

教材編注

太陽日的概念已移至高中地科課綱中，故予以刪除。

參考資料

P.11.2 計時工具的演進

1.1

時間的測量

自然現象



知識快遞

西元2018年召開的第26屆國際度量衡大會，仍舊維持西元1967年的定義：1秒就是銨-133原子產生之輻射振盪9,192,631,770個週期所需的時間。



銨原子鐘

1 測量時間的工具

過去人們利用竿影和沙漏等會隨著時間持續變化的工具來計時；現今人們則使用機械鐘、擺鐘、石英錶和電子錶等較精確的計時器來計時（圖1-1）。

隨著科學的進步，科學家訂定以銨原子產生之輻射的振盪次數作為計時標準，稱為原子鐘。目前國際單位制所使用的時間單位「秒」，就是以原子鐘制訂的。



圖1-1 計時器

A 沙漏



B 電子錶



C 擺鐘

給老師

【提問】生活有沒有比心裡默數更準確的計時器？

例如：目前市面上的計時腕錶大部分為石英式電子錶，利用電池驅動石英振盪器震動來畫分時間，由於是高頻率振動，所以相當準確。

【技巧】可補充古人利用自然現象變化的規律性，訂出日、月和年等時間的單位。例如太陽每天東升西落，正中午時會運行到天空中的最高點，此時太陽的仰角最大，連續出現兩次太陽仰角最大值所經過的時間，稱為一太陽日。每個太陽日長短不同，取一年中所有太陽日的平均值稱為平均太陽日，也就是平常所稱的一日。

【技巧】可補充手機的時間乃是基地臺接收到GPS (global positioning system) 衛星裡的原子鐘取得。

給學生

1 石英錶

石英錶以電力來維持石英晶體的週期性振盪，最好的石英錶其計時一年的誤差不超過0.02秒。

2 時間的測量

比較規律而重複發生的現象都可用來測量時間，測量的方法為計算重複的次數，例如計算單擺擺動的次數或石英晶體週期性振盪的振盪次數等。為達更精確的時間標準，目前已發展出原子鐘，使用原子產生之輻射的週期性振盪作為時間標準，其中銨原子鐘非常穩定，依目前科技的精密度推算，約一百億年才會產生1秒的誤差。

2 擺

十六世紀義大利科學家伽利略 (Galileo Galilei, 西元1564~1642年) 看到比薩教堂的吊燈擺動很規律, 於是用自己的脈搏測量吊燈來回擺動的次數, 發現擺動角度不大時, 每次來回擺動的次數幾乎都相等, 此特性就稱為擺的等時性, 後來的擺鐘即是以此特性來計時。

單擺 (圖1-2) 是最簡單的擺鐘, 以下經由實驗, 來探討影響單擺擺動週期的因素。

圖1-2 單擺的構造



教材編注

1. 在第3章課程中, 因課綱指定以單擺為例討論力學能 (Ba-IV-7-2), 且高中課綱並未有單擺內容, 故本節保留單擺介紹; 又國教院審查時要求每章皆須有實驗, 故本章讓學生操作單擺。
2. 國教院審查時要求將實驗1.1修改為探究型實驗, 以便符合課綱學習表現pe-IV-1計畫與執行, 故設計假設1的步驟完整呈現, 而假設2、3的步驟則部分開放, 由學生依照假設1調整實驗組與對照組。

實驗影片

實驗：單擺的擺動週期



實驗1.1 單擺的擺動週期



提出問題

單擺的擺角、擺錘質量和繩長, 是否會影響擺動週期呢?

1. 單擺的擺角越大時 (不超過10度), 單擺的擺動週期 不變。
2. 擺錘的質量越大時, 單擺的擺動週期 不變。
3. 單擺的繩長越長時, 單擺的擺動週期 越長。

變因設定

形成假設

變因	操縱變因	控制變因	應變變因
假設1	(A)	(B)、(C)	(D)
假設2	(B)	(A)、(C)	(D)
假設3	(C)	(A)、(B)	(D)

第1章 直線運動 7



給老師

【技巧】簡介伽利略的生平事蹟, 引起學生的好奇心, 接著講述「擺的等時性」, 說明並讓學生了解伽利略如何利用實驗的方法進行科學研究, 以及他在科學史上的地位。

【提醒】單擺的週期除了和繩長有關外, 還與哪些因素有關?

引導學生提出可能的變因, 例如擺錘質量、擺錘材質等。高中選修物理將介紹單擺週期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, 建議在當階段不需要提及。



給學生

◎伽利略

某天伽利略在教堂作禱告, 突然發現天花板的吊燈在擺動, 這個看似很平常的現象在他腦海裡卻產生了一堆疑問。他發揮醫生的本能, 右手按住左手脈搏, 心裡默數的計算吊燈擺動的次數。他發現不管吊燈擺動的幅度大小, 每擺動一次的時間幾乎是相等的。當時他還不到20歲, 居然在好奇心的驅使下, 發現了這個偉大的科學定理。

◎擺的等時性

擺的等時性是指擺角不大於10°時, 擺在擺動的過程中, 即使擺角有變動, 但每一次來回擺動所需的時間都相同。

參考資料

P.III-2 單擺的週期

P.III-2 另類計時工具

歷屆試題

P.III-22 第1題

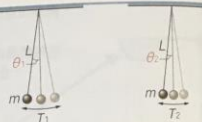
互動媒體

鐘擺實驗室
影響單擺擺動週期的因素

【分析與結論】

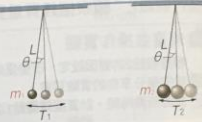
>>>由實驗1-1可以發現，當單擺做小角度的擺動時，擺長的長短會影響擺動週期，當擺長越長時，擺動週期就越長；而擺角大小與擺錘質量均不影響單擺的擺動週期（圖1-3）。<<<

改變： θ
固定： L 、 m
 $\Rightarrow T_1 = T_2$



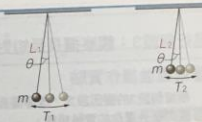
A 固定單擺擺長和擺錘質量，週期和擺角無關。

改變： m
固定： L 、 θ
 $\Rightarrow T_1 = T_2$



B 固定單擺擺長和擺角，週期和擺錘質量無關。

改變： L
固定： m 、 θ
 $\Rightarrow T_1 > T_2$



C 固定單擺擺錘質量和擺角，擺長越長，週期也越長。
圖1-3 單擺擺動週期與擺角、擺錘質量、擺長的關係

動腦時間

人體脈搏跳動一次或呼吸一次的時間，是否適合作為計時的單位呢？其優、缺點為何？

自然現象與解答

使用隨時持續規律變化的計時工具，例如手錶。

例題1-1

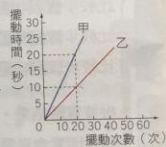
單擺的擺動週期

右圖表示在同一地點甲、乙兩單擺的擺動次數與擺動時間關係。

請問：

(1)甲、乙兩單擺的週期分別為多少秒？

(2)甲、乙兩單擺何者擺長較長？



$$(1) T_{\text{甲}} = \frac{20}{20} = 1 \text{ 秒}$$

$$T_{\text{乙}} = \frac{10}{20} = 0.5 \text{ 秒}$$

(2) 甲

給老師

【提問A】利用脈搏每分鐘幾次，計算出一次脈搏的時間，是否適合作為計時的單位？

適合。答案詳如動腦時間解答。

【提問B】想想看是否有更科學且方便的計時工具呢？

手錶、馬錶、手機等皆是。

給學生

Ans 動腦時間

適合，伽利略曾經利用自己脈搏的週期，來測量「單擺等時性」。若使用自己的脈搏週期或呼吸週期作為時間的測量單位，其優點為不需要攜帶其他計時工具，對於測量者而言非常方便，但是每個人的脈搏和呼吸並不穩定，容易受環境和生理狀態影響，故在測量上較不精準。

Ans 例題1-1

答 (1)甲單擺的週期為1秒，乙單擺的週期為0.5秒。

(2)甲單擺的擺長較長。

解 (1)甲單擺的週期 = $\frac{20}{20} = 1$ 秒，乙單擺的週期 = $\frac{10}{20} = 0.5$ 秒。

(2)單擺的週期較長，可以知道其擺長較長。