



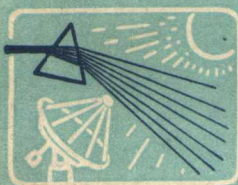
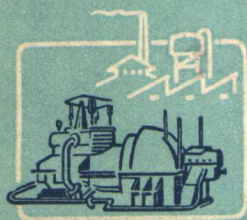
高中物理教学参考读物

几何光学

(修訂本)

上海市物理学会
中学物理教学研究委员会编

上海教育出版社



高中物理教学参考讀物

几 何 光 学

(修訂本)

上海市物理学会
中学物理教学研究委员会編

上海教育出版社

一九六三年·上海

高中物理教学参考读物
几 何 光 学
(修訂本)

上 海 市 物 理 学 会
中学物理教学研究委员会編

*

上 海 教 育 出 版 社 出 版
(上海永福路123号)

上海市书刊出版业营业登记证出 090 号

上海洪兴印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

*

开本：787×1032 1/32 印张：4 11/16 字数：105,000
1958年3月新知识出版社第1版第1次印刷(1—125,000本)

1958年7月新1版

1963年3月新2版 1963年4月第9次印刷

印数：108,101—140,100本

統一书号：7150·30

定 价：(九) 0.42 元

前 言

本书是“高中物理教学参考讀物”的第十二册,内容相当于高中三年級物理教材第四編的几何光学部分。

在中学阶段的物理学习中,几何光学也是主要的題材,本书討論的内容比大綱規定的范围要扩大和加深一些,仅供教师作为参考,不能用来代替課本上原有的教材。

我們的祖先在几何光学方面有着巨大的貢獻,本书在“引言”中作了簡要的介紹,在讲述中如能适当結合,可以培养同学的民族自豪感。

本书分为五章,第一章叙述光在同一媒质中的傳播情况和光速的測定方法;第二章介紹光能、光度、照度和亮度等概念,闡明照度定律和測定照度的方法;第三章主要說明光的反射定律、平面鏡和球面鏡成象的位置和性质以及一般的应用;第四章介紹了如何掌握光的折射規律、棱鏡和薄透鏡的成象情况,除了應該熟練掌握透鏡成象的图示法和透鏡公式的运用外,还介紹透鏡(包括球面鏡)成象的直角座标图解法,用来核對計算的結果;第五章簡單介紹了常用光学仪器的构造、造象原理以及它們的应用。

为了能进一步熟練掌握作图造象的方法,正确运用球面鏡和透鏡公式以及焦距、物距和象距的符号,明确光路的可逆性,在附录一“光学杂例”中举了一些不同类型的綜合性的例題,使学过的知識能获得进一步的巩固。

在复习提問和考查命題方面,教师可能会感到一些困难,因

此我們在附录二、三中拟了一些参考題,以备选用。

本书根据編委会拟就的提綱,由束世杰同志提供若干意見,最后由陈泰年、楊逢挺同志負責編写。限于編者的业务水平和教学經驗,难免有許多缺点和錯誤,請讀者随时指正,以便在再版时修正和改进。

中国物理学会上海分会

中学物理教学研究委员会

1957年10月

修訂版前言

“高中物理教学参考讀物”这一套书自从出版以来，得到讀者的关怀和支持，大家就內容方面提出許多宝贵意見和积极建議，給我們很大的鼓励和督促。为此，本会趁重新排版的机会，約請有关同志根据各方面的意見和建議，在加深对基础知識的理解、适当扩大知識范围、密切联系生产和介紹科学技术上的新发展等方面，根据各书的具体情况，作了不同程度的补充和修改，以期更能符合讀者的要求。

光学仪器在日常生活和科学技术中应用很广，为了使讀者在这方面获得更多的知識，修訂版中对光学仪器的內容作了适当的补充。为了能够获得比較清晰而完整的象，实际上光学仪器中的折射系統都是由两个或更多的透鏡組成的，因此，在增訂时对透鏡象差的形成和矯正方法作了比較全面的初步分析，对透鏡組合原理也作了扼要的闡述。

修訂版的內容和編排，一定还存在缺点，希望讀者本着爱护本会的热忱，繼續給予批評和指正，以便今后有再版机会时再作进一步的修訂。

上海市物理学会
中学物理教学研究委员会

1963年1月

目 录

引 言	1
第一章 光的傳播	4
1. 光源	4
2. 光的直綫傳播	5
3. 光的速度	7
第二章 光度学	11
1. 光能	11
2. 光度	11
3. 照度	12
4. 照度定律	13
5. 亮度	16
6. 光度計	17
第三章 光的反射	20
1. 光的反射和反射定律	20
2. 平面鏡	21
3. 凹鏡和凹鏡公式	27
4. 凹鏡成象的性质	29
5. 凹鏡的缺点	33
6. 凹鏡在技术上的应用	34
7. 凸鏡的成象	35
第四章 光的折射	39
1. 光的折射和折射定律	39
2. 折射率	40

3. 全反射	44
4. 棱鏡	45
5. 透鏡	48
6. 凸透鏡的成象	55
7. 透鏡的組合	60
8. 凹透鏡的成象	66
9. 透鏡的象差	68
10. 色象差和消色差透鏡	71
11. 折射綫的作法	75
12. 球面鏡、透鏡成象的直角座标图解法	77
第五章 光学仪器	83
1. 实象光学仪器和虚象光学仪器	83
2. 眼睛和眼鏡	84
3. 放大鏡	89
4. 显微鏡	90
5. 望远鏡	93
6. 潜望鏡	98
7. 測距仪	99
8. 照相机	101
9. 幻灯	103
10. 电影机	104
11. 体視鏡	105
附录一 光学杂例	107
附录二 复习提問参考題	125
附录三 計算題、作图題和論証推导題	132

引 言

光学的研究使人们对物质世界，包括分子世界内物质的组成和构造，有了深刻的认识。人们虽然很早就累积了许多有关光的现象的知识，使光学成为物理学中发展得很早的一个部门，但是对于光的本性的认识，从牛顿的**微粒说**，发展到惠更斯的**波动说**，麦克斯韦的**电磁说**，再发展到普朗克的**光子说**，却经历了一个长时间的辩证过程（详细内容见“物理光学”）。到今天已确定光是具有电磁本质的物质，它既有波动性，又有微粒性。科学家还在继续研究，想进一步努力把这两种特性统一起来，使它发展成更完备的新学说。

光学是物理学中很重要的分科，主要研究光的发生和本性、光的传播规律、光跟物体的相互作用以及这些知识在各方面的应用。因为光学的内容丰富，范围广泛，为了研究方便起见，一般分为**几何光学**（也叫做**光线光学**）、**物理光学**（也叫做**波动光学**）和**量子光学**三大部分。**几何光学**以光的直线传播为基础，讨论光的一些基本现象和光通过光学系统成象的原理以及它们的应用；**物理光学**根据光的波动原理，研究光的干涉、衍射、偏振和色散现象以及它们在科学和技术上的应用；**量子光学**是根据光的微粒性研究光和物质相互作用时所产生的光电效应、荧光和磷光等现象。三大部分中的几何光学是中学阶段学习光学的中心内容。

我们的祖先对于几何光学的研究有着巨大的贡献。早在二千三百年以前，伟大的学者墨翟在他所著的“墨经”内就有八条

关于光学的記載。例如“景不徙，說在改为。”經說“景，光至，景亡；若在，尽古息。”是說明影(景)的成因，光所照到的地方，不能成影，成影的地方，就是光所不能到的地方。經“景倒，在午有端。”是說明針孔造倒象的原因，在于光穿过小孔而成光束的关系。經“鉴洼，景一小而易，一大而正，說在中之内外。”是說明凹鏡成象的性质，人在凹鏡的焦点(中)之外，可以看到自己的縮小而倒立的象，在焦点內可以看到放大而正立的象，經“鉴团，景一。”經說“鉴者近，則所鉴者大，景亦大，其远，所鉴小，景亦小，而必正。景过正故也。”“墨經”里的八条光学，对于光学知識已作了比較完整的敘述。在西方国家最早的光学著作是欧几里得著的“光学”，要比“墨經”迟一百多年。所以“墨經”在科学史上有极高的地位。

“考工記”是我国一部最早記載古代工艺的书(公元前四世紀)，記有“金錫半謂之鉴燧之齐”。告訴我們銅(金)錫各半的合金(齐)所做的凹鏡可用作取火(燧)的工具。在“淮南子”(公元前二世紀)上有“阳燧見日而然(燃)为火”。把凹鏡(阳燧)的取火作用說得更清楚了。晋張华著的“博物志”有“削冰命圓，举以向日，以艾承其影，則得火”。可知在公元三世紀我們的祖先已知道利用透鏡向日取火了。西方国家直到十三世紀开始才有金屬磨制的凹鏡，远落在我国之后十几个世紀。

东汉初年，張衡(公元78—139年)已发现月的盈亏以及月食和日食的初步原因。到北宋，沈括(1031—1095年)对于光的直进做了許多实验，在他所著的“梦溪笔談”中載有：“若鷲飞空中，其影随鷲而移，或中間为窗隙所束，則影与鷲遂相遠，鷲东則影西，鷲西則影东。又如窗隙中樓塔之影，中間为窗所束，亦皆倒垂。”其他对于球面鏡成象、凹鏡向日取火的实验、月的盈亏、月食、日食和虹的成因等，在“梦溪笔談”中都有詳細記載。我們

祖先在光学上的許多貢獻，是值得我們自豪的，在教學中如能作適當的介紹，可培養同學的愛國熱情和民族自豪感。

光学知識在科學和技術上的應用都極重要，光学儀器已成為應用最廣泛的工具。例如，望遠鏡是近代大地測量中不可缺少的儀器；顯微鏡可用來研究和檢查冶煉產品，檢查精密機件，發現和鑒別細菌，檢查農產品的病害，解剖生物和檢查纖維。利用光的干涉可測定精密工具的表面光潔度、物體表面的平度、煤礦中沼氣的含量、星體的視直徑，並且可用鎢紅綫的波長來標定標準米。至於照明技術、照相、印刷、通訊等等應用光學的知識和設備，是大家所熟知的。所以，光学在機械工業、冶金工業、燃料工業、大地測量、醫藥衛生、文化教育、科學研究以及國防軍事等方面都有極重要的應用，並且應用的範圍在不斷地擴大。光学現象和理論研究的重要性也可以理解了。

第一章 光的傳播

1. 光源 眼睛所以能看見物体,是由于物体对我們的眼睛引起光的感觉。象太阳、电灯、日光灯等能够发光的物体,叫做**发光体**或**光源**。太阳是最大的光源。不发光的物体,只要受到发光体的照射,能反射出光来引起眼睛的感觉,我們同样可以看見。在白天可以看見直接受到阳光照射的建筑物和树木,也可以看見在室內間接受到阳光照射的物体。恒星是发光体,行星是太阳光的反射体,虽然它們同样有光照达地面,但是把行星叫做光源就不适当了。

物体所以能发光,大半是由于物体的温度很高,就是所謂**热发光**。金属和碳热到 500°C 时发生可見的暗紅的光,温度再升高光色就变黄,热到 1500°C 时成白熾。太阳表面的温度大約是 6000°C , 内部温度大約是 20000000°C , 所以发光极强。物体在 500°C 以下就能发出紅外綫,温度超过 6000°C 时发出的紫外綫的比重增加。紅外綫和紫外綫是**看不見的光**,所以金属在 500°C 以下看不見它发光,到 6000°C 以上,发光强度反而减弱了。大多数发热的化学反应也同时发光,但**化学发光**不一定是热发光。其他象**生物发光**、稀薄气体放电时的发光以及**荧光**和**磷光**等都不是热发光。

物体究竟为什么能发光呢?据研究,有的是由于自由电子的振动,有的是由于分子振动和旋轉的能級的变化,有的是由于原子內的核外电子能級的变化,有的是由于原子核的反应,也有的是由于阴阳电子对的轉化,原因很多。在原子結構內可以討論

一部分,但在中学阶段内不可能討論得很全面。

2. 光的直綫傳播 光在同一种均匀媒质里是沿着直綫方向傳播的。針孔所造的象上下倒置,左右对調,就是光的直进所造成的現象(图 1)。針孔愈小,所造的象愈清楚;通过針孔的光愈少,所造的象愈暗淡。

針孔的直徑小到 $1/100$ 毫米,所造的象又模糊不清了,这是由于孔的大小接近于光波的波长要发生衍射現象,簡單地說,光在这种情况下不

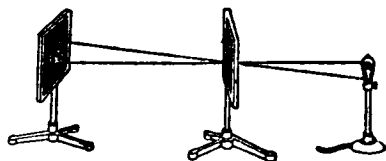


图 1

再是直綫傳播了。針孔照相机是最簡單的照相机,針孔相当于普通照相机的鏡頭。可在課外指导同学制作硬紙的針孔照相机,用来摄取风景或靜物的照片,激发他們学习光学的兴趣。在針孔照相机內,象长跟物长的比等于象和針孔間的距离跟物体和針孔間的距离的比,象愈大也就愈暗淡。

表示光进行方向的直綫叫做**光綫**。許多光綫圍繞着一軸綫分布的,就叫做**光束**。假使光束內的光綫会聚于一点,这一点就叫做**光束的焦点**。

均匀发光的小球形體,如果它的大小比它到观察点的距离小得多,可以把它叫做**点光源**。点光源所发的光照射到不透明体,在它的后面形成跟物体相似的黑暗部分,这叫做物体的**本影**。本影的大小决定于光源、物体和象屏三者間的相对位置,可通过所作几何图形来理解。假使发光体不能当作点光源,那么在本影的周圍还有暗淡的**半影**形成。假使光源比物体大,本影很小,在离开物体較远的地方就只有半影了。

当月球的影子投射到地球表面时,就发生**日食**。月球本影的長約等于地球半徑的 57 倍到 59 倍,而地球和月球間的距离

約等于地球半徑的 55 倍到 67 倍,影比地球为小,所以日全食时地球上只有一小区域内的人可以看到。地球的影子投射到月球表面时发生月食。地球本影的長約等于地球半徑的 216 倍,远远超过地球和月球間的距离,影的大小跟月球或相等,或超过,所以月食时,地球上各处可以同时看到。

〔例題〕 把一电灯放在半徑为 20 厘米的球形毛玻璃罩中,挂在离地面 3.5 米高的地方,假使在灯豎直方向的下面离地面 0.5 米的地方,放一半徑为 10 厘米的球体,求球体本影和半影的半徑。

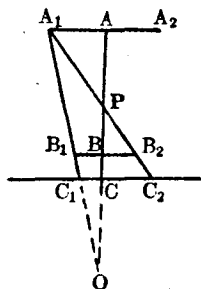


图 2

【解】 如图 2 所示:

$AA_1 = AA_2 =$ 灯罩的半徑 = 20 厘米,

$BB_1 = BB_2 =$ 球体的半徑 = 10 厘米,

$AB =$ 灯和球体的距离 = 3 米,

$BC =$ 球和地面的距离 = 0.5 米。

由图可知, $\triangle APA_1 \sim \triangle BPB_2$,

$$\therefore \frac{AP}{BP} = \frac{AA_1}{BB_2}, \quad \frac{(3 - BP)}{BP} = \frac{20}{10},$$

得

$$BP = 1 \text{ (米)}。$$

因

$$\triangle PBB_2 \sim \triangle PCC_2,$$

$$\therefore \frac{BB_2}{CC_2} = \frac{PB}{PC}, \quad \frac{10}{CC_2} = \frac{1}{1.5},$$

所以半影的半徑 $= CC_2 = 15$ (厘米)。

又

$$\triangle OAA_1 \sim \triangle OBB_1,$$

$$\therefore \frac{AA_1}{BB_1} = \frac{OA}{OB}, \quad \frac{20}{10} = \frac{3.5 + OC}{0.5 + OC},$$

得

$$OC = 2.5 \text{ (米)}。$$

因

$$\triangle OCC_1 \sim \triangle OBB_1,$$

$$\therefore \frac{CC_1}{BB_1} = \frac{OC}{OB}, \quad \frac{CC_1}{10} = \frac{2.5}{3}。$$

所以本影的半徑 $= CC_1 \approx 8.33$ (厘米)。

3. 光的速度 光的速度是物理学中一个重要的物理恒量。

由于光的速度极大,十七世紀以前不知道它的量值,人們有一个很天真的想法,以为光的傳播是不需要時間的。在1607年,意大利科学家伽利略首先作測定光速的尝试。他命甲乙两人在夜間各帶一只灯,分立在两个山頂上,甲先迅速取去灯罩对乙发出信号,乙在看到信号之后,立即取去灯罩对甲发出信号,伽利略想从两山頂間的距离和光的往返時間来計算光速。这个測法的原理是正确的,但是光傳播得极快,1秒內可繞地球七周半,現在两地只相隔1.5公里,光經歷的时间极短,不能精确地測定,所以他的实验失败了。在伽利略以后的三百年間,經過不少科学家的努力,终于測出了光速。下面介紹三个比較有代表性的測定方法。

丹麦天文学家勒麦从观察木星的一个卫星的食,在1675年首先測得了光速。他观察一个木星的卫星連續两次食相隔的时间(两次初食或食完相隔的时间)約42小时,也就是卫星繞木星公轉的周期是42小时。根据他长期的观察,发现地球和木星漸远时,卫星的視周期逐漸增加。木星繞日公轉的周期大約是12年,当地球和木星在 T 和 J 是两者相距最近的位置,大約半年之后,地球和木星在 T' 和 J' 是两者相距最远的位置(图3)。

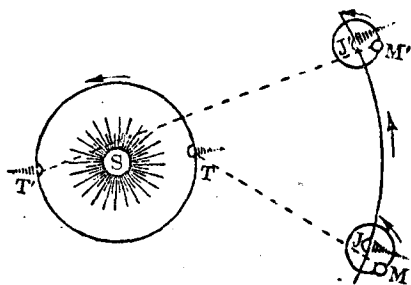


图 3

发现在这段时间內卫星公轉的視周期大約增加1000秒,勒麦断定这是由于光多經過一段路程的关系。因为这段路程大約等于地球軌道的直径,根据当时的数字計算,

勒麦测得的光速是 215000 公里/秒。

法国科学家斐索,在 1849 年第一个用齿輪法就地面上的路程测求光速得到了成功(图 4)。光从点光源 S 出发,通过透鏡 L 后,由涂有薄銀层的玻璃片 M 反射而焦集在齿輪 A 的边緣 T 点,齿輪 A 可繞軸綫 OO 旋轉。光通过齿輪的空隙后先由透鏡 L_1 造成平行光束,再由透鏡 L_2 焦集在平面鏡 M_1 上。由 M_1 反射的光逆着原路到达玻璃片 M ,一部分仍反射到 S 点,另一部分可通过 M 和目鏡 E 为观察者所見。

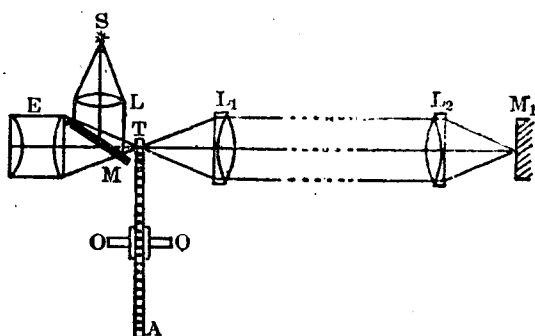


图 4

当齿輪轉动时, M_1 反射回来的光如能通过两齿隙間的空隙,观察者可以看到光。假使轉速加倍,反射回来的光碰到輪齿,观察者看不到光,当轉速增加到三倍时,又可看見光了。假使 A 有 n 个齿,目鏡中第一次发现黑暗时的轉速是 r 次/秒,那么每个齿或齿隙的寬度是 A 圓周的 $1/2n$,轉过这样角度所需的时间是 $\Delta t = 1/2nr$ 。在 Δt 時間內光往返一次所經過的距离是 $2L$ (L 是 T 和 M_1 間的距离),所以光速

$$C = \frac{2L}{\Delta t} = 4nLr。$$

斐索当时所取的 L 是 7 公里，测得光的速度是 315000 公里/秒。后来有人重复他所做的实验，取 L 等于 23 公里时，测得光速是 299870 ± 50 公里/秒。这个数值跟应用天文学方法所得的结果符合。

法国物理学家傅科在 1862 年用旋镜法在实验室内测得光速。下面简单地介绍他所用的方法的原理。从点光源 S 发出的光，经过可旋转的平面镜 A 反射到凹镜 B 上，因 A 的转动轴在 B 的球心， A 镜不旋转时， B 镜反射的光仍可回到 S 。假使 A 镜转过 θ 角，那么光反射到 S' (图 5)。根据 A 镜旋转的角速度、光源和 A 镜间的距离、 B 镜的曲率半径以及 S 和 S' 间的距离，可以求出光速。傅科测得的光速是 298000 ± 50 公里/秒。

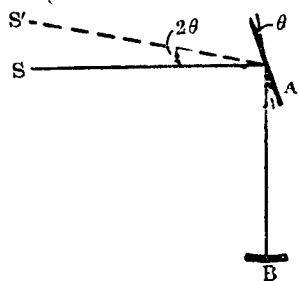


图 5

傅科又做了一个很重要的实验，他在光路 AB 上放了充满水的管子，直接求出光在水中传播的速度。根据牛顿的微粒说，光在水中传播的速度应大于它在空气中传播的速度。傅科用实验法证明光在水中传播的速度小于空气，是一个否定牛顿微粒说的强有力的证据。

现在公认的真空中的光速是 299792.8 ± 0.4 公里/秒，一般情况可用 $C = 3 \times 10^{10}$ 厘米/秒。光在空气中传播的速度，略小于真空中传播的速度，但相差无几，也可当作是 3×10^{10} 厘米/秒。光在其他媒质里传播的速度都小于真空，例如光在水中传播的速度大约是真空中的 $3/4$ ，水晶中的光速大约是真空中的 $2/3$ 。各色光在真空中传播的速度相同，在气体中相差极小，但是在其他媒质中就不相同了。例如，蓝色光在二硫化碳中的传播速度