经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过

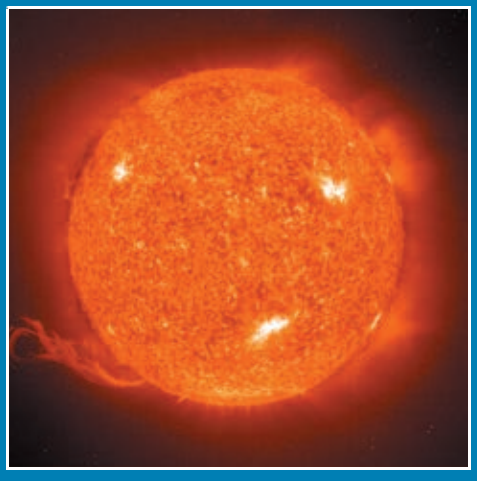
普通高中课程标准实验教科书

物理 选修 2-3

PHYSICS

主编 束炳如 何润伟







上海科技教育出版社

亲爱的同学：

欢迎你选择学习物理 2–3！

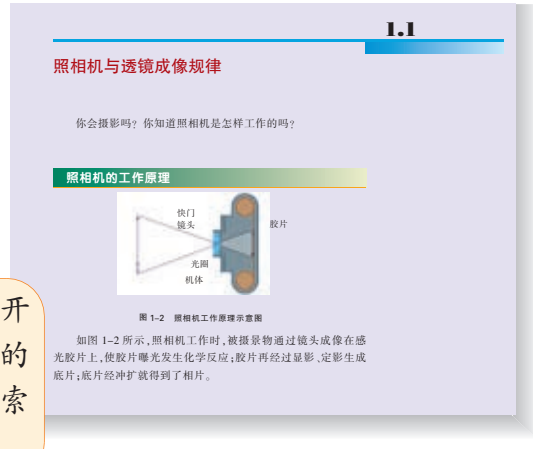
在这里，你将了解日常生活中常见的光现象和各种光学仪器，学习 20 世纪最重大的科学技术成就之一——人类对于微观世界的认识与核技术的发展。你将会感受到物理学在科学技术发展中有着何等广泛的应用，对人类生活、社会发展起着何等巨大的作用。

在本书的学习过程中，你将进一步体会到物理学是关于你周围世界发生事物的科学。数码相机、望远镜、显微镜、光导纤维、新型电光源、X 光机等已成为大众产品；彩色照相、立体电影、显微手术、医疗成像、激光制导、安全检查、考古鉴定……核能发电，在你的四周几乎每件事物都与物理学有关。

通过本系列的学习，你从事科学技术工作的愿望即将成为现实。当你自己制成一件精美的光学产品的时候，你可以发现你自己就是应用物理原理的“专家”，你会进一步感受到物理探索是一项多么令人激动的事业。

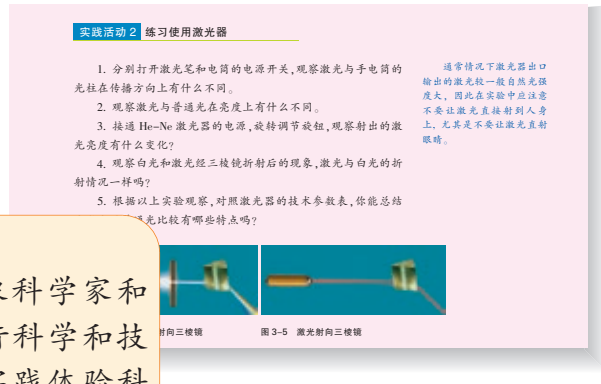
衷心希望物理学永远留在你的心中，为了让你在学习物理 2–3 的过程中获得更大的成功，请浏览以下本书栏目介绍。





这是一章一节的开端，将你带入所要研究的问题情景，了解所要探索的主要内容。





实践活动

这里将让你像科学家和工程师那样，进行科学和技术的探索，通过实践体验科学与技术的密切关系。

设计制作

学物理要“做中学”、“学中做”。这样你会心更灵，手更巧，让你展示自己的创新精神和实践能力，享受成功的喜悦。

1.5

设计制作：简易望远镜

浩瀚的星空总是给人们带来无限的遐想。当你仰望夜空，能看到成千上万的“小亮点”，那是成千上万的恒星、行星和星云。尽管它们非常巨大，但由于离我们非常遥远，因而我们只有借助望远镜才能更好地观察它们的真面目。

在本节中，你将动手制作一架简易望远镜，用它来观察月亮和星空，使自己能看得更远，看得更清楚。

课题研究

这里将使你学会如何进行调查研究，收集资料，提出问题，找到解决问题的方法和对策。

课题研究

上网或去图书馆查阅有关资料，调查我国医疗成像技术近年来的发展情况访问当地医院，参观医疗成像的设备，了解它们的基本结构和原理。写出调查报告，并与同学交流。

多学一点

这里将使你的知识面得到扩大，让你的探索欲望得到满足。

多学一点 激光与全息技术

全息照相(Holography)是英国科学家盖伯(D. Gabor)于 1948 年提出的一种新的成像理论，是利用光的干涉原理来记录物体真实的三维图像。

物体发射出的每列光波都具有一定的振幅和相位，普通照相的感光底片是二维的，只能记录像的光强分布，即光波的振幅情况，而与物体三维结构相关的光波的相位信息则全部丢失。

如何用激光获得物体的三维图像呢？

家庭作业与活动

这里将向你提供丰富多彩的项目，检验你探究、实践的成效，让你再次体验成功的喜悦。

家庭作业与活动

1. 讨论能源对社会可持续发展产生的影响。面对能源紧缺，你是什么态度？
2. 收集资料，就世界和我国核电发展的现状和前景，写出调查报告。
3. 我国于 1971 年参加了国际“人与生物圈计划”。请从互联网上查阅有关资料，调查我国对这一计划所作的贡献。
4. 中国将大力发展核电，这对社会、经济的可持续发展有什么样的影响？
5. 为什么说可控核聚变是人类的梦想？科学家预言，人类将在 21 世纪 30 年代完成可控聚变反应的研究，建成热核聚变发电站，并投入商业运营。到那时，世界的能源结构将会发生什么样的根本变化？能源危机是否可以得到最终解决？


信息浏览

新型电光源

照明伴随着人类的生活从远古走来，现代人是幸运的，绚丽多彩的电光源为人们打破了昼与夜的界限，推动了人类文明的发展。

但是，目前用于照明和城市美化的大部分灯具，只有 5%左右的电能转化成了光能。人们早在几十年前就知道这一点，但却苦于没有什么东西能替换它们。40 多年前科学家就发现了半导体晶体在电流作用下的发光现象，经过近半个世纪的不懈探索，半导体材料不断改进，在电流作用下发光的亮度越来越大，已经突破了过去只能发出微弱光线的技术瓶颈，发光强度出现了重大突变，因此，半导体技术引发微电子革命之后，又在孕育一场新的产业革命——照明革命。之所以说它是一场革命，是这种采用半导体晶体“二极管”发光的灯具，同样亮度下，耗电仅为普通白炽灯的 1/10，

量。用一个灯正常情况下可以使用 50 年，即使长命百岁的人，一生最多也就用 2 只灯泡。

面对半导体照明市场的巨大诱惑，世界三大照明工业巨头通用电气、飞利浦、奥斯拉姆集团纷与半导体公司作，成立半导明企业，并提


STS

半导体激光器

半导体激光器是以半导体材料作为工作物质的，也叫作半导体激光二极管(符号为 LD)，它的构造如图 3-12 所示。它是利用电激发工作物质(芯片)发光，其原理如图 3-13 所示，在 N 区的顶层聚集着电子，在 P 区的底层聚集着空穴。在正向电压下，电子就会被迫越过 PN 结由 N 区“跳”到 P 区与空穴复合而产生光子。如果正向注入的电流超过一定的阈值，就可能形成激光振荡。光学共振腔是由垂直的两个平行晶面(相当于镜面)构成。腔内

激光经光放大后，由光电感应控制电路调节激光输出。目前较成熟的是砷化镓(GaAs)激光器，发射波长为 840nm 的激光。另有掺铝的砷化镓、硫化锌、硫化锌等激光器。这种激光器体积小、质量轻、寿命长、结构简单而坚固，特别适宜于飞机、车辆、宇宙飞船上使用。半导体激光器在通信、信息存储、信息处理与显示、激光测距、激光制导等方面有着重要的价值。

图 3-13 LD 发光原理图

图 3-14 小巧的半导体激光器

图 3-15 半导体激光器发光

信息浏览、STS

这些栏目将向你展示历史上的科技发明故事，揭示科学技术的进步与社会发展的关系，反映最新的科技成果，展望科学技术的未来，进一步激发你勇于攀登科学技术高峰的热情。

目 录



第 1 章 光学仪器与光的折射规律 6

1.1 照相机与透镜成像规律 7

1.2 展示精彩瞬间 12

1.3 测定玻璃的折射率 16

1.4 眼睛的延伸——显微镜和望远镜 22

1.5 设计制作：简易望远镜 28



第 2 章 光学技术与光的波动性 32

2.1 立体电影与光的偏振 33

2.2 增透技术与光的干涉 37

2.3 光栅与光的衍射 42

第 3 章 激光与激光器 46

3.1 神奇的激光 46

3.2 激光与激光技术 53

3.3 新型电光源 58



第4章 射线技术与原子结构 64

4.1 人类探索原子结构的历程 65

4.2 X 射线与CT诊断技术 70

4.3 碳–14测定技术与衰变 77

4.4 放射性同位素的应用及防护 82



第5章 核能与社会 88

5.1 核反应堆与核裂变 89

5.2 核电站是怎样工作的 95

5.3 核武器　核聚变 100

5.4 核能与社会 108

总结与评价 科技成果展示报告会 116





图 1–1　留驻精彩瞬间

第 1 章
光学仪器与光的折射规律

自然界是那样的绚丽多彩、瞬息万变！小至微小的原子世界，大到浩瀚的宇宙，每时每刻都在发生着精彩绝伦的变化，蕴藏着诱人的无穷奥秘。单凭人的眼睛是无法观察、记录这转瞬即逝的美景的。人们经过长期的探索和研究，发明了照相机、显微镜、望远镜……从而极大地扩展和延伸了眼睛的视野。凭借这些光学仪器，不仅能留驻人间的万种风情和无数珍贵的回忆，而且使人类对自然界的探索不断深入。

你使用过照相机、显微镜和望远镜吗？

你知道照相机是怎么留住精彩瞬间的吗？

显微镜和望远镜是根据什么光学原理制成的？

你会制作简易的望远镜吗？

……

本章将以照相机、显微镜和望远镜为背景，探究光的折射和透镜成像规律，并应用这些规律分析研究照相机、显微镜和望远镜等光学仪器的原理和结构，还将通过摄影、制作简易望远镜等有趣的活动，充分展示你的才能。

1.1 照相机与透镜成像规律

你会摄影吗？你知道照相机是怎样工作的吗？

照相机的工作原理

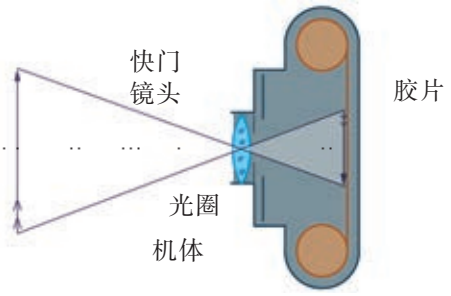


图 1–2　照相机工作原理示意图

如图 1–2 所示，照相机工作时，被摄景物通过镜头成像在感光胶片上，使胶片曝光发生化学反应；胶片再经过显影、定影生成底片；底片经冲扩就得到了相片。

照相机的基本结构

照相机种类繁多、式样各异，但基本结构都包括镜头、快门、光圈、取景器、调焦装置、机身等基本部件(图 1–3)。

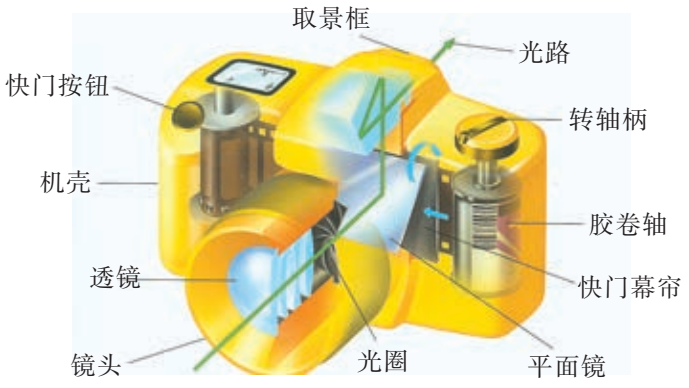


图 1–3　普通照相机的基本结构

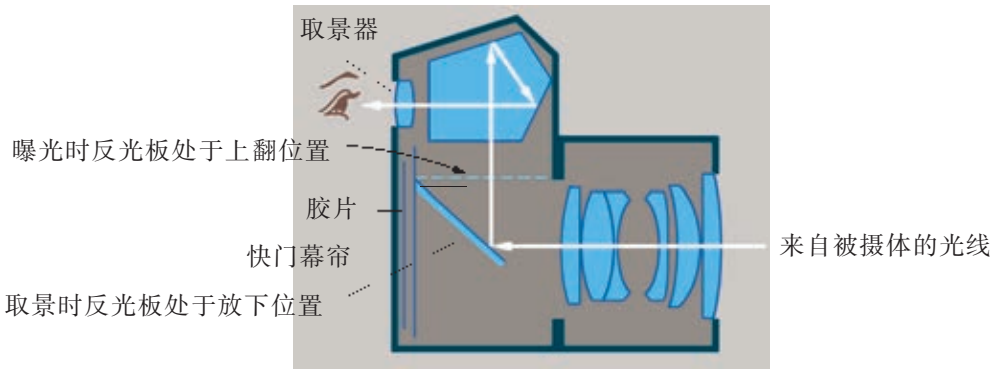


图 1–4　单反式照相机取景器光路示意图

1. 镜头：镜头位于照相机的前端。为了提高成像的质量，实际的镜头是由多片透镜组成的，它的作用相当于一个凸透镜，使景物在感光胶片上形成影像。

2. 取景器：用以观察景物，确定主体景物及拍摄范围的装置。

3. 快门：用以控制曝光时间的装置。

4. 光圈：在镜头中间，由多层可活动金属片组成，通过改变孔径的大小，控制进入相机的光通量。

5. 调焦装置：用以调节镜头的位置，使拍摄远近不同的景物时，能在胶片上形成清晰的图像。

实际的照相机还有许多附加设备，请你仔细观察照相机，对照说明书，了解照相机的基本结构。

用照相机摄影时，要使被摄景物在底片上形成一幅清晰的图像。怎样才能达到这个要求呢？这就要进一步研究凸透镜的成像规律。

探究透镜成像的规律

实践活动 1　实验探究凸透镜的成像规律

在初中，我们对凸透镜的成像规律，已经用实验进行过初步的研究。请用图 1–5 所示的仪器，自行设计实验方案，拟定实验步骤，进行实验，并将实验数据填入你设计的表格中。

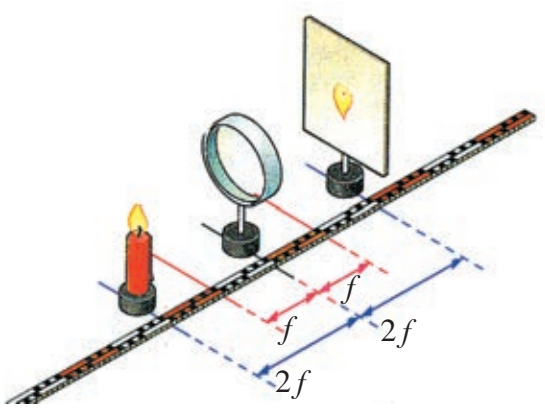
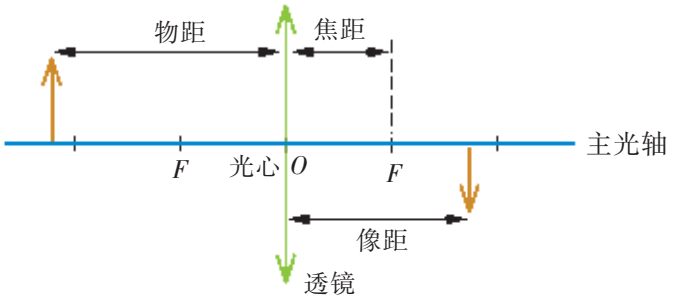


图 1–5　探究凸透镜成像规律

你能从实验数据中，得出凸透镜成像的规律吗？能否用更简便的方法来描述凸透镜的成像规律呢？

实践活动 2　透镜成像作图法

请先了解图 1–6 中标出的符号、名词的意义。



光心是透镜中主光轴上的特殊点，射入透镜经过光心的光线方向不变。

图 1–6　凸透镜、物距、像距、焦距示意图

我们知道，物体经凸透镜所成的实像，是由来自物体的光线经过透镜折射后会聚而成的。那么，能否用作图的方法，探究凸透镜成像的规律呢？

图 1–7 就是物体经凸透镜成实像的光路图。由 A 点发出的一束光线经过凸透镜后会聚在 A' 点，A' 就是 A 点的实像。

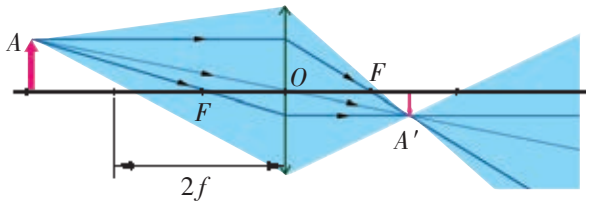


图 1–7　透镜成像作图法

请你根据图 1–7 所示的光路图，研究下列问题：

1. 在光路图中标出物距 u、像距 v。

2. 图中由 A 点发出的光束中，以实线标出的三条光线经凸透镜折射后各有什么特点？

3. 如果选这三条光线中的任意两条光线，是否也能找出 A' 的位置？

4. 你能总结出“透镜成像作图法”吗？

5. 请你利用透镜成像作图法，分别画出图 1–8 中物体 A 在各个不同位置成像的光路图，并测出 f、u、v 等数据。

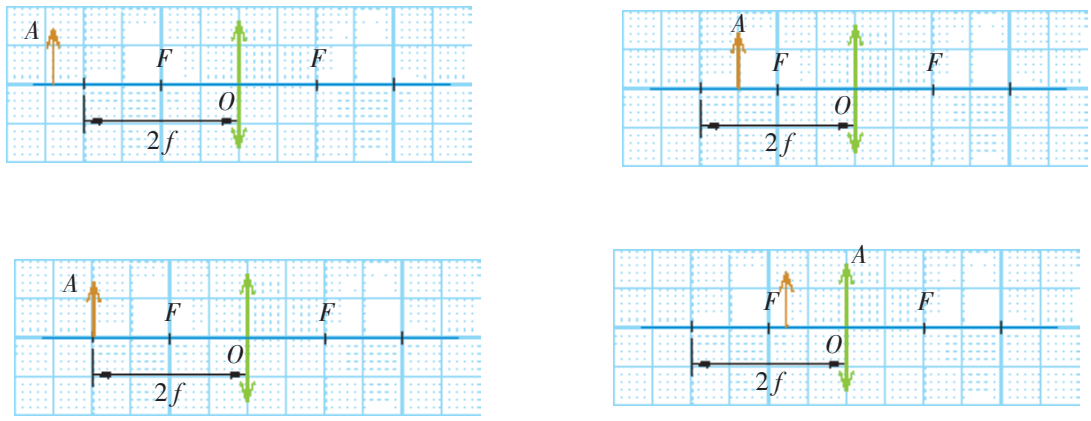


图 1–8　用作图法研究凸透镜成像规律

用作图法虽然可以方便地研究物体的成像情况，但在实际中常常需要进行精确的计算，能否用数学公式来表述透镜成像规律呢？

透镜成像公式

有兴趣的同学可以根据光路图，用几何法推出透镜成像公式。

理论与实验研究都表明，透镜成像时，物距 u、像距 v、焦距 f 间的关系可以用下列公式表示：

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

透镜成像公式对凹透镜同样适用，凹透镜的 u 是正值，f 和 v 总是负值。

对凸透镜来说，式中的 u 和 f 均为正值，成实像时 v 为正值，成虚像时 v 为负值。

透镜成像时，像长和物长的比等于像距 v 跟物距 u 之比，称为透镜的放大率，用 m 表示。

$$m = \frac{v}{u}$$

请将实验和作图所得的有关数据代入透镜成像公式，通过计算，你有什么发现？

算一算：某照相机镜头的焦距为 50 mm，景物距它 10 m，则像距和放大率为多大？

实践活动 3　测凸透镜的焦距

透镜的焦距是表征透镜特性的重要技术参数。请你至少设计两种方案，测出一个凸透镜的焦距。把你的方案和测量结果与同学交流，并对各种方案进行评价。

家庭作业与活动

1. 某照相机的镜头焦距是 28 mm，一位同学身高是 1.6 m，他站在镜头前 4 m 处，你能求出该同学在相机胶片上像的高度吗？
2. 用你所学的凸透镜成像的知识与方法，探究凹透镜的成像规律。
3. 准备一架照相机，对照说明书，观察它的结构和使用方法，供下节课用。

1.2

展示精彩瞬间

我们已经知道了照相机的工作原理，要用照相机拍摄一张好的照片，就要进一步了解照相机的主要技术参数和使用方法。

请同学们展示自己带来的照相机，相互交流，看看它们分别属于哪种类型？了解相机的主要技术参数和它的意义。



单（镜头）反（光式）135 相机：取景和对焦都通过一个镜头，高档相机都是这种类型。



带变焦的全自动相机（俗称“傻瓜相机”）：是一种便携式自动相机，体积小巧，价格便宜，操作简单。



数码相机：用图像传感器（CCD）代替胶卷，并对图像进行数字化处理后，储存在相机的记忆卡中。

图 1–9　几种常用照相机

照相机的主要技术参数及其意义



图 1–10

照相机的镜头上常标出一些符号和数字，这些符号和数字表示照相机的技术参数，其中主要有镜头的焦距、光圈、快门速度、景深等。

1. 焦距　焦距是指当镜头对准无限远时，从照相机镜头中心到感光胶片的距离。焦距用 f 表示，如 $f = 28\ \text{mm}$，$f = 50\ \text{mm}$，$f = 75\ \text{mm}$ 等。对于带变焦镜头的相机来说，拍摄远的物体时，应使用长焦距；拍摄近处物体时，则应选用短焦距。

2. 光圈　光圈主要起两方面的作用：

（1）控制进入镜头的光通量，以获得合适曝光。

光圈的大小用光圈系数表示，如 $f/4$，…，$f/16$ 等。

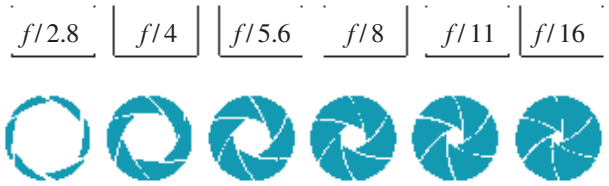


图 1–11　光圈与光圈系数

（2）控制影像的景深范围

景深是指照相机能在底片上形成清晰的影像时，被摄主体（如人）的前后距离范围，如图 1–12 所示。在实际拍摄时，景深的大小跟镜头的焦距 f、光圈大小和对焦距离都有关系。用光圈大小来控制景深是最常用的方法，如拍照时要突出主体，就应选用较大的光圈，这时景深较小，能拍摄出特写照片（图 1–13 a），如要拍摄风光照片，希望远景、近景都较清晰，就要选用较小的光圈，使景深加大（图 1–13 b）。

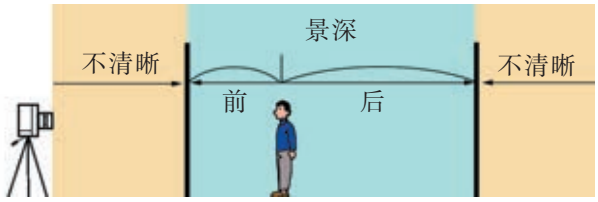
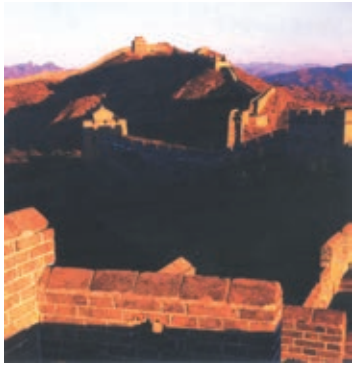


图 1–12　景深示意图



a 花卉特写



b 风光远景

图 1–13　不同景深时的拍摄效果

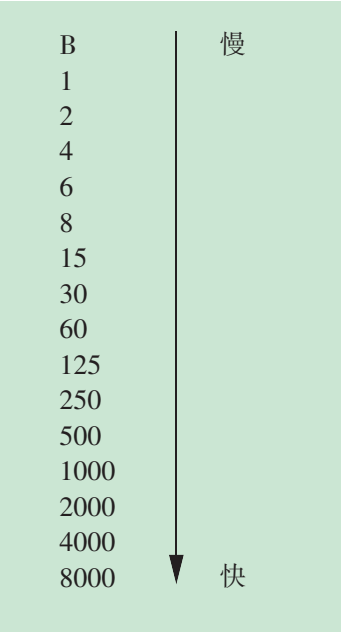


图 1–14　快门速度的标记数值

3. 快门速度　快门开启的时间称为快门速度，快门速度的标记值一般如图 1–14 所示，图中 1 表示 1 s，2 表示 $\frac{1}{2}$ s，500 表示 $\frac{1}{500}$ s，B 门是实现曝光时间较长的装置。快门速度与光圈配合，使感光胶片获得正确曝光，曝光不足或过量都会降低影像的质量。

观察你和同学的照相机,看看它们的焦距、光圈、快门速度等的变化范围各是多少?

怎样使用照相机

实践活动　使用照相机摄影

请同学们带着照相机到校园中取景,拍摄远近不同的风景和人物照片,并与同学们交流怎样正确使用照相机,才能获得满意的照片。

如果使用的是数码相机,请你将拍摄的照片下载到电脑上并展示出来,供大家欣赏。

信息浏览

怎样使用照相机

1. 在使用照相机前,应该仔细阅读说明书,熟悉照相机的结构特点、使用方法和操作注意事项,并严格按照说明书的要求操作。

2. 胶卷感光度表示胶卷对光的敏感程度。按照国际标准组织(ISO)的标准设定。常用的有ISO100、200、400等,数值越大,敏感度越大。高感光胶卷适合在光线弱的环境或拍摄快速运动景像时使用。

3. 照相机的镜头不能用手触摸。如果镜头上粘了灰尘,要用专用的镜头纸轻轻擦拭,不能用普通纸或布擦。

4. 用全自动相机拍摄时,要将快门按钮先按下一半,待照相机自动调焦后,再全按下。

5. 长时间不用照相机时应将电池取出,并将照相机放在阴凉干燥的地方,防止发霉。

6. 拍摄完毕后,应尽早取出胶卷进行冲洗。

STS

数码相机

数码相机的发明是摄影史上的一次革命,实现了从胶卷到数码的飞跃。数码相机是集光学、机械、电子于一体的现代高新技术产品,集成了影像信息的获取、转换、存储等多种功能,具有数字化存储模式与电脑交互处理和实时拍摄等特点。数码相机与普通相机不同的是,数码相机成像在图像传感器(如CCD电荷耦合图像传感元件)上,如图1-15所示。CCD是一种对光敏感的半导体器件,由几百万个被称为像素(图像元素的简称)的小点组成。300万像素的相机装有一块由300万像素组成的CCD。

数码相机将CCD上获取的图像转变成数字化信息,保存在记忆卡上。一个128MB的记忆卡,可保

存数百张照片。记忆卡还可以像电脑的移动硬盘一样反复使用。如果一幅照片没有拍好，可以马上删除重拍。

数码相机除具有自动测光、自动对焦功能之外，还具有自动(或手动)白平衡功能，能对图像的色彩进行校正，使图像的色彩与原景物的色彩完全一样。

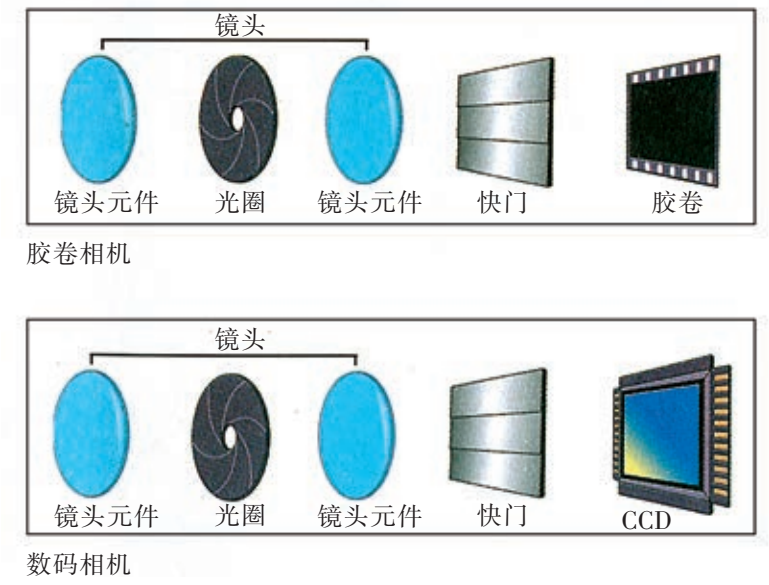


图 1–15　数码相机用图像传感器获取图像

家庭作业与活动

1. 到摄影器材店，了解各种照相机的品牌、性能、价格及特点。
2. 传统相机跟具有电子器件相机、数码相机比较有哪些相同点和不同点？



图 1–16　雨后的彩虹



图 1–17　光彩夺目的金刚石

1.3

测定玻璃的折射率

我们已经研究了照相机和透镜的成像规律，并且知道，这与光的折射有关。自然界中许多现象都与光的折射有关，如雨后的彩虹为什么如此绚丽多彩？金刚石为什么会光彩夺目？

本节将通过实验，探究光的折射规律，测定玻璃的折射率，进而研究光的全反射现象。

探究光的折射定律

在初中我们已经知道光折射时，折射光线跟入射光线和法线在同一平面内，折射光线和入射光线分别位于法线两侧。但是折射角跟入射角之间究竟有什么定量关系呢？人们对这个问题的探索经历了一千多年的时间，直到 1621 年，荷兰数学家斯涅尔(W. Snell)才找到了折射角与入射角之间的规律。现在我们就来通过实验研究这一规律。

实践活动 1　探究光折射的规律

图 1–18 所示是激光束通过玻璃砖时发生折射的现象。请同学们自行装配器材进行实验，仔细观察实验现象，仿照用激光研究光的反射定律的方法，根据激光的光路，在实验纸上画出实验的光路图，并画出法线，找出入射角、折射角，分析讨论如下问题：

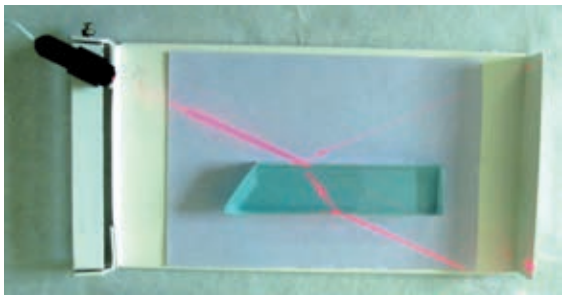


图 1–18　探究光折射的规律

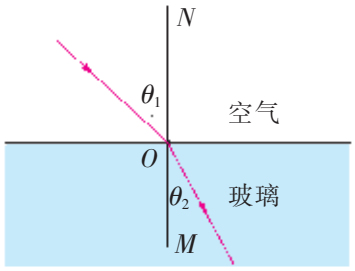


图 1–19　光从空气射入玻璃

1. 在图 1–18 实验中，光发生了几次折射？你是怎样确定法线的位置的？如何确定入射角、折射角？

2. 分别画出光从空气射入玻璃和光从玻璃射入空气时发生折射的光路图，并分别测量入射角、折射角的大小，记入表格。

3. 改变激光束的入射角，再画出光路图，测出入射角和折射角的大小，填入表格中。

4. 分析你的测量结果，得出结论。将你的结论与同学们交流讨论。

5. 在折射现象中，光路是可逆的吗？你能用实验证明吗？请做一做。

表一：光从空气射入玻璃时

入射角
折射角

表二：光从玻璃射入空气时

入射角
折射角

从上述实验中我们看到，折射角随入射角的变化而变化。精确的实验表明：入射角的正弦跟折射角的正弦成正比。如果用 n 来表示这个比例常数，就有：

$$n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

这就是光的折射定律，也叫做斯涅尔定律。

折射率　测定玻璃的折射率

折射率

光发生折射时，虽然入射角的正弦跟折射角的正弦之比为一个常数 n，但是对不同的介质来说，这个常数 n 是不同的。我们把光从真空射入某种介质发生折射时，入射角 θ_1 的正弦跟折射角 θ_2 的正弦之比 n 叫作这种介质的**折射率**(refraction index)。

几种常见介质的折射率

金刚石	2.42	酒精	1.36
二氧化碳	1.63	水	1.33
玻璃	1.5 ~ 1.9	空气	1.00028
水晶	1.55	真空	1.00

研究上表中列出的几种介质，哪种介质的折射率最大？将空气的折射率与真空的折射率相比较，你发现了什么？为什么在通常情况下可以认为，光从空气射入某种介质时入射角的正弦跟折射角的正弦之比，就是那种介质的折射率？

玻璃是常见的介质，照相机和光学仪器的镜头大多是用光学玻璃材料磨制成的。下面就来测定玻璃的折射率。

实践活动 2　测定玻璃的折射率

你可以利用“实践活动 1”中得到的数据，求出玻璃的折射率。

你还可以自行设计实验来测定玻璃的折射率。

请将你的实验方法、测量数据和实验结果与同学交流，并对这次活动进行评价。

光密介质与光疏介质

折射率是一个反映介质的光学性质的物理量。不同介质的折射率不同，就两种介质相比较而言，把折射率小的介质称为**光疏介质**（optically thinner medium），折射率大的介质称为**光密介质**（optically denser medium）。光疏介质和光密介质是相对的，例如水对于空气来说是光密介质，对于玻璃来说则是光疏介质。

研究表明，光在不同介质中的速度不同，介质的折射率 n 越大，光在这种介质中的速度越小。反之，介质的折射率 n 越小，光在这种介质中的速度越大。这也正是光发生折射的原因。某种介质的折射率，又等于光在真空中的速度 c 跟光在这种介质中的速度 v 之比。

$$n = \frac{c}{v}$$

全反射

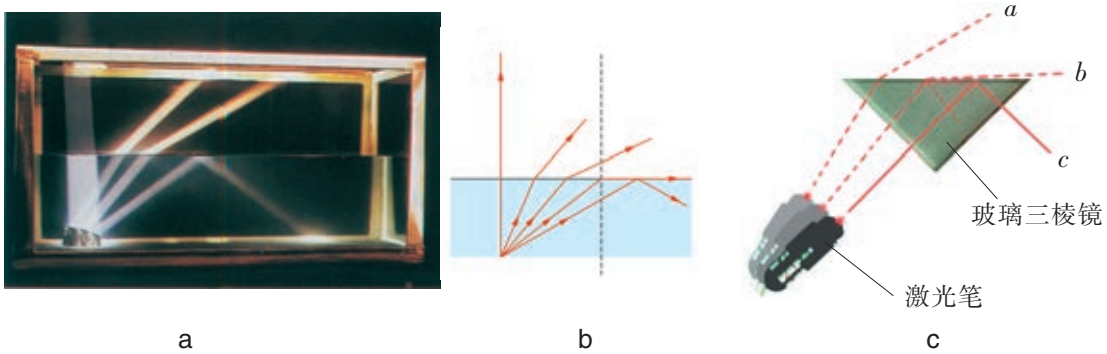
全反射　临界角

当光由光密介质（例如玻璃）射入光疏介质（例如空气）时，折射角大于入射角。如果我们增大入射角，折射角就会增大到 90°，如果入射角再增大，会出现什么现象呢？

让我们做个实验，研究这个有趣的现象。

实践活动 3　研究光的全反射现象

如图 1–20a 所示，让激光束从斜下方从水中射入空气，再逐渐增大入射角，观察实验现象并讨论：



a　　b　　c

图 1–20　探究光的全反射现象

1. 当光从水中射入空气时,哪一条是入射光线?哪一条是折射光线?哪一条是反射光线?哪一个角是入射角?哪一个角是折射角?

2. 逐渐增大入射角,观察折射角的变化及折射光线和反射光线的强弱如何变化。

3. 继续增大入射角,观察当折射角等于90°时,光发生全反射的光路。

4. 利用图1–20 c所示的实验装置,设计一个实验,用作图法,测量玻璃的临界角。

由实验可以看出,入射角增大到某一角度,使折射角达到90°时,如果入射角再增大,折射光线就消失了,只剩下反射光线,这种现象叫做**全反射**(total reflection)。将要发生全反射时的入射角叫做**临界角**(critical angle)。

案例分析

案例

计算水和玻璃对空气(或真空)的临界角 C。

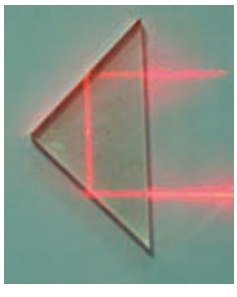


图 1–21　激光束在全反射棱镜中发生全反射的情况

分析

由于临界角 C 是折射角等于90°时的入射角,根据折射定律及光路的可逆性可得

$$n = \frac{\sin 90°}{\sin C} = \frac{1}{\sin C}$$

$$\sin C = \frac{1}{n}$$

查介质的折射率表,代入上式,就可以分别求出水和玻璃对空气的临界角了。

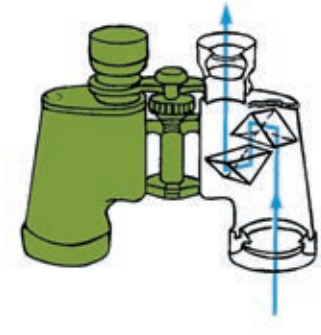


图 1–22　全反射棱镜在望远镜中的光路示意图

全反射棱镜

在许多光学仪器中,使用横截面是等腰直角三角形的全反射棱镜,用以改变光的传播方向(图1–21)。图1–22是使用全反射棱镜的双筒望远镜的光路示意图。望远镜为了获得较大的放大倍数,镜筒需很长。使用了全反射棱镜,就可以把光路“折叠”起来,缩短镜筒的长度。

在单反 135 照相机的取景器中，安装有一个五棱镜，在取景时，被摄景物经镜头所成的像经过五棱镜的两次反射，投射到取景器窗口（图 1–4）。

信息浏览

光导纤维

光导纤维利用光的全反射原理制成，这是物理学原理与技术应用相结合的成功事例之一。今后我们会学到它的广泛应用。由光导纤维组成的通信光缆，承载着川流不息的信息流，连接着数百万台电脑，形成了一个世界性的网络——因特网。无论是电话、电视节目，还是因特网页，都可以在光缆里同时通行无阻。医学上的内窥镜用光导纤维将光投射到人体内部，医生可以直接观察人体内部组织的健康状况，还可以用微型摄像机将体内的影像投射到监视器上，医生就可根据影像进行更细致的检查。

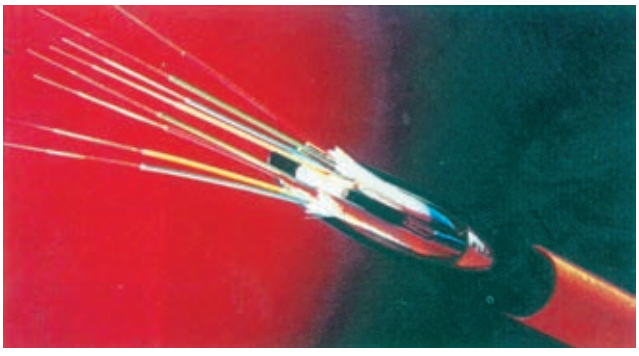


图 1–23　光导纤维组成的通信光缆

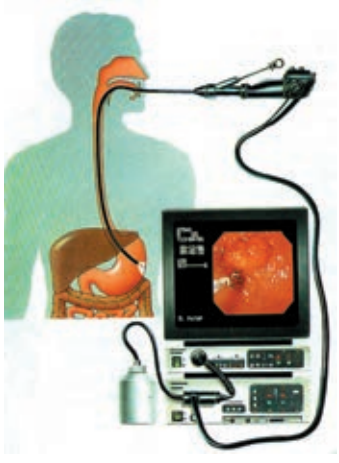


图 1–24　用胃镜检查患者胃部

家庭作业与活动

1. 请你观察自行车的尾灯，它是什么颜色的？为什么用这种颜色？它自身能发光吗？为什么有时它看上去闪闪发光？

2. 学过了光的折射和全反射的知识，你能解释金刚石为什么会光彩夺目吗？

1.4

眼睛的延伸——显微镜和望远镜

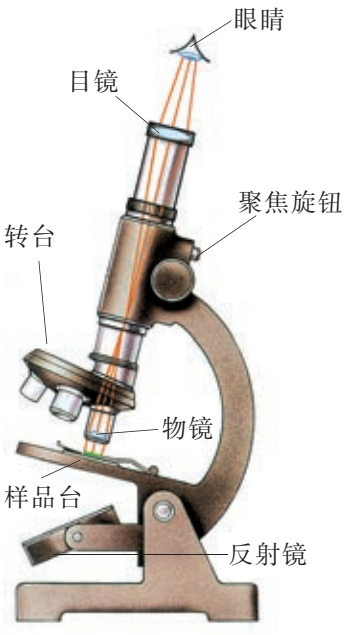


图 1–25　显微镜的结构

我们的眼睛是一个精密度很高的光学仪器，但是面对缤纷多彩的自然界，人眼的观察能力仍然有限，如很小的物体和很远的物体都看不清。为弥补人眼视觉的这种局限性，人们研制了显微镜和望远镜。本节就来研究显微镜和望远镜的工作原理。

显微镜



图 1–26　几种常见的放大镜

要观察细小物体，最简单的办法是用放大镜（图 1–26）。放大镜一般可放大 2.5~20 倍，只能用于简单的观察。

为获得更大的放大率，人们用两组透镜组合成光学系统，这种由透镜组合的放大镜叫做显微镜。

显微镜的光学系统如图 1–25 所示。两组透镜安装在一个镜筒里；对着物体的一组叫物镜；对着眼睛的一组叫目镜。每组透镜都相当于一个凸透镜。物镜的焦距很短，目镜的焦距相对较长。

放大镜的放大率 $m = \frac{v}{u} = \frac{25}{f}$；通常情况下取像距 $v = 25\ \text{cm}$（明视距离），物距 $u = f$（物体放在焦点的附近）。如果一个透镜的焦距是 10 cm，那么该透镜的放大率为 2.5 倍，通常写成 2.5×。

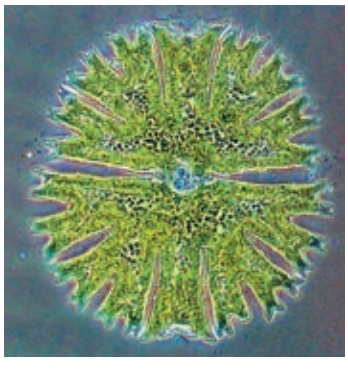


图 1–27　放大 200 倍的海藻细胞

实践活动 1　使用显微镜观察

1. 阅读显微镜说明书，观察显微镜的外部结构。
2. 用显微镜观察生物切片。
3. 你怎样知道显微镜的放大倍数？
4. 换用不同的物镜和目镜进行观察，体验各种不同放大率的观察效果。

实践活动 2　研究显微镜的工作原理

图 1–28 a 是显微镜工作原理的光路图，请你对照实物，仔细研究图 a，并与同学讨论如下问题：

1. 图中的 L_1、L_2，哪一个是物镜，哪一个是目镜？

2. 研究物体 AB 的光线通过物镜 L_1 的光路。AB 经 L_1 的像 $A'B'$ 是放大的，还是缩小的？是虚像，还是实像？

3. 研究像 $A'B'$ 的光线通过目镜 L_2 的光路。

$A'B'$ 所成的像 $A''B''$ 是放大的还是缩小的？是虚像还是实像？

4. 比较 $A''B''$ 的视角与用眼睛直接看物体 AB 时的视角（图 1–28 b）的大小，你能说明用显微镜能看清楚微小物体的原因吗？

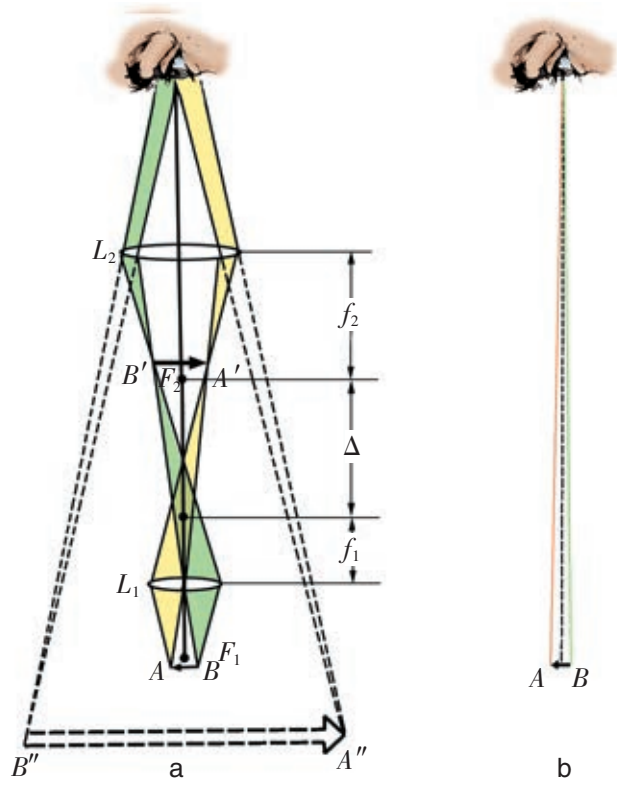


图 1–28　显微镜的工作原理光路图

一般人眼只能分辨相距 0.1mm 左右的两个点，而通过高倍光学显微镜，使我们能看清楚 0.1μm 左右物质的细微结构，这就大大提高了人眼的观察能力。但要观察物质更加细微的构造，如分子、原子等，光学显微镜仍无能为力。于是，人们又研究发明了电子显微镜（图 1–29）。

电子显微镜是用电子束代替光束来放大样品图像的。它的放大倍数可达 10^6 以上，分辨率最高可达 0.2nm（纳米）。可分辨原子之间的距离，不但可观察原子在晶体中的排列，而且可以看到单个原子在载膜上的迁移。

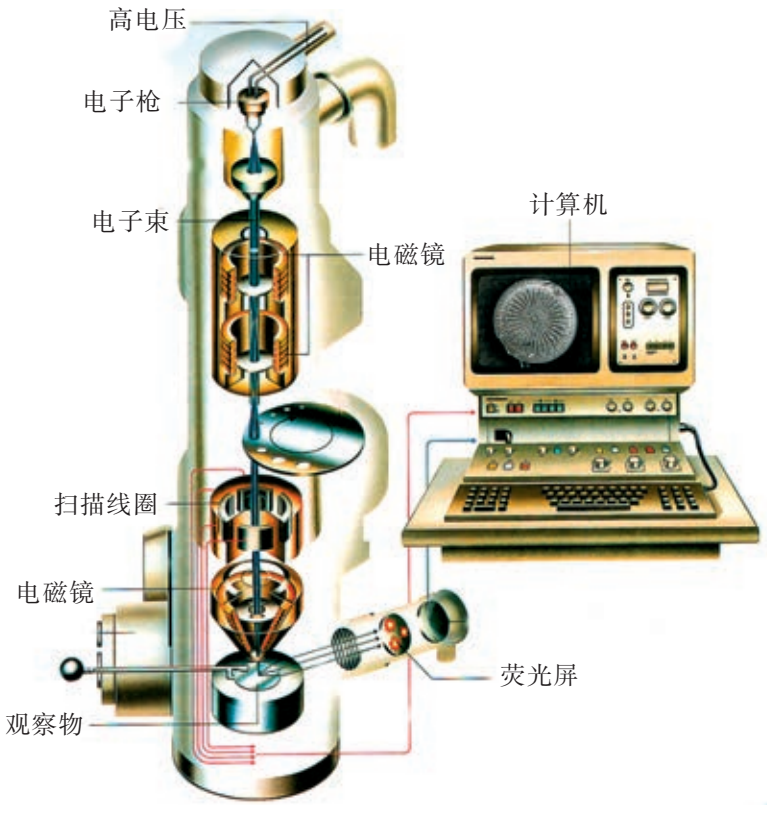


图 1–29　电子显微镜结构示意图



图 1–30　天文望远镜

望远镜

望远镜广泛应用于天文、地理、军事及生活等各领域。利用望远镜观察时，远处的物体似乎被移近了，原来看不清楚的物体能看清楚了。

望远镜是由物镜和目镜两组透镜组成的。望远镜的种类很多，这里研究开普勒望远镜、伽利略望远镜和反射式望远镜。

开普勒望远镜

开普勒望远镜是德国天文学家开普勒(J. Kepler)于 1611 年发明的。主要用来观察天体，所以又叫做天文望远镜。它是由两组透镜(物镜和目镜)组成的，每组透镜相当于一个凸透镜。跟显微镜不同的是，它的物镜的焦距较长，而目镜的焦距较短。

现代的天文望远镜是庞大而精密的仪器。天文学家已不是只进行简单的目视观测，而是利用敏感的电子摄像机，能够长时间地跟踪收集肉眼看不到的信息，并将信息输入计算机进行分析处理。

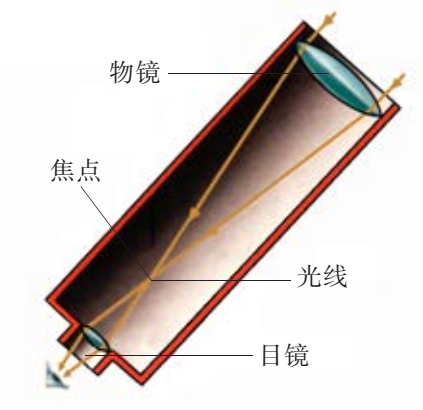


图 1–31　开普勒望远镜结构示意图

实践活动 3　研究开普勒望远镜的原理

图 1–32 是开普勒望远镜原理的光路图，请你和同学一起，对照结构示意图，研究开普勒望远镜的原理。

1. 哪一个是物镜？哪一个是目镜？它们的焦点在什么位置？焦距大小如何？

2. 天体离物镜很远，它经物镜所成的像 $A'B'$ 相对与目镜在什么位置？像的性质如何？

3. 像 $A'B'$ 经目镜所成的像 $A''B''$ 具有怎样的性质？

4. 比较 $A''B''$ 的视角与用眼睛直接观察天体时的视角，你能说明为什么通过望远镜看天体时觉得天体离自己近了？

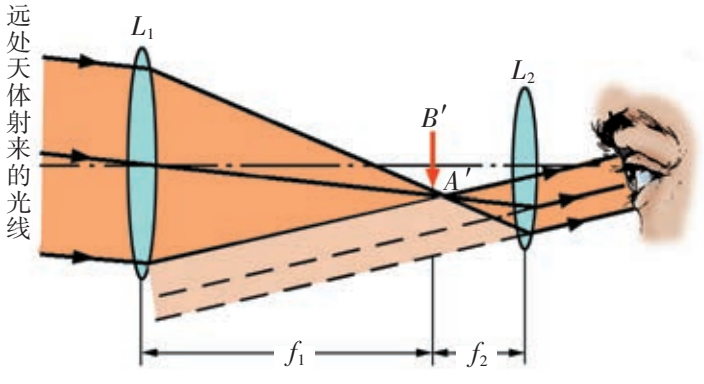


图 1–32　开普勒望远镜原理光路图

用开普勒望远镜观察远处物体的像是倒立的，这在观察天体时并无妨碍。然而有时却需要观察到正立的像（如军事望远镜等），于是人们研制了伽利略望远镜。

伽利略望远镜

最早的能成正立像的望远镜是由荷兰人李普希（H. Lippershey）于 1608 年发明的，它用单个凸透镜做物镜，单个凹透镜作目镜（图 1–33）。1609 年，意大利科学家伽利略（G.Galilei）也制成了这种用凹透镜作目镜的望远镜，并用它进行了天文观察，发现了木星的卫星和月球表面的环形山等，因而这种望远镜又被称为伽利略望远镜。

请分析讨论：

请根据图 1–33，分析研究伽利略望远镜成像的过程，并说明用这种望远镜观察物体时，为什么觉得物体离自己近了？

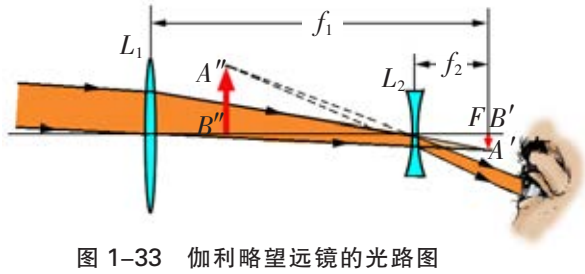


图 1–33　伽利略望远镜的光路图

伽利略望远镜的放大倍数较小，一般不超过 6 倍，所以伽利略望远镜只能作为一种简单观察工具，如观看戏剧、风景等。

在观察遥远星体时，进入镜中的光越多，所成的像就越明亮。为了增加进入望远镜的光，就必须增大物镜的直径，但由于受制造和安装的技术条件所限制，透镜的直径很难大于 1m，因而人们又制造了反射式望远镜（图 1–34）。

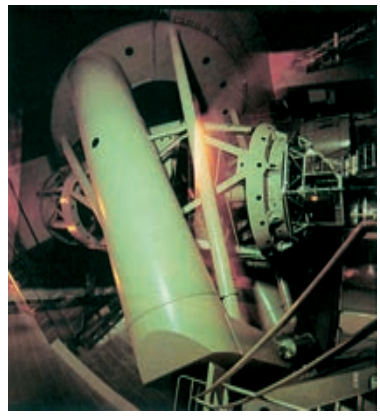


图 1–34　反射式望远镜

反射式望远镜

天文台里用的望远镜大多是反射式望远镜。这种望远镜是牛顿在 1668 年发明的，它的物镜是一个凹面镜，用来反射光线。

如图 1–35 所示，从远处天体射来的光线，经凹面镜反射后，再被平面镜（辅助镜）反射到目镜中，从而形成放大的虚像。

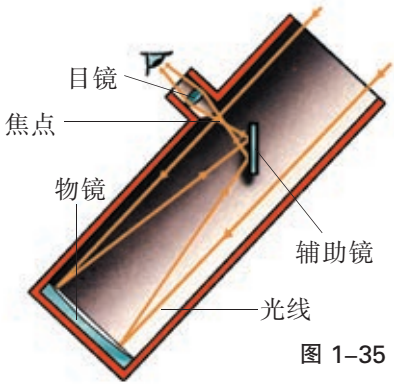


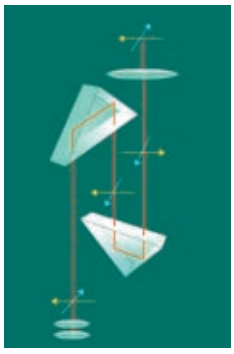
图 1–35　反射式望远镜的结构示意图

由于反射式望远镜的凹面镜直径可以做得很大,因而能够集中较多的光,使所成的像更明亮。目前世界上最大的反射式望远镜凹面镜的直径已大于 6m。

信息浏览



a 结构示意图



b 棱镜转像系统原理图

图 1–36　双筒军事望远镜

各种形式的望远镜

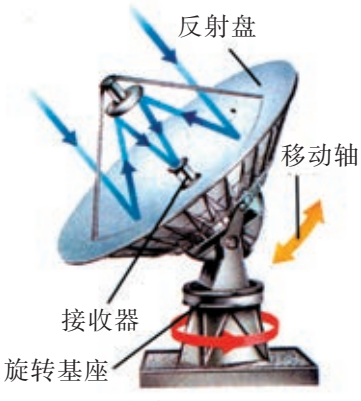
1．军事望远镜

军事望远镜要求有足够大的放大率,并且要求看到有立体感的正立像,还能在观察目标的同时完成瞄准、定位或测量等任务。图 1–36a 就是军事望远镜的结构示意图。从图中可以看出,这种望远镜属于开普勒望远镜。它是怎样成正立像的呢?

原来,在开普勒望远镜中加入转像系统也能获得正立像。图 1–36b 是双筒望远镜使用的棱镜转像系统原理图。

2．射电天文望远镜

20 世纪 30 年代,天文学家研制出无线电天文望远镜。它使用一个巨大的抛物面反射盘扫描天空,接收天体中其他星球发出的无线电波,并将电波反射到接收器(图 1–37a)。这种结构可以准确地辨别每种无线电源的位置。灵敏的接收器将信号放大,再由计算机生成视图和数据,供天文学家研究。



a 射电天文望远镜原理



b 射电天文望远镜阵列

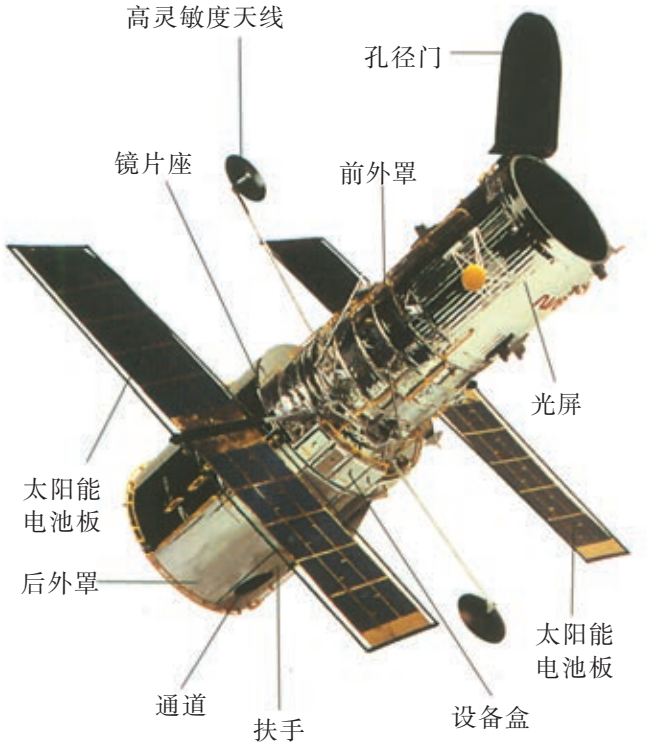
图 1–37　射电天文望远镜

英国天文学家赖尔(M. Ryle)发明了利用计算机将多个射电望远镜的输出端连在一起的方法,对射电天文学的发展做出了重要贡献,因而获得 1974 年诺贝尔物理学奖。他的研究小组用这种方法发现了很多天体,其中包括类星体。

3．哈勃太空望远镜

以美国天文学家哈勃(E. P. Hubble)命名的太空望远镜——哈勃太空望远镜，于 1990 年 4 月 2 日由美国“发现”号航天飞机送入太空，被安置在距离地球表面 600km 的轨道上。由于哈勃望远镜位于地球大气层以上，经它处理后的图像比地球上任何一架天文望远镜清晰几十倍。哈勃望远镜属于反射望远镜，它的反射镜片直径为 2.4m，其照相镜头和光谱仪能感应红外线、紫外线和一切可见光。获取的图像经计算机处理后，由电磁波传送到地球上的接收器。

世界各国的数千名科学家参与了哈勃太空望远镜的研制，整个研制过程花费了数十亿美元。



a 哈勃太空望远镜的结构



b 哈勃望远镜拍摄到的太空照片

图 1–38　哈勃太空望远镜

家庭作业与活动

1. 在教师的指导下，用天文望远镜观察月亮，并根据观察，画出你心目中的月亮形象草图。
2. 上网浏览天文学研究的最新成果和天文望远镜的发展状况。
3. 对军事望远镜感兴趣的同学可以参照图 1–36，研究双筒军事望远镜的棱镜转像系统是如何实现转像的。

1.5

设计制作:简易望远镜

浩瀚的星空总是给人们带来无限的遐想。当你仰望夜空,能看到成千上万的“小亮点”,那是成千上万的恒星、行星和星云。尽管它们非常巨大,但由于离我们非常遥远,因而我们只有借助望远镜才能更好地观察它们的真面目。

在本节中,你将动手制作一架简易望远镜,用它来观察月亮和星空,使自己能看得更远,看得更清楚。

实践活动

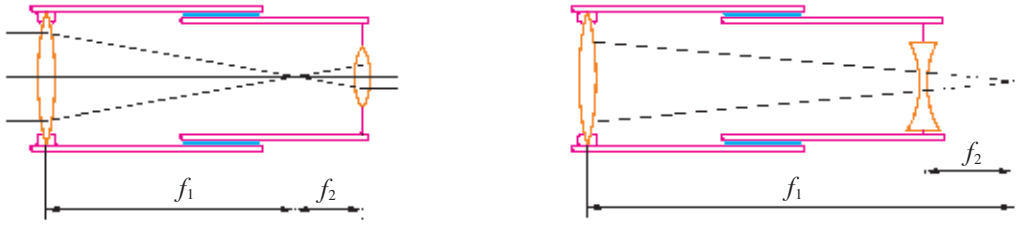
制作一台简易望远镜,并用它来观察物体。

活动指导

1. 拟订方案

确定要制作的望远镜是开普勒望远镜还是伽利略望远镜,放大倍数多大?

画出望远镜的结构草图(图 1–39)。



a 开普勒望远镜　　b 伽利略望远镜

图 1–39　望远镜的结构

2. 选择器材

(1) 选择物镜　物镜是个凸透镜,一般说来,物镜的焦距越大,望远镜可能的放大倍数越大。但是,要考虑镜筒的长度以及制作难度。

例如：选 100 度的老花镜片（焦距 $f = 1\,\mathrm{m}$）作物镜，从图 1–39 中可以看出，镜筒的长度跟焦距 f_1 和 f_2 有关。

（2）选择目镜　首先要考虑开普勒望远镜的目镜是哪种透镜，伽利略望远镜的目镜是哪种透镜，目镜焦距的大小，对望远镜的放大倍数有什么影响？

望远镜的放大倍数：　$m = \dfrac{f_1}{f_2}$

3. 设计镜筒结构

（1）根据物镜和目镜的焦距及它们的口径，计算镜筒的长度及内径、外径。

实际上，镜筒要分为两节（图 1–39），以便于调节。为了保证物镜和目镜能够同轴，两节镜筒的对接部分不能太短，内外管之间的衔接也不能太松。如果太松，可在外管内壁或内管外壁粘贴厚绒布或泡沫材料作衬垫。

（2）研究物镜和目镜的安装方法。

4. 制作安装

（1）制作镜筒；建议选取 PVC 塑料管材，或用厚纸卷制成硬纸筒。

（2）安装镜头。

（3）使用调试。

（4）为了使用方便，可以考虑给望远镜安装一个三脚架（图 1–40）。

（5）用望远镜观察月亮或星空，并坚持做观察记录。

（6）将自己的观察结果和心得告诉老师和同学，并与他们讨论交流。

5. 成果展示

当你完成设计制作后，要及时向同学、老师和家长报告和演示你和小组的研制成果，这将使你体验成功的喜悦。你的报告应包括设计目的、设计原理、制作过程、效果演示、存在问题与改进措施等。

报告前要做好充分准备，建议你使用 powerpoint 软件制作一个介绍小组研制成果的演示软件，使你的演示和报告更加生动，你一定会得到老师和同学的赞扬。

6. 评价

认真填写“活动评价表”，及时做好活动的总结评价工作。应以自我评价为主，要客观地评价自己在设计制作活动中的表现，认识自己的进步和不足。对同学的评价也要公正、客观，要看到他人的长处和进步。

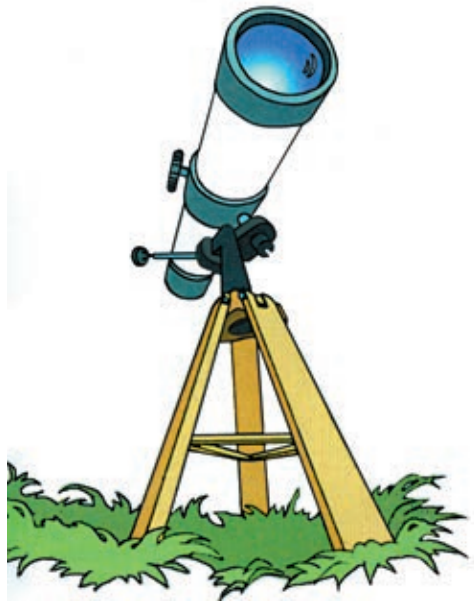


图 1–40　天文望远镜

活动评价表

制作望远镜

学生姓名：　　完成日期：

作品名称：

1. 画出结构图和光路图

结构图	光路图

2. 我选择的元器件：

3. 制作过程：

4. 观察效果：

5. 外观设计：

6. 我在活动中的表现：

我对小组活动的贡献是

我擅长的是

我在活动中遇到的困难是

我在这些方面应该做得更好

7. 自我评价：(在评价的等级上画圈)

A级(优秀)　B级(良好)　C级(合格)　D级(低于标准)

8. 小组评语：

9. 老师评语：

1.x

第 1 章家庭作业与活动

1. 在拍摄照片时，如果希望被摄景物在底片上的影像大一些，是应走近景物还是远离景物？你能用透镜成像的原理来分析说明吗？
2. 摄影是技术和艺术的结合，组织一个“摄影小组”，并举行摄影讲座，拟订摄影专题，开展“创意摄影”活动，举办小型影展，交流经验，评出优秀作品。
3. 查阅“常见介质的折射率表”，根据表内提供的数据计算光在水中及金刚石中的速度。
4. 小实验：人造彩虹。
   找一个喷雾器，装上清水（或用嘴含一口水），尝试顺着、逆着或侧着太阳光喷出水雾，看看在什么情况下能看到水雾中的彩虹？你有兴趣对彩虹的形成做进一步的研究吗？

课题研究

研究玩具望远镜的结构与原理

找一架玩具望远镜，研究它的结构和原理，画出它的光路图并计算它的放大倍数。要完成以上工作，可能有如下一些步骤：

（1）判别该望远镜是开普勒望远镜还是伽利略望远镜。

（2）观察望远镜的调焦机构，测量镜筒最大和最小有效长度。

（3）取出望远镜的物镜和目镜，设法测出它们的焦距。

（4）画出该望远镜的光路图。计算望远镜的放大倍数。

（5）将望远镜复原，使它能正常工作。



图 2–1　戴着立体眼镜的观众



图 2–2　立体电影院

第 2 章
光学技术与光的波动性

你看过立体电影吗?当你带上特制的眼镜欣赏立体电影时,你会感觉到万分惊奇:火车隆隆地向你奔来,飞机从你头顶呼啸而过,那芬芳的鲜花几乎触到你的鼻尖……

当你在感受立体电影带来的无穷乐趣时,你是否想过:

为什么看立体电影必须戴上一副特制的眼镜呢?

你知道立体电影是怎样拍摄的吗?

立体电影奇妙的三维立体效果是怎样产生的呢?

……

本章先以立体电影为背景,用实验探究光的波动特性,进而学习光的干涉现象和光的衍射现象。通过本章的学习,你不仅能知道立体电影的原理,而且会知道光的波动性在我们日常生活、生产等诸多领域中的广泛应用。

图 2–3　水波荡漾,风光无限



2.1

立体电影与光的偏振

看立体电影时，要戴上特制的眼镜，你才能看到立体效果，这是什么原因呢？要回答这个问题，就要进一步研究光的波动特性。

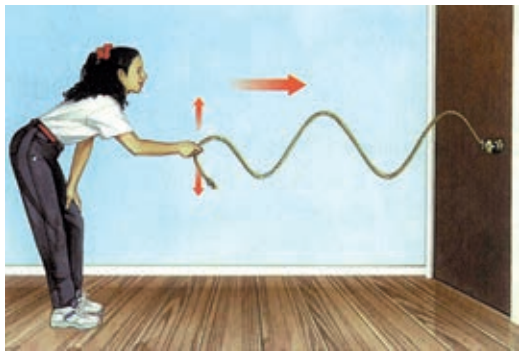


图 2–4　绳子上的横波

认识横波与纵波

波是振动状态的传播，如水波（图 2–3）。按照振动方向与传播方向的关系，可把波分为两类：振动方向与传播方向垂直的波叫做**横波**（transverse wave），如绳子上的波（图 2–4）；振动方向与传播方向平行的波叫做**纵波**（longitrdinal wave），如声波（图 2–5）。

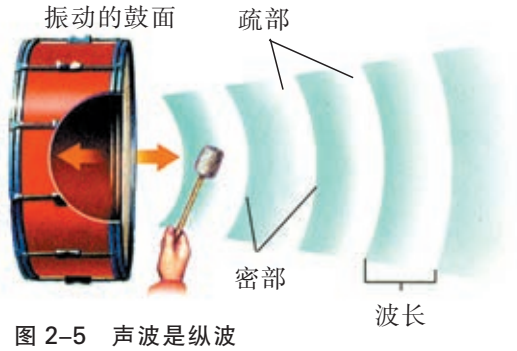


图 2–5　声波是纵波

我们在物理 2–1 的学习中已经知道，可见光是波长在 760~400 nm 之间的电磁波。那么光是横波还是纵波呢？

科学实验证明，光是横波。

为了说明光是一种横波，先让我们用绳子的横波做一个实验。如图 2–6 所示，用一端固定的弹性绳穿过带有狭缝的木板，让弹性绳形成一列横波，当振动方向与狭缝平行时（图 a），波能顺利通过；当振动方向与狭缝垂直时（图 b），波还能顺利通过吗？

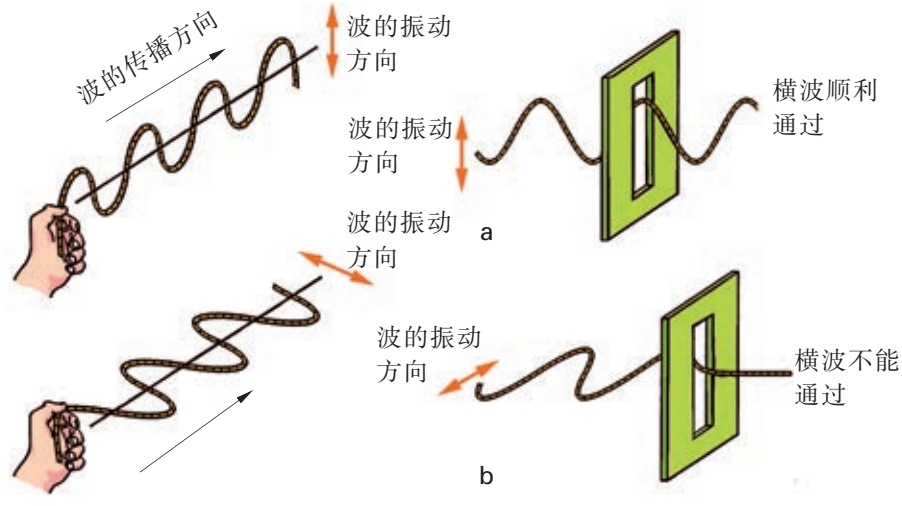


图 2–6　横波无法通过与其振动方向垂直的狭缝

实践活动 1　观察光是横波

1. 如图 2–8 所示，让太阳光或灯光通过偏振片，在偏振片的另一侧进行观察，可以看到偏振片是透明的，以光的传播方向为轴旋转偏振片，透射光的强度变化吗？

2. 在偏振片的后面再放置另一个偏振片，观察通过两块偏振片的透射光，从后偏振片（检偏器）与前偏振片（起偏器）透振方向平行开始沿某一方向旋转后偏振片，直到前、后偏振片的透振方向垂直为止，仔细观察透射光的强度变化。

请将你观察到的现象与绳子上的横波相比较，能否说明光也是一种横波呢？



图 2–7　偏振片是由特种材料制成的，它只允许某一特定方向振动的光波通过

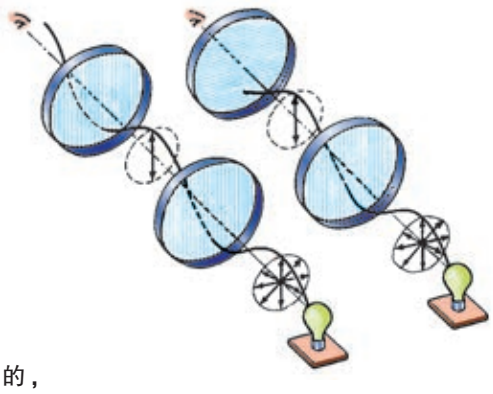


图 2–8　光波是横波

自然光与偏振光

通过以上实践活动可知，太阳光、灯光等在传播过程中，振动方向是垂直于传播方向的，这表明光波是横波。

自然光光波在垂直于传播方向的平面内是均匀分布的，且各个方向上的振幅相同，如图 2–9 所示。自然光通过偏振片后，偏振片只让某一振动方向的光波通过，物理学中把只沿着某一个特定方向振动的光叫做**偏振光**（polarized light），如图 2–10 所示。

我们通常看到的绝大部分光，如反射光、透射光、散射光等都

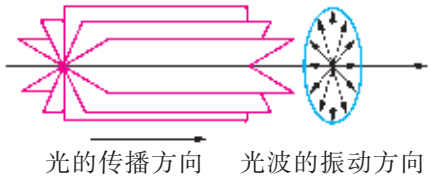


图 2–9　自然光光波的振动方式

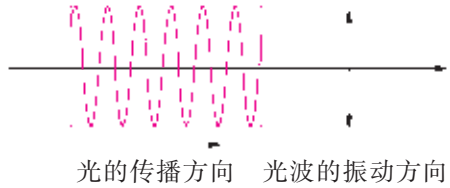


图 2–10　偏振光光波的振动方式

是偏振光。光的偏振现象应用很广，如汽车夜间行车时，为了避免对方汽车的灯光晃眼以保证行车安全，可以在所有汽车的车窗玻璃和车灯前装上与水平方向成 45°角，而且向同一方向倾斜的偏振片。这样相向行驶的汽车可以都不需熄灯，仍然能照亮前方的道路，同时也不会受对方的车灯灯光照射而晃眼。偏振片还可以用于制作太阳镜和照相机的滤光镜。



图 2–11　夜色下的车流

实践活动 2　用偏振片观察天空

晴朗的蔚蓝色天空所散射的日光就是一种偏振光。用偏振片（如偏振太阳镜、照相机的偏振滤色镜等）观察天空。

1. 转动偏振片的方向，你观察到什么现象？为什么转动到某一方向时，天空特别明亮，而转动到另一方向时，天空就特别昏暗？这说明了什么？

2. 将两块偏振片叠起来，如图 2–12 所示，交叉部分还能透光吗？这说明了什么？



图 2–12　正交叉叠放的偏振片不透光

立体电影的工作原理

你是否想过，我们用双眼观察景物时，为什么能够区分物体的前后、远近，从而产生立体感呢？

人们观察景物时，由于两眼观察的方位不同，景物在两眼的视网膜上形成的像也不相同，大脑将这两个像综合处理后，就形成立体的影像了。

立体电影就是根据上述道理和光的偏振现象设计的。

拍摄立体电影的摄像机有两个镜头，如同人的双眼那样同时摄下景物的影像。在放映机上也有两个镜头，镜头前各装有相互垂直的偏振镜。放映时，放映机射出的两束偏振光在银幕上形成两个像。

观看立体电影时，要戴上偏振眼镜，每只眼睛只能看到相应的偏振图像，其结果相当于人眼直接观察景物一样，这就是立体电影的工作原理。

立体电影仅是光的偏振的一个应用，实际上光的偏振在摄影、液晶显示、传感等很多领域都有着广泛应用。



图 2–13　立体电影放映系统



图 2–14　观看立体电影时戴的眼镜

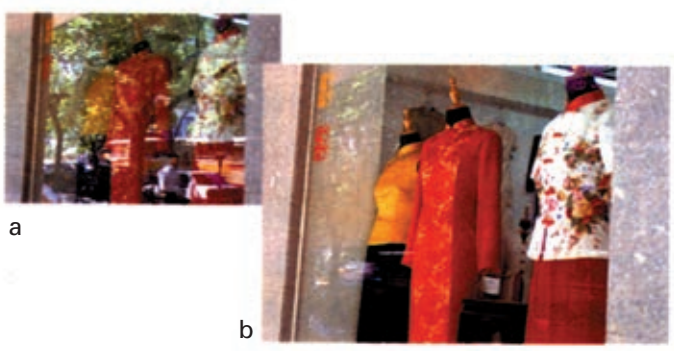
信息浏览

偏振镜在摄影技术中的应用

偏振镜在摄影技术中有着广泛的应用。利用偏振镜可改善天空影调和色调，抑制表面反射光，提高成像质量；有色和无色偏振镜配合使用，可以得到不同色彩的照片。



图 2–15　蓝/黄双色彩色偏振镜使阴天景物的色彩变得丰富，两幅照片使用同一块彩色偏振镜，偏振镜旋转角度相差 90°



a

b

图 2–16　橱窗中的服装跟橱窗玻璃反射光叠加在一起，照片很难看清服装的颜色和式样(见图 a)，加用偏振镜后拍摄的照片，玻璃表面的反光得到减弱(见图 b)



图 2–17　偏振镜使天空的景色变得更蓝，与白云形成了强烈的对比效果



图 2–18　用偏振干涉仪观察水面上的昆虫，图中出现美丽的彩环是因为水面微斜发生干涉的结果

家庭作业与活动

1. 到电影院观看立体电影，并与同学交流观后感。
2. 运用偏振镜鉴别普通玻璃和天然水晶，探究这种鉴别技术的物理原理。
3. 上网查找有关光的偏振在技术中的运用资料，在同学之间相互交流。



图 2–19　玩肥皂泡的小女孩

2.2

增透技术与光的干涉

著名作家马克·吐温在他的作品中曾这样描述，“飘荡在空气中的肥皂泡，闪烁着绚烂的色彩，大概肥皂泡是自然界最美妙、最精致的奇迹。”你知道是什么原因吗？原来这与光的干涉现象有关。让我们先来研究水波的干涉现象。

观察水波的干涉现象

如图 2–20 所示，在透明水槽上安装两个小锤，通电后，两锤以相同的频率振动，周期性地触动水面，形成两个振动频率相同的振源，观察两列波叠加后的现象。

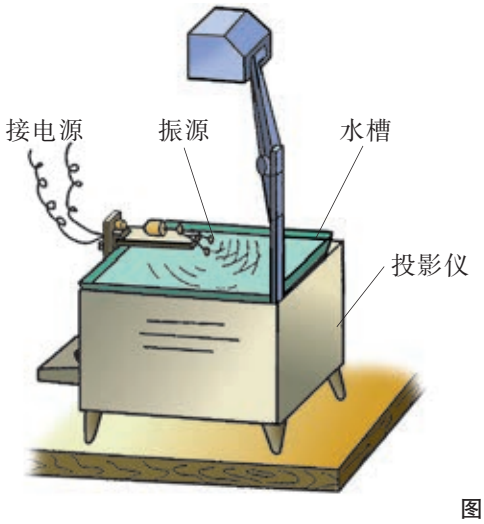


图 2–20　观察水波的干涉

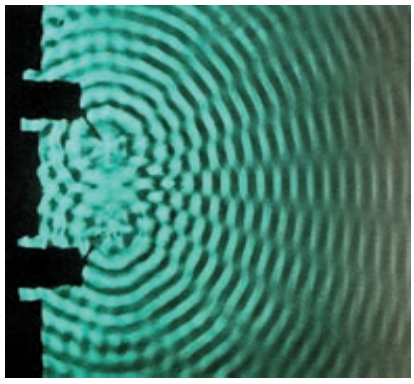


图 2–21　水波的干涉

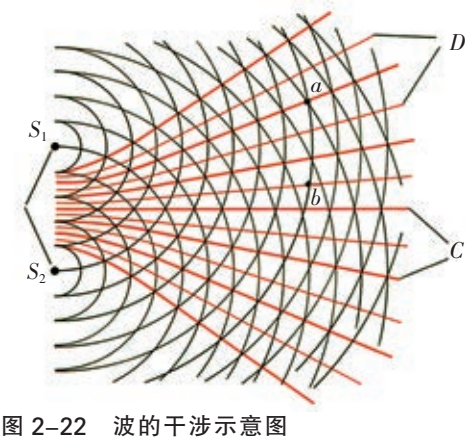


图 2–22　波的干涉示意图

思考与讨论

1. 你能描述两列波叠加时的情景吗？

2. 为什么有的区域振动加强？有的区域振动减弱？

原来两列波在传播过程中，当一列波的波峰跟另一列波的波峰(或一列波的波谷跟另一列波的波谷)相遇时，该点振幅就会增大。当一列波的波峰跟另一列波的波谷相遇时，该点的振幅就会减小。

当两列波振源的振动步调一致时，就会发生有的区域振动加强，有的区域振动减弱，且形成稳定分布的图像，如图 2–21、图 2–22，这种现象叫做**波的干涉**(interference)。

请讨论：水波能发生干涉，光波能发生干涉吗？

观察光的干涉现象

实践活动 1　利用双缝干涉仪探究双缝干涉现象

图 2–23 所示是一台双缝干涉仪，请联系上面的实验，说明干涉仪上的滤光片、单缝、双缝各起什么作用？

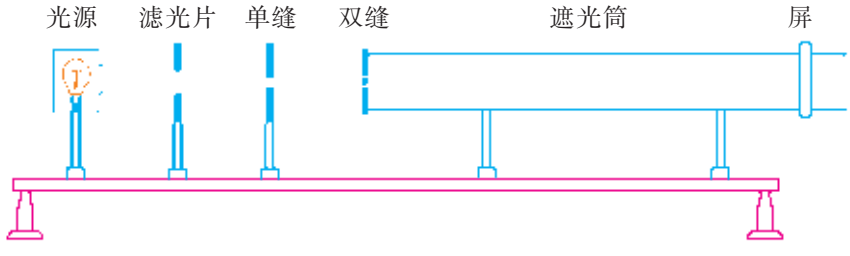


图 2–23　双缝干涉仪

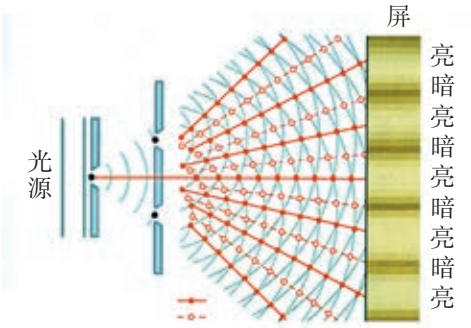


图 2–24　双缝干涉原理图

1. 用干涉仪观察，你在屏上看到了什么现象？

2. 缓慢地移动屏，你观察到的现象会发生变化吗？

3. 用不同的滤色片进行实验时，相邻两纹间的距离有什么变化？在其他条件相同的情况下，蓝光和红光相邻两亮(或暗)条纹间的距离一样吗？

4. 不用滤色片，观察白光的双缝干涉现象，你看到的条纹是单色的，还是彩色的？

5. 图 2–24 是双缝干涉原理图，满足什么条件屏上得到亮(暗)纹？

在上述双缝干涉实验中，在屏上可以看到明暗相间的条纹，这就是光的干涉现象。在图 2–24 中，被照射的两条狭缝就相当于两个频率相同的波源，这两列光波在空间叠加，在屏上的某处相遇，当波峰与波峰相遇时，就出现明亮的条纹；当波峰与波谷相遇时，就出现了暗条纹。

各种色光的颜色不同，反映了它们的频率不同，它们的波长也不相同。因此在双缝干涉现象中，颜色不同的光形成的亮暗条纹间的距离也不同。

各种色光在真空中的波长和频率

光的颜色	波长/nm	频率/$\times10^{14}$ Hz	光的颜色	波长/nm	频率/$\times10^{14}$ Hz
红	770~620	3.9~7.8	绿	580~490	5.2~6.1
橙	620~600	4.8~5.0	蓝–靛	490~450	6.1~6.7
黄	600~580	3.0~5.2	紫	450~400	6.7~7.5

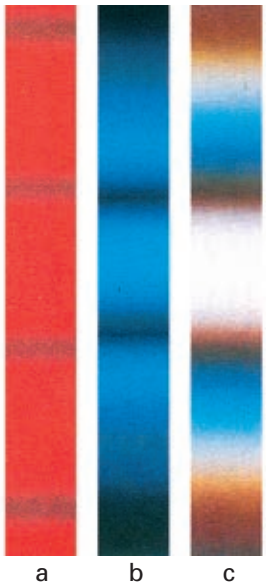


图 2–25　相同条件下，红、蓝、白光照射下双缝干涉条纹

实践表明：在双缝干涉实验中，相邻两亮纹(或暗纹)间的距离为

$$\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$$

其中 λ 为光的波长，d 为两条狭缝间的距离，L 为挡板与屏间的距离。



图 2–26　观察肥皂膜上光的干涉装置

实践活动 2　观察肥皂膜上的干涉图像

在酒精灯里的酒精中放入一些氯化钠，待氯化钠溶解后，点燃酒精灯，灯焰就能发出明亮的黄光（图 2–26）。

1. 用酒精灯的黄光照射肥皂膜，你能观察到明暗相间的条纹吗？这种干涉是怎样形成的呢？如图 2–27 所示，原来这种干涉现象是由于肥皂膜前后两个面的反射光叠加形成的。请你用光的干涉原理进行分析。

2. 再用白光照射肥皂膜，你会观察到绚丽多彩的彩色条纹。现在你能利用光的干涉原理解释这一现象吗？

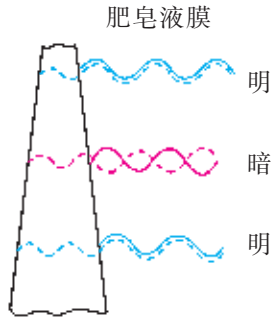


图 2–27　肥皂上的干涉图像原理示意图

干涉现象是一切波的固有特征之一。光的干涉在日常生活、生产中有很多的应用，增透技术就是其中之一。

增透膜

照相机镜头、眼镜、显微镜、望远镜等光学元件的表面通常都镀有一层光学薄膜，它的作用是削弱光学元件表面的反射光，增加这些元件的透光性能，人们常把这层膜称为增透膜，与之相关的技术叫增透技术。

为什么增透膜能有效削弱反射光呢？

光学增透膜就是利用薄膜干涉原理制成的。当增透膜的厚度为入射光在膜中传播时波长的 1/4 时，膜的前后两列反射波叠加的结果使振动减弱，即光学元件表面的反射减少，甚至消失，从而使透射光增强。

为了在较宽的波谱内达到更好的增透效果，往往采用双层、三层或更多层的增透膜。

光的干涉在工艺检测、天文观察、全息摄影、军事、工业等领域有着广泛的应用。



图 2–28　各种镀膜镜片

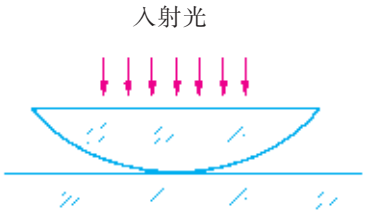
STS

干涉现象在技术中的应用

干涉现象除了在增透技术中的运用外，在其他领域中也有着广泛的应用。例如，在磨制各种镜面或其他精密光学平面时，可以用干涉法检查平面的平整程度。

如果被测表面是平的，干涉条纹是一组平行的直线；如果干涉条纹发生弯曲，就表明被测表面不平整。这种测量的精度可达 10^{-9}m。

如图 2–29 所示，把一个凸透镜的弯曲表面压在另一个玻璃平面上，让光从上方射入，这时可以看到亮暗不同的同心圆。这个现象是牛顿首先发现的，所以这些同心圆又被叫做牛顿环。人们利用牛顿环来检验凸、凹透镜磨制的质量情况。



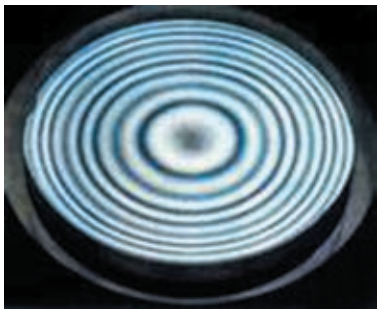


图 2–29　用牛顿环检验透镜质量示意图



图 2–30　用干涉仪观察烛焰附近的空气对流

家庭作业与活动

1. 想想看，日常生活中还有哪些现象是光的干涉现象？
2. 用白光做双缝干涉实验中，如图 2–25 c 所示，多数亮条纹都是彩色的，为什么屏上中央亮纹总是白色的？
3. 根据本节知识解释为什么照相机镜头通常呈淡紫色。

课外活动

取两块平板玻璃，用手指把它们紧紧捏在一起，你能从玻璃上观察到什么现象？思考产生这一现象的原因。




图 2–31　加衍射镜后拍摄的照片

2.3

光栅与光的衍射

你知道图 2–31 的照片是怎样拍出来的吗？这就要了解光的衍射知识。让我们从水波的衍射入手，进而学习光的衍射，并了解光栅在技术上的应用。

观察水波的衍射现象

什么是波的衍射呢？让我们用水波来做几个实验。

实践活动 1　观察水波的衍射

实验装置如图 2–32 所示，在水槽里放两块挡板，中间留一个狭缝。观察水波通过狭缝后的传播情况。

1. 当狭缝很宽时，水波的传播情况怎样？

2. 调节狭缝的宽度，当狭缝较窄时，水波的传播情况有什么变化？

3. 当狭缝很窄时，水波的传播情况又怎样？

上述实验表明，水波在传播过程中遇到障碍物（挡板），能绕过它继续向前传播，这种现象物理学上叫做波的**衍射**（diffraction）。一切波，如水波、声波以及光波等，遇到障碍物时，都能发生衍射。

从实验中还可以观察到，狭缝越窄，衍射现象越明显。研究表明，当狭缝的宽度跟波的波长差不多，甚至更小时，才能发生明显的衍射现象。

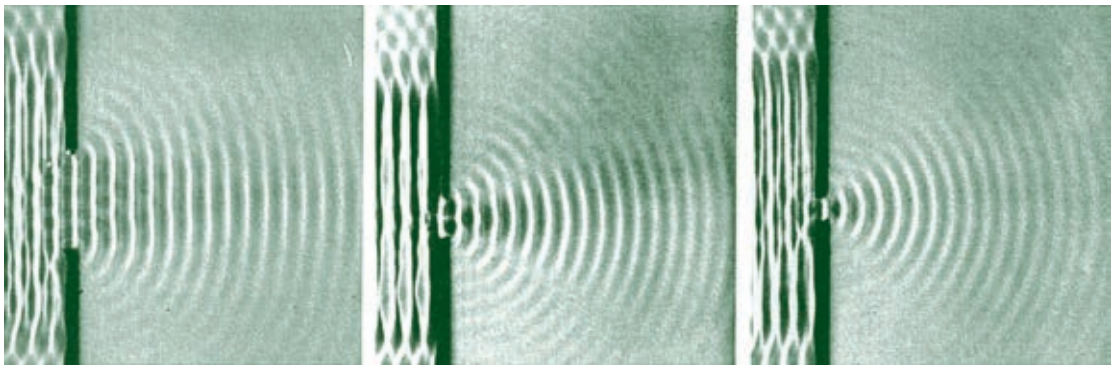


图 2–32　水波通过狭缝发生衍射

请思考讨论：

俗话：“闻其声而不见其人”就是说，声波很容易绕过障碍物被我们听到，而光波却被障碍物挡住了。你能说明其中的道理吗？

在什么情况下，才能比较明显地观察到光的衍射现象呢？

观察光的衍射现象

实践活动 2　观察单缝衍射现象

如图 2–33 所示，在不透光的挡板上安装一个宽度可以调节的狭缝，缝后放一个光屏。用平行单色光照射狭缝进行实验。

1. 当缝比较宽时，在屏上观察到怎样的图像？

2. 调节狭缝的宽度，当缝调到很窄时，屏上的图像有无变化？怎样变化？

图 2–34 是当狭缝很窄时，在光屏处拍摄得到的照片，这表明，激光通过窄缝时发生了明显的衍射现象。

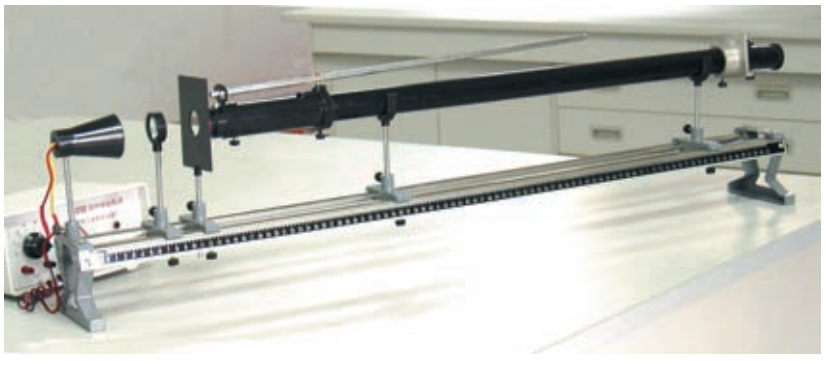


图 2–33　光的衍射实验装置

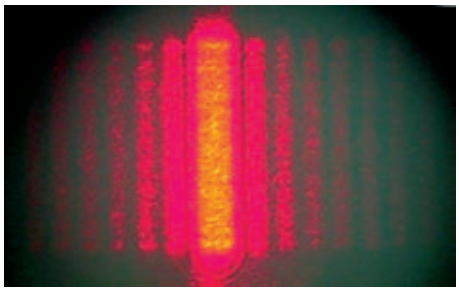


图 2–34　激光单缝衍射现象

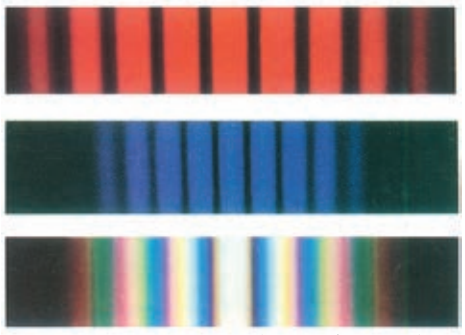


图 2–35　红、蓝、白光在相同条件下产生的单缝衍射现象

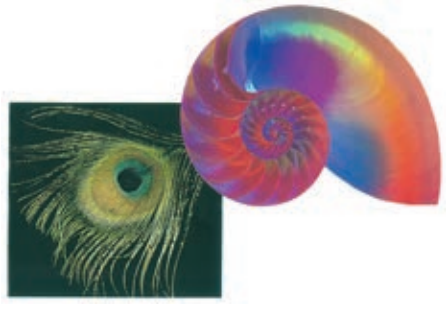


图 2–36　孔雀羽毛和珍珠母产生的衍射和干涉现象

3. 当用白光做上述实验时，拍摄下来的衍射条纹照片将是怎样的呢(图 2–35)？

光的衍射现象是不难观察到的，你可以利用身边的物品进行观察，例如把两枝铅笔并在一起，中间留一条缝，通过这条缝去看远处点燃的日光灯。又如通过羽毛进行观察等，都可以看到衍射现象。

请你试一试！

图 2–36 中的孔雀羽毛相当于一个多缝的装置，许多等宽的狭缝等间距地排列起来形成的光学元件叫做**光栅**(grating)。

光栅是物理学中常用的一种重要光学元件，在科学技术上应用很广泛，通过光栅拍摄的光谱可进行光谱分析，用于研究物质结构和分析、鉴定等方面。图 2–31 所示的照片，实际上是通过光栅拍摄的。照相机镜头前所加装的衍射镜就是一种透射光栅。

实用光栅每毫米内有几十条、上千条，甚至数万条刻痕，一块 100 mm×100 mm 的光栅上可有 10^4~10^6 条刻痕。

信息浏览

泊松亮斑

图 2–37 是一个不透光的圆板的影，注意中心的亮斑，它是光绕过盘的边缘在这里叠加后形成的，关于这个亮斑还有一个有趣的故事。

1818 年，法国巴黎科学院悬赏征集对光的衍射问题的研究论文。物理学家菲涅耳(A. J. Fresnel)按波动说提出了严密的解决衍射问题的数学方法。当时的另一位法国科学家泊松是光的波动说的反对者，他按照菲涅耳的理论计算，对于一定的波长，在适当的距离上，圆盘后影的中心会出现一个亮斑！泊松认为这是非常荒谬可笑的，并认为这样就驳倒了光的波动说。但是就在竞赛的关键时刻，菲涅耳在实验中观察到了这个亮斑，这样，泊松的计算反而支持了光的波动说。后人为了纪念这个有意义的事件，把这个亮斑称为泊松亮斑。

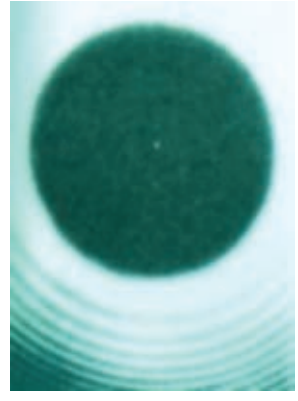


图 2–37　泊松亮斑

家庭作业与活动

1. 观察水波绕过尺寸不同的障碍物时不同的衍射效果，试分析其中的原因。
2. 透过尼龙纱巾看远处正在发光的日光灯或白炽灯，记录你观察到的现象，并解释产生这一现象的原因。
3. 观察刮胡须刀片边缘衍射现象，以小组为单位设计实践活动方案。

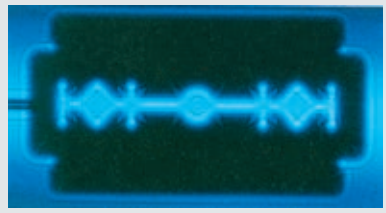


图 2–38　光经过刀片的边缘时发生的衍射现象

2.x

第 2 章家庭作业与活动

1. 哪些现象或实验结果可以说明：
   a. 光是一种波；
   b. 光是横波；
   c. 绿光的波长比红光波长短；
2. 在双缝干涉实验中，以白光为光源，在屏幕上观察到了彩色干涉条纹，你能说明其中的物理原理吗？
3. 在日常生活中，声音的衍射现象十分明显，光的衍射现象却不常见，为什么？
4. 光栅在传感技术上有着广泛的应用，感兴趣的同学可上网查找相关资料。
5. 水面上的油膜、VCD 光盘、商品上的防伪标志，看上去都有美丽的色彩，从不同的角度看，色彩又不相同，你能解释这些现象吗？