

科學圖書大庫

那惠物理實驗指導

(第五冊)

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

(第五冊)

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 V

基本定價 2.10

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 負責人 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 負責人 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，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) 須略述近代物理學梗概。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國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。）

黃振鏞 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。

目 錄

圓運動及軌道上的電子

1. 示範	乾冰圓盤的均速運動	4
2. 課堂實驗或示範	月球環繞地球的運動	2
3. 示範	細注管	2
4. 課堂實驗	迴旋小衛星	4
5. 示範	旋轉一物件然後放手	4
6. 示範或家庭實驗	轉椅上的錢幣	5
7. 課堂實驗	用線捲指法迴旋石頭	6
8. 示範	在環圈軌道上的環轉	6
9. 課堂實驗	利用衛星軌道比例圖預測衛星周期	8
10. 選修課堂實驗	月球軌道	9
11. 示範	地球人造衛星資料	10
12. 課堂實驗	試驗 $F = mv^2/r$ 的實驗	12
13. 選作示範或緩衝課堂實驗	在轉盤上試驗 $mv^2/r = F$	14
14. 選作課堂實驗	$F = mv^2/r$ 的進一步試驗	15
15. 示範	熱離子放射的直束流	17
16. 示範	細注管	18
17. 示範	投影(馬耳他十字實驗)	20
18. 示範	電子槍	22
19a. 示範	在電場中細注管所顯示的偏斜現象	25
19b. 另一選作示範	在電場中流注的偏斜	27
20. 示範	在磁場中細注管所顯示的偏斜現象	29
21. 課堂實驗	磁場對一帶有電池的導線的作用力	30
22. 選作示範	能產生相當力量的大電動機	31

23.	示範
24.	課堂實驗
25.	示範
26.	選作示範

以電流秤測量用於細注管的線圈磁力常數	33
用細注管測量 e/m	35
測量氫離子的 e/m	36
在放電管中的陽射線	38

行星的天文學

27a.	示範
27b.	家庭實驗
27c.	示範或家庭實驗
28a.	家庭實驗
28b.	家庭實驗
28c.	家庭實驗
28d.	家庭實驗
29.	示範
30.	圖表
31ab.	示範
31c.	示範
32.	選作示範
33.	照片
34.	示範
35.	選作示範
36.	示範
37.	示範
38a.	示範
38b.	示範
39a.	示範
39b.	示範
40.	示範
41.	示範
42.	示範
43.	示範
44.	示範
45.	示範

一簡單的天體球	39
在傍晚的時候觀察天空的夜景	40
夜晚天空的照片	41
觀察月亮：每天的運轉	41
觀察月亮：每月的運轉	42
觀察太陽	42
觀察行星	42
天體圓球的模型	43
行星資料	45
行星軌道	45
行星軌道模型	46
以幻燈片或圖表表示行星軌道	47
行星的照片	47
蝕	48
歲差	48
行星儀	49
希臘模型的幻燈片	51
早期希臘人體系（台利斯）的簡單雨傘模型	
早期希臘人設計的簡單長頸瓶模型	52
畢達哥拉斯學說的傘模型	53
畢達哥拉斯學說的長頸瓶模型	55
(a)地球如球的跡象圖及(b)地球自轉的跡象圖	
當作 Eudoxus 體系的洋蔥模型	56
阿里斯塔克斯學說的簡單模型	57
視差的簡單示範	58
行星周轉圓系統的簡單模型	59
太陽作偏心圓運動的模型	61

46.	選作實驗	估計地球的大小	61
47.	課堂實驗	估計月球直徑和他遠離地球距離的比	62
48.	選作實驗	從蝕照片中估計月球離地球的距離	62
49.	示範	哥白尼解說行星環軌的簡單模型	63
50.	牆上掛圖	哥白尼所編排的行星掛圖	64
51.	示範	歲差示範	65
52.	課堂實驗	畫橢圓	66
53.	選作示範	光的平方反比律	67
54.	牆上掛圖	天文發展史掛圖	68
55.	示範	對橢圓軌道的解說	68
56.	選作隨氣候示範	克卜勒第二定律的解說：冰上的學生	69
57.	選作課堂實驗或示範	克卜勒第二定律的說明：旋轉塞	69
58.	選作示範	克卜勒第二定律的說明：漏斗中的球	70
59.	選作示範	克卜勒第二定律的說明：乾冰圓盤	70
60.	課堂實驗	克卜勒第二定律的說明：應用向心力裝置	73
61.	示範	凳上的迴轉	73
62.	課堂實驗	學繞足跟旋轉	74
63.	選作示範	用V槽作旋轉示範	75
64.	牆上掛圖	克卜勒第三定律和行星數據	76
65.	選作牆上掛圖	克卜勒第三定律及木星的月亮	77
66.	選作牆上掛圖	克卜勒第三定律及地球衛星	78
67.	牆上掛圖及照片	彗星	78
68.	示範	兩極扁平的地球模型	79
69.	示範	旋轉	80
70.	示範	說明地球旋轉的模型	82

簡諧運動，波及緩慢的交流電

71.	課堂實驗	介紹有關簡諧運動的一些性質	84
72.	示範	簡諧運動的例子	85
73.	示範	帶着墨水或細砂的擺顯示正弦式的運動	89
74.	示範	顯示在C、R、O（陰極射線示波器）上的交流電波形	91
75.	選作示範	以計數器來測量長單擺的速度	92

76.	選作示範	振動的音叉和轉動的鏡子	92
77.	課堂實驗	在 C、R、O 上顯示出來的音頻	94
78.	示範	簡諧運動和圓周運動	95
79.	示範	繩子上的簡諧運動	98
80.	選作課堂實驗	對單擺的研究	98
81.	課堂實驗	簡單的交流和直流電發電機	100
82.	課堂實驗	自行車的發電機	102
83.	課堂實驗	在 C、R、O 上展列交流電源的波形	104
84.	示範	示範 C、R、O 上的交流電源波形	104
85.	示範	當作伏特計的驗電器	105
86.	選作示範	熱——金屬線電流計模型	107
87.	選作示範	動鐵錶的模型	110
88.	示範	交流電與歐姆定律	111
89.	示範	陰極射線示波器與自行車發電機	112
90.	選作示範	緩慢的交流電與半導體振盪器	113
91a.	課堂實驗	緩慢交流電與低頻率產生器——I	114
91b.	示範	緩慢交流電與低頻率產生器——II	116
91c.	示範	緩慢交流電與低頻率產生器——III	118
91d.	選作課堂實驗	緩慢交流電與低頻率產生器——IV	119
92a.	選作緩衝示範	緩慢交流電與一隻電容器和一隻感應器	121
92b.	選作緩衝實驗	緩慢交流電與電容器	123
93.	示範	波動的例子	124
94.	示範	駐波	128
95.	選作特別示範	駐波環	129
96.	選作示範	單弦的實驗	129
97.	選作示範	Melde 的實驗	130
98.	選作緩衝示範	聲波的示範	132
99a.	選作緩衝示範	厘米波的示範	132
99b.	選作緩衝示範	電振盪的示範	133
100.	選作課堂實驗或示範	利用紋波水槽實驗來測量波長、頻率及波速	135
101.	選作高深的示範	解說群速度的模型	135

光的干涉作用

102. 課堂實驗
103a. 示範
103b. 課堂實驗
103c. 課堂實驗
104. 示範
105. 課堂實驗
106. 家庭實驗
107a. 選作示範
107b. 選作實驗
108a. 課堂實驗
109. 示範

繞射光柵及光譜

108b. 課堂實驗
110. 示範
111. 選作影片
112. 課堂實驗
113. 選作家庭實驗
114. 示範
115. 選作課堂實驗
116. 課堂實驗
117. 選作課堂實驗
118. 示範
119. 選作特別示範

紋波水槽中的楊氏條紋	137
以塑膠波模型作波的干涉	138
以波狀紙板模型作波的干涉現象	139
光的繞射	140
以可見光作楊氏條紋	141
楊氏條紋	143
楊氏條紋的幾何學	146
以聲波作楊氏條紋實驗	146
以厘米波作楊氏條紋實驗	147
粗糙的繞射光柵	149
以繞射光柵來投影光譜	150

光譜	152
以多狹縫作平面波的繞射實驗	153
紋波槽中繞射所形成的光譜	155
估計光線的波長	155
作為光柵的唱片	157
稜鏡所產生的光譜	157
混色	158
對由光柵所產生的光譜作進一步的研究	159
太陽光的簡單光譜	160
太陽光譜中的吸收線條	161
鈉的吸收光譜	161

放射性及原子模型

120. 示範
121. 示範
122. 示範
123a. 示範
123b. 示範
123c. 示範
124. 示範

蠟燭火焰在電場中顯示帶有正負離子	162
穿過空氣的帶電離子	163
放射源在場時空氣的電離作用	165
蓋革計數器的介紹：食鹽計數器	167
蓋革計數器的介紹：火柴計數器	168
火花計數器	169
將定標器作為計數器	170

125.	示範	α 粒子的實驗.....	173
126.	課堂實驗	在金葉驗電器中的氧化鈾源.....	175
127.	選作示範	平方反比律.....	176
128a	示範	膨脹霧室.....	177
128b	課堂實驗	泰勒擴散霧室.....	178
129.	照片	展示霧室的照片.....	180
130.	示範	同質量的物體的彈性碰撞.....	181
131.	選作示範	放射物質的指數衰減.....	182
132.	課堂實驗	指數衰減的簡單模型.....	184
133.	示範	β - 輻射的磁偏.....	184
134.	示範	α 粒子散射的磁模型.....	186
135.	示範	α - 粒子散射的靜電模型.....	188
136.	影片	拉塞福原子.....	189
137.	示範	光電效應的 ' 大批發 ' (Wholesale).....	189
138.	影片	光電效應.....	191
139.	影片		191
140.	示範	光電效應與 GM 管.....	191
141.	選作示範	應用 X - 射線產生光電效應.....	191
142.	課堂實驗	二維繞射光柵.....	192
143.	選作課堂實驗	從納菲爾化學計劃中取來的二維柵.....	193
144.	掛圖	電磁波譜圖.....	194
145.	影片	光子干涉.....	194
146.	課堂實驗	二維繞射光柵.....	194
147.	影片	物質波.....	195

附錄

I	示範示波器的操作指導.....	196
II	課堂示波器的操作指導.....	200
III	作為計時器的計數器的詳細操作情形.....	203
IV	電子繞射.....	207
V	用轉台的實驗.....	208

圓運動及軌道上的電子

1. 示範

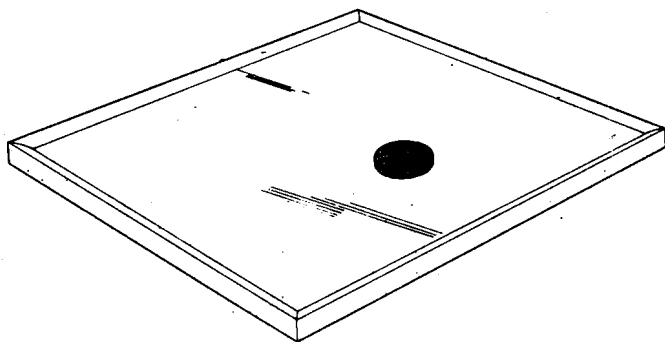
乾冰圓盤的均速運動

儀器

1 個磁性圓盤	項目 95 C
1 片玻璃板	項目 95 A
4 只楔子	項目 95 B
1 筒盛二氧化碳的圓柱筒	項目 19 / 2
1 套製乾冰附屬器	項目 19 / 1

步驟：

利用甲醇或玻璃清潔液仔細擦淨玻璃板，再用除塵器把玻璃板弄光滑，然後以楔子小心地將其以水平架起。以普通一般的方法，從盛二氧化碳的圓柱筒及製乾冰附屬器製取小量乾冰。把乾冰附在磁性圓盤底放在玻璃板上，然後輕輕地推動圓盤。觀察圓盤兩方的運動。



2. 課堂實驗或示範

月球環繞地球的運動

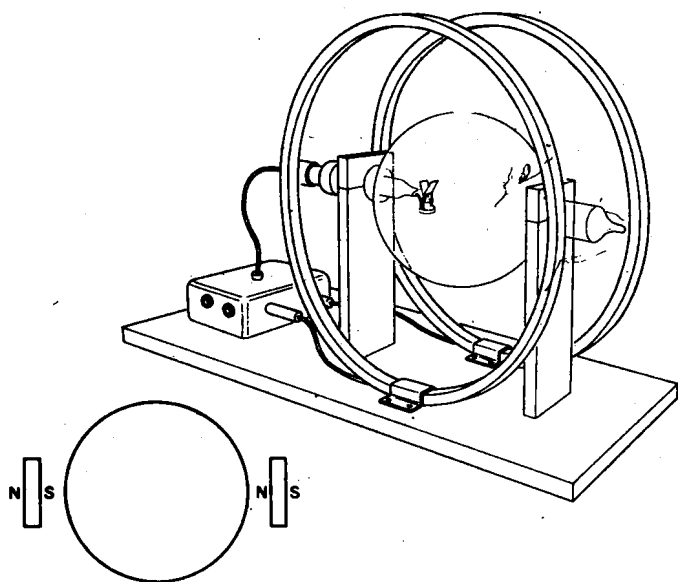
步驟：

學生應該瞭解到月球是環繞着地球在運動的。教師應該鼓勵學生應用星體圖案當參考系來定月球的位置。倘若時間許可的話，在不同時間的夜晚或每晚的同一時間觀察月球的運動。

3. 示範

細注管

儀器：

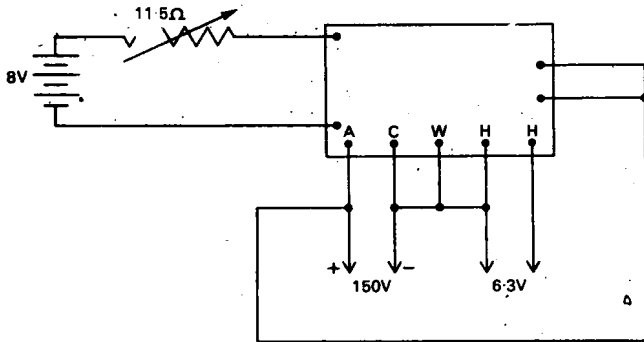


1 個細注管	項目 61
1 個細注管座	項目 62
1 高壓電源	項目 15
1 個變阻器 (10 — 15 歐姆)	項目 541 / 1
1 個電池組	項目 176
2 個Magnadur磁體	項目 92 B

步驟：

電子流受磁場影響而作圓周運動的示範愈早愈好，讓大家有個圓周運動的例子。測量可在以後才作（參閱實驗 24）

細注管如先前述說過的方法（參看 IV 年實驗 162）裝設起來。致偏板不能接上電位，兩致偏板應接到正電極上。首先用一磁棒偏曲射線，接着如圖所示用兩磁體可使射線造成更大和更對稱的偏曲。（兩塊Magnadur 磁體可以產生一極佳的偏曲）



這示範顯示在強磁場的地方，電子流會發生偏曲，偏曲是和電子流的運動方向成直角的。產生一穩恆的偏曲必須要有均勻的磁場或者一亥姆霍茲（Helmholtz）線圈。

如書中的電路，採用電池組 8 伏特的接線頭可以供 $\frac{1}{2}$ 安培至 2 安培的電流給總電阻 4 歐姆的線圈。

電子流在電磁場作用下作圓周運動，電流增大則圓軌道的半徑會縮小。

在磁場中，圓周運動並非旋轉一圈後就停止，只要把細注管的位置稍為變更一下，圓周運動即變成螺線運動。

4. 課堂實驗

迴旋小衛星

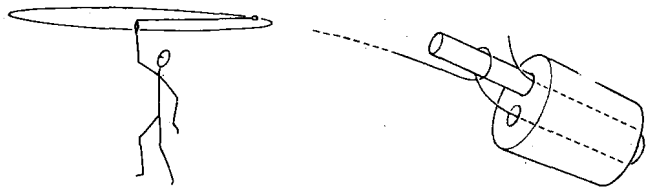
儀器：

1 組向心力用具
另需一些粗線。

項目 172

步驟

向心力用具包含有一膠塞及50公分長粗線。用膠塞做此實驗比旋轉石頭較為安全和方便。實驗時，膠塞可舉在頭上旋轉。



5. 示範

旋轉一物件然後放手

儀器：

1 塊輕木頭
另需一些粗線

步驟

用大約一米長的粗線繫一木塊，以教師頭上為中心的平面旋轉一半徑為50公分的圓。當木塊最近牆壁時，把手裏的線放鬆，木塊便沿切線的方向飛向教室邊面。

6. 示範或家庭實驗

轉檯上的錢幣

儀器：

1 個轉檯

項目 154/1

1 枚錢幣

步驟

在靠近轉檯中心的地方放一枚錢幣（轉檯為留聲機轉檯即可，不須要特殊的轉檯）轉檯的速率可從最小增加到每秒1轉以上或每分78轉。

如果在轉檯上放一張光滑的紙，則錢幣只要放在離轉檯中心大約7公分的地方就會滑離轉檯。

在錢幣底部塗點墨水，這樣錢幣運動時便會有痕跡留在紙上。我們發現錢幣最初的運動是沿徑向的（後來的運動即為螺旋線形的）

