

# 普通物理学

第四分册：光 学

★ 梁绍荣 刘昌年 盛正华 主编



高等教育出版社

2)

GAODENG JIAOYU CHUBANSHE

## 内 容 提 要

本书是在国家教委高等学校理科物理教材编审委员会的组织与指导下根据师专及教育学院、初中教师培训等教学大纲的基本要求编写而成的。全书分力学、热学、电磁学、光学和近代物理基础五个分册。本分册的内容为光学总论、几何光学基础、眼睛视觉与色觉、常用光学仪器、光的干涉、光的衍射、光的偏振、成象的波动理论和激光与全息照相共九章。

本书以加强普通物理学各部分的内在联系为原则,内容简明、叙述清楚、概念准确、深入浅出、知识面较广,适合师专教学和培训初中师资的需要。关于学习的基本要求、重点难点分析、解题指导、自我检查题等,均另列入《学习指导书》,单独出版。

本书可作为师专及初中教师培训教材(卫星电视教育、教育学院、函授、自学通用),适用于物理专业。

责任编辑:曹建庭

## 普 通 物 理 学

### 第四分册:光 学

梁绍荣 刘昌年 盛正华 主编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

文字六〇三厂印装

开本850×1168 1/32 印张9.375 字数230 000

1988年10月第1版 1988年10月 第1次印刷

印数 0001—12 210

ISBN 7-04-000994-3/O·558

定价 2.15 元

## 前 言

本书是在国家教委高等学校理科物理教材编审委员会的组织与领导下根据师专及教育学院、初中教师培训等教学大纲的基本要求而编写的。

考虑到物理学是以实验为基础的学科，在编写中我们力求从物理现象与实验事实出发，引入物理概念与物理思想，阐明物理规律，努力做到内容精炼，深浅适度，讲解清楚，表述准确，拓宽知识面，注意联系中学教学及生产、生活实际。本书还以相当的篇幅介绍了本学科的一些最新进展以及物理学史内容，以开扩读者的视野。

光学是研究光现象的一门物理学。作为普通物理学的光学分册，将讨论两个主要内容：以光的直线传播定律、反射定律和折射定律为基础的几何光学（第二、三、四章）；以波动原理阐述光的干涉、衍射和偏振的波动光学（第五、六、七章）。另以一章的篇幅讨论成象过程的波动论解释（第八章）。

激光的发现和激光技术的发展，使光学的研究和应用进入一个广阔领域。本册将在第九章中扼要介绍激光器、激光的性质以及激光的一些应用。

本分册第一章光学总论介绍有关光现象的一些知识。这些内容是学习光学所应了解的，在以后各章中不再讲述，故写在前面供读者参考。

探讨光的本性的重要意义远远超出光学的狭小范围，光的波粒二象性改变了传统的物质观，推动了近代物理学的诞生和发展，较详细的讨论将放在第五分册《近代物理学》中

有关本分册的基本要求、重点难点分析、解题指导等，均列入

与本分册配套的《学习指导书》中。

本分册章节的安排，重点及内容的取舍都经过编者的共同商讨，然后分工撰写，其中第一章与第三章由刘昌年(镇江师专)执笔，其余各章由张家琨(绍兴师专)执笔，审稿会后由张家琨修改定稿，并经过主编审阅。

本分册承山东大学余寿绵教授、云南大学傅宏郎教授(主审)以及北京师范大学黄婉云副教授、昭通师专沈树仁副教授、济宁师专郑德佑副教授、济宁市教师进修学院边大安先生等审阅，提出宝贵意见，对本书的定稿有很大帮助。本书在整个编写过程中还得到了高等教育出版社同志们的大力支持。绍兴师专徐家茂老师为本书绘制了全部插图，镇江师专赵志清、董荣生老师拍摄与翻拍了部分照片(在图号右上角标有\*号者)，在此一并深致谢意。

由于编者水平有限，且时间比较仓促，恳切希望专家与广大读者对书中缺点和错误提出批评指正。

编 者

一九八七年十一月于北京。

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 前言 .....                        | 1  |
| 第一章 光学总论 .....                  | 1  |
| § 4-1-1 光现象 光学的发展 .....         | 1  |
| § 4-1-2 光速 .....                | 3  |
| § 4-1-3 光的电磁本性 .....            | 6  |
| § 4-1-4 光度学简介 .....             | 8  |
| § 4-1-5 光源 .....                | 12 |
| 附录 光学发展大事年表 .....               | 15 |
| 思考题 .....                       | 18 |
| 习题 .....                        | 18 |
| 第二章 几何光学基础 .....                | 19 |
| § 4-2-1 几何光学的基本定律 .....         | 19 |
| § 4-2-2 费马原理 .....              | 23 |
| § 4-2-3 全反射 .....               | 27 |
| § 4-2-4 实象与虚象 光在平面上的反射与折射 ..... | 31 |
| § 4-2-5 光在球面上的反射 .....          | 35 |
| § 4-2-6 光在球面上的折射 .....          | 40 |
| § 4-2-7 薄透镜 .....               | 48 |
| § 4-2-8 理想光具组 .....             | 59 |
| 思考题 .....                       | 71 |
| 习题 .....                        | 72 |
| 第三章 眼睛 视觉与色觉 .....              | 77 |
| § 4-3-1 眼睛 .....                | 77 |
| § 4-3-2 色与色觉 .....              | 83 |
| 思考题 .....                       | 90 |
| 习题 .....                        | 90 |

#### 第四章 常用光学仪器.....91

§ 4-4-1 照相机与投影仪器.....91

§ 4-4-2 放大镜 目镜.....94

§ 4-4-3 显微镜.....97

§ 4-4-4 望远镜.....99

§ 4-4-5 象差概述.....102

思考题.....111

习题.....111

#### 第五章 光的干涉.....113

§ 4-5-1 干涉现象.....114

§ 4-5-2 杨氏实验.....116

§ 4-5-3 相干光源与非相干光源.....122

§ 4-5-4 菲涅耳双面镜 洛埃镜 半波损失.....124

§ 4-5-5 点光源产生的薄膜干涉 坡耳实验.....126

§ 4-5-6 光程与光程差.....130

§ 4-5-7 等厚干涉 劈尖 牛顿环.....132

§ 4-5-8 等倾干涉.....138

§ 4-5-9 迈克耳孙干涉仪.....143

§ 4-5-10 干涉现象的应用.....148

§ 4-5-11 光源的相干性.....152

思考题.....154

习题.....155

#### 第六章 光的衍射.....160

§ 4-6-1 光的衍射现象.....160

§ 4-6-2 惠更斯-菲涅耳原理.....164

§ 4-6-3 夫琅和费单缝衍射.....167

§ 4-6-4 夫琅和费双缝衍射.....177

§ 4-6-5 光栅 光栅光谱.....181

§ 4-6-6 夫琅和费圆孔衍射.....188

§ 4-6-7 光学仪器的分辨本领.....190

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| § 4-6-8 晶体对 x 射线的衍射 .....       | 197        |
| 思考题 .....                       | 202        |
| 习题 .....                        | 203        |
| <b>第七章 光的偏振 .....</b>           | <b>205</b> |
| § 4-7-1 偏振现象与光的横波性 .....        | 206        |
| § 4-7-2 线偏振光与自然光 .....          | 207        |
| § 4-7-3 起偏与检偏 马吕斯定律 .....       | 209        |
| § 4-7-4 双折射现象 .....             | 211        |
| § 4-7-5 晶体双折射仪器 .....           | 218        |
| § 4-7-6 二向色性与人造偏振片 .....        | 221        |
| § 4-7-7 反射与折射起偏 布儒斯特定律 .....    | 223        |
| § 4-7-8 椭圆偏振光与圆偏振光 偏振光的检验 ..... | 227        |
| § 4-7-9 偏振光的干涉 .....            | 236        |
| § 4-7-10 人工双折射 .....            | 240        |
| § 4-7-11 旋光现象 .....             | 243        |
| 思考题 .....                       | 248        |
| 习题 .....                        | 250        |
| <b>第八章 成象的波动理论 .....</b>        | <b>253</b> |
| § 4-8-1 从波动光学到几何光学 .....        | 253        |
| § 4-8-2 阿贝成象理论与波特实验 .....       | 260        |
| § 4-8-3 空间滤波在光学信息处理中的应用 .....   | 263        |
| 思考题 .....                       | 271        |
| <b>第九章 激光与全息照相 .....</b>        | <b>272</b> |
| § 4-9-1 激光与激光器 .....            | 272        |
| § 4-9-2 激光的特性与应用 .....          | 276        |
| § 4-9-3 全息照相 .....              | 283        |
| 思考题 .....                       | 289        |
| <b>各章习题答案 .....</b>             | <b>290</b> |
| <b>主要参考书目 .....</b>             | <b>292</b> |

# 第一章 光学总论

## § 4-1-1 光现象 光学的发展

### (一) 光现象

在人的感觉器官中,听觉和视觉最灵敏,而接触到周围现象最多的还是视觉。古代人活动离不开太阳光,“日出而作,日没而息”。到发明用火之后,人开始利用其他许多人造光源。借助于光的照明观察物体的运动,从水面和镜面认识自己的面容,客观世界的形象就这样通过光而为视觉所感受,这些光被称为可见光。1665年牛顿(1643—1727)研究了色散现象,将日光分解为由红到紫的可见光谱。1880年赫歇尔(J. F. W. Herschel, 1738—1822)发现在光谱的红端以外还有能产生热效应(使温度计指示升高)的部分,称为红外线。1802年里特(J. W. Ritter, 1776—1801)发现在光谱的紫端以外还有能产生化学效应(使照相底片感光)的部分,称为紫外线。所谓光,一般是指能引起视觉的可见光。红外线与紫外线虽不能引起视觉,但可以用一定的器件如光电管、感光底片等探测,所以从广义讲,光也包括红外线与紫外线。

光的发生、传播、吸收、色散、干涉、衍射、偏振以及光与其它物质的相互作用都是光现象。光学就是研究光现象的一门物理学科。

### (二) 光学的发展

光学起源于古代。各民族都有观察光、制镜和使用镜的记载。依时间顺序,以我国墨翟及其弟子所著《墨经》和希腊欧几里德所著《光学》为最早。依研究范围,以阿拉伯的阿尔哈金和我国沈括、赵友钦为最广。光学从一开始就是一门实验科学,不论是墨翟、欧几里德,还是阿尔哈金、沈括、赵友钦,他们都不停留于观察自然

界的光现象，而是利用当时已掌握的物质和技术条件，设计种种实验，定性地和定量地进行研究。

到1600年前后，几何光学已初步奠定了基础。(1)对光的直线传播、反射和折射现象有了定量的描述。(2)制成了平面镜、球面镜和凸透镜，研究了它们成象的规律。(3)观察到了天然的色散现象。(4)研究了人眼，懂得了视力矫正。(5)发明了暗箱，探讨了透镜的组合。以上这些为制造光学仪器奠定了基础。(6)制成了人造光源(主要是油灯和蜡烛)。(7)开始了对光的本性的探索。除了把光看成是微粒运动的朴素认识外，还提出了球面传播的设想。

在1600—1820年二百年间，光学得到了较快的发展。(1)制成复式显微镜，促进了生物学和医学的发展。(2)制成多种式样的望远镜，加深了对宇宙的认识，精确地记录了天体运行的数据，为牛顿力学的产生创造了条件。(3)形成了几何光学的基本定律(开普勒、菲涅耳、费马)。(4)提出了关于光的本性的两种学说：惠更斯的波动论和牛顿的微粒论。(5)观察到干涉、衍射现象。(6)从天体运动首测光速。

这一时期对光学有杰出贡献的科学家是开普勒、胡克、牛顿和惠更斯，研究中心在工业发达的西欧。光学的物质成果和理论成果促进了其它学科如力学、生物学、医学、天文学、矿物学、军事学的发展。

1800—1900年一百年间光学的发展加速了。(1)由于一系列干涉和衍射实验的成功与惠更斯-菲涅耳原理所给予的波动论解释，宣告了波动论的胜利。(2)偏振现象的发现证实光是横波。(3)精确地测定了光速  $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，测出介质中光速小于  $c$ ，从而彻底驳倒了微粒论(机械模型)。(4)创立了光的电磁理论，使光的本性理论摆脱了机械运动观。(5)确定了光速不依赖于观察者的运动，为相对论的诞生提供了实验依据。(6)光谱学有

了很大发展,积累了大量谱线波长的数据,为玻尔原子理论的建立创造了条件。(7)对可见光的色和色觉进行了研究。(8)实现了光和形象的记录、光的储存和再现,发明了照相术和电影。

照相术和电影是这一时期最重要的技术成果,它们已经成为近代科学技术中的一个重要工具,增添了纪录历史的手段,丰富了人类的文化生活。这一时期的理论成果是:波动光学被建立起来,关于光的本性的认识有了巨大突破。

二十世纪的物理学是从量子论和狭义相对论开始的。它们得助于光学的成果,又为光学的进一步发展提供了理论基础。到十九世纪末,光学在理论上的任务似乎只有弄清它的电磁性质了,但不久,实验证实光除了具有波动性以外,还具有微粒性——光由基本单元光子所组成(爱因斯坦)。这就是光的波粒二象性。光的波粒二象性更全面地反映了光的本性,而且波粒二象性的思想还导致了量子论(量子力学)的诞生。继续不断地探索光的本性必将加深对物质世界的认识。

电光源在二十世纪得到迅速发展。代替世纪初的电弧灯制成了白炽灯、荧光灯及高效率新光源以满足各种用途。激光的发明为人类提供了定向性、单色性、相干性很好的高亮度光源,使光学在理论上和技术上都有了新的突破。从此,光学进入了现代光学的新时期。

1960年以后,由于激光的产生所引起的光学的新发展将在本册第八章略加介绍。

## § 4-1-2 光 速

### (一) 光速的测定

古代人类活动范围小,不会察觉光传播需要时间。后来多次观察机械运动,认识到物体通过一定的距离总需要一定的时间,这才开始注意光的传播速度问题。光的微粒论以机械运动来说明光

的传播。这种机械运动观虽是错误的,但运动需要时间则是肯定的,在十六世纪,人们根据经验设想光速一定是很大的。当时测时的工具很不精细:( $\sim 1$ 秒),为了测光速,就要让光通过很长的距离。1607年伽利略初次尝试测定光速。他令两个观察者A和B各持可以开闭的灯分别立在相隔甚远的两个山头,相距 $l$ 。在时刻 $t_1$ ,A打开灯的遮盖物,B见到灯光立即打开自己的灯;在时刻 $t_2$ ,A见到来自B的灯光。依实验设计,光速应等于 $\frac{2l}{t_2-t_1}$ 。多次实验得到的结果很分散,实验失败了。即使不考虑A的计时是否和“开灯”、“见到来自B的灯光”严格同时,单就“B从见到灯光立即打开自己的灯”这一短暂过程进行分析,这个过程需要的反应时间(信息在人体内由神经传导的时间)会因人、因所处条件而异,平均约为0.2秒。由于光速太大,光往返于A、B两地所需时间远小于0.2秒,因此,所得的结果是毫无意义的。要使实验结果有意义,必须使光的传播时间远大于0.2秒。在地面上找不到相距这么远的两个位置。

伽利略测量的失败启发后人,为了测光速,必须把光通过的距离拉长或设法精确测时。

首先测量光速成功的是罗默。他在1676年观察木星的卫星蚀估算得到 $c=215,000\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。后来布喇德雷观察恒星光行差也计算得到同一数量级。显然,这是在太阳系的范围内来观测光通过的距离的。

1849年斐索在实验室中利用他自己设计的控时装置较精细地测出光速(旋转齿轮法) $c=313,000\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。装置如图4-1-1所示,详细情况我们在此不作介绍<sup>①</sup>。

后来用旋转镜法和旋转棱镜法,加长如图4-1-1中 $l$ 的长度和改进控时装置,1933年测得 $c=299,774\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。使用近代的方法

<sup>①</sup> 可参阅姚启钧《光学教程》,人民教育出版社,1981,p.336。

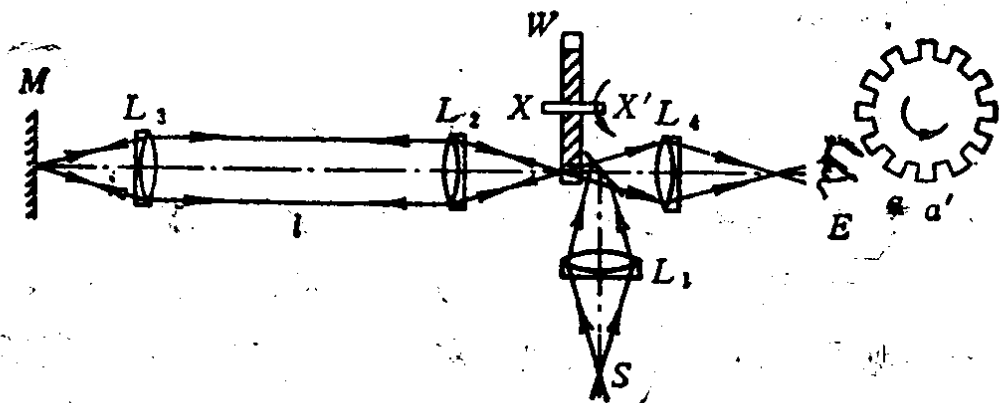


图 4-1-1

法,得到现在公认的光在真空中的速度

$$c = 299,792.458 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}. \quad (4.1.1)$$

这是一个国际计量工作的基准值。1983 年第十七届国际计量大会决议由  $c$  定义米,光在真空中  $1/299,792,458$  秒<sup>①</sup> 通过的距离为 1 米。

## (二)透明介质中光速的测定

如在图 4-1-1 中  $L_2$  和  $L_3$  间放入某种透明介质,就可以直接测定光在该介质中的传播速度。测定结果发现不同波长的光在同一介质中传播速度略有不同,见表 4-1-1。

表 4-1-1 不同波长的光在介质中的速度

| 波长<br>(nm)  | 361                                               | 434   | 486   | 589   | 656   | 768   |
|-------------|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 介质          |                                                   |       |       |       |       |       |
| 高折射率<br>牌玻璃 | $1.938 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 1.955 | 1.963 | 1.972 | 1.976 | 1.980 |
| 重火石玻<br>璃   | $1.758 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 1.789 | 1.801 | 1.816 | 1.823 | 1.830 |

实验证明,光在真空中传播的速度与它的波长无关。光 ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) 在空气 ( $0^\circ\text{C}$  1 atm) 中传播的速度为  $v = 299,705 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ , 对于其它波长的光,速度也无明显差异。当取值四位数

<sup>①</sup> 1967 年第十三届国际计量大会曾规定:秒是  $^{133}\text{Cs}$  的基态二超精细能级之间跃迁辐射周期的 9,192,631,770 倍。

字以内时,可以认为在空气中  $v=c$ 。

### § 4-1-3 光的电磁本性

#### (一) 麦克斯韦关于光的电磁理论及其实验证据

1845 年法拉第在实验中观察到光的振动面在磁场中发生偏转,首先发现了光和电磁现象间的密切联系。1865 年麦克斯韦在总结了从库仑、安培到法拉第等人的电磁学说成就的基础上,提出了“涡旋电场”和“位移电流”两个基本假设,由此预言了电磁波的存在。

以电荷间相互作用的库仑定律为基础规定了绝对静电单位制 CGSE,以电流间相互作用(安培力)为基础规定了绝对电磁单位制 CGSM。在麦克斯韦电磁理论中,电磁波的传播速度等于电量的电磁单位与静电单位之比。1856 年韦伯和柯尔劳斯测定出此比值为  $310,740,000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,与 1849 年斐索、1851 年傅科所测定的真空中的光速  $3.0 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  惊人地接近。据此,1837 年麦克斯韦认为光是电磁波。

1888 年赫兹用振荡偶极子产生了电磁波,并在相分离的电路中产生了电磁振荡,由此证实了电磁振荡在空间的传播,即电磁波的存在。赫兹利用他自己创制的设备进行了许多实验,证明电磁波和光一样,能产生折射、反射、干涉、衍射和偏振现象。

关于光在电磁波谱中的位置请参看第三分册电磁学部分。

#### (二) 电磁辐射和光

##### 1. 电磁辐射

在本书第三分册《电磁学》中已经讲过,电磁波是横波,它是变化着的电场与磁场在空间的传播,其中电(场强度)矢量  $\mathbf{E}$  和磁(场强度)矢量  $\mathbf{H}$  互相垂直,并且都垂直于波的传播方向  $\mathbf{v}$ ,  $\mathbf{E}$ 、 $\mathbf{H}$  与  $\mathbf{v}$  组成一右旋正交系,如图 4-1-2 所示。一个沿  $x$  轴正方向传播的单色平面电磁波可表达为

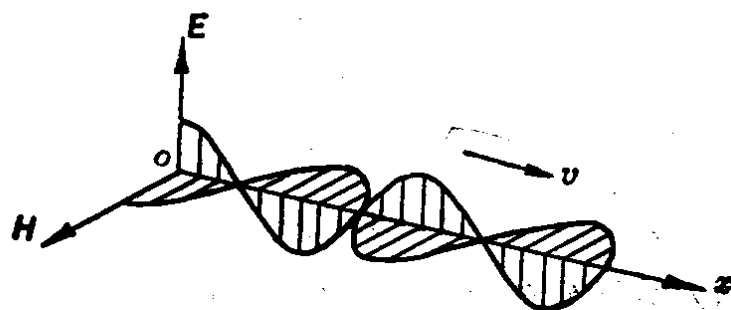


图 4-1-2

$$\begin{aligned} E &= E_0 \cos \left[ \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) - \varphi \right], \\ H &= H_0 \cos \left[ \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) - \varphi \right]. \end{aligned} \quad (4.1.2)$$

其中  $E_0$ 、 $H_0$  分别为  $E$ 、 $H$  的振幅值,  $v$  为波速,  $\omega$  为单色辐射的圆频率.  $E$  和  $H$  的初位相  $\varphi$  相同, 在传播过程中位相恒相等.

电磁理论证明:

$$\sqrt{\epsilon} E_0 = \sqrt{\mu} H_0. \quad (4.1.3)$$

电磁波传播速度

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}}. \quad (4.1.4)$$

在真空中电磁波的传播速度

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}.$$

可以证明, 这个数值等于电量的电磁单位与静电单位之比.

## 2. 辐射能流率

辐射源(或接收体)在单位时间内发出(或接收)的辐射能量称为辐射通量( $\Phi_r$ ). 与传播方向垂直的单位截面内通过的辐射通量称为辐射能流率①( $P$ ),

① “能流率”在有些书上称为“能流密度”。——编注

$$P = \frac{d\Phi_r}{dS}.$$

电磁理论证明

$$\mathbf{P} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}. \quad (4.1.5)$$

$\mathbf{E} \times \mathbf{H} = \mathbf{P}$  称为坡印廷矢量。由(4.1.5)、(4.1.3)式和(4.1.2)式求平均值,可得平均辐射能流率

$$\bar{P} \propto E_0^2 \text{ 或 } H_0^2. \quad (4.1.6)$$

### 3. 光强度

实验证明,光波中能产生光效应(使眼产生视觉,使感光片感光等)的是其中的电矢量。所以,在讨论光现象时,只考虑电矢量的变化情况,把电矢量称为光矢量,把电矢量的周期性变化称为光振动,而(4.1.2)式的第一式代表整个光波的表达式。

## § 4-1-4 光度学简介

### (一) 光度学量

1. 光通量  $\Phi$  光源在单位时间发出的能量称为辐射通量,单位是瓦(W)。人眼对不同波长的光的视觉灵敏度不一样。例如对黄绿光感觉最灵敏,对红光与紫光灵敏度较差。同样是接受 1 W 的能量,黄光在人眼中引起的视觉强度比红光或紫光来得强。为了表示光源的客观辐射通量在人眼引起的主观视觉强度,引入光通量这个物理量,它的数值等于辐射通量乘上一个称之为视见函数的系数。这个系数与人眼对某种波长的光的视觉灵敏度成正比。黄绿光( $\lambda = 555 \text{ nm}$ )最灵敏,规定其视见函数为 1,红光不灵敏,视见函数小于 1,等等。比较两种光在引起同样的视觉强度时所需辐射通量,可以确定视见函数的数值。光通量可理解为对视觉有效的辐射通量。

### 2. 点光源的发光强度

如光源的线度远小于它与受照物体间的距离时,光源所发的

光可以视为发自一点。这样的光源称为点光源。与质点、点电荷一样,点光源也是一种理想模型。

发光强度  $I$  表示点光源在某一方向上发出的光通量的密集程度(发出光通量的本领),它定义为某一方向上单位立体角内发出的光通量,

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}. \quad (4.1.7)$$

$\Phi$  为光通量,  $\Omega$  为顶点在点光源处的立体角,由图 4-1-3 可知

$$d\Omega = \frac{dS}{R^2}.$$

点光源  $L$  发出的光通量均匀分布在整个球面或  $4\pi$  球面度(sr)上.

### 3. 面光源的光亮度

发光强度概念仅适用于点光源,对于面光源需要定义光亮度  $B$ .

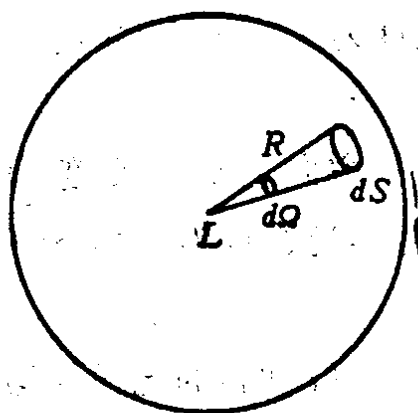


图 4-1-3

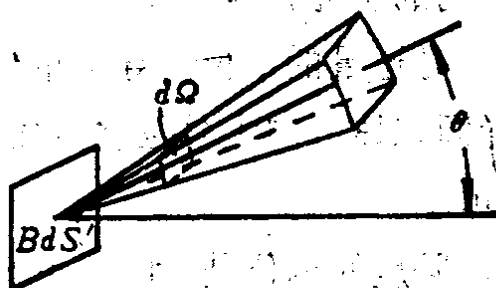


图 4-1-4

$$B = \frac{d\Phi}{dS' \cos \theta d\Omega}. \quad (4.1.8)$$

式中  $d\Phi$  为面元  $dS'$  在与其法线成  $\theta$  角方向上元立体角  $d\Omega$  中发出的光通量(图 4-1-4)。一般情况下光亮度随方向而变。朗伯发现,某些光源,如太阳、月亮、粗糙的发光面,光亮度  $B$  不随方向而

变,即  $d\Omega$  内的光通量  $d\Phi$  与  $\cos \theta$  成正比(朗伯定律)这种光源称为余弦辐射体或朗伯光源。

$dS' \cos \theta$  为面元  $dS'$  在  $\theta$  方向上的投影,称为表观面积,由(4.1.8)式可知,余弦辐射体在  $\theta$  方向上的光通量与光源的表观面积成正比,因此,这种光源从各个方向上去看都一样亮。太阳是球形发光体,但它看起来象一圆盘,即中央部分和边缘部分没有区别,说明太阳是一个余弦辐射体。

#### 4. 光照度(光强) $E$

投射到单位面积受照面上的光通量称为光照度( $E$ ),在很多场合不很严格地称之为光强。

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (4.1.9)$$

一个象的明暗就与光照度成正比。

### (二) 光度学单位

1. 发光强度是国际单位制(SI)七个基本量之一<sup>①</sup>。发光强度的单位是坎德拉(cd)。1979年第十六届国际计量大会规定,发出频率为  $5.40 \times 10^{14} \text{ Hz}$  的单色辐射强度为  $1/683 \text{ W/sr}$  时,光源在该方向的发光强度为 1 cd。

2. 光通量的单位是导出单位。某一方向上发光强度为 1 cd 的点光源在该方向上单位立体角内发射的光通量为  $1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$  (又称流明 lm)。

3. 照度的单位是  $\text{cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$  (流明)的光通量均匀分布在  $1 \text{ m}^2$  的面上,面上的照度为  $1 \text{ cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{m}^{-2}$  (或  $1 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$ , 又称为 1 勒克司 lx)。

4. 光亮度的单位是  $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$

### (三) 光度学量的测定

在光度学量的测定中,最基本的是发光强度的测定。测定一

<sup>①</sup> 七个基本量:长度、质量、时间、温度、电流强度、物质的量和发光强度。