

科學圖書大庫

那惠物理實驗指導

(第四冊)

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

(第四冊)

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 IV

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，發現不適用於我國國情。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) 分散於數處的同教材 (例如，電學) 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，以便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，實驗重於讀書，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爲科學教學一行之普通道具之程度，現行之書本應被認爲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証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。

四年級實驗

目 錄

力 學	1
1 示範	自由落體之多次閃光照相..... 1
2 示範	沿斜面下落運動之多次閃光照相 2
3 選做之複習實驗	飛輪斷流器之技巧：觀察斜面運動..... 4
4 課堂實驗	定合力作用於質量上之等加速度運動..... 4
5 示範選做或課堂實驗	變加速度運動..... 5
6 課堂實驗	加速度之粗略實驗 7
7 課堂實驗	加速度之定量實驗..... 9
8 示範	乾冰圓盤加速度運動之多次閃光照相— I 10
9 示範	以定標器做微秒計時器來估計加速度 12
10 選做示範	利用示範滾輪測量速度與加速度..... 14
11 課堂實驗	質量與加速度 利用不同的質量與力來證明質量與加速度之 關係，本實驗中所用之質量與力均按 1 : 2 : 3 之比例增加..... 15
12 選做之課堂實驗 (緩衝力)	定力作用下，一、二、三個滾輪之加速度 17
13 選做之額外示範	乾冰圓盤加速度運動之多次閃光照相— II 19
14 示範	流體摩擦與終端速度..... 20
15 示範	無摩擦力下的等速度運動..... 22
16 課堂實驗	摩擦力之感覺..... 24
17a 示範	牛頓第一定律之說明..... 25
17b 示範	無摩擦之平衡力..... 25
18 示範	伽利略滾球實驗..... 26
19 課堂實驗	粗略估計 g 值..... 26

20	示範	以定標器做計時器來測量 g 值.....	29
21a	選做示範	利用電停鐘測量 g 值.....	31
21b	選做示範 (緩衝器)	利用閃頻觀測器照明受脈衝之水滴來估計 g 值	31
22	選做示範	以自由落體之多次閃光照片測量 g 值.....	34
23	示範	火箭.....	36
24	學生示範	單擺所顯示的慣性.....	37
25	學生示範	質量.....	38
26	選做示範	水中駁船的慣量.....	39
27	課堂實驗	慣性天平 (搖擺振動型).....	40
28	選做示範	慣性實驗.....	43
29	選做示範	大滾輪所顯示出的慣量.....	46
30	示範	比較兩個質料相同的 1 公斤重物.....	48
31	示範	兩個不同質料的一仟克質量的比較.....	49
32a	課堂實驗	握着仟克質量的物體感覺 10 牛頓的力.....	50
32b	學生示範	力的示範盒.....	51
32c	學生示範	質量.....	52
33a	示範	拉動滾輪以試驗牛頓秤.....	52
33b	選做示範	牛頓秤之試驗.....	54
34	示範	碰撞地板之力.....	55
35	選做示範	踢足球之力.....	57
36	示範	地球重力場之強度.....	59
37	示範	柏努利效應.....	60
38	課堂實驗	用紙片做柏努利實驗.....	62
39	示範	以流水經過試管來說明柏努利效應.....	63
40	示範	牛頓第三定律與米尺.....	64
41a	課堂實驗	滾輪之彈性碰撞.....	64
41b	課堂實驗	滾輪之非彈性碰撞.....	66
42	課堂實驗	加質量於運動系統中.....	68
43	示範	動量交換之多次閃光照相.....	69
44	選做示範	長單擺間之碰撞.....	72
45	示範	小球間之碰撞.....	73
46	課堂實驗	兩滾輪間之爆炸.....	75

47	課堂實驗	滾輪之“逆爆炸”	76
48	選做的額外課堂實驗	二維空間之碰撞	78
49a	示範	雲室碰撞	80
49b	示範	膨脹雲室	81
50	選做的家庭實驗	錢幣之碰撞	82
51	選做示範	靜電力之碰撞	83
52	示範	滾輪加上磁鐵後之正向碰撞	85
53	示範	牛頓第三定律	86
54	示範	由動量求氣槍子彈之速率	87
55	示範	由定標器測量氣槍子彈之速率	89
56	示範	金幣與羽毛’實驗	92
57	示範	失重	93
58	示範	有關動能之定性示範	95
59	課堂實驗	動能之定性實驗	99
60	課堂實驗	位能變成動能之測量	99
61a	課堂實驗	應變能變成動能之測量	101
61b	課堂實驗	滾輪於彈弓間運動之能量變化	103
62	示範	利用動能令一物體暫時離開桌面	104
63	示範	重單擺之能量變化	105
64	課堂實驗	伽利略針與單擺之實驗	108
65	示範	伽利略之滾球實驗	109
66	示範	迴線迴轉	111
67	示範	非彈性碰撞：動能之消失	113
68	示範	固體內原子模型	114

動力論

69	選做示範	中學生們排成固體模型	115
70	課堂實驗	液體之模型	115
71	示範	三維空間之氣體動力模型	116
72	課堂實驗	二維空間之氣體動力模型	118
73a	課堂實驗	布朗運動之模型	119
73b	選做示範	利用三維空間模型示範布朗運動	120
74	課堂實驗	煙在空氣中的布朗運動	121

75a	示範	利用三維動力模型說明波義耳定律.....	124
75b	選做實驗	較大的動力模型以證實波義耳定律.....	125
76	示範	波義耳定律.....	126
77	課堂實驗	二維空間的運動模式：壓迫的效應.....	127
78	示範	氣壓計.....	128
79a	示範	空氣密度的度量.....	130
79b	示範	另種粗略度量空氣密度的方法.....	131
80	示範	迅速比較大氣，水和水銀的密度.....	134
81	示範	顯示稀薄大氣上升的模型.....	133
82a	示範	由球群所象徵的蒸氣分子所產生的壓力.....	135
82b	選做實驗	由重木梁與鐵砧來顯示球流所產生的壓力.....	136
83	示範	波義耳定律.....	136
84	示範	氣壓計.....	137
85	示範	迅速比較大氣，水和水銀的密度.....	139
86	示範	水的重量.....	140
87a	示範	空氣密度的測量.....	140
87b	示範	粗略度量空氣密度的另一方法.....	141
88	影片	“機關槍”實驗，用來度量氣體分子的速率	
89	示範	溴在大氣中的擴散.....	142
90	示範	溴氣在真空中的擴散.....	146
91a	示範	由液態空氣蒸發為氣體時體積之改變.....	148
91b	另種選做的示範	空氣的密度.....	148
91c	另種示範	體積的改變：固態二氧化碳的氣化.....	149
91d	選做之示範	由水至蒸氣之體積變化.....	150
92a	示範	沿着彈簧的縱波傳播.....	152
92b	示範	沿磁橡膠盤所產生的縱波.....	152
93a	示範	測量聲速.....	153
93b	選做示範	測量聲速.....	154
94	選做示範	聲速在不同壓力與不同氣體中的比較.....	156
95	示範	不同氣體的密度.....	158
96	選做示範	用多孔坩堝做擴散實驗.....	160
97a	示範	氣體的擴散.....	161
97b	選做示範	氣體擴散的觀察.....	162

98	課堂實驗	無規行走 (Random walk) 實驗.....	163
99	示範	溴在空氣中的擴散情形.....	164
100	課堂實驗	彈珠的平均自由路程 (mean free path)	
101	選做示範	彈珠運動的照片.....	166
102a	示範	液態空氣變成氣體的體積變化.....	167
102b	影片	液態空氣變成氣體的體積變化.....	167
103	示範	簡單分子模型.....	167
104	圖片	有關空氣分子的數據.....	168

廣義能量守恆

105	示範或課堂實驗	把機械能變成熱能.....	170
106a	示範	冷水與熱水熱量變換的測量.....	171
106b	課堂實驗	熱的測量.....	171
106c	課堂實驗	燃燒 1 毫升酒精所生熱的測量.....	172
106d	大略估計鋁的比熱.....	173
106e	選做課堂實驗	鋁的比熱.....	175
107	課堂實驗	f 值的測定.....	176
108	示範	模型.....	176
109	示範	J 值的實驗方法與結果的圖表.....	176
110	示範	比較不同電動機的功率.....	177
111	示範	電燈功率的比較.....	180
112ab	課堂實驗	學生們測量自己的功率.....	180
112c	掛圖	人體的能量——食物供給與活動所需.....	181
112d	選做的特別實驗	對制動器所做的功.....	183
112e	課外選做實驗	騎自行車爬坡所輸出的功率.....	184
113	課堂實驗	能量轉換箱.....	184
114	課堂實驗	牛頓天平.....	185

電

115	示範	串聯與支路.....	186
116	示範	水流.....	188
117	示範	硫酸銅水溶液的電解.....	189
118	示範	水的電解.....	190

119	示範	電容器的示範.....	192
120	示範	燈泡的比較.....	194
121	示範	相同電流流經不同的馬達的比較.....	195
122	示範	燈泡並聯.....	197
123	示範	伏特計的連接.....	197
124	示範	水流.....	198
125a	課堂實驗	伏特計的用法.....	200
125f	示範	伏特計的連接.....	200
126	課堂實驗	以伏特計做電池計數器.....	201
127	特別選做 課堂實驗	伏特計的校正.....	202
128	示範	電位差與電動勢.....	203
129a	示範或課業實驗	用示波器顯示的交流電的波形.....	204
129b	選做 示範或課堂實驗	用示波器所顯示的計數器的波形.....	205
129c	課堂實驗	用示波器測量時間的間隔...動.....	206
129d	課堂實驗	用示波器顯示真空管的整流作用.....	207
129e	課業實驗	用示波器顯示聲波.....	208
129f	課堂選做實驗	示波器用作伏特計.....	209
130	示範	變壓器.....	211
131a	課堂實驗	變壓器的實驗.....	212
131b	示範	變壓器.....	212
132	選做 示範	交流電實驗的示範.....	214
133	課堂實驗	交流電波形的實驗.....	217
134~137	—— 在原書中即已刪去		
138	示範	伏特計作電池計數器用.....	217
139	課堂實驗	歐姆定律.....	219
140	課堂選做實驗	電阻與溫度變化的關係.....	219
141	選做 示範	電解質中電壓與電流的關係.....	220
142	示範	氣體中電壓和電流的關係.....	221
143	課堂選做實驗	溫度對導電性的影響.....	222
144	選做 示範	熱敏電阻與溫度的關係.....	223
145	選做 示範	熱對食鹽與石臘的傳導性的影響.....	224
146	選做 示範	熱玻璃棒中流過的電流.....	225
147	選做 示範	鎳的導電性.....	226

148	示範	電晶體.....	221
149a	課堂實驗	測定燈泡的能量轉變率.....	229
149b	課堂實驗	測定馬達的能量轉變率.....	229
150	示範	馬達的功率.....	232
151	課業實驗和示範	以一個伏特計和一個安培計來測定電阻之值.....	233
152	選做的課堂實驗	電弧勘測.....	235
153	課堂實驗附示範	計算在電弧的線路上所需串連的電阻之值並且用它來做一個電弧.....	236
154a	課堂實驗	直流輸電綫路.....	239
b	示範	高壓下的直流輸電綫路.....	240
c	課堂實驗及示範	測量在輸電綫路中所消耗的功率.....	242
d	課堂實驗及示範	交流輸電綫路.....	244
155	選做的特別課堂實驗	藉電流來測定鋁的比熱.....	244
156	選做的特別示範	燈光亮度的研究.....	246
157	選做示範	電池內部所消耗功率之討論.....	247

電子

158	課堂實驗	兩極管.....	248
159	課業實驗	以示波器來觀察兩極管的整流作用.....	250
160	示範	自熾熱的燈絲射出的電子束所造成的陰影.....	251
161	示範	一束電子束受電場之作用而偏轉的情形.....	252
162a	示範	微束管中電子束受到電場的作用而偏轉的情形.....	254
b	示範	微束管中的電子束受到交流電壓的作用而偏轉的情形.....	256
163	示範	微束管中的電子束受到磁場的作用而偏轉的情形.....	257
164	選做示範	以電子束撞擊一金屬板並加熱之.....	258
165	選做的特別實驗	在瞥允管中以一個圓筒來收集自熾熱燈絲所射出的電子束.....	260
166	選做的特別實驗	正射綫.....	262

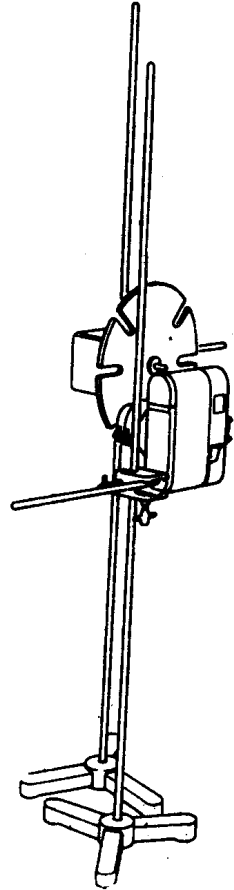
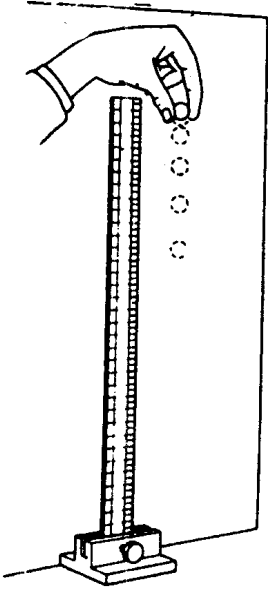
167	示範	電場內之燭焰中所顯示正負離子之存在	263
168	示範	藉帶電之離子在空氣中傳導的電流	264
169	示範	巨觀密立根裝置	267
170	電影	密立根實驗	270
171	課堂實驗	以示波器來觀察聲波的波形	270
172	示範	以示波器來觀察兩極管的整流作用	271

附 錄

I	多次閃光照相	273
II	實驗室中底片之處理	280
III	「示範用」示波器的使用說明	285
III	「學熱實驗」示波器的使用說明	290
V	以計數器作為計時工具的使用方法	294

力學

照明



1 示範

自由落體之多次閃光照相

儀器

鋼球 1 (直徑 1 或 $\frac{3}{4}$ 英寸)	項目 131
相機 1	項目 133
馬達帶動之閃頻觀測器 1	項目 134
燈泡 1	
米尺 1	項目 501
$2\frac{1}{2}$ 英寸之滑板映畫器可用於燈泡前	

步驟

馬達帶動之閃頻觀測器安置於相機鏡頭前。下落之球應受到強烈的照明而房間其他部份保持百分之七十五程度之黑暗。

轉動閃頻觀測器，由一個學生控制小球，另一個學生操縱相機。準備就緒後，放開小球之同時，打開像機鏡頭之光閘。

用一乾的小盒子，上附以碗豆形之小燈，如此可以有效地取代小球之功用。這個小盒子如同前面一樣地下落。不過在地上需加以適當之墊子，避免打破燈泡。若想利用這種方法得到良好的照片，最好將實驗室保持絕對的黑暗。

整張照片應將米尺包括在內，如此它可用來估計“g”值。又須將閃頻觀測器之頻率記下。

注意

多次閃光照相之方法，其詳細內容可參考本書最後之附錄 I。

2 示範

沿斜面下落運動之多次閃光照相

儀器

馬達帶動之閃頻觀測器 1	項目 134 / 1
燈泡 1	
鋼球 1 (直徑 1 或 $\frac{1}{4}$ 英寸)	項目 131 A
相機 1	項目 133
砲道 1	項目 107
2 英寸 \times 2 英寸之滑板映畫器可用於燈泡前	

步驟

安放一個平直的斜面。磨亮的鋼球沿着斜面，自靜止開始滾落。斜面的斜度最好使得小球每走 6 至 8 英尺下降 1 英尺。

利用燈泡照射小球，其餘的地方維持百分之七十五程度之黑暗。將相機置於燈泡附近，這樣可以很方便地拍攝小球。開動閃頻觀測器，在鋼球開始運動之瞬時，先打開相機之光閘。當鋼球超出鏡頭之視野範圍時，將閃頻觀測器關掉。

注意

多次閃光照相之方法，其詳細內容可參考本書書後之附錄 I。

