

553335

3337

7/3458

科學圖書大庫

物理實驗大全(中)

波光學 電磁學

譯者 方聲恆 劉燕溪
張鏡清 李舉賢

徐氏基金會出版

3321
7/3453

553335

科學圖書大庫

物理實驗大全(中)

波光學 電磁學

譯者 方聲恆 劉燕溪
張鏡清 李舉賢

徐氏基金會出版

序 言

科學教育本來的形式是以學生的親身經驗為基礎，不預作空泛定義、定律等的敘述。教師在教學時，先由實驗觀察入手，使學生獲得親身經驗，然後詳細討論實驗觀察所引起的種種問題，進而綜合、歸納；作出結論。但是我國的物理教育往往本末倒置，以敘述定義、定律為出發點，祇將實驗視作幫助理解定義、定律的一種手段。

本書為強調實驗是物理教育的主體，將國中、高中、大一程度的主要物理實驗網羅在一書內，以供給教師自編教學方案（簡稱教案）之用。教師不必按照別人已編好的課本去教學，這是天經地義的事。但是教師因太忙，或許因貪方便，自己蒐集教材，自己編訂教案的人已寥寥無幾。物理教育的根本改革應從此處開始。本書內收集的實驗其種類之多和說明的精，可以說應有盡有。本書原著是以日本東京教育大學的資深教授池本義夫先生為主編人，由一百二十二位大學教授、中學教員、公司工廠研究員、教育行政人員等分擔執筆而寫成的，並且聘請埼玉大學校長藤岡由夫先生及東京教育大學校長朝永振一郎先生為監修者（朝永校長是1965年和美國 J. Schwinger 教授及 F. Feynmann 教授共享諾貝爾物理獎的物理教授）。

本書的翻譯是由徐氏基金會徐創辦人 and 台灣大學方聲恒教授所發起的。方教授為現行國民中學物理科課程標準信訂小組委員會的召集人。鑑於英國 Nuffield 物理課本，祇讓學生手邊使用實驗指導書及習題集，而不給以過去那一類的課本，方教授大力提倡以實驗為出發點的教學，並痛覺這種物理實驗書的稀少，於是有翻譯此書之議。方教授起初邀請張鏡清和劉燕溪兩位教授，共同翻譯，完成第 I、II、III、IV、V、VIII 編共六編。此後方教授和張教授兩位，因公分別赴美

講學及研究，於是另請電機系李學賢教授林澤義先生及物理系鄭伯昆教授分別負責第Ⅵ和第Ⅶ編。本人在方教授留美期間代理第Ⅵ、Ⅶ編的收稿及指導全部的校正。乘校正的機會，通閱本書時，本人覺得各翻譯人皆已盡了其最大能力，但是在某些地方也難免犯着此時此地精通日文人士的一種通弊，就是在中文裡不知不覺地使用日文式的表現。當然這種通弊對理會本書內容無大關要。尚請讀者諸君原諒，並請不吝賜教為幸！

民國五十九年八月十五日

黃 振 麟 識

原 序

自然科學的特徵是在於證實性和理論性，並由於此種特徵，它將對於學生的學習做人方面產生很大的影響。因為證實性和理論性的核心在於實驗，物理教學的最大問題可以說就在於如何實施教學實驗。

實驗需要具體的技術，而不能有絲毫偽造。同時還需要豐富的精心和很大的努力。現在的理科教師既然受到社會很大的期待和責任，他們便應當為如何實施如此重要的物理實驗問題而盡力。然而到現在為止，尚缺乏包括全部物理而對這方面有良好指導的書籍。理由是學校所授的物理實驗範圍很大，如果只靠少數教師或物理學者以實際經驗為基礎寫出如此寬廣範圍的指導書，就有很大的困難。

鑒於如此現況本實驗辭典特請一百多位在大學、中學指導物理實驗有多年經驗且繼續做研究工作的人士，分別就各人最擅長的範圍執筆完成的。

編者以及編輯委員的計劃即選擇在教室裡能做，或適宜做的（包括全部物理實驗數百種）予以詳細及具體的解說，使各位讀者能夠準備每一實驗，且能僅以一次的準備實驗即可成功。

1. 廣泛的選擇適用於初中、高中的物理教學實驗。
 2. 在同一項目下，（即同一目的的實驗）盡量包括各種方法。因此，除了一般習用的實驗方法外，再增加很多項新方法的實驗，並在一般習用的實驗上，增加了教學方面有困難的地方及解決方法等的說明。
 3. 包括可以利用課外活動實施的較多應用性或研究性的實驗。
 4. 在實驗內的各項目，明確的指出各目標。
- 為使學生充份了解每項實驗內容計，其目標說明務求明確。

5. 各實驗皆有詳細的說明，使在教室做實驗時能夠確實成功。爲此目的，儘量插入照片及圖樣，並詳細記述由實際經驗所得各種數據，應予注意之處，及要點等。
6. 所使用的設備、材料等，儘量使用容易入手的。
7. 防止危險方面，也儘量提請注意。

編者衷心希望此書將對各學校建立物理實驗計劃或實施實驗計劃時能有所幫助，並對於我國初中、高中物理教育的進步能有貢獻。

雖然確信在本書中，把現在通行的所有實驗（包括PSSC方法）收羅無遺，但是還沒有達到完善的地步。當然今後也期待更多學者的新研究，改良，及新方案等的發表。尚望各位讀者，隨時賜教，以資今後有機會時再作修正，使本書能應時代的要求。

最後向曾給予詳細指導校閱的藤岡、朝永兩位博士，以及各位執筆先生，及編輯委員諸先生深表謝意。並向在出版方面給予很大助力的講談社諸位先生，特別是高木、足沢，佐伯等各位幹部及直接擔任的志柿、神谷兩位先生深表謝意。

池本義夫 1964年 3月

第四編 波

目 錄

第四編	波	4-1
第一章	波 動	4-3
第一節	波動裝置	4-3
①	用多數單擺的波動裝置	4-3
②	用彈簧連結擺的波動裝置	4-6
③	瑞利(Rayleigh)的波動簾	4-8
④	示範波動的模型裝置	4-12
第二節	繩上傳的波	4-14
①	用螺線彈簧試驗波的重疊，反射等現象	4-14
②	駐 波	4-19
	I. 電振音叉與弦	4-19
	II. 用傳聲器與示波器檢查空氣中的駐波	4-22
	III. 螺線彈簧所生的縱駐波	4-24
第三節	用水波投影器顯示水波	4-25
①	波之進行	4-25
②	波之反射	4-26
③	波之折射	4-29
④	波之繞射	4-33
⑤	波之干涉	4-36
⑥	波之散射	4-39
⑦	都卜勒效應	4-40
⑧	布喇格反射的模型實驗	4-42

第四節	駐波	4-44
①	用弦音計生駐波	4-44
②	氣柱駐波的觀察	4-45
③	昆忒的實驗	4-46
④	克拉德尼的實驗	4-48
第二章	聲源	4-49
第一節	聲源	4-49
①	音叉	4-49
②	超聲波的實驗	4-52
第二節	傳播	4-57
①	真空鈴的實驗	4-57
②	聲波於水中的傳播	4-58
③	聲音於固體中之傳播	4-61
第三節	聲音的速度	4-63
①	野外聲速的測定	4-63
第四節	反射	4-63
①	用鏡子聽筒內的錶聲	4-64
②	用圓筒求由板面的反射方向	4-65
第五節	聲學實驗用儀器	4-66
①	薩伐爾齒輪與音調	4-66
②	汽笛或驗音盤與音調	4-67
③	弦音計與音調	4-68
④	風琴管	4-69
⑤	錄音帶，唱片，CR振盪器的可聞聲音的實驗	4-71
⑥	跳動火燄	4-72
第六節	繞射，干涉	4-76
①	音叉的轉動	4-76
②	克音凱管的聲音干涉	4-77
③	兩音叉的干涉	4-78

④	用兩個揚聲器作聲源的聲音干涉	4-81
⑤	用單縫與揚聲器的繞射實驗	4-83
⑥	用音叉與壁面的干涉實驗	4-84
第七節	拍	4-85
①	用兩支音叉生拍的實驗	4-85
②	用陰極射線示波器觀察拍的波形	4-87
第八節	共鳴	4-89
①	共振擺	4-89
②	音叉共鳴的條件	4-90
③	共鳴箱的作用	4-91
④	氣柱的共鳴	4-92
	I. 用閉管與音叉的共鳴求音叉的頻率	4-92
	II. 開管與音叉的共鳴	4-96
	III. 氣柱的共鳴	4-98
第九節	都卜勒效應	4-101
①	壁與音叉(或揚聲器)	4-101
	I. 都卜勒效應	4-101
	II. 聲波的干涉	4-102
②	用移動揚聲器與傳聲器的方法	4-106
③	裝於轉動板上的蜂音器	4-111
④	原理示範的模型實驗	4-113
	I. 用有記號帶的方法	4-113
	II. 敷長紙條上記號的方法	4-114
	III. 用耳聽錄音帶的方法	4-115
	狐狸樂聲	4-117

第四編

波



水波的干涉

4-2—物理實驗大全(四)—液

第一章 波動

第一節 波動裝置

①用多數單擺的波動裝置

【目的】 1. 觀察媒質各點作簡諧運動並且相鄰各點間相位微有差異時，即生正弦波形的現象（初）（高）。

2. 觀察波長·速度·頻率間的關係（初）（高）。

3. 觀察橫波·縱波之區別（初）（高）。

【準備】 圖1 AB及CD為寬15毫米，厚1.5毫米，長90厘米的兩塊相同的三角鐵。或如圖2將厚鍍鋅鐵板，釘在木板上做成三角鐵。在一面的邊緣按30毫米的間隔鑽25個孔，在每個

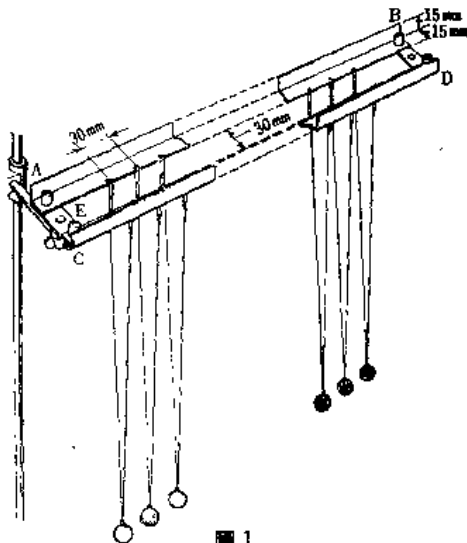


圖 1

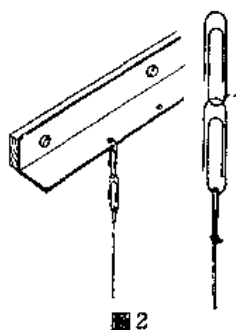


圖 2

孔吊兩個迴紋針 (圖 2)。用線將有孔的金屬球 (直徑 10 ~ 20 毫米)，懸掛於各迴紋針上。繫線要用活結以便調節擺長。將兩條三角鐵裝在平行移動板 E 上 (圖 1)，使三角鐵的邊緣間隔為 30 毫米，而後固定於支架上。擺長約為 50 厘米。同時準備一玻璃棒 (外徑約 12 毫米，長約 120 厘米，一端燒成半球形)。

【方法】 1. 簡諧運動的相位與波動的關係

- (1) 如圖 3 (b) 使各線的兩個支點方向與三角鐵平行。令末端的球擺動，觀察其簡諧運動。
- (2) 用玻璃棒同時推金屬球使之由平衡位置向一邊作同一的位移，去玻璃棒，使各球同時按同一位移開始做簡諧運動。此時因為各球沒有相位差，就沒有波動的現象。

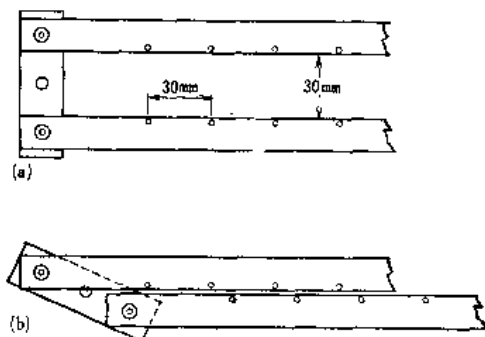


圖 3

(3)如果向三角鐵平行方向拉出玻璃棒，相鄰的球做有相位差的簡諧運動乃產生橫波，波動向相位晚的方向進行。

2. 波長·速度·頻率的關係

(1)設懸球的頻率為 n ，拉出棒的速度為 v ，波長為 λ 則

$$\lambda = \frac{v}{n}$$

由此式可知拉出棒的速度快，波長就大（因為 n 為一定值）。又可由 n 及 λ 的值計算 v 和 v 的實測值做比較。

3. 橫波與縱波的區別

(1)使球做橫波後，用平行移動板 E 將三角鐵 AB，CD 平行移動（圖 3(a)）。球的振動方向將變為與角鐵方向平行，也與波進行方向平行乃產生縱波。球的密部向相位晚的方向移動，隨即產生疎部。

【要點】 1. 如果擺長不等，則週期不等，因而引起相位的變化，使波動紊亂。

2. 擺的支點，須無摩擦，如有摩擦而且各點的摩擦不同，則摩擦大的懸球振幅減衰快，波動亦立刻迅即發生紊亂（使用兩支迴紋針的目的就是為減少摩擦）。

3. 做橫波實驗時，注意不要使相鄰的擺線相疊。

4. 生波動時用末端為半球形的玻璃棒以減少摩擦，將玻璃棒對着球時比對線上的結果好。

5. 做縱波實驗時，使開始的橫波波長大較易觀察。

6. 實驗後，將儀器由固定架取下，將擺線捲在三角鐵上收存，取下時不可使線糾纏難解。

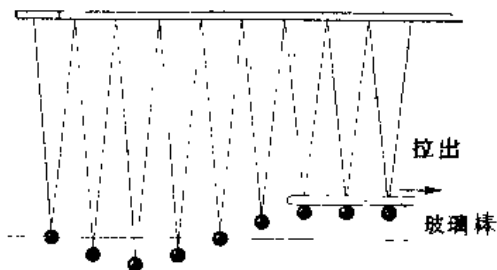
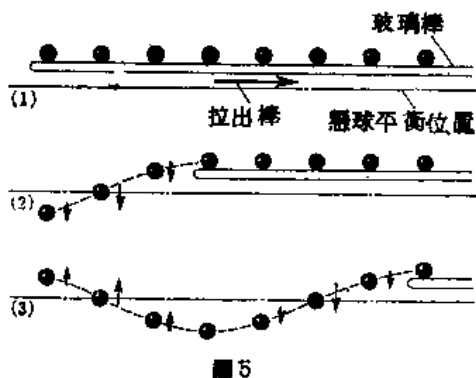


圖 4



照片 1

【參考】 本裝置的特點，是各單擺獨立擺動，因此某一球擺動鄰球不受影響，能量也互不傳播（所以不是以全體構成一媒介）。在兩末端也無反射，可保持長時間的正弦波形，而且把橫波可變為縱波，也是這裝置的優點。

②用彈簧連結擺的波動裝置

- 【目的】
1. 用彈簧的回復力示範波傳播能量（初）（高）。
 2. 示範波動在固定端及自由端的反射（高）。
 3. 示範駐波的生成（高）。

【準備】 螺旋彈簧

（用直徑 0.45 毫米的鋼線捲成螺線圈，每圈之直徑比前項實驗多數單擺波動模型製造的懸球直徑稍小，匝數約 345 次。）

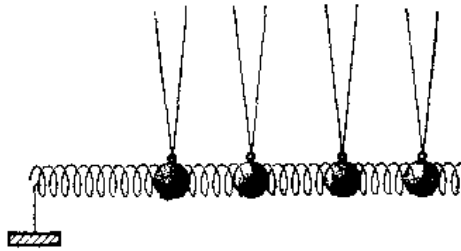


圖 1

【方法】 1. 由彈簧回復力傳播波動

(1)將前項多數單擺波動模型裝置(參照①)的懸球夾在螺線彈簧內，每一間隔為10~15匝，各球以彈簧連絡。如圖1拉開彈簧，固定其兩端，使各球均勻分配於彈簧內。

(2)將三角鐵條放在能產生橫波位置，用手以橫方向擺動末端一球，相鄰球就以遲一些相位擺動即可示範波動的進行。

2. 波在固定端及自由端的反射

(1)使末端的球作半週期運動，即送出半波長的脈波(pulse)下面各種情形下分別觀察波在另一端反射的情況。

a. 將他端的球用手持定或懸掛重物，使之成為固定端。

b. 他端的球處彈簧加長使之對於橫振動成為自由端。

3. 駐波生成法

(1)使一端的球做橫振動以表演波動向右進行；使他端球做橫振動表演波動向左進行。然後使兩端球同時以同一週期做振動，則產生兩個相反方向進行波的疊現象。如果調節至適當的週期，則變為似乎沒有移動的波(駐波)實際有些球幾乎不動(節)但有些球振動很大(腹)(圖2)。

(2)兩端以相反的相位擺動，同時調節其週期使之相等。

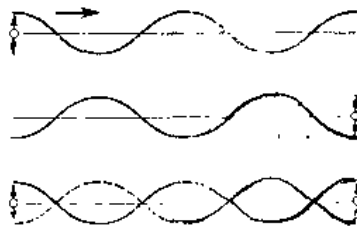


圖 2

(3)由反射波生駐波。使一端球振動送出波，同時調節週期可以得反射波與入射波重疊的駐波，可按以下兩種情形做實驗。

- a. 在他端球懸掛重物，作為固定端(圖3(a))。
- b. 在他端加長彈簧作為自由端(圖3(b))。

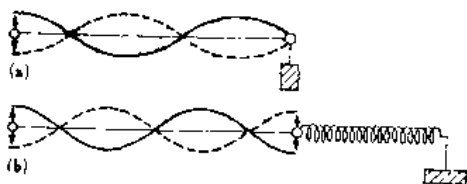


圖 3

(4)固定端為駐波的節，自由端為腹。

(5)平行移動三角鐵條，使球做縱振動，觀察縱波的傳播，反射，駐波等現象。

【要點】 1. 於三角鐵上吊 25 個單擺，可有 24 個間隔因之可作 2 等分、3 等分、6 等分，12 等分等，能用很多方法等分之，便於用同一媒質示範各種不同波長駐波。

2. 要使波速度緩慢，則須增加球間彈簧匝數。

【參考】 1. 此裝置便於縱駐波的表演。

2. 此裝置不便於觀察在自由端及固定端波反射時波的相位關係或其重疊。使球做振動所需的回復力有二個來源，一為作用於擺的重力；一為彈簧為彈性力。若用彈性小的彈簧，波速並不太減弱但反射時運動變為複雜。如為示範反射時相位的關係與重疊的情形，可利用螺線彈簧即所謂瑞利 (Rayleigh) 波動。

⑤瑞利(Rayleigh)的波動

【目的】 與④螺旋彈簧的目的同(初)(高)。

【準備】 瑞利波動。

【製作法】 準備如圖 1-60 厘米×1 厘米×1 厘米的木棒約 60 支，在中處以 $D = 6.0$ 厘米的間隔鑽兩孔，穿入風箏線後用牙籤塞緊使線固定。棒間間隔 d 為 2.5 厘米，在最下端的棒將線留下約