



「伽利略的鐘擺實驗」工作坊

適用年級：中學一至三年級

推行模式：全班及分組活動（每組 4 人）

教學時間：90 分鐘

學習範疇：綜合科學科 / 物理科

已有知識：對科學方法有初步的了解

活動簡介

伽利略是意大利的物理學家，他曾多番進行實驗以了解鐘擺的運動特性。在這個工作坊中，學生將動手進行這個經典的物理實驗，體驗鐘擺的計時原理以及認識進行科學探究的要點。

教學目標

科學知識

- 學習何謂科學方法
- 學習設計及進行科學實驗應注意的事項
- 學習古人如何計時以及各種計時器的原理
- 學習影響鐘擺週期的變數

科學技能

- 掌握正確使用實驗工具的技巧及如何可減少實驗誤差
- 學習分析實驗結果以推論
- 學習與他人合作解難

其他

- 學習進行實驗時認真和嚴謹的態度

教學程序

時間	課堂大綱	教學活動及實驗	工作紙 相關部份
20 分鐘	➤ 認識何謂科學方法以及進行實驗時應注意的地方	活動 1：科學方法	-
20 分鐘	➤ 古人是如何計時及水鐘實驗	活動 2：以水鐘計時測試 (分組活動)	1
50 分鐘	➤ 進行伽利略的鐘擺實驗，挑戰最準確的計時器 ➤ 介紹擺鐘的結構及總結	活動 3：鐘擺計時實驗 (分組活動) 活動 4：挑戰準確計算出 10 秒時間 (分組活動)	2

相關科學知識

1. **科學方法**包括觀察某些現象並提出問題、作出假設、並由假設推論出預測結果、設計並進行實驗以測試假設，最後分析實驗結果及作出結論
2. 實驗時應注意**公平測試**，即每次實驗只可改變其中一個變數，且保持其他狀態不變。另應重覆實驗數次並盡量減少誤差
3. **自由落體實驗**：亞里士多德提出「重的物件的掉落速度比輕的物件快」的假設，此理論雖未經實驗驗證，但在千多年中從未被質疑。直至伽利略提出「不論質量如何，所有物件的下墜速度都均等」，傳聞他曾在比薩斜塔進行自由落體實驗，掉下兩個不同質量的球，兩者同時著地而印證他的假設是正確。但由於物件的下墜速度亦受空氣阻力的影響，因此在地球進行鎚和羽毛的掉落實驗，鎚會先著地。阿波羅 15 號的太空人曾在空氣稀少的月球進行此實驗，兩者同時著地
4. 古人除了可利用太陽或天體的方位知道時間外，亦可利用一些會**隨時間改變的現象**推算時間，如燃燒香燭、繩子等
5. 中國的水鐘稱為**漏刻**，一般把 3 至 5 個杯放在階梯上。除最底的水杯，每個水杯下方都有孔可以讓水流到下一個水杯。但只使用 2 個杯的漏刻並不能準確計時，這是由於水流的速度與孔以上的水量有關，隨著水量的減小，水流的速度會愈來愈慢。因此中國漏刻的設計擁有數個水杯，需不斷補充第二個杯的水量使它保持不變
6. 伽利略觀察教堂吊燈的擺動，啟發他進行鐘擺週期的探究。由於當時未有計時工具，所以他使用脈搏測定鐘擺的週期。我們在**鐘擺實驗中可改變的變數**包括：**角度、線的長度及鉛錘的重量**，從實驗結果可推論出鐘擺週期只受線的長度影響
7. **擒縱器**是機械鐘錶的重要部份，型狀就像一個不對稱的齒輪，它能連續的擺動動作，轉化為秒針逐格的跳動以及提供動力推動擺鐘繼續擺動

課堂活動詳情

活動 1：科學方法

目的： 認識何謂科學方法以及進行實驗時應注意的地方

- 流程：
- 1) 全班討論問題：如果有一個較輕和一個較重的球，在同一高度掉下，哪個球會先著地？
 - 2) 分享亞里士多德和伽利略各自對自由落體下墜速度的假設
 - 3) 分享伽利略在比薩斜塔的自由落體實驗，示範同時掉下乒乓球和大少相約但較重的高爾夫球，兩者差不多同時著地，以及觀賞阿波羅 15 號在月球上掉下鏟子和羽毛的影片
 - 4) 講解實驗時應注意事項包括：公平測試、須重覆實驗並盡量減少誤差
 - 5) 以霉菌生長的實驗結果為例，讓同學思考如何分析實驗結果及作出合理結論

活動 2：水鐘計時測試（分組活動）

目的： 製作水鐘來計時，測試利用 2 個杯的水鐘能否準確計時

- 流程：
- 1) 向每組同學派發實驗用具
 - 2) 將一個有孔的透明膠杯置於木方上，另一個透明膠水杯置於下方
 - 3) 每組安排一位同學負責計時，練習使用計時器，需大聲讀出秒數
 - 4) 示範如何為水鐘計時：
 - 將上方水杯盛滿水，待計時同學準備好，可撕下黑色膠紙，開始實驗
 - 待水位到達下方杯上第一個指標，開始計時並大聲讀出秒數
 - 留意秒數，每 10 秒在下方水杯以油性筆畫下水位記號
 - 同時留意水流速度，控制下方水杯位置，直至只有水緩緩滲出
 - 5) 讓同學開始實驗，留意每 10 秒劃出的刻度距離是否均等
 - 6) 再重覆實驗一次，鼓勵同學思考此實驗設計的問題和誤差，在工作紙記錄和填寫他們認為刻度不均等的原因

延伸討論： 如果水鐘設計能準確計時，水流的速度不應隨時間而改變，但我們發現每 10 秒劃出的刻度並不均等（愈來愈密），顯示水流愈來愈慢。這是由於水流的速度與孔以上的水量有關。因此中國漏刻的設計擁有數個水杯，不斷補充第二個杯的水量使它保持不變

物資： 每組透明膠杯 2 個（其中一個杯底側面穿孔並以黑色膠紙覆蓋）、木方或任何可以承高上方水杯的物件 1 個、秒錶 1 個、黑色油性筆 1 支及毛巾 1 條

活動 3：鐘擺實驗 (分組活動)

- 目的： 進行鐘擺實驗，測試影響鐘擺週期的變數
- 流程：
- 1) 進行實驗設置，將 1 個螺絲帽繫於一條長 50cm 的線，固定於支架上並貼上一個量角器
 - 2) 調整量角器的位置使鉛錘綫位於 0° 的刻度
 - 3) 向同學示範如何進行鐘擺實驗
 - 站於量角器正前方，拉動螺絲帽至指定角度
 - 釋放螺絲帽讓其開始擺動，同時按下秒錶開始計時
 - 記錄首 5 個週期所需時間 (鉛錘盪回到開始的位置為一個週期)
 - 4) 讓同學開始實驗，測試角度 30° 、 20° 、 10° 並記錄其鐘擺週期，每個角度需進行 3 次實驗
 - 5) 分析實驗結果並總結出鐘擺週期是否受角度改變影響
 - 6) 讓同學自由測試另外兩個變數：線的長度和鉛錘的重量 (繫上多一個螺絲帽)，提示每次實驗只可改變一個變數，其他狀態應保持不變。請同學記錄實驗結果，分析該變數如何影響鐘擺週期，以及思考實驗中的誤差
 - 7) 完成以上 3 節的實驗後，給予同學約 10 分鐘時間改變鐘擺的設置，由老師擔任計時員，嘗試完成使首 5 個鐘擺週期最接近 10 秒的挑戰任務
- 延伸討論： 從實驗結果可推論出鐘擺週期只受線的長度影響，實驗的主要誤差為按動秒錶的反應時間
- 物資： 每組支架 1 個 / 把線貼在枱邊、量角器 1 個、線 1 卷、軟尺 1 個、剪刀 1 把、螺絲帽 3 粒和秒錶 1 個