怎樣才算是一個周期? 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生回答 ➤ 部分學生會誤以為半次全振動為一個周期, 這錯誤老師要細心糾正。 	● 2 分鐘
提問	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 要求學生思考: 有甚麼因素會影響單擺的周期? 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生思考並回答: ➤ 同學答案通常包括: 擺球質量、擺長、振幅。 	● 3 分鐘
講解	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 把學生列舉的項目寫在黑板上, 並要求學生對剛才提議再作思考; ➤ 此時, 學生會陷入迷思, 並開始質疑自己的想法; ➤ 就着學生的回應, 透過實驗解開迷思。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生聆聽; ➤ 學生開始懷疑自己的想法; 	● 5 分鐘
深究	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 按學生提出的項目, 配合演示實驗, 每個進行解答, 包括: 1.擺球質量、2.擺長、3.振幅。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生觀察; ➤ 部分同學協助教師完成示範實驗 	● 15 分鐘

教案：第二課時－單擺公式應用

一、 主要內容：

單擺周期計算公式的應用；升大參考題；利用單擺周期公式計算當地的重力加速度。

二、 設計思路：

單擺周期公式，學生要學會靈活運用相關公式作計算，並能在計算公式中找出不同物理量之間的關係。

三、 教學程序：(每課節為 45 分鐘)

教學程序	教學活動		時間安排及資源運用
	教師活動	學生活動	
引入	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 要求學生回憶單擺的定義； ➤ 回顧上一節課的演示實驗； ➤ 指出在上一節中： ➤ 單擺周期僅與擺長有關，而與擺球質量，振幅（擺角）無關。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生回答 	● 2 分鐘
重溫	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 影響單擺周期的因素總結： <ul style="list-style-type: none"> ● 與振幅無關（等時性） ● 與擺球質量無關 ● 與擺長有關，擺長越長，周期越大 ➤ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生一同總結 	● 3 分鐘
講解	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 向學生指出單擺周期與重力加速度有關，重力加速度越大，周期越小； ➤ 關於重力加速度的影響，這個變量較難透過實驗演示予學生，故用 flash 代替。 ➤ 透過一段月球的片段，回憶兩地重力加速度不同的事實。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生聆聽 	● 10 分鐘

講解	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 由學生統整影響單擺周期的因素： ➤ 即與擺長成正比 ➤ 與重力加速度成反比 ➤ 給出計算公式： $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ <ul style="list-style-type: none"> ➤ 其中 T 是周期，l 指擺長，g 是當地重力加速度。 	➤ 學生聆聽並回答	● 5 分鐘
提問	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 引入秒擺概念； ➤ 向學生提問： 是否可以制作一個單擺剛好其左右擺動為一秒？則其周期為多少？ 	➤ 學生思考並回答	● 5 分鐘
討論	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 向學生介紹一些與單擺周期計算相關的升大學題目； ➤ 單擺的振動周期為 4 秒，當擺長改為原來的 $\frac{1}{4}$ 時；單擺的周期為多少？ ➤ 在同一地點有兩個單擺，當甲擺振動 120 次時，乙擺恰好振動 80 次，求甲擺與乙擺的擺長之比？ ➤ 與學生一同分享計算過程； 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生思考 ➤ 重點在要求學生留意，周期與擺長的平方根關係。 	● 10 分鐘
講解	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 配合下一節課的實驗，安排學生計算一條由單擺去計算重力加速度 g 的題目； $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$	➤ 學生回憶、聆聽	● 5 分鐘

<p style="text-align: center;">作業佈置</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 安排作業，讓學生在課堂餘下時間去做； ➤ 透過觀察學生做作業的情況，評估他們在這兩節課中，能否把單擺周期的計算公式融會貫通運用。 ➤ 練習二 ➤ (3)有一個做簡諧運動的單擺，拿到月球上去以後，它的周期比在地球上時大了還是小了？頻率呢？ ➤ (5)一個單擺的擺長是30cm，擺所在地的重力加速度 $g=9.81\text{m/s}^2$，求擺的周期。 ➤ (6)長 24.8cm 的單擺，120 次全振動所需的時間是 120s，求擺所在地的重力加速度。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生做作業 	<ul style="list-style-type: none"> ● 5 分鐘
---	--	---	--

教案：第三課時－單擺實驗課

一、 主要內容：

單擺實驗課－用單擺測定重力加速度。

二、 設計思路：

透過實驗，用利用單擺測定重力加速度，學生在實驗過程中，要學會安排分工，在實驗時遇到困難時，要學會自行尋找解決方法。

三、 教學程序：(每課節為 45 分鐘)

教學程序	教學活動		時間安排及資源運用
	教師活動	學生活動	
回顧	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 簡單示範實驗，講解注意要點：如小球放置、繩的擺放、擺長 (l) 的計算需要考慮小球的半徑 (r) 等； ➤ 佈置實驗裝置供學生參考； ➤ 提醒學生填寫數據表格時的注意事項； 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生聆聽 	<ul style="list-style-type: none"> ● 10 分鐘 ● 實驗工作紙
講解	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 派發實驗工作紙，並讓學生先填寫。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生按課本實際內容填寫 	<ul style="list-style-type: none"> ● 10 分鐘 ● 實驗工作紙
實驗安排	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 安排學生進行分組實驗； 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生進行分組實驗 ➤ 同學各自分工： <ul style="list-style-type: none"> ● 按計時錶； ● 觀察單擺周期次數； ● 整理裝置； ● 數據處理等。 ● 	<ul style="list-style-type: none"> ● 25 分鐘 ● 實驗工作紙
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 觀看學生分組實驗的情況，輔導個別出現困難的組別。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生通常遇到的問題： <ul style="list-style-type: none"> ■ 擺長未有準確量度； ● 數錯周期等。 	

實驗工作紙：

班級：__ 學號：__	學校名稱	成績：
姓名：		

2013-2014 學年高二物理科實驗報告(日期：2013年__月__日)

實驗題目：_____

【實驗目的】

【實驗器材】

【實驗原理】

由單擺的周期公式_____可得_____。可見，測出單擺的_____和_____，就可以求出當地的_____。

選取一段 1m 左右的_____，讓線的一端穿過小球的小孔，然後打一個比小孔大一些的線結。把線的上端用鐵夾固定在_____上，把鐵架台放在_____，使鐵夾伸到桌面以外，讓擺球_____。用米尺量出懸線長_____，精確到毫米；用游標卡尺測量擺球的直徑，然後算出擺球的半徑_____，也精確到毫米，_____就是單擺的擺長。

把單擺從平衡位置拉開一個很小的角度，然後放開小球讓它擺動，用秒錶測出單擺做_____次全振動所用的時間，計算出平均擺動_____次的時間，這個時間就是單擺的_____。

根據單擺的周期公式，計算出重力加速度，變更_____，重做幾次實驗，計算出每次實驗的重力加速度。最後，求出幾次實驗得到的重力加速度的_____，即可看作本地區的_____。

【實驗步驟】

1. 按實驗要求，佈置實驗設備。
2. 利用秒錶計算單擺周期，填入表格中；並計算重力加速度。
3. 更改單擺的線長再進行實驗，測出周期並計算重力加速度。
4. 把多次測得的重力加速度計算其平均值，即為當地的重力加速度。

【數據處理】

1. 周期計算：

填寫單擺實驗中的細線長度；

填寫預期完成全振動的次數；

填寫實驗所用的時間；

計算一次全振動所用的時間，即計算出周期 T 。



圖 1. 實驗裝置圖

2. 重力加速度計算：

由單擺的周期公式_____可得_____；從而計算出重力加速度。

表 1. 數據處理表格（單擺實驗中重力加速度計算）：

	線長 l (m)	全振動次數 (次)	時間 t (s)	周期 T (s)	重力加速度 g (m/s^2)
1		30			
2		30			
3		30			
4		30			
5		30			
6		30			
平	---	---	---	---	

【思考題】

1. 在測定周期時，可以從擺球通過平衡位置時開始計時，也可以從擺球到達最大振幅時開始計時，你認為哪一種方法好，為什麼？

2. 若要制作一個秒擺，則線長應為多少厘米？

3. 寫出本次實驗過程中，你認為最困難的地方。

教案：第四課時－單擺實驗課及教師回饋

一、 主要內容：

單擺實驗課的總結及回饋；教導學生運用普通軟件，協助進行數據處理。

二、 設計思路：

學生完成實驗後，往往只是取了數據，然後處理，而卻忘了實驗過程及目的及所得數據之意義。透過教師對實驗的回饋，加深同學對實驗的認知，包括實驗時遇到困難時的解難方法和態度，期望運用同樣的態度面對生活上的困難。

三、 教學程序：(每課節為 45 分鐘)

教學程序	教學活動		時間安排及資源運用
	教師活動	學生活動	
回顧	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 按第三課時的安排繼續實驗； ➤ 觀看學生實驗情況，並適時輔導。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 繼續並完成用單擺測定重力加速度之實驗。 	● 20 分鐘
講解	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 指導學生完成實驗； ➤ 提出實驗總結及分析 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 完成實驗；並通過單擺周期計算公式計算出本地的重力加速度。 ➤ 學生回答 	● 5 分鐘
討論	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 示範借助辦公室軟件 EXCEL 協助處理數據； ➤ 安排學生輸入數據，以檢視剛才自己計算是否準確。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生聆聽及提出問題； ➤ 讓部分學生提供數據作示範計算。 	● 5 分鐘

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">教師回饋及深究</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 教師回饋： ➤ 分析實驗過程中，遇到的難題： <ul style="list-style-type: none"> ■ 與學生計算出的重力加速度與 9.8 偏差較大 ■ 與學生一同研究出現偏差較大的原因 ➤ 通常學生出現大偏差的原因在於： <ul style="list-style-type: none"> ■ 計算周期時出錯，多數出錯的同學會少數一次。 ■ 擺長越短，誤差亦越大，這可能偏角相對變大的原因 ➤ 透過實驗過程，與學生一同分析，使學生有更多的經驗，同時增強他們在遇到困難時的解難技巧。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生聆聽 	<ul style="list-style-type: none"> ● 10 分鐘
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">總結</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 與學生一起討論實驗工作紙上的思考題。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 完成工作紙並呈交。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 5 分鐘

教案：第五課時－介紹蛇擺及傅科擺

一、 主要內容：

介紹蛇擺及傅科擺；深入探討單擺的應用情況。

二、 設計思路：

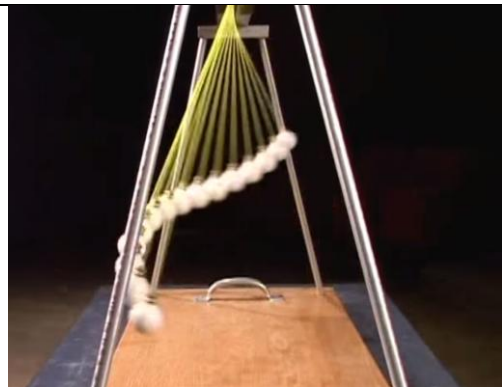
以單擺為基礎，引入蛇擺及傅科擺課題，這兩個課題，都能吸引學生眼球，提升他們的學習興趣。透過蛇擺片段，要求學生制作，學生在制作過程中會出現很多細節上的問題，透過與老師的討論，一步一步改良裝置效果。

三、 教學程序：(每課節為 45 分鐘)

教學程序	教學活動		時間安排及資源運用
	教師活動	學生活動	
引入	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 重溫單擺測量重力加速度實驗中的一些技巧。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生分享。 	● 5 分鐘
影片播放	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 影片播放： ➤ Pendulum Waves Youtube 來源： (http://www.youtube.com/watch?v=yVkdfJ9PkRQ) ➤ Amazing Pendulum Wave Effect! Youtube 來源： (http://www.youtube.com/watch?v=7_AiV12XBbI) ➤ 介紹蛇擺，並要求學生思考如何制作。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生觀看影片並思考如何制作蛇擺模型。 	● 15 分鐘

影片播放	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 介紹傅科擺 ➤ 影片播放： Foucault Pendulum Youtube 來源： (http://www.youtube.com/watch?v=nB2SXLYwKkM) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生觀看並思考 	<ul style="list-style-type: none"> ● 10 分鐘
探究	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 探究傅科擺： ➤ 以法國物理學家傅科來命名，證明地球自轉的一種裝置。在很多的科學博物館內，傅科擺是很受歡迎的一件展品。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生聆聽 	<ul style="list-style-type: none"> ● 10 分鐘
實作安排	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生實作分組安排，並討論制作的具體細節。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生討論 	<ul style="list-style-type: none"> ● 5 分鐘

四、 影片截圖：



影片截圖-Pendulum Waves



影片截圖- Amazing Pendulum Wave Effect



影片截圖- Foucault Pendulum

教案：第六課時－學生蛇擺裝置分享

一、 主要內容：

蛇擺裝置分享；指導學生如何改良裝置。

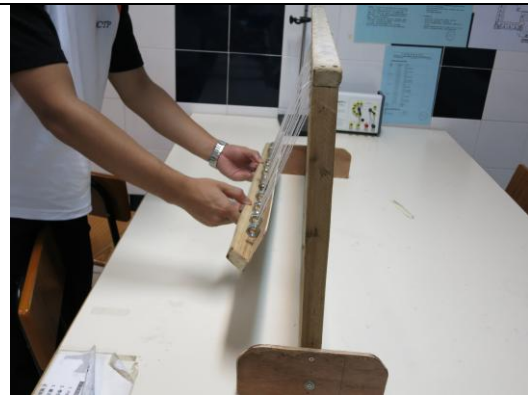
二、 設計思路：

透過學生制作的蛇擺裝置，與其他同學一起分享，透過展示實作，同時拍攝和錄影同學的製成品，增強他們的成功感及學習物理科的興趣。

三、 教學程序：(每課節為 45 分鐘)

教學程序	教學活動		時間安排及資源運用
	教師活動	學生活動	
引入	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 安排學生展示成品。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生交出作品。 	● 5 分鐘
學生實作示範	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 安排學生示範操作； ➤ 同時讓學生觀看其他同學作品； ➤ 拍攝及錄影同學的蛇擺裝置，並告知學生日後會給其他學生觀看片段； ➤ 錄影片段可參看光碟所載的內容。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 學生操作； ➤ 學生的操作過程可參看光碟所載的片段。 	● 40 分鐘

四、 學生作品圖片：



學生示範操作



蛇擺模型-1



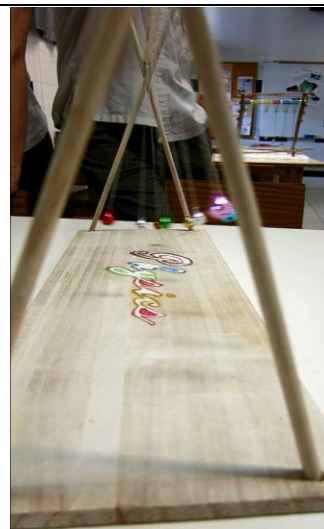
蛇擺模型-2



蛇擺模型-3



蛇擺模型-4



蛇擺模型-5

四、 試教評估：

本教學設計主要分成三個部分：一、理論課（第 1,2 課節）；二、實驗課（第 3,4 課節）；三、實作模型作業（第 5,6 課節）。

在理論課中，學生會就單擺周期影響的因素，提出自己的想法，但當老師開始對他們的想法提出質疑時，學生會陷入迷思，認為自己的想法有不足之處。此時，正好發揮實驗之效果，透過實驗去解除迷思，藉此鼓勵學生透過實驗或實踐去解決其他生活上遇到的問題。

部分學生的運算能力較差，他們對單擺周期計算公式中，各物理量在方程式中的調動，理解有困難。在實際教學上，要花較多步驟及時間向他們解釋。對於單擺周期的應用題目，基本上都能獨立完成課本的習題。部分學生對升大學入學試題較有興趣，希望透過升大題來證明自己有升學能力。

在實驗課中，最初學生會認為單擺裝置容易裝嵌，但原來操作起來，需要嚴謹的程序，這好讓學生學習到，不要輕視各種以為簡單的情況。學生在實驗過程中，對有問題的實驗數據，即由實驗測得的重力加速度 g 與 9.8m/s^2 這個標準值相差距很遠時，他們會主動重做，並且會分析當中原因。

實驗課中，同時示範了利用辦公室軟件，解決一些數據處理問題，讓學生了解到，原來基本軟件已可讓數據處理變得簡單。

實作模型作業上，學生都能認真制作，並準時呈交。透過兩段蛇擺的影片參考，容易使學生對製作模型產生興趣，而在課堂上，讓他們討論如何製作。

五、 反思與建議

在理論課的時候，與學生探究單擺周期與哪些因素有關時，以教師作示範實驗，雖然已安排部分同學一同參與實驗，但始終不可能每個同學都接觸到，希望日後可製作一個簡單的教材套，包含所需要的工具，讓同學親自參與探究實驗。

學生對單擺與簡諧運動的定義，兩者之間的理解較難，在課堂時，只要簡單推導就可，重點放在單擺周期與有關之物理量上。單擺周期的課題，經常出現在大學入學試中，若要考慮學生的升學需要，可多花些時間在應付升大題上。

在實驗課時，學生基本都能完成實驗，但時間控制要多加留意，部分同學的動手能力較弱，故實驗需要較多時間，老師要多加留意個別組別的進度，好讓課堂的時間更好運用。

教師對學生實驗作總結及即時回饋的目的，是希望學生在完成實驗後，不僅只是處理一些數據，還希望透過實驗，提升學生的解難能力，同時培養學生的嚴謹性。見到同學在實驗數據與實際數值相差很大時，會主動重做，並查找原因，這是較滿意的地方。通常同學錯誤的原因包括：計算周期時出錯、量錯擺長等，透過實驗過程，與學生一同分析，使學生有更多的經驗，同時增強他們在遇到困難時的解難技巧。

學生呈交的蛇擺實作模型，都能作示範供老師及同學分享，但部分同學的模型很大，不好示範，同時效果不佳，日後可考慮要求大小尺寸的上限。另外，在展示實作模型的一節課，可考慮同時安排作業，好讓學生能夠更好運用課堂時間。

六、 參考文獻

1. 人民教育出版社“物理”，第二冊

YOUTUBE：

1. Pendulum Waves

<http://www.youtube.com/watch?v=yVkdfJ9PkRQ>

2. Amazing Pendulum Wave Effect!

http://www.youtube.com/watch?v=7_AiV12XBbI

3. Foucault Pendulum

<http://www.youtube.com/watch?v=nB2SXLYwKkM>