

科學圖書大庫

邢惠物理實驗指導

(第三冊)

譯者 黃振麟

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

那惠物理實驗指導

(第三冊)

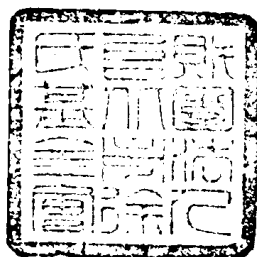
譯者 黃振麟

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年二月二十八日再版

那惠物理實驗指導 III

基本定價 2.60

譯者 黃振麟 國立台灣大學教授兼物理系主任

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

譯 序

近年來科學發展極為迅速，學生應予學習的事物，隨之急遽增加。昔日屬於研究所課程者，現在多須在大學部學習；昔日在大學部講授的學識，今日已見於中學課程中。至於日常生活中有關於科學發明者，比比皆是。為適應生存於此日新月異的科學環境，作為國小或國中的學生，亦必須有充沛廣泛的科學常識。為配合時代要求，各先進國家對自然科學的教材、教法皆殫精竭慮，悉力研究。

對中學物理課程已有研究成果者，在美國有 PSSC 物理 (Physical Science Study Committee)、IPS 物理 (Introductory Physical Science) 及 ECCP 物理 (Engineering Concepts Curriculum Project)。其中 PSSC 物理為我國高中所採用，已閱五年多。IPS 物理乃屬於 PSSC 物理的初中部份，內容將物理、化學的基礎部份混合為一體，作為 PSSC 物理的前奏。我國國民中學物理課程修訂委員會原擬以此為藍本，但經一再研討，發現不適於我國國情。美國義務教育共十二年，一般學生最低教育以高中為準，初高中物理成一貫性。IPS 物理階段，僅培養基礎觀念、訓練學習方法及實驗技術，作為高中 PSSC 物理的預習而已，尤其對力、聲、光、電學各節更無一語談及。我國教育止於九年，學生畢業後多有輟學就業者，如採用 IPS 物理，則物理一科等於未學，以之接觸日常事物殊嫌未足。

英國那惠基金會 (Nuffield Foundation) 於 1966 年頒行中學物理教材一套，期分五年，學童年齡相當於我國初三至高三。我國修訂委員會多次開會商討結果，認為那惠物理似頗適用。惟尚須考慮下列四點：(1) 須將供五年教學方案縮減為二年之用，(2) 分散於數處的同一教材 (例如，雷學) 應集中於一處，(3) 須補充那惠方案中尚付闕如者 (例如：聲學、流體力學等)，(4) 須略亦近代物理學梗概。經熟慮研判後，自那惠方案中酌予增刪節取，編行而成者乃為現行的國中物理教本。

台灣大學物理系留美同學關心國內物理教育者數人認為那惠方案的精神

宜多宣揚，將該方案中實驗指導共五本譯成中文，以硬作為國中教師教導的參攷及學生（國中、高中）中對物理尤感興趣者之進修教材。本書與過去我國教材迥異，實驗重於誦書，啓發重於填鴨；即由學生自作實驗，從實驗結果自行建立基本觀念，導致有關之物理定律，以養成自動探索自然現象的興趣與能力，並排除舊式的強記事物及公式。那惠方案中尚有「問題」五冊，「教師指引」五冊；但須注意者，其中未述及之事物、公式、定律的部份（猶如我國課本中的課文者）。此點乃為那惠方案奧妙之所在，亦為今日先進國家物理教育的一大特徵。教師指引實為一鉅著，字數恐不止於實驗指導之五倍。譯者認為該書並非目前急需者，即對我國現行課本未必能發揮直接裨益。俟我國將全面採用那惠方案時，方譯成中文較適宜。但欲以一觀為快者不妨先購閱原書。（本省有影本出售。）

黃振麟 謹識

民國六十年十月

於台灣大學物理學系

前言

這本書是早在 1962 年即開始工作之那惠科學教學計劃最初出版書籍之一。那時英國許多學校的老師及組織（其中蘇格蘭教育部及科學教育協會就如同現在一般是最引人注目的。）已注意到科學課程的革新並廣泛研究科學課題富於想像力之教學方法。那惠基金會之理事們認為這有很大的發展機會，他們於是設立一個科學教學計劃並分配大量的資金在其工作上。

第一個必須擔負起的問題是關於教次等的學校中的 O - 程度的物理、化學和生物學。以後這節目在小學內以及在次等的學校中不參加 O - 程度考試的班級內擴展成六種形式的科學教學。在所有這些節目裡，其主要目標是發展一些幫助老師以生動的，有刺激性的及智慧的方法說明科學。因為這工作是教師完成的，故這本書及其他各冊均屬於教學之一行。

這些書籍的出版端賴全心且無限合作的會員（大部份是來自各學校的老師。）；協助決定工作方向和目標的商議委員會；參加此書及其他各書之出版嚐試之一百七十個學校的老師；校長、地方權威，以及贊成其學校必須接受額外的負擔以推進此計劃之各管理理事會；以及貢獻好意見和實際幫助或作物資和金錢之慷慨贈與之其他許多人們和組織。

這課程發展之創始早已成為科學教學一行之普通道具之程度，現行之書本應被認為是連續過程中之產物，這是很重要的。將來所需之修正和更新將賴使用全套那惠程序和依從它的部份建議的人們之興趣和批評。由於其對此計劃之興趣，那惠基金會之理事們已企求作示範證明對課程之連續革新——在各科目——將是一個主要的教育目標。

Brian Young

那惠基金會之指導者。

三年級實驗

目 錄

波

1a	課堂實驗	繩上橫波實驗.....	1
1b	示範	波動樣本、脈波與連續波.....	3
1c	選做示範	波的模型.....	3
2	示範	一列學生所產生的波.....	4
3	示範	水波的剖視.....	5
4a	課堂實驗	水波槽的認識.....	6
4b	課堂實驗	水波槽中的簡單圓形脈動.....	10
4c	課堂實驗	簡單直線脈動.....	10
4d	課堂實驗	由直線障礙物所產生的反射波.....	13
4e	課堂實驗	曲線障礙物所產生的反射波.....	15
4f	課堂實驗	利用振動器產生連續波.....	17
5	課堂實驗	介紹閃光測頻器.....	19
4g	課堂實驗	利用閃光測頻器來「凍結」連續微波.....	23
4h	課堂實驗	利用閃光測頻儀來估計微波的波長.....	24
4i	課堂實驗	由障礙物所反射之脈波.....	25
4j	課堂實驗	障礙物對直線波的反射.....	27
4k	課堂實驗	拋物線障礙物的反射波.....	28
4l	課堂實驗	圓形障礙物的反射波.....	30
4m	選做示範	橢圓反射器.....	31
4n	課堂實驗	觀察一微波與另一微波相交的情形.....	33
4o	課堂實驗	用兩隻手指做兩波源的干涉實驗.....	34
4p	課堂實驗	利用振動器做兩波源的干涉實驗.....	35
4q	課堂實驗	雙狹縫干涉.....	37

4r	課堂實驗
4s	課堂實驗
4t	課堂實驗
4u	課堂實驗

波障寬開口所產生的繞射	38
窄開口的繞射及障礙物的繞射	39
微波進入淺水區的折射	41
估計波長、頻率和波速	43

光 學

6a	示範
6b	示範
6c	示範
6d	選做示範
6e	示範
6f	示範
7	課堂實驗
8	示範
9	示範
10	課堂實驗
11	課堂實驗
12	課堂實驗
13	選做課堂實驗
14a-o	課堂實驗
15	課堂實驗
14p	課堂實驗
16	示範
14g-s	課堂實驗
17	課外實驗
18	課堂實驗
19	課堂實驗
20	課堂實驗
21a	課堂實驗
21b	選做額外實驗
22a	選做示範
22b	示範
22c	選做附加實驗

牆上投影	44
牆上的光「線」	45
水中的光「線」	46
曲光「線」	48
反射的光「線」	49
橡皮球的「反射」	50
針孔照相機與透鏡照相機	51
利用煙霧盒來看大透鏡的成像	54
成像：利用紙在光「線」路徑上移動	55
透鏡的成像	56
眼睛的適應範圍	60
望遠鏡的首次觀測	60
用望遠鏡成近距離之像	63
光「線」與圓柱形透鏡	64
平面鏡所成的蠟燭像：用實驗法來標定像	77
圓柱面鏡的反射光「線」、像差及腐蝕曲線	78
彈子在大球面鏡中的成像	80
光「線」與圓柱形透鏡	81
用光「線」條紋來做課外實驗	84
利用望遠鏡所做的進一步實驗	85
放大鏡	86
複合顯微鏡	88
眼睛網膜上的影子	89
用透鏡來說明網膜上的影子	90
可分解的眼睛模型	92
利用細頸瓶作眼睛模型的示範	93
用金魚缸做成的眼睛模型	95

23	示範	可變焦距的「眼睛」	96
24	示範	解剖牛的眼睛	97
25	選做 課堂實驗	透鏡的距離公式	99

光的性質

26	課堂實驗	反射定律	101
27a	課堂實驗	水槽內的折射	102
27b	選做課堂實驗或示範	折射定律	105
28	示範及課外實驗	更多的折射實驗	106
29	課堂實驗和示範	光譜	109
30	課堂實驗	反射的粒子模型	112
31	課堂實驗	折射的粒子模型	113
32	選做的課堂實驗	折射的進行模型	114
33a	示範	單狹縫與雙狹縫的示範	114
33b	示範	繞射的影子	117
34	課堂實驗	水波槽的楊氏實驗	117
35a	示範	干涉的塑膠波模型	118
35b	選做的課堂實驗或 課外實驗	干涉的皺紙板波動模型	119
36	課堂實驗	楊氏狹縫	121
37	電影	警告語	125
38	示範	肥皂膜的干涉形式	126
39a	課堂實驗	空氣楔的干涉	128
39b	選做的示範	用厘米波長的波產生干涉	129
39c	選做的示範	用聲波產生干涉	130

時間，速度和加速度

40	課堂示範	滾球的加速度	132
41	課堂實驗	量度時間間隔	133
42	課堂實驗	粗略地量度滑車滾下斜坡所需的時間	133
43	課堂實驗	振動器的介紹	135
44	課堂實驗	以振動器測時間間隔	137
45	課堂實驗	3秒內「滴答」的數目	137

46	示範	量度運動的介紹	138
47	課堂實驗	量度學生們自己的運動	139
48	課堂實驗	自由落體的研究	140
49	示範及課堂實驗	微弱重力實驗(由斜面滾下的加速度)	141
50	緩衝的課堂實驗	輕微重力實驗	143
51	選做的實驗	有關輕微重力或自由落體進一步的實驗	144
52	緩衝的課堂實驗	爬上山坡的滑車	145
53a	示範	伽利略滾球的實驗	146
53b	示範或課堂實驗	伽利略的「釘」和「擺」實驗	147
54	示範	無摩擦的運動	148
55	選做的示範	大氣墊盤	152

慣性，力和運動

56	課堂示範	慣性——兩個「錫罐」擺	153
57	選做的示範	慣性——進一步地示範	154
58	課堂實驗	以滑車研究加速度	156
59	緩衝的課堂實驗	滑車質量的改變對加速度的影響	159
60a	選做的示範實驗	大型滑車的加速度實驗	160
60b	選做的示範實驗	大型滑車與摩擦力	164
61	示範	以米架尺示範作用與反作用定律	165
62	選做示範	滑車的作用與反作用力	165
63	選做示範	自由落體的閃光攝影相片	166
64	課堂實驗	落體實驗	169
65	課堂實驗	金幣與羽毛	169
66a	課堂實驗	水平運動與垂直運動的獨立性	170
66b	選做示範	拋體運動的閃光攝影相片	171
67	示範	規律噴灑的水滴	172
68a	緩衝示範	拋體軌跡與實際的拋物線的比較	174
68b	選做示範	噴水的軌跡與真實拋物線的比較	176
69a	示範	「猴子與獵人」實驗	176
69b	選做示範	向圓環噴射水流實驗	179
70	課堂實驗	重力場強度	181

氣體動力論

71a	示範	氣體分子模型.....	181
71b	課堂實驗	在一定激動下二向度氣體運動的大理石模型	184
71c	選做影片	氣體的性質.....	185
72	課堂實驗	布朗運動.....	186
73	選做示範	氫分子在空氣中的擴散.....	188
74	示範	溴的擴散作用.....	189
75	示範	氣體壓力隨溫度增加的變化.....	193
76	選做示範	氣體壓力隨溫度增加的變化.....	194
77	課堂實驗	從壓力與溫度的關係來決定絕對零度.....	195
78	課堂實驗	定壓下空氣的膨脹現象.....	196
79	示範	波義耳定律.....	197

電磁學

80a	課堂實驗	由電流感應生成的磁場.....	199
80b	課堂實驗	奧斯特實驗.....	201
80c	課堂實驗	線圈上通以電流感應而生的磁場.....	202
81	緩衝選做實驗	簡易電流計.....	203
80d	課堂實驗	螺線管周圍的磁場.....	204
80e	圖片展示	磁場.....	206
80f	課堂實驗	在線圈內的磁場.....	206
80g	課堂實驗	磁棒周圍的磁場.....	207
80h-k	課堂實驗	玩磁鐵.....	208
80l	課堂實驗	因擺設磁鐵位置而生的磁場.....	210
80m	課堂實驗	電磁鐵：場的形態.....	212
80n	課堂實驗	電磁鐵：磁力.....	213
80o	選做課堂實驗	電磁鐵：在蜂鳴器及電鈴上的應用.....	213
82	課堂實驗	載有電流的導線在通過磁場時所受的力.....	217
83	示範及課堂實驗	"石弩形"磁場.....	218
84	課堂實驗	可動線圈電表.....	221
85	課堂實驗	電動馬達.....	224
86	示範	部份馬力馬達.....	226

87a	課堂實驗	電磁感應：用馬達充作發電機.....	227
87b	選做課堂實驗	電磁感應：用馬達充作發電機（交流式）...	228
88a	課堂實驗	電磁感應：磁鐵和線圈.....	229
88b	課堂實驗	電磁感應：把電線由磁場縫隙間移過去.....	230
88c	課堂實驗	電磁感應：磁鐵和繞在鐵軸上的線圈.....	231
88d	課堂實驗	用電磁鐵所生的電磁感應.....	232
88e	課堂實驗	電磁感應：開關電磁鐵.....	233
88f	示範	電磁感應：用部份馬力馬達接往電流計.....	234
88g	示範/課堂實驗	雙輪發電機.....	235
89a	示範	雙輪發電機和示波器.....	237
89b	示範	示波器和交流電壓.....	238
89c	課堂實驗	課堂示波器.....	239
90b	課堂實驗	變壓器：交流供電.....	241
90c	示範	變壓器：與繞線圈數的關係.....	242
91	課堂實驗	伏特計的介紹：作為一個電池計數器.....	243
92a	示範	水流線路示範板.....	244
92b	示範	用伏特計來數電池.....	246
93	選做緩衝實驗	用伏特計量傳過的功率.....	249
94a	課堂實驗	直流的電功輸送線.....	250
94b	示範	高壓的直流輸送線.....	251
95a	示範	電場.....	253
95b	示範	用紙片來顯示電場.....	255
96	示範	靜電場中的力.....	256
97	示範	可見的密立根實驗裝置.....	258
98	選做課堂實驗	帶電塑膠小球所受的力：離子運動的模型...	260
99a	課堂實驗	靜電力.....	262
99b	示範	示範驗電器.....	264
99c	課堂實驗	金箔驗電器.....	266
99d	課堂實驗	靜電感應.....	267
100	示範	在靜電場中電子束的偏折.....	279
101	課堂實驗	折斷磁棒.....	272
102a	示範	磁鐵的模型.....	272
102b	選放電影	區域影片.....	273

103	邊做示範	磁滯的示範.....	274
104	課堂實驗	折斷環形磁鐵.....	275

附 錄

1.	示範示波器的操作.....	276
2.	示範示波器的操作.....	279

波

1a. 課堂實驗

繩上橫波實驗

儀器

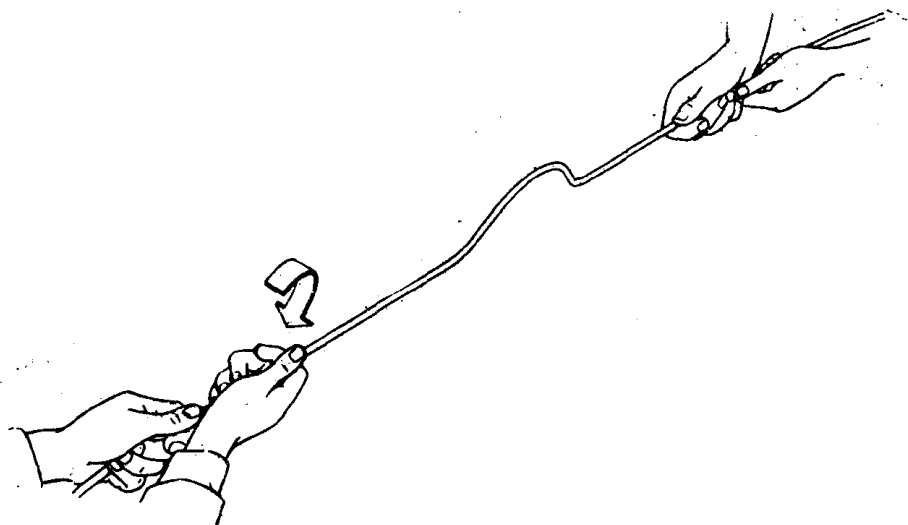
16根富有彈性的繩子。

在空間允許的範圍內，繩子愈長愈好，最短要有 3 公尺長。

步驟

學生兩人一組，一人握住繩子的一端，其中一人輕彈繩端，送出一上下震動的脈波。(這很容易做，只要利用另一隻手握住繩端做上下悸動即可。)

如果將繩子懸握空中，脈波可來回反射好幾次，但是還是在長橙子上或也上來做較好。



2 那惠物理實驗指導 (二)



1b. 示範

波動樣本：脈波與連續波

儀器

「彈性繩」一根

項目 101

橡皮管一根

橡皮管最短要 5 公尺長，直徑要在 8 毫米以下。

「彈性繩」未使用時之長度至少要有 10 公分。

步驟

1. 脈波：

將橡皮管平放於地板上，握其兩端輕扯，在其中一端做一次水平方向的迅速振動即可產生脈波，最容易的作法是：將手靠在足踝旁，然後向旁邊來回做一次悸動。可以試試看不同張力及較慢脈波的情形。〔要產生一個不同形狀的脈波可利用一個觸止物（例如椅子腳之類的物品）來限制橡皮管的運動。〕

上述示範也可以用「彈性繩」來做。有時利用「彈性繩」產生駐波是非常有趣的，但是如此會分散學生觀察脈波如何進行的注意力，所以應該避免去做。

2. 連續波：

將橡皮管或「彈性繩」置於地板上或長橙上。將一端固定，用手在另一端做連續的小幅度振動，頻率大約是每秒 5 次，如此可以觀察一連串有規則的衝振如何產生連續的進行波。如用橡皮管來做更明顯。用「彈性繩」還能產生縱波，然而現階段最好略去不做。

1c. 選做示範

波的模型

若當地實驗室擁有任何波的模型的話，在做實驗 1a 及 1b 以後示範給學

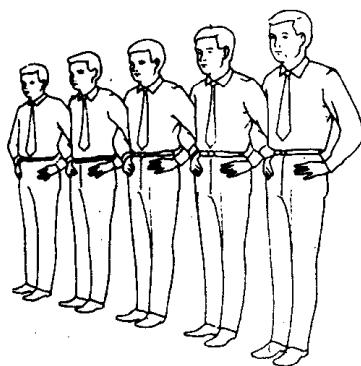
生看，當更有助益。

2. 示範

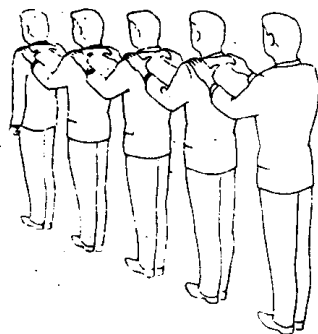
一系列學生所產生的波

步驟

如果讓學生手臂圈手臂站成一列，可以產生橫波或橫向脈動由一端傳向另一端。



至於縱波及縱向脈動，可以讓學生將手搭於相鄰同學的肩膀上，使手肘彎曲。



更生動的辦法是讓學生站成一行，背向老師，將手搭在前面同學的肩膀