

物理基礎觀念

第3冊

吳友仁編



東江圖書公司印行

G633.7
883
3

01835.7

物理基礎觀念

第三冊

吳友仁編

國立師範大學物理系教授

六期



S9000435

發行

東江圖書公司印行



版權所有・翻印必究

中華民國七十五年九月二版

物理基礎觀念 (全四冊)

第三冊 新臺幣玖拾元整

(外埠酌加運費滙費)

編者	吳友仁
發行人	朱世衡
出版者	台灣東江圖書股份有限公司 台北市峨嵋街一〇五號 郵撥：00064813
印刷者	合興印刷廠

行政院新聞局登記證 局版臺業字第三〇八六號
(75053)

編輯大意

- 一、本書旨在：(一)紓解修習高中物理學生所遭遇的困難。(二)供應教授物理的高中教師教學所需的資料。
- 二、本書編撰方式與體裁與教科書有別，未必適合作為教科書之代用品。但編者認為適當應用，對學習者與授課者均當有所助益。
- 三、初涉物理的學生，通常多存有不少先入為主、自以為是或“想當然耳”的錯誤觀念，乃致在學習過程中感受到百思不解、莫名其妙所以的困惑；若指導不當，則易患囫圇吞棗、不求甚解的通病。最後，不得不以強記、背誦作為痛苦學習的方式。以故，本書在各個單元中，除對觀念之闡釋特求詳盡、明瞭之外，對容易發生誤解之處所，特以“舛誤辨正”方式指明必須澄清改進的錯誤想法，期以導正學習者之思考路線，使能順暢習研，無有扞格。
- 四、本書既非“題庫”，亦非“聯考必讀”，所列習題與例解，均特選其對教材了解有所幫助者，按序編列。教師可自行擷選，隨機講授，增進教學效果；學生可隨時演練，再與書中解答部分比對，藉以祛除畏難、倚賴、不知從何著手等的學習心態。
- 五、數學為處理物理問題不可缺少的工具，在“新課程實驗教材物理”第一冊（高二修習）中，即以積分學應用於力學某些部分，但在同時實施的“新課程數學”中，則至高三理科數學中方始列入，致使任課教師與學生有不能“學以致用”的煩惱。事實上，

微分與積分基本原理及運算法則均屬高二學生可以理解的範圍，教師自不妨選摘其中可以應用於物理之部分，作簡略介紹，指導學生作些簡單運算練習，然後應用於物理課程某些章節，常能收事半功倍之益。本書特於附錄中列作參考資料，以資教師選用。

六、書中有關平面三角、解析幾何中平面曲線等數式，學生或已於高一時修習，或在高二與物理平行修習，本書亦將其運算公式提要等一併列於附錄中，以便翻閱參考。

七、新課程標準中將近代物理部分，如相對論、量子力學、基本粒子等列入教材大綱。本書針對高中學生理解力所能達到之範圍作簡明淺顯之敘述與譬喻，使學生雖尚未能登其堂奧，却可略窺其理論概要，作為現代國民所應具有的科學常識。

八、新課程規定物理等科目每週授課時數為3小時（包括實驗），估計進度，恐難如期達成。若能令學生在課前先行預習，則教師在講授時，僅需提綱挈領，對其中較難了解之部分指導其思考方法，則課程進行自感通暢順適；進而督促複習演練，使能充足消化吸收。本書循此方向設計，文字力求淺顯，說理力求明白；學生自行閱讀，對學理觀念當可領悟其大略，復經指導、複習，必能融會貫通，舉一反三，油生興味。

九、本書編撰前，參閱國內歷年教科用書並參考英、美、日、港及新加坡等國外同類書籍十數種，在練習題中並擷選近年國內大專聯考試題。學生若認真演練，必有成就。

十、本書編撰過程中，承出版書局編輯部特聘助理編輯李宏珠小姐專責為本書蒐集資料，選演習題，整理並校繕稿件，特表謝忱。

十一、本書編校匆促，謬誤難免，至祈教學同仁隨時賜正，俾作修訂參考，至深感禱。

目 次

第十三章 幾何光學(一)	1
(一)教材大綱.....	1
13.1 光速的測定.....	1
13.2 反射定律.....	2
13.3 平面鏡之像.....	3
13.4 球面鏡.....	4
13.5 球面鏡成像公式.....	6
13.6 球面像差.....	7
13.7 其他曲面鏡.....	7
(二)觀念闡釋.....	9
(I) 光線、光束與視覺.....	9
(II) 有關平面鏡的幾個值得思考的情況.....	10
(III) 物長與球面鏡主軸相合時之像長.....	11
(IV) 球面鏡坐標求像法.....	12
(V) 牛頓式.....	15
(VI) 平面鏡與球面鏡.....	16
(三)舛誤辨正.....	17
練習題(三).....	20
練習題(三)解答.....	23
第十四章 幾何光學(二)	35
(一)教材大綱.....	35
14.1 折射定律與絕對折射率.....	35
14.2 光路的可逆性.....	36
14.3 相對折射率.....	37
14.4 折射率與光速.....	39
14.5 實深與視深.....	41

14.6 光經平行板的側位移	43
14.7 全反射	44
14.8 三稜鏡的折射和色散	45
14.9 球形界面的折射	47
14.10 透鏡	49
14.11 透鏡的成像	51
14.12 透鏡的同軸組合	53
14.13 透鏡的像差	55
14.14 眼和眼鏡	55
14.15 照像機	56
14.16 放大鏡、顯微鏡、望遠鏡	56
(一)觀念闡釋	58
(I) 折射與反射	58
(II) 作圖法求折射線	58
(III) 透鏡與球面鏡的焦距	60
(IV) 三向度物體經透鏡所造成之像	60
(V) 造鏡者公式應用要點	60
(VI) 視角與視差	62
(VII) 放大率	64
(二)舛誤辨正	65
練習題(一)	67
練習題(二)解答	74
第十五章 波動	91
(一)教材大綱	91
15.1 波及其傳播的介質	91
15.2 橫波和縱波	91
15.3 波速、波長與質點振動的頻率與週期	92
15.4 描述波動的數式	92
15.5 弦波的波速	95
15.6 氣體中的疏密波	95
15.7 脈動的會合	98
15.8 脈動的反射與透射	100
15.9 繩上波的干涉與駐波	102
15.10 縱波的駐波——氣柱的振動	105
15.11 水波、水波的干涉、節線	108
15.12 海更士 (Huygens) 原理	112

15.13 都卜勒 (Doppler) 效應	114
(二) 觀念闡釋	117
(I) 正弦波函數式之討論 117 (II) 相角 ϕ	119
(III) 弦波波速公式的推導	121
(IV) 在管中傳播的氣體縱向脈動的傳播速度	123
(V) 脈動的會合	126
(VI) 入射脈動和反射、透射脈動的方向	127
(VII) 什麼在波動中傳播?	130
(VIII) 波的會合和彈性波的碰撞	130
(IX) 平面(水)波互相干涉所成節線的形狀	132
(X) “相差”隨時間改變時節線的“掃動”	134
(三) 舛誤辨正	135
練習題(五)	140
練習題(五)解答	144
第十六章 物理光學	155
(一) 教材大綱	155
16.1 光的微粒說與波動說	155
16.2 光的干涉——楊氏雙狹縫干涉實驗	157
16.3 光的繞射 162 16.4 鑑別率	167
(二) 觀念闡釋	170
(I) 光的質點學說所能解釋的一些現象	170
(II) 節線與干涉條紋 174 (III) 光色和波長的關係	174
(IV) 球面波和節面	175
(三) 舛誤辨正	177
練習題(六)	179
練習題(六)解答	182
第十七章 靜止的電荷	189
(一) 教材大綱	189

17.1	帶電體	189
17.2	絕緣體和導體、半導體	190
17.3	驗電器	190
17.4	靜電感應	191
17.5	庫侖定律	194
17.6	電場強度和電力線	195
17.7	電荷量之守恆	199
17.8	電位能和電位	200
17.9	孤立帶電球形導體之電位	201
17.10	電場中一點之電位、電位差與兩導體的電位差	202
17.11	帶電質點在電場中的能量	204
17.12	孤立導體之電容	206
17.13	電容器	207
17.14	電容器之串聯與並聯	208
17.15	孤立帶電體與電容器的電位能	210
(二)	觀念闡釋	210
(I)	摩擦起電	210
(II)	庫侖定律之應用	211
(III)	感體與應體	211
(IV)	靜電力的隔絕——屏蔽作用	212
(V)	空間一點的電位和一導體的電位	214
(VI)	導體電位的升降——球形導體	215
(VII)	非孤立導體電位的升降	217
(VIII)	平行板電容器之電容	217
(IX)	帶電導體與電容器的電能	219
(三)	舛誤辨正	220
練習題(七)		226
練習題(七)解答		234
第十八章	電流	253
(一)	教材大綱	253
18.1	電流	253
18.2	電阻定律與歐姆定律	256

18.3 電阻與溫度.....	257	18.4. 簡單閉合電路.....	258
18.5 電阻的聯結.....	260	18.6 電池的組合.....	262
18.7 電功率.....	264		
18.8 電流計的分路與伏特計的分壓電阻.....	266		
18.9 電阻的測定.....	268	18.10 電解.....	270
(二)觀念闡釋.....	272		
(I) 金屬導體中的電流.....	272		
(II) 電路中能量的轉換——電位差的再討論.....	274		
(III) 電壓與電位.....	275		
(IV) 線性導體與非線性導體.....	276		
(V) 安培計與伏特計.....	277		
(VI) 電能的“生產部門”與“消費部門”.....	277		
(VII) 電池的複聯.....	278	(VIII) 克希何夫定律.....	279
(三)舛誤辨正.....	280		
練習題(一).....	287	練習題(二)解答.....	300

第十三章 幾何光學(一)

(一) 教 材 大 綱

13.1 光速的測定

一、羅麥 (Roemer 亦譯隆米爾) 法:

利用地球與木星互相遠離與互相接近的不同期間，觀測木星的某一衛星成蝕（進入木星陰影）的週期長短差異，而算出光速（遠離時，回程光線必須多經一段距離，需時較長，接近時，反是。），但未獲準確結果。

二、菲左 (Fizeau) 法:

應用一個可以高速迴轉的轉盤上開一小孔（圖13-1）。由光源射至玻璃板上的光，經玻璃板表面反射後，穿過小孔，行經一段距離後，被一鏡面反射而回，若小孔恰亦於該瞬時回至原處，則光可通過玻璃板而被瞥見，故光來回此段距離所需時間，即為盤轉一周（可能兩周、三周……）所需的時間。如此量出轉盤的轉速，便可以測定光線從轉盤到平面鏡往返一次所需時間，據此即可求出光速。其後改進為以齒輪代替轉盤，由輪緣齒隙代替小孔，效果更佳。

三、佛科 (Foucault) 法與邁克生 (Michelson) 法

用迴轉八面鏡或稜鏡代替菲左法中之轉盤，而測得更精確的結果（圖13-2）。根據最新的實驗測定光在真空中的速率是 2.997925×10^8

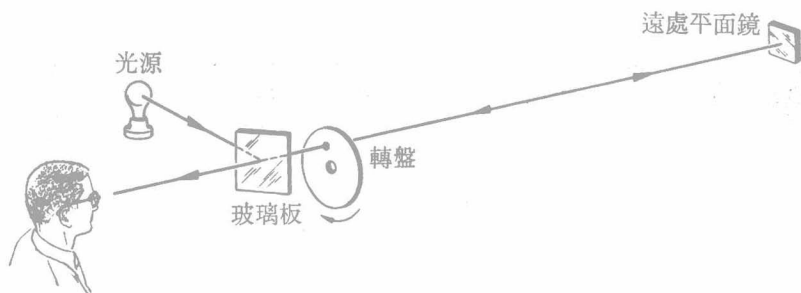


圖 13-1 運用高速轉盤測定光走完往返行程所需之時間。光源所發射之光，由玻璃板反射，通過轉盤上之小孔，射向遠處之反射鏡。由反射鏡反射回來之光則通過小孔及玻璃片，而達觀察者的眼中。

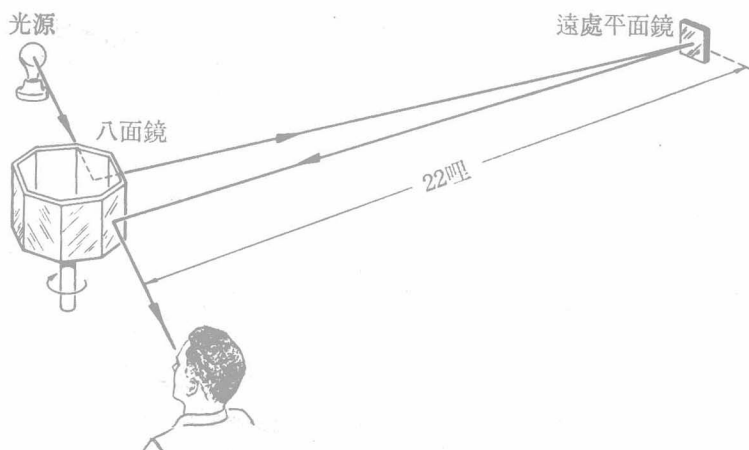


圖 13-2 佛科以八面迴轉鏡反射光線，藉此裝置測得之光速至為精確。

米/秒，但在一般的計算上，光速以 3.00×10^8 米/秒計算已够精確。在水中約為此值的 $3/4$ 。

13.2 反射定律

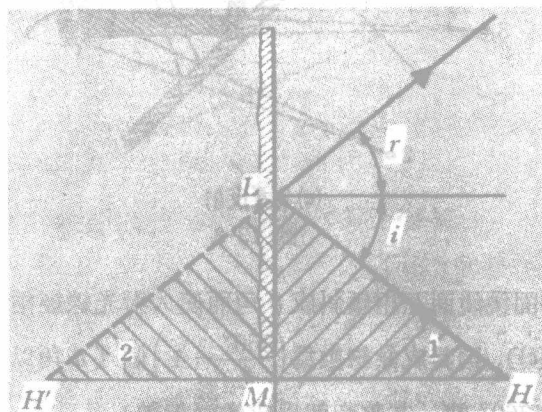
(1) 入射線與反射線分居法線之兩側，三線在同一平面內。

(2) 入射角等於反射角 (圖13-2(a)中 $i=r$)。

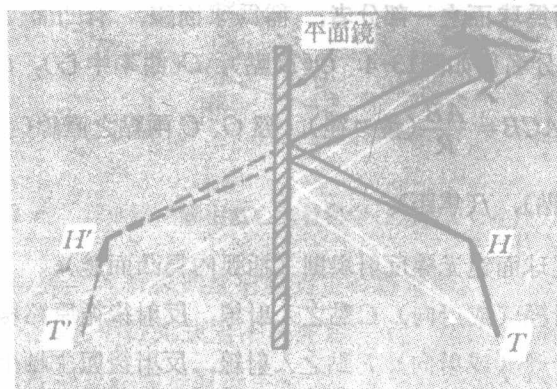
13.3 平面鏡之像

反射線在鏡後延長相交所成，其位置與原物體對鏡面為對稱，大小與原物體相等，虛像。

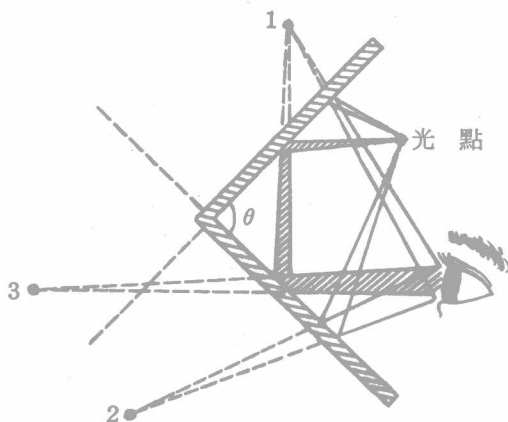
(1) 如入射光線依一定方向投射於平面鏡，而鏡繞鏡面上與光線垂直之軸線旋轉 θ 角時，則反射光線旋轉 2θ 角。



(a) 平面鏡反射定律



(b) 平面鏡之成像



(c)多次反射

圖 13-3

(2)兩平面鏡鏡面互相傾斜成 θ 角而使入射光線經兩鏡面多次反射時(圖 13-3(c)), 則其成像總數為 $\left(\frac{360^\circ}{\theta} - 1\right)$ 個(θ 角以度數為單位, 若不能整除 360° 時, 其整商即為成像之總數)。

13.4 球面鏡

反射面為球面之一部分者, 稱為球面鏡, 有凹面鏡與凸面鏡兩種。其各部分名稱如圖13-4: O (頂點), C (曲率中心), $\overline{OC} = R$ (球面半徑), $\angle ACB = \frac{\widehat{AB}}{R}$ (鏡口徑), 經 O 、 C 兩點之直線(主軸), F ($\approx \frac{R}{2}$)(焦點), f (焦距)。

小口徑球面鏡光線反射規則(括弧內為凸面鏡):

- 一、射經(或射向) C 點之入射線, 反射後循原路線返回。
- 二、射經(或射向) F 點之入射線, 反射後與主軸平行; 與主軸平行之入射線, 反射後經過 F 點(或延長線經過 F 點)。

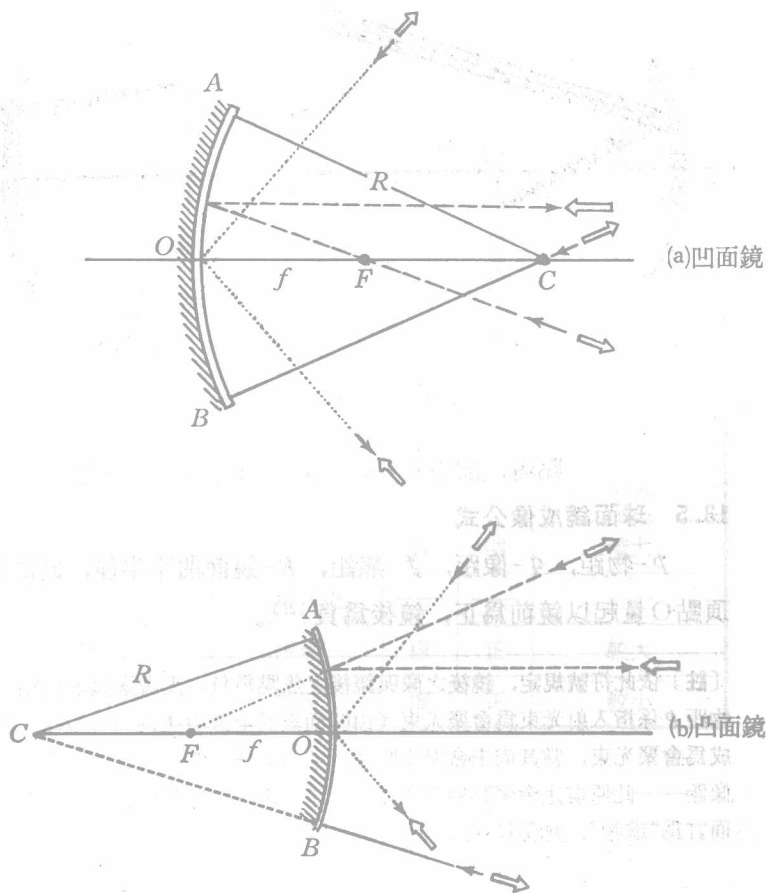


圖 13-4 球面鏡 (圖中實心矢號與空心矢號表可逆性)

三、射至O點之入射線與反射線對主軸為對稱。

注意：(1)入射之平行光束若不與主軸平行，則焦聚於焦平面上

(經過焦點而垂直於主軸之平面稱焦平面)。如圖13-5。

(2)鏡口徑較大時，規則二不成立。但光線入射點愈靠近O

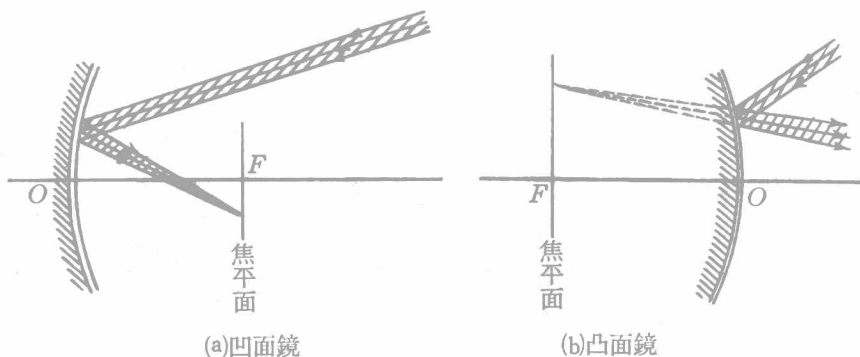


圖 13-5 平行光束與焦平面

點者，誤差愈小；愈靠近鏡邊緣者，誤差愈大。

13.5 球面鏡成像公式

p -物距， q -像距， f -焦距， R -鏡面曲率半徑，此四量均自鏡頂點 O 量起以鏡前為正，鏡後為負〔註〕。

〔註〕依此符號規定，鏡後之像與鏡後之焦點為負，表虛像與虛焦點。但鏡後之物距 p 係指入射光束為會聚光束（由凹面鏡反射或由透過凸透鏡後之光束，可能成為會聚光束，當其尚未會聚成點時，即遭遇第二鏡——兩鏡距離小於第一鏡之像距——此原有之會聚點對第二鏡計算時，物距 p 應取負值，原會聚點對第二鏡而言為“虛物”，見圖13-6）。

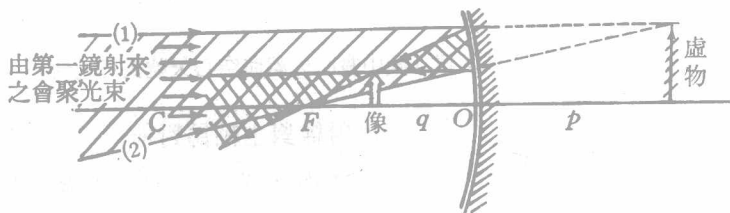


圖 13-6 虛物成實像

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$$

l_i -像長, l_o -物長, M -放大率 (M 爲正, 表像與物反向。 M 爲負, 表像與物同向。)

$$M = \frac{l_i}{l_o} = \frac{q}{p} \quad \text{此式限於物之長度 } l_o \text{ 方向與主軸垂直之情況}$$

p 與 q 之對應關係見圖13-7及下表。

像之性質 實物之位置		位 置	虛實	正倒	和 實 物 大 小 較 相
凹面鏡	(a)球心外	球心和焦點間	實	倒	較小
	(b)球心上	球心上	實	倒	相等
	(c)球心和焦點間	球心外	實	倒	較大
	(d)焦點上	無窮遠處	—	—	—
	(e)焦點內	鏡後	虛	正	較大
凸面鏡	(f)鏡前任意一點	鏡後	虛	正	較小

13.6 球面像差

球面鏡之鏡口徑並非甚小時, 平行於主軸之入射光經鏡面反射後, 並不均通過鏡之焦點, 而形成像之變形或模糊不清, 稱爲球面像差。

13.7 其他曲面鏡

一、拋物面鏡 鏡面爲拋物面 (拋物線繞其對稱軸旋成之面) 之一部分的反射鏡。按其幾何性質, 所有平行於主軸之入射線經反射後全都經過焦點, 反之, 若將發光點置於焦點處, 則反射線成平行光束, 如圖13-8(a)。前項性質可應用於天文望遠鏡, 後項可用於探照燈等。但當物體並非甚小時, 其成像仍有像差。