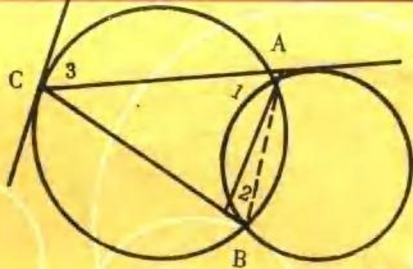


数理化基础知识

M



物理

(四)

山东科学技术出版社

数理化基础知识

物 理

(四)

田 均 福 张 洪 普 任 兰 亭
章 云 台 周 长 贺 欧 阳 玲 君 编

山东科学技术出版社

一九八〇年·济南

内 容 提 要

本书是《数理化基础知识》中的一本,主要介绍了几何光学、波动光学、光的量子性、光度学、原子物理学、电子核等方面的基础知识和基本理论。

本书文字朴实,说理清楚。可供中等业余学校作教材用,也可作为知识青年和干部的自学用书,还可供考大学的青年和在校学生学习参考。

数理化基础知识

物 理

(四)

田均福 张洪普 任兰亭 编
章云台 周长贺 欧阳玲君

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东人民印刷厂印刷

*

787×1092毫米32开本 10.125印张 1插页208千字

1980年12月第1版 1980年12月第1次印刷

印数: 1—34,900

书号 13195·40 定价 0.85元

编者的话

数学、物理、化学是重要的基础学科。它已经渗透到人们的全部实践活动。纵览宇宙，运算天体，探索粒子之微，揭示生命之谜，从高深抽象的科学理论，到人们丰富繁杂的日常生活无处不用数理化。今天，在向四化进军中，越来越显示出学好数学、物理、化学的重要作用。

从提高整个中华民族的科学文化水平出发，为配合业余教育的全面开展，满足广大读者自学的迫切需要，特别是为了帮助考大学的青年和在校学生加深对课本知识的理解，提高分析问题和解决问题的能力，我们编写了这套《数理化基础知识》。其中，《代数》3册，《几何》、《三角》、《解析几何》、《微积分》各1册；《物理》4册；《化学》2册。

在编写过程中，我们根据成人和速成的特点，参照教育部现行中学教学大纲的内容，由浅入深，循序渐进，着重讲清数学、物理、化学的基本概念和基本知识，对每一章中的关键性问题都做了重点介绍，并重视了运算技巧的训练和分析总结解题规律。每册书都选有一定数量的综合性习题，在选习题时还注意了习题的典型性，以培养读者举一反三的能力。每章后有小结，难度大的习题有提示，每册书末有答案备查。

这套基础知识丛书，可供中等业余学校作教材用，也可作为知识青年和干部的自学用书，还可供考大学的青年和在校学生学习参考。

目 录

第一章	几何光学	3
§ 1.1	光的媒质和传播速率	3
§ 1.2	光的直线传播	9
§ 1.3	光的反射	17
§ 1.4	光的折射	32
§ 1.5	折射元件	41
§ 1.6	光学仪器	57
小 结	68
复习题一	72
第二章	波动光学	77
§ 2.1	波动和光.....	77
§ 2.2	光的干涉.....	84
§ 2.3	光的衍射.....	99
§ 2.4	光的偏振	110
§ 2.5	光的散射和吸 收.....	117
§ 2.6	光的色散和光谱分析	120
§ 2.7	不可见光	125
小 结	129
复习题二	133
第三章	光的量子性	137
§ 3.1	空腔的辐射	137
§ 3.2	光电效应	141
§ 3.3	康普顿效应	147

§ 3.4	光压	152
§ 3.5	微弱光的量子起伏	154
§ 3.6	光的波粒二象性	156
小 结		158
复习题三		159
第四章	光度学	161
§ 4.1	光源和发光	161
§ 4.2	光通量	165
§ 4.3	发光强度	167
§ 4.4	面发光度和照度	171
§ 4.5	亮度	175
§ 4.6	光度计	178
小 结		181
复习题四		183
第五章	原子物理学	184
§ 5.1	原子学说	184
§ 5.2	电子的发现	187
§ 5.3	原子结构模型	191
§ 5.4	α 粒子的散射实验和原子的有核结构	192
§ 5.5	氢原子光谱的实验规律	196
§ 5.6	玻尔的氢原子模型	198
§ 5.7	富兰克——赫兹实验	210
§ 5.8	物质粒子的波粒二象性	216
§ 5.9	电子的运动状态与化学元素周期表	229
§ 5.10	激光的产生和应用	237
小 结		246
复习题五		249
第六章	原子核	253

§ 6.1	放射性衰变	253
§ 6.2	放射性探测方法	262
§ 6.3	原子核的人为衰变	269
§ 6.4	中子	271
§ 6.5	原子核的组成	273
§ 6.6	原子核的结合能	276
§ 6.7	重核的裂变	279
§ 6.8	轻核的聚变	285
§ 6.9	原子武器防御	289
§ 6.10	中子弹	290
§ 6.11	放射性同位素	292
§ 6.12	基本粒子	298
	小 结	304
	复习题六	308
	习题答案	311

光,是使眼睛产生明亮感觉的一种物质.它普遍地存在于宇宙之中.白天,阳光普照,大地生辉;夜晚,星光闪闪,月色融融.

在自然界里,光起着传递信息和能量的作用.光不仅能够把环境照亮,使人们看清世界,而且光本身犹如一卷内容丰富的档案,记载着许多宝贵的信息.庞大的天体,大得难以测量;微小的原子,小得难以观察.但是,有关它们的内部结构和运动状态等情况,全都反映在各自所发出的光里.因此,可以把光称为传播信息的使者.光在传播信息的同时,也能传递能量.所以,光又是一种取之不尽的能源.

光把光明与温暖带给人间,成为生活和工作中不可缺少的因素.有史以来人们就十分重视光的研究.各个文明古国的最早典籍中都有不少光学知识的记载.我国古籍《墨经》中详细地总结了光的直线传播和球面镜成像的规律.古希腊哲学家欧几里德的著作中阐述了光的反射定律和眼睛可以看见物体的道理.光学是一门古老的学科.十七世纪,斯涅尔和笛卡尔总结了光的反射定律和折射定律,又经牛顿、惠更斯等著名科学家的研究和争论,光学逐渐发展成一门内容丰富的科学.

光学是物理学的一个组成部分.它本身又可根据内容与方法的不同而分为几何光学、波动光学、量子光学和光度学

四个部分。由于波动光学和量子光学都涉及光的物理本性问题，所以也常把这两部分合称为物理光学。

在本书中，我们将分别介绍光学的一些基础知识。

第一章 几何光学

几何光学是光学中专门研究光的传播规律的一个分支。它不涉及光的物理实质，也不讨论光与物质的作用，仅以光在均匀媒质中的直线传播，以及光在媒质界面上的反射、折射为基础，用直线表示光的路径和方向，通过几何作图和几何运算来阐述光的传播和成像规律。几何光学便由此而得名。虽然几何光学只是波动光学在一定条件下的近似结果，但在用以解决实际问题时，能够得到基本符合实际的结果。更由于其数学方法的简便易行，所以，直到现在几何光学仍不失为研究光的传播问题的有力工具。

§ 1.1 光的媒质和传播速率

一、光的媒质

光可以在真空中传播，也可以在物质中传播。它能够通过稀疏的空气、洁净的流水和致密的玻璃。凡是能够传播光的物质统称为**透明物质**，或**光的媒质**。反之，光不能通过的物质则称为**不透明物质**。

可以让光通过，是媒质的主要光学特征。但是，任何媒质在传播光的同时，都吸收光和散射光，使光的强度逐渐减弱。也就是说，一切透明的物质都包含着不透明的因素。透明的物质如果很厚，可以完全阻止光的通过。由于阳光不能

照到很深的水下，所以深海之中因得不到光照而终日漆黑。不透明的物质如果很薄也可以变得透明。例如光能够穿过菲薄的金箔。尽管透明物质和不透明物质之间并没有绝对的界限。但在一般情况下把光的媒质和不透明物质区分开来还是有意义的。

光的媒质之所以能够被人看见，正是因为它们具有不透明的因素。媒质中的不透明成分可以把沿一定方向传播的光少量地散射到其他方向。因此，在不同的方向上都能够看到散射光，媒质方能显得明亮起来，并直接显示出光所通过的途径。如果媒质也能象真空那样理想地透明，没有丝毫的散射和吸收，就不能看到光的传播途径。

由于空气、玻璃和水等常见媒质的透明程度较好，光在其中传播时强度减弱较为缓慢，所以在讨论光的传播过程时，通常只注重研究光的传播规律，而暂不考虑散射和吸收带来的影响。

光的媒质种类很多，透明的情况各不相同，为了便于阐述光在各种媒质及其分界面上的传播规律，首先需要弄清光在媒质中的传播速率。

二、光的传播速率

经验告诉我们，光的传播是很快的。当雷雨到来时，总是先看到闪光，后听到雷声。当飞机从空中掠过时，听到的方向总是落后于看到的方向。这些现象表明，光比声音传播得快。其实，声音的传播也是很快的。声音在空气中的传播速率约为340米/秒，但是与光速相比，声速就显得很慢了。那么，光的传播速率究竟多大呢？它在各种媒质中的传播速率有没有差别呢？这就是我们所要讨论的问题。

为了测定光的速率，意大利物理学家伽利略（1564～1642年）仿照自己测定声速的方法，做了一次有趣的尝试。其方法是：两人各持一盏信号灯，分别站在两座相距很远的山上。其中一人首先开灯，并且同时启动钟表。另一人看到光信号后马上开灯回照。当前者收到后者发还的灯光时，则立即把表停住。伽利略希望借此测出光往返一次所用的时间，以便用来计算光的传播速率。然而事实表明，这段时间竟然短得无法计量。因此，实验未能成功。伽利略由此得出的结论是，光“如果不是瞬时的，也是异常迅速的。”他启示人们，要想做出进一步的判断，必须加大光的行程，并改进计时的方法。

三、光速的测量方法

1. 木卫星食法

1675年在巴黎天文台工作的丹麦天文学家罗麦借助于观测木卫星食的方法，首先得出了光以有限速率传播的著名论断（图1·1）。

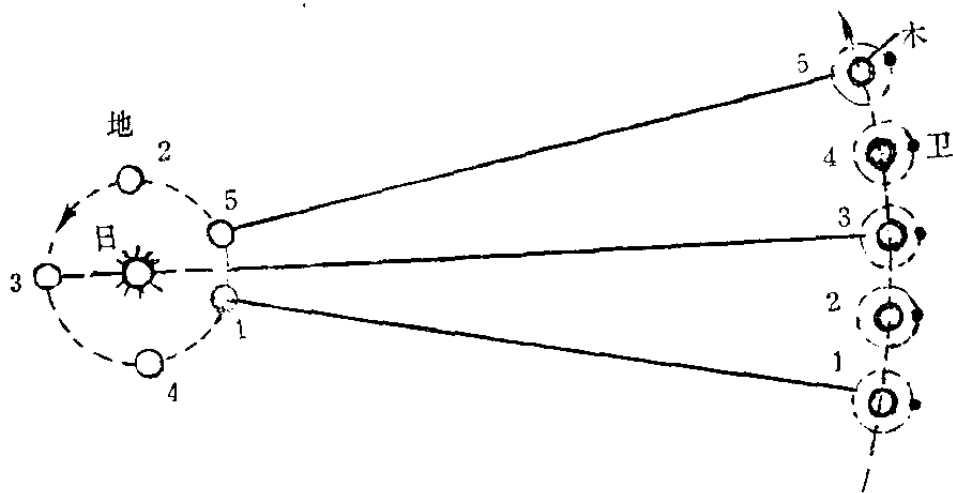


图1·1 木卫星食法测定光速的原理

木星围绕太阳运转的周期为12年。其轨道位于地球轨道的外面。它有11颗天然卫星。由于卫星绕木星公转的轨道平

面与地球和木星绕太阳公转的轨道平面几乎重合，卫星每逢进入木星的阴影就发生一次卫星食。在地球上可以利用望远镜很准确地观测出发生卫星食的现象。长期观测的结果表明，距木星最近的一颗卫星发生食的平均周期为42小时28分16秒。奇怪的是，在地球与木星逐渐远离的期间里，木卫星食的周期略微长些。累计延长的时间约为10分钟。而在地球与木星逐渐靠近的期间里，木卫星食的周期略微短些，累计缩短的时间也是10分钟。

为了解释这个现象，罗麦认为木卫星运转的周期应该是固定的，因而发生卫星食的周期也是不变的，只是看到卫星食比发生卫星食要晚一段时间。当地球与木星逐渐远离时，光从木星传到地球所用的时间越来越长，地球上的人看到发生食的光信号来得迟，则观测到卫星食的周期变长。同理，当地球与木星逐渐靠近时，则观测到卫星食的周期缩短。罗麦根据他长期精心的观测，得出的结论是：光通过与地球轨道直径 D 相等的距离所需要的时间 T 约为22分钟，因此得出光速 C ：

$$C = \frac{D}{T}. \quad (1-1)$$

当时罗麦算出的光速为 2.15×10^8 米/秒。现代，由于人们精确地测定了地球轨道直径和木卫星食的延迟时间，用同样的方法得出光的传播速率为 2.98×10^8 米/秒。

2. 齿轮法

1849年法国人斐索首次在地面上测出了光在空气中的传播速率。斐索齿轮法的原理如图1.2所示。从光源 S 发出的光可以通过齿隙照射到远处的平面镜上，并沿原路反射回来被

眼睛吸收。如果在光往返一次的时间里，齿轮恰好转过一个齿隙，则光被齿牙阻断，不为眼睛所见。根据光被阻断时齿轮的转速 v 和齿牙、齿隙的总个数 $2n$ ，可以算出转过一个齿隙所需要的时间为 $\Delta t = \frac{1}{2nv}$ 。若用 L 表示齿轮到反射镜的距离，则可得光速的计算公式为：

$$C = \frac{2L}{\Delta t} = 4nLv. \quad (1-2)$$

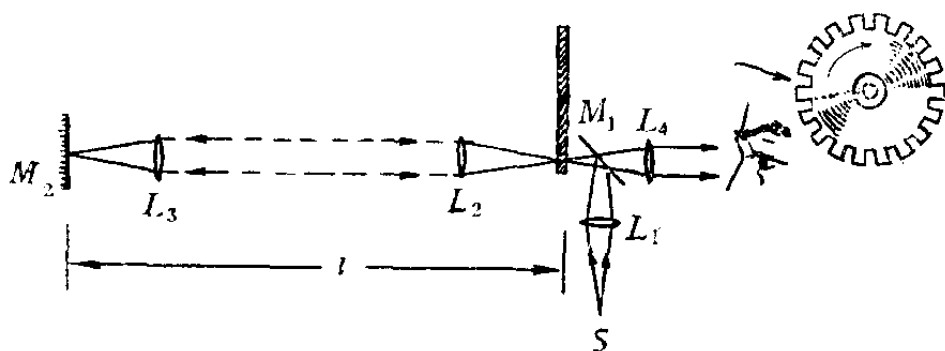


图1·2 齿轮法测定光速的装置

当时斐索测得的光速为 3.15×10^8 米/秒。后来人们改进了实验装置，测得光在空气中的传播速率为 2.99×10^8 米/秒。

3. 旋转棱镜法

齿轮法计时的设想是很巧妙的，但是，光被阻断的情况不易准确判断。后来，美国人迈克尔逊用旋转棱镜代替旋转齿轮，进一步提高了测量的精确度。图1·3是简化了的旋转棱镜法实验装置。其中强光源 S 、八棱镜 M 和望远镜 T 安装在一座山上，凹面镜 M_1 和平面镜 M_2 安装在另一座山上。当八棱镜处于图示的位置时，从强光源 S 发出的光经过一系列反射之后正好为望远镜接收；当八棱镜转动离开此位置时，光线便从望远镜中消失了。如果在光线往返一次的时间内，八棱镜恰好转过 $1/8$ 周，则原来反光面的位置恰好被另一个相邻的

侧面占据。这时则又可以从望远镜中看到反射回来的光。根据棱镜的转速 V 和两山之间的距离 L 便可计算出光的传播速率。

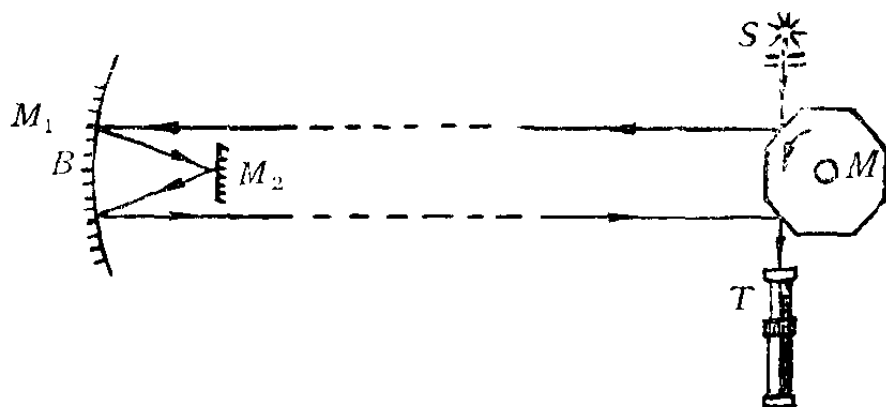


图1.3 旋转棱镜法

现在人们已经掌握了准确测定光速的多种方法。目前，光在真空中的传播速率被公认为：

$$C = 299793.0 \pm 0.3 \text{ 千米/秒} \approx 3 \times 10^8 \text{ 米/秒}.$$

四、光疏媒质和光密媒质

光在空气中的速率略小于真空中的光速，一般不加区别。光在其他各种媒质中的传播速率都小于这个数值。

表 1—1 几种常见媒质中的光速

水	2.23×10^8 米/秒
水晶	2.0×10^8 米/秒
二硫化碳	1.71×10^8 米/秒
金刚石	1.20×10^8 米/秒

两种媒质相比较时，光的传播速率大的称为**光疏媒质**。光的传播速率小的称为**光密媒质**。例如，水与空气相比，空气是光疏媒质，水是光密媒质。如果水与水晶相比，则水是光疏媒质，水晶是光密媒质。光疏和光密只是相对而言，没

有绝对的光疏或者光密媒质。

此外，在任何一种媒质里，各种不同颜色的光传播速率也略有差别。其共同的规律是颜色从红到紫，速率由高到低。只有在真空中各种色光的速率才完全相同。

【例】一架激光器从地面上向着月球发射脉冲激光，经过2.7秒钟接收到从月球返回的光信号。从这次实验测出的地球和月球间的距离 L 是多少？

解 光在2.7秒内通过的距离等于地球与月球的距离 L 的二倍，即 $3 \times 10^8 \text{米/秒} \times 2.7 \text{秒} = 2L$ ，
所以 $L = 4.05 \times 10^8 \text{米/秒}$ 。

习 题 1

1. 什么样的物质是光的媒质？举例说明什么叫光疏媒质和光密媒质？

2. 能否直接看到光的传播途径？怎样才能使光的途径显示出来（在黑夜里用手电筒进行实验。实验时只让光束从眼前通过，而不让眼睛看到手电筒和被照射的景物）？

3. 太阳到地球的距离约为 1.49×10^8 公里，问太阳光传播到地球上需要经过多长时间？

4. 天文学上把光在一年之内所通过的距离，取名为“光年”。试计算1光年等于多少米？

§ 1.2 光的直线传播

一、光的直线传播定律

阳光通过孔、缝射入烟尘飞扬的暗室，便显出一道笔直的光柱。用直线把影子和实物的对应点连接起来，其方向总

是指向光源（图1·4）。这些现象表明，光是沿着直线传播的。由于这个原因，人们常常把光的传播途径和几何直线等同起来；有时还以光的传播途径作标准，去检验直线。例如，沿直线栽树的时候，一般都不把直线画出来，而是在两个端点立标观看，每当中间的树杆遮断了光从一端传向另一端的通路时，便认为树处在连接两个端点的直线上了。

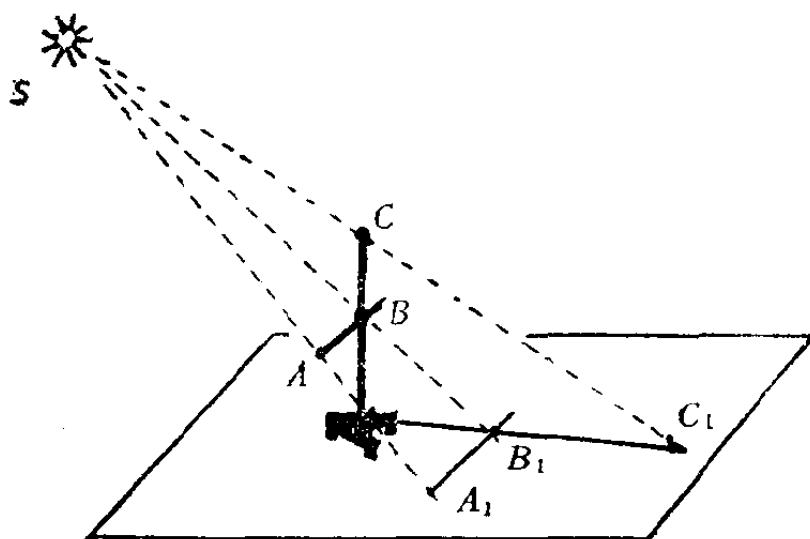


图1·4 光的直线传播

光沿直线传播的规律是显而易见的。然而，并不是在任何情况下光都沿直线传播。例如，光在通过某种非均匀的媒质时，就会逐渐改变方向而沿曲线传播（图1·5）。光在穿过不同媒质的分界面时，就会突然改变方向而发生偏折。此外，光在通过很小的孔、缝或者穿越强大的引力场时，也会偏离原来的传播方向（图1·6）。

总之，光只有在同种均匀媒质中，通过不太小的空间时，才沿着直线传播。由于一般常见的光现象能够

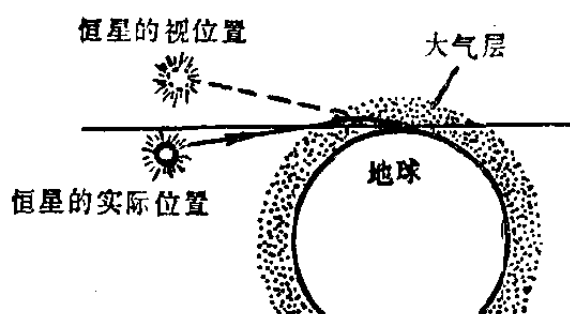


图1·5 星光通过大气层时发生弯曲