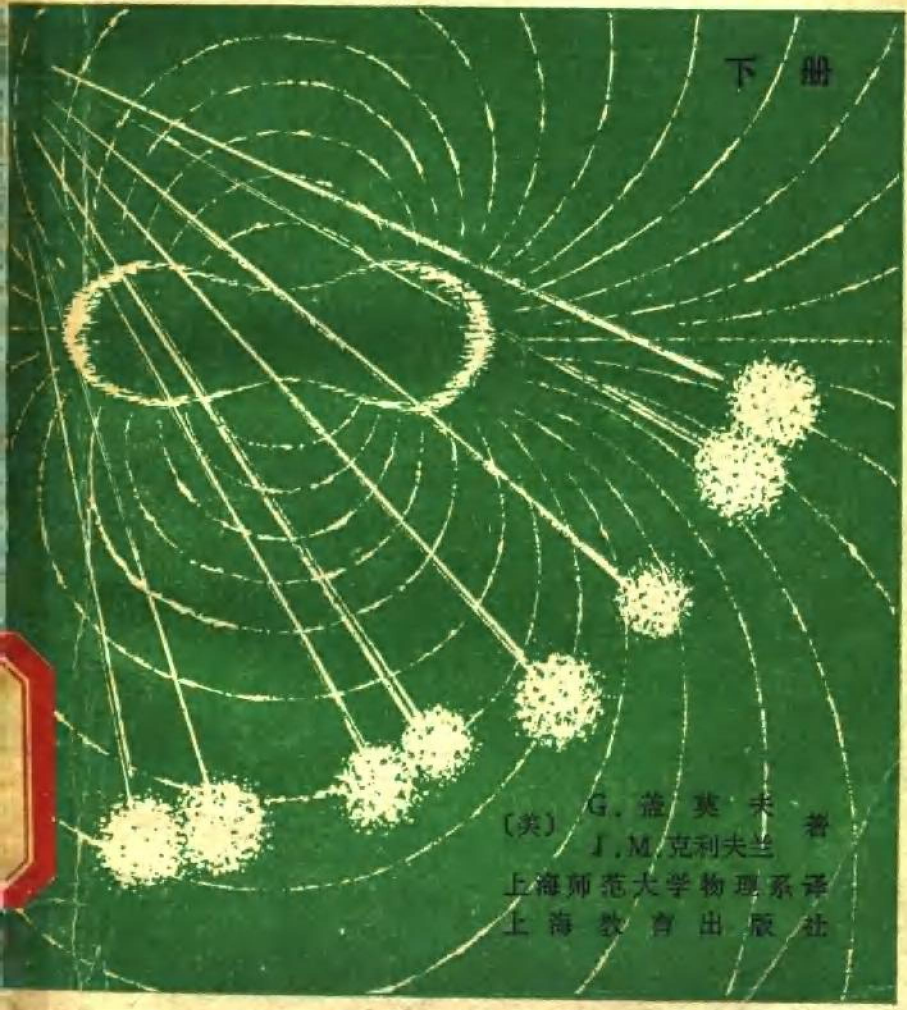


物理学基础与前沿

下 册



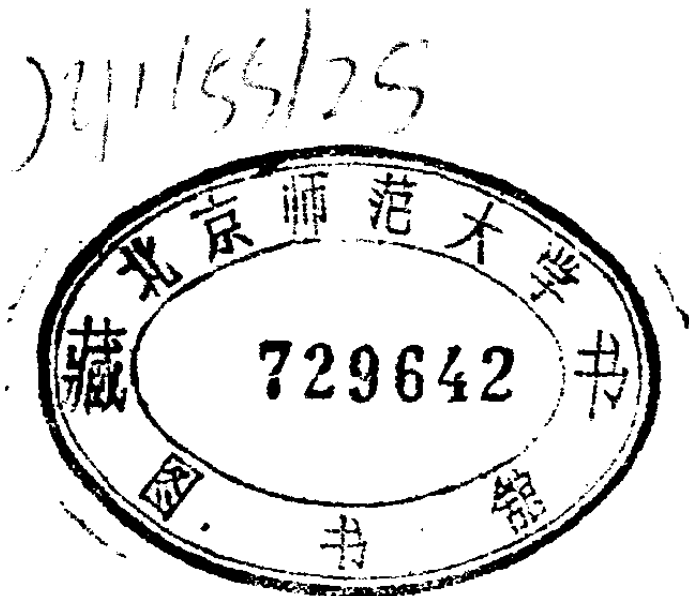
(美) G. 盖莫夫 著
J. M. 克利夫兰
上海师范大学物理系译
上海教育出版社

物理学基础与前哨

下 册

〔美〕 G. 盖 莫 夫 著
J. M. 克利夫兰

上海师范大学物理系 译
许 国 保 校



上海教育出版社

物理学基础与前哨

下 册

[美] G. 盖 莫 夫 著
J. M. 克利夫兰

上海师范大学物理系 译

许 国 保 校

上海教育出版社出版

(上海永福路 123 号)

新华书店上海发行所发行 江苏宜兴印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10 字数 215,000

1980 年 7 月第 1 版 1980 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—30,000 本

统一书号: 7150·2092

定价: 0.85 元

目 录

19	光线	1
19-1	光的速度	1
19-2	光的反射	4
19-3	平面镜	6
19-4	凹面镜和凸面镜	7
19-5	折射	12
19-6	棱镜	15
19-7	全内反射	16
19-8	透镜	18
19-9	透镜组	22
20	光波	29
20-1	光为什么被折射?	29
20-2	杨氏双缝干涉	32
20-3	单缝干涉	36
20-4	光栅	38
20-5	薄膜	40
20-6	偏振	43
20-7	电磁波谱	45
20-8	色光	47
20-9	天空中的颜色	48
21	光学仪器	54
21-1	光学象差	54
21-2	眼睛	56

21-3	照相机	62
21-4	分辨率	64
21-5	眼睛的分辨率	67
21-6	简单放大镜	68
21-7	望远镜	69
21-8	显微镜	74
21-9	分光镜	76
22	量子	84
22-1	热体的光发射	84
22-2	红外和紫外辐射	85
22-3	紫外的灾变	86
22-4	量子的诞生	87
22-5	光电效应的谜	90
22-6	康普顿效应	95
23	玻尔原子	100
23-1	玻尔假设	100
23-2	玻尔轨道	103
23-3	电子能量	104
23-4	辐射和能级	105
23-5	玻尔理论的成就与局限性	107
24	原子结构	112
24-1	量子数	112
24-2	不相容原理	115
24-3	电子壳层和周期表	116
24-4	多电子原子的光谱	125
24-5	激光	126
24-6	连续光谱	128

24-7	X 射线谱	130
25	粒子的波动性	134
25-1	德布罗意波	134
25-2	电子显微镜	140
25-3	测不准原理	142
25-4	概率波	145
26	放射性和原子核	149
26-1	放射性的发现	149
26-2	原子核的性质	150
26-3	极隧射线和同位素	151
26-4	α 、 β 和 γ 射线	155
26-5	放射性元素的族	157
26-6	蜕变能	159
26-7	半衰期	160
26-8	铀-铅定时	162
26-9	碳-14 定时	163
26-10	氡定时	166
27	人工核转变	171
27-1	轰击原子核	171
27-2	核转变的摄影	172
27-3	其他径迹器和计数器	174
27-4	早期的粒子加速器	177
27-5	回旋加速器	179
27-6	其他的粒子加速器	182
28	原子核结构	187
28-1	核粒子	187

28-2	质量亏损和核结合能	189
28-3	质量亏损和核反应	191
28-4	原子核的液滴模型	192
28-5	原子核的壳层模型	194
29	大规模核反应	198
29-1	裂变的发现	198
29-2	中子、铀、能量	198
29-3	铀和中子轰击	199
29-4	链式反应	200
29-5	临界大小	202
29-6	第一个核反应堆	204
29-7	裂变燃料	207
29-8	核裂变功率反应堆	209
29-9	增殖反应堆	211
29-10	聚变反应堆	213
30	粒子啊, 粒子!	220
30-1	正电子: 反电子	220
30-2	电子对的产生和湮没	223
30-3	反质子和反中子	224
30-4	难捉摸的中微子	226
30-5	交换力和介子	228
30-6	基本(?) 粒子	233
31	生物物理学	236
31-1	大小的效应	236
31-2	神经冲动的传导	239
31-3	心电图和脑电图	240
31-4	心脏起搏器	241

31-5	触电	243
31-6	放射性同位素作为“示踪物”	244
31-7	辐射在医学上的应用	245
31-8	辐射的生物学效应	246
31-9	辐射曝照的概况	249
32	地球物理学	251
32-1	大气的结构	251
32-2	对流层中的环流	255
32-3	气旋和反气旋	257
32-4	天气能量	258
32-5	越深越热	260
32-6	地球的内部	261
32-7	漂浮的大陆	264
32-8	地磁	267
32-9	矿石磁性	267
33	天体物理学	270
33-1	太阳内部	270
33-2	太阳里的能量产生	272
33-3	太阳的聚变反应	273
33-4	太阳黑子和磁性	276
33-5	恒星的进化	278
	参考表	284
	奇数问题的答案	288

19 光 线

19-1 光的速度

光是一种以某种方式在空间传播的能量形式，你用肉眼“看到”的仙女座星云，是从它的出发点经历了二百万年，最后落到你的网膜上作刺激性化学变化的作用中被吸收的光。

为了明了光在这次行程中经历了二百万年，很明显，我们必须具有某些关于仙女座星云的距离的知识（我们把这问题让给天文学家）和关于光的传播速率的知识。

第一次试图测量光的传播速率的是由伽利略用一种非常原始的方法进行的。一天傍晚，他和他的助手分别在佛罗伦萨附近的两座远隔的小山上。他们各带一个有开关的提灯。当伽利略的助手一看到从他主人带的提灯传来的闪光，就立刻打开他的提灯。如果光以有限的速率传播，那末来自助手的提灯的闪光要经过一定的延迟才会被伽利略观察到。然而这个实验的结果完全是否定的，而我们现在十分清楚究竟为什么。光传播得很快，在伽利略实验中所盼望的延迟，必然只有约几十万分之一秒，这对人的感觉是完全觉察不到的。

丹麦天文学家罗麦 (Olaus Roemer) 第一次成功地测量了光的速度。他不是观察在邻近山上的助手的灯光，而是研究了木星的月亮，这样就使光经历的路程增加了几亿倍。罗麦的方法如图 19-1 所示，图中表明地球、木星和木星的一个月亮的轨道。环绕着木星运动的“月亮”当它进入由木星形成的宽大本影锥时，发生周期性的“月蚀”。研究这些“月蚀”，

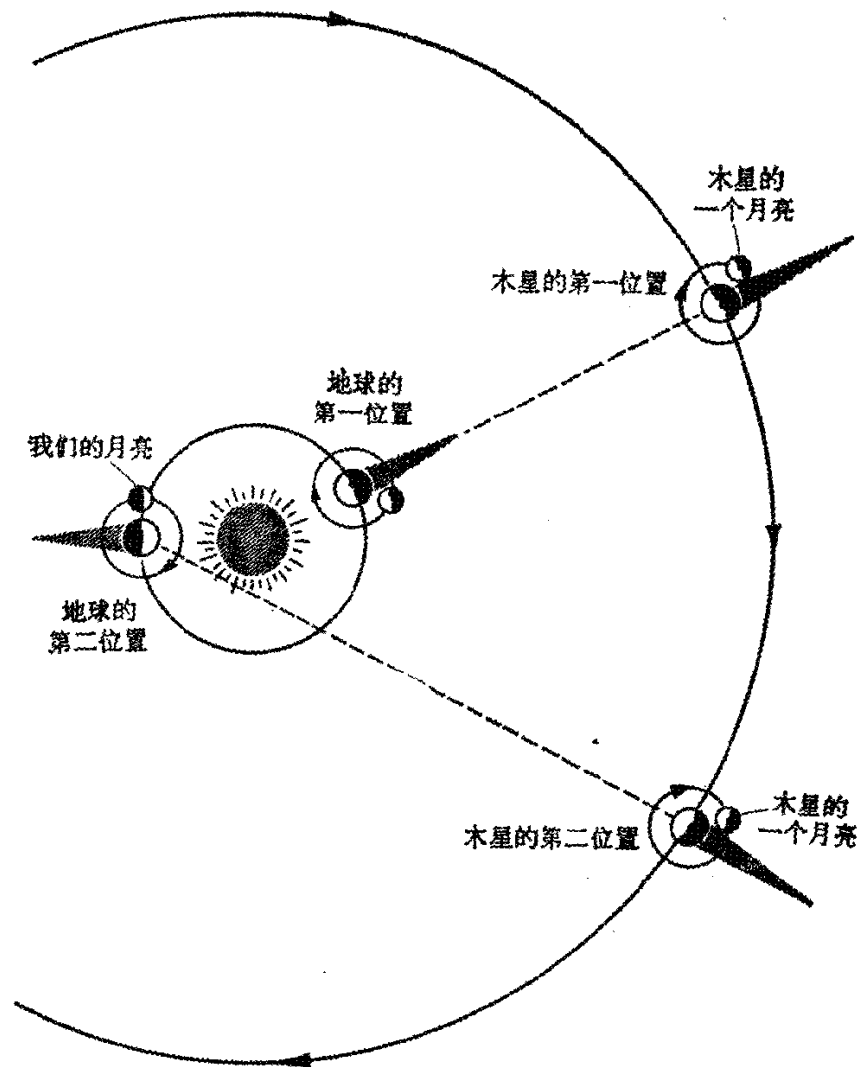


图 19-1 由观察木星的月亮的月蚀,测量光的速度的罗麦方法

罗麦注意到当地球和木星在太阳的同一边(第一位置)时,“月蚀”比它们的平均时间表提前发生,而在相反的情况(第二位置)下延迟发生。十七世纪的钟不是非常可靠和准确的,而罗麦的最精密的数据是“月蚀”提前和延迟各约 11 分钟。根据这些观察,罗麦正确地总结出光的速率,它穿过那时设想的约 2.9×10^8 千米的地球轨道直径将需要 22 分钟。这给

出光速的值为 2.2×10^8 米/秒。当然这个数字是偏低的,然而考虑到当时粗糙的技术,这还是一个值得注意的成就。不管它的准确度如何,它至少表明了光速不是如那时许多人所相信的那样,是无限的,而是有限的和可以测量的。

1849 年在实验室里第一次测量到光速,是由法国物理学家斐索 (H. L. Fizeau) 完成的,他的设备的基本原理如图 19-2 所示(斐索用透镜将光会聚成狭束,图上未表示出)。720 齿的齿轮固定不动时,光束穿过一个齿间空隙投射到 8633 米外的镜子反射回来,经过同一齿间空隙而进入斐索眼内。当齿轮以某一速率转动时,发出的光穿过齿轮,但反射回来的光被齿阻拦,因此没有光到达观察者。这种情况将在光经历 $2 \times 8633 = 17,266$ (m) 所需的时间,等于齿轮转 $1/(720 \times 2) = 1/1440$ (转) 的时间下发生。斐索发现当他的齿轮转到 12.6 转/秒时,回来的光完全被堵塞,在此转速时,齿轮转 $1/1440$ 转的时间是 $1/(12.6 \times 1440) = 5.51 \times 10^{-5}$ (s)。这就得出光速

$$c = \frac{1.7266 \times 10^4}{5.51 \times 10^{-5}} = 3.13 \times 10^8 \text{ (m/s)}。$$

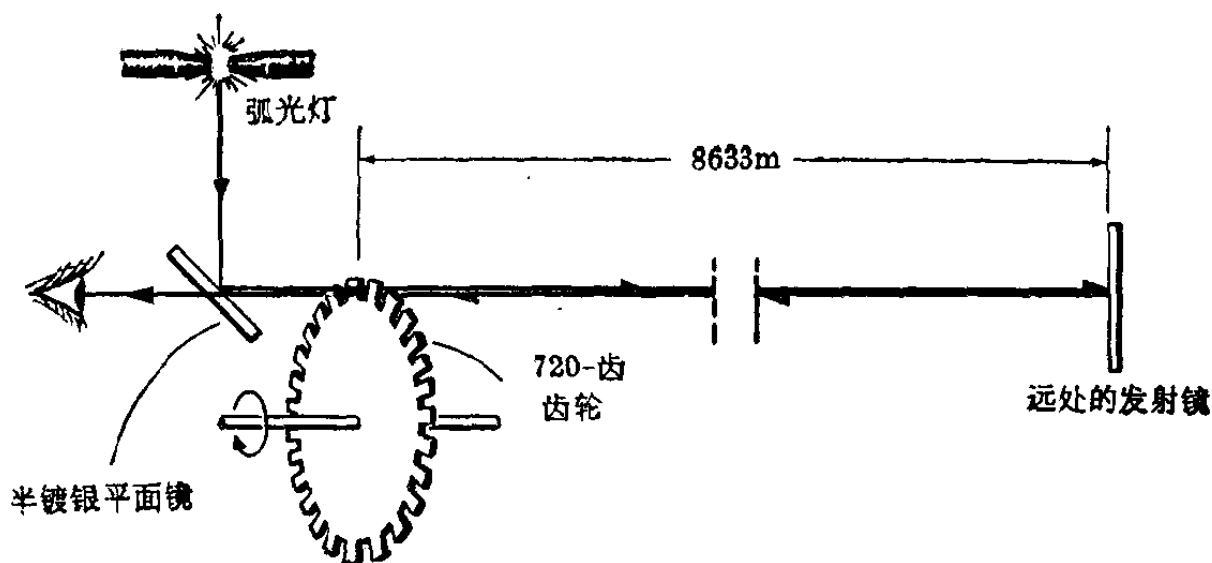


图 19-2 斐索方法测量光速的示意图

许多实验者用各种不同的方法，又继续探索这个重要的常数。现代最精确的测定——根据由国家标准局和科罗拉多大学联合领导的研究——发现真空中的光速是在 2.99792459 和 2.99792461×10^8 米/秒之间。这不是由距离除以时间得出的，而是利用光和其他类似的辐射都是波动现象的事实，准确测量频率和波长后，按 $c=f\lambda$ 得出的。我们为了简化计算（一般只期望达到计算尺上的准确度），可用 $c=3 \times 10^8$ 米/秒。（字母 c 普遍用来表示光速）

19-2 光的反射

光的研究是物理学的最重要部分之一，因为我们绝大多数有关周围世界的知识是通过观察获得的。我们通过由光在空间传播几百万年传递给我们的信息，来获悉有关巨大星体系统的性质。我们获悉有关原子的性质就是通过由它们发射的光，这些光带来了有关它们的内部结构的隐藏着的资料。当然，我们在日常生活中获得的绝大部分资料也是通过光这一媒介而获得的。

除非我们直接面对光源——太阳、星星、电灯、萤火虫等——一般我们看到的是反射的光。

显然，各种反射面在许多方面各不相同。擦亮的黑色汽车的有光泽的车门，只能反射落在它上面的百分之五的光，但是当你站在它前面，这一小部分反射光能呈现你的一个清晰面容象，一面优质的镜子，因为它能反射百分之八十五到九十的光，虽然成象亮些，它的作用也不过如此。一块黑铸铁和一堵洁白的粉墙，能反射象车门和镜子那么多的光，但是当你对着它们看时，你看不到你的面容象。

当然，这个区别就在于表面的平滑程度。玻璃、珐琅质或

磨光金属的光滑的表面，甚至对于一束光也是平滑和有规则的；纸和石膏的表面用显微镜观察是极不规则的，光从这些表面向各个方向反射，就象从岩石表面跳跃的乒乓球。

从光泽表面反射是镜反射；从比较粗糙的表面的无规则反射是漫反射。我们主要研究镜反射，因为这种反射是依照一条简单的定律进行的。

图 19-3 表示从一个小光源射出的一狭束光投射到一面镜子上，我们可以设想从任何光源来的这样光束狭到能用一条线表示——这些设想很狭的光束就是光线，我们将发现这样画在许多情况下很有用。在图 19-3 中，我们注意到一个首先由古希腊人发现的规律。由光线与镜的接触点作镜面的垂

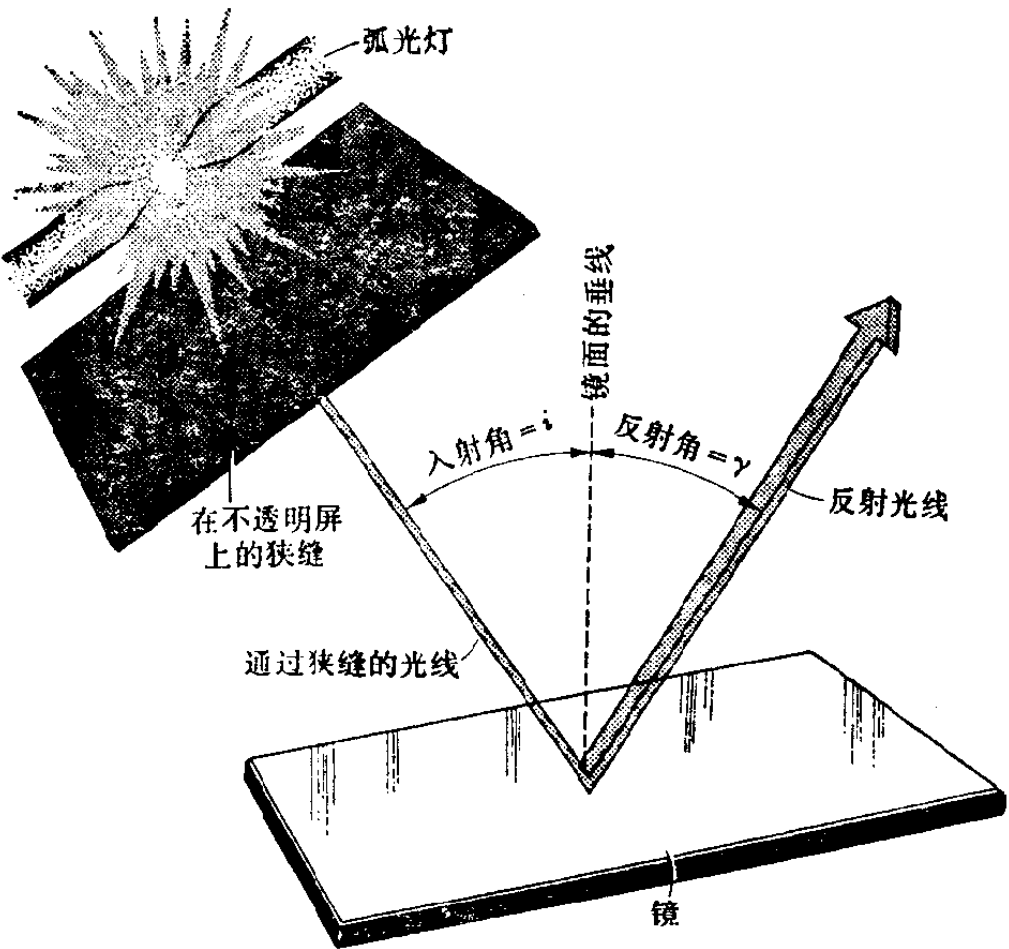


图 19-3 反射光线的入射角和反射角

线；入射光线与此垂线的夹角是入射角，反射光束与垂线的夹角是反射角。反射定律就是反射角等于入射角。我们可以应用这一简单定律来分析象是怎样由各种反射面形成的。

19-3 平面镜

挂在墙上的通常是平面镜，我们都很熟悉在这样的镜子里看到物体的形象。这句话说得更清楚些应该是“看到由镜子形成的物体的象”。图 19-4 表明一个物体的象是怎样由平面镜形成的。丁香树叶顶点， O （作为“物体”）设想被太阳照亮；阳光从 O 的漫反射向所有的方向传送出无数光线，这里只表出其中的一部分。对于眼睛，这些反射光线就好像都是从点 I 射来的。当然，实际上没有光线到达或经过 I （ I 可能是在一垛厚砖墙中），在这种情况下 I 叫做点 O 的一个虚象。

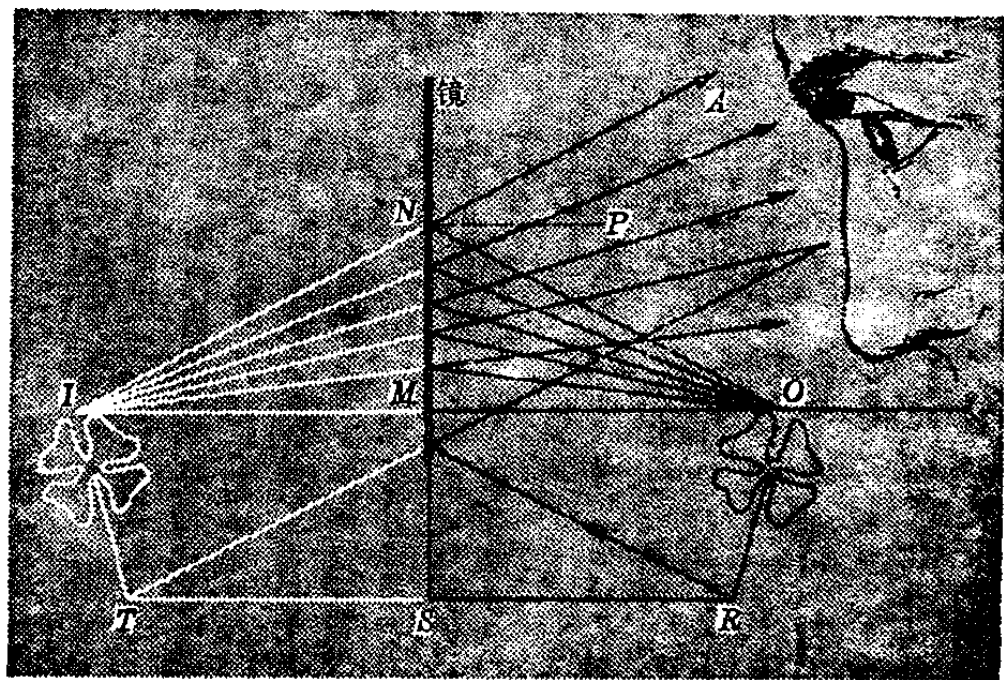


图 19-4 由平面镜形成的虚象

光线 OM 是垂直于镜面作出的，而从它射来的方向反射回去。在点 N ， NP 是垂直于镜面作出的，射在 N 点的线（象

对所有的线一样)入射角($\angle ONP$)等于反射角($\angle PNA$)。应用一些中学几何可以证明 $\triangle OMN$ 和 $\triangle IMN$ 全等。由此可见,在平面镜中,一个物体的虚象是在由物体作出的镜面的垂线上,它在镜后的距离正好等于物体在镜前的距离。

丁香树叶的杆以及顶与杆之间每一点的象都可用同样的方法作出,但是为了确定杆的象的位置,我们只需作 RST 垂直于镜面,并使 TS 等于 SR 。值得注意的是,虽然镜子并没有伸延到 S 那么远,眼睛能完全看到杆的象。

19-4 凹面镜和凸面镜

在许多光学仪器中,从望远镜到显微镜,采用的是凹面镜或凸面镜而不是平面镜。这种镜子的最简单的形状是一个磨光的球面的一小部分。让我们看一个如图 19-5 A 所示的凹球面镜反射的光将会怎样。点 C 是空心球的中心,叫做镜的曲率中心,而镜面是空心球的一部分。由曲率中心到镜面中心的线 CO 是光轴。取一条与光轴平行的光线射在镜面的点 B 上,球半径 CB 是垂直于镜面的,因其入射角 i 等于其反射角 r ,所以 AB 反射后趋向点 F 。反射线遇光轴的交点 F ,叫做镜的主焦点。由于 AB 平行于光轴, $\angle BCF = i$,而 $\triangle BCF$ 是等腰的,即 $BF = CF$ 。若点 B 离 O 不远, OF 和 BF 几乎相等,于是我们可以说 OF 几乎准确地等于曲率半径 CO 的一半。

从某个很远处物体射来的许多其他光线,也可以画作都与光轴平行和互相平行的。所有这些光线将交于(或非常近地交于)同一点 F 。光线 AB 越是靠近光轴 CO ,越是接近 $OF = BF$,和 OF 等于曲率半径 OC 的一半。记住这个关系,我们可以定义点 F 为镜的主焦点,平行于光轴且与光轴相近

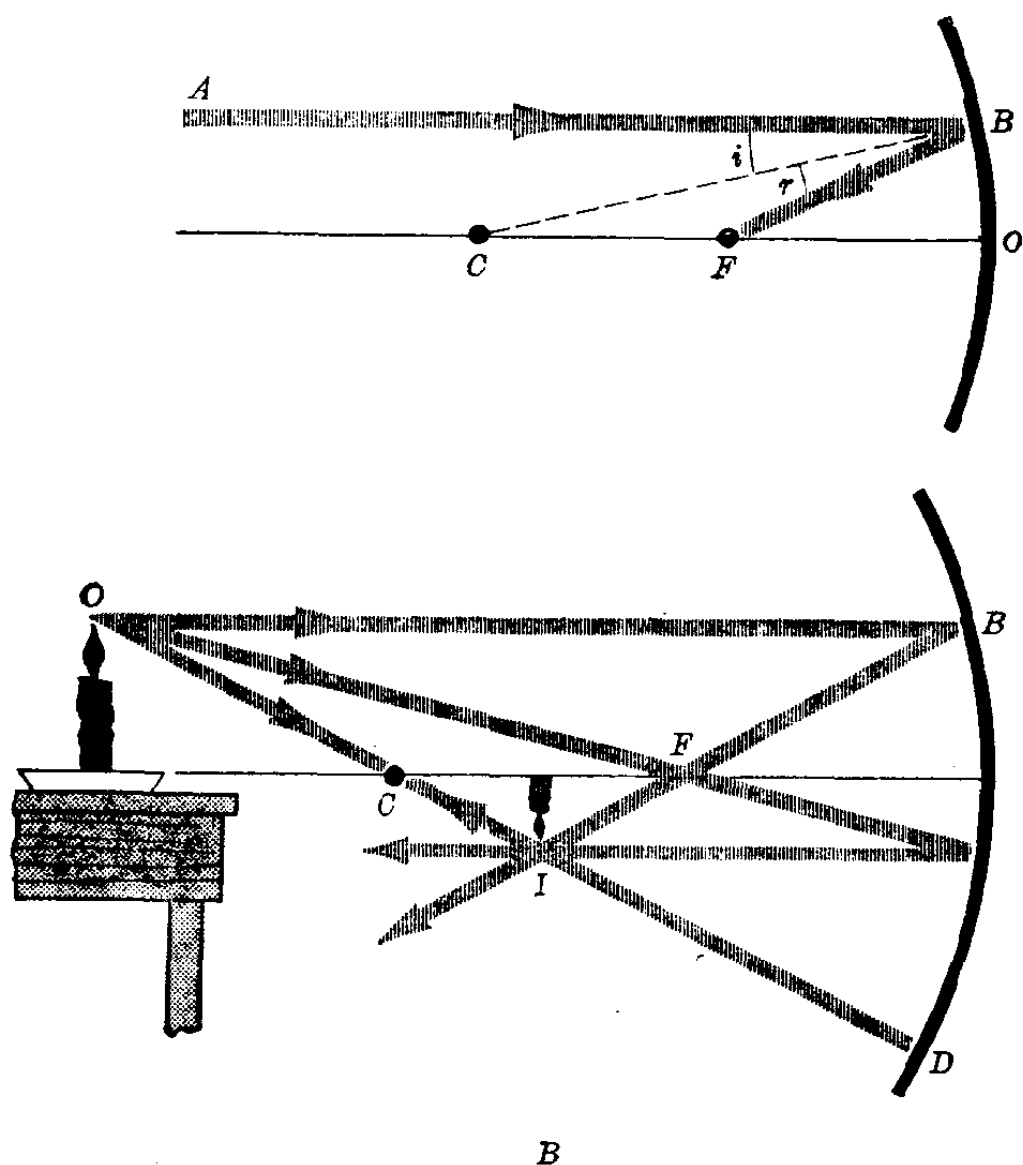


图 19-5 凹面镜成象

的光线都将与光轴相交于该点并互相在该点相交。距离 OF (通常用 f 表示) 是镜的焦距。在我们所有的讨论和例题中, 将假设镜子本身与其曲率半径相比是较小的, 因而这些近似关系将非常接近于实际情况。

图 19-5B 表示由凹面镜形成的象。从物体上的 O 点, 我们可以作出无数条射向镜面的光线。由 C 作一个半径, 我们就能作出 r 等于 i , 从而作出各条光线的反射线。然而, 恰当地选择一些光线, 可以使这项工作容易得多。选择平行于光

轴的光线 OB ，我们知道这条光线将被反射而通过主焦点 F 。另一条不难预知其特性的光线是 OC ；由于它将沿球半径前进，所以它将射到镜面的点 D ，再反射回来而仍趋向点 O 。因为 $i=r$ ，任何反射光线也能看成沿相反方向进行；在图 19-5A，由 F 到 B 的光线被反射后将沿 BA 平行于光轴前进。这样我们就能作出第三条由点 O 射出的可预知的光线 OF ：它将射到镜面而被反射成平行于光轴如图所示。这三条选择的光线交于点 I ，对于一个观察者，光将好象是从 I 点发射出来的。从点 O 发出的光线实际上相交于并经过 I 点。如果我们放一块毛玻璃在这点上， O 的一个真实的象将会聚在它上面。这样的象叫做实象。

在图 19-6 中，作一条由 O 点到镜的中心 M 点的光线， $\angle OMA = \angle IMB$ (为什么?)，因此直角三角形 OMA 相似于直角三角形 IMB ，所以

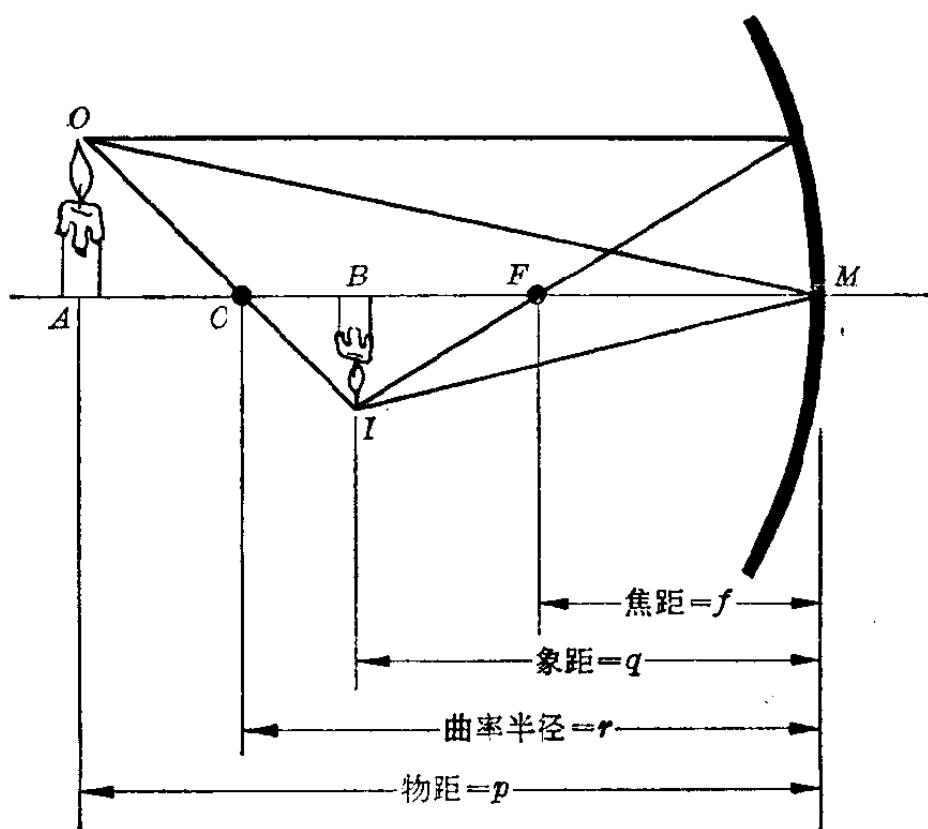


图 19-6 凹面镜成象中的几何因素