

个人信息

主讲教师 魏渭

单位 光学与光学工程

邮箱 wwei@ustc.edu.cn

手机 13355699071

微信 13355699071

QQ 3283889370

辅导老师 骆亦琪

邮箱 luoyiqi@mail.ustc.edu.cn

手机 **18656950731**

微信 **yamstyie-noisy**

QQ **63869327**

辅导老师 杨嘉雯

邮箱 yjw2013@mail.ustc.edu.cn

手机 18326105068

微信 yangjiawen_521

QQ 458488782

辅导老师 孙培泉

邮箱 spq@mail.ustc.edu.cn

手机 **15656592631**

QQ **1031290205**

课时安排

光学 1-9周 (2.22- 4.22)

原子物理 10-18周 (4.25-6.24)

成绩分布

光学 40% 原子物理 40%

平时 20%

课件网址： 百度网盘

用户名： 13355699071

密码： ustc2014

网盘文件夹：

《光学与原子物理2016秋》

本课程教材

《光学》

（吴强2006年版）

《原子物理》

（陈宏芳2006年版）

参考书

《光学》

(赵凯华 钟锡华)

《原子物理》

(杨福家)

本节要点

■ 光学简述

■ 几何光学的基本定律

第一章 光是什么

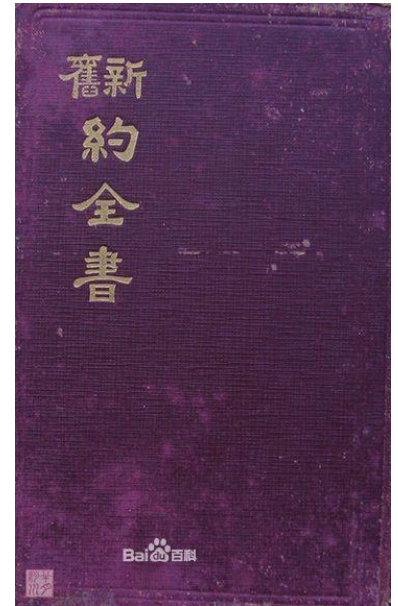
1-1 光是什么

▲ 光的作用

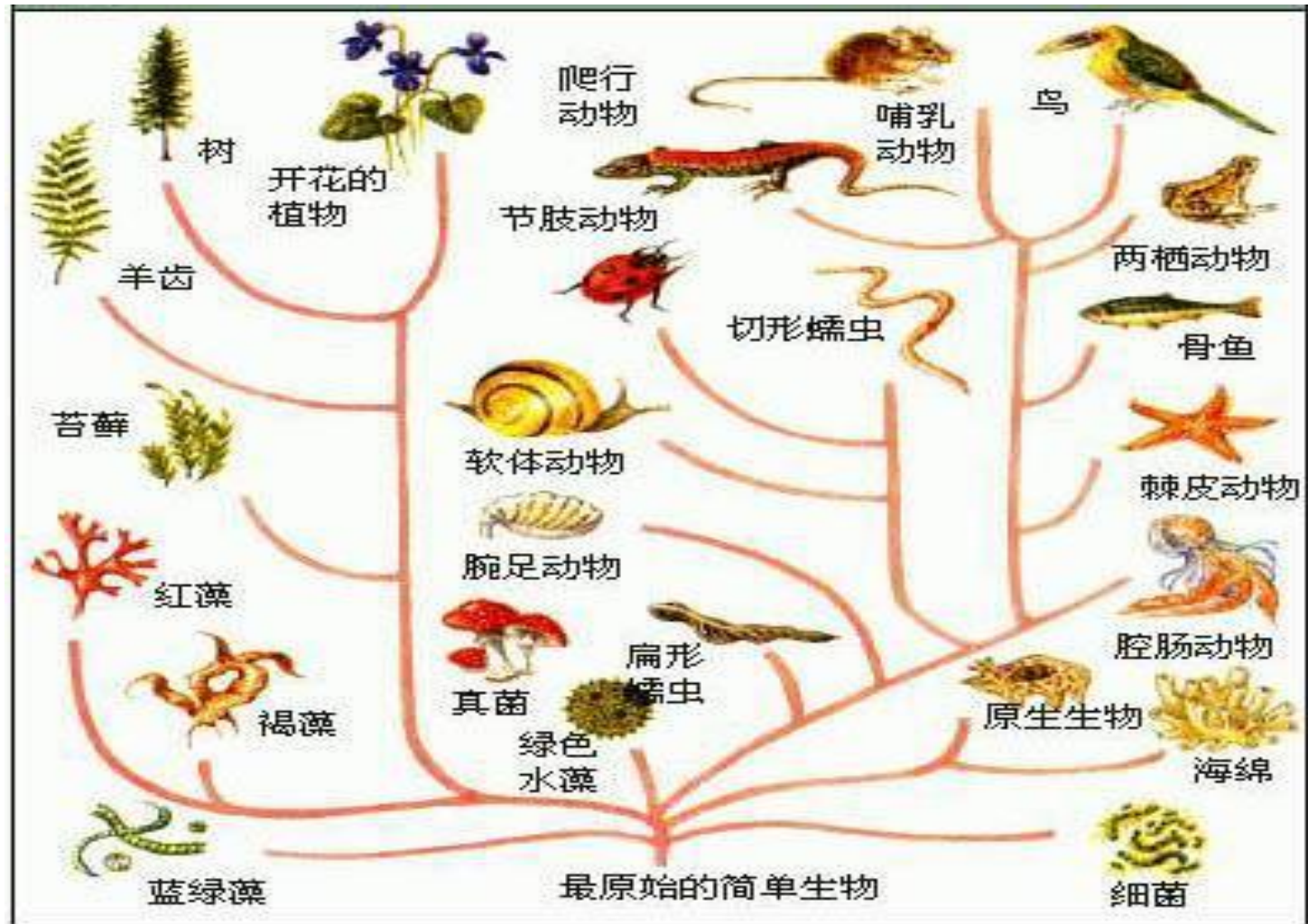
● 带来光明与能量

《圣经》(约公元前
1500年)开篇《创世纪》：

...上帝说，要有光，就有了光. ...这是
頭一天.



万物生长靠太阳





合肥
2013-1-
14 08:47
雾霾

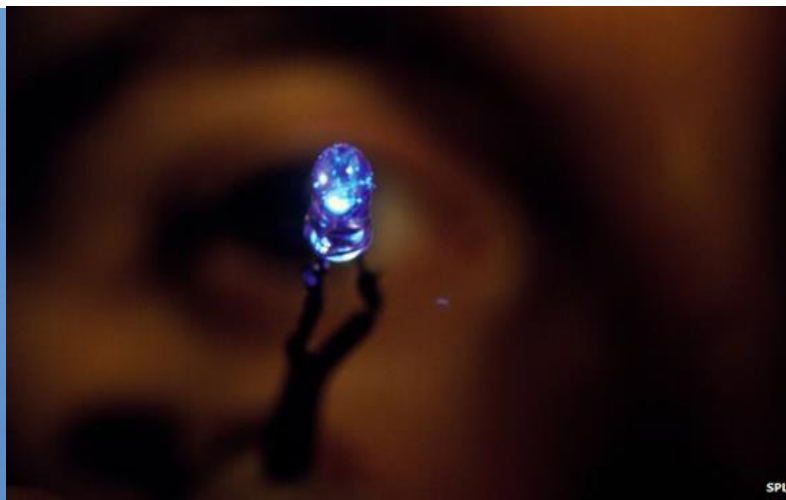


昵图网 www.nipic.com BY: 泰山路 1022011032210235371000

美国加州南部的太阳能热电厂



未来10年，半导体发光二极管**LED** (**Light Emitting Diode**), 将取代白炽灯、紧凑型荧光灯、卤钨灯和汽车灯, 被誉为人类照明史上的第三次革命。 蓝光**LED**研究获得**2014**诺贝尔物理学奖。



优点:

△长寿命-寿命可超过十万小时,相比钨丝灯泡的寿命只有**1000**小时.

△稳固-没有移动部件,没有玻璃,大小-大多数的直径只有**5**毫米.

△能耗-高达**90%**的转换率将电能转化成光能,需要极少的电力供应.

△环保无毒-没有水银等有毒重金属.

△多功能性-可实现各种颜色变化.

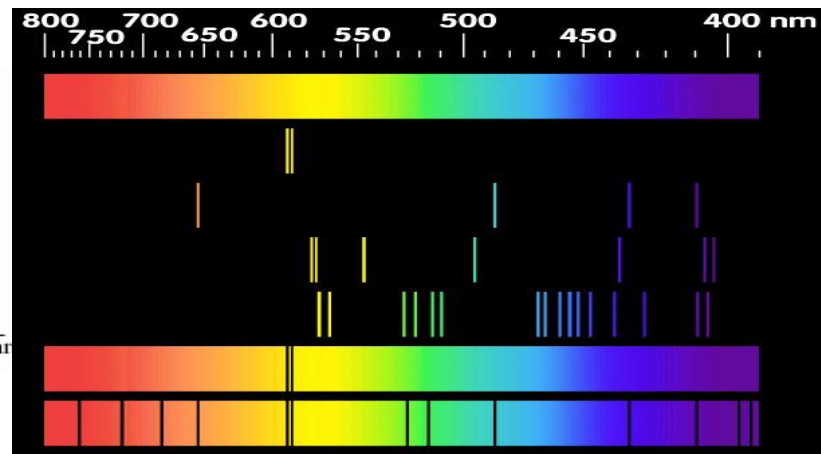
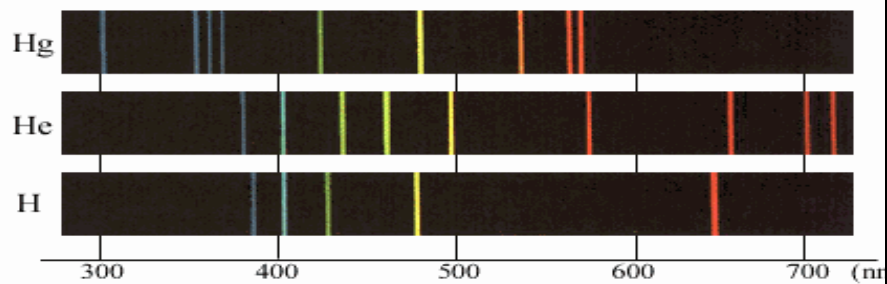
△温度低-比白炽灯更少的热辐射 .

△直流低电压-某些应用场下更安全.

●传递信息

人类器官收到外部世界的总信息中至少有**90%**以上通过眼睛.





www.hc360.com



高能激光光纤装置
增强光纤中的
信号强度，将
高速互联网连
接到偏远农村
地区。

光纤 \Rightarrow 互联网
 \Rightarrow 信息社会



▲光学

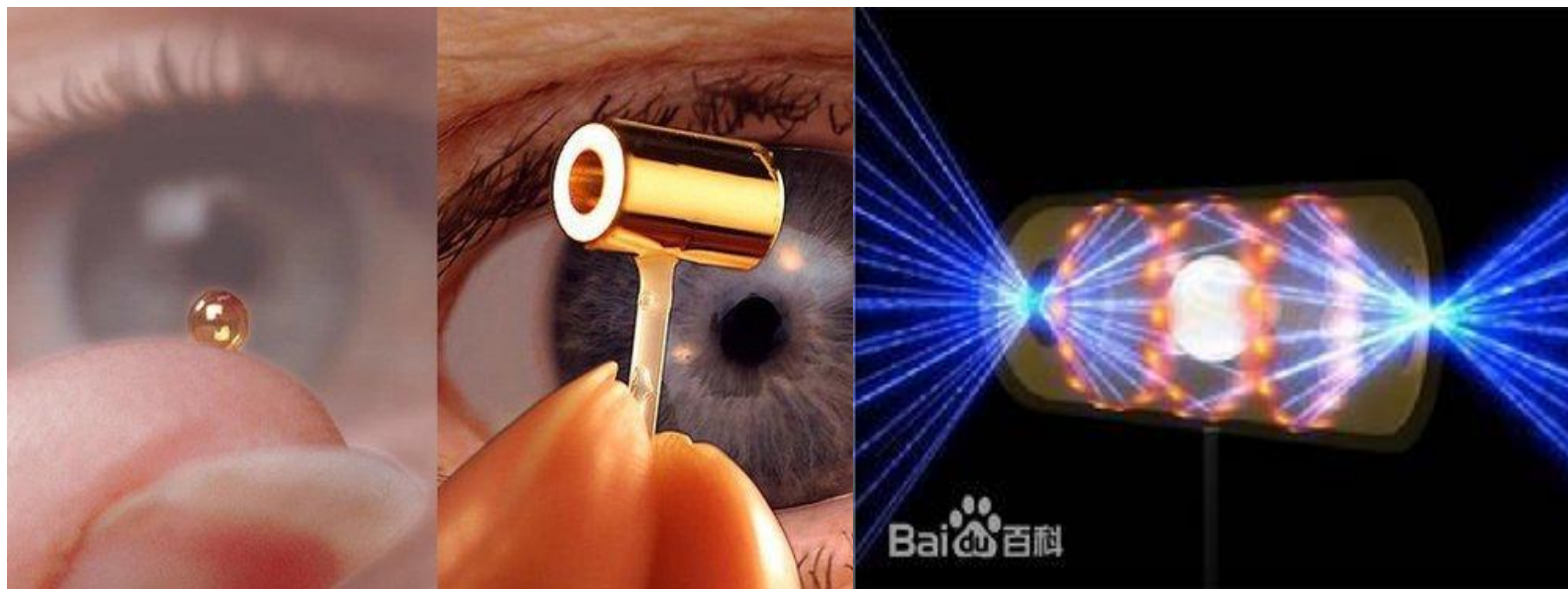
- 描述光的**本性**、光的产生、光的**传播**、光与物质相互作用，以及光在科学研究和技术中各种应用。
- 近代物理支柱：《量子力学》与《狭义相对论》均以光学概念为基础。
 - * 光波粒二象性→实物粒子二象性
 - * 各惯性系中的真空光速都相等。

●激光的产生推动了对光的相干性、量子性以及非线性的研究。
各种激光器已成为现代产业的必备器件。

激
光
炮



美国在激光受控核聚变领域取得突破



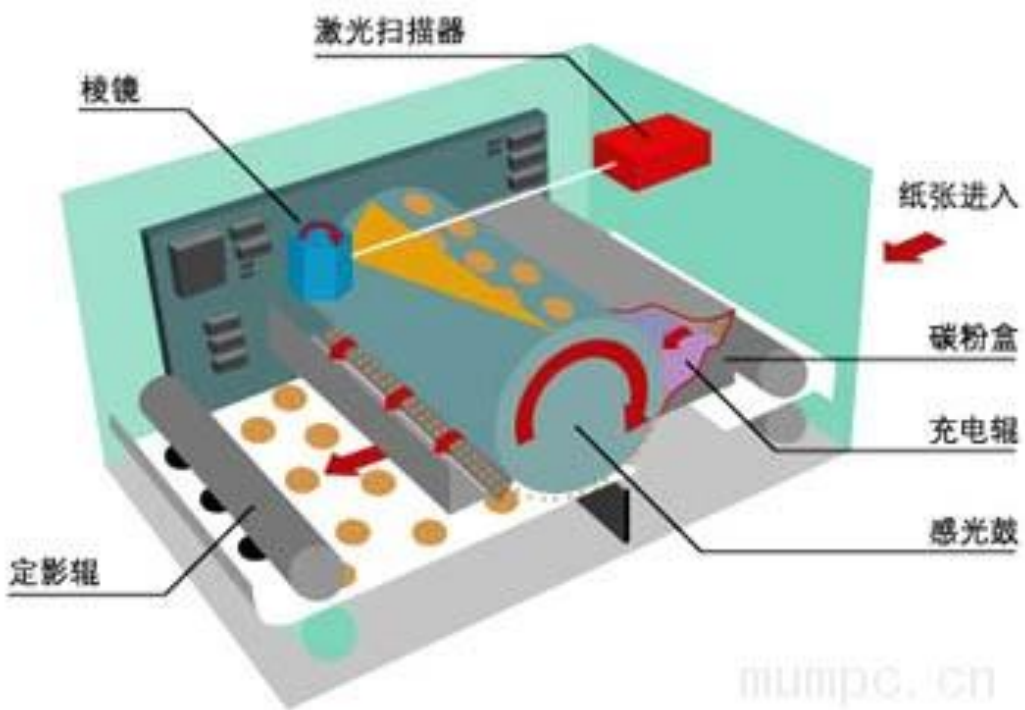
美国利弗莫尔劳伦斯国家实验所的研究人员报告说，他们在实验中先将极少量的氢同位素核燃料均匀地裹在一个直径**2毫米**

的球状颗粒上——“氘-氚靶丸”球状颗粒，核燃料的厚度仅相当于一根头发丝，然后将小球装入一个微型“胶囊”。研究人员利用激光将“胶囊”迅速加热到比太阳还高的温度（几十亿摄氏度），使其内部发生剧烈爆炸，最终释放出的能量超出了整个实验所投入的能量，首次在完成“点火”时实现了能量“盈余”。



盛放靶丸的镀金辐射腔

研究论文于**2014年2月13日**发表在《自然》杂志上

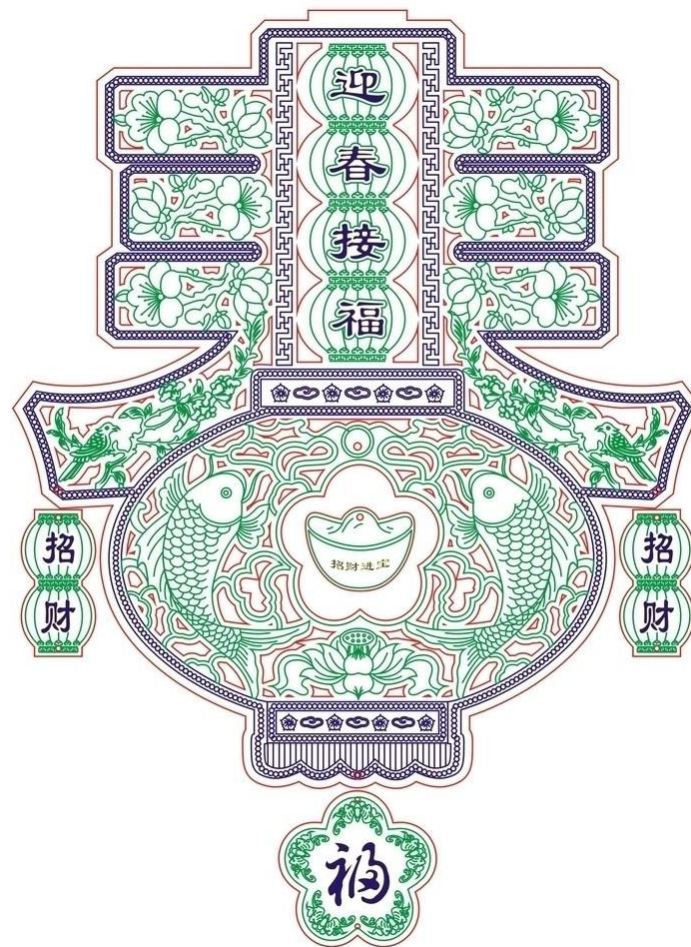


激光打印机



激光加工装置

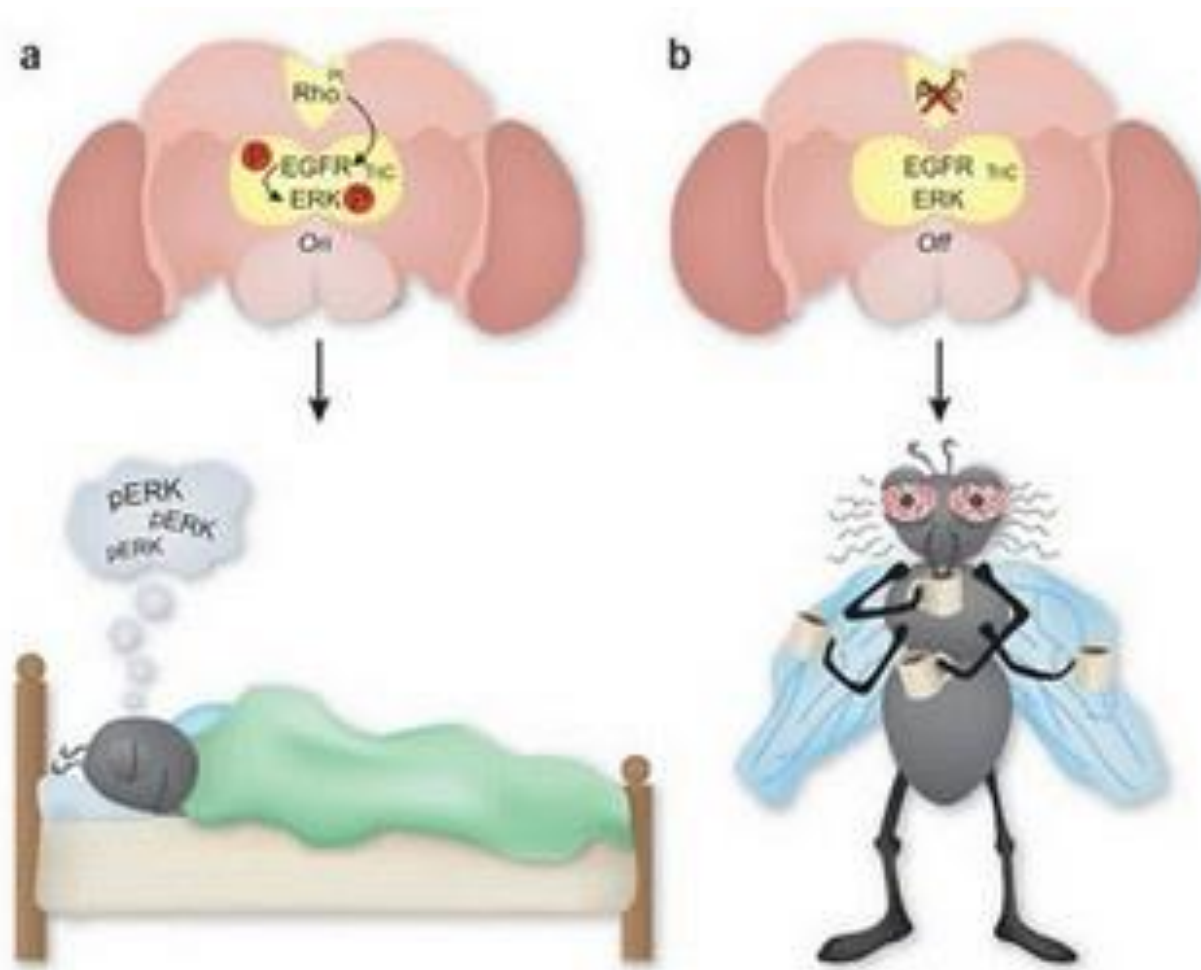
剪纸灯笼 激光雕刻图



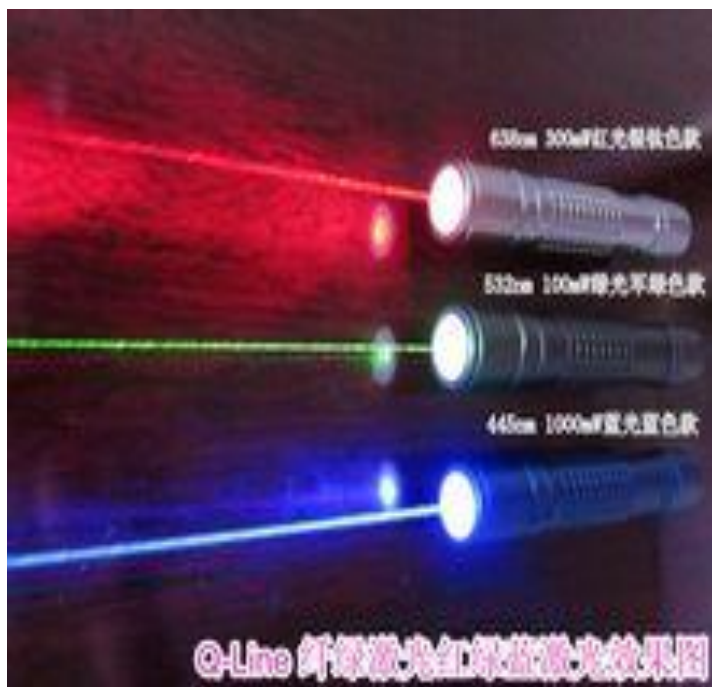
激光面容



科学家用激光控制苍蝇的记忆



牛津大学的研究人员 **Gero Miesenbock** 解释道：苍蝇脑袋内管理‘联想和记忆’的细胞仅仅只有**12**个。而现在人类可以通过改变这**12**细胞中的神经元，来改变苍蝇的一些行为。例如让苍蝇们对某种气味的记忆产生改变，例如以前苍蝇很喜欢，现在的记忆却是很讨厌(那种味道)。



激光指示器



激光防伪商标

●近年来与光研究有关的诺贝尔物理奖

朱棣文因“发展了
用激光冷却和捕获
原子的方法”而获
得 **1997**年诺贝尔
物理奖。曾任美国
能源部长。



2005年：R. J. Glauber教授提出的“相干性量子理论”，开创了一门全新的物理学学科——量子光学，被誉为“量子光学之父”。



**2009年：高琨在
“有关光在纤维
中的传输以用于
光学通信方面”
取得了突破性成
就，被誉为“光
纤之父”。(光纤
通讯建立了互联
网络.)**



2012年：法国科学家沙吉·哈罗彻与美国科学家大卫·温兰德因“突破性的试验方法使得测量和操纵单个量子系统成为可能”研究获奖。
两位获奖者均在量子光学领域研究光与物质间的基本相互作用。



2014诺贝尔物理学奖授予日本名古屋大学的赤崎勇，天野浩以及美国加州大学圣巴巴拉分校的中村修二，以表



赤崎勇



天野浩



中村修二

彰他们在**1993**年发明一种新型高效节能光源方面的贡献，即基于**GaN**开发的**蓝色**发光二极管(**LED**)(此前的**20**年间只有红色和绿色**LED**),这是继油灯、白炽灯和荧光灯之后照明技术的又一次突破，而蓝色发光二极管的诞生补齐了光谱，使得白光**LED**成为可能，最终走入千家万户。

与一般的**LED**出发散的光不同,蓝光激光器发出锐利的聚焦光束.由于蓝光的波长很短,其可以被压缩到更高的密度,相比红外光,蓝光可以**存储多出4倍的信息**.这一技术很快衍生出了存储能力更强的蓝光光盘以及更高质量的激光打印机设备.很多家用电器中同样采用了**LED**技术.比如电视机,计算机以及手机的**LED**屏幕,还有无数的灯具和相机闪光灯.

2014年诺贝尔化学奖得主为美国科学家埃里克·白兹格，美国科学家威廉姆·艾斯科·莫尔纳尔和德国科学家斯特凡·W·赫尔，以表彰他们在超分辨率荧光显微技术领域取得的成就。

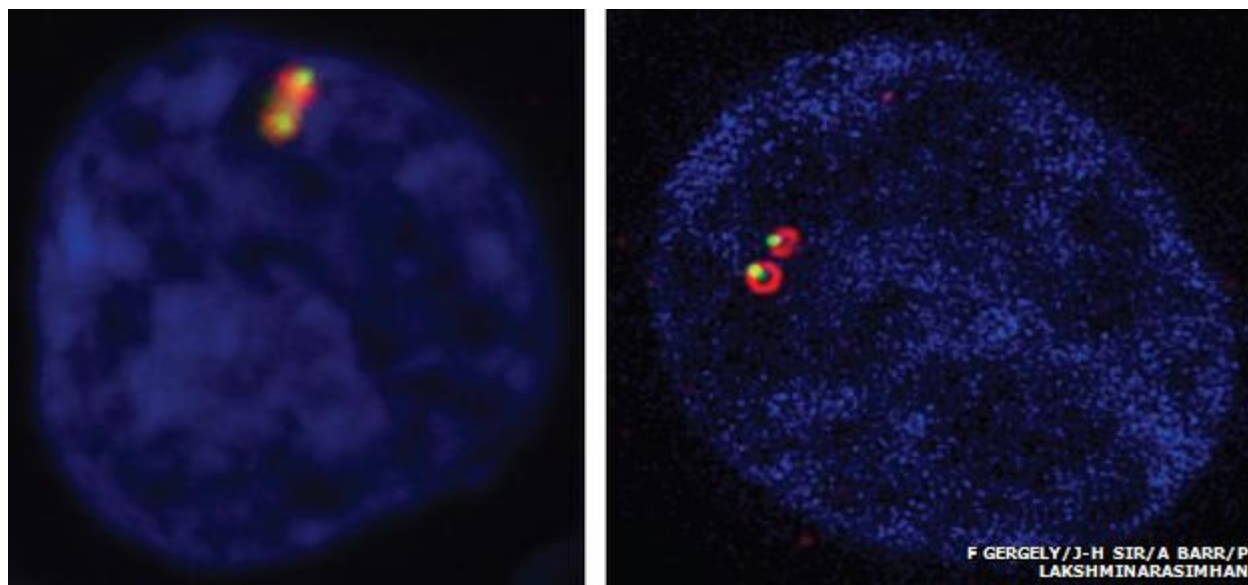


William E. Moerner

Stefan W. Hell

Eric Betzig

光学显微成像技术的最高分辨率一直无法超过光波波长的一半，但是借助荧光分子的帮助，这三位科学家开创性的贡献使得光学显微成像技术的极限拓展到了**纳米**尺度。



一、光是粒子还是波

▲微粒说（笛卡儿 牛顿）

根据：光直线传播；光传播无须介质。

成功之处：用惯性以及弹性碰撞过程光的直线传播和反射现象。

存在问题：无法解释折射定律，干涉、衍射以及偏振现象。

解释折射现象：根据水平方向动量守恒，

存在

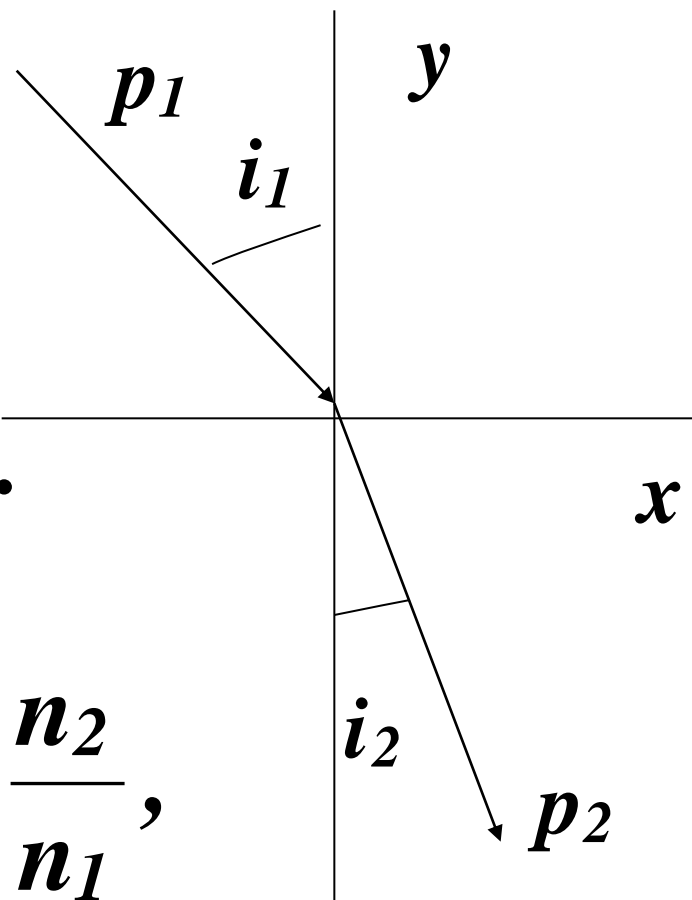
$$p_1 \sin i_1 = p_2 \sin i_2.$$

$$\Rightarrow \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{v_2}{v_1}.$$

折射定律为 $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1},$

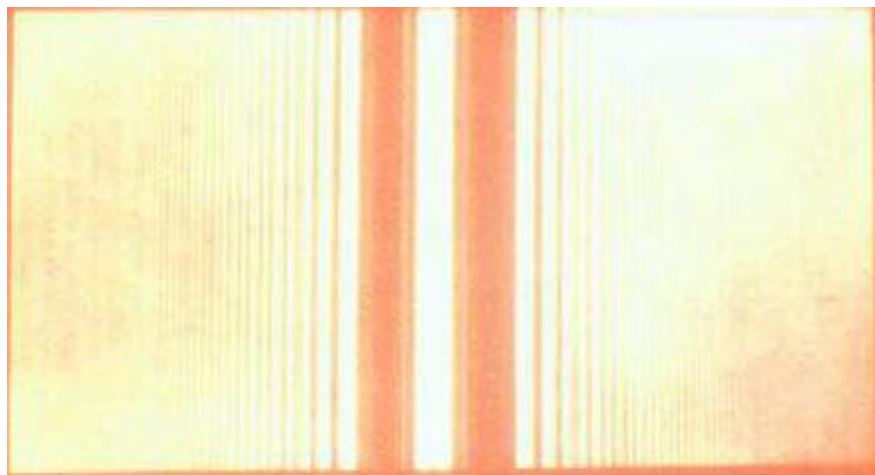
所以可以得出, $v \propto n,$

即光在光密介质中传播速度快。✗

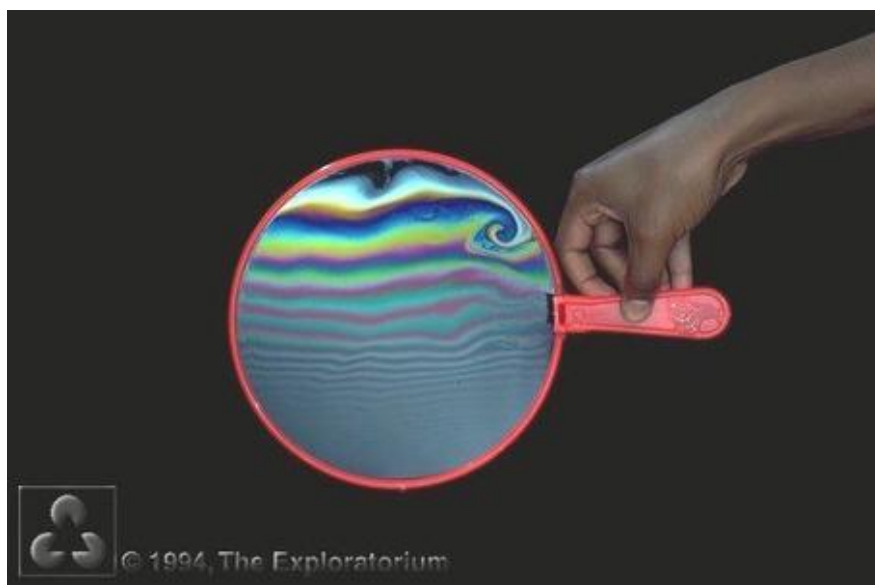


▲波动说（胡克 惠更斯 17世纪）

●格里马迪、
玻意耳和胡
克等独立发
现了光的衍
射和干涉现
象。



直细丝的菲涅耳衍射



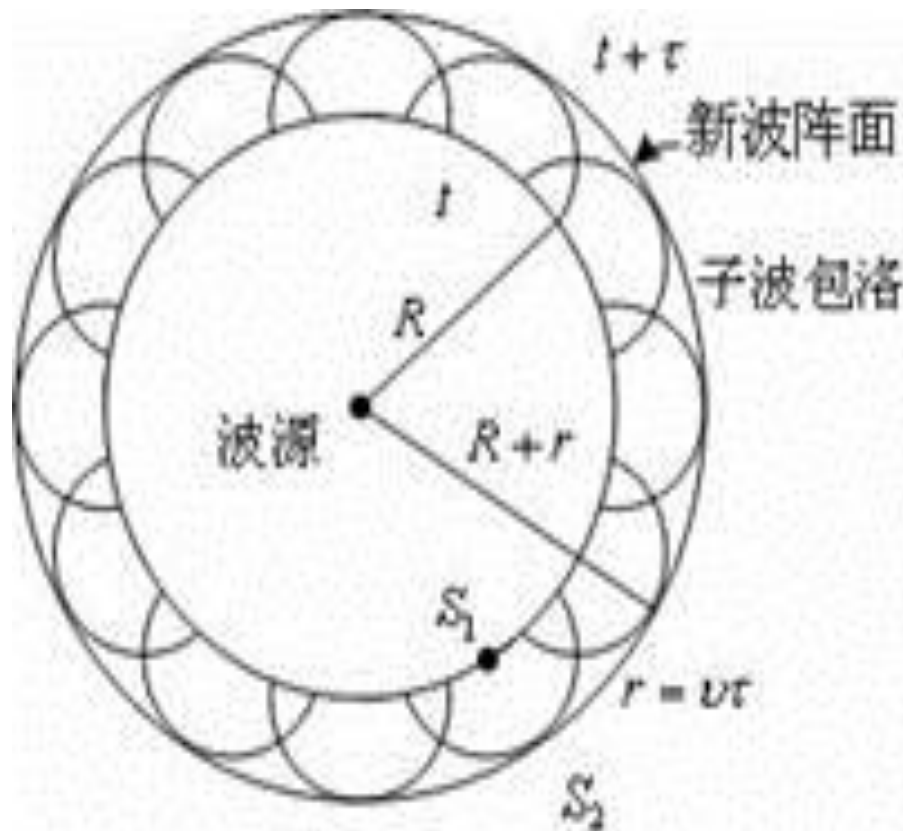
胡克:光是快振动组成,传播速度非常大.

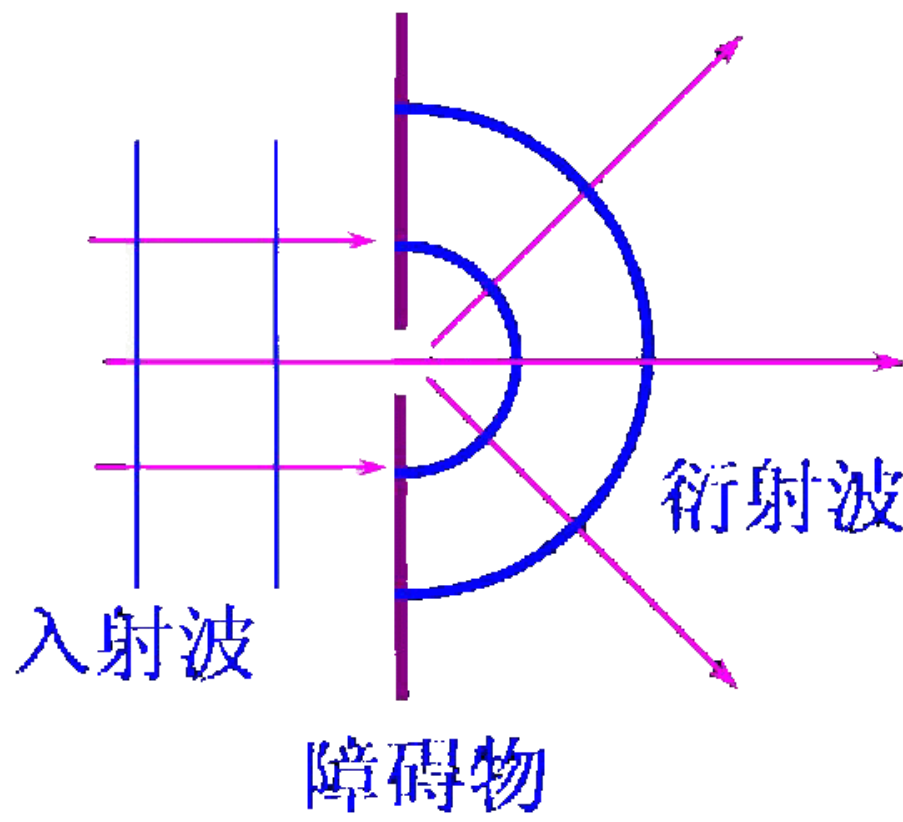
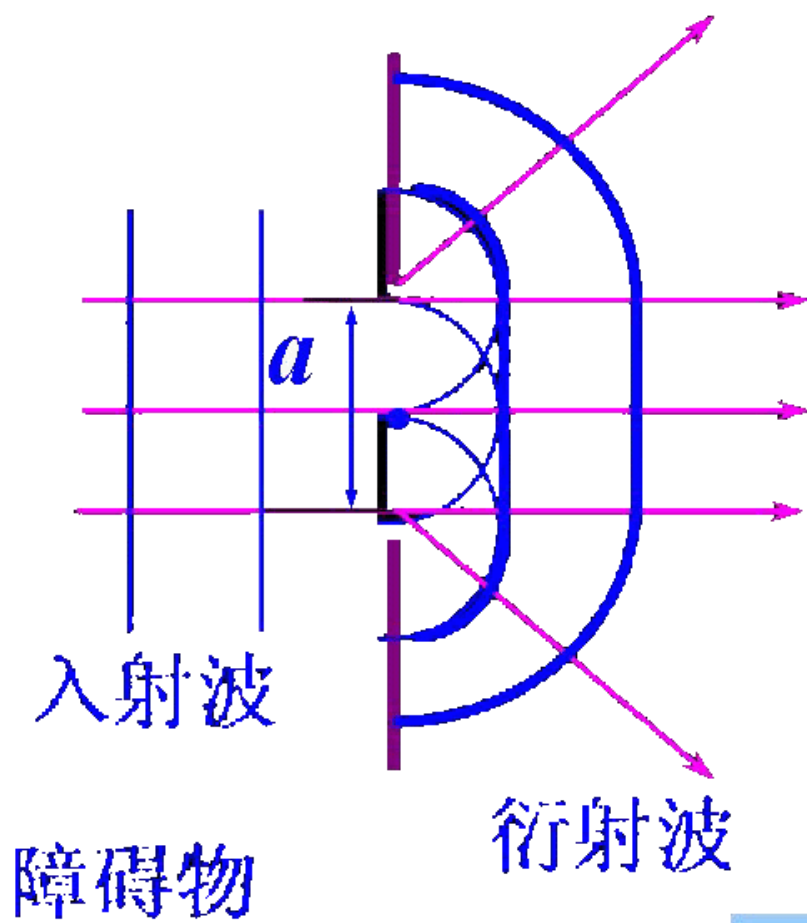
惠更斯:波动说满足光的独立传播原理,称光传播介质为以太,并提出惠更斯原理,即在波的传播过程中,波阵面上的每一点都可以看作是发射次波的次波源,



可在其后的任一时刻，这些次波的包络面就是新的波阵面。

次波源的波阵面半径为 $v\Delta t$, $t' - t = \Delta t$.





$a \downarrow, \lambda \uparrow \rightarrow$ 衍射明显

解释折射现象:

$$\because \angle A_3 A_1 B_3 = i_1,$$

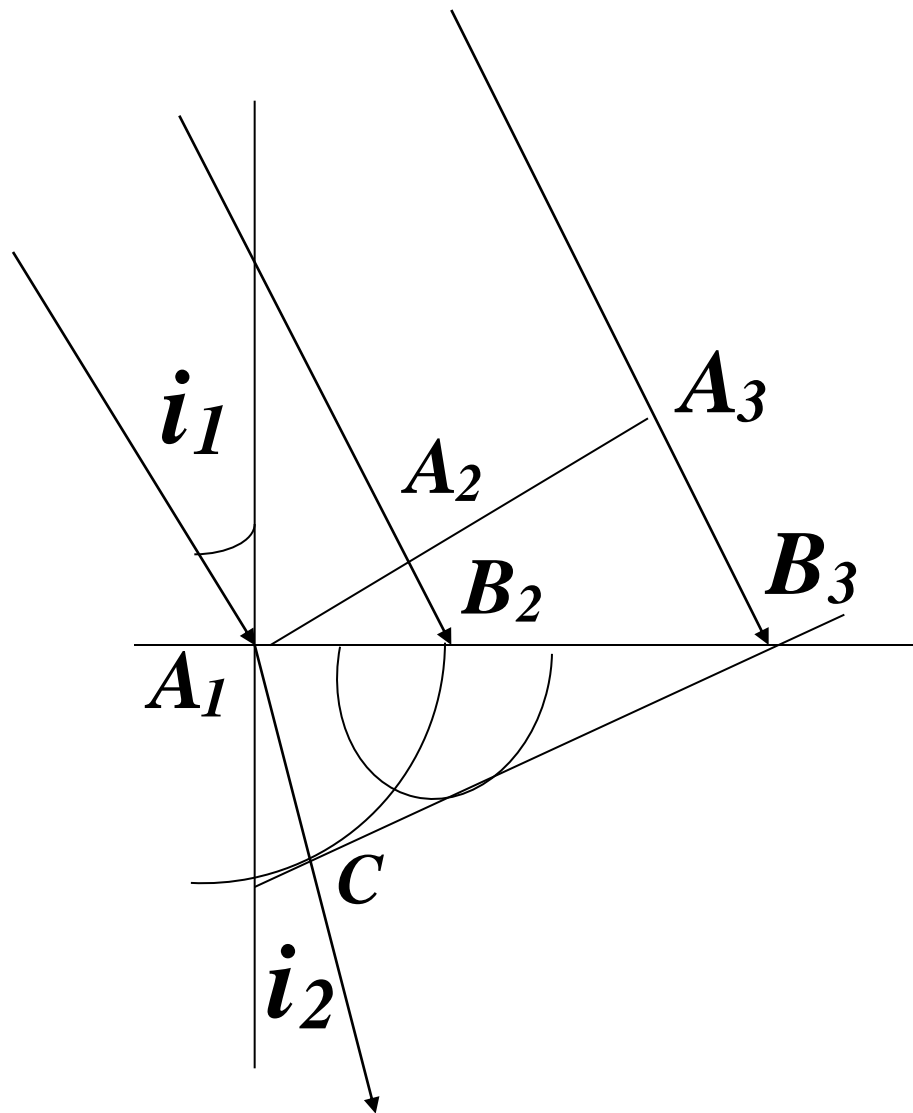
$$\angle A_1 B_3 C = i_2,$$

$$\sin i_1 = A_3 B_3 / A_1 B_3,$$

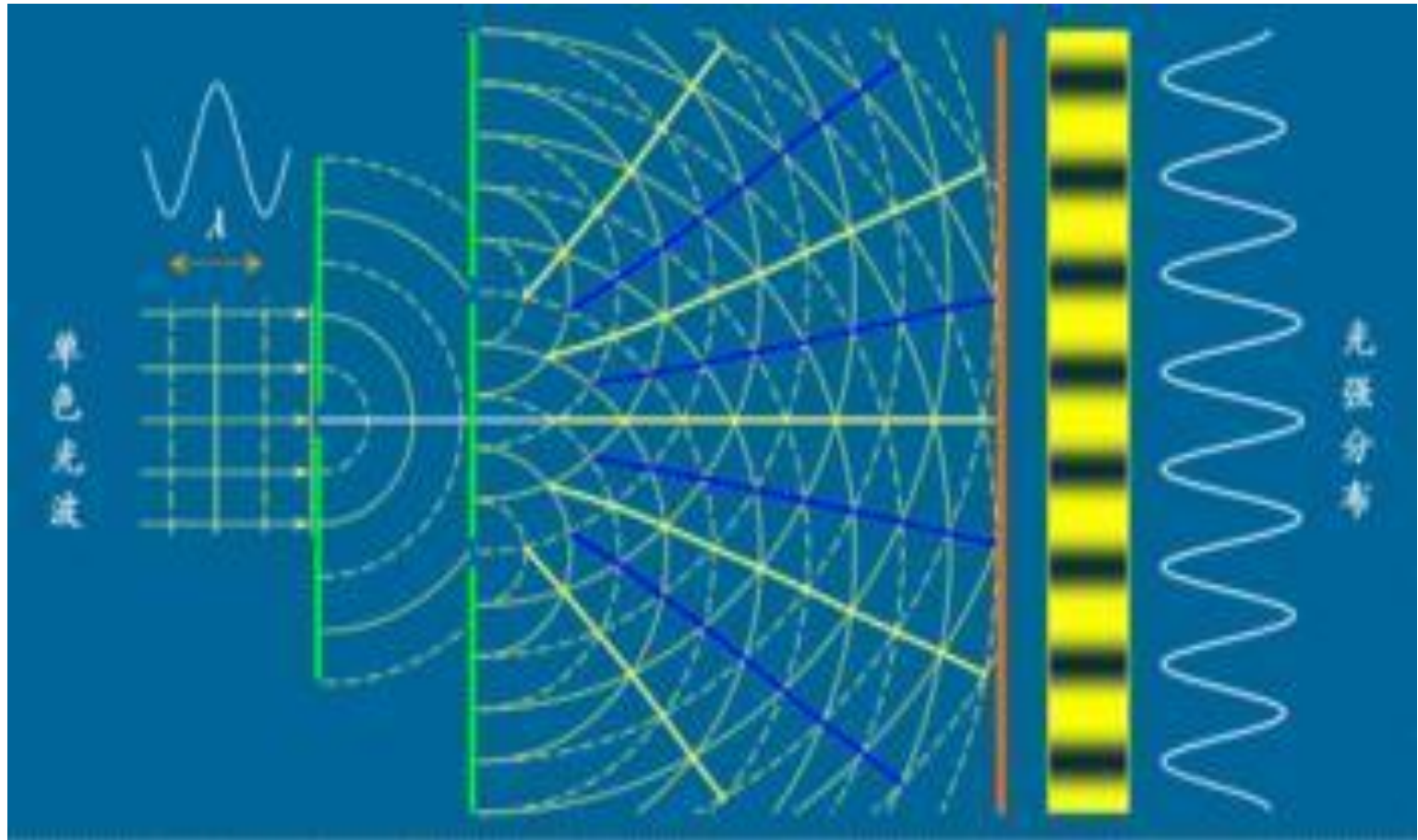
$$\sin i_2 = A_1 C / A_1 B_3$$

$$\therefore \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{A_3 B_3}{A_1 C}$$

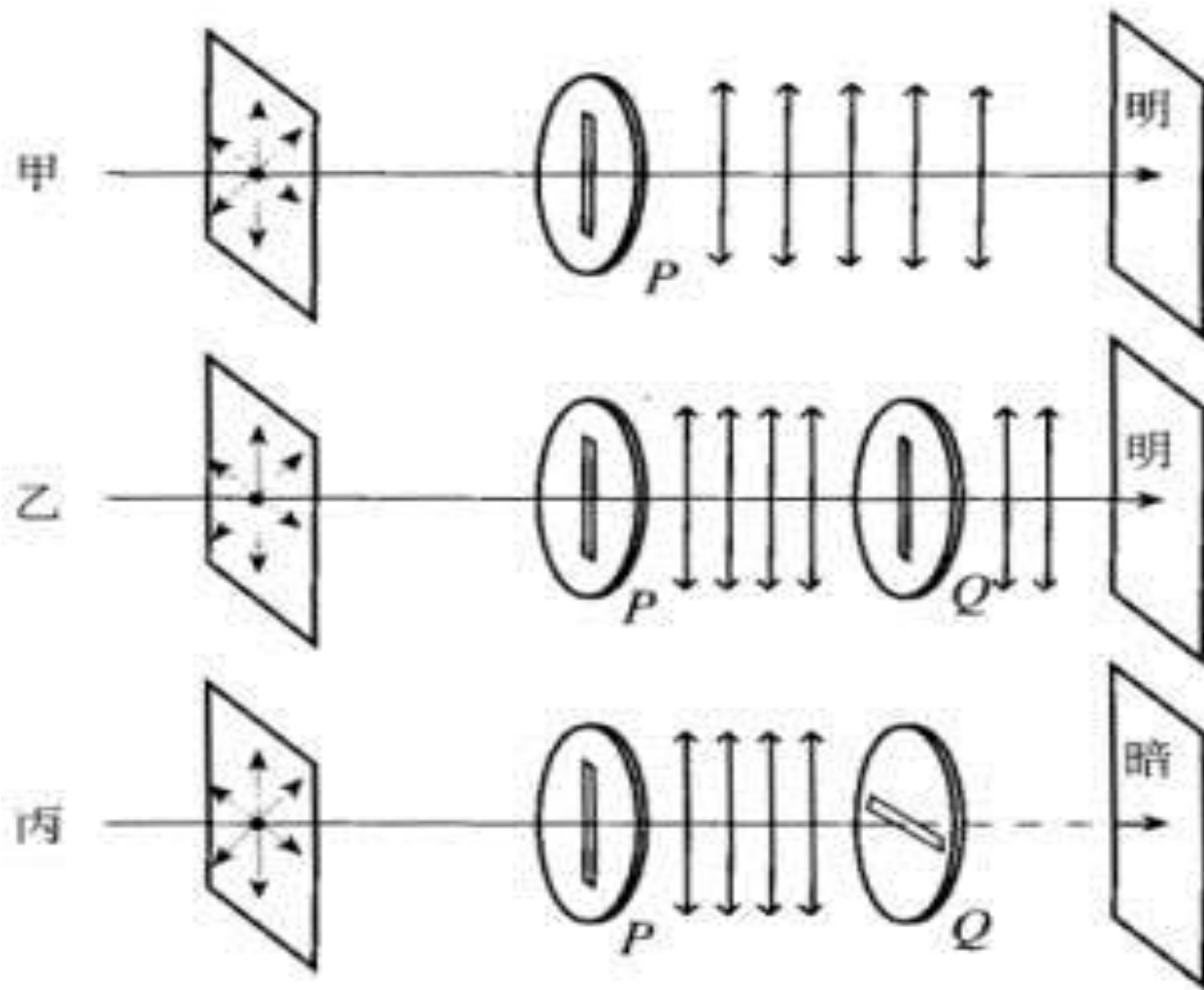
$$= \frac{v_1 \Delta t}{v_2 \Delta t} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}. \quad \checkmark$$



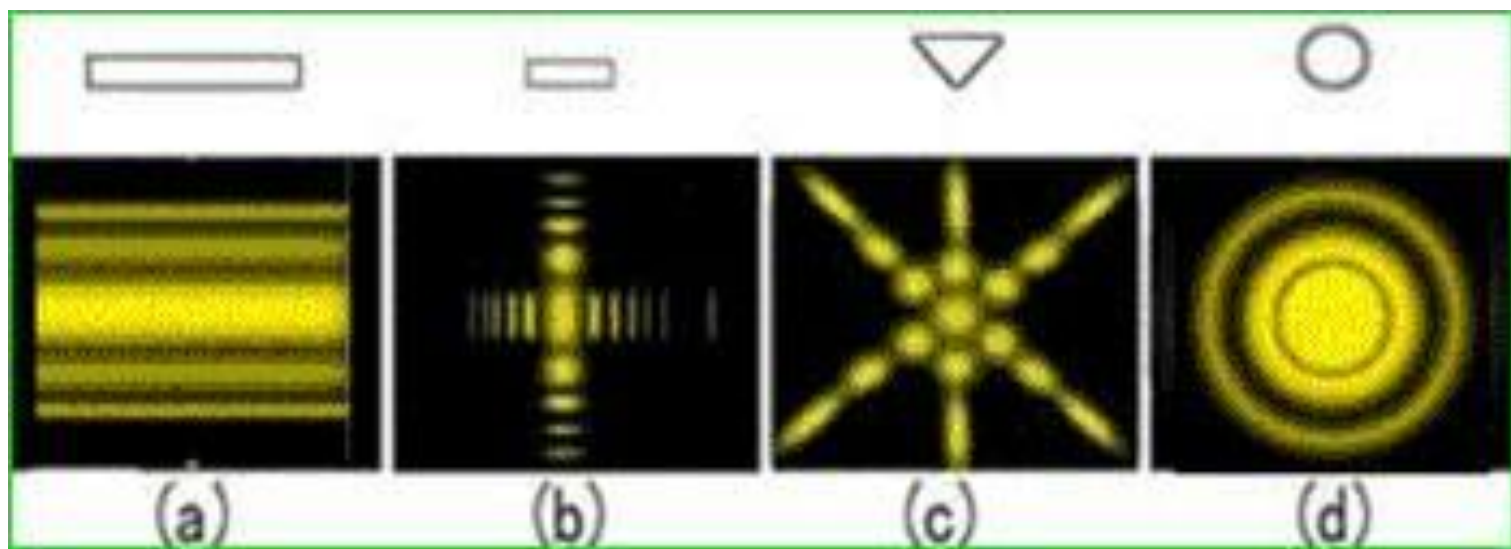
- 杨氏（1801）：双缝实验测定光波长.



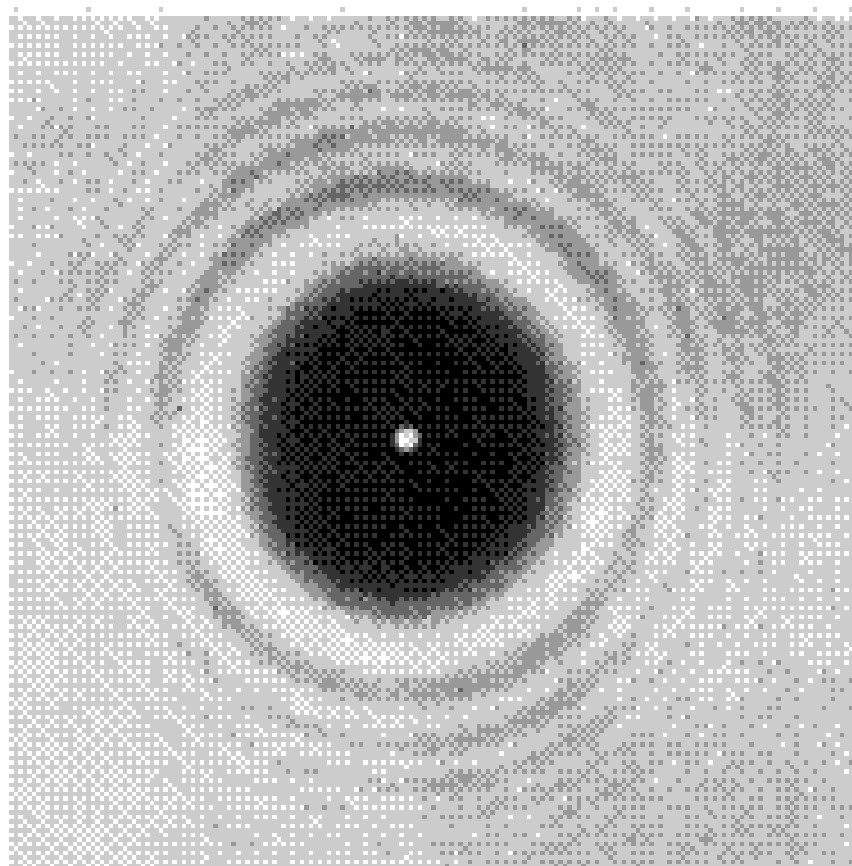
马吕斯等研究了偏振现象。



菲涅耳（1818）把惠更斯原理与干涉原理相结合，解释了衍射现象。



泊松和阿喇果分别从理论和实验方面证实了圆屏衍射。



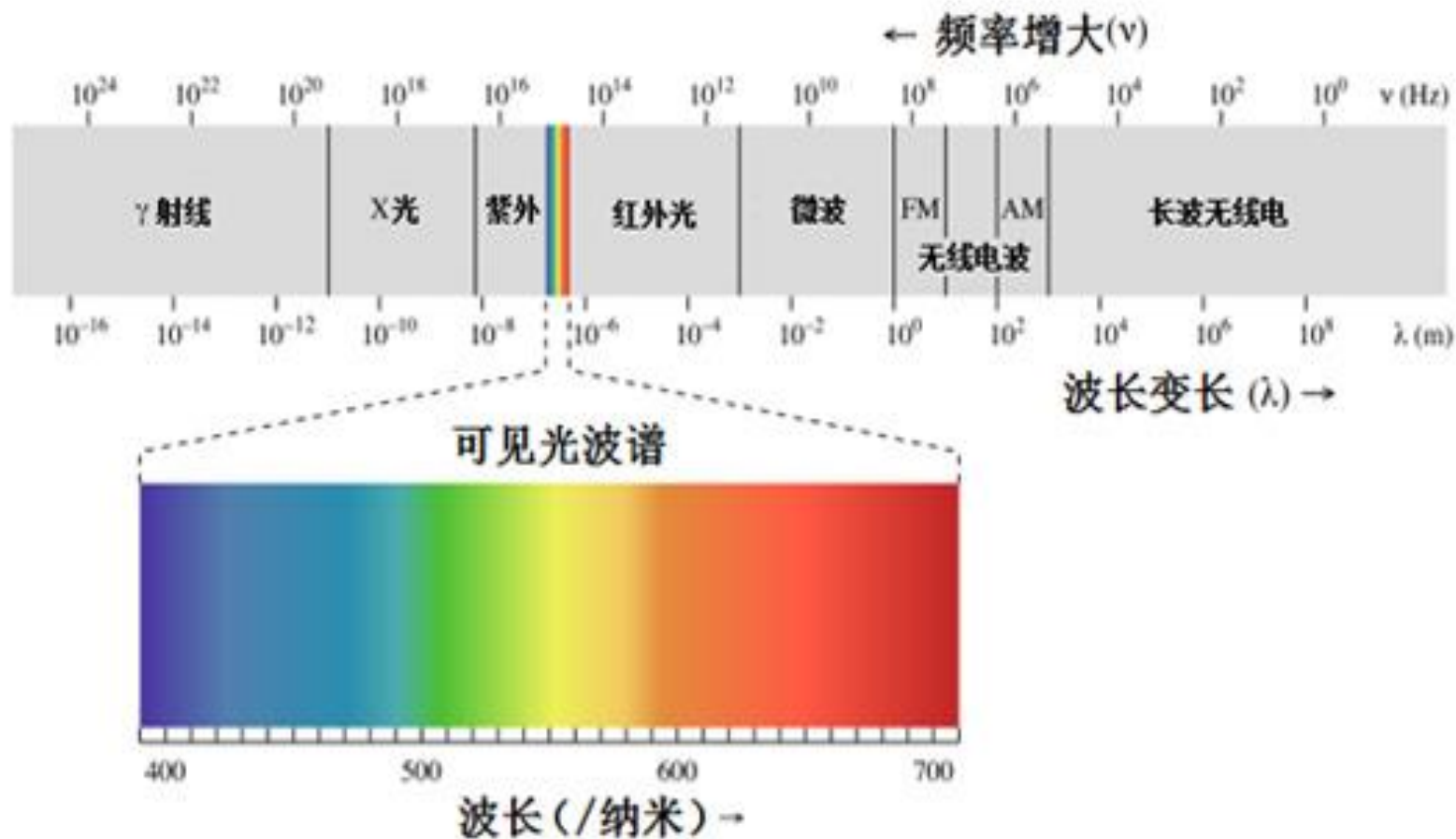
傅科（**1850**）测定了水中和空气水光速,结果证实了波动说成立.

二、为什么说光是电磁波

- **19**世纪中叶,由麦克斯韦方程可导出真空中电磁波的传播速度等于光速.赫兹在实验上给与证实,并且证明电磁波与光一样,能产生反射、折射、

干涉、衍射、偏振等现象。

电磁波谱



- 洛伦兹（**1896**）创立电子论，根据电子与电磁波相互作用，解释了光发射、吸收以及色散现象。
- 迈克耳-莫雷实验（**1881**）以及狭义相对论否定了“以太”存在。电磁波的传播并不需要任何介质，本身就是一种特殊的物质。

三、光的波粒二象性

▲普朗克（1900）提出首先提出物质与电磁波交换的能量必须为 $nh\nu$ ($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ j.s}, n = 1, 2, \dots$) 成功了黑体辐射实验规律。

▲爱因斯坦(1905)提出光量子, 成功解释了光电效应. 光的波粒二象性由此产生。

▲玻尔(1924)提出氢原子中电子的轨道量子化,成功解释了氢原子光谱.
德布罗意 (1924) 首次提出基本粒子也具有波动-粒子双重性, 并得到实验验证.量子力学由此产生.

1-2 光学现象的分类

● $h \approx 0, \lambda \approx 0$, 几何光学, 理论基础是费马原理.

$$\lambda = 5 \times 10^3 \text{ \AA} = 5 \times 10^3 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$= 5 \times 10^{-7} \text{ m},$$

$$h\nu = 6.63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{-7}} \approx 10^{-19} \text{ J}$$

• $h \approx 0, \lambda \neq 0$, 若不计光的电磁性质, 光波与机械波性质相同. 若需考虑光的电磁性质, 光波按电磁波处理, 遵从麦克斯韦方程.

• $h \neq 0$, 量子光学.

1-3 几何光学的基本定律

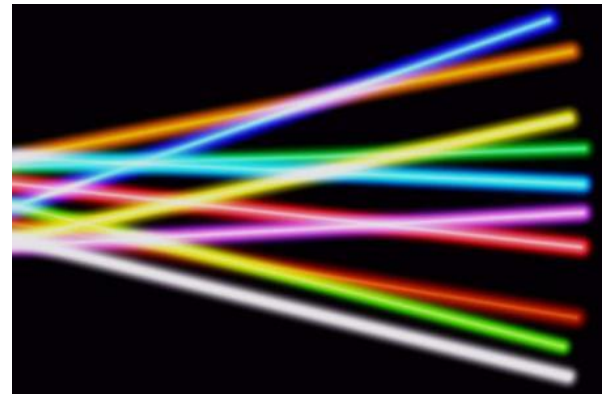
一、几何光学的三个基本定律

光线：表示光的传播方向的几何线。

1.光的直线传播定律

在真空或均匀介质中,光沿直线传播,
即光线为一直线。

2.光的独立传播



自不同方向或由不同物体发出的光线相交,对每一光线的独立传播不产生影响.

3 .光的反射和折射定律

条件：光线由一种各向同性、均匀介质进入另一种各向同性、均匀介质.

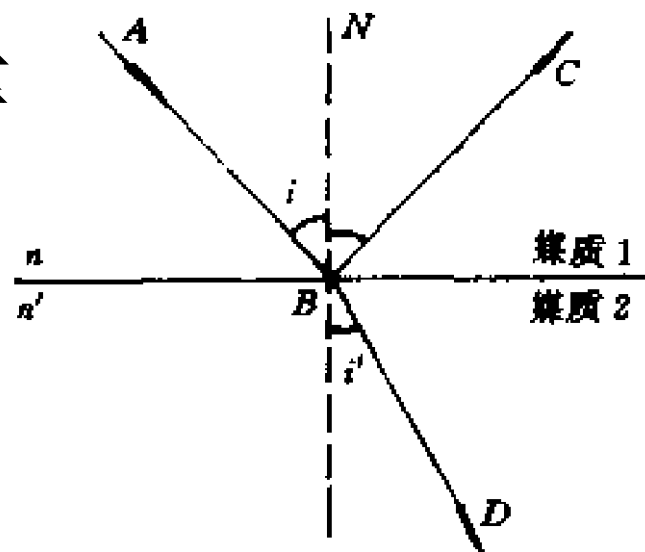


图 1-1 光的反射和折射.

反射定律

入射光线**AB**、过**B**点所引的分界面法线**NB**和反射光线**BC**,三者在同一平面内(入射面),并且反射光线与法线间的夹角**r**(反射角)等于入射光线与法线间的夹角**i**(入射角).

折射定律(斯涅耳定律**1621**)

入射光线**AB**、过**B**点所引的分界面

法线**NB**和折射光线**BD**,三者在同一平面内(折射面),并且入射角 i 的正弦与折射角 i' (折射光线与法线的夹角)的正弦之比等于第二介质的绝对折射率~~率~~' 和第一个介质的绝对折射率~~率~~ 之比,即

$$\frac{\sin i}{\sin i'} = \frac{n'}{n} \quad (1-3-1)$$

n 、 n' 的定义是

$$n = \frac{c}{v}, n' = \frac{c}{v'} \quad (1-3-2)$$

其中 c 为光在真空中的速度, v 和 v' 分别为光在第一个介质和第二介质中的相速度.

几种物质的折射率

折射率(钠 $\lambda = 5893 \text{ \AA}$)

介质	折射率
空气	1.00028
水	1.333
各种玻璃	1.5~2.0
水晶	1.54
金刚石	2.417

光密介质：折射率较大介质.

光疏介质：折射率较小介质.

二、光路可逆性原理

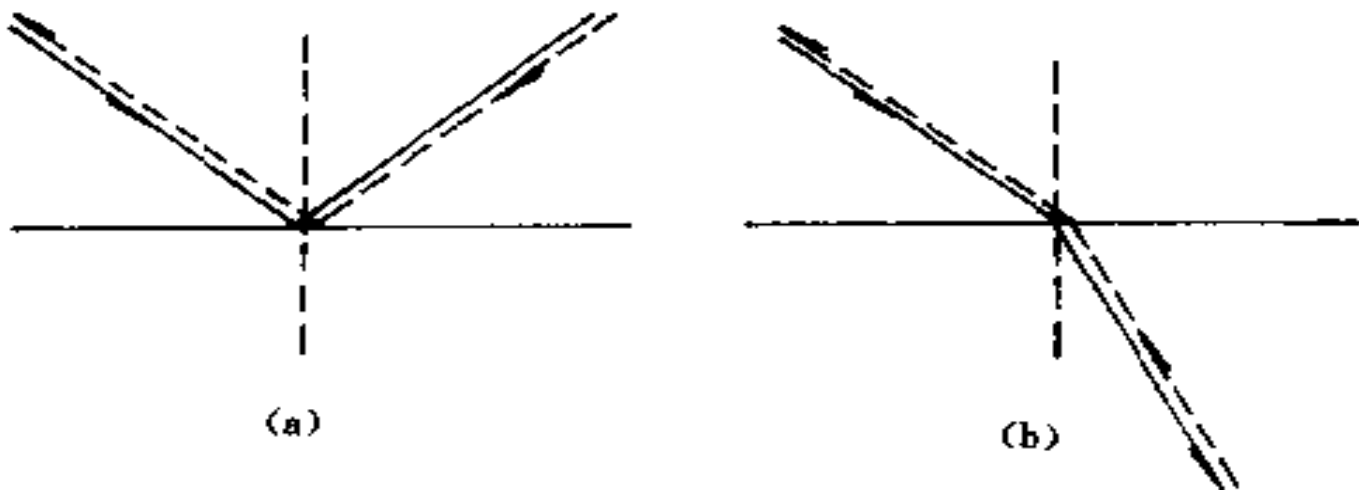


图 1-2 光的可逆性原理。

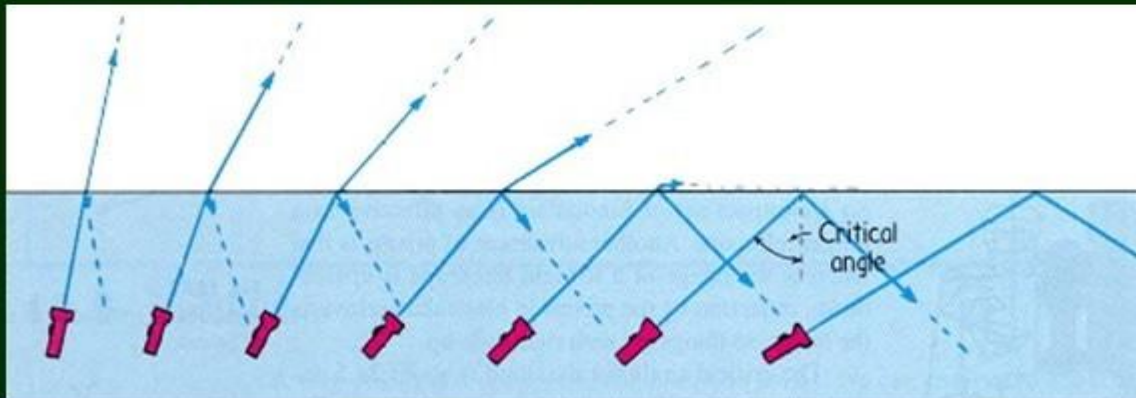
当光线逆向传播时,它将沿正向传播时的同一路径反向传播。

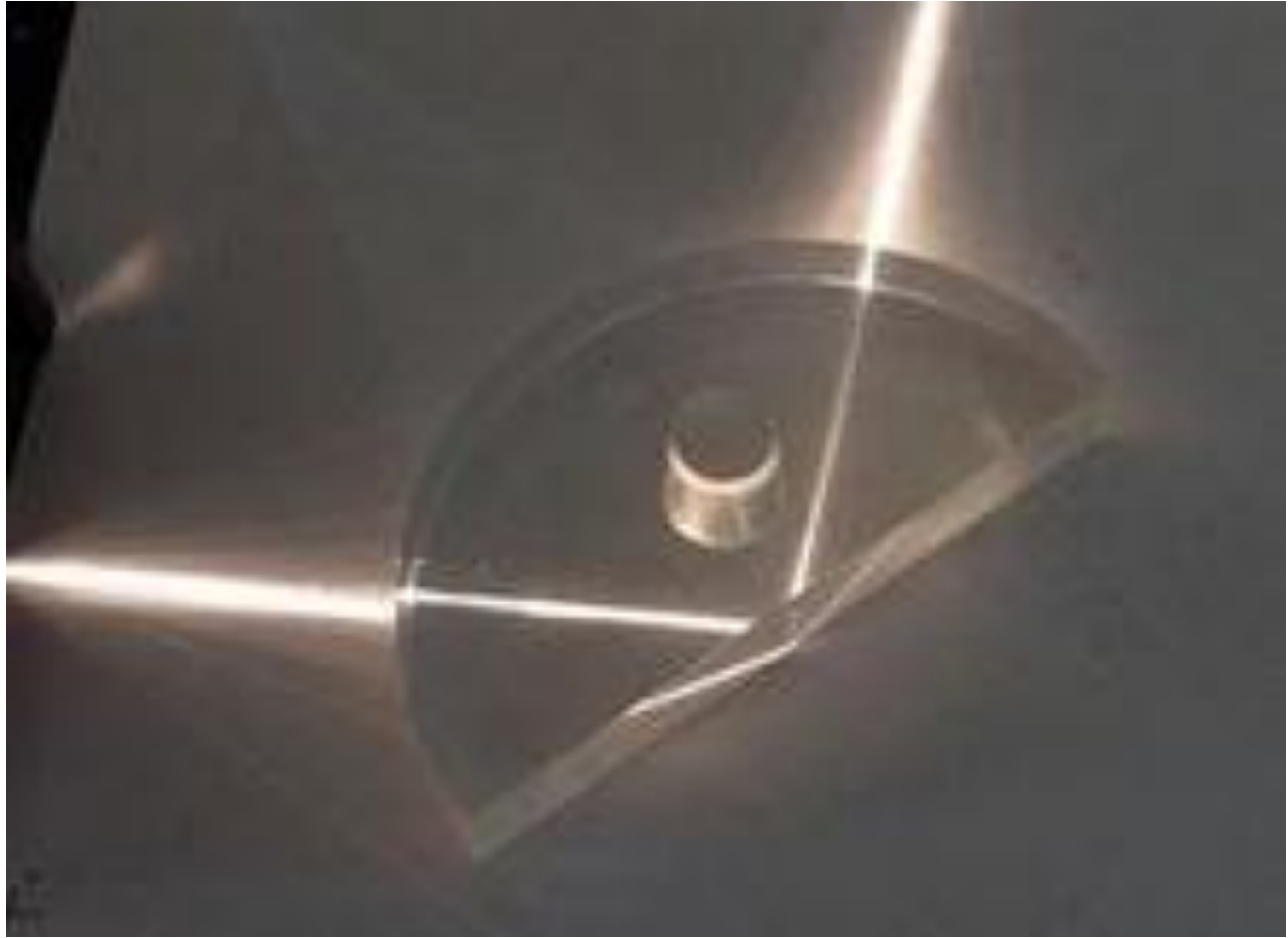
三、全反射、光学纤维

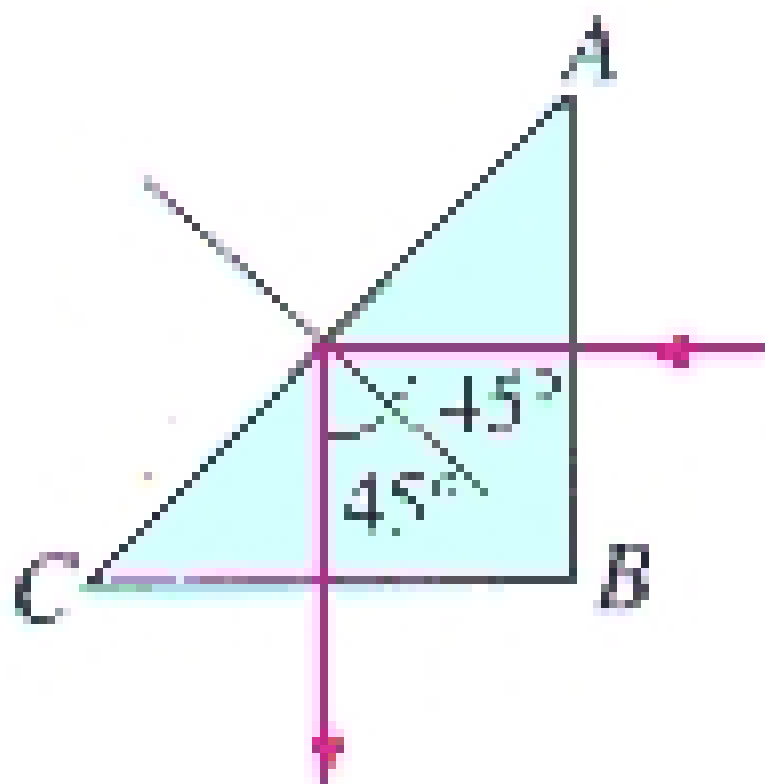
1.全反射

全反射现象：

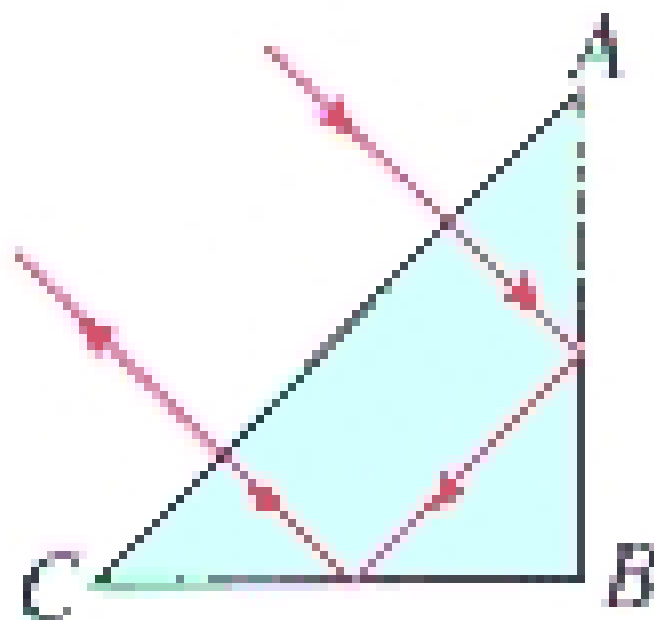
光线由光密介质射向光疏介质，入射角增大折射角随之增大，因折射角增大得快，折射角先趋于 90° ，随之折射光线消失，只余下反射光线的现象。







甲



乙

全反射棱镜

临界角 θ_c :

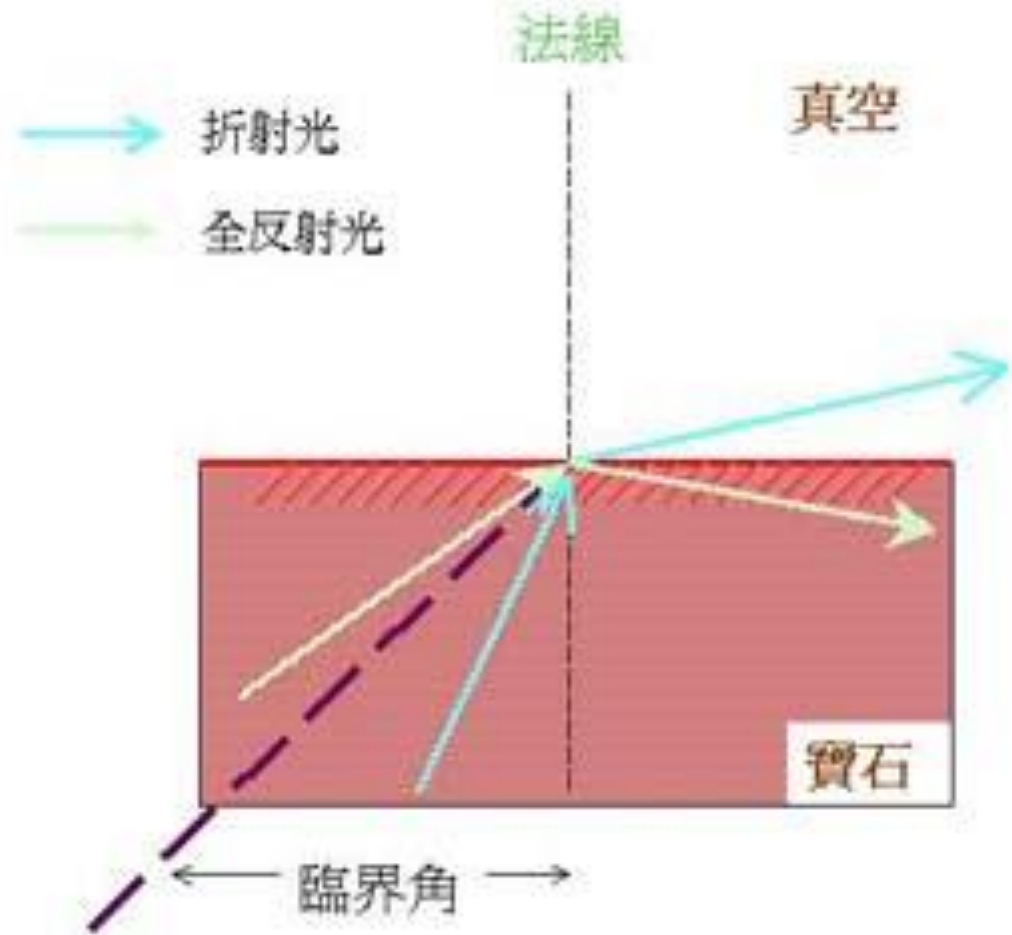
当入射角

$$i = \theta_c,$$

$$i' = 90^\circ,$$

$$\frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = \frac{n'}{n}$$

$$\Rightarrow \theta_c = \arcsin \frac{n'}{n}.$$



(1-3-3)

海市蜃楼

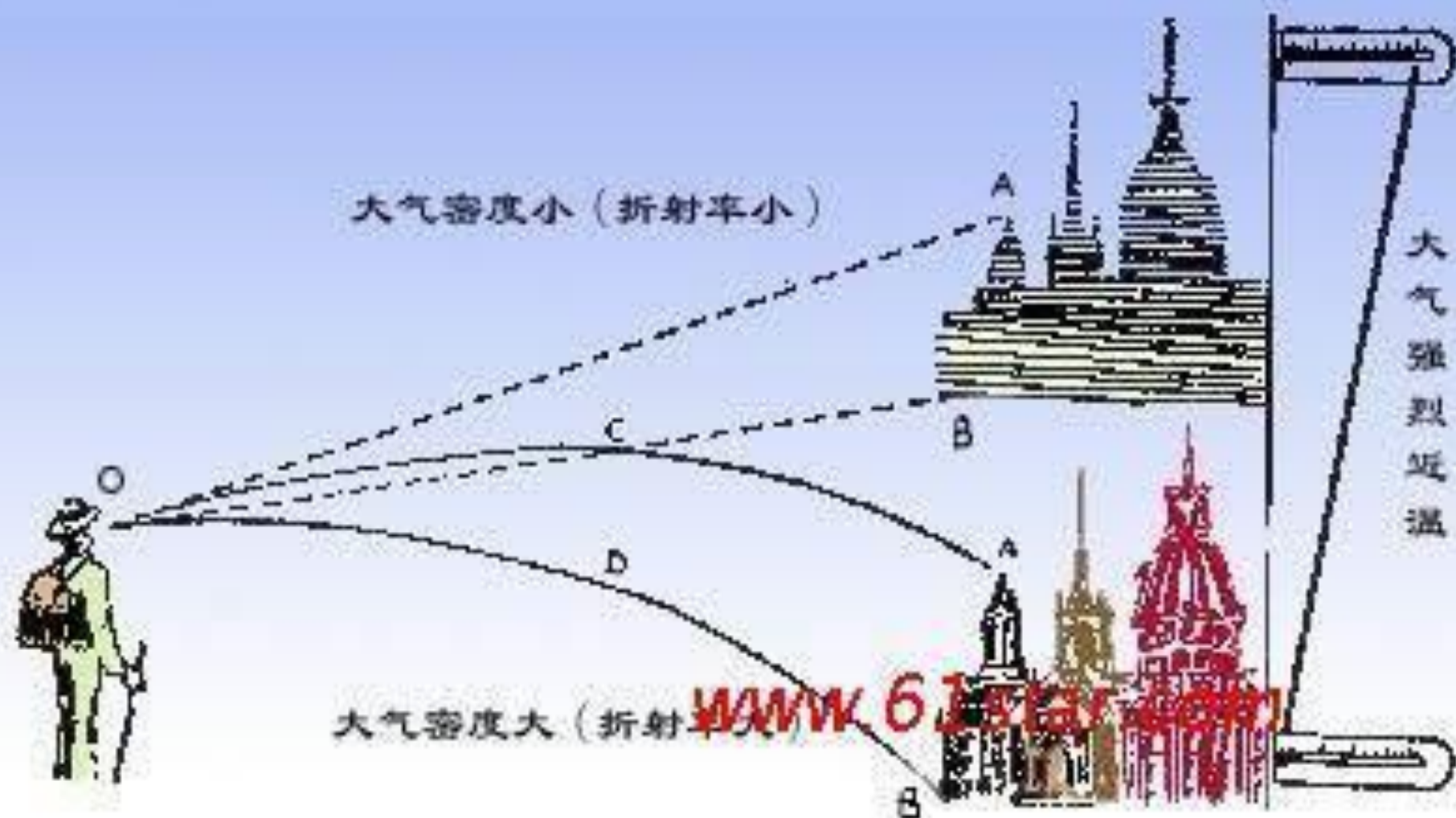


大气密度小 (折射率小)

大气强烈近温

大气密度大 (折射率大)

WWW.61818.COM



“泰坦尼克号”看到“加利福尼亚”号，却没有得救？

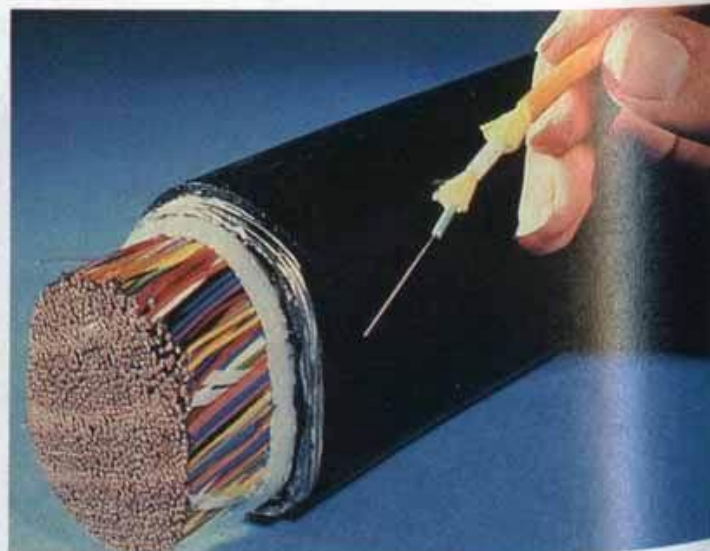
当晚很冷，发生全反射.泰坦尼克号只看到加利福尼亚号的像，其实两者距离甚远，

救生艇只坐了一半人，是为了接送人到加利福尼亚号。 **cctv1**

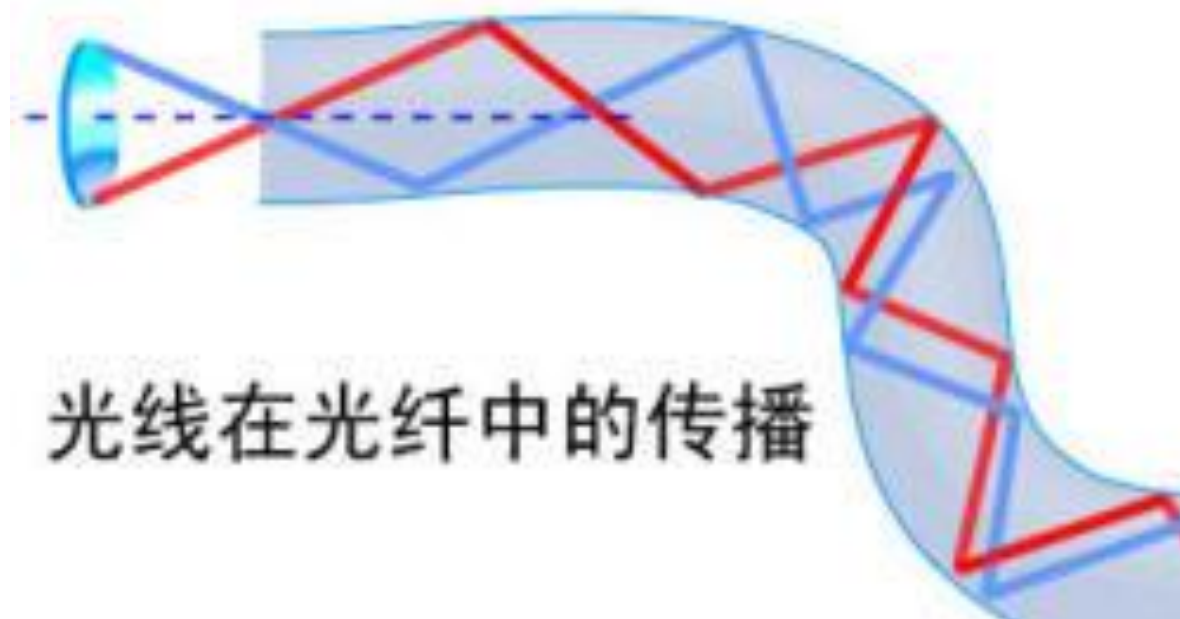
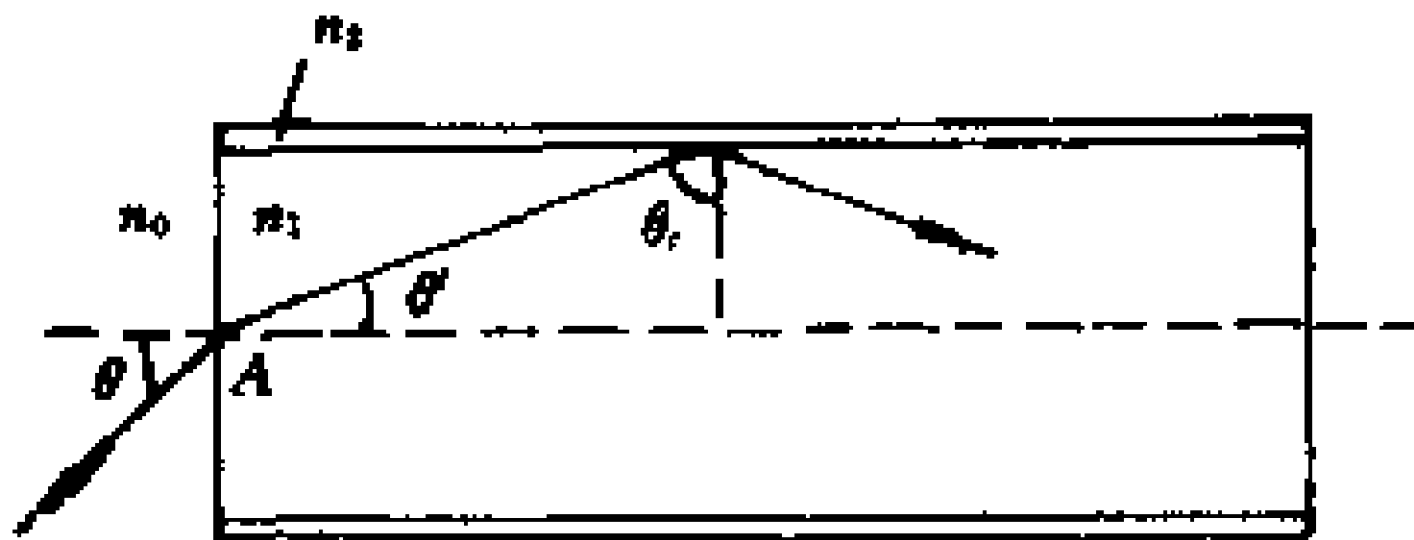
2. 光学纤维



(a)



(b)



$$\because \theta_c = \arcsin(n_2/n_1), \theta' + \theta_c = 90^\circ,$$

$$\therefore n_0 \sin \theta = n_1 \sin(\pi/2 - \theta_c)$$

$$= n_1 \cos \theta_c = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c}$$

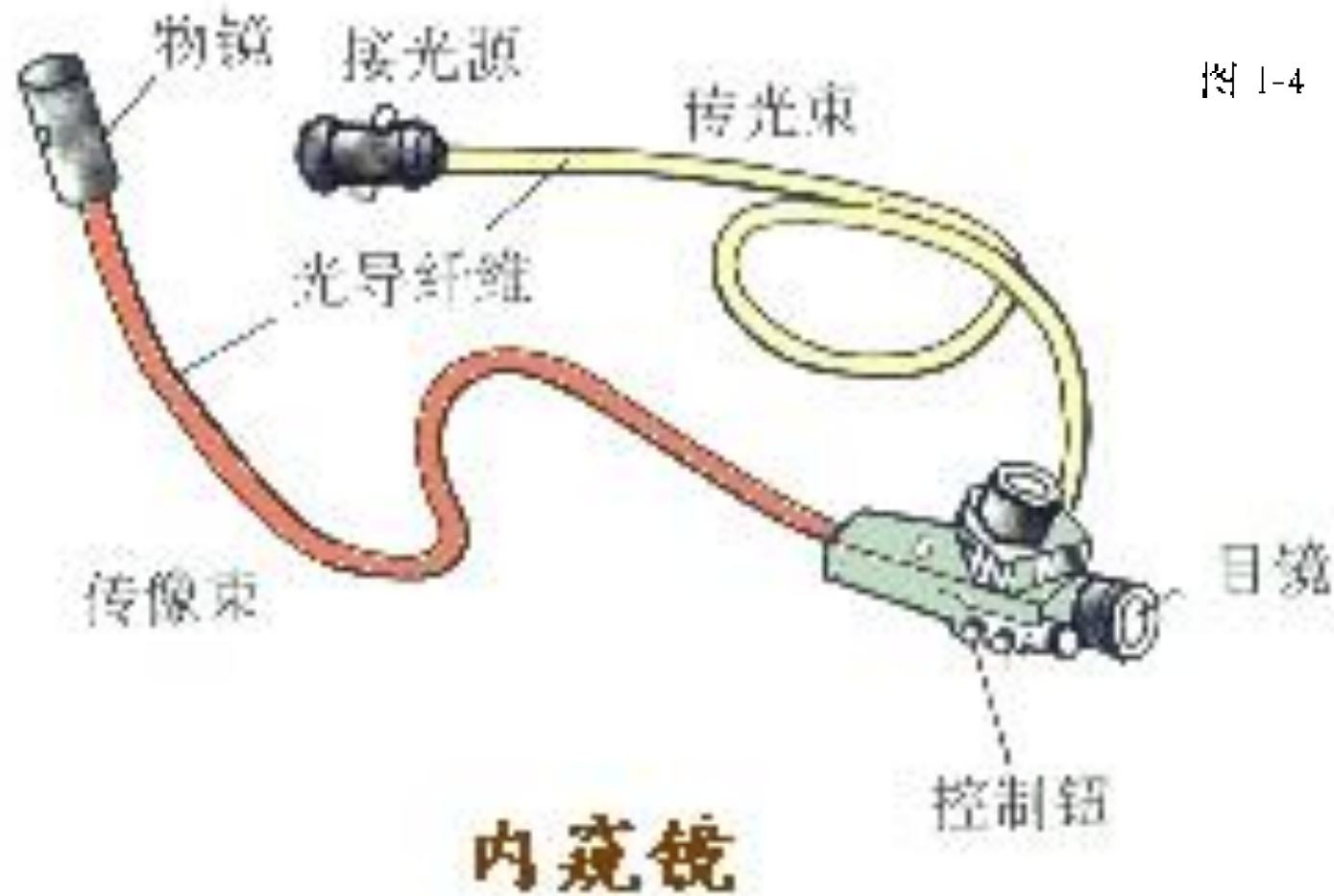
$$= n_1 \sqrt{1 - (n_2/n_1)^2} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2},$$

$$\theta = \arcsin\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2} / n_0\right)$$

选择两折射率差值较大的材料制造光学纤维。



图 1-4 光学纤维束传像



* 空气光纤

据英国《每日邮报》在线版7月29日报道，美国马里兰大学物理学教授霍华德·米尔克伯格研究表明：一个由低密度空气组成的“外壁”，包裹着充满高密度空气的内芯，与普通光纤一样，外壁的折射率低于内芯。这种结构的“空气”导波管能够长距离、无损耗地传送光信号。