

教學目標

教學重點

1-1

時間的測量

(2節)

1. 了解單擺的等時性。
2. 知道可以利用物體位置的規律變化作為測量時間的工具。

1. 藉單擺的實驗了解單擺的等時性。
2. 讓學生了解規律變化的事物或現象可作為測量時間的工具。

1-2

路程和位移

(1節)

1. 了解物體位置的表示。
2. 知道路程和位移的定義。

1. 如何表示物體的位置。
2. 路程和位移的意義與區別。

1-3

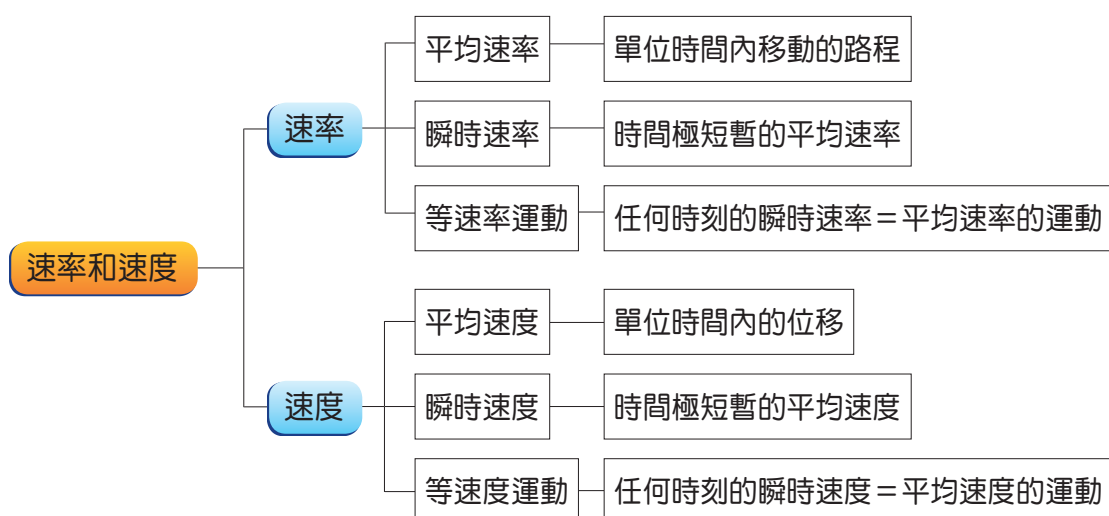
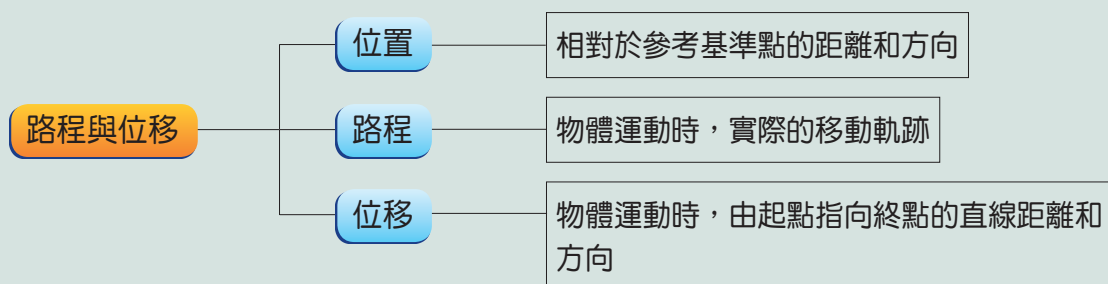
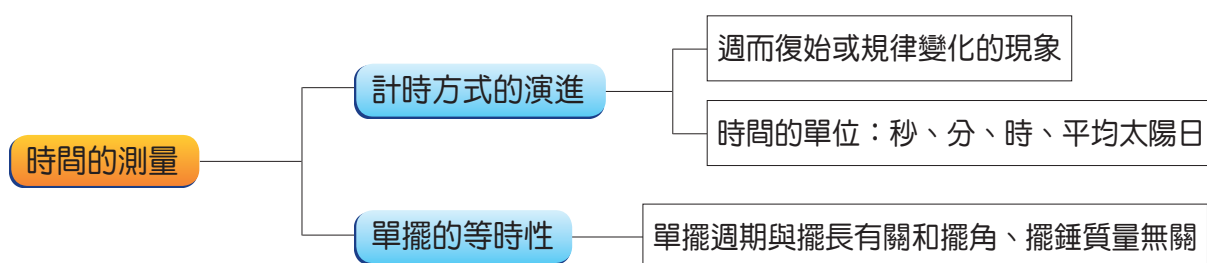
速率和速度

(2節)

1. 認識速率和速度。
2. 了解平均速率和瞬時速率的區別。
3. 了解平均速度和瞬時速度的區別。
4. 認識等速率運動和等速度運動。

1. 讓學生了解速率和速度相關概念的意義和區別。
2. 讓學生能應用速度、速率等概念，描述日常生活的運動。
3. 能了解平均速率和瞬時速率。
4. 能了解平均速度和瞬時速度。
5. 能分辨等速率運動和等速度運動。

概念圖



1-4

加速度
(3節)

教學目標

1. 讓學生了解平均加速度和瞬時加速度的意義和區別。
2. 知道等加速度運動。

教學重點

1. 讓學生了解平均加速度和瞬時加速度的意義和區別。
2. 能了解等加速度運動的特性。

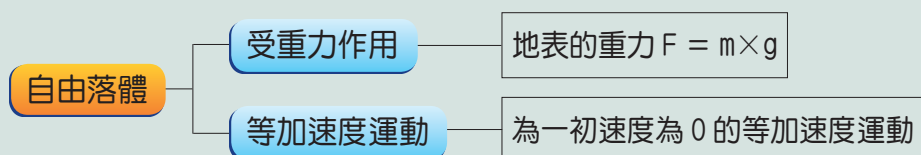
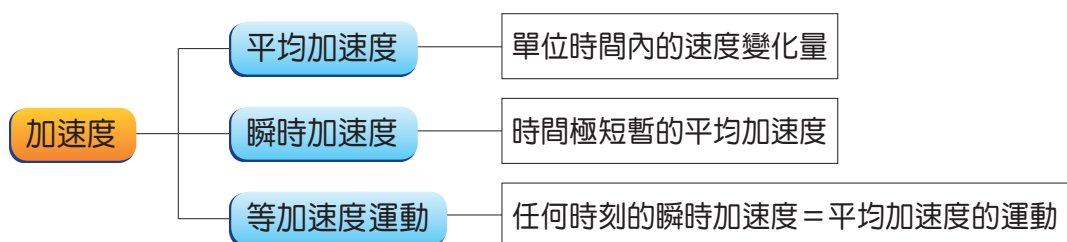
1-5

自由落體
(1節)

1. 讓學生了解自由落體是一種等加速度運動。
2. 認識自由落體運動和重力加速度。

1. 讓學生了解自由落體是一種等加速度運動。
2. 能了解自由落體和重力加速度的關係。

概念圖



好教素材

- 課本 PDF、WORD 檔 全方位 / 教材圖文檔
- 學用／教用活動紀錄簿 PDF、WORD 檔 全方位 / 教材圖文檔
- 教師手冊 PDF、WORD 檔 全方位 / 教材圖文檔
- 基礎版課本 PPT 全方位 / 教學 PPT
- 高手版課本 PPT 全方位 / 教學 PPT
- 實驗與活動 PPT 全方位 / 教學 PPT
- 活動紀錄簿習題 PPT 全方位 / 教學 PPT
- 學習塗鴉牆 PPT 全方位 / 教學 PPT
- 重點整理 PPT 全方位 / 教學 PPT
- 小試身手 PPT 全方位 / 教學 PPT
- 教材可修改圖檔 全方位 / 可修改圖檔
- 電子書 數位達人 / 電子書

好用掛圖

電子課文掛圖 全方位 / 數位教具

1-2

- 物體的位移

1-3

- 速度、位置與時間

1-4

- 加速度運動 · 加速度方向與其運動變化 · 等加速度運動的 $v-t$ 圖
- 速度漸增的等加速度運動 · 速度漸減的等加速度運動

1-5

- 自由落體與加速度運動

好看動畫

1-2

- 路程 教學動畫 (0'37")

1-3

- 行車速率 教學動畫 (0'29")

- 直線運動 教學動畫 (1'14")

1-4

- 公車速度的改變 教學動畫 (1'19")

好看影片

1-1

- 實驗 1-1 單擺的特性 實驗影片 (2'53")

- 實驗 1-1 單擺的特性 問題與討論 實驗影片 (0'57")

1-2

- 實驗 1-2 速度的變化 實驗影片 (1'43")

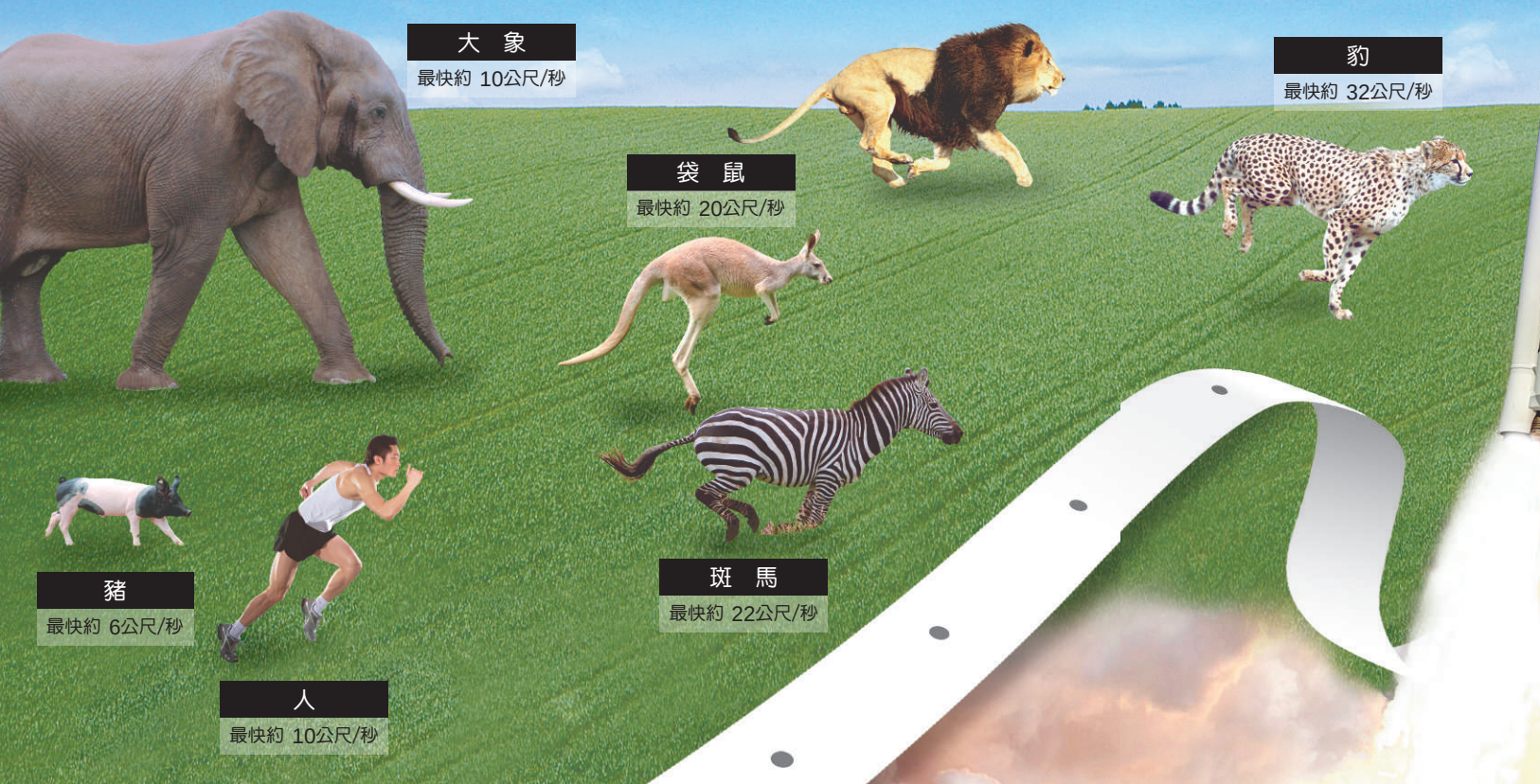
- 實驗 1-2 速度的變化 問題與討論 實驗影片 (2'26")

1-4

- 雙珠競走 科學遊戲 (3'21")

直線運動

- 1-1 時間的測量
實驗 1-1 單擺的特性
- 1-2 路程和位移
- 1-3 速率和速度
- 1-4 加速度
實驗 1-2 速度的變化
- 1-5 自由落體



補 漫畫小知識

國際標準規格的棒球場中，投手丘與本壘板之間的距離約為 18.44 公尺，扣掉投手投球時的身體跨步和手臂長，大約剩下 16 公尺的距離。當投手於投手丘投球，若球速較快，則打擊者從判斷、反應到揮棒的時間，大約只有 0.4 秒。

棒球為國球運動，貼近多數人的運動休閒和生活話題。可藉由學生們對於中華、美國或日本職棒等賽事的興趣和其最新動態，討論「直線運動」的相關概念，引起學習動機。



題 歷屆題數

出現題數

90	1
91	2
92	5
93	2
94	3
95	7
96	2
97	4
98	3
99	2
100	2
北	1
101	
102	1
103	1
104	1
105	1
106	1
107	2
年度	

補充資料

[P41-6] 秒的定義

[P41-6] 擺角大小的探討

教學重點與流程

1. 藉 Warm Up 提供的活動，讓學生實際體驗，並能了解估計時間並不可靠，以及思考如何精確測量時間的方法。
2. 介紹時間的各種單位。

1 太陽日與平均太陽日

地球繞太陽公轉的軌道為橢圓形，因此各太陽日的長短並不一致，科學家取一年中各太陽日的平均值定為平均太陽日，一個平均太陽日等分為 24 小時，1 小時等分為 60 分鐘，1 分鐘再等分為 60 秒，即一個平均太陽日相當於 86400 秒。太陽日與平均太陽日雖有不同，但誤差極小，為減輕教學及學習的負擔，課本並不提其中差異，教師可視學生學習狀況，酌以說明。

1-1



時間的測量

Warm Up

10 個同學兩兩一組，每組派一位同學以手錶計時，另一位同學起立並閉上眼睛，心中默數計時一分鐘，時間一到就坐下。請問站立的五個同學會同時坐下嗎？我們對計時的感覺可靠嗎？如果是你，你會如何估計一分鐘？

本節將學習到

- 單擺的等時性
- 時間的單位

小視窗

1 秒的定義

西元 1967 年，世界度量衡標準會議（CIPM）以銨原子釋放的輻射波頻率作為秒長的依據，將「1 秒」定義為這種輻射波振動 9,192,631,770 次所需的時間。銨原子鐘非常準確，三百萬年內誤差還不到 1 秒。

科學上常以具有規律性變化的事物來計時，例如

地球繞太陽運行一周為一年。天空中的太陽連續兩次出現最大仰角所經歷的時間，稱為一個「太陽日」；因為每個太陽日的長短不一致，故取一年中各太陽日的平均值，稱為一個「平均太陽日」，即所謂一日。

一日有 24 小時，便可計算出：一秒[■]是一個平均太陽日的 86,400 分之一。為了能夠方便計時而發明出許多計時工具：日晷、燃燒的線香、沙漏、鬧鐘、原子鐘和數位錶等（圖 1-1）。



圖 1-1 計時工具

答 Warm Up

讓學生發表各種估計時間的方法，藉以引起學習單擺的動機。

參考答案：

可以在心裡默數數字或計算脈搏跳動次數等方法估計一分鐘的時間。

圖 1-1

古人利用物體規律變化的現象來計時，例如：一炷香、一頓飯都可以是計時的單位，但利用這種方式來計時，誤差大又不方便。



圖 1-2 伽利略

十六世紀，義大利科學家伽利略（Galileo Galilei, 1564 ~ 1642）（圖 1-2）利用自己的脈搏，測量教堂天花板吊燈的擺動，發現的結果讓計時工具的演變有了一大進步。他究竟發現了什麼？以下，讓我們自製一個單擺進行實驗，進一步探討單擺的特性。

實驗 1-1 單擺的特性

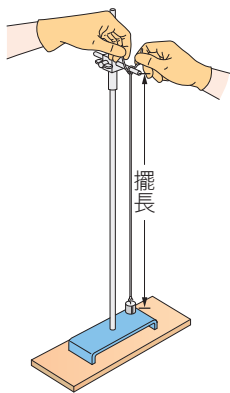
目的 由單擺的製作及週期的測量，探討影響擺動快慢的因素。

器材（以組為單位）

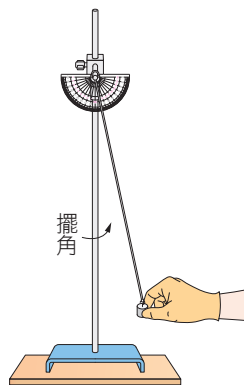
- | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| ☐ 馬錶 1 個 | ☐ 細線 1 卷 | ☐ 直尺 1 支 |
| ☐ 量角器 1 個 | ☐ 鐵架及固定夾 | ☐ 手套 |
| ☐ 100、200、300 公克金屬擺錘各一個 | | |

步驟

1 一條細線上端固定於鐵架，下端懸掛金屬擺錘。調整細線長度，從固定點到擺錘中心的距離為 100 cm（稱為擺長）。



2 倒置量角器固定於鐵架上端，取 100 g 金屬擺錘，並將擺錘拉向一側，使其與量角器中央垂直線的夾角約 10° （稱為擺角）。



3 輕輕放開擺錘，以馬錶測量擺錘來回擺動 10 次所需的時間，重複測量 3 次，分別將結果記錄於表中；改變擺錘的質量為 200 g、300 g，重複上述步驟。

影片

實驗影片（2'53"）



教學重點與流程

- 藉伽利略的發現，說明單擺的等時性。
- 進行實驗 1-1，讓學生自行裝設一個單擺來進行實驗，探討影響擺動週期的因素有哪些？
- 探討進行小角度單擺實驗時，改變擺錘質量的大小，會不會影響單擺的擺動快慢？

教材釋疑

有關擺角為 5° 或 10° 的探討，請參考教學補充資料 p.41-6。

圖 1-2

伽利略出生於舉世聞名的比薩斜塔所在地——比薩（Pisa），父親是個沒落的貴族。年輕時的伽利略即在數學和工藝方面，表現出非凡的理解能力和過人的天分。

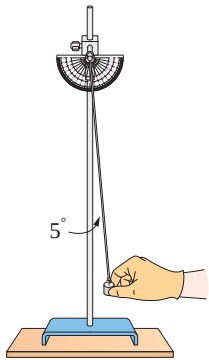
伽利略就讀比薩大學醫學院時，在比薩大教堂內觀察懸吊在天花板上的吊燈擺動，他按著手腕上的脈搏，默數吊燈擺動的次數，發現了單擺的等時性（isochronism of the pendulum）。

後來，伽利略利用單擺的等時性，製作了一種計脈器（pulsilogium），其原理是調整計脈器的擺線長度，使單擺的擺動次數和病人的脈搏跳動達到一致，不但可以幫助醫生測量病人的脈搏跳動快慢，而且方便比較病人前後兩次就診時的脈搏跳動變化。

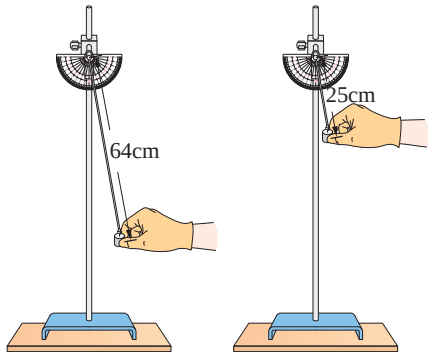
教學重點與流程

- 6. 探討改變擺角的大小，會不會影響單擺的擺動快慢？
- 7. 探討改變擺長的大小，會不會影響單擺的擺動快慢？

4 固定擺長 100 cm，擺錘質量為 100 g，分別改變擺角（8°、5°），重複步驟 3。



5 固定擺角為 10°，擺錘質量為 100 g，分別改變擺長（64 cm、25 cm），重複步驟 3。



表：擺動週期紀錄

組別	擺長 (公分)	擺角 (度)	擺錘質量 (公克)	來回擺動 10 次的 時間 (秒)			來回擺動 10 次的 平均時間 (秒)	來回擺動 1 次的 平均時間 (秒)
				1	2	3		
甲	100	10	100	20.0	20.3	20.1	20.1	2.01
乙	100	10	200	20.1	20.3	20.3	20.2	2.02
丙	100	10	300	20.2	20.0	20.2	20.1	2.01
丁	100	8	100	20.1	20.3	20.2	20.2	2.02
戊	100	5	100	20.0	19.9	20.1	20.0	2.00
己	64	10	100	16.0	15.9	16.1	16.0	1.60
庚	25	10	100	10.1	10.0	10.2	10.1	1.01

(以上數據僅供參考，請依實驗測量結果填寫。)

問題與討論

- 1. 為何要測量來回擺動 10 次的時間再除以 10，而不直接測量擺動一次的時間？
- 2. 比較甲、乙、丙三組，擺長、擺角不變時，改變擺錘質量，單擺擺動一次的平均時間有何變化？
- 3. 比較甲、丁、戊三組，擺長、擺錘質量不變時，改變擺角，單擺擺動一次的平均時間有何變化？
- 4. 比較甲、己、庚三組，擺角、擺錘質量不變時，改變擺長，單擺擺動一次的平均時間有何變化？

問題與討論

- 1. 測量擺動一次和十次的時間都難免會有誤差，但測量擺動十次的時間再除以十，卻可以使測量誤差降為十分之一，增加測量值的準確性。
- 2. 擺長、擺角不變，僅改變擺錘質量時，並不會影響單擺的週期大小。
- 3. 當擺角小於 10° 時，擺角並不會影響單擺的週期。
- 4. 擺長愈長，擺動愈慢，單擺的週期也愈大。



由實驗發現，當擺長固定且擺角為 5° 、 8° 、 10°

時，單擺來回擺動一次的時間幾乎相同。單擺來回擺動一次所需的時間，稱為單擺的擺動週期。

單擺擺動的週期長短只與擺長有關，與擺角、擺錘質量大小無關，表示單擺具有**等時性**²。且單擺的擺長愈長，週期也愈長；擺長相同時，則週期相同，這正是伽利略所發現的結果（圖 1-3）。

小視窗

2 單擺的等時性

伽利略觀察教堂內吊燈的擺動次數與手腕脈搏次數的關係，除了發現單擺具有等時性，還利用此原理發明了計脈器，藉由調整單擺擺長來測量病人脈搏的情形。



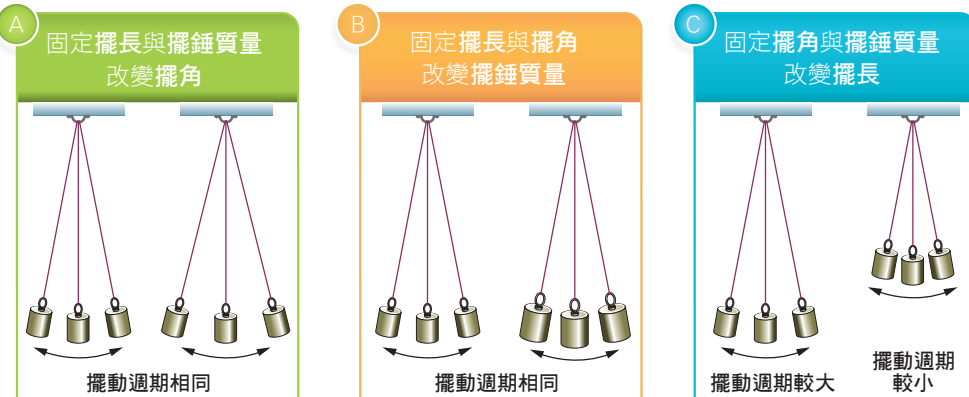
問題與討論（1'54"）



教學重點與流程

- 說明單擺的等時性，以及小角度單擺運動時，其擺角、擺錘質量、擺長與週期的關係。
- 利用例題 1 之解說，讓學生理解並學習本單元之教學重點與內容。

- 擺動一次所需的時間稱「週期」（單位：秒）；反過來說，每秒擺動的次數稱為「頻率」（單位：1/秒）。
- 週期和頻率互成倒數，即「週期 = 1/頻率」或「頻率 × 週期 = 1」。
- 當擺角為小角度時，固定擺錘質量，改變擺長時，單擺的週期也隨之改變。擺長愈長，單擺的週期也愈長；擺長愈短，單擺的週期也愈短。擺鐘即是利用此原理製成的。



▲ 圖 1-3 改變擺角與擺錘質量，都不會影響單擺的擺動週期，但單擺的擺長愈長，單擺的擺動週期也愈長。

例題

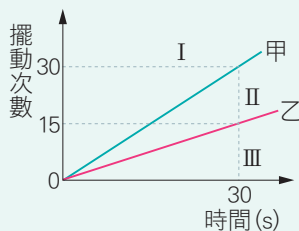
1

利用 A 單擺（擺長 100 cm）和 B 單擺（擺長 25 cm）做小角度單擺擺動實驗，其擺動次數和時間的關係如右圖：

（詳解：p.283）

- 圖中甲、乙的擺動週期各是多少？
- A 單擺擺動次數和時間的關係曲線為甲或乙？
- 若改以 50 cm 擺長做實驗，其關係曲線應出現在圖中哪一區域？

(A) I 區 (B) II 區 (C) III 區 (D) 無法判斷



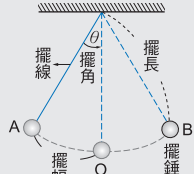
答

- 甲 30 秒內擺動 30 次，週期為 1 秒/次；
乙 30 秒內擺動 15 次，週期為 2 秒/次。
- 擺長愈長，擺動週期愈大，故 A 單擺擺動次數和時間的關係曲線為乙。
- 承(2)可知，擺長 50 cm 介於 25 cm 和 100 cm 之間，且 30 秒時， $15 < \text{擺動次數} < 30$ ，故關係曲線介於 II 區。

解題幫手

- 週期：擺動一次所花費的時間。
- 擺長愈長，擺動週期愈 長。

5 單擺的三要素

單擺的三要素	三要素	說明	
	擺長	由繩子上方一端到擺錘球心的距離。	
	擺角	擺繩由中央直線到擺動最高點時之間的夾角。	
	擺錘質量	擺錘的質量大小。	
單擺的週期	單擺的週期	說明	
	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$	1. 週期的單位常以「秒」為單位。 2. 擺長的大小（ ℓ ）與萬有引力的大小（ g ）均會影響單擺週期的大小。	

教學重點與流程

10. 透過例題 2 的說明與解說，讓學生理解並學習本單元之教學重點與內容。
11. 進行頭腦體操，評量學生對單擺特性之了解。

例題 2

想透過實驗分析擺錘質量、擺長和擺角等因素是否影響單擺的擺動週期，經實驗操作後，得到數據如下表，請依此實驗結果回答下列問題：

實驗	擺錘質量 (克)	擺長 (公分)	擺角 (度)	擺動 10 次的時間 (秒)	擺動週期 (秒)
1	30	100	5	20	2.0
2	30	100	10	20	2.0
3	60	100	10	20	2.0
4	30	25	10	10	1.0
5	60	25	10	10	1.0
6	60	25	5	10	1.0

- (1) 由實驗 4、實驗 5 的數據可以做何種推論？
 (A) 擺動週期和擺錘質量有關 (B) 擺動週期和擺長無關
 (C) 擺動週期和擺角無關 (D) 擺動週期和擺錘質量無關
- (2) 由實驗 3、實驗 5 的數據可以做何種推論？
 (A) 擺動週期和擺錘質量無關 (B) 擺動週期和擺長有關
 (C) 擺動週期和擺角有關 (D) 擺動週期和擺長無關
- (3) 若想知道擺角是否影響擺動週期，可選擇哪兩組實驗數據進行比較？
 (A) 實驗 2 和實驗 3 (B) 實驗 3 和實驗 4
 (C) 實驗 5 和實驗 6 (D) 實驗 1 和實驗 6

(詳解：p.283)

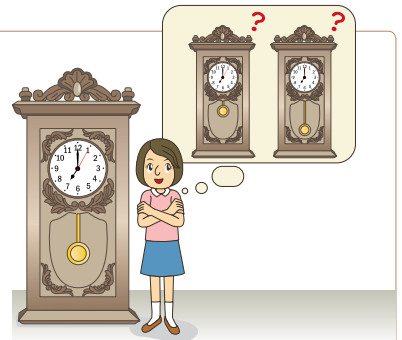
- 答** (1) (D)。由實驗 4、實驗 5 可知，改變擺錘質量不影響擺動週期。
 (2) (B)。由實驗 3、實驗 5 可知，改變擺長會影響擺動週期。
 (3) (C)。欲了解擺角是否影響擺動週期，擺角以外的其他變因須控制不變，故選(C)。

答頭腦體操

擺長愈長，週期愈大。
 若擺鐘的時間較快，表示週期較小，即擺長較短，故應該增加擺線長度。

頭腦體操

小明家中有個骨董級的擺鐘，若擺鐘每天都比標準時間快 3 分鐘，請問該如何調整擺長，才能使擺鐘恢復準確計時？



題 107 會考

小花在實驗室中找到一份舊實驗紀錄簿，紀錄簿中有一頁單擺實驗的紀錄表，此表因蟲蛀而使部分資料無法判讀，如右圖所示。若製作此表時的實驗步驟正確且結果合理，則由可辨識的資料來判斷，下列何者最可能為組別丙的擺長長度？ (A) 25.0 公分 (B) 50.0 公分 (C) 100.0 公分 (D) 200.0 公分

組別	擺錘質量 (公克)	擺長(公分)	擺角(度)	擺動10次的時間 (秒)
甲	50	100.0	5.0	20.1
乙	50	25.0	5.0	9.9
丙	100		5.0	20.0

詳解：C。單擺週期只與擺長有關，由丙與甲擺動 10 次的時間約略相同可知丙與甲的擺長約相等。

1-2

路程和位移

本節將學習到

- 位置和位置的變化
- 位移
- 路程

Warm Up

當我們在街上遇到外國人或陸客等觀光客來詢問附近景點的位置時，我們應該說出哪些事項，才能讓觀光客清楚明白附近景點的位置？

1 位置

地震發生後，中央氣象局發布地震訊息：「105年2月6日3時57分發生規模6.6的地震，震央位置為屏東縣政府北偏東方27.1公里處」。這個地震訊息所描述的震央位置，是以屏東縣政府為參考基準，說明震央位在屏東縣政府的北偏東方，距離27.1公里的地方（圖1-4）。

當我們要描述物體的位置時，也是用相同的方法，須先選定一個參考點作為參考基準，再說明物體相對於參考點的方向和距離。以圖1-5為例：



圖 1-4 震央位在屏東縣政府的北偏東方

教學重點與流程

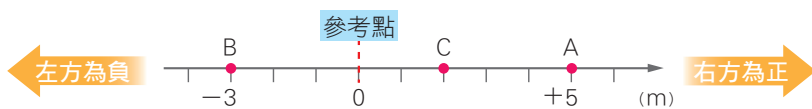
1. 藉 Warm Up 提供的活動，讓學生思考應該如何描述景點的位置。
2. 以地震訊息為例，認識常見的位置描述方式。
3. 說明位置要如何描述。
4. 說明參考點的重要性。

圖 1-5

我們可用直線坐標來描述物體在直線上的位置，坐標的原點就是參考點，若以正數表示物體的位置在原點的右方，則負數表示物體的位置在原點的左方。改變參考點位置時，物體位置也會改變。

1

若以原點O為參考點，右方為正，則A點位置表示為 $A(+5m)$ ，B點位置表示為 $B(-3m)$ 。



2

當選用的參考點不同時，物體的位置也會隨之改變，例如改以C點為參考點，則A點位置變為 $A(+3m)$ ，B點位置變為 $B(-5m)$ 。

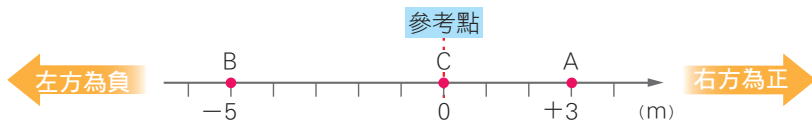


圖 1-5 以直線坐標描述物體的位置

答 Warm Up

讓學生思考「對同一物體的位置，可能會有不同的描述」，取決於說明時所選定的參考點。藉由討論可以澄清學生對於位置描述的迷思概念，而重新建構位置描述的正確方法。

參考答案：

當我們在街上遇到外國觀光客來詢問附近景點的位置或問路，要說出三大重點事項，才能明白清楚地點出附近景點的位置，包括：景點真正的位置、景點距離現在位置的距離和方向，以及該如何去目標景點等。

教學重點與流程

5. 以高速公路兩旁里程碑的意義，說明路程和位移的意義與不同。
6. 強調位移的方向性。
7. 講解課文實例圖 1-6 和圖 1-7，以例題講解說明路程和位移的不同。

圖 1-6

高速公路的兩旁都設有里程碑，用來指示公路之里程，以公路起點為 0 公里，順著路線行進方向，每隔 100 公尺在兩側路旁各設一面路牌，牌面所標示之數字為該處距離起點之公里數。如圖中為南下 178.6 公里處，即表示以高速公路的基隆端為起點，此處距離基隆有 178.6 公里。並以圖 1-7 說明路程不是起點到終點的直線長度，而是起點和終點之間所經過的實際路徑長。

圖 1-8

物體的位移大小表示為「終點位置和起點位置之間的直線距離」；而物體的位移方向為「起點指向終點」的方向。

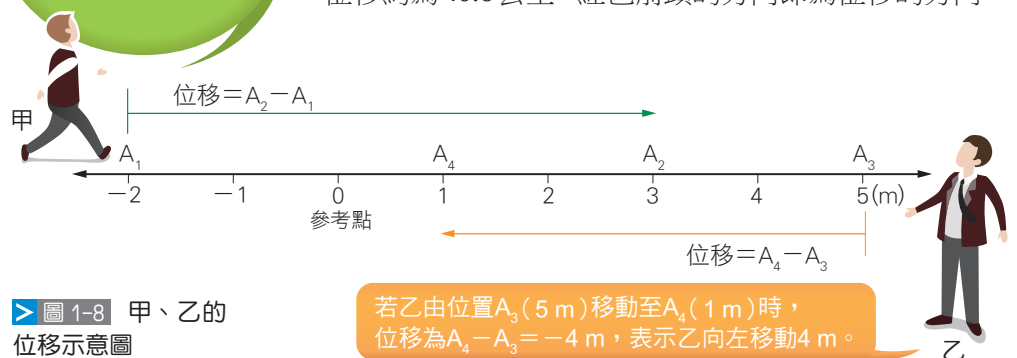


▲ 圖 1-6 中山高速公路里程碑



▲ 圖 1-7 從臺北火車站到宜蘭火車站的路程示意圖

若以向右為正，當甲由位置 $A_1(-2\text{ m})$ 移動至 $A_2(3\text{ m})$ 時，位移為 $A_2 - A_1 = 5\text{ m}$ ，表示甲向右移動 5 m。



> 圖 1-8 甲、乙的位移示意圖

若乙由位置 $A_3(5\text{ m})$ 移動至 $A_4(1\text{ m})$ 時，位移為 $A_4 - A_3 = -4\text{ m}$ ，表示乙向左移動 4 m。

2 路程

高速公路設有里程碑來指示里程數（圖 1-6）。中山高速公路以起點基隆為零公里，沿途里程碑標示的數字就是從起點到該處經過的公里數。例如臺中附近里程碑標示為 178.6 公里，表示該處和高速公路起點基隆的「路程」相距 178.6 公里。

路程是起點和終點之間實際經過的**路徑長**，路程不具有方向性。從臺北火車站開車前往宜蘭火車站（圖 1-7），經由國道五號的 A 路徑，路程約為 55.3 公里；若選擇經由濱海公路的 B 路徑，路程則約為 111 公里。

3 位移

當物體移動時，位置也隨之改變。位移（ Δx ）即物體的「位置變化量」，相當於直線坐標中，物體末位置 x_2 和初位置 x_1 的差：

$$\text{位移} = \text{末位置} - \text{初位置} \quad \text{即} \quad \Delta x = x_2 - x_1 \quad 15$$

位移的大小是指起點到終點的直線長度，而起點到終點的方向就是位移的方向，以正號、負號表示。如圖 1-8，甲位移 5m，方向向右；乙位移 -4m，方向向左。以圖 1-7 為例，臺北火車站到宜蘭火車站的位移約為 40.6 公里，紅色箭頭的方向即為位移的方向。



路程 (0'37")

教學重點與流程

- 透過例題 3 之解說，讓學生理解並學習本單元之教學重點與內容。
- 進行「頭腦體操」讓學生於日常生活中思考路標的標示意義。

圖 1-9

由學校走到圖書館的路線雖然路程不同，但其位移大小和方向都相同。

答 頭腦體操

- 路標所標示的數字是以路標為參考點。
- 數字的大小是代表路程。
- 嘉義與大林之間的路程相距 $19 - 5 = 14$ (公里)。
- 大林的地理位置較北。

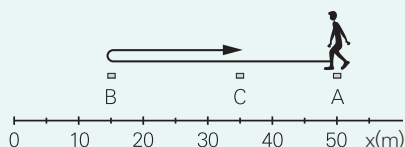
如圖 1-9，若想從學校走到圖書館，有藍、綠、紅線三種不同的路程可選擇。雖然三條路線實際經過的路徑長不同，但起點和終點相同，所以這三條路線的位移大小、方向都相同，其位移方向都是由學校指向圖書館的方向。



圖 1-9 從學校到圖書館的不同路線示意圖

例題 3

如右圖，若某人沿直線坐標從 A 出發，向左移動至 B 後，再折返到 C 才停止，則某人從出發到停止的路程和位移分別是多少？(詳解：p.283)



- 答 (1) 路程：A、B 間的路程 = $50 - 15 = 35$ (m)，B、C 間的路程 = $35 - 15 = 20$ (m)，某人從 A 出發，到最後停止於 C 的總路程 = $35 + 20 = 55$ (m)。
- (2) 位移：A 的位置坐標 $x_A = 50$ (m)，C 的位置坐標 $x_C = 35$ (m)。由 A 到 C 的位移 $\Delta x = x_C - x_A = 35 - 50 = -15$ (m)，表示此人由 A 到 C 的位移是向左 15 m。

解題幫手

- 路程是起點和終點之間實際經過的路徑長。位移的大小是指起點到終點的直線長度。

頭腦體操

右圖為中山高速公路北上的里程路標，請問：

- 路標上標示的數字是以何處為參考點？
- 數字代表的是位移或路程？
- 嘉義與大林之間的路程相距多遠？
- 嘉義與大林，何者的地理位置偏北方？

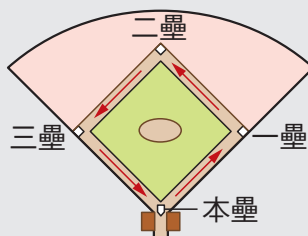


中山高速公路上的路標

題 102 試辦會考

阿峰在棒球比賽中擊出全壘打後，由本壘出發依序經過一壘、二壘、三壘後回到本壘，所經過的路線形成一個正方形，如右圖所示。則阿峰經過下列何處時，與本壘間的位移大小最大？(A)一壘 (B)二壘 (C)三壘 (D)本壘

詳解：B。二壘在對角線上，與本壘直線距離最大，可知位移最大。



教學重點與流程

1. 藉 Warm Up 的例子，讓學生思考運動快慢的意義。
2. 可回頭探討課文 P.8、P.9 兩頁，比較人、動物和火箭的運動快慢。
3. 藉跑步快慢的實例，探索平均速率（平均速度）概念的意義。
4. 以公式說明平均速率的定義。

答 Warm Up

- (1) 若以龜兔賽跑的全程來比較，因路程相同，而且烏龜先抵達終點，所以整個運動過程以烏龜較快。如果以剛起跑時來比較，則是兔子跑得較快。
- (2) 物體運動的快慢，取決於路程與歷經時間的比值。

1-3



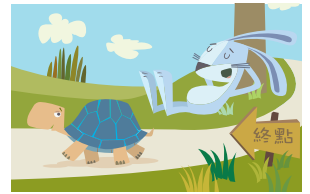
速率和速度

Warm Up

烏龜和兔子相約賽跑。起跑後，兔子遙遙領先烏龜。後來，兔子在樹下歇息一會兒，竟然睡著了，被慢吞吞的烏龜超越。兔子醒來後急忙追趕，但烏龜還是先抵達終點。請問烏龜真的跑得比兔子快嗎？跑得快或慢要如何比較？

本節將學習到

- 速率和速度
- 等速度運動
- 平均速率和平均速度



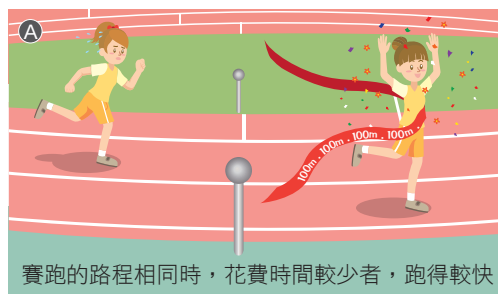
1 速率

百米競賽時，先抵達終點者跑得較快；在相同時間內，移動路程較長者跑得較快（圖 1-10）。從上述經驗中，我們發現物體運動的快慢，與路程的遠近及時間長短有關。

我們以物體「單位時間內所經過的路程」表示物體在這段時間內的運動快慢，稱為**平均速率**（ $\bar{v}$ ）。假設物體運動時經歷的時間為 Δt ，運動所經路程為 ΔL ，則平均速率可以用下列式子表示：

$$\text{平均速率} = \frac{\text{路程}}{\text{經歷的時間}} \quad \text{即 } \bar{v} = \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad 10$$

如果路程的單位是公尺（m），時間的單位是秒（s），則平均速率的單位為公尺/秒（m/s），此外，也常用公里/小時（km/hr）作為單位。



賽跑的路程相同時，花費時間較少者，跑得較快



賽跑的時間相同時，移動路程較長者，跑得較快

▲ 圖 1-10 比較物體運動的快慢

6 世界上跑得最快的人

在 2016 年巴西里約奧運會男子 200 公尺決賽中，牙買加隊的博爾特（Usain Bolt）以 9 秒 81 的成績成功衛冕 100 公尺冠軍，成為奧運史上連續三屆衛冕 100 公尺和 200 公尺冠軍的第一人，雖然未能再度突破自己過去立下的世界紀錄，但年齡已達 30 歲的他仍能守住短跑項目奧運金牌，確實難能可貴。



行車速率 (0'29")

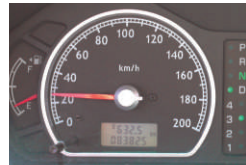
教學重點與流程

- 藉由討論了解，平均速率無法表達特定時刻的運動情形。
- 說明瞬時速率與速率的意義。
- 藉由「小視窗」，讓學生思考為何汽車儀表板上的時速錶所顯示的是瞬時速率。
- 說明等速率運動、瞬時速率、速率的定義。
- 透過例題4的教學與解說，讓學生理解並學習本單元之教學重點與內容。

小視窗

3 瞬時速率

汽機車儀表板上的時速表，所顯示的是汽機車的瞬時速率。



我們可從日常生活發現：由基隆開車到高雄的過程中，因路況不同，車子不可能隨時保持相同的運動快慢；同學進行「三千公尺」長跑時，起先因體力足夠而跑得快，後來上氣不接下氣而愈跑愈慢，最後才抵達終點，若以總路程的平均速率代表同學的跑步快慢，就無法確切表達某一特定時刻的運動情形。

因此，當我們利用所有路程除以所經歷時間，而得到平均速率，同時也要了解：平均速率不一定能描述物體真正的運動過程。

計算平均速率時，若選取的時間間隔 Δt 愈小，則平均速率愈能描述物體在某時刻真正的運動快慢。當 Δt 趨近於 0 時，此時的平均速率稱為該時刻的**瞬時速率**，簡稱**速率**[■]，以 v 表示。如果物體在運動過程中維持相同的速率，則稱該物體做**等速率運動**。

例題
4

物體在一直線上朝同一方向運動，其位置與時間的關係如下表。

時間 (秒)	0	1	2	3	4
位置 (公尺)	16	9	5	2	0

此物體在 0 秒～4 秒內的平均速率為：

- (A) 2 m/s (B) 3 m/s (C) 4 m/s (D) 5 m/s (詳解：p.283)

答

$$(C) \circ \frac{|0 - 16|}{4 - 0} = \frac{16}{4} = 4 \text{ (m/s)} \circ$$

解題幫手

- 路程 = 16 公尺，經歷的時間 4 秒。
- 平均速率 = $\frac{\text{路程}}{\text{經歷的時間}}$ 。

例題
5

小花往返一條 12 公里長的山路，若上山的平均速率為 6.0 公里/小時，下山平均速率為 12.0 公里/小時，則小花往返山路一趟，其總平均速率為：

(A) 0 公里/小時 (B) 6.0 公里/小時 (C) 8.0 公里/小時 (D) 9.0 公里/小時

(詳解：p.283)

答

小花上山的時間 = $12 \div 6 = 2$ 小時，下山的時間 = $12 \div 12 = 1$ 小時。

$$\text{小花往返的平均速率} = \frac{\text{總路程}}{\text{總時間}} = \frac{12 + 12}{2 + 1} = 8 \text{ 公里/小時} \circ$$

解題幫手

- 先求出上山與下山共需 3 小時。

教學重點與流程

- 10.藉圖 1-11 說明平均速率無法表示出物體真正的運動方向，再介紹平均速度。
- 11.說明平均速度、瞬時速度和速度的定義。

圖 1-11

甲、乙、丙三車的位置隨時間變化示意圖，甲車靜止不動，乙車往正方向行駛，丙車往負方向行駛。

2 速度

平均速率可以表示物體在一段時間內的運動快慢，卻無法表示運動方向。如圖 1-11，假設以東方為正向，甲車靜止不動，乙車往東行駛，丙車往西行駛，雖然乙車和丙車的運動快慢相同，但運動方向卻不同。

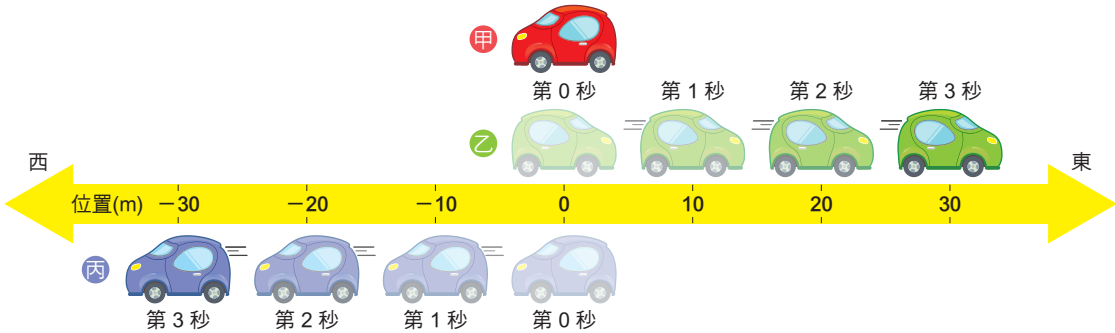


圖 1-11 甲、乙、丙三車隨時間的位置變化

科學上以「物體在單位時間內的位置變化量（位移）」，描述物體的運動方向和快慢，稱為**平均速度**（符號 $\bar{v}$ 與平均速率相同）。

假設物體在 t_1 時位於位置 x_1 ，在 t_2 時位於位置 x_2 ，物體的位移為 $\Delta x = x_2 - x_1$ ，經歷的時間 $\Delta t = t_2 - t_1$ ，則這段時間的平均速度可表示為：

平均速度 = $\frac{\text{位置變化量 (位移)}}{\text{經歷的時間}}$ 即 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$

平均速度常用的單位和平均速率相同，為公尺/秒（m/s）或公里/小時（km/hr）。平均速度具方向性，其方向與位移相同。

計算平均速度時，若選取的時間間隔（ Δt ）愈小，就愈能描述物體在某時刻真正的運動快慢。當 Δt 趨近於 0 時，此時的平均速度可當作該時刻的**瞬時速度**，簡稱為**速度**，以 v 表示（符號與速率相同）。

從圖 1-11 可知甲、乙、丙三車的運動狀態資料如下表：

表 1-1 甲、乙、丙三車的運動狀態資料

項 目		時間間隔					
		0 ~ 1 秒	1 ~ 2 秒	2 ~ 3 秒	0 ~ 2 秒	1 ~ 3 秒	0 ~ 3 秒
甲車	位移 (m)	0	0	0	0	0	0
	平均速度 (m/s)	0	0	0	0	0	0
乙車	位移 (m)	10	10	10	20	20	30
	平均速度 (m/s)	10	10	10	10	10	10
丙車	位移 (m)	-10	-10	-10	-20	-20	-30
	平均速度 (m/s)	-10	-10	-10	-10	-10	-10

以位置 (x) 為縱坐標，時間 (t) 為橫坐標，畫出甲、乙、丙三車的「位置—時間關係圖」(x-t 圖)，可表示物體位置隨時間變化的情形(圖 1-12)。

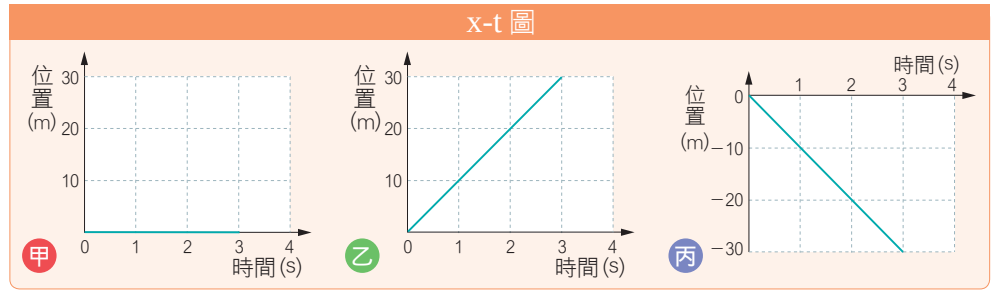


圖 1-12 甲、乙、丙三車的 x-t 圖

若以速度 (v) 為縱坐標，時間 (t) 為橫坐標，可得三車的「速度—時間關係圖」(v-t 圖)，藉此辨別物體運動的快慢和方向(圖 1-13)。

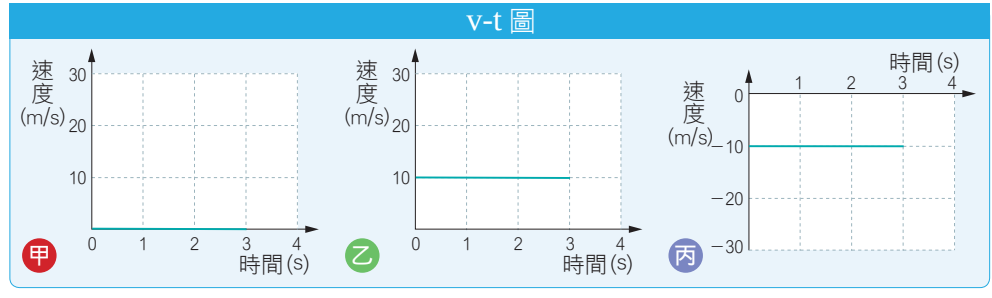


圖 1-13 甲、乙、丙三車的 v-t 圖

動畫

直線運動 (1'16")

教學重點與流程

12. 引導學生了解分析物體的運動狀態時，可將資料先彙整成表格。
13. 說明位置—時間關係圖 (x-t 圖)。
14. 說明速度—時間關係圖 (v-t 圖)。

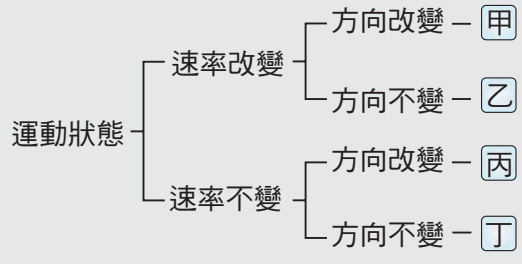
圖 1-12、1-13

1. 甲車靜止在原點，其 x-t 圖是和時間軸重合的一條水平線；其 v-t 圖也是和時間軸重合的一條水平線。
2. 乙車從原點出發，朝正方向等速度運動，其 x-t 圖是通過原點的一條斜直線；其 v-t 圖是和時間軸平行的一條水平線。
3. 丙車從原點出發，朝負方向等速度運動，其 x-t 圖是通過原點，往不同位移方向發展的一條斜直線；其 v-t 圖是在不同象限和時間軸平行的一條水平線。

題 103 會考

右圖為各種運動的分類，老師請志豪將「等速度運動」的圖卡貼在圖中甲、乙、丙、丁中的一個位置上，則他貼在哪一個位置才是正確的判斷？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁

詳解：D。等速度運動即速率不變且方向不變。



教學重點與流程

15. 說明等速度運動的定義。
16. 說明 $v-t$ 圖內，斜線傾斜程度較陡，表示速度較大。

圖 1-14

時間軸以上的面積（第一象限）為正位移；時間軸以下的面積第四象限為負位移。

圖 1-15

在位置－時間作圖（ $x-t$ 圖）中，關係曲線為斜直線代表物體做等速度運動，且當斜直線愈靠近 x 軸（位置）時，其速度愈快。

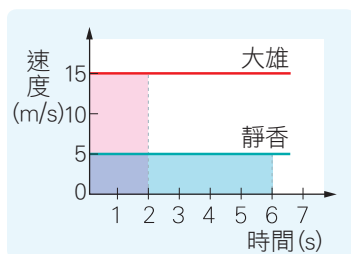


圖 1-14 大雄和靜香兩人的 $v-t$ 圖

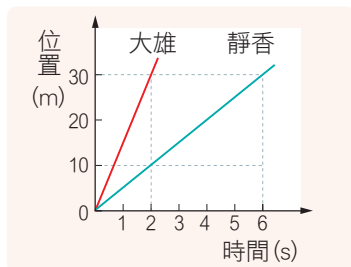


圖 1-15 大雄斜線傾斜程度較陡，表示速度較大。

3 等速度運動

根據圖 1-12，甲車位置不隨時間變化，表示平均速度為零，為靜止狀態；乙車的位置變化量為正值，表示平均速度為正值，向東移動；丙車的位置變化量為負值，表示平均速度為負值，向西移動。

整個運動過程，乙車與丙車速度的大小和方向都保持一定，則稱乙車與丙車皆做**等速度運動**，且兩車的移動方向不同。

如圖 1-14，大雄和靜香騎腳踏車從原點出發做等速度運動，大雄車速 15 m/s ，靜香車速 5 m/s ，則可得：

大雄在 0 秒～2 秒內的位移

$$\Delta x = v \times \Delta t = 15 \times (2 - 0) = 30 \text{ m} ;$$

靜香在 0 秒～6 秒內的位移

$$\Delta x = v \times \Delta t = 5 \times (6 - 0) = 30 \text{ m} .$$

等速度運動時，位移 Δx 和經歷時間 Δt 成正比，在知道出發位置的情況下，可由 $v-t$ 圖計算出兩人隨時間變化的位移，而繪出其 $x-t$ 圖。

如圖 1-15，物體做等速度運動時， $x-t$ 圖為一斜直線，位移 Δx 和經歷時間 Δt 成正比，斜直線傾斜的程度愈陡，表示相同時間內的位移愈大，即速度愈快。

題 107 會考

甲、乙、丙三地位於同一條筆直的道路，且乙地位於甲、丙之間，甲、乙二地的距離為 S_1 ，乙、丙二地的距離為 S_2 。小明沿著道路由甲地出發經乙地到達丙地後再折返回乙地，其路線即甲→乙→丙→乙，已知此過程小明的平均速度大小為每小時 3 公里，平均速率為每小時 15 公里，則 $S_1 : S_2$ 為下列何者？ (A) 1 : 1 (B) 1 : 2 (C) 1 : 4 (D) 1 : 5

詳解：B。平均速度 = $S_1 / t = 3$ 公里/小時；平均速率 = $(S_1 + S_2 + S_2) / t = 15$ 公里/小時；可得 $S_1 : S_2 = 3 : 6 = 1 : 2$ 。

教學重點與流程

17. 說明 $v-t$ 圖內，其關係曲線與時間軸所包圍的面積等於位移。
18. 透過例題 6 的教學與說明，讓學生理解並學習本單元之教學重點與內容。
19. 透過例題 7，讓學生理解並學習由 $v-t$ 圖辨讀物體的運動情形。

由於等速度運動的方向保持不變，則必定是直線運動，且平均速度 ($\bar{v}$) 等於運動過程中任何時刻的瞬時速度 (v)，因此，物體的位移：

$$\Delta x = \bar{v} \times \Delta t = v \times \Delta t。$$

我們可以藉此發現：在經歷時間 Δt 內， $v-t$ 圖中關係曲線與時間軸所包圍的面積大小，恰等於位移大小 (圖 1-16)。

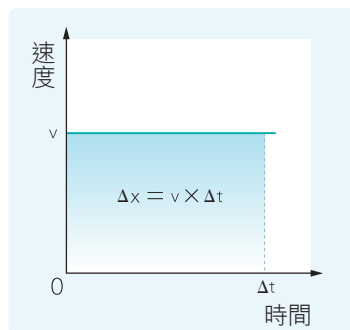
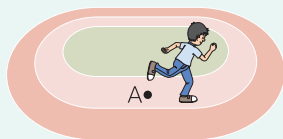


圖 1-16 $v-t$ 圖內，關係曲線與時間軸所包圍的面積，等於位移大小 (Δx)。

例題 6

大雄在 200 公尺跑道上跑步，由 A 點出發，沿逆時鐘方向跑一圈回到 A 點，花了 40 秒。請問大雄的平均速率及平均速度各為何？ (詳解：p.283)



答 (1) 跑步一圈的路程為 200 公尺，時間 40 秒，
故平均速率 = $\frac{\text{路程}}{\text{經歷時間}} = \frac{200}{40} = 5 \text{ (m/s)}。$

(2) 跑一圈，初位置和末位置都在 A 點，位置變化量為 0，
故平均速度 = $\frac{\text{位移}}{\text{經歷時間}} = \frac{0}{40} = 0 \text{ (m/s)}。$

解題幫手

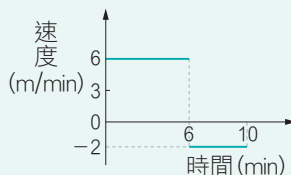
- 先求出路程與位移。

例題 7

右圖為某運動物體的速度—時間關係圖：

- (1) 物體在 10 分鐘內的路程和位移分別為多少公尺？
- (2) 0 分鐘～10 分鐘的平均速率為多少公尺/分鐘？
- (3) 0 分鐘～10 分鐘的平均速度為多少公尺/分鐘？

(詳解：p.283)



答 (1) 路程 $\Delta L = 6 \times (6 - 0) + 2 \times (10 - 6) = 36 + 8 = 44$ 公尺；位移 $\Delta x = 6 \times (6 - 0) + (-2) \times (10 - 6) = 36 + (-8) = 28$ 公尺。

解題幫手

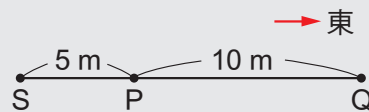
- 先求 0～6 分鐘的位移，再求 6～10 分鐘的位移。

(2) 0 分鐘～10 分鐘的平均速率 $v = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{44}{10} = 4.4$ 公尺/分鐘。

(3) 0 分鐘～10 分鐘的平均速度 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{28}{10} = 2.8$ 公尺/分鐘。

題 105 會考

智耀在筆直的跑道上折返跑，他從 P 點起跑，其路徑為 $P \rightarrow Q \rightarrow P \rightarrow Q \rightarrow P \rightarrow S$ ，總共歷時 15 s，如右圖所示。下列何者可表示此次智耀折返跑的平均速率？ (A) 0.33 m/s (B) 0.33 m/s，方向向西 (C) 3 m/s (D) 3 m/s，方向向西



詳解：C。平均速率無方向性，此人的路徑長為 45 m，總共花了 15 s 的時間，平均速率 = $45 / 15 = 3 \text{ m/s}。$

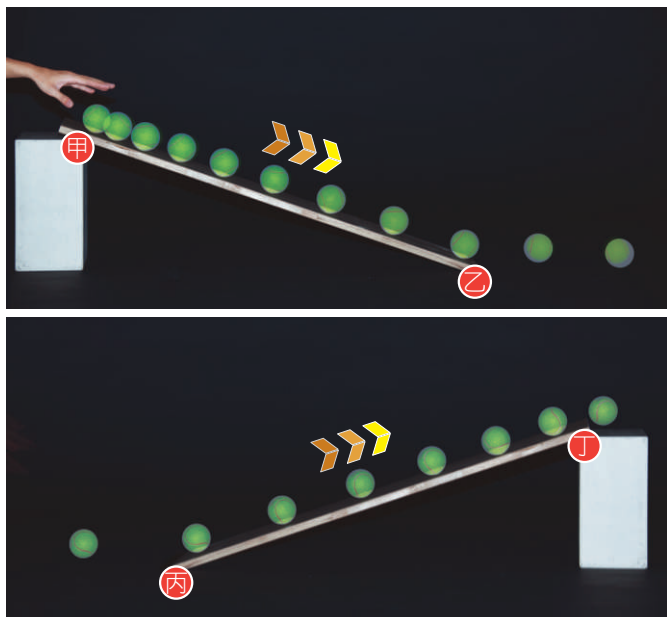
1-4 加速度

本節將學習到

- 加速度和瞬間加速度
- 等加速度運動

1 加速度運動

在上一節，我們學到：「當運動的速度大小和方向都保持一定時，物體正在做等速度運動。」圖 1-17 為網球在斜面上的移動情形，網球由甲端沿斜面向下滾落至乙端，移動間距愈來愈大，速度增加；滾動中的網球由丙端沿斜面向上滾升至丁端，移動間距愈來愈小，速度減小。網球在這兩種不同斜面中的滾動速度發生改變，皆不屬於等速度運動，因此，科學上將這種運動稱為**加速度運動**。我們將在實驗 1-2 利用打點計時器⁴，進一步探討速度隨時間變化的運動情形。



▲ 圖 1-17 網球在斜面上的移動情形

小視窗

4 打點計時器 7

通電後的打點計時器會規律地在複寫紙上打點，並在紙帶上留下墨點。紙帶上，任何相鄰兩點間的時間間隔皆相同，因此可作為計時的工具。

若打點計時器每秒在紙帶留下 50 個點（打點頻率為 50 Hz），則相鄰兩點間的時間間隔 $\Delta t = 1/50$ 秒。



教學重點與流程

1. 藉網球在兩種不同斜面中的滾動情形，了解物體可能發生加速度運動。
2. 介紹打點計時器，說明打點計時器的計時原理。
3. 提出問題：打點計時器在紙帶上所留下點的分布，代表何種意義。

7 電火花打點計時器

小視窗中所述的打點計時器為電磁打點計時器，利用交流電的電流方向變化，使電磁鐵裝置因磁力吸引而打擊紙帶產生墨點。另有一款坊間常見的電火花打點計時器，是利用火花放電使墨粉在紙帶上打出黑色點漬的方式來進行計時。使用這種計時器實驗時，紙帶運動時受到的阻力較小，打出的點跡較為清晰，不會出現拖尾和雙點現象，所以具有實驗誤差小、準確性高的優點。

教學重點與流程

- 進行「實驗 1-2 速度的變化」，藉打點計時器在紙帶上留下的打點分布，觀察物體運動快慢的變化，以便幫助學生了解速度變化的概念。
- 藉由紙帶上的打點分布，說明等速度運動與加速度運動的意義與區別。

教材釋疑

步驟 3 中需要比較紙帶前、後半段的打點軌跡，是因為當滑車從木板上往下滑時，前半段紙帶是進行等加速度運動，而因滑車已經下滑至桌面上，故後半段紙帶是進行等速度運動。

實驗 1-2 速度的變化

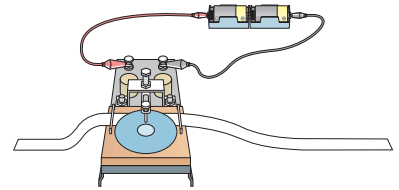
目的 由打點計時器在紙帶上留下點的分布，觀察物體運動的快慢，藉以了解速度變化的概念。

器材（以組為單位）

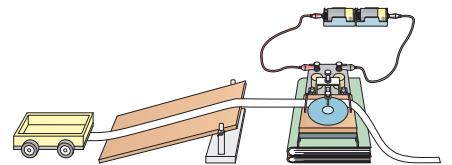
- | | | |
|--|---------------------------------|--|
| ☐ 打點計時器 1 臺 | ☐ 鐵架 1 組 | ☐ 紙帶（每段約 100 cm×4）1 卷 |
| ☐ 木板（長度 80 cm）1 片 | ☐ 膠帶 1 卷 | ☐ 電池與電池座 1 組 |
| ☐ 小滑車 1 臺 | ☐ 直尺 1 把 | ☐ 附鱷魚夾導線兩條 |

步驟

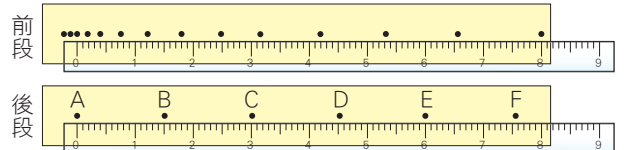
- 將紙帶穿過打點計時器的複寫紙下方，接通電源，不要拉動紙帶，觀察打點計時器在紙帶上所留下點的分布情形。



- 將滑車置於木板上，木板一端抬高約 25 cm，固定於鐵架，使滑車由較高的一端自由下滑至底端（木板上的下滑距離約 50 cm）；並讓已滑至底端的滑車再繼續向前滑行約 50 cm。

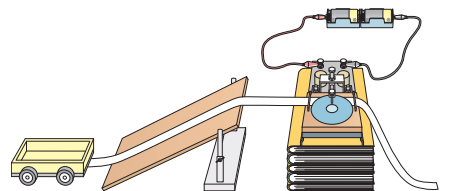


- 觀察打點計時器在紙帶上前段 40 cm 和後段 40 cm 的痕跡分布情形，以直尺測量紙帶上相鄰兩點間的距離。



- 重複實驗步驟 2 和步驟 3 兩次，以直尺測量紙帶上相鄰兩點間的距離。

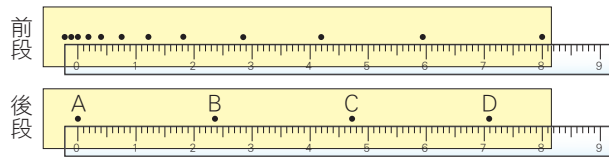
- 將木板一端抬高約 50 cm 固定於鐵架，使滑車由較高的一端自由下滑至底端（木板上的下滑距離約 50 cm）；並讓已滑至底端的滑車再繼續向前滑行約 50 cm。



8 紙帶與速度的變化

	終點	起點	
甲	• • • • • • • •		較慢的等速度運動
乙	• • • • • • • •		較快的等速度運動
丙	• • • • • • • •		愈來愈慢的運動
丁	• • • • • • • •		愈來愈快的運動
戊	• • • • • • • •		靜止不動

- 6 將觀察打點計時器在紙帶上前段 40 cm 和後段 40 cm 的痕跡分布情形，以直尺測量紙帶上相鄰兩點間的距離。



- 7 重複實驗步驟 5 和步驟 6 兩次，以直尺測量紙帶上相鄰兩點間的距離。

問題與討論

- 步驟 1，紙帶上所留下點的分布情形為何？代表何種物理意義？
- 步驟 3，在前半段和後半段紙帶上，相鄰兩點間的距離有何變化？各代表滑車的運動狀態為何？
- 步驟 4 中重複兩次實驗得到的實驗數據會和步驟 3 相同嗎？為什麼？
- 步驟 6，在前半段和後半段紙帶上，相鄰兩點間的距離有何變化？各代表滑車的運動狀態為何？
- 比較步驟 3、步驟 6，在前半段和後半段紙帶上，相鄰兩相對應點間的距離是否相同？為什麼？

打點計時器規律地在紙帶上打點，相鄰兩點間的時間間隔皆相同，當紙帶隨滑車前進時，紙帶上任兩點間的距離，即為該時間間隔內滑車位移的大小。

由實驗發現，紙帶靜止不動時，打點計時器一直打在同一位置，紙帶呈現一點（圖 1-18）。當滑車下滑至底端後，再繼續向前滑行，紙帶上任何相鄰兩點間的位移都相等時（圖 1-19），表示各點間的平均速度相等，紙帶做等速度運動。



圖 1-18 紙帶靜止



圖 1-19 相鄰兩點間的紙帶長度相等，表示在相同的時間間隔內有相同的位移，故速度相等。

影片

- 實驗影片（1'43"）
- 問題與討論（2'26"）



教學重點與流程

- 說明紙帶上相鄰兩點之間的距離即該段時間內「位移的大小」。

圖 1-18

當滑車靜止時，滑車和紙帶都不移動，故打點計時器會重複打點在同一位置上，因此，一段時間過後，整個紙帶上將只有一個點。

圖 1-19

若拉動紙帶的速度保持固定，可發現紙帶上任何相鄰兩點之間的位移都相同（ $AB = BC = CD = DE$ ），表示任兩標示點間之平均速度都相等，這種運動情形稱為等速度運動。

答問題與討論

- 紙帶上只呈現一個點，代表紙帶靜止不動。
- 前半段紙帶上，相鄰兩點間的距離愈來愈大，代表滑車拉動紙帶前進的速度變大，後半段紙帶上，相鄰兩點間的距離卻相同，代表滑車做等速度運動。
- 重複實驗得到的數據和原數據會因為存在測量誤差等因素而無法完全相同。
- 前半段紙帶上，相鄰兩點間的距離愈來愈大，代表滑車拉動紙帶前進的速度變大，後半段紙帶上，相鄰兩點間的距離卻相同，代表滑車做等速度運動。
- 前半段：步驟 6 的相鄰兩對應點間距離較步驟 3 大，代表步驟 6 滑車的速度增加較快。
後半段：雖然兩者皆為等速度運動，但步驟 6 的相鄰兩對應點間距離較步驟 3 大，表示步驟 6 後半段的速度較大。

教學重點與流程

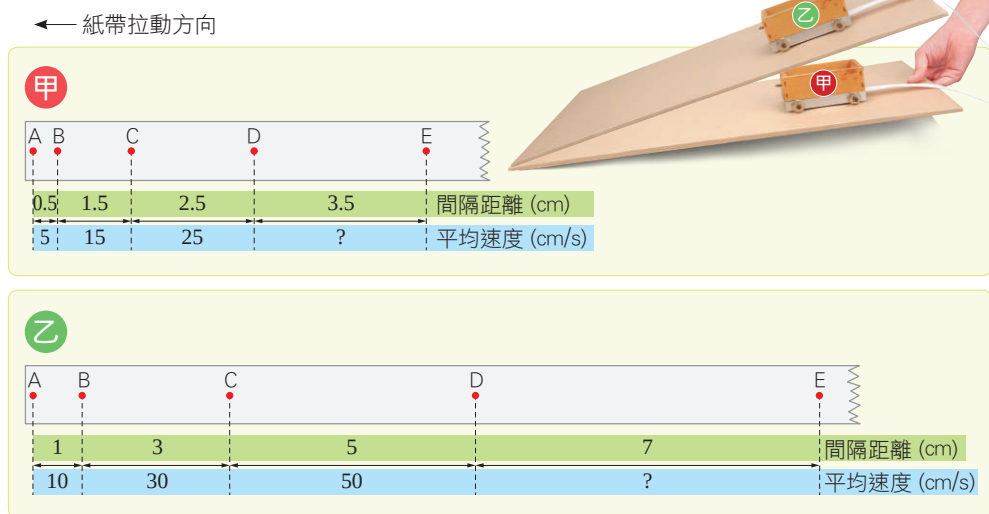
- 說明當滑車從傾斜木板下滑時，紙帶上相鄰兩點間的位移愈來愈大（圖 1-20），表示滑車拉動紙帶前進的速度愈來愈快，紙帶在做加速度運動。
- 說明木板傾斜角度愈大時，滑車沿斜面向下的加速度也愈大。
- 透過例題 9 之解說，讓學生了解滑車在運動時的速度變化。

圖 1-20

如果拉動紙帶的速度愈來愈快，則紙帶上任何相鄰兩點之間的位移也愈來愈大（ $AB = BC = CD = DE$ ），表示紙帶上各標示點間的平均速度都不相等，這種運動情形稱為加速度運動。

當木板傾斜的角度愈大（愈陡）時，滑車下滑的速率愈快，表示其加速度愈大。

當滑車從傾斜木板下滑時，紙帶上相鄰兩點間的位移愈來愈大，表示滑車拉動紙帶前進的速度愈來愈快，紙帶正在做**加速度運動**。當木板傾斜角度變大，紙帶上兩相對應點間的位移也變大。以甲、乙兩車為例，乙車傾斜角度較甲車大，下滑後，乙車紙帶上兩點間的位移較大，表示速度較大（圖 1-20）。



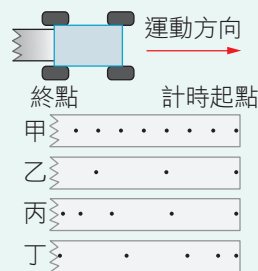
▲ 圖 1-20 甲、乙車下滑示意圖（紙帶未依實際長度繪製）

Q 從甲車和乙車紙帶推測，兩車在 D 點到 E 點之間的平均速度各為多少？

例題 9

滑車向右運動，同時拉動穿過打點計時器的紙帶，以不同方式操作四次，分別得到紙帶甲～丁（如右圖），若打點計時器每秒在紙帶上打出 f 個點，則：

- 紙帶上相鄰兩點的時間間隔為多少秒？
- 甲到丁中，何者表示滑車做等速度運動？
- 甲到丁中，何者表示滑車愈來愈快？（詳解：p.284）



- 答 (1) 打點計時器每秒在紙帶打出 f 個點，則相鄰兩點之間歷經的時間為 $1/f$ 秒。
- (2) 紙帶甲和乙，每兩點間的時間距離都相同，表示滑車做等速度運動。
- (3) 紙帶丁每兩點間的時間距離愈來愈大，表示滑車愈來愈快。

解題幫手

- 同一紙帶上，打點距離與速度變化關係：
相鄰兩點距離保持不變，表示速度 不變；
相鄰兩點距離愈來愈大，表示速度 變大；
相鄰兩點距離愈來愈小，表示速度 變小。

答 Q 參考解答

甲車後方的紙帶上，D、E 兩點之間的平均速度為

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{3.5 \text{ cm}}{0.1 \text{ s}} = 35 \text{ cm/s}$$

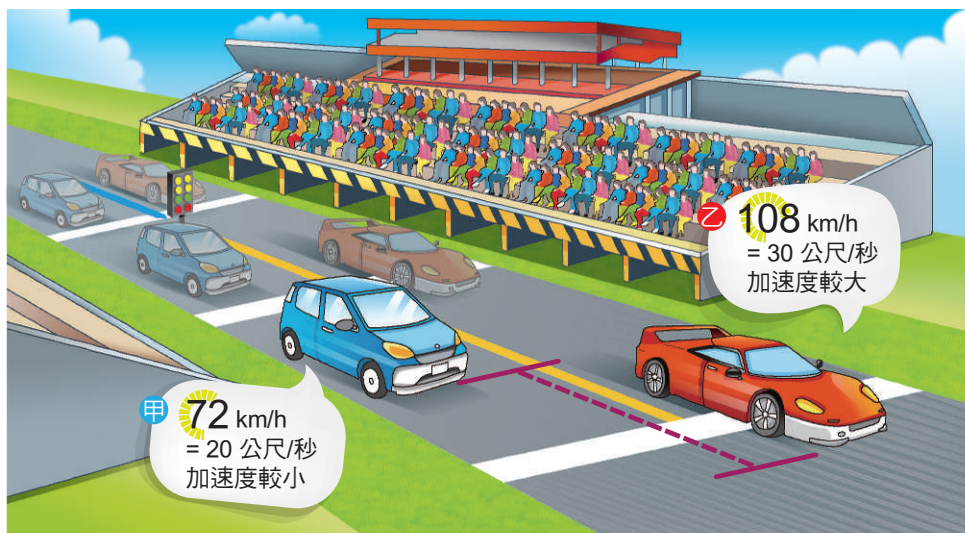
乙車後方的紙帶上，D、E 兩點之間的平均速度為

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{7.0 \text{ cm}}{0.1 \text{ s}} = 70 \text{ cm/s}$$

教學重點與流程

10. 說明平均加速度的定義。
11. 強調平均加速度是「單位時間內的速度變化量」，表示物體速度變化的大小和方向。
12. 說明加速度的單位。

當兩物體做加速度運動時，如何比較兩者加速度的大小？以靜止的甲、乙兩車為例，如果啟動加速，甲車 5 秒後速度達 20 公尺/秒，乙車 5 秒後速度達 30 公尺/秒，則我們說乙車的加速度比甲車大（圖 1-21）。



▲ 圖 1-21 由靜止加速前進時，在相同時間內速度較大者加速度較大。

- 5 科學上以「單位時間內的速度變化量」，表示物體速度變化的快慢和方向，稱為**平均加速度**。假設物體在 t_1 時的速度是 v_1 ， t_2 時的速度是 v_2 ，經歷時間 $\Delta t = t_2 - t_1$ ，速度變化 $\Delta v = v_2 - v_1$ ，則平均加速度 ($\bar{a}$) 可以用下列式子表示：

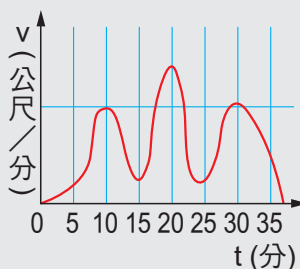
10 **平均加速度** = $\frac{\text{速度變化量}}{\text{經歷時間}} = \frac{\text{末速度} - \text{初速度}}{\text{經歷時間}}$ ，
 即 $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ 。

若速度的單位為公尺/秒 (m/s)，時間的單位為秒 (s)，則平均加速度的單位就是 (公尺/秒)/秒，寫成公尺/秒² (m/s^2)。

題 102 基測

婷婷騎車在筆直的道路向東行駛，右圖為其速度 (v) 與時間 (t) 的關係圖。下列哪一段時間，婷婷的平均加速度方向向西？ (A) $t = 0 \sim 10$ 分 (B) $t = 10 \sim 20$ 分 (C) $t = 15 \sim 30$ 分 (D) $t = 20 \sim 30$ 分

詳解：D。騎車方向向東，當速度變化量 (末速－初速) 為負時，表示平均加速度為負 (向西)。答案中只有(D)符合速度變化量為負。



教學重點與流程

- 13.說明「瞬時加速度」為當 Δt 趨近於 0 時，此時的平均加速度，簡稱加速度，以 a 表示。
- 14.說明加速度也具有方向性。
- 15.說明當加速度 a 與速度 v 的方向相同時，物體的速度變快。當加速度 a 與速度 v 方向相反時，物體的速度變慢。

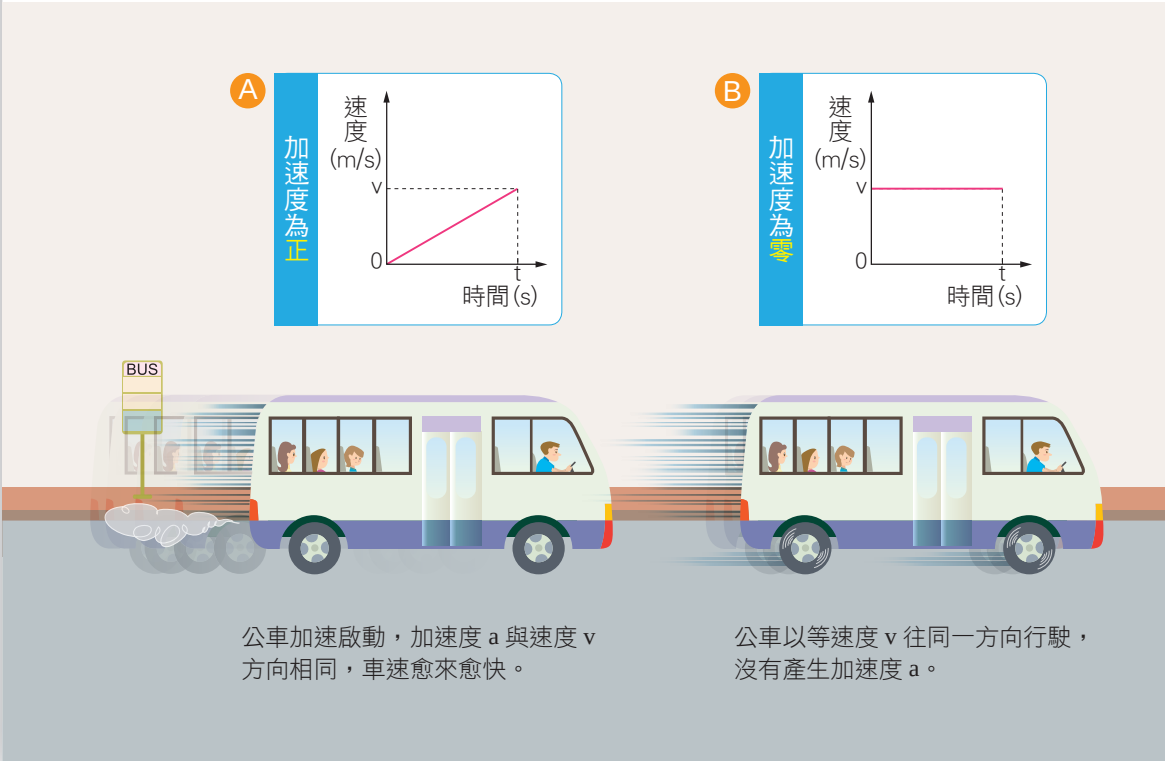
計算平均加速度時，若選取的時間間隔 Δt 愈小，則平均加速度愈能描述物體在某時刻的速度變化情形。當 Δt 趨近於 0 時，此時的平均加速度稱為該時刻的**瞬時加速度**，簡稱**加速度**，以 a 表示。

加速度也具有方向性。當加速度 a 與速度 v 的方向相同時（例如：兩者同為正值或同為負值），物體的速度變快，如啟動加速離站的公車（圖 1-22 A）；當物體在運動中，卻沒有加速度 a 時，則物體會維持等速度運動，如公車等速前進（圖 1-22 B）；當加速度 a 與速度 v 的方向相反時（例如：兩者其中之一為正值，另一為負值），物體的速度變慢，如煞車減速進站的公車（圖 1-22 C）。

圖 1-22 不同的運動狀態造成速度與加速度的變化

圖 1-22

物體因加速度與速度方向的異同，而變得更快或更慢，故藉由比較加速度與速度，可以更加了解物體的運動快慢。



由此可知，當物體的運動變快或變慢時，物體一定具有加速度，若要判斷直線運動的物體是變快或變慢，則須先考慮加速度的方向⁵是否與速度的方向相同。

隨課重點

加速度的方向影響物體的運動：

速度 v 的方向	加速度 a 的方向	運動的變化	汽車運動為例 (以車頭方向為正)
正值	正值	變快	前進時踩油門
正值	負值	變慢	前進時踩煞車
負值	正值	變慢	後退時踩煞車
負值	負值	變快	後退時踩油門

9

小視窗

5 轉彎也具有加速度

當運動物體的加速度方向和原速度方向不在同一直線上（有夾角度時），物體將會轉彎，即「改變方向」，表示加速度可使運動方向改變。

動畫

公車速度的改變 (1'09")

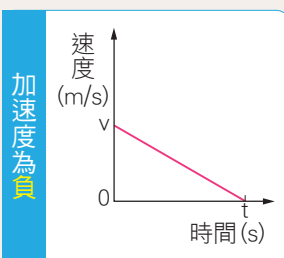
教學重點與流程

16. 進行「頭腦體操」活動，讓學生了解加速度與速度在方向相同與否的情況下，其運動快慢的變化。

答頭腦體操

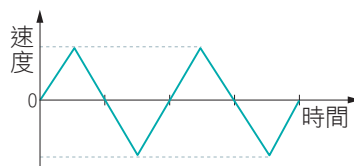
當速度對時間作圖時，當關係曲線進入不同象限時，即代表物體有折返，由此 $v-t$ 圖判斷，在運動過程中，運動的方向改變 3 次。

C



頭腦體操

下圖是某物體的速度—時間關係圖，由圖判斷，此物體在整個運動過程中，運動的方向改變幾次？



公車減速進站，加速度 a 與速度 v 方向相反，車速愈來愈慢。

9 倒車時的加速度方向

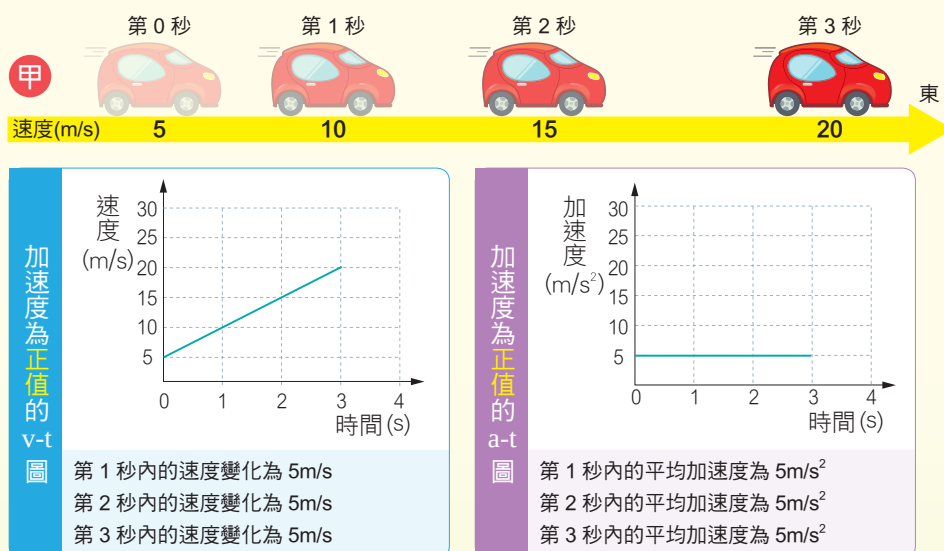
1. 倒車時踩剎車：汽車倒車代表往後方行駛（ v 的方向向後），踩剎車代表減速，使向前的方向有加速度，故速度 v 與加速度 a 的方向相反，則汽車愈來愈慢。
2. 倒車時踩油門：汽車倒車代表往後方行駛（ v 的方向向後），踩油門代表加速，使該運動方向（向後方向）有加速度，故速度 v 與加速度 a 的方向相同，則汽車愈來愈快。

補充資料

P41-6 等加速度運動的 v-t 圖

教學重點與流程

- 說明等加速度運動的意義。
- 說明等加速度運動其速度對時間作圖 (v-t 圖) 的特徵。
- 說明等加速度運動其加速度對時間作圖 (a-t 圖) 的特徵。



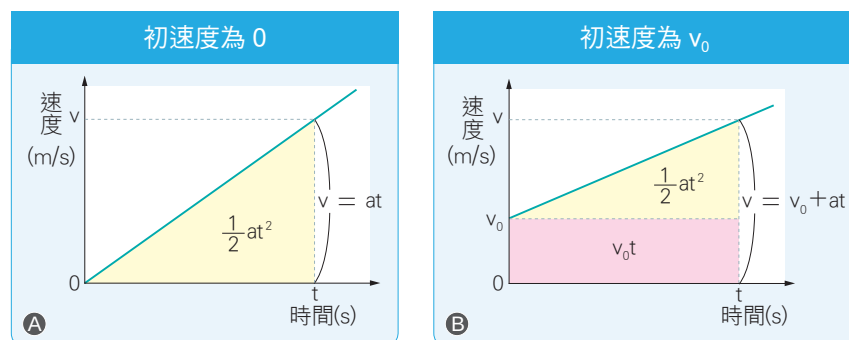
▲圖 1-23 甲車向東做等加速度運動

2 等加速度運動

如圖 1-23，假設東方為正，甲車向東做直線運動，速度愈來愈快，可畫出 v-t 圖，得到一條向右上傾斜的直線，在 0 秒～3 秒的平均加速度為 $\frac{20 - 5}{3 - 0} = 5$ 公尺/秒²，且在這段時間內，任兩秒間的平均加速度皆等於 5 公尺/秒²，加速度為正值。

如同甲車，在運動過程中，若物體的加速度大小和方向始終維持一

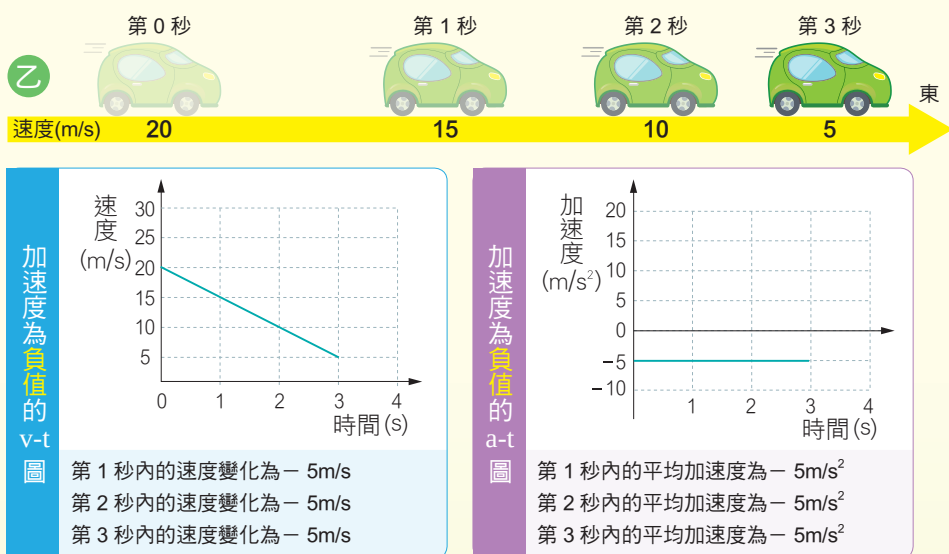
5



▲圖 1-25 從等加速度運動的 v-t 圖中可得知位移

圖 1-23、1-24

- 圖 1-23 表示甲車向東做直線運動，且愈來愈快，其速度與時間的關係繪成坐標圖，是一條向右上傾斜的直線，加速度為正值。
- 圖 1-24 表示乙車向東做直線運動，且愈來愈慢，其速度與時間的關係繪成坐標圖，是一條向右下傾斜的直線，加速度為負值。



▲圖 1-24 乙車向東做等加速度運動

定，則表示此物體正在做**等加速度運動**。

若以加速度為縱坐標，時間為橫坐標，畫出甲車做等加速度運動時的「加速度—時間關係圖」(a-t圖)，可得到一條高於橫坐標軸的水平直線。

- 5 如圖 1-24，乙車同樣向東做直線運動，但速度愈來愈慢，畫出v-t圖，可得到一條向右下方傾斜的直線；a-t圖中，是一條低於橫坐標軸的水平直線，表示乙車做等加速度運動，且加速度為負值。

在上一節，曾學過：「物體在經歷時間t秒內的總位移，恰等於其v-t圖中線段和時間軸所包圍的面積大小。」

物體由靜止開始運動，初速度為零，並以加速度a做等加速度運動，物體在t秒內的位移即為斜直線與時間軸之間所夾的三角形面積，如圖 1-25A 黃色的面積部位。若物體具有初速度 v_0 ，其餘因素不變時，物體在t秒內的位移即為斜直線與時間軸之間所夾的梯形面積，如圖 1-25B 黃色的面積與粉紅色長方形面積的總和。

圖 1-25

1. 可利用A圖推導，在初速度為零時（或由靜止起動）的等加速度運動，其位移大小 Δx 與加速度a、時間t的關係為 $\Delta x = \frac{1}{2}at^2$ ；恰等於關係曲線與時間軸包圍的面積大小。
2. 可利用B圖推導，在初速度為 v_0 時的等加速度運動（ $v_0 \neq 0$ 時），其位移大小 Δx 與加速度a、時間t的關係為 $\Delta x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ；恰等於關係曲線與時間軸包圍的面積大小。

影片

科學遊戲：雙珠競走
(3'21")

教學重點與流程

20. 藉圖 1-23 及圖 1-24 幫助學生了解v-t圖、a-t圖的繪製、加速度的計算及等加速度運動的意義。

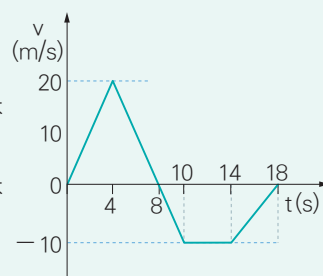
教學重點與流程

21. 藉例題 10 之計算範例，讓學生練習由 $v-t$ 圖計算平均加速度和位移，以及判斷汽車是否做等加速度運動。

例題 10

右圖為汽車行駛時的速度—時間關係圖，根據此 $v-t$ 圖，請回答下列問題：

- (1) 在 0 秒～4 秒時，平均加速度為何？車速變快或變慢？
- (2) 在 4 秒～8 秒時，平均加速度為何？車速變快或變慢？
- (3) 在 8 秒～10 秒時，平均加速度為何？車速變快或變慢？
- (4) 在 14 秒～18 秒時，平均加速度為何？車速變快或變慢？ (詳解：p.284)



答

(1) 0 秒～4 秒時， $a = \frac{(20 - 0)}{(4 - 0)} = 5 \text{ m/s}^2$ ，

這段時間的 v 和 a 都是正值， v 、 a 方向相同，故車速變快。

(2) 4 秒～8 秒時， $a = \frac{(0 - 20)}{(8 - 4)} = -5 \text{ m/s}^2$ ，

這段時間的 v 為正值， a 為負值， v 、 a 方向相反，故車速變慢。

(3) 8 秒～10 秒時， $a = \frac{[(-10) - 0]}{(10 - 8)} = -5 \text{ m/s}^2$ ，這段時間的 v 和 a 都是負值， v 、 a 方向相同，故車速變快。

(4) 14 秒～18 秒時， $a = \frac{[0 - (-10)]}{(18 - 14)} = 2.5 \text{ m/s}^2$ ，這段時間的 v 為負值， a 為正值， v 、 a 方向相反，故車速變慢。

解題幫手

● 平均加速度 = $\frac{\text{速度變化量}}{\text{經歷時間}}$ 。

例題 11

某輛汽車由車速 50 m/s 開始踩煞車，做等加速度運動，欲在 250 m 內停住，則從開始煞車至停止需要多少時間？這段時間的平均加速度為何？

(詳解：p.284)

答

因運動曲線與時間軸所夾的面積等於位移，

即 $\frac{\text{速度} \times \text{時間}}{2} = \text{位移}$ ，

可知時間 = $2 \times \frac{\text{位移}}{\text{速度}} = 2 \times \frac{250}{50} = 10 \text{ (s)}$ ；

平均加速度 = $\frac{\text{速度} - \text{初速}}{\text{經歷時間}} = \frac{0 - 50}{10} = -5 \text{ (m/s}^2\text{)}$ 。

解題幫手

- 先畫出 $v-t$ 圖，運動曲線與時間軸所夾的面積等於位移。

1-5 自由落體

Warm Up

國內外的大型遊樂園有許許多多的遊樂設施，同學們曾經親身體驗讓人尖叫聲不斷的遊樂設施嗎？右圖中的遊樂設施是利用什麼樣的原理，讓大家都如此驚心動魄的感受？



本節將學習到

- 重力加速度 g
- 自由落體運動

教學重點與流程

1. 藉 Warm up 的提問，讓學生思考自高處掉落的變化與感受。
2. 說明亞里斯多德早期的自由落體論點。
3. 說明伽利略的落體實驗。

答 Warm Up

國內外的大型遊樂園提供許多的遊樂設施讓民眾遊玩，特別是一些親身體驗後會讓人尖叫聲不斷的遊樂設施，例如：雲霄飛車、海盜船、旋轉咖啡杯、自由落體等等。許多遊樂設施利用在極短時間內的造成的速度變化、方向變化或位置變化，讓參與的遊客產生瞬間的生理變化而有刺激感。右圖中的遊樂設施是一種自由落體遊樂設施，讓人體驗長達3秒鐘的自由落體感受。

小視窗

6 思考實驗 (Thought Experiment)

運用想像力所進行的實驗，在現實中並未真正進行的實驗，伽利略推測「如果小球由斜面頂端釋放，下滑到完全光滑沒有摩擦力的水平面上，小球將沿直線等速度不停地前進。」就屬於思考實驗。

古希臘哲學家亞里斯多德 (Aristotle, 384 ~ 322 B.C.) 曾提出以下思考實驗⁶：重量不同的物體從同一高度自由落下，重物會先落地。

在 16 世紀以前，大部分的人都直覺地認為，若讓不同重量的物體從同一高度自由落下，重物會比輕物先落地。

直到西元 1590 年，伽利略在比薩斜塔 (圖 1-26) 將二個不同重量的鐵球由塔頂自由釋放，觀察落地的時間，發現二個鐵球幾乎同時到達地面。伽利略因此認為，從同一高度自由落下的物體，無論物體的輕重，著地所需的時間應該都相同。

► 圖 1-26 比薩斜塔



10 伽利略落體實驗的真假？

二千多年以前，亞里斯多德認為二個重量不等的球，從相同高度同時落下時，重的物體會先落到地面。亞里斯多德的說法，被認為是天經地義而流傳了二千多年。最早做實驗來推翻亞里斯多德的論點的人，其實並不是伽利略。而是荷蘭的科學家西蒙史蒂芬 (Simon Stevin, 1548 ~ 1620)。他早在西元 1586 年，就做了相關的落體實驗，發現輕重差距十倍的物體，落下的時間並沒有差距十倍。

至於伽利略有沒有在比薩斜塔上做落體實驗？最早的記載自伽利略的門生—維維安尼 (Vincenzo Viviani, 1622 ~ 1703) 在西元 1654 年所著《伽利略的生平》一書。維維安尼在書中說，伽利略是在西元 1590 年的某一天，當著眾人面前，在比薩斜塔的七層陽臺上做了落體實驗，但是根據後人多方考證，伽利略、比薩大學和其他當代相關人員都沒有關於落體實驗的記載。

圖 1-26

比薩斜塔是義大利比薩城大教堂的獨立式鐘樓，位於比薩大教堂的後面，比薩斜塔的建造開始於西元 1173 年 8 月，歷經約 200 年才完工，比薩斜塔一開始的設計並非就是設計成斜的，而是垂直建造，但是在建造過程中由於地基不均勻和土層鬆軟而傾斜，比薩斜塔曾在 1990 年 1 月 7 日停止向遊客開放，經過 11 年的整修，比薩斜塔被扶正 44 厘米，專家認為，只要不出現不可抗拒的自然因素，經過修復的比薩斜塔，300 年內將不會倒塌。2001 年 12 月 15 日起再次向遊客開放。

補充資料

P41-7 自由落體運動的 v-t 圖

教學重點與流程

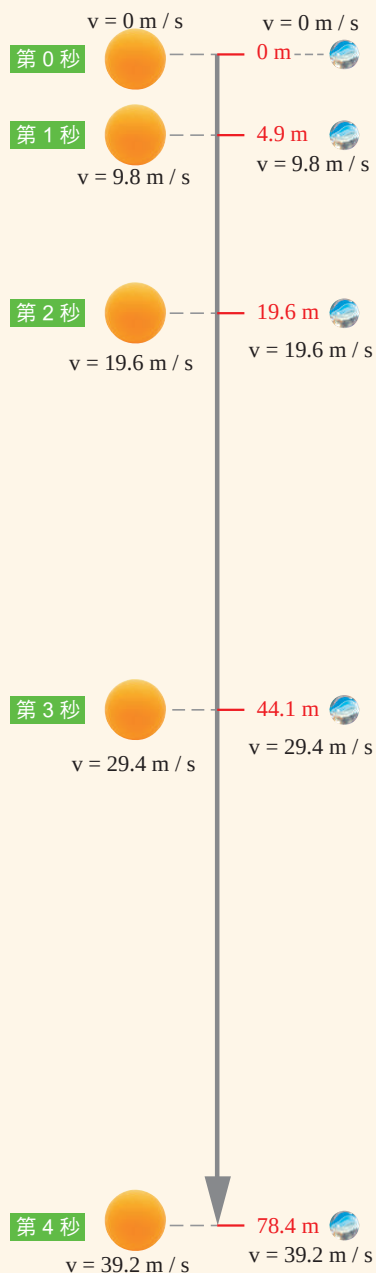
- 說明波以耳的落體實驗證實：「如果不受空氣阻力的影響，從相同高度、同時落下的物體會同時著地，和物體的輕重無關。」及其成功之處。
- 說明自由落體是一種等加速度運動。

圖 1-27

若將此實驗移至月球表面進行，則無需真空管。在月球表面相同高度下，兩手同時釋放銅幣和羽毛，則兩者也會同時落地，兩者有相同的末速度。

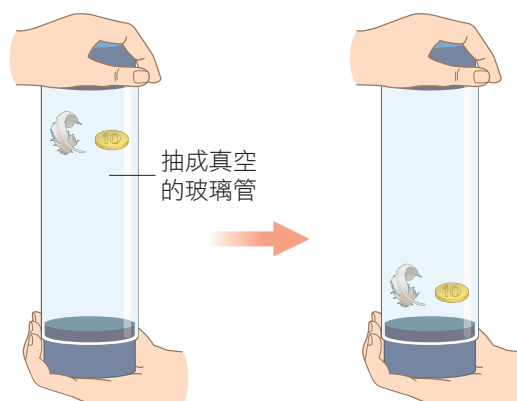
圖 1-28

在理想狀態下，若不考慮空氣阻力，可由圖中數據判斷得知：乒乓球和彈珠在各秒末的落下距離和末速度皆相同。



▲圖 1-28 不考慮空氣阻力，將體積、重量不同的乒乓球和彈珠從相同高度落下的示意圖。

後來，英國科學家波以耳 (Robert Boyle, 1627 ~ 1691) 把羽毛和銅幣放入一根玻璃管底部，將玻璃管抽成真空，再將玻璃管迅速倒轉，比較羽毛和銅幣落下情形，結果，發現羽毛和銅幣同時落到管底 (圖 1-27)。此實驗證實了：「如果不受空氣阻力的影響，從相同高度、同時落下的物體會同時著地，和物體的輕重無關。」



▲圖 1-27 在真空管頂部落下的羽毛和銅幣會同時到達底部

物體在運動過程中，若只受重力而不受其他作用力影響，我們將這種運動稱為自由落體。例如：蘋果從樹上掉落，不考慮阻力時，就是一種自由落體。

乒乓球和彈珠的體積、重量不同，若無空氣阻力的影響，讓乒乓球和彈珠從相同高度自由落下，可發現乒乓球的位移愈來愈大，表示受到重力作用的乒乓球具有加速度；而在相同時間內，彈珠落下的位移和乒乓球幾乎一致，表示彈珠受到重力作用產生的加速度與乒乓球相同 (圖 1-28)。

11 自由落體

古希臘哲學家亞里斯多德 (Aristotle, 384 ~ 322 B.C) 曾提出：重量不同的物體從同一高度自由釋放，重物會先落地。西元 1590 年，伽利略在比薩斜塔上，將兩個不同重量的鉛球由同一高處自由釋放，結果兩個鉛球同時著地，證明亞里斯多德的學說是錯誤的。不過，當時的學者仍不能接受這個事實。

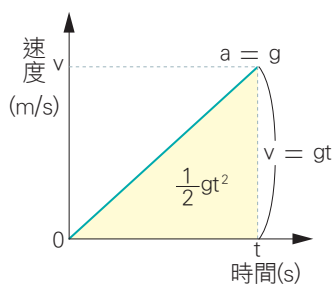
英國科學家波以耳 (Robert Boyle, 1627 ~ 1691) 利用自己發明的抽氣機做了一個實驗：他把一根羽毛和一枚銅幣從同一高度自由釋放，結果發現當管中有空氣時，銅幣落下較快；但是當他把管中的空氣抽光後，重做實驗，這時羽毛和銅幣就幾乎同時落到管底。這實驗證明：從同一高度落下的物體，如果不考慮空氣阻力和浮力的影響，則物體著地的時間快慢，和它的重量大小無關。

在地球表面附近，自由落體的加速度值約為 9.8 公尺/秒^2 或 980 公分/秒^2 ，這個加速度是因地球的重力作用而產生的，故稱為**重力加速度**，通常以 g 表示。因為 g 值在地表附近可視為定值，故自由落體的過程為等加速度運動。

如圖 1-29，當物體從高處自由落下時，因初速度等於零，經 t 秒後，其速度和位移分別為：

$$v = at = gt \quad ; \quad \Delta x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}gt^2$$

由上述可知，當 g 值為定值時，落下速度 (v) 和落下時間 (t) 成正比，位移 (Δx) 則和落下時間的平方 (t^2) 成正比。



▲ 圖 1-29 自由落體的 v - t 圖呈斜直線，表示物體作等加速度運動。

教學重點與流程

- 說明在地球表面上的重力加速度為 9.8 m/s^2 或 980 m/s^2 。
- 說明當物體從高處自由落下時，因初速度等於零，經 t 秒後，其速度和位移分別為： $v = gt$ 、 $x = \frac{1}{2}at^2$ 。
- 說明自由落體時，落下速度 v 和落下時間 t 成正比；而落下的位移 Δx 則和落下時間 t 的平方成正比。
- 透過例題 12 之解說，讓學生理解並學習本單元的教學重點與內容。
- 進行「頭腦體操」活動，讓學生思考自由落體時，位移速度和加速度的關係與變化。

例題

12

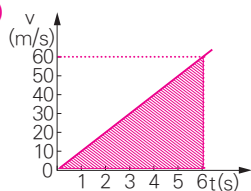
一球由高樓頂端自由落下，若不考慮空氣阻力，經 6 秒後落至地面，請回答下列問題：（設向下為正， $g = 10 \text{ m/s}^2$ ）

- 請試著繪製此球從頂端落至地面之間的 v （速度）- t （時間）圖。
- 其著地的瞬時速度為多少？
- 樓高約幾公尺？

（詳解：p.284）

答

(1)



(2) 著地的瞬時速度

$$v = gt = 10 \times 6 = 60 \text{ (m/s)}。$$

(3) 落下的距離為 v - t 圖中所圍的色塊面積：

$$\frac{1}{2} \times 6 \times 60 = 180 \text{ (m)}。$$

解題幫手

- 先畫出 v - t 圖，運動曲線與時間軸所夾的面積等於位移。

頭腦體操

右圖為某飛行器垂直向上試射時，紀錄器傳回的訊號轉換成速度與時間的關係圖，請問飛行器剛發射時，加速度為何？飛行器發射幾秒後升到最高點？最高點的高度為何？（設向上為正）

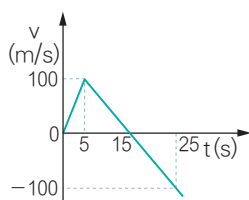


圖 1-29

自由落體的 v - t 圖是一條通過原點的斜直線，由圖中曲線的關係式，可運算出自由落體在任何時刻的瞬時速度 (v) 和落下距離 (h)。

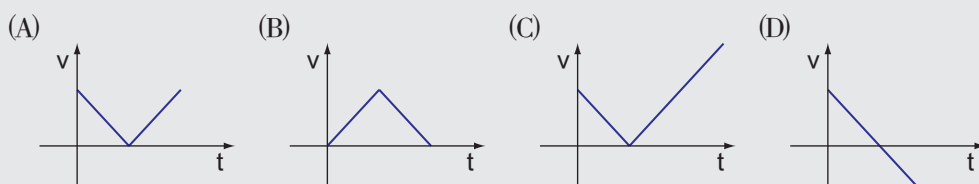
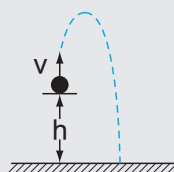
答 頭腦體操

- 飛行器剛發射時加速度

$$a = \Delta v / \Delta t = \frac{(100 - 0)}{(5 - 0)} = 20 \text{ m/s}^2。$$
- 在第 15 秒時，飛行器上升至最高點（為第一象限面積最大時）。
- 最高點的高度為曲線下和時間軸覆蓋的面積，大小為 $15 \times 100 \div 2 = 750 \text{ m}。$

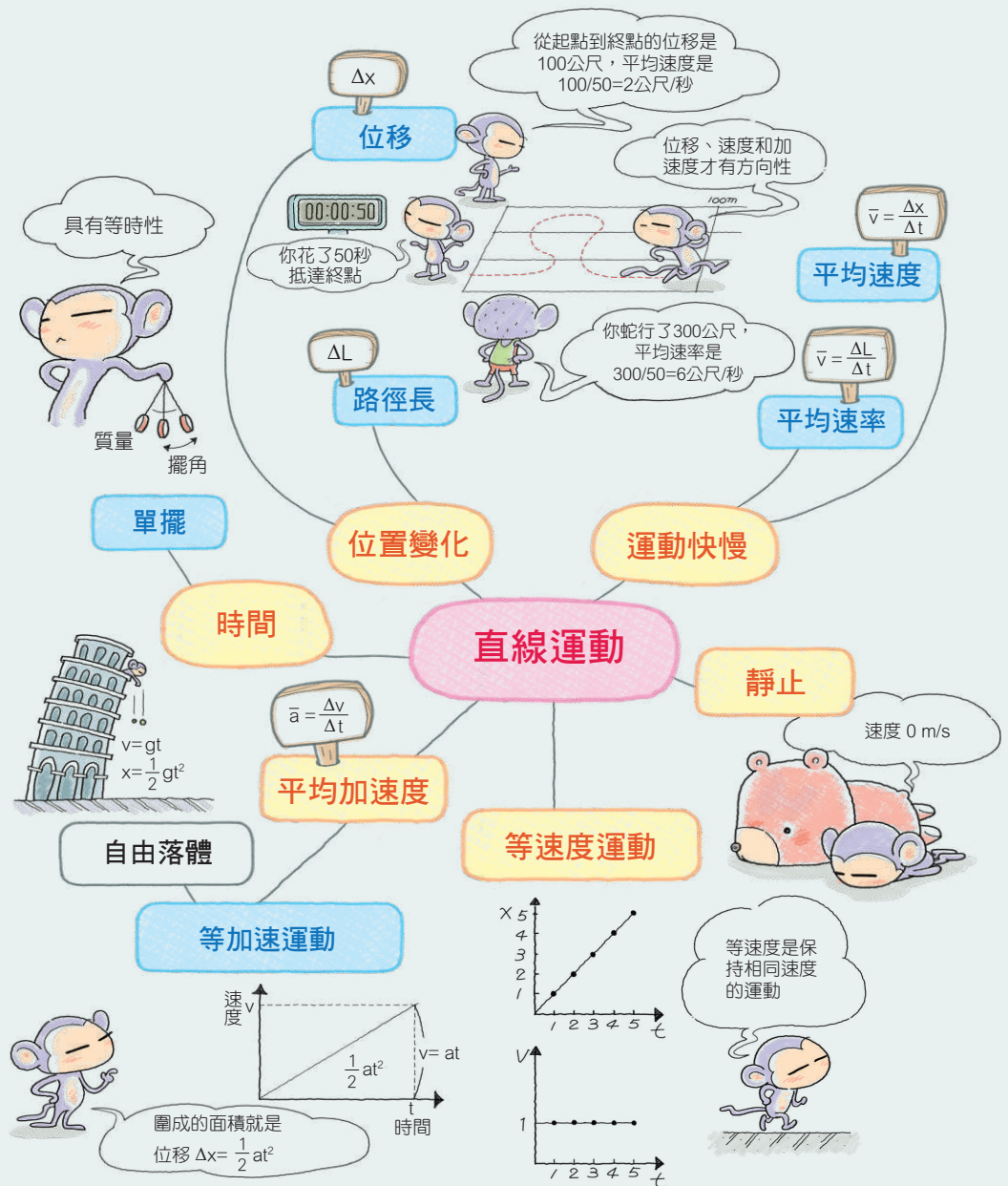
題 補充試題

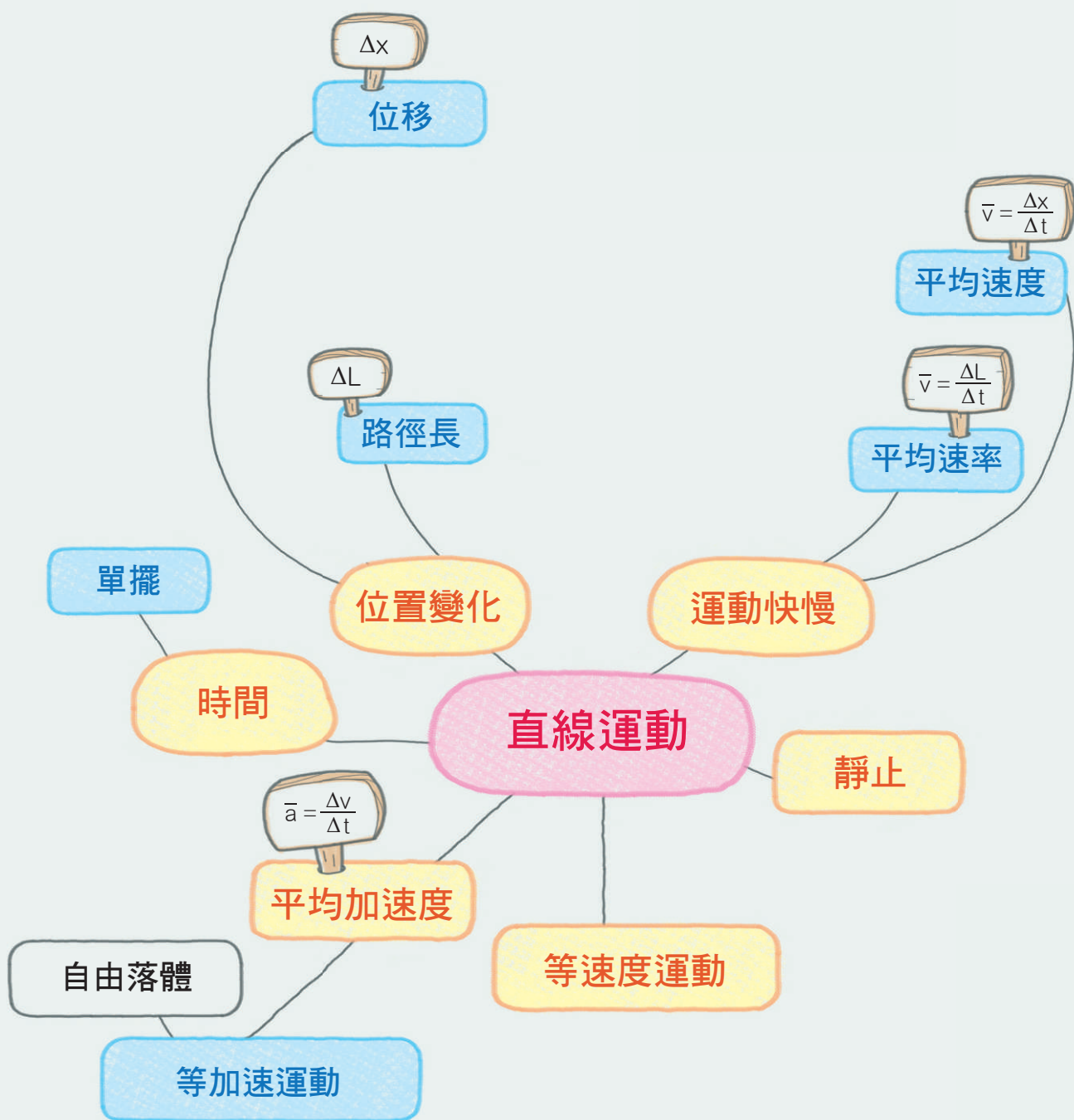
小英將一顆小球從高度 h 的位置垂直向上拋射，如右圖所示。若以向上為正，當小球由拋出至著地的運動過程中，其速度與時間 (v - t) 的關係圖，下列何者正確？



詳解：D。小球上升過程中，速度為正值，且愈來愈慢；至最高點時速度為 0；落下過程中，速度為負值且愈來愈大。

學習塗鴉牆









重點整理

1-1 時間

1. 一個平均太陽日 = 24 小時 = 86400 秒。
2. 單擺週期：單擺的擺錘來回完整擺動一次所需的時間。擺長愈長，週期愈大，但與擺錘質量、擺角無關。

1-2 路程和位移

1. 要描述物體的位置，須先選定參考點，再說明物體相對於參考點的方向及距離。
2. 路程與位移：

名稱	定義	方向性
<u>路程</u>	物體在運動過程中實際移動的距離。	不具方向性
<u>位移</u>	物體在運動過程中位置的變化量。	具方向性，由起點指向終點

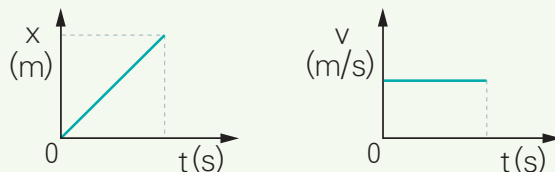
1-3 速率和速度

1. 平均速率與平均速度：

名詞	定義	公式
<u>平均速率</u>	物體在單位時間內移動的路程，不具方向性。	$\frac{\text{路程}}{\text{經歷時間}}$ $(\frac{\Delta L}{\Delta t})$
<u>平均速度</u>	物體在單位時間內的位置變化量（位移），具有方向性。	$\frac{\text{位移}}{\text{經歷時間}}$ $(\frac{\Delta x}{\Delta t})$

2. 瞬時速率：極短時間內的平均速率，簡稱速率，不具方向性。
瞬時速度：極短時間內的平均速度，簡稱速度，具有方向性。
3. 物體在運動過程中，速度的大小和方向始終維持一定，稱為等速度運動。

4. 等速度運動的位置—時間關係圖（x-t 圖）和速度—時間關係圖（v-t 圖）：



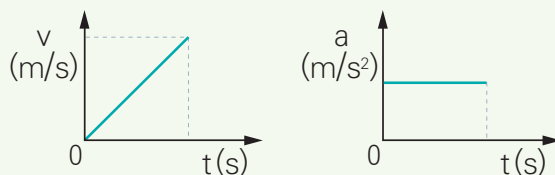
5. 速度—時間關係圖中，線段與時間軸所圍成的面積為物體的位移。

1-4 加速度

1. 平均加速度：單位時間內的速度變化量。

$$\text{平均加速度 } \bar{a} = \frac{\text{速度變化量}}{\text{經歷時間}} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right) \\ = \frac{\text{末速度} - \text{初速度}}{\text{經歷時間}} \left(\frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \right)$$

2. 瞬時加速度：在極短時間內的平均加速度，簡稱加速度，具有方向性。
3. 若速度與加速度方向相同，物體會加速變快；若速度與加速度方向相反，物體會減速變慢。
4. 物體在運動過程中，其加速度大小和方向始終維持一定時，稱為等加速度運動。
5. 等加速度運動的速度—時間關係圖（v-t 圖）和加速度—時間關係圖（a-t 圖）：



1-5 自由落體

1. 若物體運動時，只受重力作用而不受其他作用力影響，稱為自由落體運動。
2. 若不考慮空氣阻力和浮力，物體從同一高度落下至著地所需的時間長短均相同，和它的重量大小無關。
3. 地表的重力加速度大小為 9.8 公尺/秒² 或 980 公分/秒²，通常以 g 表示。

題 延伸題

1. 在早期，人類多半依據哪些自然界的循環現象來計時呢？

答：地球自轉（日）、月球公轉（月）和地球公轉（年）。

2. 哪位科學家首次在機械鐘裡採用擺輪遊絲的裝置呢？

答：惠更斯。

3. 請同學們試想：若老師贈予一隻手錶給你，你會希望手錶上有何功能呢？

答：藉此題目引發學生們的討論，或者做為課後活動，啟發新的思考。例如：Apple 新上市的 Apple Watch 已添加觸碰式螢幕、電話、網路（含收發訊息或郵件）等功能。

知識廣角

關於時間 —— 時鐘的故事

課本 P10

人類計時主要依據三種自然循環：地球自轉（日）、月球公轉（月）和地球公轉（年）。從古代刻畫日月星辰的遞移到現代的機械輪轉或數位跳動，經幾千年的演進，讓計時工具更精準。以下介紹幾種計時工具：



火鐘利用蠟燭或燃油的燃燒時間來計時，包括蠟燭鐘和油燈鐘。蠟燭鐘是將時間刻度標在蠟燭的側面，蠟燭燃燒後逐漸縮短，據此可指示時間；油燈鐘是把時間刻度標在盛油的玻璃器皿側面，油面水平線因燃燒而下降。兩者也具有照明的功能。



水鐘依狹窄開口流出的水量多寡來計時。希臘人於西元 15 世紀改良的水鐘，利用水位升高的浮力帶動齒軌，連動機械軸心來指示時間。水鐘雖可適用於任何時刻，但在寒冷的地區會因結冰而無法使用。

機械鐘

機械鐘利用齒輪轉動來計時，14 世紀開始使用的塔鐘就是機械鐘的一種。機械鐘的出現是鐘錶技術發展的一大躍進。



擺鐘

西元 1656 年，惠更斯首先將單擺的等時性原理引入時鐘的製作，因而發明擺鐘。後來，他採用擺輪遊絲的機械裝置，讓機械鐘的精確度大幅提高，鐘的外形尺寸也因此縮小，尺寸較小的可攜式懷錶則開始流行。



電子石英鐘



電子石英鐘的電池激發石英晶體高頻振動，利用磁效應帶動齒輪，使指針轉動，每日的秒差不到千分之一秒。後來半導體和微電子技術進步，先後發展出以發光二極管（LED）及液晶（LCD）為顯示介面的數位電子鐘。

隨著科技發展並結合人們的需求，現今鐘錶已不再只是單純的計時工具，如結合雲端通訊、全球定位、計步、量體溫、心跳和血壓等，先進新穎的設計讓鐘表除了計時，還有更多不同的可能。未來鐘錶的發展不僅令人驚奇，也令人期待。



大家來找碴 (找出錯在哪裡)

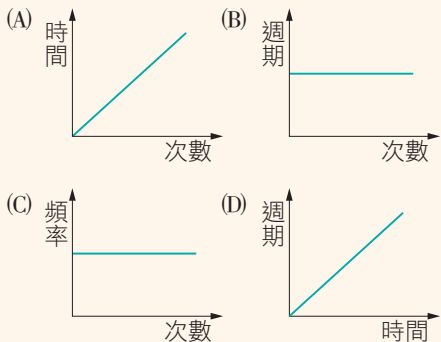
- 單擺來回擺動一次所需的時間，稱為位移。(p.13)
- 兩地之間的位移大小大於兩地之間的路程。(p.16)
- 位移方向和速度方向不一定相同。(p.20)
- 平均速度能正確描述物體實際的運動情形。(p.20)
- 物體運動的速度與加速度方向必相同。(p.30~31)
- 物體做自由落體運動時，加速度愈來愈大。(p.36)
- 在地表附近，物體的重力加速度大小和重量有關。(p.37)

腦內大革命 (選出正確答案)

● 時間的測量

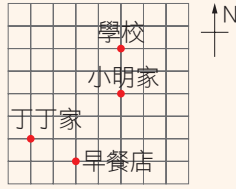
- D 1. 某生進行單擺實驗，結果如下表。則依實驗數據所繪製的圖形，下列何者錯誤？(p.13)

擺動次數 (次)	10	20	30	40	50
時間 (秒)	10.1	19.9	30.0	40.1	49.8



B ● 路程和位移

2. 右圖為街道示意圖，丁丁每天先到早餐店買早點，再到小明家，和

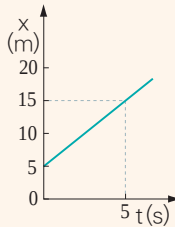


小明一起上學。若每小格距離為 100 公尺，且只能沿格線前進，下列敘述何者錯誤？(p.16)

- (A) 學校在丁丁家的東北方 (B) 丁丁每天至少走 600 公尺才會到小明家 (C) 從學校到小明家的位移為 200 公尺，向南 (D) 丁丁上學和放學所經歷的位移大小相同

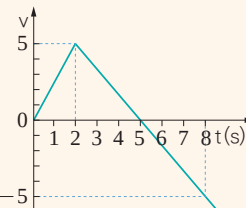
● 速率和速度

3. 某運動物體的運動過程如右圖所示，此物體第 4 秒末的瞬時速度為 2 m/s。(p.20~21)



● 加速度

4. 當沖天炮被點燃，向正上方飛出時，其速度一時間關係如右圖所示。假設速度向上為正，沖天炮在 $t =$ 5 秒時開始向下掉落。(p.30~31)



● 自由落體

5. 臺北 101 大樓樓高約 500 公尺，有遊客在頂樓參觀時，不小心掉落髮圈，若不考慮空氣阻力：(設 $g = 10.0 \text{ m/s}^2$)
(1) 髮圈 10 秒後著地。(p.37)
(2) 整個運動的平均速率為 50 m/s。

答 大家來找碴

- 稱為週期。
- 兩地間，路程必大於或等於位移。
- 位移和速度必同方向。
- 瞬時速度才能描述物體實際的運動情形。
- 物體運動的速度方向和加速度的方向未必相同。
- 物體做自由落體運動時，重力加速度的大小和方向皆維持不變。
- 在地表附近，物體的重力加速度大小和重量大小無關。

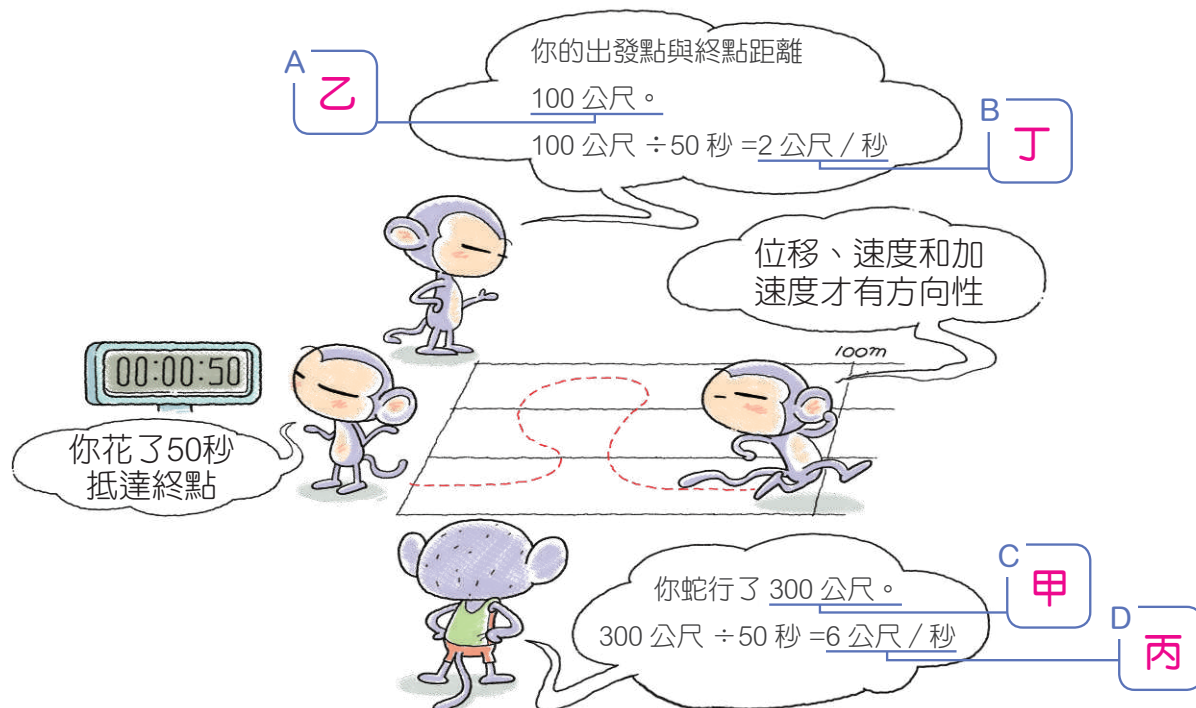
答 腦內大革命

- D。單擺的週期與擺動的時間長短無關。
- B。依題意，丁丁先到早餐店最少需走 300 公尺，再由早餐店到小明家，最少需走 500 公尺，故丁丁最少需走 800 公尺才會到小明家。
- 2 m/s。由 $v = \frac{(x - x_0)}{t}$ 可知，物體的速度 = 2 m/s，由圖中可看出物體作等速度運動，故第 4 秒末的瞬時速度 = 0 ~ 5 秒的平均速度 = 2 m/s
- 5 秒。由圖中可以得知，在沖天炮的速度對時間作圖曲線中的第 5 秒時，曲線進入第四象限，位移方向相反，故在第 5 秒末時，開始向下掉落。
- (1) 10 秒。由自由落體公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可以得知 $500 = \frac{1}{2} \times 10 \times t^2$, $t^2 = 100$, $t = 10$ 秒。
(2) 50 m/s。整個落下過程的平均速率為 $v = \frac{x}{t} = \frac{500 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 50 \text{ m/s}$ 。

1

圖中所標示的分別是哪一種物理量？

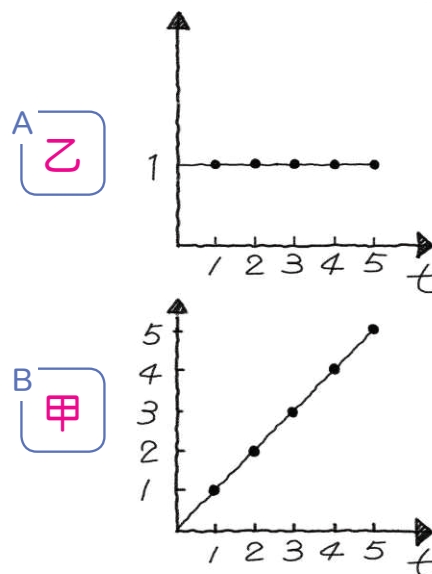
甲、路程 乙、位移 丙、平均速率 丁、平均速度



2

下方猴子正在進行等速度運動，右側關係圖表示猴子的運動情形，請問何者較可能是位置 - 時間關係圖？何者較可能是速度 - 時間關係圖？

甲、位置 - 時間關係圖 乙、速度 - 時間關係圖



1

- (A) 位移 (B) 路程 (C) 平均速率 (D) 平均速度
 (E) $\frac{\Delta L}{\Delta t}$ (F) $\frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ (G) $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ (H) $\frac{\Delta x}{\Delta t}$

1. 路程與位移：

名稱	定義	方向性
① <u>B</u>	物體在運動過程中實際移動的距離	不具方向性
② <u>A</u>	物體在運動過程中位置的變化量	具方向性，由起點指向終點

2. 平均速率與平均速度：

名稱	定義	方向性
③ <u>C</u>	物體在單位時間內移動的路程，不具方向性。	$\frac{\text{路程}}{\text{經歷時間}}$ ④ <u>E</u>
⑤ <u>D</u>	物體在單位時間內的位置變化量（位移），具有方向性。	$\frac{\text{位移}}{\text{經歷時間}}$ ⑥ <u>H</u>

3. 平均加速度：單位時間內的速度變化量。

平均加速度： $a = \frac{\text{速度變化量}}{\text{經歷時間}}$ (⑦ G) = $\frac{\text{末速} - \text{初速}}{\text{經歷時間}}$ (⑧ F)

2

- (A) 等速度運動的位置—時間關係圖
 (B) 等速度運動的速度—時間關係圖
 (C) 等加速度運動的速度—時間關係圖
 (D) 等加速度運動的加速度—時間關係圖

◎ 分辨下列關係圖：

名稱	① <u>B</u>	② <u>D</u>	③ <u>A</u>	④ <u>C</u>
關係圖				

(C) 1. 單擺Ⓐ來回擺動Ⓑ一次所需的時間，稱為Ⓒ位移。

- ☐ 應為由最高點擺至另一最高點所需的時間
- ☐ 單擺來回擺動兩次的路徑長稱為位移
- ☒ 單擺來回擺動一次所需的時間稱為週期
- ☐ 單擺來回擺動一次所需的時間稱為頻率

(B) 2. 兩地之間的Ⓐ位移大小Ⓑ大於兩地之間的Ⓒ路程。

- ☐ 路徑長大於兩地之間的路程
- ☐ 位移大小大於或等於兩地之間的路程
- ☐ 位移大小大於兩地之間的路徑長
- ☒ 位移大小小於或等於兩地之間的路程

(C) 3. Ⓐ位移方向和Ⓑ速度方向Ⓒ不一定相同。

- ☐ 位移方向和速率方向不一定相同
- ☐ 位移方向和速度方向一定相反
- ☒ 位移方向和速度方向一定相同
- ☐ 速率方向和速度方向不一定相同

(A) 4. Ⓐ平均速度能正確描述物體Ⓑ實際的運動情形。

- ☒ 瞬時速度能正確描述物體實際的運動情形
- ☐ 位移能正確描述物體實際的運動情形
- ☐ 平均速度能正確描述物體實際的移動方向
- ☐ 平均速度能正確描述物體的實際位置

(C) 5. 物體運動的Ⓐ速度與Ⓑ加速度方向Ⓒ必相同。

- ☐ 物體運動的速度與加速度大小必相同
- ☐ 物體運動的速率與加速度方向必相同
- ☐ 物體運動的速度大小必小於加速度大小
- ☒ 物體運動的速度與加速度方向未必相同

(C) 6. 物體做Ⓐ自由落體運動時，Ⓑ加速度Ⓒ愈來愈大。

- ☐ 物體於水平拋射時，加速度才會愈來愈大
- ☒ 加速度的大小和方向維持不變
- ☐ 物體的質量會愈來愈大
- ☐ 加速度方向持續改變，故無法比較大小

(C) 7. 在Ⓐ地表附近，物體的重力加速度大小和Ⓑ重量Ⓒ有關。

- ☐ 高山上，重力加速度與重量關係較明確
- ☐ 物體的重力加速度大小和密度有關
- ☐ 物體的重力加速度大小和化學性質有關
- ☒ 物體的重力加速度大小和重量無關

無人鞦韆 為什麼會晃動？

文／臺中市立福科國中
何莉芳 老師

網路上傳言，某位學生無意中拍下一座無人鞦韆自晃擺動 2 分鐘的影片，將影片放在網路上的隔天，就出了車禍住院。明明沒有人，鞦韆為什麼還會自然擺動？甚至超過 2 分鐘還不會靜止。靈異節目：「就像有人坐在上面，一直加快鞦韆的速度。」這種靈異現象讓人感覺非常害怕。

通常，鞦韆在人離開之後還會擺動一段時間，然後受空氣阻力和摩擦力作用影響，擺動幅度會愈來愈小，最後靜止。而我們在盪鞦韆的時候，透過身體姿勢的蹲低站高或是雙腳晃動，或是由後面的人幫忙推，提供能量讓鞦韆愈盪愈高。

只是，毫無規律地動作或亂推並無法使擺動幅度變大，只有抓住時間頻率，每當鞦韆盪去的時候就推一下，有週期性地推動，才能使鞦韆擺動幅度變大、愈盪愈高。也就

是說，當外力的頻率與振動體（鞦韆）的頻率接近或相等時，振動的幅度就增加，這也是共振造成的現象。

在影片中，無人的鞦韆會晃動，可能是之前才有人從鞦韆上下來，或是有風在推動著鞦韆。不過為什麼它能持續晃動這麼久呢？共振或許可以提供解釋。當鞦韆與風共振時，就會不斷地持續提供晃動的能量。要破壞這種跟風共振的現象，只要調整鞦韆的條件或長度，使它的振動頻率改變，就不會因共振而一直累積能量持續擺盪了。

下次，若看到這個現象，觀察一下有沒有風，不必自己嚇自己。

無人鞦韆晃動影片

I. <http://ppt.cc/OJTC9>

II. <http://ppt.cc/TlOTw>

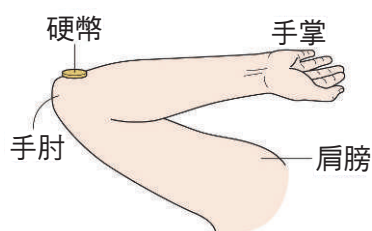
1. 活動簡述

謝老師在夏日炎炎而學生昏昏欲睡時，出了個難題：「請大家站起來！現在你將右手手掌放在右肩上並且胳膊往內彎，在胳膊接近手肘處平放一枚十元硬幣，你如何單手放下後抓住硬幣呢？」。這時大家不明所以而竊竊私語，心想：「這該不會和物理定律又有關了吧？」

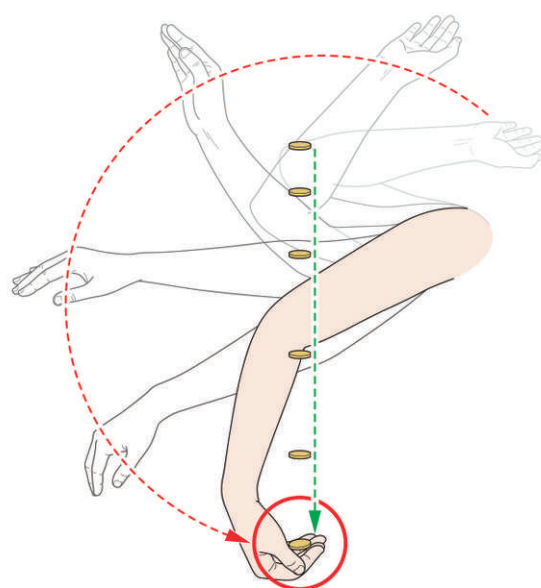


2. 實驗器材與操作說明

- (1) 材料：硬幣。
- (2) 步驟：
 - ①將右手手掌放在右肩上並且胳膊往內彎。
 - ②在胳膊接近手肘處平放一枚硬幣。
(如圖一)
 - ③嘗試放下右手時，抓住這枚落下的硬幣。(如圖二)
 - ④與學生討論如何順利在空中抓住自由落下的硬幣。



圖一



圖二

3. 科學概念說明

多數的學生進行「慣性抓幣」活動時，因擔心錢幣掉落而習慣會以手「加速」去抓住硬幣，即因此動作而抓不到自由落下的錢幣。因為錢幣具有自由落下的「慣性」，所以當我們右手放下時，硬幣也跟著自由落下（硬幣具有自由落體掉落的趨勢或傾向）右手放下的速率拿捏到恰等於硬幣落下速度，便能「順勢」抓住硬幣。

4. 應用發展

假如讓學生採用質量較大的 50 元硬幣、10 元硬幣與質量較小的 1 元硬幣，便能進一步說明採用上述方式抓取 50 元硬幣較 10 元或 1 元硬幣容易許多，因為 50 元硬幣質量大，50 元硬幣所擁有的慣性大於質量較小的 1 元硬幣和 10 元硬幣，成功抓取硬幣的機率較高。

筆者建議，利用「水平快速地彈射紙片，使紙片上的硬幣垂直落下」的方式亦能呈現「慣性定律」，同樣採用質量較大的 50 元、10 元與質量較小的 1 元硬幣進行比較，學生也能從相關的科學遊戲活動中體會慣性定律的樂趣。

補充資料

● 秒的定義 (配合課本 p.10)

西元 1960 年以前，世界度量衡標準會議 (CIPM)，以地球自轉為基礎，定義以平均太陽日的「86400 分之一」作為「秒」的定義，即「1 秒 = 1/86400 平均太陽日。」

因地球的自轉並不穩定，會因其他星體引力的牽引而改變，到了 1960 ~ 1970 年，CIPM 又改以地球公轉為基礎，定義西元 1900 年為平均太陽年。秒的定義更改為：「1 秒 = 1/31556925.9747 平均太陽年。」

目前一秒的定義來自 1955 年的原子鐘。1967 年 CIPM 以英國國家實驗室裡準確度達一百億分之一的銫原子鐘為基礎，定義「1 秒 = 該原子鐘振動 9,192,631,770 次所需要的時間。」到了 2000 年，最好的原子鐘準確度達一天只差一百億分之一秒。

美國科學家在 2001 年，用比微波頻率更高的光學頻率，製作單一水銀離子的光學鐘原型，又提高秒的準確度。

精確的時間定義對於網際網路的資訊流通、電力傳輸、金融轉帳、衛星定位、太空探索等有重大的影響。英國科學家吉爾表示，「目前人造衛星配備的微波時鐘若能升級改採更準確的光學鐘，日後衛星定位準確度將可縮小至數公分以內。」

● 擺角大小的探討 (配合課本 p.10)

假設單擺擺長 L 、重力加速度 g 、擺角 θ ，推導後可得到「 $d^2\theta/dt^2 = -(g/L)\sin\theta$ 」。

當 $\theta \ll 1$ 時，上式可以近似為「 $d^2\theta/dt^2 = -(g/L)\theta$ 」，也就是簡諧運動的公式，因此單擺的週期 T 近似為「 $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ 」。

何謂 $\theta \ll 1$ 或者將 $\sin\theta$ 近似為 θ 所產生的誤差是多少呢？

依據泰勒展開式「 $\sin\theta = \theta - \theta^3/3! + \theta^5/5! - \theta^7/7! + \theta^9/9! - \theta^{11}/11! + \dots (-1)^n\theta^n/n! + \dots$ 直到 $n = \infty$ 」

(1) 當 $\theta < 1$ 時， $\theta^n < 1$ 且 n 愈大其數值愈小。因此 $\theta < 1$ 時，由 $\sin\theta$ 的展開式可知愈後面的項數值愈小。即當 $\theta < 1$ 時， $\theta^7/7! < \theta^5/5! < \theta^3/3!$ ，因此將 $\sin\theta$ 以 θ 做近似時所產生的誤差約是 $\theta^3/3!$ ，也就是大約會產生 $(\theta^3/3!)/\theta = \theta^2/6$ 的百分誤差。

(2) 以擺角 5 度為例， $\theta = 5 \times (\pi/180) = \pi/36 \approx 1/12$ 。

因此 $\sin\theta$ 以 θ 做近似時，所產生的誤差約為 $1/(12 \times 12 \times 6) = 1/(144 \times 6) = 1/864 \approx 0.116\%$ ，也就是擺角為 5 度時，因近似所產生的誤差約為 0.116% 或千分之 1.16，這是非常小的誤差。

(3) 當擺角為 10 度時所造成的百分誤差，會比擺角 5 度時多 4 倍（因為百分誤差和 θ^2 成正比），也就是誤差值會變為 $0.116 \times 4 = 0.464\%$ 。

(4) 通常國中實驗室做單擺實驗較不容易做到實驗的精密度小於 1%（可能還有 3 ~ 5% 的誤差）。因此不能說因為擺角過大所以造成誤差，因為 10 度擺角所造成的近似誤差都還小於 0.5%。

(5) 若是實驗的精密度設定為介於 3 ~ 5%，其實擺角 20 ~ 30 度都無妨。

(6) 因此要探討單擺擺角造成的誤差影響，應該先思考要求的精密度是多少，才有答案。若精密度要求小於千分之 1.16，則真的需要 5 度以內；若精密度可以到 1%，則擺角 10 度內便不影響實驗結果。

註：以上探討參考臺北師範大學物理系黃福坤教授網站。

● 等加速度運動的 v-t 圖 (配合課本 p.32)

等加速度運動的物體，平均加速度 ($\bar{a}$) 等於瞬時加速度 (a)，如果物體開始運動 ($t_1 = 0$) 的初速度為 v_1 ，歷經 t 秒後的速度 v_2 ，則由加速度的定義可得 $a = \frac{v_2 - v_1}{t - 0}$ ， $v_2 - v_1 = at$ ，可以下列式子來表示：

後來的速度 = 初速度 + 加速度 × 時間，即 $v_2 = v_1 + at$

圖 1-1 為等加速度運動的 v-t 圖，在 1-3 節我們提到「v-t 關係曲線和時間軸之間所包圍的面積，等於物體運動所經的位移」，同樣適用於這裡。如果物體的起始位置為坐標原點， t 秒後的位置為 x ，表示 0 ~ t 秒經過的位移是 x ，將等於圖 1-1 斜線下長方形面積 ($v_1 t$) 和三角形面積 ($\frac{1}{2}at^2$) 的總和，故 0 ~ t 秒的位移可下列式子表示：

$$\begin{aligned} \text{位移} &= \text{初速度} \times \text{歷經的時間} \\ &\quad + \frac{1}{2} \times \text{加速度} \times \text{時間}^2 \end{aligned}$$

$$\text{即 } x = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2$$

圖 1-1 斜線下的陰影面積也是梯形，

即其面積等於 $\frac{\text{上底} + \text{下底}}{2} \times \text{高}$ ，所以 0 ~ t 秒的

位移可以下列式子來表示：

$$\text{位移} = \frac{\text{初速度} + \text{後來的速度}}{2} \times \text{歷經時間}$$

$$\text{即 } x = \frac{v_1 + v_2}{2} \times t$$

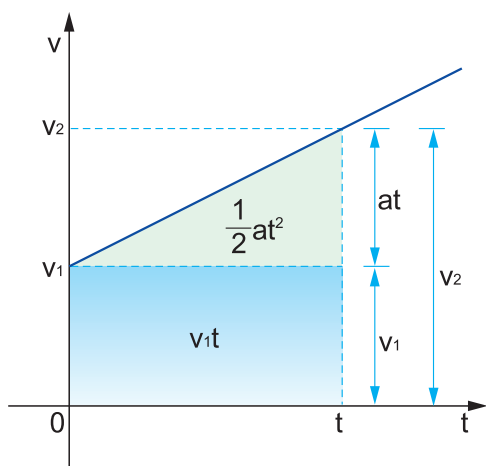


圖 1-1 等加速度運動的 v-t 圖

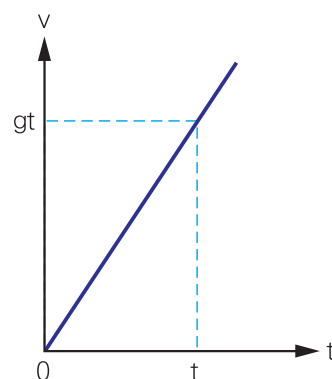


圖 1-2 自由落體運動的 v-t 圖

● 自由落體運動的 v-t 圖 (配合課本 p.36)

由自由落體的 v-t 關係圖 (圖 1-2)，可以計算出著地瞬間末速度 $v = g \times t$ ，亦可以計算出 t 秒內，物體落下的位移 $\Delta x = \text{斜線下面積} = \frac{1}{2} g t^2$ 。

例如：由頂樓自由釋放一小石塊，經 4 秒後著地，若不計空氣阻力，則小石塊著地瞬間末速度為 $v = g \times t = 9.8 \times 4 = 39.2 \text{ m/s}$ ，而樓高相當於小石塊的位移 $= \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4^2 = 78.2$ (公尺)。

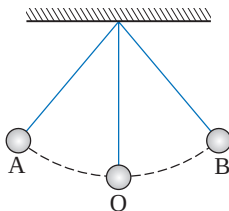
一、選擇題

一題 3 分，共 72 分

1-1 時間的測量

- (D) 1. 小明做單擺實驗，所得數據如下表。則單擺每擺動一次，擺錘所走的路徑是？

擺動次數	10	20	30	40	50
時間(秒)	15.1	30.0	44.8	60.1	75.2



(A) $A \rightarrow O \rightarrow B$ (B) $A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O$ (C) $A \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow B$

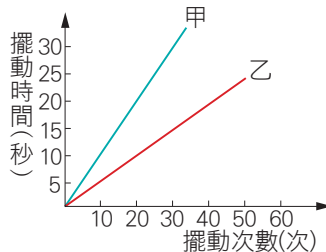
(D) $A \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow O \rightarrow A$ 。《 1. 單擺從起始點出發直到回到原起始點，整個過程擺動一次。》

- (B) 2. 承上題，此單擺擺動 15 次約需時若干秒？ (A) 16.0 (B) 22.5

(C) 29.5 (D) 9.9。《 2. 單擺擺動 15 次所需的時間，可由表格擺動 30 次需時 44.8 秒的一半，大約為 22.5 秒。》

- (C) 3. 右圖為同一地點甲、乙兩單擺的擺動

次數與擺動時間之關係，若 $L_{甲}$ 及 $L_{乙}$ 分別代表甲、乙兩單擺的擺長，以 $M_{甲}$ 及 $M_{乙}$ 分別代表甲、乙兩單擺的擺錘質量，則下列關係何者正確？



(甲、乙兩單擺的擺角皆小於 5 度)

(A) $L_{甲} < L_{乙}$ (B) $M_{甲} < M_{乙}$

(C) $L_{甲} > L_{乙}$ (D) $M_{甲} > M_{乙}$ 。

1-2 路程與位移

《 4.(D)小惠在小美東北方 $3\sqrt{2}$ 公尺處。》

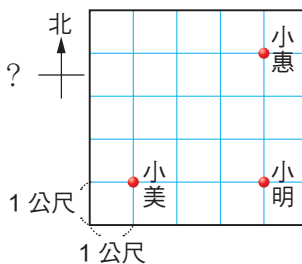
- (C) 4. 小惠、小明、小美三個人的位置，如右圖所示。下列對小惠位置的描述，何者正確？

(A) 小惠在北方 4 公尺處

(B) 小惠在東北方 4 公尺處

(C) 小惠在小明北方 3 公尺處

(D) 小惠在小美東北方 3 公尺處



- (C) 5. 高速公路的兩旁都設有里程碑，用來指示公路之里程。若臺中交流道里程為 178.6 公里，則下列敘述何者錯誤？

《 5. 路程只有大小而無方向性，北上、南下經過臺中交流道，路程里程牌僅代表路程大小而無南、北方向。 》

- (A) 高速公路以基隆端為起點
(B) 高雄端 372.7 公里為終點
(C) 臺中交流道里程為 178.6 公里，代表所經過的路線長及向南方
(D) 臺中交流道里程為 178.6 公里，不是代表起點到終點的直線長度。

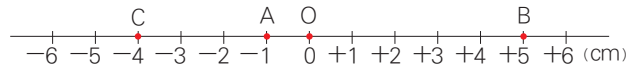
設施名稱	里程 (公里)
基隆端	0.0
桃園交流道	19.1
臺中交流道	178.6
新營服務處	284.1
高雄端	372.7



- (D) 6. 如下圖，一物體作直線運動，自 A 點向右移動到 B 點，再由 B 點折返移動到 C 點，則總位移及總路程分別為多少？

《 6. 位移是起點與終點的位置變化量，路程是起點和終點之間，實際經過的路徑長。 》

- (A) 總位移 3 cm，總路程 9 cm (B) 總位移 - 3 cm，總路程 9 cm
(C) 總位移 3 cm，總路程 15 cm (D) 總位移 - 3 cm，總路程 15 cm。

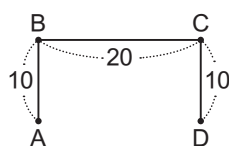


- (C) 7. 甲、乙、丙三人沿筆直的路線前進，0 到 5 秒期間距離出發點的位置和時間的關係紀錄如下表所示，則在第 2 秒和第 5 秒之間，何者的位移量最大？ (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 三者相同。

時 間 (秒)	0	1	2	3	4	5
甲位置 (公尺)	0	5	10	10	10	10
乙位置 (公尺)	0	2	4	6	8	10
丙位置 (公尺)	0	-3	-6	-9	-12	-15

《 7 在第 2 秒和第 5 秒之間，甲的位移為 0，乙的位移為 6 公尺，丙的位移為 -9 公尺，所以丙的位移量最大。 》

《8. 位移是物體位置的變化量，即為A點至D點的直線距離。路程是起點和終點之間實際經過的路徑長，即為AB長+BC長+CD長。》



- (A) 8. 如右圖，志偉由A點出發經B點、C點至D點，

則志偉之總位移與總路程各為多少？

(A)總位移 20m，總路程 40m (B)總位移 40m，總路程 20m

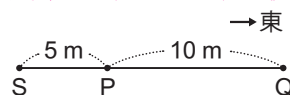
(C)總位移 20m，總路程 20m (D)總位移 40m，總路程 40m

1-3 速率和速度

《9. 平均速率無方向性，此人的路徑長為45m，總共花了15s的時間，平均速率 = $45/15 = 3\text{ m/s}$ 。》

- (C) 9. 智耀在筆直的跑道上折返跑，他從P點

起跑，其路徑為 $P \rightarrow Q \rightarrow P \rightarrow Q \rightarrow P$



$\rightarrow S$ ，總共歷時15s，如右圖所示。下列何者可表示此次智耀折返

跑的平均速率？ (A) 0.33 m/s (B) 0.33 m/s ，方向向西

(C) 3 m/s (D) 3 m/s ，方向向西

- (B) 10. 小華上街購物，所經歷的位置與時間的

《10.(B)小華在0~15分之位移=0，故平均速度=0。》

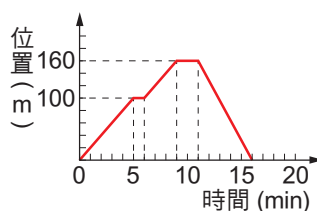
關係如右圖。有關整段路程的敘述，下

列何者錯誤？ (A) 小華共走了320公尺

(B) 小華的平均速度為20公尺/分

(C) 小華共停了2次 (D) 小華在11分鐘

後的位置愈來愈靠近出發點



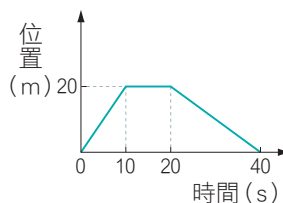
- (C) 11. 右圖為一物體運動的位置—時間關係圖，

請問下列敘述何者正確？ (A) 0~5秒

的平均速度等於 1 m/s (B) 10~20秒

的平均速度等於 20 m/s (C) 20~30秒

的平均速度等於 -1 m/s (D) 0~40秒的平均速度等於 1 m/s 。



- (B) 12. 甲、乙兩車在同一直線上運動，其位置

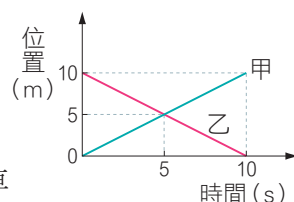
《12. 兩車在5秒時的位置皆在5公尺處。》

—時間關係圖如右圖所示，請問下列敘

述何者正確？ (A) 甲車在5秒後的速度

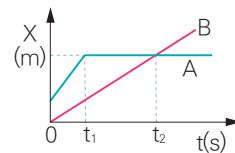
大於乙車 (B) 兩車在5秒時相遇 (C) 甲車

在10秒時的速度為零 (D) 乙車在10秒時的速度為零。



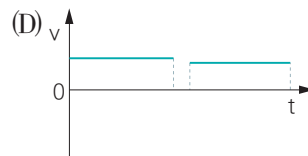
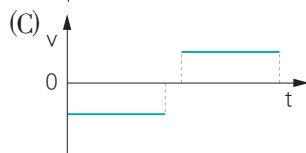
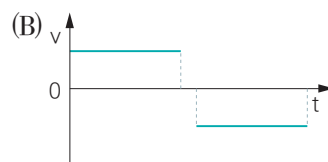
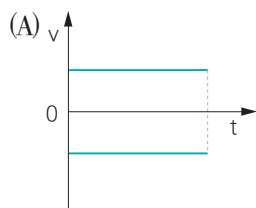
《13. 在 $t = 0$ 時，兩車同時出發，但 A 車在 B 車的前方。》

- (B) 13. A、B 兩車運動的位置—時間關係圖如右圖所示，請問下列敘述何者正確？



(A) A 車比 B 車先出發 (B) 在 $t = 0$ 時，A 車在 B 車前方 (C) 在 t_2 時，B 車和 A 車的速率相等 (D) 在 $0 \sim t_1$ 期間，B 車的速率比 A 車小， t_2 後 B 車的速率才大於 A 車。

- (B) 14. 某人沿一直線街道以等速步行到郵局去寄信，再以原來的速率步行返回原處。如果往郵局的方向為正，則能近似描寫其運動情況的速度 (v)—時間 (t) 關係圖為何？



- (A) 15. 測量某部車在 100 公尺的運動過程中，第 5 秒末的速度為 10.4 公尺/秒，第 10 秒末到達終點時的速度是 10.2 公尺/秒，則此部車在 100 公尺內的平均速度為多少公尺/秒？ (A) 10.0 (B) 10.2 (C) 10.3 (D) 10.4。

1-4 加速度

《15. 平均速度為 $\frac{100}{10} = 10.0$ (公尺/秒) 》

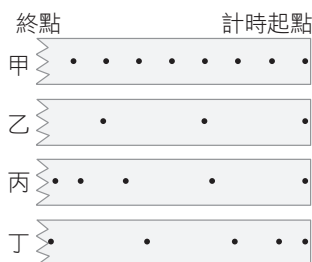
- (D) 16. 關於物體的加速度，請問下列說法，何者正確？ (A) 速度為零，加速度必為零 (B) 加速度的方向一定與速度的方向相同 (C) 加速度減小，速度必減小 (D) 加速度一定時，物體可能做等加速度運動。

《16. (A) 速度為零，加速度不一定必為零；(B) 加速度的方向與速度的方向不一定相同；(C) 加速度雖減小，速度仍可能變得比原來大。》

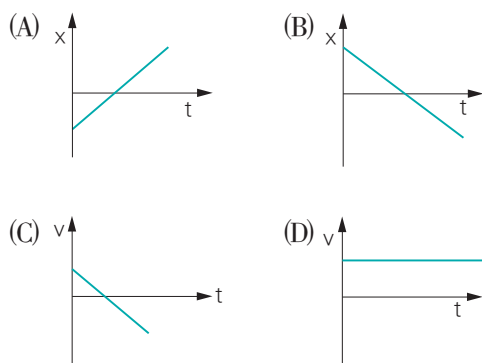
《17. 因為紙帶相鄰兩點的時間皆相等，但乙相鄰兩點的間隔大於甲，故紙帶乙的平均速度大於甲。》

- (B) 17. 將打點計時器的頻率固定，以不同的速度拉動甲、乙、丙、丁紙帶，四段紙帶

的長度都相同，請問下列敘述何者正確？
(A)紙帶甲的加速度大於乙 (B)紙帶乙的平均速度大於甲 (C)紙帶丙的加速度大於零 (D)紙帶丁的速度愈來愈慢。



- (C) 18. 根據下列圖形，判斷何者不是等速度運動？



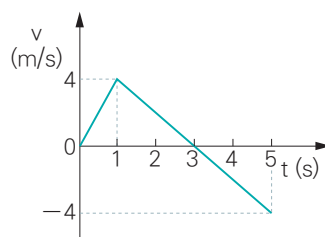
《18. (C)為等加速度運動。》

《19. 第2秒和第4秒的加速度皆等於

$$\frac{(-4) - (4)}{5 - 1} = -2 \text{ (公尺/秒}^2\text{)} \text{。} \rangle$$

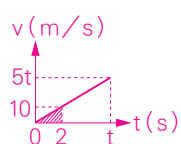
- (C) 19. 右圖為物體作直線運動的速度 (v) — 時間 (t) 關係，下列敘述何者正確？

(A) 0 ~ 3 秒內的加速度為定值
(B) 1 ~ 3 秒的平均加速度大於 3 ~ 5 秒的平均加速度 (C) 第 2 秒的加速度等於第 4 秒的加速度 (D) 1 ~ 5 秒內，物體的加速度愈來愈小。



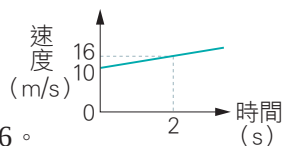
- (A) 20. 一物體由靜止作等加速直線運動，最初 2 秒走了 10 m，若全部行程為 250 m，走完全程尚需若干秒？ (A) 8 (B) 10 (C) 12 (D) 15。

《20. $\frac{1}{2} \times 2 \times v = 10, v = 10, a = \frac{10}{2} = 5$
 $\frac{1}{2} \times t \times 5t = 250, t^2 = 100, t = 10$
 $\therefore 10 - 2 = 8 \text{ 秒。} \rangle$



《21. 平均加速度 = $\frac{\text{速度變化量 } (\Delta v)}{\text{歷經時間 } (\Delta t)} = (16 - 10) / (2 - 0) = 3。$ 》

- (A) 21. 某車在一條直線道路上行駛的速度和時間的關係，如右圖所示。此車的加速度大小為多少公尺/秒²？ (A) 3 (B) 4 (C) 5 (D) 6。



- (D) 22. 承上題，該車在 2 秒內所行的距離為多少公尺？ (A) 6 (B) 10 (C) 16 (D) 26。

1-5 自由落體

《22. 梯形面積的大小為 26 公尺。》

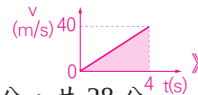
《23. 自由落體每秒的速度變化量約為 9.8 公尺/秒²。》

- (D) 23. 下列有關自由落體的敘述（不計空氣阻力），何者正確？ (A) 物體質量不同時，落下的加速度也不相等 (B) 落下高度不同時，落下的加速度也不相等 (C) 物體落下過程中，速度和加速度同時增大 (D) 物體落下過程中，每秒的速度變化量相等。

- (C) 24. 將一球由高樓處自由落下，不考慮空氣阻力，經 4 秒後球落至地面，則樓高幾公尺？（該處的重力加速度值 = 10.0 公尺/秒²）

(A) 40 (B) 60 (C) 80 (D) 100

《24. 先畫出 v-t 圖下所圍的面積 = $\frac{1}{2} \times 4 \times 40 = 80。$ 》



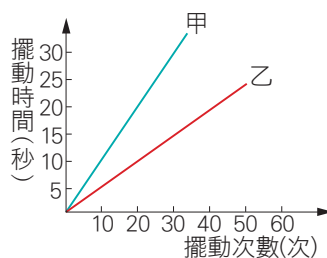
二、綜合題

1-8 題一格 1 分，第 9 題一格 3 分，第 10 題一格 2 分，共 28 分

- 要描述物體的位置，須先選定一個參考點，再說明物體相對於參考點的方向及距離。
- 在極短時間內的平均速率，簡稱速率，沒有方向性；而在極短時間內的平均速度，簡稱速度，有方向性。
- 物體在運動過程中，若速率的大小和方向始終維持一定，稱等速度運動。
- 在速度—時間關係圖中，關係曲線與時間軸所圍成的面積，和物體在該段時間內的位移大小相同。
- 一個運動物體其單位時間內的速度變化量，我們稱為平均加速度，可以表示成 $\frac{\text{速度變化量}}{\text{歷經時間}} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)。$

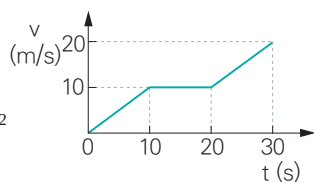
6. 若速度與加速度同方向，則速度會變 快；若速度與加速度反方向，則速度會變 慢。
7. 一個運動中的物體，在過程中若其加速度大小和方向始終維持一定時，我們稱該物體作 等加速度 運動。
8. 若物體運動時，只受重力作用而不受其他作用力影響，則此運動型態稱為 自由落體運動；地表的重力加速度大小為 9.8 公尺/秒²，通常以 g 表示。
《 9. (1) $T_{\text{甲}} = 1\text{ s}$, $T_{\text{乙}} = 0.5\text{ s}$; (2) 週期較大者擺長較大。 》

9. 右圖表示在同一地點甲、乙兩單擺的擺動次數與擺動時間之關係，甲、乙兩單擺的擺角皆小於 5 度，若以 $L_{\text{甲}}$ 、 $L_{\text{乙}}$ 分別代表甲、乙兩單擺的擺長， $T_{\text{甲}}$ 、 $T_{\text{乙}}$ 分別代表甲、乙兩單擺的週期，試回答下列問題：



- (1) $T_{\text{甲}} : T_{\text{乙}} =$ 2 : 1。
- (2) $L_{\text{甲}}$ 與 $L_{\text{乙}}$ 的大小關係為 $L_{\text{甲}} > L_{\text{乙}}$ 。

10. 右圖為一輛汽車在筆直公路上行駛時的速度與時間關係圖 ($v - t$ 圖)，則：



- (1) 0 ~ 10 秒間，其加速度之大小為 1 m/s^2
- (2) 10 ~ 20 秒間，其位移為 100 m 。
- (3) 20 ~ 30 秒間，其平均速度為 15 m/s 。

《 10. (1) 平均加速度 $\bar{a} = \frac{\text{速度變化量 } (\Delta v)}{\text{歷經時間 } (\Delta t)} = \frac{(10 - 0)}{(10 - 0)} = 1$ ；

(2) 10 ~ 20 秒間，其位移為曲線下的面積大小， $10 \times (20 - 10) = 100$ ；

(3) 20 ~ 30 秒間，其位移為 $\frac{(10 + 20) \times 10}{2} = 150$ ，平均速度為 $150 \div 10 = 15$ 。 》

筆記欄



筆記欄

