

2024 年【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： 涂麗淑 (桃園市立壽山高級中學)
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 checked="" type="checkbox"/> 自然科學探究與實作 <input type="checkbox"/> 數學 <input type="checkbox"/> 其他 _____ (可複選)
一、教案題目
"摩" 出" 相對論"
二、授課時數
6 節課 (每節課 50 分鐘)
三、教案設計理念與動機
<p>配合高一高二學生所學的"力與運動學"的關係，它們被廣泛應用在日常生活中常見的現象上，運動軌跡的觀察不失為浸潤式瞭解力造成物理如何運動的一個很好的方式，於是我應用了目前唯一已開發可用於 iPad 的應用程式- " Video Analysis "，讓學生可以在高二的" 探究與實作" 課程中使用學校所提供的 iPad 來實際操作觀察物體運動軌跡的細微變化；猶如顯微鏡之於生物樣本的觀察，並配合數值分析的學習算出各種物理量來。實驗過程中也可以用加速感測器同步追蹤物體的運動變化作為比較。</p> <p>本課程的另一主軸是非保守力最常見於生活和工業用途的摩擦力的探究，諸多因素都會影響物體所受磨擦力的大小，其中最明顯直覺的影響因素就是物體和接觸面的材質，而另一個直覺會影響摩擦力的因素是物體的速度大小，所以在本課程中設計摩擦力探究的三個實驗應用運動軌跡的觀察，讓學生學會團隊合作設置實驗裝置，學會應用軟體分析運動軌跡，最後學會釐清分析實驗結果並藉由公開報告訓練表達及與他人分享討論的能力。</p>
四、教學目標
<p>認知：</p> <ol style="list-style-type: none">(1) 瞭解摩擦力的性質重要性及應用(2) 瞭解力與運動軌跡的關係(3) 學會用軟體分析和萃取運動的物理量位移、速度和加速度，熟悉等加速度的時間變化曲線 <p>情意：</p> <ol style="list-style-type: none">(1) 學習有耐心地完成專案的方法和態度(2) 並透過團隊合作的精神和溝通能力才能順利完成

技能：

- (1) 學習如何裝設實驗器材
- (2) 學習使用軟體分析和做報告

五、教育對象

高二

六、課程設計 (方法與步驟)

第一堂課 – 介紹課程內容和實驗一的設計方法

課前預習:在 Goole Classroom 班級”探究與實作課” 公佈欄，公布影片網址及介紹，請學生課前預先觀看影片介紹

引起動機:

當摩擦力消失一分鐘，地球將會有怎樣的變化?

影片欣賞:

<https://www.youtube.com/watch?v=JdMkAvibBec&authuser=0>

從古到今人們透過經驗法則，知道如何從大自然中採取不同的物質來做應用，也設計不同的工具來解決生活的問題，鑽木取火，古代拱橋的設計，都展現先人的智慧!

投影片欣賞:

https://slc.nstm.gov.tw/df_ufiles/b/%E6%91%A9%E5%8A%9B%E5%9B%9B%E5%B0%84PPT.pdf

https://www.nmns.edu.tw/export/sites/nmns/park_cfpp/learn/school/.galleries/files/bridge.pdf

體驗時間:

- 1.請每組學生利用舊報紙做繩索，比賽看哪一組可以吊掛最多的大型瓶裝水
- 2.請每組學生回答老師在網站設定的問題，先讓學生對不同材質的摩擦力有思考熱身

<https://wordwall.net>

問題討論:

每一組討論下面問題，並寫在學習單上

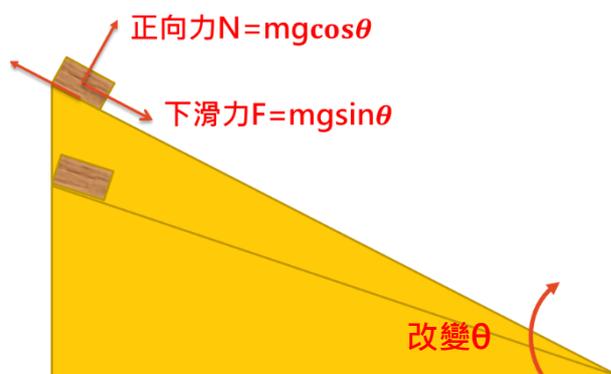
靜摩擦力的日常用途與困擾有哪些？每種物質接觸面不同時靜摩擦力有何不同？

課程講解:

實驗一：靜摩擦係數的量測

裝置: 如右圖

器材準備:



1. 斜面材料
如: 木板、塑膠板、鋁板、厚紙板、瓦楞紙板 等
2. 受測物體
如: 木塊、塑膠塊、鋁塊、紙盒
3. 接觸面材質
如: 木質、砂紙、鋁箔紙、靜電除塵紙、影印紙、橡膠 等
4. 量角器
5. 黏貼或固定工具
如: 雙面膠、膠帶、燕尾夾
6. iPad 每組一台

原理:

物體靜止時: $f_s = mg \sin \theta$; f_s : 靜摩擦力, m : 質量, g : 重力加速度, θ : 傾斜角

物體將動未動時: $f_{s\max} = mg \sin \theta$; $f_{s\max}$: 最大靜摩擦力

$$mg \cos \theta \mu_s = mg \sin \theta \quad ; \mu_k: \text{靜摩擦係數}$$

$$\mu_s = \tan \theta$$

實驗設計及步驟:

操作變因: 受測物和斜面表面材質

軌道斜面的傾斜角

控制變因: 量角器、受測物(木塊)

實驗步驟:

1. 將每組準備的斜面板面上貼好測試的接觸面和受測物體的接觸面
2. 將斜面先架好一傾斜角, 物體置於斜面上, 若下滑, 則減少傾斜角直到靜止為止, 若靜止, 則增加傾斜角直到滑動為止; 並提醒同學反覆測試在滑動瞬間, 改為每度調整
3. 重複步驟 1-3 至少做 3 組物體和接觸面相同與不同材質的實驗結果
4. 用 iPad 中的網路計算機, 計算靜摩擦係數並把所有實驗數據整理成表格

分組討論:

1. 討論實驗器材的分配與準備分工
2. 實驗一步驟與裝置討論並記下原理和設計圖

第二堂課 – 進行實驗一及作業說明

分組實驗:

每一組自備實驗器材進行實驗, 遇到任何問題再與老師討論解決



分析整理實驗結果:(學生的部分結果)

(1)那些因素與不同接觸面的最大靜摩擦力有關(即為我們的假設)? $(\theta \times \frac{\pi}{180} = \text{弧度})$ (有可能 > 1)

- ⊙ 接觸面的性質: 表面越粗糙, 最大靜摩擦力越大
- ⊙ 接觸面的正向作用力: 作用力大時, 會增加最大靜摩擦力

待測物材質	斜面材質	最大 θ	M_s
木塊	保鮮膜	0.31 弧度	0.31
木塊	錫箔紙霧面	0.45 弧度	0.48
木塊	錫箔紙亮面	0.49 弧度	0.52
木塊	化學靜電布面	0.59 弧度	0.59
木塊	瓦稜板	0.76 弧度	0.38
	布	0.76 弧度	0.94

$$N M_s = mg \sin \theta$$

$$mg \cos \theta M_s = mg \sin \theta$$

$$\Rightarrow M_s = \tan \theta$$

材質	斜面材質	$\theta \times \frac{\pi}{180} = \text{弧度}$	M_s 有可能大於 1
塑膠	片皮紙	$30^\circ (\frac{\pi}{6})$	0.5806
塑膠	保鮮膜	$15^\circ (\frac{\pi}{12})$	0.258
塑膠	金箔紙	$20^\circ (\frac{\pi}{9})$	0.3639

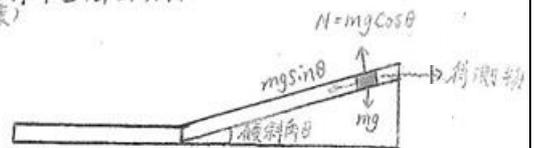
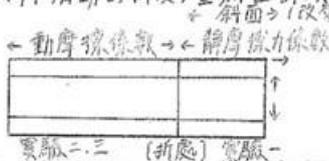
M_s 係數愈大
 \Rightarrow 則軌道面愈粗糙

實驗一學習單:(學生的部分學習單)

四、探究方法與驗證步驟

實驗一: 不同材質的接觸面靜摩擦係數的測量

- ⊙ 先調整斜面傾斜的角度, 逐漸增加, 調整到木塊準備開始自行向下滑動。
- ⊙ 在木塊行動的軌跡上放不同的材料, 第一次是不放, 第二次放錫箔, 最後放布。
- ⊙ 用量角器分別測量木塊開始向下滑動的角度, 量斜面的傾角和水平面間的夾角。
- ⊙ 使用 " $M_s = \tan \theta$ " 來計算。



預習課程:

在 Goole Classroom 班級"探究與實作課" 公佈欄, 公布影片網址及介紹, 請學生課前預先觀看影片介紹分析運動軌跡的軟體的使用方法

<https://www.youtube.com/watch?v=uV8CXOIW1lc>

第三堂課-分析軟體使用方法和實驗二~三的設計方法說明

課程講解:

iPAD 軟體-Video Analysis 的介紹

使用步驟逐步教學:

1. 打開 APP
2. 匯入影片
3. 設參考長度
4. 設參考座標和原點
5. 設定目標物逐鏡(frame)手動追蹤或設定自動追蹤
6. 得到 V_x (速度)- t (時間)圖，並使用其中的曲線擬合功能萃取加速度，再計算出動摩擦係數

學生練習:

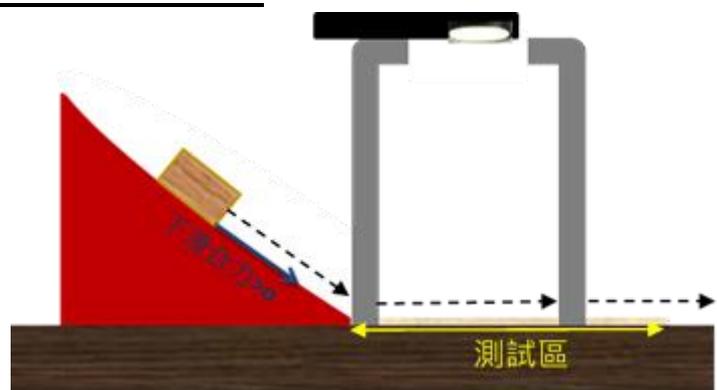
讓學生用影片中的範例影片實際練習一次，每一組都完成經老師檢查畫面完成才通過

課程講解:

實驗二：不同接觸面材質動摩擦係數的量測

實驗三：不同相對速度同一接觸面材質動摩擦係數的量測

裝置: 如右圖



器材準備:

1. 斜面材料寬度約 7~10cm 下半部連接底面上方軌道面成弧形，連接地板接縫要密合好或同一板子可彎曲的軌道，兩邊圍護欄確保物體滑至測試區直線移動
斜面材料如實驗一
護欄材質：
如：木板、塑膠板、瓦楞紙板 等
2. 受測物體約 5cm*5cm*2cm 適當大小
如：木塊、塑膠塊
3. 接觸面材質如實驗一
4. 奇異筆或有顏色的標籤紙一些
5. 捲尺
6. 黏貼或固定工具
如：雙面膠、膠帶、燕尾夾
7. iPad 每組一台
8. iPad 架或手機架(可用紙箱或椅子代替)

原理:

假設物體在測試區時，只受動摩擦力： $F = f_k$ ； F : 物體在測試區所受合力， f_k : 動摩擦力

$$ma = mg\mu_k \rightarrow \mu_k = \frac{a}{g}$$

; m : 物體質量， g : 重力加速度， μ_k : 動摩擦係數， a : 加速度

實驗二: 不同接觸面材質動摩擦係數的量測

實驗設計及步驟:

操作變因: 受測物和測試區表面材質

控制變因: 使用同一光滑軌道、軌道斜面的傾斜角、受測物(木塊)和與接觸面材質、
手機或 iPad 架設位置、起始位置

實驗步驟:

1. 將每組準備的斜面板面上貼好光滑接觸面，然後貼好測試區表面材質和物體的接觸面表面材質
2. 將斜面軌道和平面測試區接合好，在斜面軌道上標記好起始點位置和物體上方中心點位置當成追蹤點標的物，然後架好手機 iPad(或手機)位置，使其鏡頭位於測試區中心上方，高度約 1 公尺，在沿著測試區的軌道邊貼好捲尺約長 20cm~50cm(平行於軌道)
3. 將斜面先架好一較高的傾斜角，物體置於斜面上起始位置，開啟手機(或 iPad)攝影機，使物體下滑並通過測試區，直到物體停止運動，才關閉攝影機
4. 先試拍，用 iPad 中的“Video Analysis”依照逐步教學的步驟萃取加速度並求出動摩擦係數，看是否需調整裝置，調整好裝置固定斜面裝置
5. 重複步驟 1-3 至少做 3 組物體和接觸面相同與不同材質的實驗結果，並分別用此 APP 萃取加速度並求出個表面相對材質的動摩擦係數

實驗三: 不同相對速度同一接觸面材質動摩擦係數的量測

操作變因: 軌道斜面的傾斜角

控制變因: 受測物和測試區表面材質，使用同一光滑軌道、受測物(木塊)和與接觸面材質、
手機或 iPad 架設位置、起始位置

實驗步驟:

1. 接續實驗二的斜面裝置，各選取一組測試區表面材質和物體的接觸面表面材質相同和不同的控制變因做實驗三的對照實驗，如選取玻璃紙-玻璃紙和玻璃紙-白紙，各做一次
2. 貼好測試區表面材質和物體的接觸面表面材質，將物體從實驗二較高的位置依序遞減高度，較高、較低和中間值，重複實驗二步驟 3~5 得到這三個不同相對速度所做實驗的結果
3. 更換測試區表面材質和物體的接觸面表面材質，重複實驗步驟再作一次

分組討論:

1. 討論實驗器材的分配和準備分工

2. 實驗一步驟與裝置討論並記下原理和設計圖

第四堂課-進行實驗二~三及作業說明

分組實驗:

每一組自備實驗器材進行實驗，遇到任何問題再與老師討論解決



分析整理實驗結果:

(學生的部分結果)

兩接觸面	測物接觸面	軌道接觸面	相對速度	V-t 圖斜率	μ_k
相同材質	鋁箔紙	鋁箔紙	較高	4.5	0.46
			中	3.3	0.34
			較低	3.1	0.32
不同材質	鋁箔紙	除塵紙	高	17.6	1.80
			中	8.1	0.83
			低	6.3	0.64
	玻璃紙	塑膠紙	較高	13.3	1.36
			中	14.4	1.47
			較低	15.0	1.53
	鋁箔紙	紙	較高	3.9	0.40
			中	3.7	0.38
			較低	4.0	0.41

實驗二和三的學習單:

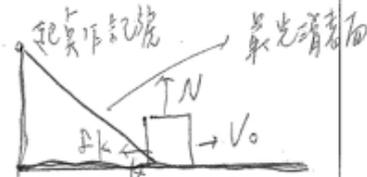
(學生的部分學習單)

實驗二：不同材質的接觸面滑動摩擦係數的量測

- 貼參考長度 50cm 和貼待測接觸面
- 架平板 (攝影機靜態拍攝)
平行單面 待測軌道上放 $> 1m$
- 把影片融入 "Video Analysis"
step 1: 設定參考長度 50.5cm
step 2: 設定每幀厚度 2 倍 X 白
step 3: 設定追蹤物 (待測物)

$$fk = ma = N\mu_k = mg\mu_k$$

$$\mu_k = \frac{a}{g}$$



第五和第六堂課-進行實驗一~三的成果報告

每位同學都要報告 3 分鐘的實驗結果，教師與同學提問，教師同步指導訂正錯誤和給予建議

(學生的部分報告)

實驗三
相同材質的接觸面不同相對速度(改變傾斜角)

實驗器材：紙板、塑膠盒

實驗步驟：1. 改變角度與統一材質
2. 測量各材質的數據

相同材質	紙	紙	20max	1.3
			30max	0.4
			40max	1.0

結論

- 接觸面越光滑，摩擦係數越小
- 角度越大，摩擦係數越大
- _____

生活應用

- 汽車運動行走
- 搬運物進行
- _____



七、學習評量內容

第一堂課

- (1) 實驗一學習單的預習問題
- (2) 實驗一的裝置設計及材料準備分工書面資料

第二堂課

- (1) 完成實驗一學習單
- (2) 完成實驗二學習單的預習問題分工書面資料

第三堂課

- (1) 實驗二和三的裝置設計討論
- (2) 實驗二和三的材料準備分工書面資料

第四堂課

- (1) 完成實驗二和三的學習單和結果數據分析
- (2) 準備成果報告文件

第五~六堂課

- (1) 個人成果報告
- (2) 提問問題

評量方式:每一個實驗的學習單和成果報告各佔 30%和出席率佔 10%

參考資料

1. 如果摩擦力消失一分鐘？大膽科學
<https://www.youtube.com/watch?v=JdMkAvibBec&authuser=0>
2. 國立科學工藝博物館 科學學習中心 摩力四射 王德麟製作
https://slc.nstm.gov.tw/df_ufiles/b/%E6%91%A9%E5%8A%9B%E5%9B%9B%E5%B0%84PPT.pdf
3. 國立科學工藝博物館 科學學習中心 瞧一橋
https://www.nmns.edu.tw/export/sites/nmns/park_cfpp/learn/school/.galleries/files/bridge.pdf
4. How to use Vernier Video Analysis App
<https://www.youtube.com/watch?v=uV8CXOIW1lc>
5. Vernier Graphical Analysis
<file606bf7ce7a896.pdf> (yida-design.com.tw)

