

ELEVENTH EDITION



電療學

臨床實證

Electrotherapy Evidence-Based Practice

原著

Sheila Kitchen MSc PhD DipTP MCSP

編譯

許怡婷

台灣大學物理治療系學士

台北市立婦幼醫院物理治療師

楊書菱

長庚大學物理治療系學士

長庚大學復健科學研究所碩士

台北市立婦幼醫院物理治療師

ELEVENTH EDITION



電療學

臨床實證

Electrotherapy Evidence-Based Practice

原著

Sheila Kitchen MSc PhD DipTP MCSP

編譯

許怡婷

台灣大學物理治療系學士
台北市立婦幼醫院物理治療師

楊書菱

長庚大學物理治療系學士
長庚大學復健科學研究所碩士
台北市立婦幼醫院物理治療師

國家圖書館出版品預行編目資料

電療學：臨床實證 / Sheila Kitchen 原著；許怡婷，
楊書菱編譯。—初版。—台北市：
合記， 2004[民 93]
面；公分
含索引
譯自：Electrotherapy：Evidence-Based Practice, 11th ed.

ISBN 986-126-109-5 (平裝附光碟片)

1. 電療法 2. 水療法 3. 紅外線

418.97

93009621

書名 電療學：臨床實證
編譯 許怡婷 楊書菱
執行編輯 程穎千
發行人 吳富章
發行所 合記圖書出版社
登記證 局版臺業字第 0698 號
社址 台北市內湖區(114)安康路 322-2 號
電話 (02)27940168
傳真 (02)27924702
網址 <http://www.hochi.com.tw/>

總經銷 合記書局
北醫店 臺北市信義區(110)吳興街 249 號
電話 (02)27239404
臺大店 臺北市中正區(100)羅斯福路四段 12 巷 7 號
電話 (02)23651544 (02)23671444
榮總店 臺北市北投區(112)石牌路二段 120 號
電話 (02)28265375
臺中店 臺中市北區(404)育德路 24 號
電話 (04)22030795 (04)22032317
高雄店 高雄市三民區(807)北平一街 1 號
電話 (07)3226177
花蓮店 花蓮市(970)中山路 632 號
電話 (03)8463459

郵政劃撥 帳號 19197512 戶名 合記書局有限公司

西元 2004 年 6 月 10 日 初版一刷



電療學－臨床實證

Electrotherapy: Evidence - Based Practice 11th Edition

Electrotherapy, Eleventh Edition

Sheila Kitchen

ISBN: 0-443-07216-7

Copyright ©2002 by Elsevier Science. All rights reserved.

Authorized translation from English language edition published by the Proprietor.

ISBN: 981-4134-16-3

Copyright © 2004 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road #08-01

Winsland House I, Singapore 239519

Tel: (65) 6349-0200

Fax: (65) 6733-1817

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

本書任何部份之文字及圖片，如未獲得本公司之書面同意，不得用任何方式抄襲、節錄或翻印。

First Published 2004

2004 年初版

Printed in Taiwan

原文序

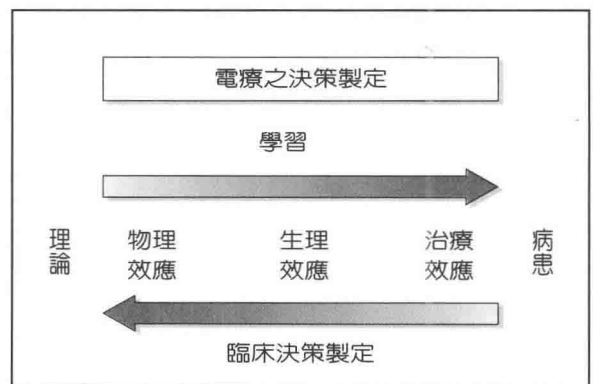
電療自其最早以熱、冷與電刺激的形式應用於臨床業務中以來已有久遠的歷史，早已成爲物理治療專業領域中的重要技術之一。近年來，此領域中增加了數種治療因子。儘管有此歷史與持續廣泛的應用，但在電療使用下之根本的物理與生理原理這兩者仍常常被誤解，且有關其效能之證據仍常常未能列入每日操作時之考量。

本書是由此領域中許多專家共同擴編與修訂的，期能提供讀者關於最常使用之因子的最新知識。它擴編考量了近代研究的發展，及加強了上版克雷頓氏電療學（Clayton's Electrotherapy）中未詳盡的特定部分。它同時提供了學生安全且適當之治療應用的資訊，且亦避免提供會抑制臨床決策製定之「食譜」般的方法。並全新嘗試、隨書提供一包含有數個因子應用方式的互動光碟，希望在閱讀本書時能達到實用及有趣的效果。

本書書名更改爲「電療學：臨床實證（Electrotherapy：Evidence-Based Practice）」，主要是用來反映出強調施行治療技術需要以實際證據及專業技術做基礎的重要性。Watson（2000）指出知識與證據在臨床決策製定中所扮演角色的重要性，他注意到證據的質與量兩者皆穩定的改善中，並且提出在電療時決策製定之有用

模型。我們從基礎理論（物理與生理兩方面）與研究證據中學習是必需的，由我們的臨床上累積經驗所得亦然。此模型可應用於幫助有明確治療目標的人選擇適當的治療方式，由Watson發展的決策製定模型如圖一所示，其顯示出理論、學習、臨床決策製定與臨床效果間的關係。

由於作者們的努力及傳遞淺顯與完整資訊的決心，編者希望對所有來自各不同專業領域且爲其專家的作者表示謝意，另外也感謝 Kenneth Collins 對上版第6章所做的貢獻，在此亦對互動媒體的作者與生產商表示謝意，最後也謝謝發行者對此企劃提供完全的支持。



► 圖1 電療的雙向模型 (Watson, 2000)



譯者序

記得在大學物理治療系四年的課程中，「電療學 (Electrotherapy)」僅是眾多專業科目中的一門，但在離開學校、投入臨床工作後卻發現：在現今健保給付制度下及業績至上的就業環境中（尤其是中小型醫院或地方診所），「電療」卻反倒成了每日執行業務之主要，所以如何能夠有效率且切中要點的施予治療以發揮各電療因子的最大效用就更形重要。物理治療師除了需具備有足夠的專業知識之外，更須有相當的臨床經驗來面對患者的問題，而本書則是提供許多研究之實驗證據及臨床上的調查報告，讓「實證醫學」、「臨床實證」可落實於電療之中，所以本書是物理治療師在擬定治療計畫及執行電療於病患時值得參考的書籍。

翻譯本書後，讓本人獲益良多，除了更進一步清楚地瞭解各電療因子的物理與生物原

理、模式和參數的選擇、及效用外，也獲得了一些新知：例如電針灸、使用雷射治療於神經根、利用電刺激電極交替擺放的方式來促進傷口癒合、紫外線於皮膚病學的應用…等等，這些在目前台灣物理治療環境中尚未普及的新用途是我們可以去嘗試的，藉此可擴展物理治療的領域，以服務更多種類的病患。

本書是我利用工作之餘所翻譯的，一是自我增值，另一方面則是希望藉由本書對國內電療治療環境提供一「臨床實證」的來源。翻譯同時我已儘量小心謹慎地忠於原著，如仍有疏漏或不慎筆誤之處，懇請讀者能惠予指教。

楊書菱
許怡婷

目錄

隨書所附贈的光碟片內容包含了模擬操作以輔助讀者可以了解內文所述的觀念。光碟中所提到的章節前均註記有的符號。此光碟片是設計用來配合本書使用的，而非一獨立的教學器材。

作者 ix

原文序 xi

A 科學背景

- 第 1 章 電物理和熱能法則 3
- 第 2 章 細胞和組織的電特性 31
- 第 3 章 組織修復 45
- 第 4 章 感覺神經與運動神經的活化 57
- 第 5 章 疼痛生理學 75

B 治療的科學基礎

- 第 6 章 熱效應 89
- 第 7 章 低能量治療：無熱或微熱 107
- 第 8 章 電刺激的效果 113

C 傳導因子

- 第 9 章 熱和冷：傳導的方法 29

D 電磁因子

- 第 10 章 紅外線輻射 139

- 第 11 章 透熱療法 145
 - 第一部分：短波透熱療 145
 - 第二部分：微波透熱療 166
- 第 12 章 低強度雷射治療 171
- 第 13 章 紫外線治療 191

E 超音波

- 第 14 章 超音波治療 211

F 低頻率電流

- 第 15 章 低頻率電流——前言 233
- 第 16 章 神經肌肉和肌肉電刺激 241
- 第 17 章 經皮神經電刺激器 259
- 第 18 章 使用干擾波於疼痛控制 287
- 第 19 章 診斷與評估的應用 301
 - 第一部份 電生理測試 301
 - 第二部份 傷口評估 308
- 第 20 章 電刺激於傷口癒合之應用：近代知識之回顧 313
- 附錄：使用時的安全性 335
- 索引 339

A

科學背景

Scientific background

1. 電物理和熱能法則 3
2. 細胞和組織的電特性 31
3. 組織修復 45
4. 感覺神經與運動神經的活化 57
5. 疼痛生理學 75

1

電物理和熱能法則 (Electrophysical and thermal principles)

Gail ter Haar

章節內容

前言 3

波動 4

波的反射與折射 7

極化 9

電力與磁力 9

電力 9

磁力 16

機械波 20

超音波 21

熱能與溫度 27

熱的物理作用 28

熱的轉移 29

前言 (INTRODUCTION)

電物理因子常被物理治療師廣泛的治療各種情況。這些因子包括了電磁、聲波、及刺激肌肉和神經的電流，這些方式可用來刺激組織的產熱。這一章節將以簡單的方式介紹熱對組織的影響、及基本的物理學，將更容易瞭解之後的內容，細胞的電生理特性和電療的使用原則詳述在第二章。

幾世紀以來，早期的哲學家探討熱和冷等自然現象，出現兩派分歧的意見：熱本身就是一種物質；熱只是粒子之間的移動所產生的結

果。直到十八世紀，物理學家和化學家達成了共識：熱和冷是由構成物體或實體的組成分子，在物體中移動的速度所決定。正確的探討功與能量之間的關係是在1840年，Dr. JP Joule所做的實驗，他設計一個儀器在水中劇烈的攪拌，發現有熱能的產生，他清楚的表示：因摩擦所產生熱能的多少取決於做功的多少。同時，他提出力與力之間相關性的理論，在1847年，建立能量不滅定律（為熱力學最基礎及最初的定律）。

熱即為一種能量，這個觀點已被廣泛的接受，熱能可轉換成其他形式，諸如電力與磁力。這個定理證實；當一物體加熱後，因為分子在物體中移動的能量增加，因此溫度會上升。此定理更進一步的解釋了輻射能在兩個物體之間傳遞的能量，就如太陽的能量經由輻射傳至地球上的生物體，很多證據顯示，光是一種電磁波，而關於輻射能同樣也有很多的證據支持此學說。事實上，輻射波（例如：紅外線）的波長比光波來的長，但是它們的物理特性卻是一樣的。因此，我們可以假設分子處在一個

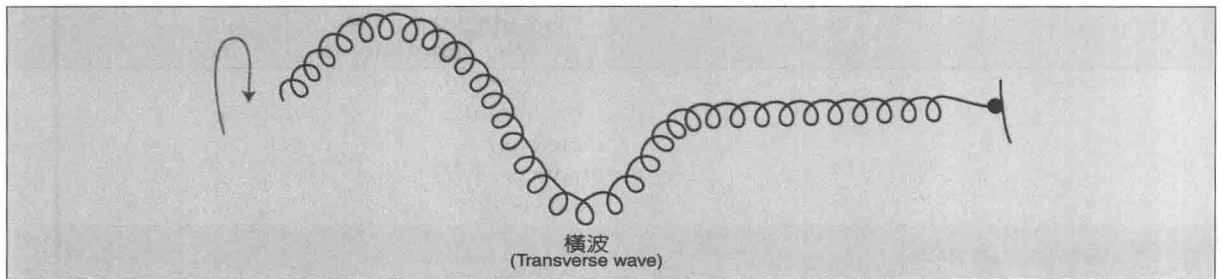
發熱的物體中是呈現一個快速震動的狀態，或是在中央作週期性的快速運動，因而形成了電磁波，電磁波穿過熱的物體和受體之間，會使其中的分子作相同的運動。從受熱的物體所釋放的輻射能或熱能，能讓生物體激化而產生熱的感覺，就如同視覺是由發光物體所發出的光波激化一樣。

經由運用電波和磁波的治療，讓我們了解波的運動方向，先大概描述波的運動，再詳述電力、磁力、和超音波的治療方法。

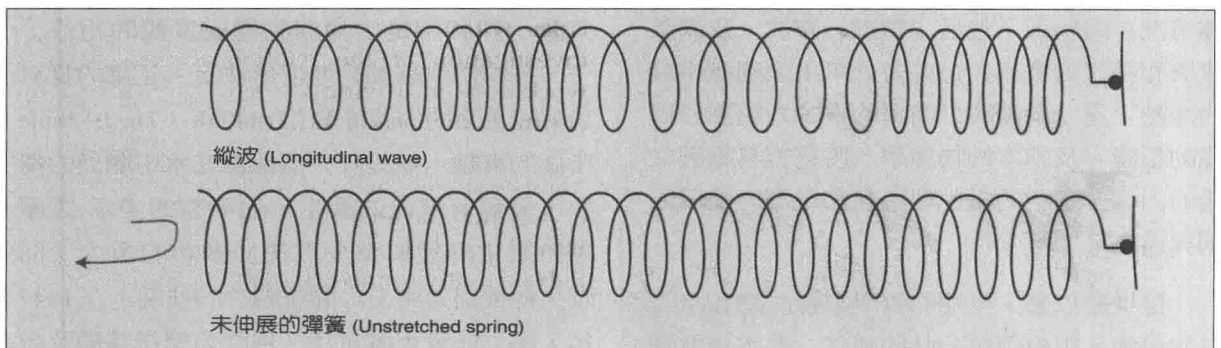
波動 (WAVE MOTION)

波的運動能讓能量從一個地方轉移到另一個地方，想像一個軟木塞漂浮在池塘水面上，再丟入一塊石頭，石頭丟入水中會引起漣漪，此時，石頭投入水中的能量會轉移至池塘邊緣。軟木塞會上下浮動，但卻不會移動到其他地方。

用另一個簡單的方法來描述波的運動——Slinky 彈簧玩具。會發現兩種波的形式：橫波與縱波。橫波 (*transverse waves*)：波呈現往上和往下的形狀直到彈簧的末端（圖 1.1），縱波 (*longitudinal waves*) 的產生可由將彈簧拉長再



► 圖 1.1 若彈簧固定一端向上向下彈動，則會產生橫波。



► 圖 1.2 拉長彈簧後再使其彈回，則會產生一縱波。

彈回論證出來（圖 1.2）。水波，小提琴弦的波動、電磁波、及被使用的短波電療、紅外線和向量干擾波治療，這些都是橫波形式的例子。而聲波，它被使用在超音波的治療主要是以縱波的形式來傳送的。

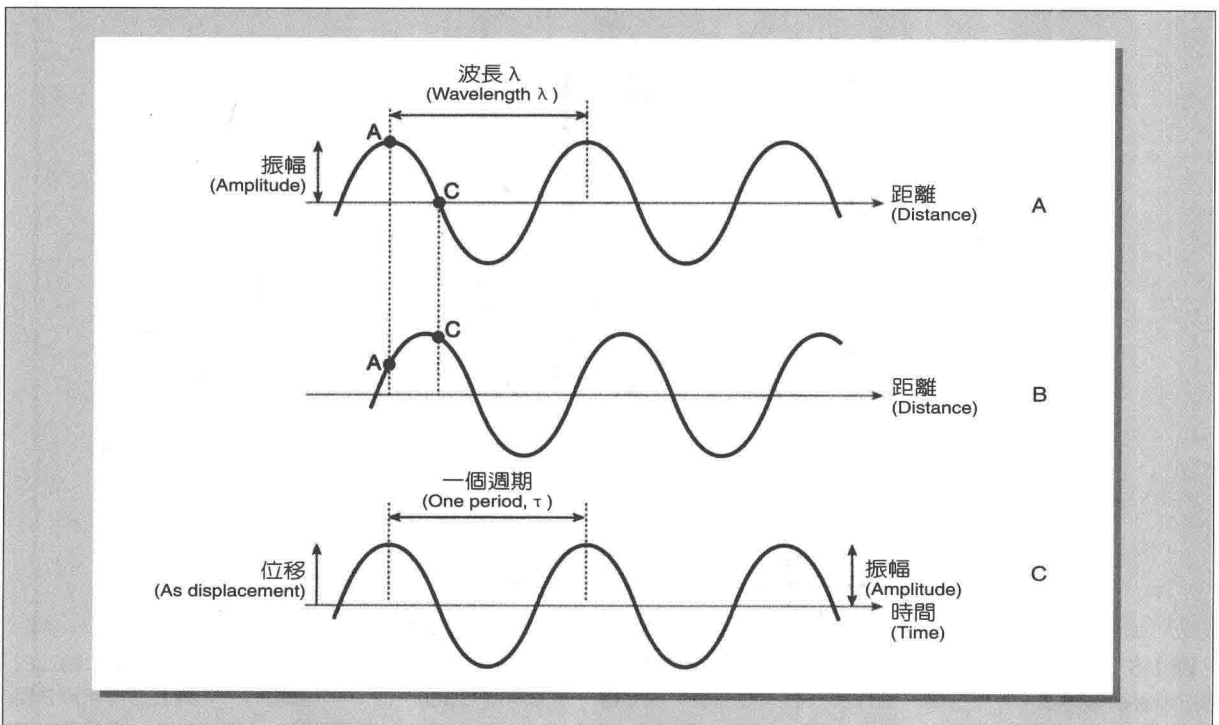
描述縱波比描述橫波來的困難得多。假設有一個波穿過彈簧（圖 1.2），將它和沒有被伸展的彈簧做比較，發現彈簧在某些區域的線圈較緊密，而某些區域的線圈卻是較疏鬆的。彈簧上線圈較緊密的區域就被稱為壓縮 (*compression*) 區，而線圈較稀疏的地方稱為疏鬆 (*rarefaction*) 區。

波動常以波峰和波谷的形式來描述。波向上運動到波峰，下行到波谷，再回到波峰，這就是我們所知的震盪週期 (*cycle of*

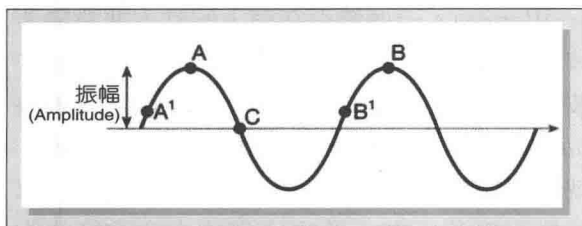
oscillation)。一個漂浮在海上的軟木塞會隨著波的運動向上和向下的漂動。軟木塞漂動在波峰和波谷之間的高度差就等於兩倍的振幅 (*amplitude*)。另一種較簡單的方法來看振幅，就是海床以上在平靜海面 and 波浪頂峰之間水波的高度差。在一秒內通過軟木塞波峰的數目，就為波的頻率 (*frequency, f*)。頻率的測量單位為赫茲 (*Hz*)，因此，一赫茲等於 1 週期 / 秒。穿過軟木塞的波經過兩個相連波峰所需的時間即為震盪的期間 (*period, τ*)。這是時間的單位，假如一個週期需要 τ 秒，則必定在每秒內有 $1/\tau$ 個週期，而在一秒內所發生週期的數目被定義成頻率，所以可寫成下面的公式：

$$f = 1/\tau, \text{ 或} \quad [1]$$

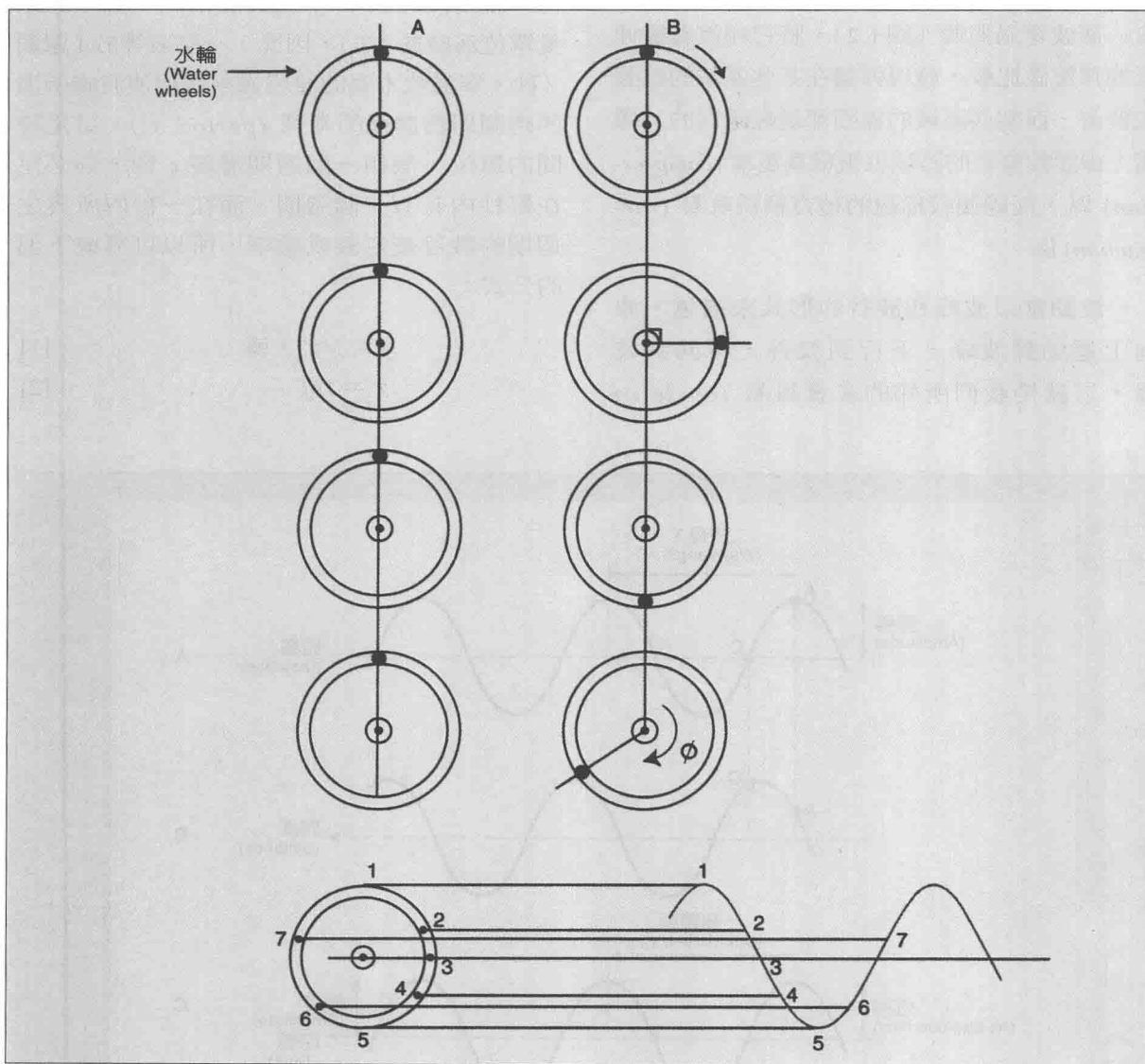
$$\tau = 1/f \quad [2]$$



► 圖 1.3 A 和 B：當波流動時波路徑上 A 點和 C 點的位置，波在移動後，二個不同時間點的位置。C：2 個循環週期的點位移。



► 圖 1.4 A點和B點，A'點和B'點位於波上相同相對位置上。它們在同相點，而A點和C點為異相。



► 圖 1.5 相位角可用水輪的轉動來比喻。想像二個輪子，分別在輪圈上做標記A、B。A不轉動，B輪轉動，輪上的標記也會跟著轉動，完整的轉一圈代表一個週期循環，標記轉一圈的角度為 360° (2π 半徑周長)。A輪上的標記與B輪上的標記比較，當B輪轉動 $1/4$ 週期，2標記之間的角度為 $1/4$ 的 360° (90° 或 $\pi/2$ 半徑周長)；轉一半時，標記點之間的角度為 180° 或 π 半徑周長，標記點之間的角度類似相位差，當B轉動時，標記距輪軸中心的高度一直改變。若輪子以固定的速度轉動，標記的高度可以在一個正弦波上繪製出來。

兩個相鄰波峰之間的距離即為波長 (*wavelength*, λ)。

圖 1.3A 和 B 顯示在兩個時間上的波，相距很短的時間。可以看到不同的點在波上改變了距中線相對的位置，但空間間隔並無改變。事實上，假如你回溯 A 點在數個週期的移動，則會發現 A 點的移動會像圖 1.3C 般的往上和往下。波峰移動的速度稱為波速 (*wave speed*)。因此，波在一個週期上移動一個波長為 λ 的距離，而一個循環所需的時間等於週期 (τ)，所以波速 (c) 有以下這個方程式：

$$c = \lambda / t \quad [3]$$

$1/t$ 相同於頻率 (f)，所以

$$c = f \lambda \quad [4]$$

圖 1.4 中，在波上的 A 點和 B 點（或是 A^1 和 B^1 點）都是以一樣的方向一起移動到波峰（或波谷）。這些點也可稱為同相位 (*phase*)。從 A 點到 B 點的運動（或是 A^1 和 B^1 點）代表了一個循環週期。A 和 C 不同相；C 點在 A 點之前，位於循環週期的 $1/4$ 處。在 $1/4$ 週期的地方有相位差 (*phase difference*, ϕ)。相通常會表示成一個角度。一個完整的循環週期為 2π 弧度（或者是 360° ）。 $1/4$ 循環週期代表了相位差是 $\pi/2$ 個弧度 (90°)。這都圖示在圖 1.5 中。

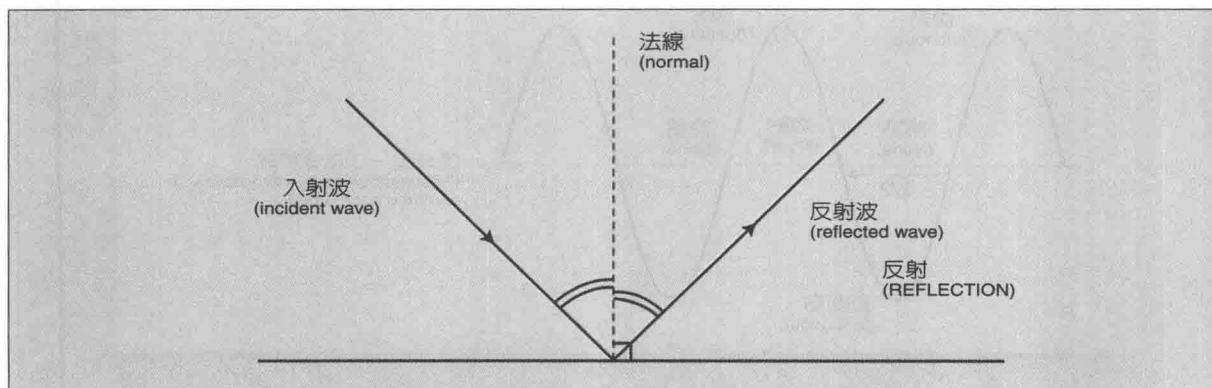
反射波和折射波

(Reflection and refraction of waves)

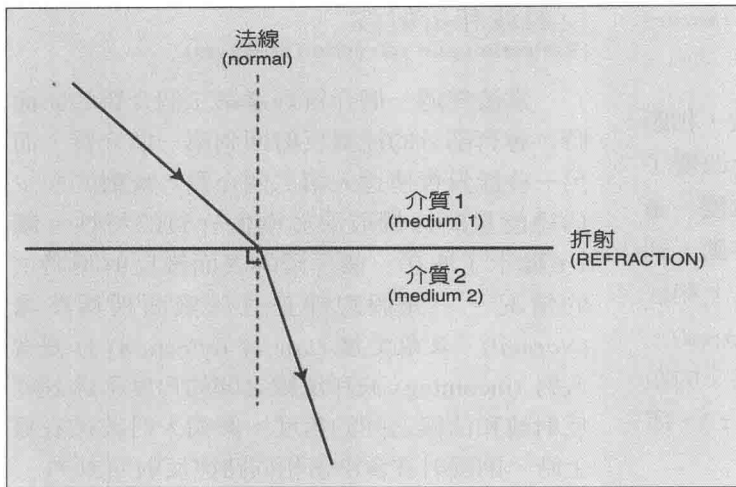
當波穿過一個介質到達第二個介質的表面時，會有部分的能量反射回到第一個介質，而另一些能量會傳送入第二個介質。反射的多少佔總能量的比例取決於兩個介質的特性。圖 1.6 顯示了波在一個平滑的表面被反射時發生的情況。一條假想線垂直於表面稱為法線 (*Normal*)。反射定律 (*law of reflection*) 是指當入射 (*incoming*) 波和法線之間的角度永遠等於反射波和法線之間的角度。假如入射波在法線上時，則反射波會沿著相同路徑反射回去。

波傳遞到第 2 個介質時也會有部份的折射 (*refraction*) 現象產生。這是指當波從第一個介質傳到第二個介質，而在第二個介質中波速較慢的話，光線會偏向法線，或者當它在第二個介質中波速較快時，則會偏離法線。這顯示在圖 1.7。舉例來說，當從空氣進入水中時光會偏向法線，因為光在水中行進的速度比在空氣中慢。這也是為何游泳池的深度在岸上看起來比實際的深度淺的原因。

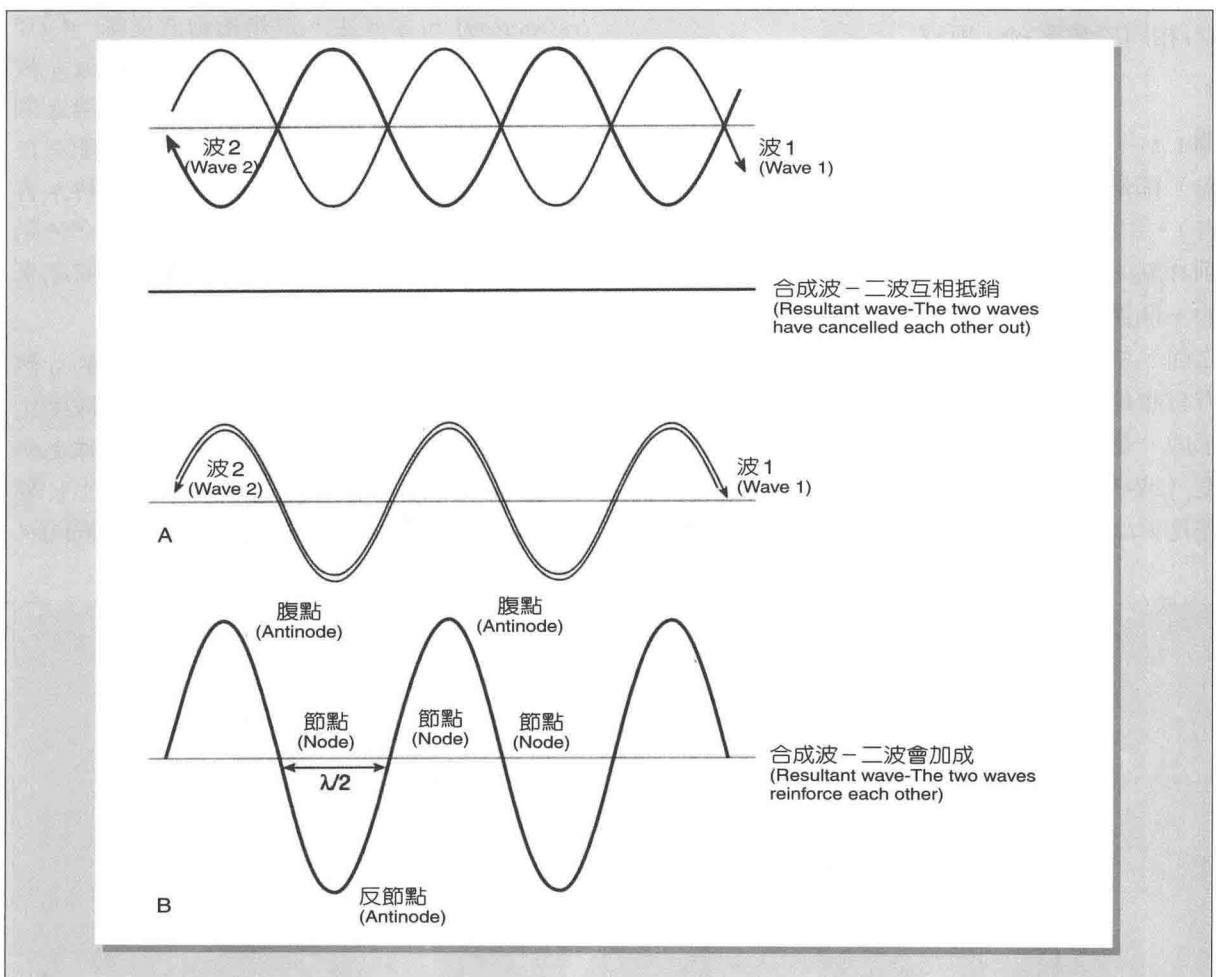
就如之前所探討的，波是帶著能量的。然而，在一些情況下，能量的傳遞是可以被停止的，使能量限制於某一區域。這發生在駐波 (*standing wave*) 或固定波 (*stationary wave*) 上。駐波的產生是由於入射波碰到具有相同振幅的反



► 圖 1.6 反射定律：入射角會等於反射角。



► 圖 1.7 當光束從一個介質穿到另一個介質中，它可能會產生折射（改變方向）。



► 圖 1.8 當 2 個幅度相同的波以不同方向行進會形成駐波。A：二波互相抵銷。B：二波會相加成。

射波。當兩波相遇時，總振幅就是兩個個別振幅的總和。見圖 1.8A，假如一個波的波谷與另一個波的波峰同時發生，則兩波會互相抵銷。若一個波的波峰與另一個波峰同時發生，則波動會增強（圖 1.8B），而總振幅會加倍。在增強的駐波上，有一個點的振幅為零，此點稱為節點 (*nodes*)。同樣的，也有一些點始終有最高的振幅，這些點被稱為腹點 (*antinodes*)。節點與腹點顯示在圖 1.8B。節點鄰近之間的距離，或鄰近腹點的距離，為波長的一半。

極化 (Polarisation)

輕彈 Slinky 彈簧，使彈簧向上向下產生一個橫波，波能無限個選擇它所移動的方向。波動以正確的角度傳送到彈簧線上。假如彈簧一直以固定的方向移動，就表示波被極化 (*polarised*)—只有在那個平面上的波被極化而已。然而，若波（或是彈簧移動的方向）呈現不同的方向，就表示此波沒有被極化 (*unpolarised*)。波在經過濾光器後，濾光器只讓波在單一平面穿過，此時波很可能被極化。我們可以想像一張卡片上有一條細長的裂縫，在這個平面上只能讓波從這條細縫穿過，其他物體不能穿過，而卡片在此的作用就如同極化波的濾光器一樣。

電力與磁力 (ELECTRICITY AND MAGNETISM)

我們都很熟知電荷所帶來的影響即使並不了解它的成因。例如剛洗完頭梳頭髮或脫衣服時會感覺到靜電，更明顯的例子就如閃電即為電力的釋放。這些都是因為電荷作用所引起的例子。

電力 (Electricity)

物質是由原子所形成的，而原子是元素中最小的粒子，而且可從元素中區分出來。原子是由一個帶正電的中央原子核（帶正電的質子和不帶電的中子組成），和環繞在原子核旁邊帶負電的粒子（電子）所構成，就像一個縮小的太陽系一樣。一個原子包含的質子數目和電子數目是一樣的，因此沒有淨電荷。一旦失去了平衡，原子的淨電荷不為零，則被稱為離子 (*ion*)。若從原子中移除一個電子，則原子會變成一個帶正電的離子，而如果加入一個電子到原子中，原子會變成一個帶負電的離子。

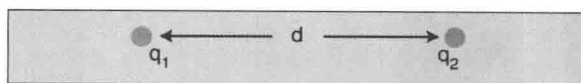
兩個相反電荷的粒子互相吸引，相同電荷的粒子互相排斥（推開）。因此，電子和質子會互相吸引，兩個電子間則互相排斥。

電荷的單位為庫倫 (*coulomb, C*)，一個電子帶有 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 的電量，所以需要大量的電子數 (6.2×10^{18}) 來達到一庫倫的電量。

電荷 q_1 和電荷 q_2 兩粒子之間的作用力與 q_1 和 q_2 的乘積成正比，與兩粒子之間的距離 (d) 平方成反比（圖 1.9）。因此，可得知力等於 $q_1 q_2 / d^2$ 。比例常數（恒定的數值）能夠計算出兩個電荷之間的作用力，此常數為 $1/4 \pi \epsilon$ ， ϵ 是在兩個電荷之間介質的容許力 (*permittivity*)：

$$F = q_1 q_2 / 4 \pi \epsilon d^2 \quad [5]$$

假如其中一個電荷帶負電，則為互相吸引的力。若粒子在真空中，它的容許力為 ϵ_0 ，也就是所知的自由空間的容許力 (*permittivity of free space*)。真空以外的介質，容許力通常以 ϵ_0 的倍數表示， κ ，乘積因子，也就是相對



► 圖 1.9 電荷為 q_1 和 q_1 的二個粒子，距離為 d ，二個粒子之間的作用為 $q_1 q_2 / d^2$ 。