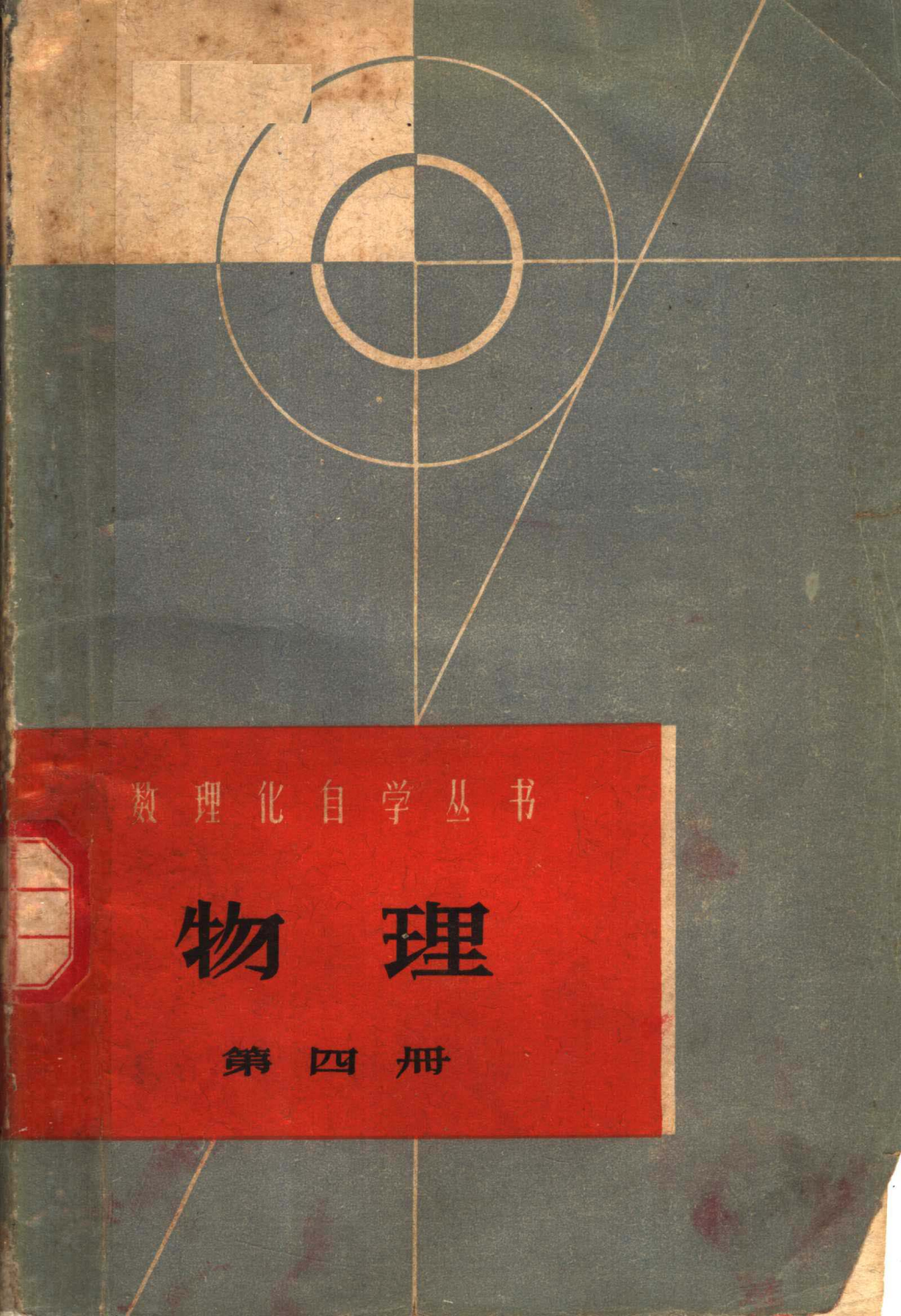




数理化自学丛书

物理

第四册

数理化自学丛书

物 理

(第四册——光学和原子物理学)

数理化自学丛书編委会
物 理 編 写 小 組 編

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书介绍了光学和原子物理学的基础知識及实际应用。全书共分十二章。光学部分先叙述光的傳播、光学器件、光学仪器、光度学等,然后討論光的波动性和光的量子性。原子物理学部分依原子的結構、原子核的結構、原子核能、放射性同位素、宇宙射綫和基本粒子的次序分章叙述。书中列举許多例题、习题和总复习题,并且在每章末了附有“本章提要”,以供复习巩固之用。

本书可供具有初中三年級以上文化程度的自学青年閱讀。

数理化自学丛书

~~物理~~

(第四册——光学和原子物理学)

数理化自学丛书編委会

物理編写小組編

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

商务印书館上海厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1168 1/32 印张 9 16/32 插頁 2 排版字数 237,000

1965 年 4 月第 1 版 1965 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—37,000

統一书号 T 13119·636 定价(科二) 0.90 元

編者的話

本書是數理化自學叢書物理部分的第四冊，包括光學和原子物理學兩部分。光學分為七章，原子物理學分為五章，全書共計十二章。考慮到自學的特點，我們把每一章的內容範圍都規定得比較小，便於學習和掌握。書中有关光的本性和原子結構等內容比較抽象，學習時還需要一定的力學、分子物理學、熱學和電學的基本知識，所以希望讀者能循序漸進，先讀完前面三冊，再閱讀本書。

由於本書的體例是把初、高中的內容綜合在一起編寫的，所以我們把光度學這一部分內容移到幾何光學之後，列為第五章，還因為這一章里的某些概念象光通量、照度等，在光學中一開始就講恐怕是不適宜的。關於原子結構這一部分，因為涉及到現代科學的新成就，我們適當地增加了一些有關探測器、能級、基本粒子和宇宙射綫等方面的基本知識。為了便於掌握，這裡大部分都只限於定性的討論。

物理學是建築在實驗的基礎上的，自學時應當重視有關實驗的描述，並且要搞清楚每一個實驗的儀器裝置、操作的过程和所得到的結論等等。有些簡單的實驗也可以自己動手來做，這樣，通過實際的觀察，所得到的知識將更為生動，同時還會使我們的思路活躍和開闊起來。

為了鞏固所學到的知識，練習也很重要，要經常勤加練習。書上的例題告訴我們怎樣着手、怎樣逐步分析、怎樣正確計算等。做練習題時也應當這樣，不要急于套公式做出結果，應當仔細审题、明

确題意和要求，需要哪方面的知識来处理，然后再正确地选用公式、进行运算；当然，能够正确地选择单位，能够判断答案是否合理也是很重要的。每学好一部分内容，就要把这部分习题做好，书后所附的总复习题是供系統复习时用的，其中有些題目具有一定的綜合性。最后的习题答案用来帮助讀者复核习题的結果是否正确，希望在做出結果来以后再去查对，不要先凑答案再来解题。

每一章后面还附有“本章提要”，它能帮助大家在复习时理清綫索，抓住要領，把最基本的东西学到手。“本章提要”顾名思义只是一些概括性的結論，具体的内容还需要跟課本配合一起复习，不能认为只要把“本章提要”上的一些东西記住就够了，重要的还在于求得清楚的理解。

本书的第一到第七章、第十到第十二章是由吳孟明同志执笔的，第八章、第九章是由汪思謙同志执笔的。由于自学方面的讀者对象极为广泛，編写这一类讀物又是初次尝试，因此存在的問題和缺点肯定不少，希望讀者指正和提出宝贵的意見。

1964年12月

目 录

編者的話

第一章 光的傳播(一).....1

§ 1.1 光源.....1

§ 1.2 光的直綫傳播.....3

§ 1.3 象和影.....5

§ 1.4 月相.....12

§ 1.5 光的傳播速度.....15

本章提要.....19

复习題一.....20

第二章 光的傳播(二).....21

§ 2.1 在两种媒质界面上的
光現象.....21

§ 2.2 光的反射和漫反射.....22

§ 2.3 光的折射和全反射.....28

§ 2.4 光的吸收和散射.....41

本章提要.....43

复习題二.....45

第三章 光学器件.....46

§ 3.1 平面鏡、平面鏡成象.....46

§ 3.2 球面鏡、球面鏡成象.....49

§ 3.3 球面鏡成象的作图.....55

§ 3.4 球面鏡成象的公式.....61

§ 3.5 平行透明板、棱鏡.....69

§ 3.6 透鏡.....73

§ 3.7 透鏡成象.....81

§ 3.8 透鏡成象的作图.....84

§ 3.9 透鏡成象的公式.....91

§ 3.10 透鏡成象的放大率.....94

本章提要.....99

复习題三.....102

第四章 光学仪器.....103

§ 4.1 照相机.....103

§ 4.2 幻灯机.....106

§ 4.3 电影机.....108

§ 4.4 眼睛.....109

§ 4.5 放大鏡.....115

§ 4.6 显微鏡.....117

§ 4.7 望远鏡.....121

本章提要.....126

复习題四.....127

第五章 光度学.....128

§ 5.1 发光强度.....128

§ 5.2 光通量.....129

§ 5.3 照度.....131

§ 5.4 照度定律.....134

§ 5.5 光度計.....140

本章提要.....142

复习題五.....143

第六章 光的波动性.....144

§ 6.1 干涉現象.....144

§ 6.2 衍射現象.....150

§ 6.3 光的色散.....153

§ 6.4 虹、霓、天空的顏色.....156

§ 6.5 物体的顏色.....159

§ 6.6 分光鏡和攝譜仪.....160

§ 6.7 可見光譜.....162

§ 6.8 光譜分析.....164

§ 6.9 紅外線、紫外綫和倫琴
射綫.....166

§ 6.10 光的电磁本性.....170

本章提要.....172

复习题六	173
第七章 光的量子性	174
§ 7.1 光电效应	174
§ 7.2 光子說	176
§ 7.3 光电管和光导管	178
§ 7.4 光的量子性	182
§ 7.5 光的波粒二象性	184
本章提要	186
复习题七	187
第八章 原子的结构	188
§ 8.1 电子的发现——阴极射线	189
§ 8.2 天然放射现象	195
§ 8.3 α 粒子的散射实验	198
§ 8.4 卢瑟福的原子核式结构模型	200
§ 8.5 氢原子光谱的实验规律	204
§ 8.6 玻尔的氢原子模型	207
§ 8.7 原子的能级	213
§ 8.8 其他原子的核外电子	218
§ 8.9 化学反应和化学能	219
本章提要	221
复习题八	222
第九章 原子核的结构	224
§ 9.1 放射性的探测方法和探测器	224
§ 9.2 放射性射线的性质	230

§ 9.3 放射性元素的蜕变规律	235
§ 9.4 原子的人为嬗变	239
§ 9.5 中子	242
§ 9.6 原子核的组成	246
本章提要	251
复习题九	252
第十章 原子核能	253
§ 10.1 原子核的结合能	253
§ 10.2 裂变。链式反应	256
§ 10.3 原子反应堆	260
§ 10.4 聚变。热核反应	266
本章提要	269
复习题十	270
第十一章 放射性同位素	271
§ 11.1 人工放射性同位素	271
§ 11.2 放射性同位素的应用	273
本章提要	278
复习题十一	278
第十二章 宇宙射线和基本粒子	279
§ 12.1 宇宙射线	279
§ 12.2 基本粒子	281
本章提要	285
总复习题	287
习题答案	293

第一章 光的傳播(一)

我們生活在充滿着陽光的世界里，依靠光和其他儀器的幫助，我們既能夠觀察廣闊的星際宇宙，又能夠看清楚肉眼無法辨認的微小物體的結構；在日常生活中，我們也是依靠眼睛等感覺器官來認識周圍事物的。光和我們日常生活的關係是如此的密切，以致於在很久以前，人們就怀着很大的興趣來研究它了。到現在為止，人類在勞動實踐中已經積累了很豐富的關於光的知識，並且已經將它廣泛地應用在生產和日常生活中了。

光從物體發出來，經過傳播，再到達人的眼睛，這個過程很象我們在第三冊里已經討論過的電磁波的發送、傳播和接收一樣。例如，我們用眼睛直接對着發光的物體時，我們所能看到的將只是一片光亮，正象接收到一個沒有經過調制、不帶有信號的電磁波一樣；但是，當光經過物體表面反射以後，再傳到人的眼睛里，我們就會看見物體上很細微的區別，好象收到了關於物體情況的信號；有時候，我們會感到眼睛看見的物體太微小，不能仔細分辨，這時通過儀器同樣也可以把它加以放大，使眼睛能夠看得清楚。人的一雙眼睛，能夠看見近處或遠處的物體，就象是一副有調節能力的接收器一樣。

下面就來討論光從物體發出、在同一種均勻媒質里傳播的規律，和一些常見的光現象。

§1.1 光 源

我們很熟悉，有許多物體，象太陽、電燈、火炬和螢火蟲，它們

都能自己发出光来，而月亮和許多星星，虽然看上去很亮，但它們都不是自己在发光。习惯上，我們把自己能够发光的物体叫做发光体，在物理学上，我們称它为**光源**。

就常見的光源來說，它們有的是固体，如白熾电灯；有的是气体，如霓虹灯；有时也有液体发光的，如火油和松节油在經過紫外綫照射以后，在暗室里会发出有顏色的光来。

光源发光，一般是把热轉变为光，太阳、弧光灯和火炬等都属于这一类发光的形式，我們称它为**热发光**；热光源是一种最便利的光源。但是也有很多光源发光，不是把热轉变为光，而是把其他形式的能直接轉变为光，象日光灯和螢火虫都是，这种发光的形式，我們称它为**冷发光**。研究的結果知道，冷光源是一种更經濟的光源^①。

如果光源是一个很小的发光点，或者光源虽有一定大小的体积，但是比起它与被照射物体的距离来却是很小的，那么这种光源我們称它为**点光源**。从点光源发出的光，是均匀地向四周放射的。有时候，光源附以适当的装置以后，发出的光不是发散的而是平行的光束(象手电筒或探照灯等)，这种光源我們称它为**平行光源**。

有时我們又把光源分为天然光源和人造光源两类，象太阳和其他一些恒星都是天然光源，而白熾电灯和日光灯等都是人造光源。

由于人类掌握了使物体发光的知識，才能制造出各种光源，战胜了黑夜，在夜晚也能象白天一样地生活和工作。

① 从能量的轉換來說，在冷发光的情况下，一般能够把其他形式的能經大部分轉变为光，如螢火虫能把用来发光的那一部分化学能的百分之九十几轉变为光。但是，热发光时，效率却没有这样高，如白熾电灯，它只能把所消耗电能的百分之几轉变为光，其余百分之九十几的能量都以輻射的形式跑掉了，所以从能量的利用率來說，冷光源是一种較為經濟的光源。

§1.2 光的直線傳播

从光源发出的光是怎样傳播的呢？我們先来討論光在同一种均匀媒质里傳播的情形，例如在密度相同的空气里光的傳播。

人們常常看見：从門或窗的狹縫里射进黑暗屋子里来的阳光，在有灰尘悬浮的情况下，清楚地显示出一条細而直的光帶(如图 1.1 所示)。所以人們习惯上总是称它做光綫(或者称它做一綫阳光)，这說明：光在空气里是沿着直綫方向射进屋子里来的。

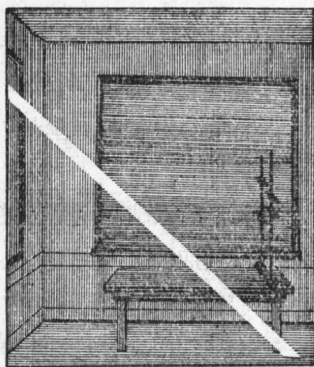


图 1.1 光 綫

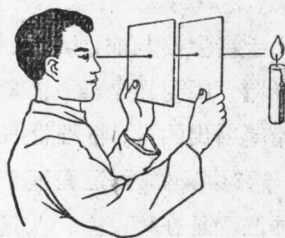


图 1.2

我們还可以做这样一个简单的实验：两只手分别拿着一块紙板，每块紙板上有一个小孔，让眼睛穿过小孔来观察光源，显然，只有当眼睛、两个小孔和光源恰好在一條直綫上的时候，眼睛才能够看見从光源发出的光(如图 1.2 所示)。同样，如果两只手各拿一支同样粗細的鉛笔，使两支鉛笔和人的—只眼睛恰好处在同—条直綫上，閉上另一只眼睛，这时我們能够看見的将只是离眼睛較近的一支鉛笔(如图 1.3 所示)。为什么眼睛看不見另一支鉛笔呢？这是因为从另一支鉛笔反射到我們眼里的光，被眼前这支鉛笔擋住了，所以眼睛不能看見它。以上这些例子都說明：光在同—

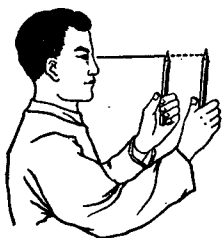


图 1-3

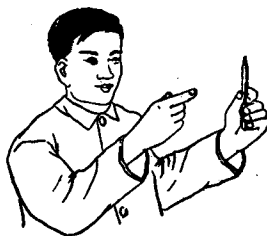


图 1-4

种均匀媒质里是沿着直线传播的。

例 1. 用左手拿着一支削尖的铅笔,笔尖向上,放在眼前一定距离处,闭上一只眼睛,这时用右手伸直的食指,从侧面试图去接触笔尖(图 1-4),为什么不容易击中它? 如果同时张开两只眼睛,同样用手指去接触它,为什么就容易击中呢?

【解】 因为光是沿着直线传播的,当闭上一只眼睛的时候,在 P 处铅笔射出的光,将沿着图 1-5 中 PO_1 的方向射入睁开的那只眼中,这时眼睛只知道铅笔是处在直线 O_1P 上,但是不能确定它的具体位置是在 P_1 、 P 、 P_2 还是在更远一些的地方,所以这时右手伸出的食指从侧面试图去接触它就不容易准确地击中笔尖。如果你同时睁开两只眼睛来观察,那么,来自笔尖的光,将同时射入你的两只眼睛(如图 1-5 中所示的 PO_1 和 PO_2 两条光线),根据光的直线传播的道理,从两条光线的交点,就可以判断出铅笔的实际位置是在 P 点,这样用手指就很容易击中它了。这就是我们日常生活中,凭两只眼睛的观察,能够知道周围物体实际位置的缘故。

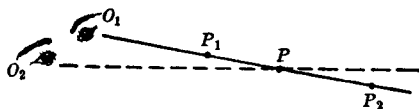


图 1-5

习 题 1.2

1. 用步枪射击靶子的时候,如果眼睛看过去,靶心和准尖恰好落在标尺的缺口上时,就算瞄准了,这是什么缘故?

2. 有一个人手上拿着一块石子,要使石子落下时恰好击中地上一个很小的目标,他只要用一只眼睛从石子上面往下看,当眼睛看到石子与目标重合时,石子落下来就会击中目标,这是什么缘故?

3. 在纸板上戳一个小洞,通过小洞向外看,为什么小洞离眼睛越近,眼睛看到外面的范围就越大?(做做看,再作图回答.)

§1.3 象 和 影

日常生活中的许多光现象,都可以用光的直线传播来解释,例如小孔成像、本影、半影、日食和月食等,它们都是光在同一均匀媒质里直线传播所形成的光现象。

1. 小孔成像 在一块硬纸板上戳一个小针孔,把它对着光源(例如蜡烛火焰)置放着,在纸板的另一侧竖放一片毛玻璃,适当地调节它的位置,在毛玻璃上出现的就不是一片均匀的光亮或小孔的形象,而是光源清晰的倒象,这个现象,我们称它做**小孔成像**。如果把有

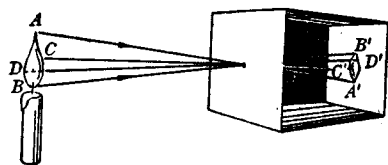


图 1.6 小孔成像

小孔的纸板和毛玻璃做成象图 1.6 所示那种暗箱的样子,它就成了一个最简单的照相机了(关于照相机的原理我们以后还要详细介绍)。

光源发出的光,经过小孔以后,为什么会在毛玻璃上映出它的倒象来呢?

我们知道,光源射出的光,是向四周直线传播出去的,它的任何一个发光点只能在沿着与小孔成一直线方向的毛玻璃上形成一个光斑,其他的光线都被纸板挡住了,所以光源的每一个发光点,

都将对应地在毛玻璃上留下一个光斑，这许许多多小光斑集合起来，就形成了光源的象。很明显，这个象跟光源比较起来，是上下倒置和左右互换的，图 1.7 清楚地说明了这一点。

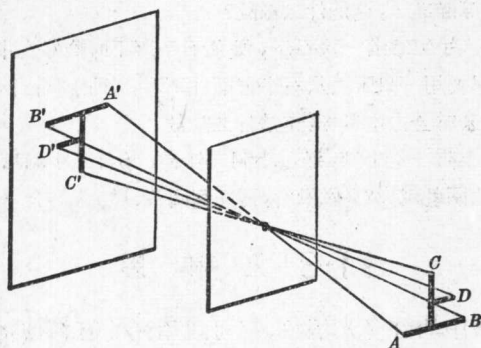


图 1.7

2. 本影和半影 如果有一个点光源，照在一个不透明的物体上，沿着直线传播的光线，就被物体遮挡住了，在物体的后面，受不到光的照射的地方，形成一个完全黑暗的阴影区，称做物体的**本影**。在图 1.8 中，一个火焰很小的蜡烛（近似地看成是一个点光源）照在竖立在桌面上的圆柱体上，在圆柱体后的桌面上，就出现它的本影。

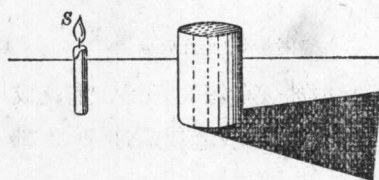


图 1.8

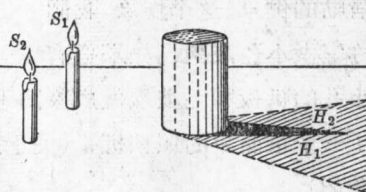


图 1.9

如果有两个点光源，分别从两个地方照在同一个物体上，这时在物体后面，不仅有完全不受光照的阴影区（物体的本影）存在，还会有半阴暗的阴影区存在，这个半阴暗的阴影区，叫做物体的**半影**。在图 1.9 中，有两个小蜡烛照在圆柱体上，在物体后面桌面上那

个完全黑暗的锥形阴影就是它的本影,周围半阴暗的阴影,就是它的半影。在本影里,无论光源的那一点所发出的光都不能到达,所以它是完全黑暗的;在半影里,它能够受到光源中某一点或某一部分的照射,但是不能受到光源上另一点或另一些部分的照射,所以它是半阴暗的。在图 1.9 中,半影区中 H_1 部分能够受到光源 S_2 的照射,但是不能受到光源 S_1 的照射;半影区中 H_2 部分则能够受到光源 S_1 的照射,但不能受到光源 S_2 的照射;在 H_1 和 H_2 以外的地方,则既能受到光源 S_1 的照射,又能受到光源 S_2 的照射,所以是完全明亮的;这样,在桌面上就有了三个明暗不同的区域。

如果有两个以上的点光源同时照在物体上,这时半影区本身也有了阴暗程度的不同。如

图 1.10 所示,三支小蜡烛照在物体上,靠近本影的半影区比较阴暗一些,再外面一点的半影区就比较明亮一些;同样,半影以外的地方则

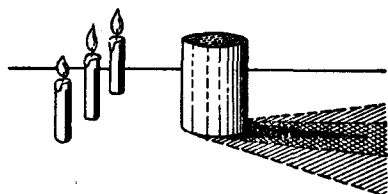


图 1.10

是完全明亮的,因为无论光源的哪一点所发出的光线,都能同时射到那儿去。

如果,光源不是几个孤立的发光点,而是一个体积很大的发光体,这时我们可以把它看成是许多小发光点的组合,物体半影区的阴暗程度也有了连续的变化,越靠近本影的地方越暗,从里到外逐渐变得明亮一些。当然,在半影区外面的地方,则是完全明亮的。本影和半影的形成,都是光的直线传播的结果。

从以上几种情况可以看出,当光源是一个点光源的时候,物体只存在本影,不存在半影,物体的影子也最清晰;当两个或两个以上点光源同时射在物体上时,物体后面就生成本影和半影。光源分布的区域比物体小的时候,物体后面的本影是发散的(图 1.8);光源分布的区域如果比物体大,则物体后面的本影就是收敛的(图

1.9 和图 1.10)。在光源离开被照射物体距离相等的情况下,光源越大,本影就越小,所以太阳光照射在电线杆上,我們在地面上总是看不見电线的影子。在醫院的外科手术室里,就用一个分布区域比較大的光源来照亮手术台,因为它的分布区域比較大,在动手术时,手下面不会产生阴影,所以这种灯叫做无影手术灯(图 1.11)。一般室内照明,也都喜欢应用面积較大或較分散的光源来照明,以减小室内物体所产生的阴影。

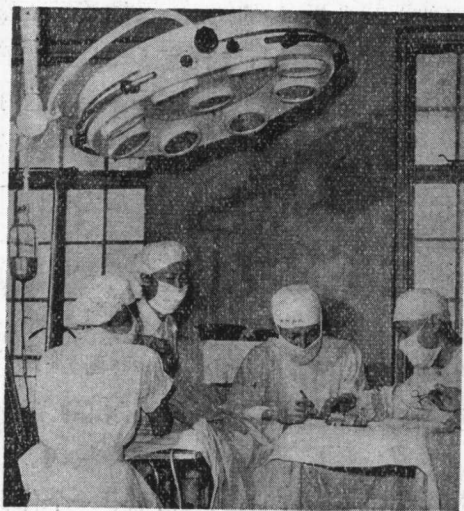


图 1.11

3. 日食 从光源发出的光,沿着直綫向四周傳播出去,投射在不透明的物体上,就会形成影;自然現象中日食和月食,也可以用成影的原理来解釋。

太阳是一个龐大的天然光源,地球和月球本身又都不发光,太阳光照在月球表面,反射到人的眼里,我們就覺得月球很亮,如果没有太阳光射到月球表面上去,我們就不会看見月球。

月球是繞着地球运轉的,地球又圍繞着太阳公轉着,这样,月球就有机会跟太阳、地球处在同一条直綫上。当月球运行到太阳

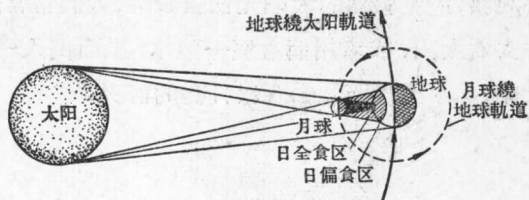


图 1·12 日食的成因

和地球之間时，它的影子可能投射到地球表面上来，于是发生了**日食**(图 1·12)。地球上处在月球本影区域里的人，这时完全看不到太阳(整个太阳都被月球遮住了)，这叫做**日全食**(图 1·13)。日全食时，看上去天色很昏暗，好象是黄昏一样，天上的星星也能看得见。在月球的半影区域里的人们，这时看见太阳缺了一部分，这部分被月球遮住了，就叫做**日偏食**^①(图 1·14)。从图 1·12 和图 1·14 可以知道，发生日食的时候，并不是地球上所有的地区都能看见日食，例如 1955 年 6 月 20 日所发生的一次日食，只有我国南沙群岛、菲律宾群岛等地的人能够看见。在观察日食的时候，不要用眼

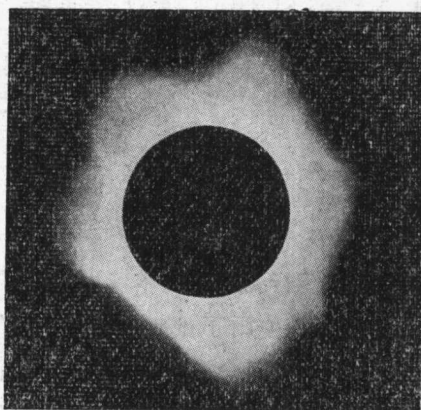


图 1·13 日全食

① 除了日全食和日偏食以外，还有所谓日环食。被月球本影的延长綫籠罩着的地区，就会看到日环食，这时太阳当中阴暗，周围有很光亮的一圈，象一个光环，如图 1·15 所示。

睛直接去观察,避免强烈的太阳光伤害眼睛,人们常常隔着熏黑了的玻璃片去看太阳,或者用面盆盛一盆水,里面倒入一些墨汁,把它对着太阳,然后通过面盆去观察日食的情况。

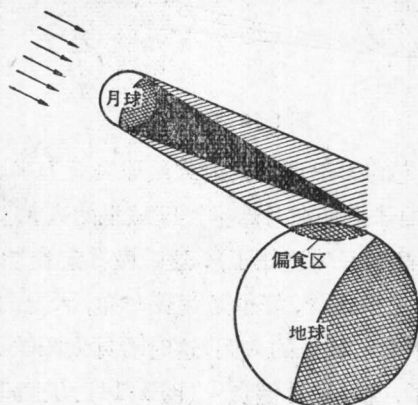


图 1·14 日 偏 食

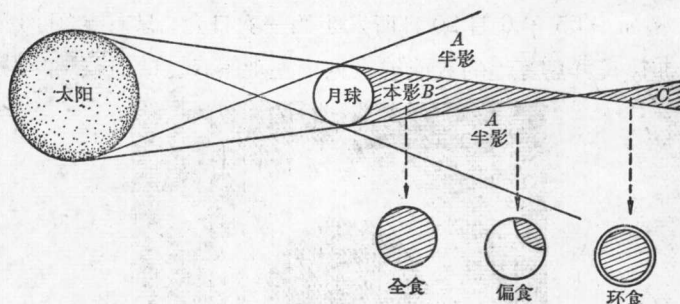


图 1·15

4. 月食 当月球运行到地球的本影里的时候,背着太阳半球上的人,看见原来的圆月变暗了,这叫做**月食**(图 1·16)。整个月球全部进入地球的本影里叫**月全食**;如果月球只有一部分被地球的本影掩蔽,这叫做**月偏食**。图 1·17 就是一次月偏食经过的过程。左上方的第一图是月球刚刚进入地球阴影里的情况,之后就渐渐有更多的部分进入地球的阴影中,右下角的一张图是这次月偏食中月球被地球的阴影掩蔽得最多时的情形,在这以后,月球