

物理探索

4

光

LIGHT

Shandong Education Press
山东教育出版社



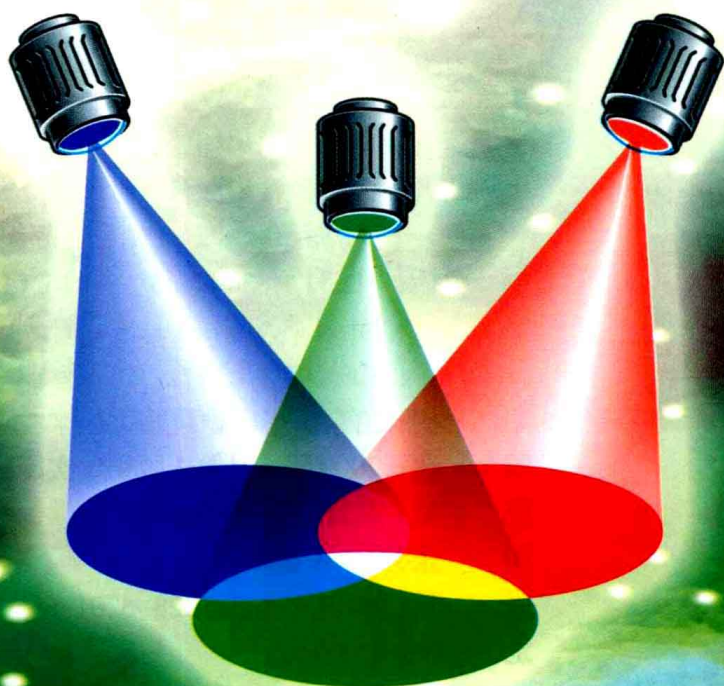
物理探索

4

LIGHT



Shandong Education Press
山东教育出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

光 / (英) 克拉克 (Clark, J. O. E.) 著; 张方伟, 程寒波译.
— 济南: 山东教育出版社, 2009
(物理探索; 4)
ISBN 978-7-5328-6201-6

I. 光… II. ①克…②张…③程… III. 光学—青少年读物 IV. 043-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 033919 号

山东省版权局著作权合同登记号 图字: 15-2005-098

Copyright © Andromeda Oxford Limited 2001

The moral right of the proprietor has been asserted.

中文简体字版由 THE BROWN REFERENCE GROUP PLC 授权
山东教育出版社全球独家出版发行。

版权所有 侵权必究

物理探索

第 4 卷

光

约翰·克拉克 著 张方伟 程寒波 译

主 管: 山东出版集团

出 版 者: 山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号 邮编: 250001)

电 话: (0531) 82092663 传真: (0531) 82092661

网 址: <http://www.sjs.com.cn>

发 行 者: 山东教育出版社

印 刷: 山东新华印刷厂临沂厂

版 次: 2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

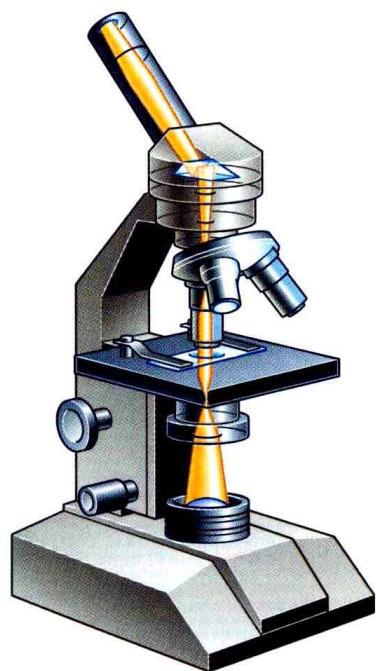
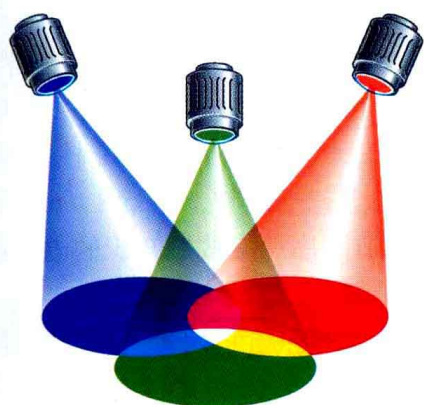
规 格: 272mm × 195mm 1/16

印 张: 3.5 印张

书 号: ISBN 978-7-5328-6201-6

定 价: 15.00 元

(如印装质量有问题, 请与出版者联系调换)



目 录

阅读指南	4
光的产生	6
光能	8
光的传播	10
光速	12
光的反射	14
光的折射	18
棱镜的作用	22
光和颜色	24
透镜的作用	30
人类的眼睛	34
光学仪器	36
光波和激光	42
探究活动	46
术语表	52

阅读指南

《物理探索》的设计意图是：以生动有趣的方式对中学生以及物理爱好者讲解物理学及其在日常生活中的应用，希望读者能够通过阅读此书而更加喜欢物理学。为激发读者的阅读兴趣，将“物理学”这一“貌似生硬”的科学讲解得深入浅出而又精彩纷呈，编者采用了大量颇具参考价值的照片和插图（为保持这些图片的清晰度，需要用质量较高的纸张印刷），同时在每一分册的最后设置“探究活动”栏目（带有详细的实施方案），为读者提供一个自己动手进行物理探索

的机会，以期更加深刻地理解和体会该分册中讲解的物理学原理及其在生活中的应用。

物理学是有关物质和能量（变化）的科学，内容相当广泛。为使读者全面而又系统地了解基础物理科学，编者按照物理学本身的系统性和逻辑性，将全部内容分为10部分（即10卷）依次呈现：1. 物质、2. 力学、3. 热、4. 光、5. 声、6. 电荷、7. 电流、8. 磁学、9. 电子学、10. 核物理。每卷分为若干章节，每章2~6页不等，章节顺序严格按照知识的内在逻辑性排列。

每章的标题（主题）下面用一段

示意图：补充说明科学原理

章标题

本章概要

本卷卷名

原子的结构

物质是由原子组成的，原子很微小，肉眼观察不到。虽然原子很小，但是依然具有由更小的粒子组成的复杂结构。我们每天所接触的各种不同物质，其特性都是由原子的结构决定的。

我们周围的所有物质都是由原子组成的。原子非常小，我们的一个指甲盖能容纳下大约1亿个原子。我们的身体里大约含有 7×10^{27} 个原子。然而，1897年英国物理学家汤姆逊（J.J. Thomson）发现，原子中含有更小的粒子，这种粒子后来被称为电子。

电子带负电荷，那么，原子内就必须有平衡负电荷的正电荷。汤姆逊认为：在原子中，电子“镶嵌”在带正电荷的球体周围，就像葡萄干布丁一样。但是，新西兰物理学家卢瑟福（Ernest Rutherford）后来发现：原子的正电荷和绝大部分质量都存在于原子的核心——原子核。原子是由带正电的原子核和带负电的电子之间的电性吸引结合而成的。

随后的实验证明：原子核本身也是由两种粒子组成的。一种是质子，携带的正电荷与电子携带的负电荷数量相同，质量大约是电子的2000倍。另一种粒子呈电中性，故称作中子，质量和质子相当。

150亿年前，在宇宙大爆炸的初期，质子、中子、电子形成原子。但是这些只是最简单、最轻的原子。然后，这些轻原子在星球中形成较大的原子，如碳原子、氧原子、氮原子和其他促使生命起源的原子。在超新星爆发时，上述所有原子都将扩散到广袤的星际空间中。

原子的结构

早期的原子模型

汤姆逊“葡萄干布丁”模型（1897年）

卢瑟福“电子云”模型（1913年）

玻尔“固定轨道”模型（1913年）

早期的原子理论研究者，例如道尔顿（John Dalton），认为原子没有结构。后来，汤姆逊发现原子含有负电子；而卢瑟福认为，用来平衡电子负电性的正电荷集中在原子核内。玻尔则计算出了电子轨道的大小。

原子与元素

原子核是最简单的原子核，只有一个带正电的质子。其他元素的原子核内含有更多的质子和中子。中子是电中性，质子的正电荷由原子核外等量的电子来平衡。原子核内质子的数量也叫原子序数（括号内的数字），拥有同一原子序数的原子属于同一化学元素。在没有形成离子的情况下：原子序数 = 核电荷数 = 核外电子数。

尼尔斯·玻尔

丹麦物理学家，生于1879年，最早提出原子在固定的轨道上运动，并计算出了最简单电子绕原子核运动，就像行星绕太阳运动一样。玻尔于1922年荣获诺贝尔物理学奖。他根据当时的理论，旋转的电子应该通过电磁辐射能量并瞬间落入原子核内。玻尔理论无懈可击，取代了之前法解释这种情况为什么没有发生，但他认为电子在固定的轨道上运动，并计算出了最简单电子绕原子核运动，就像行星绕太阳运动一样。玻尔于1922年荣获诺贝尔物理学奖。他根据当时的理论，旋转的电子应该通过电磁辐射能量并瞬间落入原子核内。玻尔理论无懈可击，取代了之前法解释这种情况为什么没有发生。

图片说明

照片：自然界中的物理学原理及其应用

人物传记

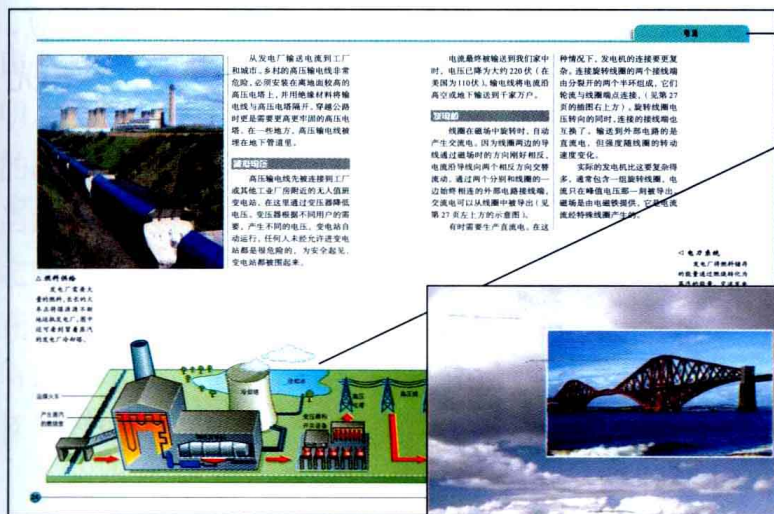
前后文参照：本章部分“关键内容”在各分册中的位置

话概括介绍本章主要(重要)内容,兼有阅读提示作用。然后以文图搭配的形式将本章内容分为若干部分逐一讲解。采用的图片分为照片和示意图两种。照片用来举例介绍物理学原理及其在生活中的应用,示意图用来解释物理学原理以及对正文内容进行补充说明。值得一提的是,部分章节设置有“人物传记”栏目,介绍一位著名物理学家在本领域内取得的成就。

每一卷的最后都设置有丰富的科

学探究活动,指导读者用日常生活用品进行有趣的实验,帮助读者理解物理学基本原理。

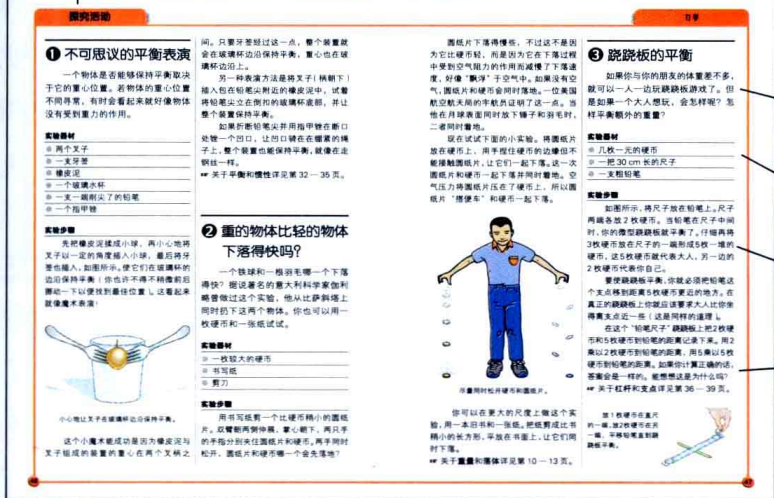
书中还有一些特色设计,用以帮助读者实现轻松阅读、系统而连贯地获取知识。例如:在每一章开始部分(右首页)的页脚处设置有“前后文参照”栏目,以关键词检索的形式列出关键内容在各分册中的位置;在每一卷最后设置“术语表”,方便读者随时查阅书中出现的科学术语。



书眉彩条(每卷颜色不同)

流程图:描述生产过程中的科学原理

探究活动:利用日常用品进行科学实验,理解科学原理



实验目的

实验器材

实验步骤

前文参照:实验背后的科学原理在前文中出现的位置

示意图:科学原理的实际应用

光的产生

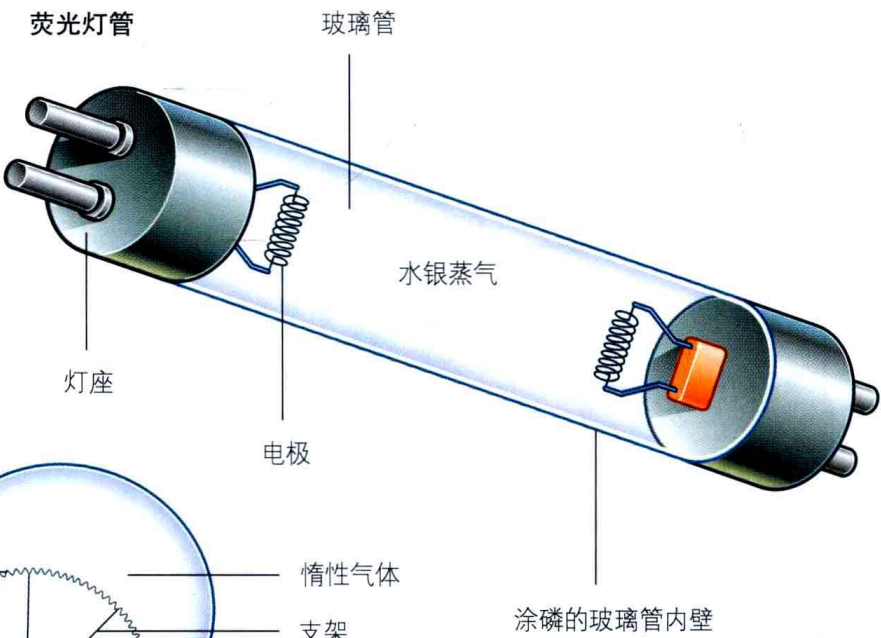
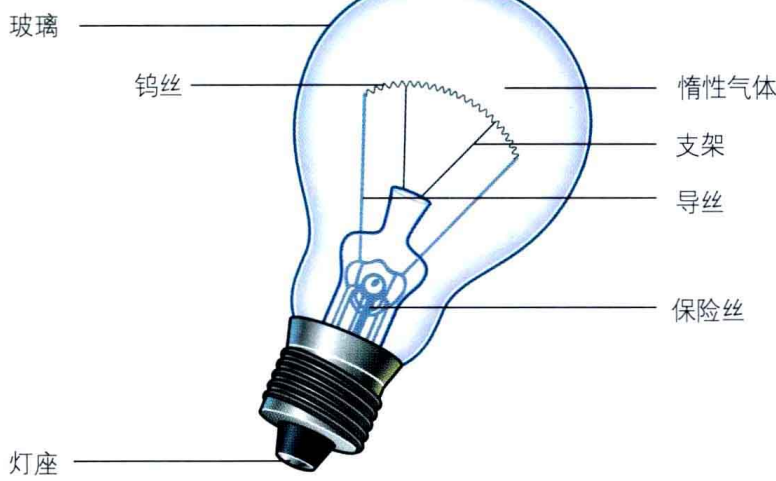
光是一种辐射，是唯一能被我们看见的辐射。任何物体只要足够热就会发出光，例如蜡烛的火焰和电灯泡的灯丝。另外也有冷光源，如荧光管或萤火虫。

蜡烛或油等燃料产生的火焰是人类最早制造的光源。蜡烛就是在一个圆柱形的蜡中间放上一根绳子作为芯。火焰的热量融化了芯周围的蜡，蜡就燃烧产生光。油灯也有芯，只不过灯芯是浸在油壶内的油中。蜡烛和油灯中燃料的燃烧属于化学反应，燃料和空气中的氧气反应放出光和热。

电灯

人类最早发明的电光源是弧光灯，是在两个碳电极之间由于高压电离作用产生的电火花。现代的白炽灯泡是利用电流流过灯泡内的钨丝使它变得白热而发光。在荧光灯管中，当电流通过水银蒸气时产生了紫外线，紫外线照到灯管壁上的磷时，磷就发出白光。

白炽灯泡



关于灯芯部分的最主要的改进是利用了气体,即利用可燃的煤气燃烧发光。通常煤气燃烧时产生黄色带烟的火焰,但当加入空气和灯罩后,就会制造出白光。因为灯罩是一个涂有各种稀有金属氧化物的网,当它被煤气火焰加热时就变得白热化从而发出明亮的光。

电产生光

最早形式的电灯是弧光灯,由英国科学家汉弗莱·戴维发明。弧光灯由一端隔开一段很小的距离的两个碳棒(电极)组成。当给两个电极加上电压时,电极之间就会产生一个非常明亮的火花,叫弧光。现在的弧光灯可以有金属电极,用在电影放映机和探照灯中。

当电流经过一片薄金属时,金属会发热,在被熔化或燃烧前金属会变成红热甚至白热状。19世纪70年代,美国和英国的发明家们试图找到一种方法制造出一种有灯丝的电灯,并且灯丝可以变为白热但不燃烧。1879年美国的托马斯·爱迪生和英国的约瑟夫·斯旺各自独立制造出了白炽灯泡,他们是将一根很细的碳纤维封在一个被抽掉空气的玻璃容器中。现在的灯泡用一根细钨丝作为灯丝,并在灯泡中充满不发生化学反应的惰性气体,如氩气,而最早的白炽灯泡内部为真空。



冷光

19世纪末,科学家们试验让电流经过气体,即利用金属电极让电流从一个装有低压气体的玻璃管中流过。结果发现氖气产生亮橙色的光,可以用来做广告。水银蒸气产生蓝绿色的光。现在的荧光灯管内壁涂有一层磷,当它被水银蒸气的光照亮时能发出白色的光。

自然界中一些动物和植物也可以产生光。萤火虫(实际上是一种甲虫,有一种萤火虫是甲虫,还有一种萤火虫是甲虫的幼虫)就是熟悉的例子。还有一些深海鱼也可以产生光,这些叫做生物体发光。

△天然闪光装置

萤火虫是一种腹部能产生闪光的甲虫。不同种类的萤火虫闪光的快慢不同,可以据此区分它们。萤火虫的光是它身体里的化学过程产生的。

光能

所有形式的能量都可以相互转换。前面我们了解到化学反应和电可以产生光，现在我们看看光是如何转换为别的形式能量进而促使植物生长的。光还可以转换为足够的电供给宇宙探测器使用。

地球上最主要的能源来自太阳光。如果没有太阳光，生命就不会长久，因为太阳光为光合作用提供能量。光合作用就是绿色植物将二氧化碳（从空气中来）和水（从土壤中来）转化成氧气和食物（如糖）的过程。动物以植物或食草动物为食。因此，没有太阳光就没有植物或动物。

光能的转换

在光合作用中，光能被转换为化学能，然后储存在糖和其他植物组织中。这是一个自然的生物过程，但是将光转换为电就涉及到一些专业物理知识。

最简单的能量转换发生在光电池中，摄影上测量光度的光度计就是用光电池做成的。某些物质，如半导体元素硅，当光照在上面时它会发出电子。电子集中

▷ 天然能量转换器

玉米吸收太阳光，然后利用光能将二氧化碳和水转化成糖和氧气。糖存储在植物中，氧气则释放到空气里。



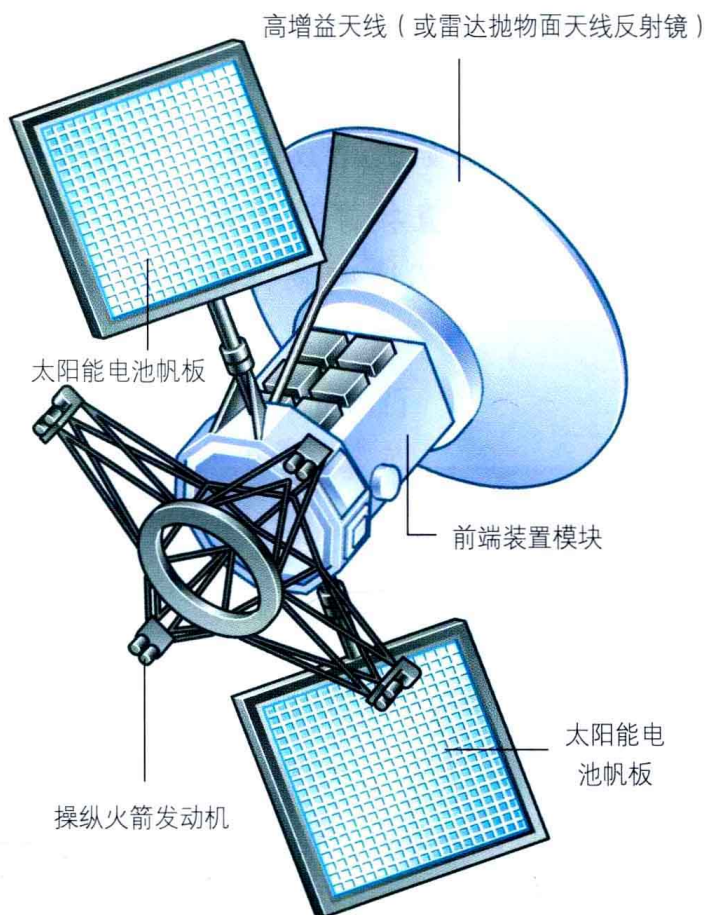
在一起就形成了电流。光电池对日光的强弱较敏感，可用在自动开关的路灯上，还可用在各种防盗自动报警警铃中。

单单一个光电池产生的电流是很小的，数百个光电池组成的电池板就可以产生较大的电流。给宇宙探测器的通信系统和控制系统供电的太阳能电池帆板就是由很多光电池组成的。

光转化为热

在一些建筑物的屋顶上可看到不同形式的太阳能板。它们很薄而且是中空的，中空的地方被充满水。太阳能板的上表面被涂黑并放在可以接收到最多太阳光的位置，通过涂黑的表面吸收太阳辐射来加热太阳能板中的水。这些被加热过的水可以用在供热系统中，因为加热温水比加热冷水所需的能量要少一些。

太空中的能量



“麦哲伦号”宇宙探测器上的每个大型“帆板”上都有数百个光电池。它们将太阳光的能量转化成电能，为探测器的电力系统提供能量。

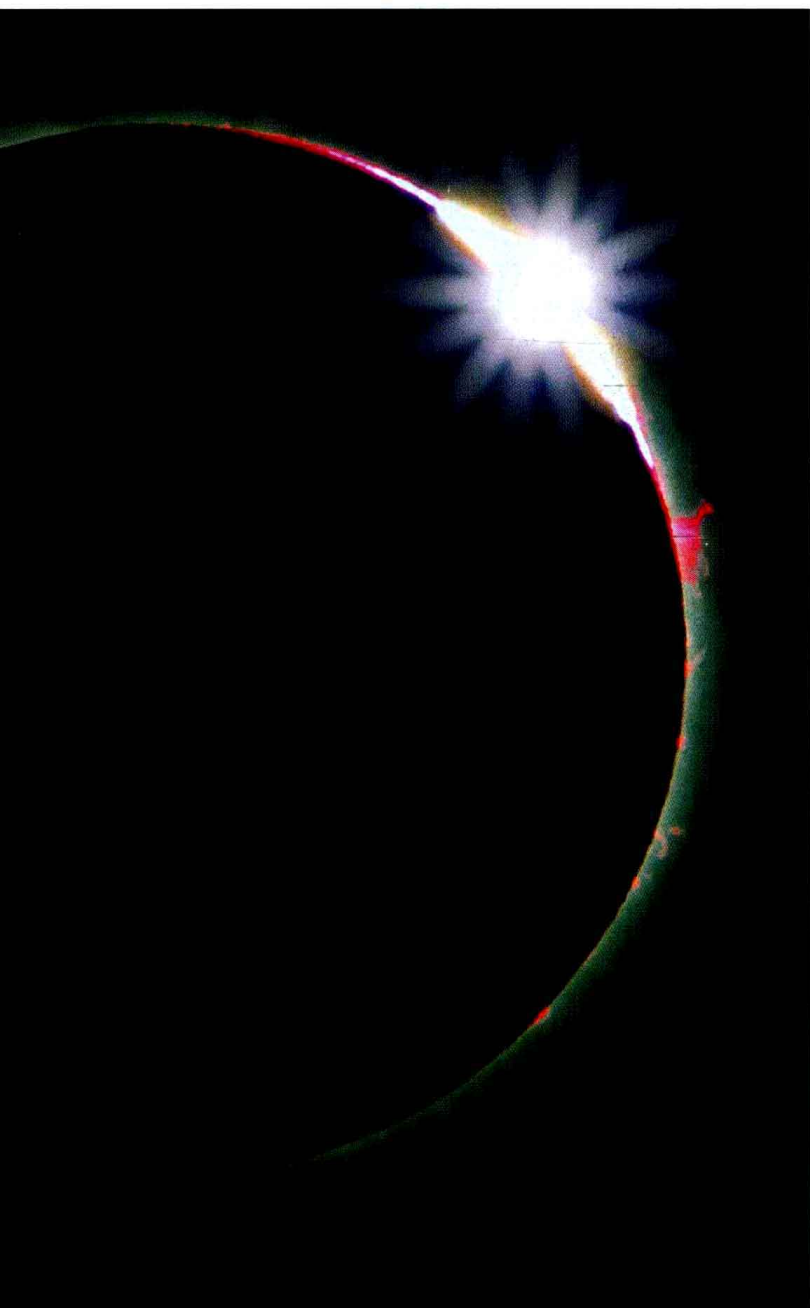


◁ 太阳能收集器

屋顶上的太阳能板收集太阳辐射并将它转化为电能供家用电器使用。在另一种类型的太阳能板中，利用太阳能把水加热后供给家庭的热热水系统。

光的传播

从光源（例如太阳或电灯）中发出的光以惊人的速度沿直线向各个方向传播。光可以直接穿过透明物体，如玻璃和塑料。不能让光通过的物质叫不透明物体，不透明物体能产生影子。



要 证明光沿直线传播并不难，看看不透明物体的影子就知道了。影子就是光线不能到达的地方，点光源产生的物体的影子边缘清晰。

我们能见到的最大的影子是地球的影子。太阳照耀着地球并在宇宙中产生一个朝远处延伸的很长的影子，月球偶尔运动到这个影子内。月球是靠反射太阳光而发亮的，当地球的影子落在月球上时，月球就不亮了，这就是月食。

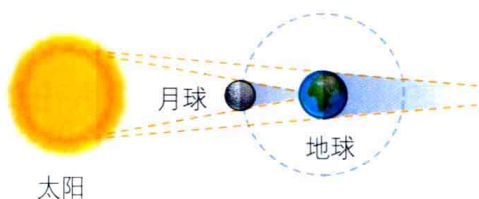
有时月球会转到太阳和地球之间，月球的影子就落在了地球表面。在这个影子中的人就看不到阳光，周围变得像黑夜一样，这就是日食。

◁ 日食

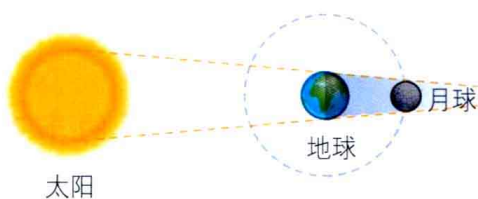
这张照片是在月球的影子彻底挡住太阳光之前拍摄的。最后一缕阳光看起来像耀眼的钻石戒指。

月食和日食（不按比例）

(a) 日食



(b) 月食



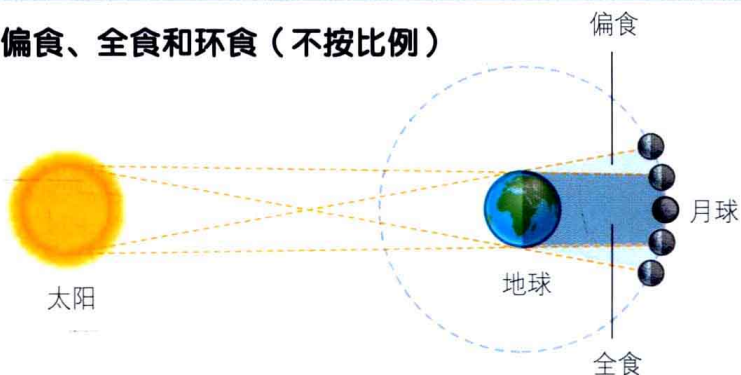
在日食时，如图(a)所示，月球经过太阳和地球之间，阻止太阳光到达地球。在月食时，如图(b)所示，被地球挡住的太阳光不能到达月球，月球因无法反射太阳光而变暗。

日食对天文学家来说很重要，这使他们能够研究太阳的外层大气——日冕。平时由于太阳光太强烈，根本看不见日冕。日食时太阳被挡住，日冕就出现了，像一条珍珠光带环绕着漆黑的月球。

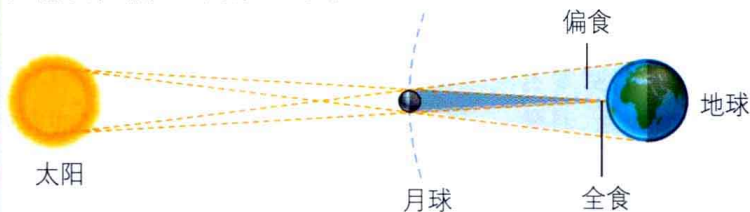
太阳和月球之间的距离并不是一成不变的。因为月球的轨道不是很规则，有时月球并不能完全遮住太阳。（本页例图不按比例绘制，相对距离和大小比图中大得多。）

但在一些情况下，光的行为很像一束粒子，就像一束从机枪中射出来的微小的高速子弹。现代物理学包括光的波动理论和粒子理论。

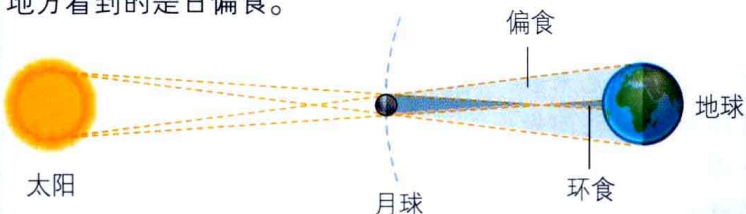
偏食、全食和环食（不按比例）



当月球围绕地球转动而进入地球的影子里时，首先出现月偏食，然后出现月全食。



通常，在地球上只有一个小区域可以看到日全食，其他地方看到的是日偏食。



当月球距离地球比平时稍远时，月球并不能完全遮住太阳，我们可以看到日环食。

光线和光束

光沿直线运动叫做光线。本书后面部分将解释当光线被光滑的表面（如镜子）反射或当它透过玻璃（如透镜）时会如何变化。一束光线就构成了光束，手电筒和探照灯就可以产生光束。

假设光像波一样传播，它的很多特性就都可以得到解释。例如，光的波动理论可以很好地解释光怎样被镜子反射或者为什么可以在肥皂泡上看到彩虹的颜色。

光速

光是宇宙中速度最快的，没有别的东西比它更快了。物理学家和天文学家花了很多年才测出真空中的光速是惊人的 30 万千米每秒。

当你进入一个暗室打开灯时，房间好像立即就充满了光线。实际上，光线进入你的眼睛还需要一段很短的时间，只不过光传播得太快，所以给人的感觉是立即就看见了。

光速的测量值为 30 万千米每秒。光从月球到达地球只需要 1 秒多。虽然光从太阳到地球要经过 1.5 亿千米，但也不过是 8 分钟多一点就可以了。

光速的测量

过去很长一段时间，测量光在空气中的速度对于科学家们来说是一个巨大的挑战。第一次测量是丹麦天文学家罗默完成的，他在 1676 年通过观察木星的卫星食粗略估计了光速。1690 年，荷兰科学家惠更斯计算出光速的值是 230 000 千米每秒（这比正确值小了将近 25%）。

其他科学家多年以后才计算出更准确的光速。1849 年法国物理学家斐索用旋转齿轮结构在实验室里测量出光往返 18 km 所用

▷ 激光束

城市上空常有美丽的激光束。科学家们向月球发射了一束激光，然后被“阿波罗号”的宇航员留下的一面镜子反射到地球上。根据光速和激光束在月球和地球之间做一个往返所用的时间就可以准确计算出月球与地球间的距离。



的时间，他的测量值误差在1%以内。30多年后美国科学家迈克尔孙把光往返的距离增加到70 km，他用旋转的镜子取代齿轮测出的光速很接近现在的测量值。现在的测量值准确地说就是299 792.5 km/s。

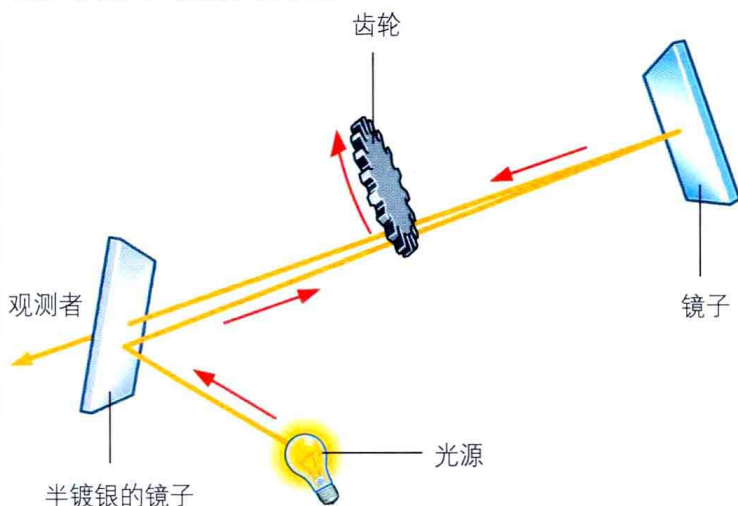
在每种方法中，旋转的齿轮或镜子的作用都是中断光线。齿轮或镜子由一个电动机控制着旋转，观测者慢慢增加齿轮或镜子的旋转速度，直到光不再闪动。光往返一次所用的时间可以利用齿轮或镜子的旋转速度计算出来。

光速的改变

光在空气中的传播速度比在真空中稍微慢些。当光线穿过一个长方体玻璃块时，光的速度会更慢。在玻璃中光的速度降到大约200 000 km/s，只是它在真空中速度的三分之一。

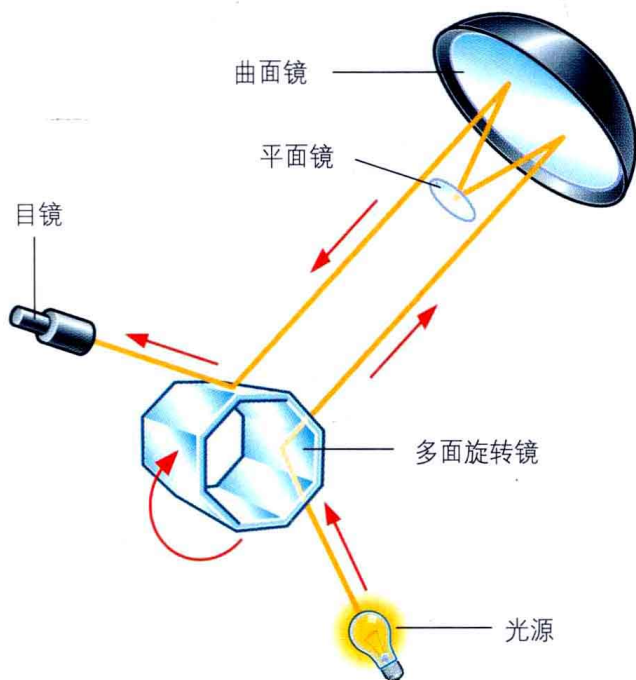
速度的改变使光线在玻璃中改变了传播方向，这种效果叫折射，本书的后面部分会详细介绍。光速下降是进入玻璃的光波和玻璃原子中的电子相互作用造成的。一旦光线离开了玻璃块，它又恢复到原来的速度和方向。通过这种方式，就能利用玻璃片将光线弯曲。显微镜、双筒望远镜和其他仪器中的透镜和棱镜的工作原理就是利用光的折射。

测量光速：斐索的方法



光先照射到半镀银的镜子上，被反射后经过快速转动的齿轮的某个齿间到达相距9 km 远处放置的一面镜子。经镜子反射回来的光经过齿轮上的下一个齿间，再穿过半镀银的镜子到达观测者眼中。调整齿轮转动的速度，使光在传播9 km 远并且返回的过程中没有闪动，于是齿轮恰好转过一个齿的时间，就对应的是光传播18 km 所需要的时间。

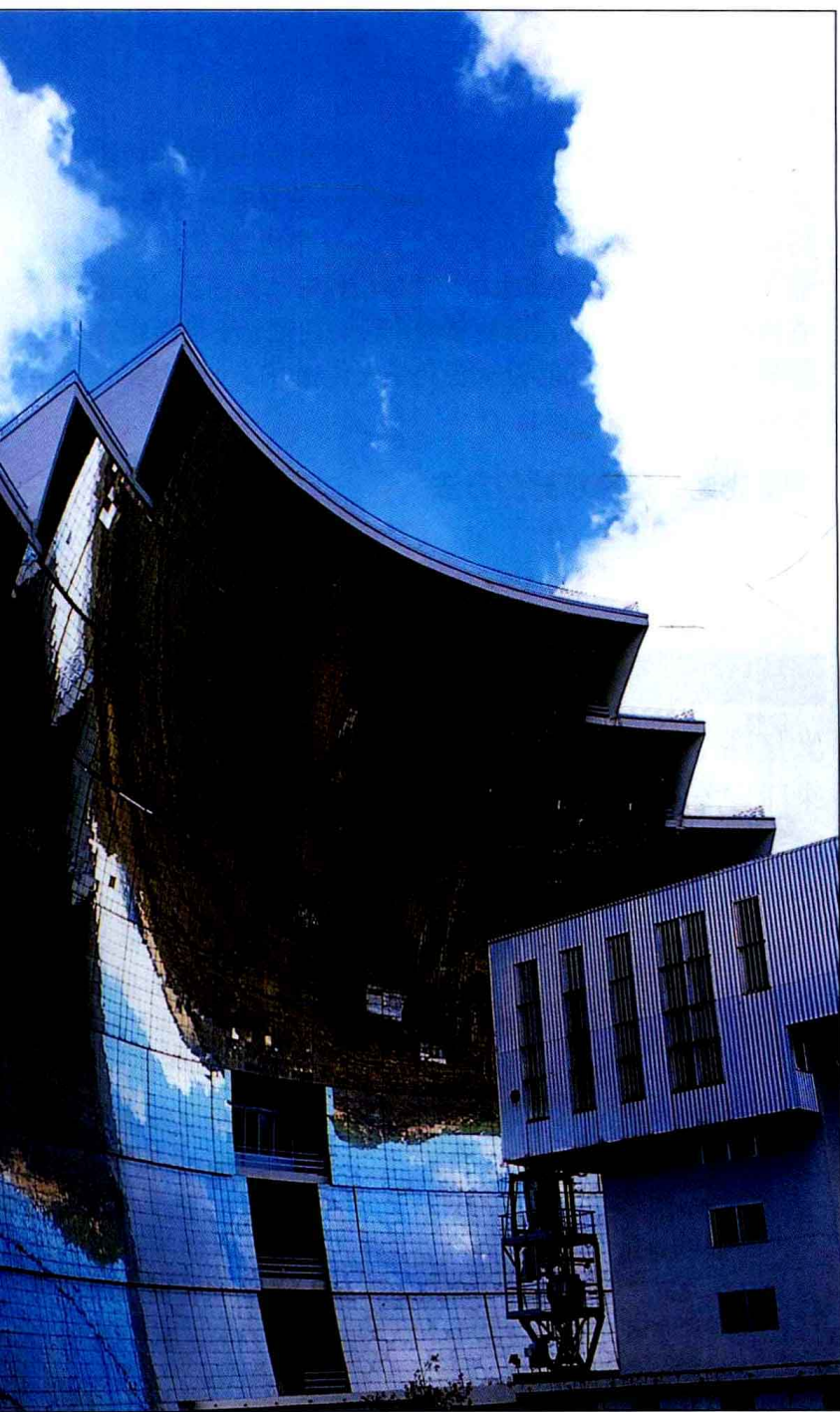
测量光速：迈克尔孙的方法



多面旋转镜上的镜面将光源发出的光线反射到一面距离35 km 远的平面镜上，反射回的光线最后进入目镜。如果光在往返过程中多面旋转镜只转过了一个镜面，则光恰好仍能进入目镜，从目镜中可以看到稳定的图像。

光的反射

光线照射到平面镜上就会被反射，并且反射角和入射角一样大，就像球从地上弹起来一样。弯曲的镜面就不一样了，还要取决于镜子是朝里（凹的）还是朝外（凸的）弯曲。但是所有类型的镜面中都可以形成被反射物体的像。



所有的物体都会将照射到它们上面的光反射出去一部分，否则我们根本看不到它们，只不过反射回来的光向各个方向散射了。平面镜几乎将所有照射到它上面的光沿同一个方向反射出去。

照射到镜子上的光线叫入射光线。光线照射到镜子时的角度，也就是入射光线和垂直于镜子的线（叫做法线）之间的夹角就是入射角。光线离开镜子时的角度叫反射角。根据光的反射定律，对于一个平面镜，入射角等于反射角。同时，入射光线、法线和反射光线都在同一个平面上。

像的形成

当镜子把从物体射来的光线反射时，反射光线就进入我们的眼睛，然后我们沿反射来的光线看回去，就在镜子里清楚地看到了发光物体的像。但这并不是

◁ 曲面镜太阳能收集器

一个巨大的曲面镜收集了太阳辐射的光和热，再将它们聚焦到壁炉上，提供了一种干净、高效的热能。

一个实像，因为你并不能把这个像放到镜子后面的屏幕上，所以它是一个虚像，能被放到屏幕上的像才是实像。

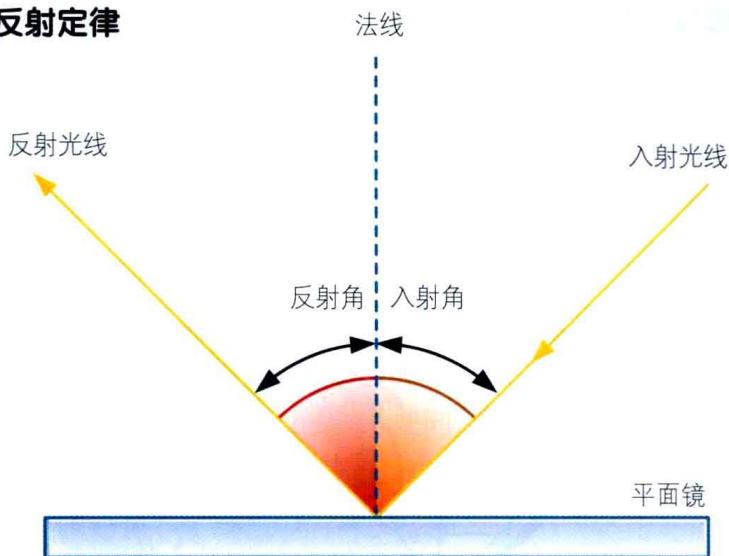
平面镜的另一个特征就是它形成的像跟物体大小一样。像看起来处于平面镜后面和物体到镜面相等距离的位置，但实际上像是在平面镜的前面。如果观察自己在平面镜中的像，你就会发现左右是颠倒的。你眨右眼，平面镜中的你就眨左眼，就好像左和右互相交换了一样，物理学家把这种效果叫做像的左右倒置。如果镜面是垂直的，像的上下就总是和实际相同，并不倒置。

平面镜的用途

平面镜最普通的用途是让我们看到自己。每天，人们梳头、化妆或剃须时都要用到平面镜。服装店也备有平面镜。人们还利用平面镜给房间增加亮度并让空间看起来更大，平面镜放得好，增加的亮度就跟增加了一扇窗户一样。利用人们并不总是能够区分开真实的物体和它在镜中的反射图像，魔术师们还用平面镜在舞台上表演一些小魔术。

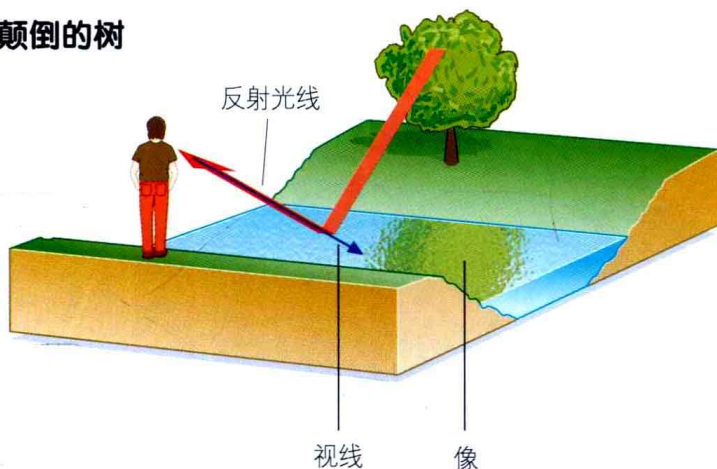
第16页的图中有一个最简单的潜望镜，它由两个成45度角放置的平面镜组成。潜望镜被用来越过障碍物看远处的东西，例如当看游行队伍或举行运动会时，若别人的头遮在你的前面而你又不高，就用得上潜望镜

反射定律



平面镜反射时，反射角等于入射角。入射光线、法线和反射光线在同一个平面上。

颠倒的树



湖面将来自大树的光线反射到我们的眼睛里。当我们沿着被反射的光线看过去时，看到的是大树的倒影。

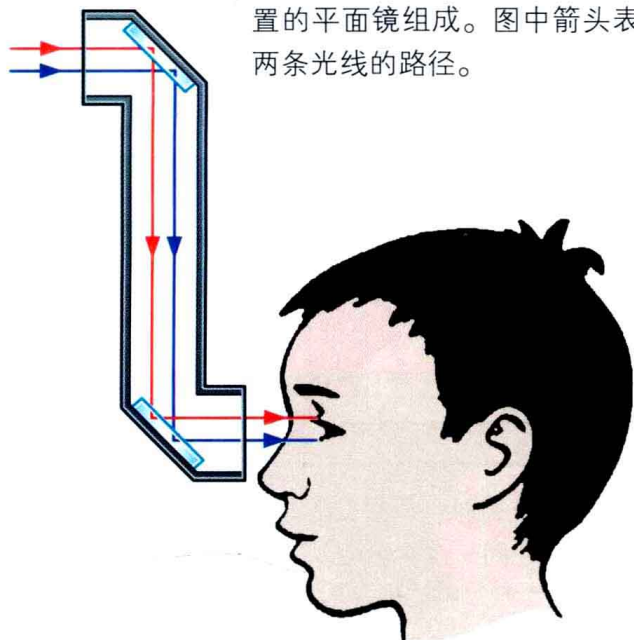
了。潜艇上的潜望镜要大得多，且通常使用棱镜而不是平面镜，就像第38页图中的双筒望远镜。

曲面镜

我们前面只讨论了平面镜的特点，而曲面镜跟平面镜差异很大。曲面镜主要有两种类型，一种是镜面朝里弯曲的，像碗或调羹的内表面，叫凹面镜。另一种

最简单的潜望镜

一个最简单的潜望镜由一个不透光管 and 两个成45度角倾斜放置的平面镜组成。图中箭头表示两条光线的路径。



是镜面朝外弯曲的，像碗或调羹的外表面，叫凸面镜。弯曲使得这样的镜子具有两个另外的特征：轴和曲率半径。曲面镜的轴就是垂直于镜面且经过镜子中心的那条线。曲率半径就是从镜面所在的球体中心到镜面之间的距离。球体中心也是镜子的曲率中心。

平行于凹面镜的轴的入射光线被反射到焦点上，因此凹面镜也叫做会聚镜。凸面镜将平行于凸面镜的轴的入射光线反射后形成一个发散光束，光束中的光线好像是从镜子后面某点发出的一样，这个点就是镜子的焦点，因此凸面镜也叫发散镜。凹面镜有一个真实的焦点，而凸面镜的焦点是虚拟的。这两种曲面镜的焦距都是镜子到焦点的距离，焦距的长度是镜子曲率半径的一半。

曲面镜中的像

曲面镜中像的形成比平面镜中要复杂得多，它取决于曲面镜的类型和物体与镜子的距离。对于凹面镜来说就有四种情况。

当物体位于凹面镜的曲率中心以外很远时，所成的像在镜子前面，上下颠倒且比物体要小。

放入太空的镜子

这个直径2.4米的凹面镜是为哈勃太空望远镜制造的，此望远镜于1990年被美国航空航天局发送到环绕地球的轨道上。

