

## 7.6 惠更斯原理 (Huygens principle)

前面讨论了波动的基本概念,现在讨论与波的传播特性有关的现象、原理和规律。

由于某些原因,波在传播过程中其传播方向、频率和振幅都有可能改变。

惠更斯原理给出的方法 (惠更斯作图法) 是一种处理波传播方向的普遍方法。

# 一. 惠更斯原理 (1690)

## 1. 原理的叙述

介质中任意波面上的各点，都可看作是  
发射子波（次级波）的波源（点源），其后  
的任一时刻，这些子波面的包络面（包迹）  
就是波在该时刻的新的波面。

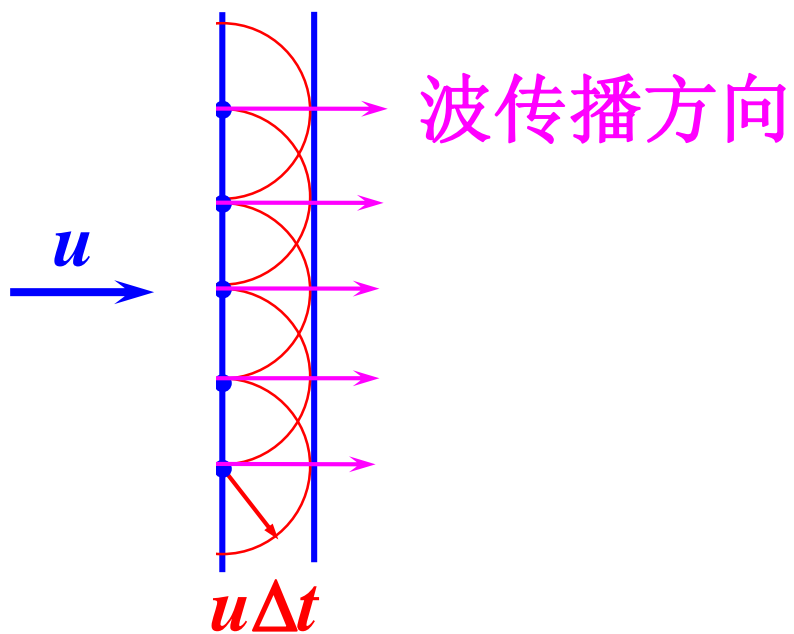
## 2. 原理的应用

已知  $t$  时刻的波面  $\rightarrow t + \Delta t$  时刻的波面，  
从而可进一步给出波的传播方向。

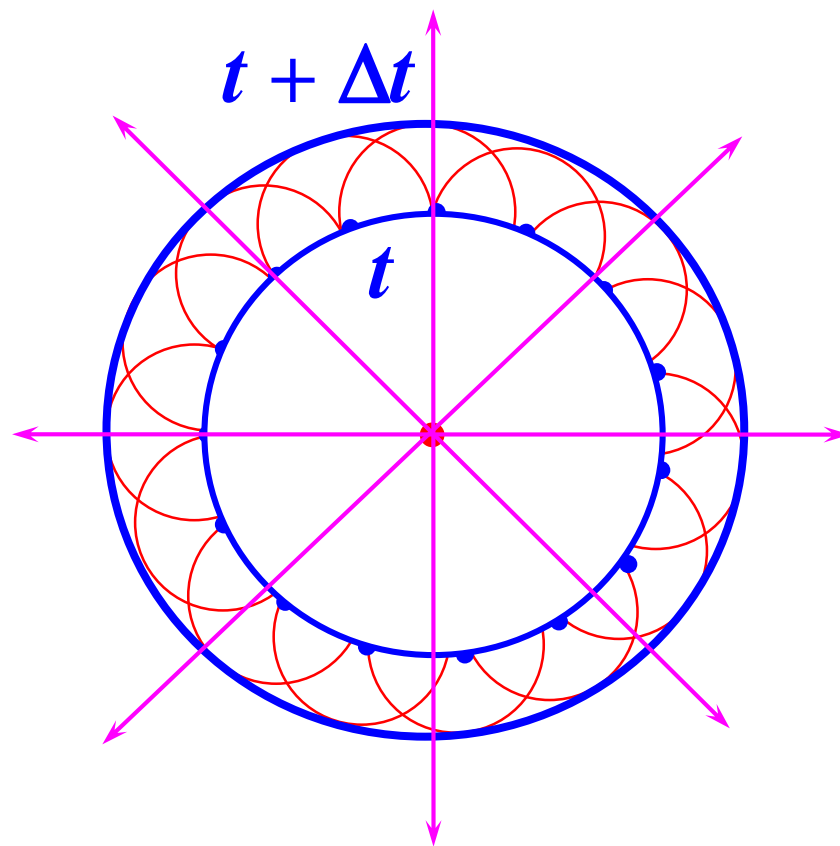
例如，均匀各向同性媒质内波的传播：

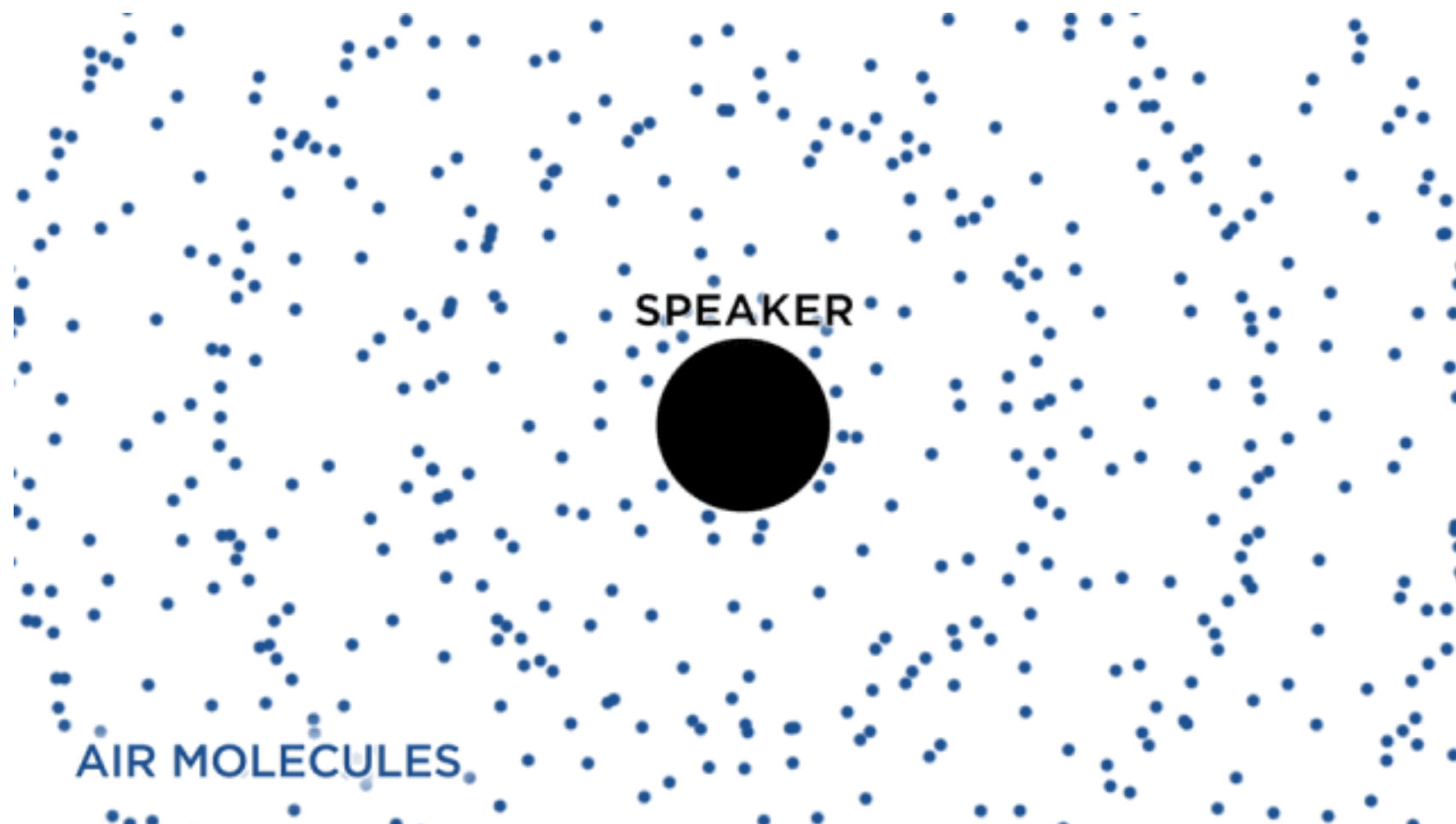
平面波

$t$  时刻波面  $t+\Delta t$ 时刻波面



球面波





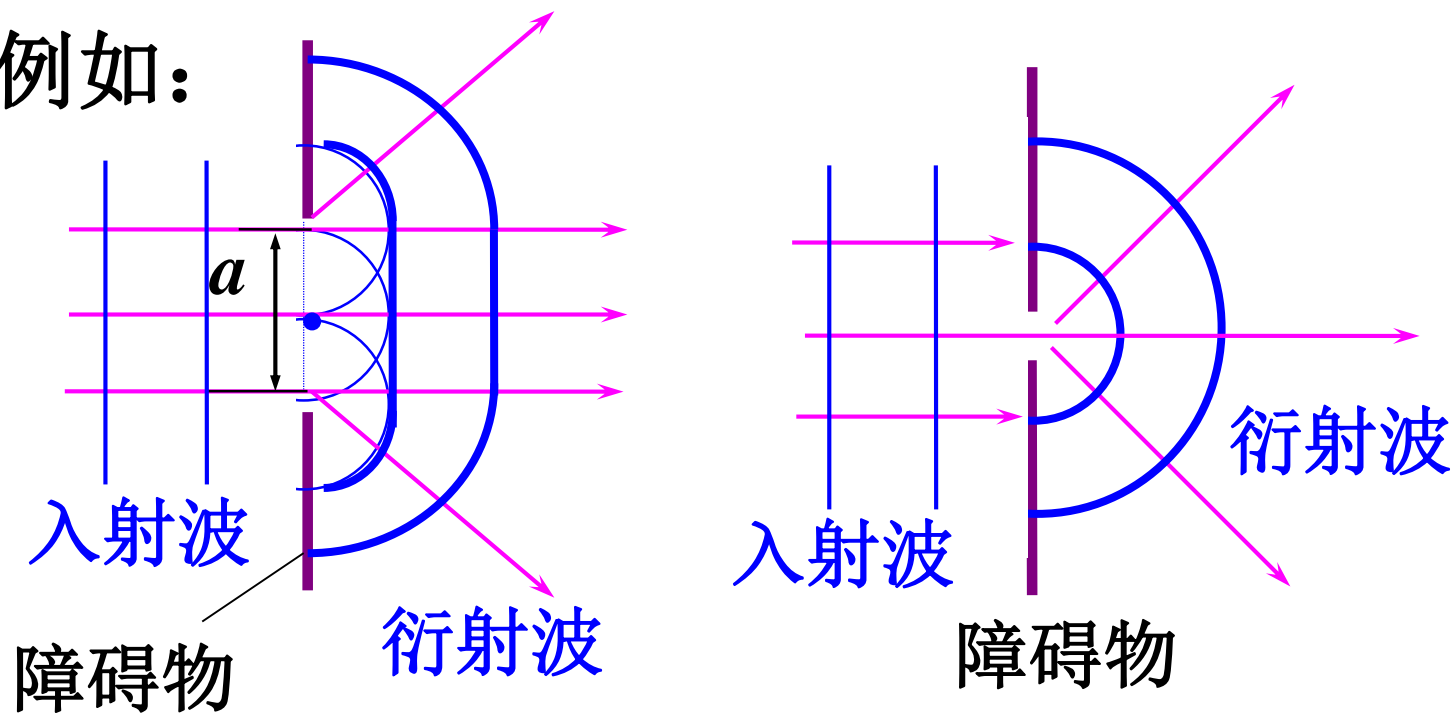




## 二. 波的衍射 (wave diffraction)

**衍射：**波传播过程中，当遇到障碍物时，能绕过障碍物边缘而偏离直线传播的现象。

例如：



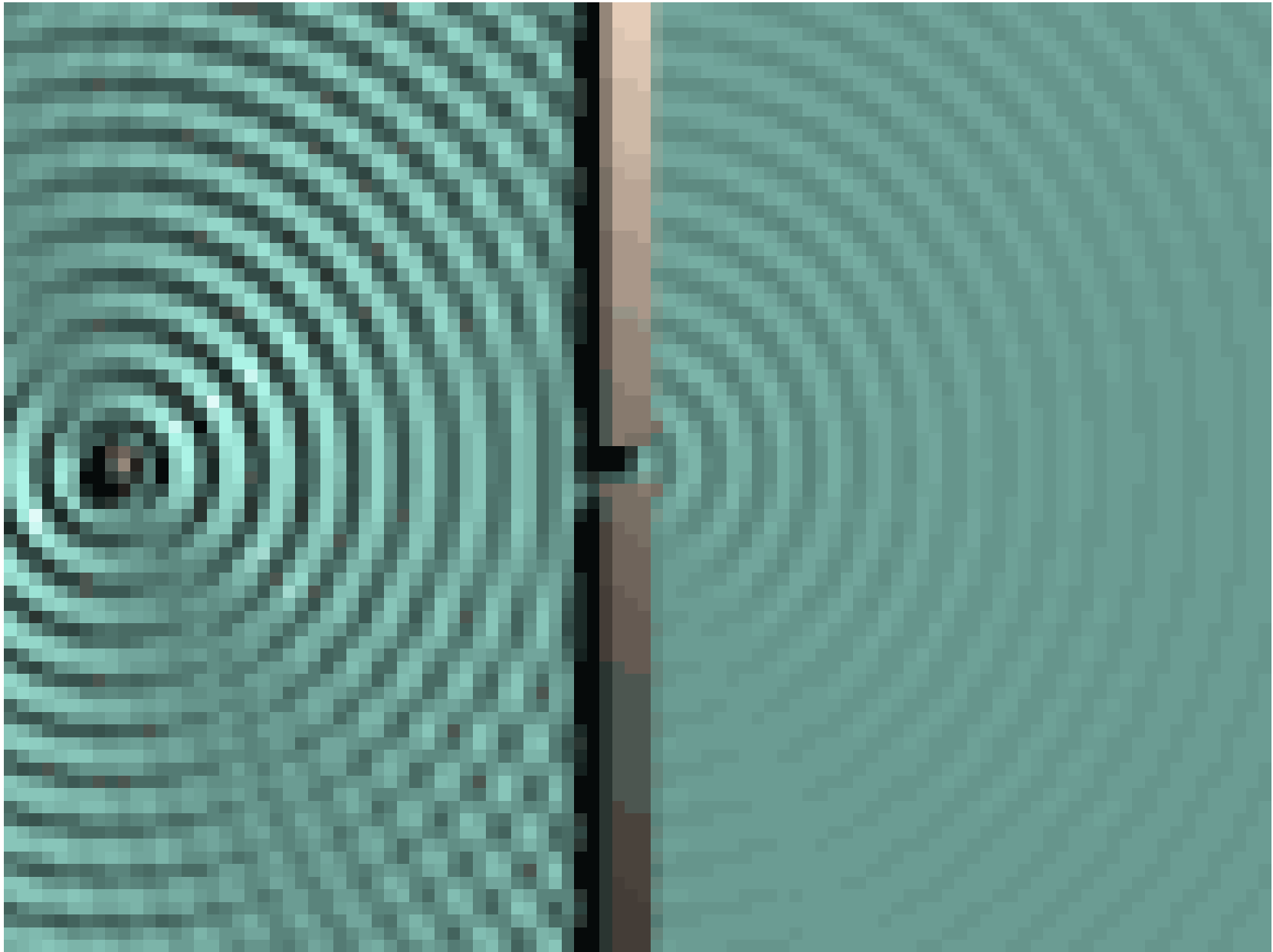
相对障碍物（包括孔、缝）的线度而言，  
波长 $\lambda$ 大衍射现象明显，波长 $\lambda$ 小衍射现象不明显。





水波通过窄缝时的衍射

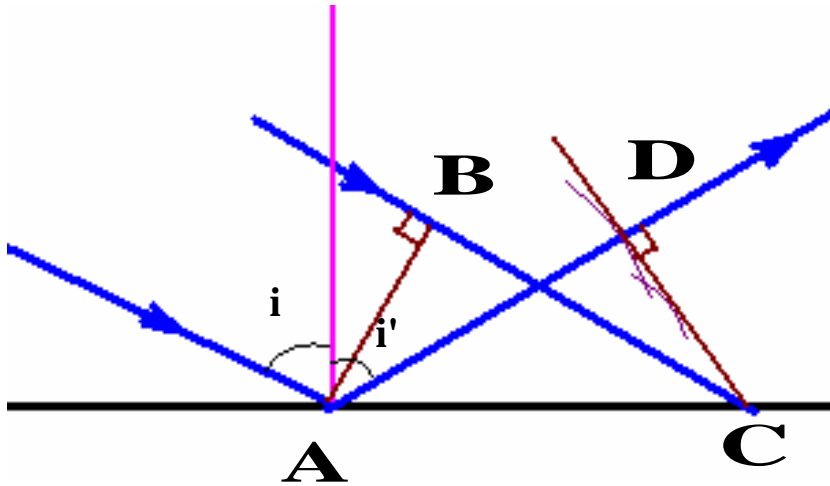




### 三. 波的反射和折射

用惠更斯作图法导出反射、折射定律

#### 1. 波的反射



$$\triangle ABC \cong \triangle ADC$$

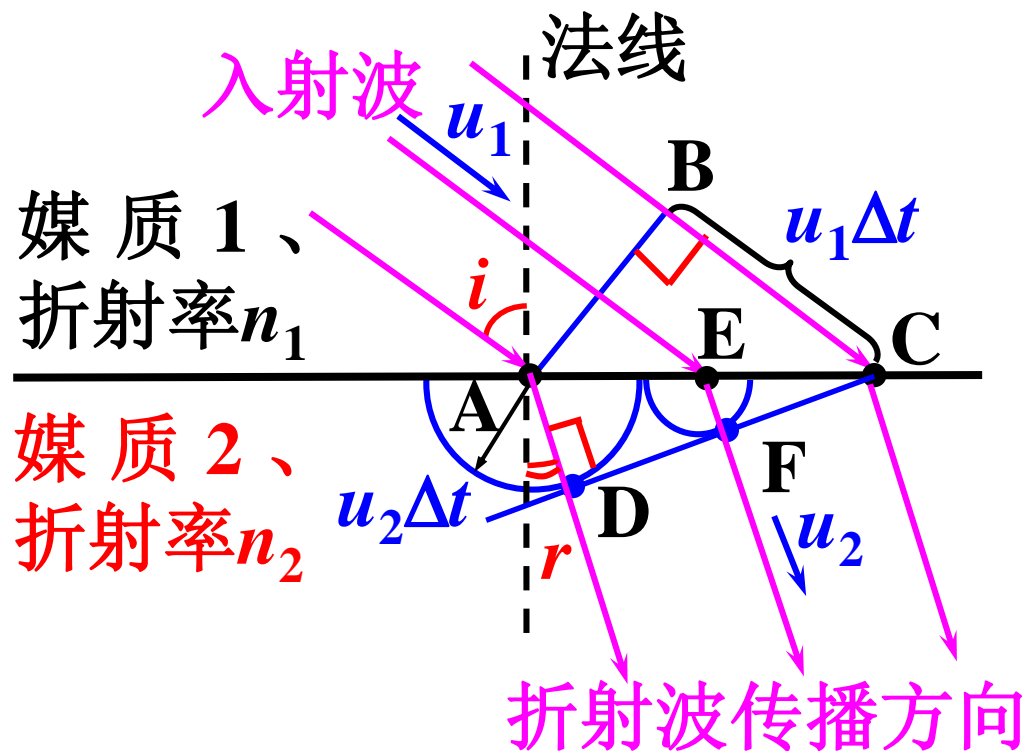
$$\angle BAC = \angle DCA$$

$$i = \angle BAC$$

$$i' = \angle DCA$$

$$\Rightarrow i = i'$$

## 2.波的折射:



$$\overline{BC} = u_1 \Delta t = \overline{AC} \sin i$$

$$\overline{AD} = u_2 \Delta t = \overline{AC} \sin r$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{n_2}{n_1} = \text{const.}$$

光波

$$u_1 = \frac{c}{n_1}, \quad u_2 = \frac{c}{n_2}$$

得到

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

——折射定律

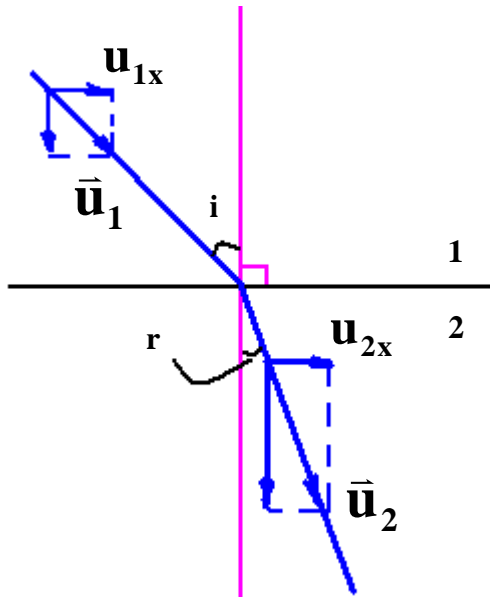
或

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21}$$

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

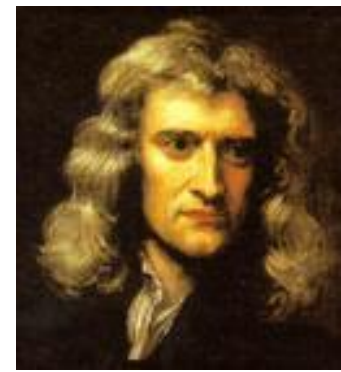
——相对折射率

# 光的微粒说



$$u_{1x} = u_{2x}$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{u_{1x} / u_1}{u_{2x} / u_2} = \frac{u_2}{u_1}$$



牛顿

(I. Newton, 1643-1727)

1850年，法国物理学家**傅科**实验测得光在水中的传播速度为光在空气中速度的3/4，无可怀疑地支持了光的波动说。



Jean Bernard Léon Foucault  
1819 - 1868



**胡克**

**Robert Hooke**

**(1635—1703)**



**惠更斯**

**Christiaan Huygens**

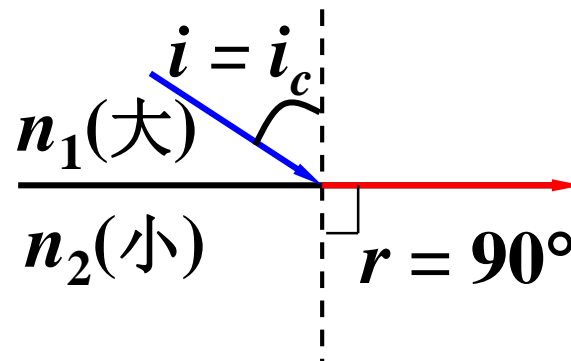
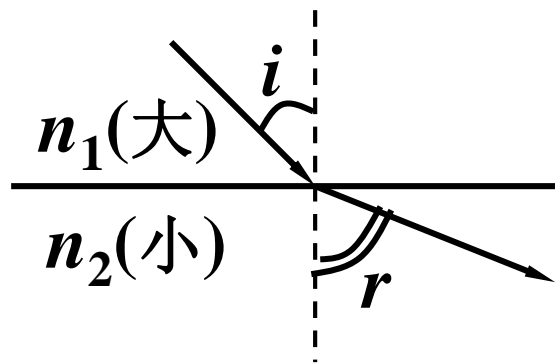
**(1629-1695)**



雨点与阳光



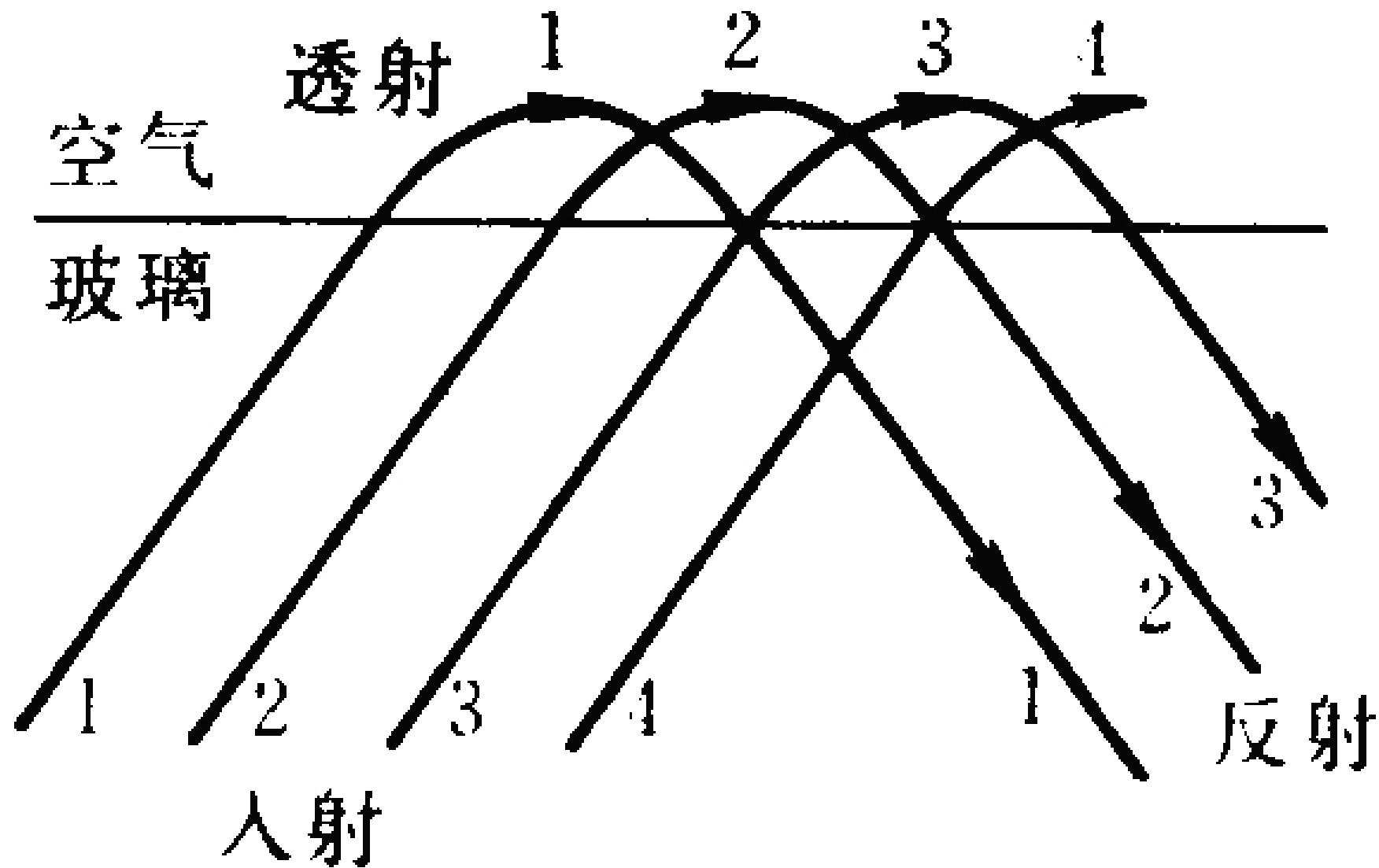
光密媒质→光疏媒质时，折射角 $r >$ 入射角 $i$ 。



$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$$

$i_c$  — 临界角

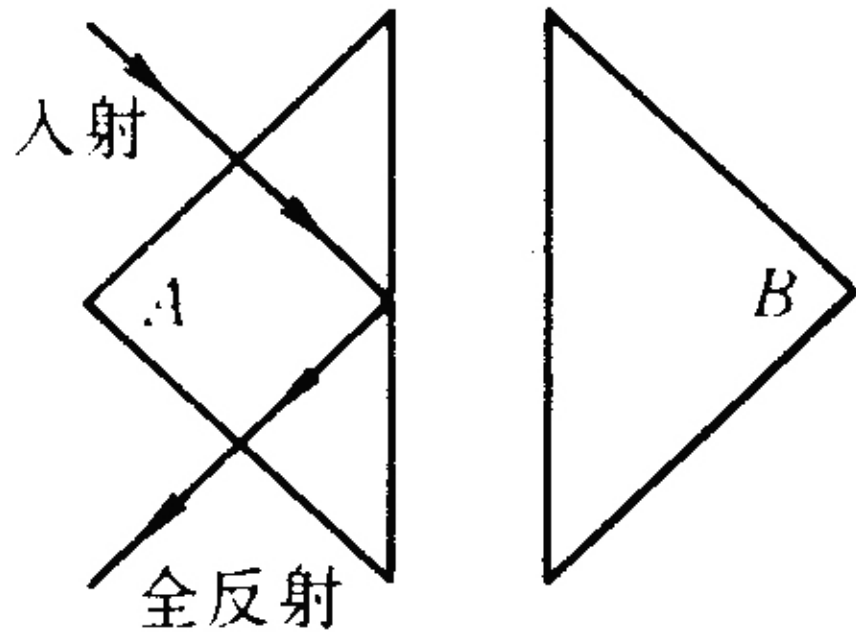
当入射 $i >$ 临界角 $i_c$ 时，将无折射光 — 全反射。



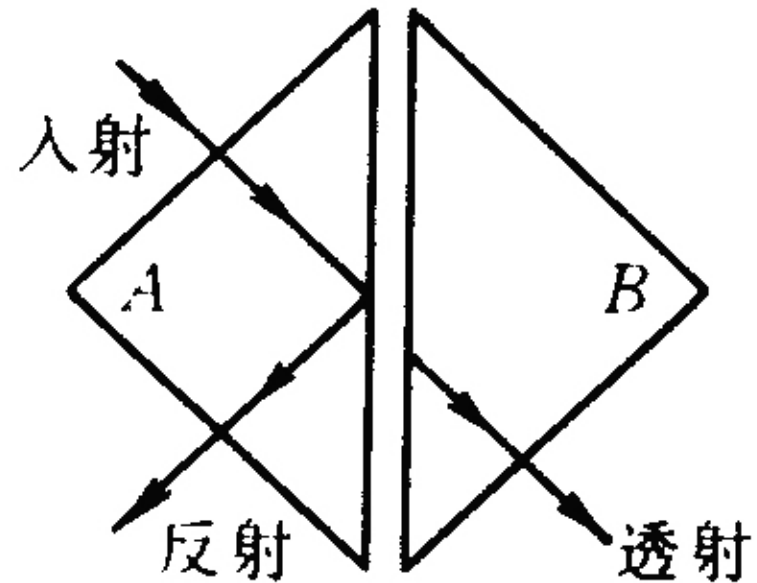
入射的波线是在界面的另一处返回，成为反射波的波线。  
1947年观察到在玻璃—空气界面上全反射时的移位现象。

# 全反射

实验证明在全反射时界面附近是有透射波的。



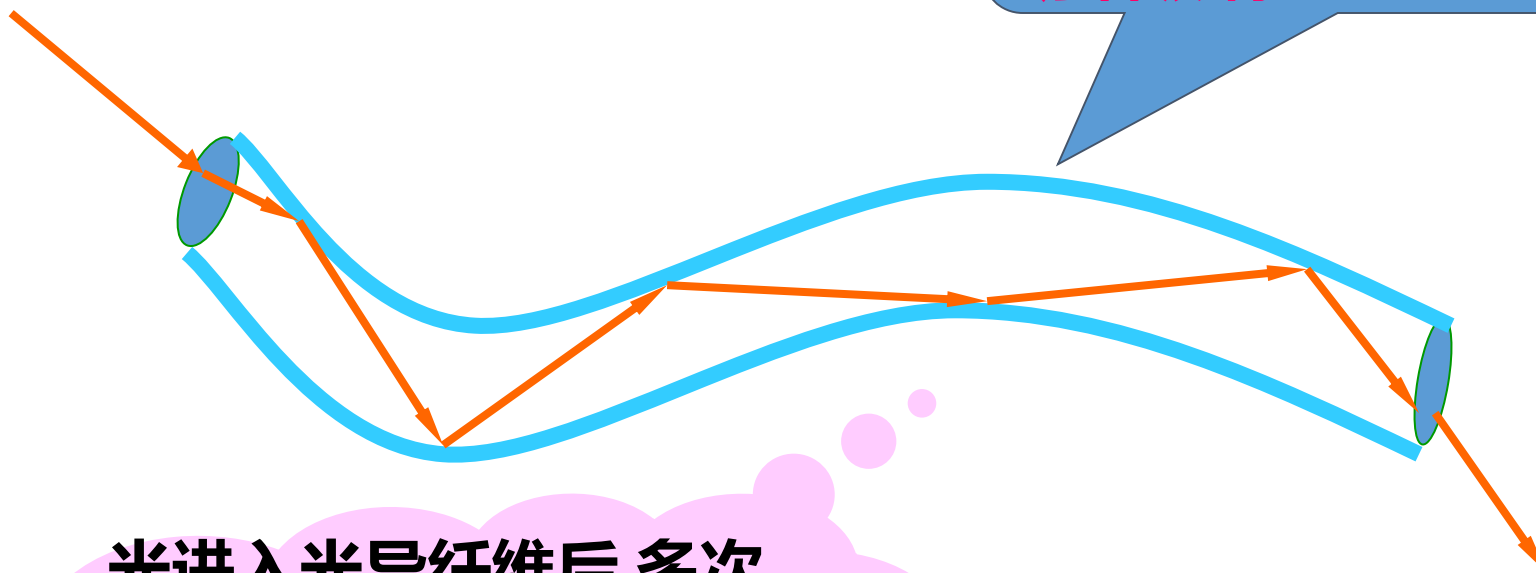
(a) 棱镜间距离较大



(b) 棱镜间距离较小

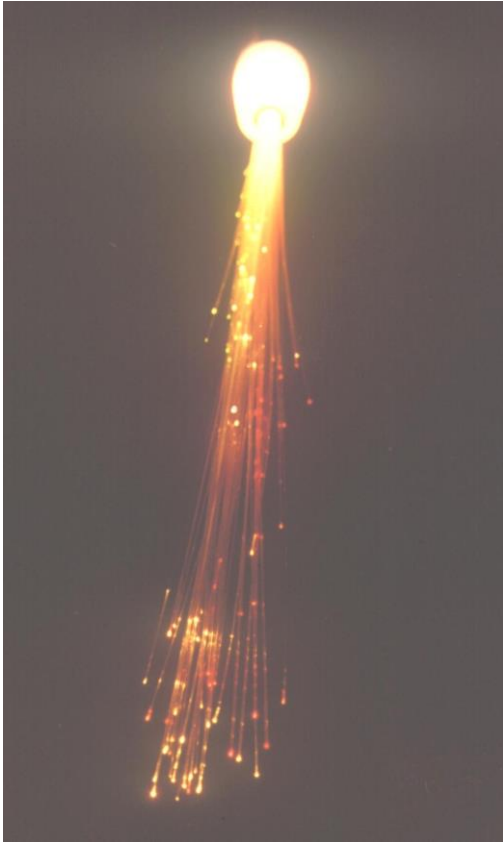
# 光导纤维

光导纤维:中央折射率大,表层折射率小的透明细玻璃丝.

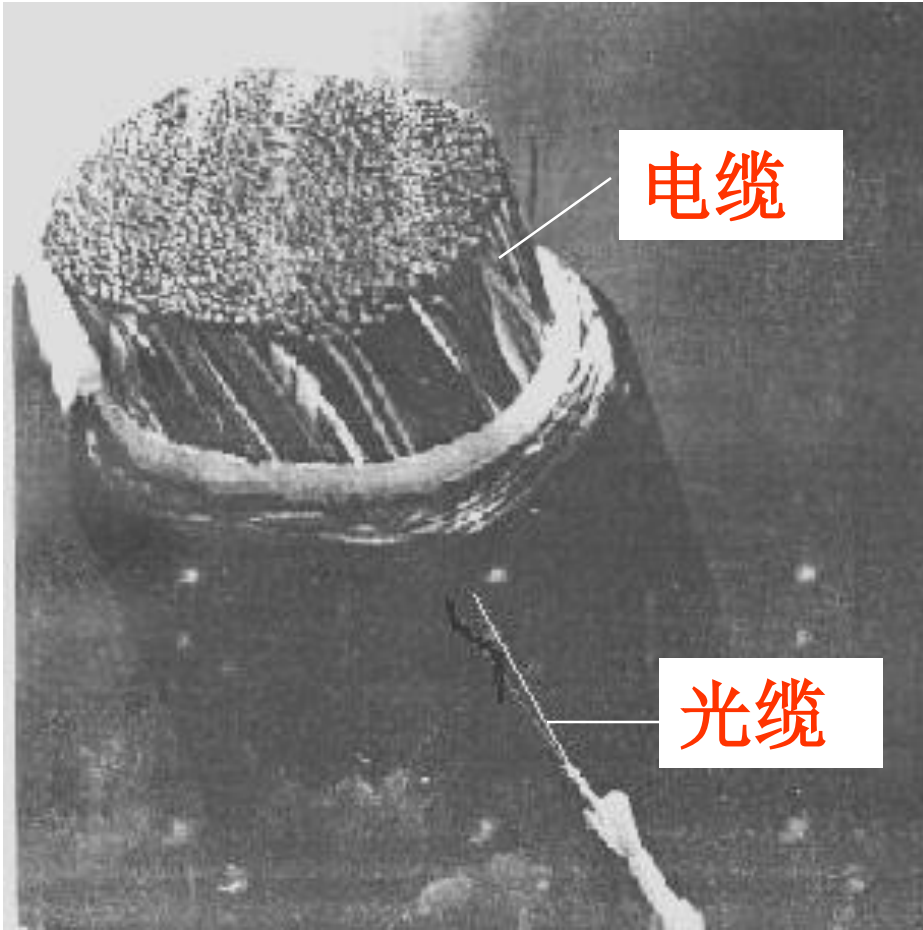


光进入光导纤维后,多次在内壁上发生全内反射,光从纤维的一端传向另一端.

全反射的一个重要应用是**光导纤维**（光纤），它是现代光通信技术的重要器件。



光 导 纤 维



图中的细光缆和粗  
电缆的通信容量相同

光纤通信容量大，  
而且损耗小。

在不加中继站的情况下，光缆传输距离可达300公里。而同轴电缆只几公里，微波也只有几十公里。

我国电信的主干线全部敷设的光缆。



# 2009年诺贝尔物理学奖



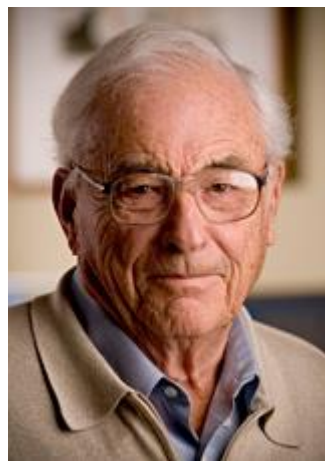
光纤

CCD



**高锟**

(1933.11.4. - 2018.9.23.)



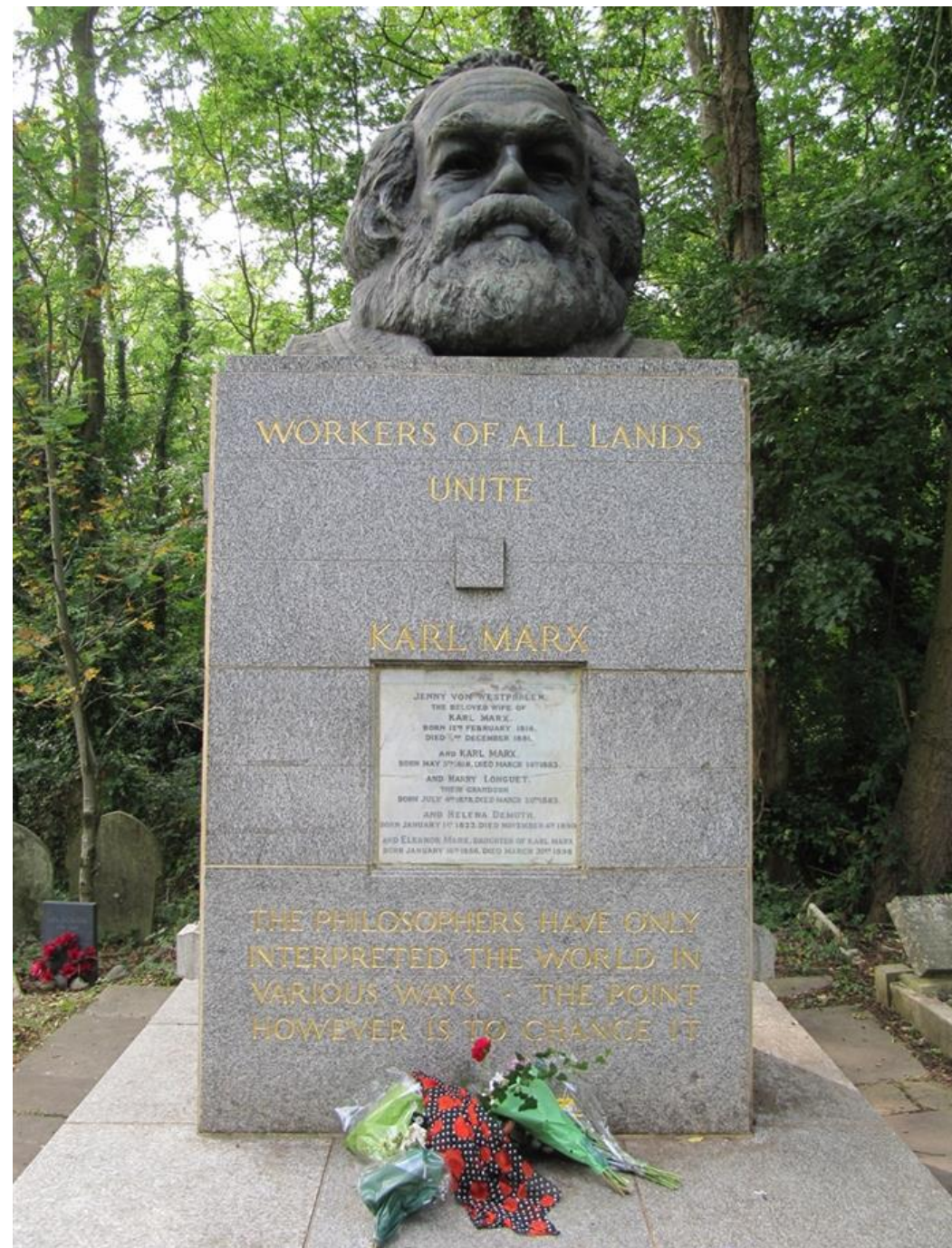
**Willard S. Boyle**

(1924.8.19. – 2011.5.7.)



**George E. Smith**

(1930.5.10. -)



哲学家只是在用不同的方式解释世界，  
而问题的关键在于改造世界。

卡尔·马克思《关于费尔巴哈的提纲》

我从事科学工作几十年，也认识了很多杰出的科学家。我自己觉得科学家的生涯很有收获，当科学家是一个非常好的体验，从中可以品尝到巨大的乐趣。

首先，我要谈一谈什么是科学家，科学家做什么样的事情。在此，我想引用大文豪**萧伯纳**在一个剧本里说的几句话：“**有的人看到已经发生的事情，问‘为什么会这样’。我却梦想一些从未发生的事情，然后追问‘为什么不能这样’。**”

这句话脍炙人口，很多人用不同的方法引述。我觉得这句话正可以用来代表科学里面的两种主要精神。属于第一种，看到自然现象，想办法解释为什么这样，代表者就是**牛顿**：由苹果落地而推出万有引力。代表第二种的科学家，就是**高锟**教授，从玻璃想到发明光纤通讯而成为**光纤之父**，获得2009年诺贝尔物理学奖，对整个世界有无比重要的贡献。

姚期智：科学家与科学之路

**诺贝尔奖颁奖委员会用诗一般的语言描述高锟的贡献：**

**“光流动在细小如线的玻璃丝中，  
它携带着各种信息数据传递向每一个方向，  
文本、音乐、图片和视频因此在瞬间传遍全球。”**

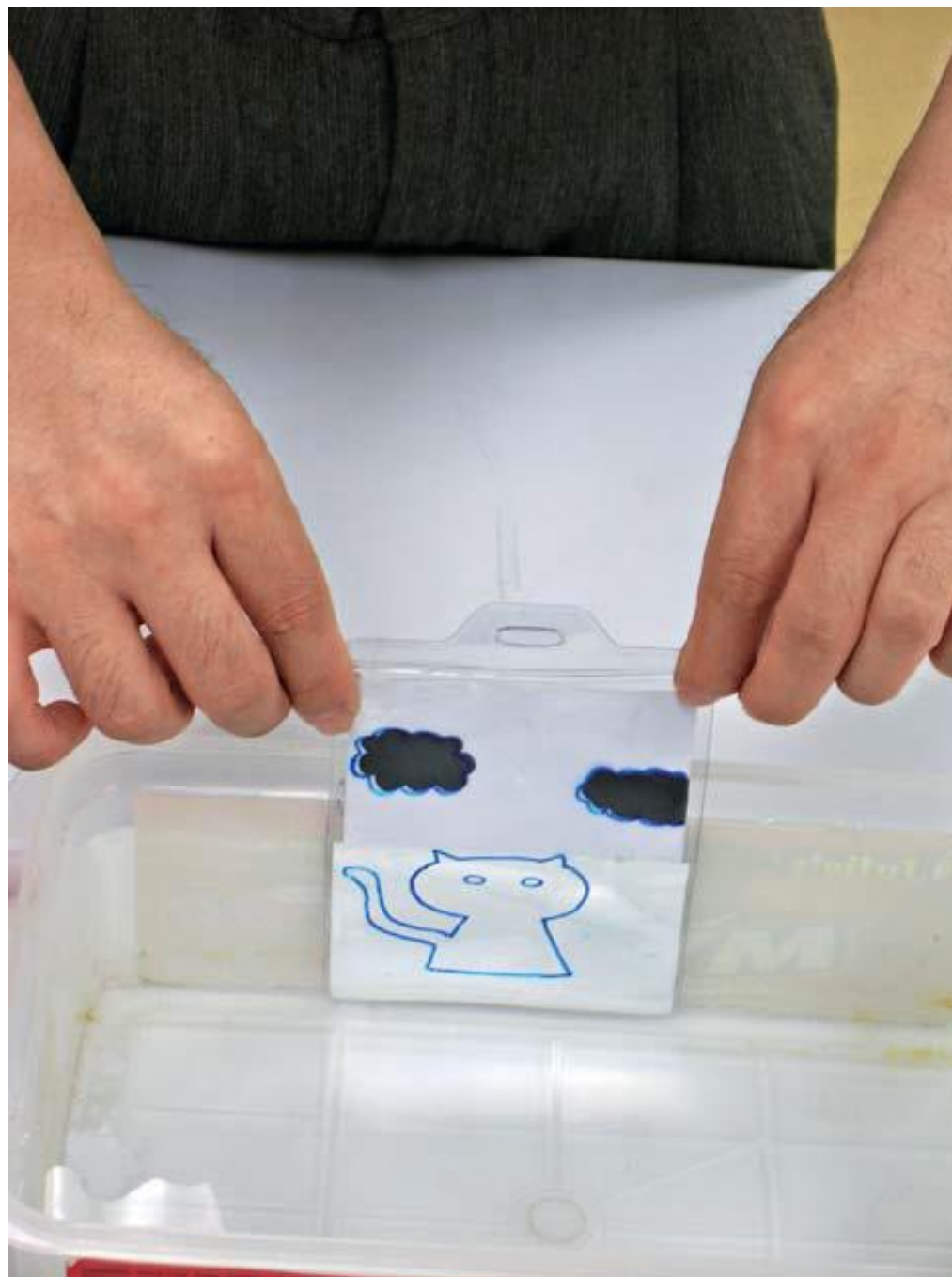




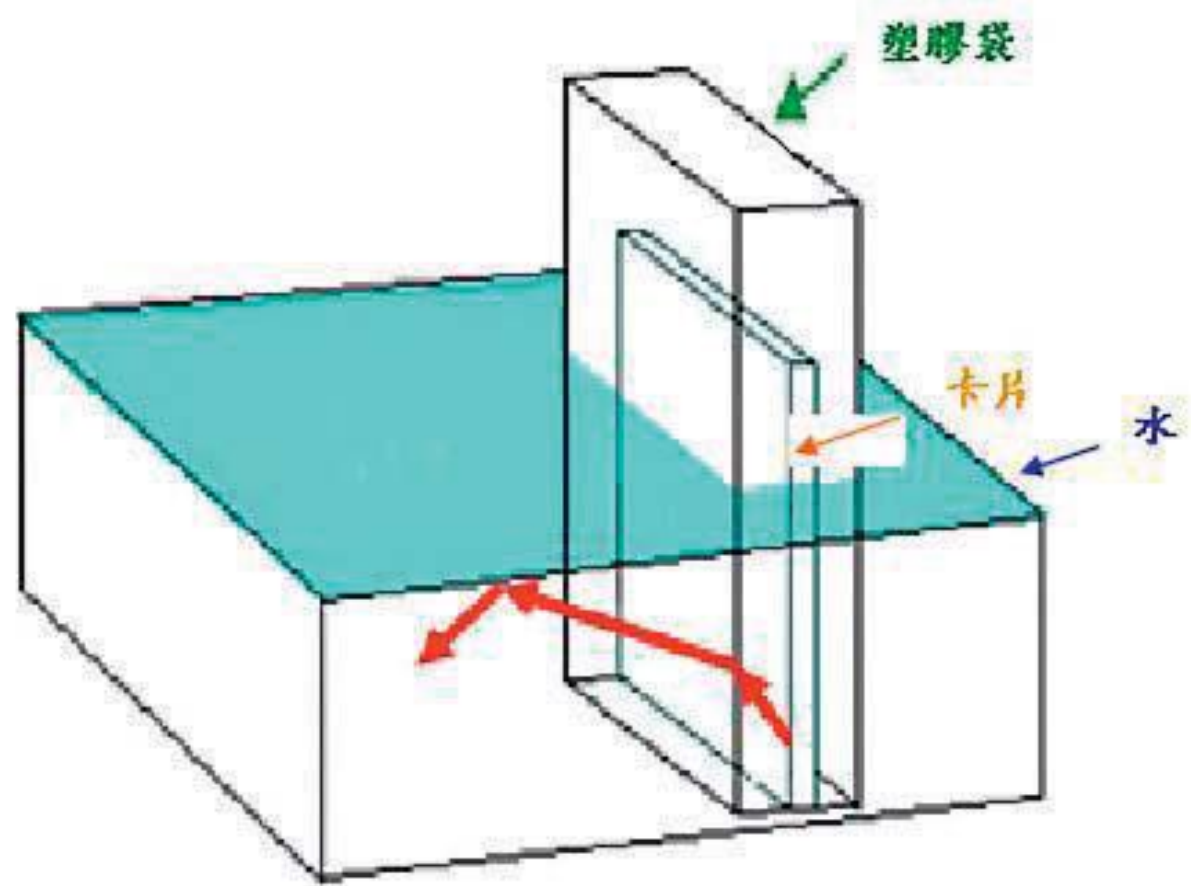
**博伊尔和史密斯与1974年时的CCD摄影机**

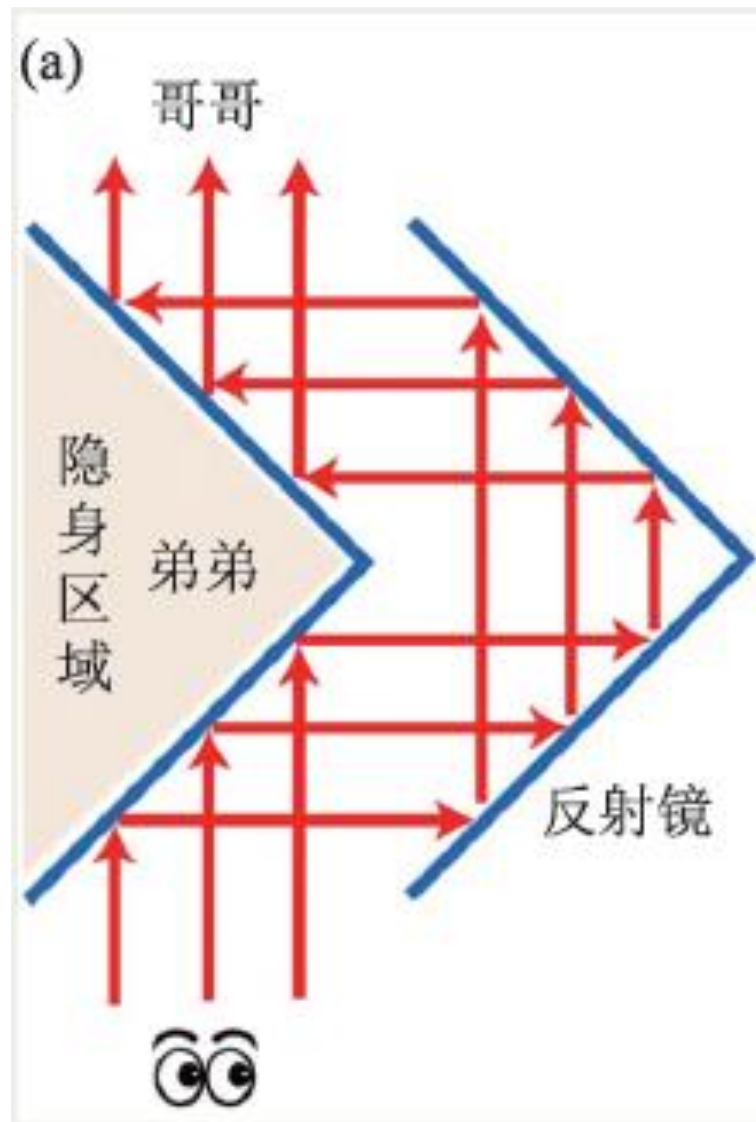












# 克拉克提出的技术发展的三大定律

(Arthur C. Clark )

**定律一：**当科学家认为什么事情是可能的话，他往往是对的。当科学家认为什么事情是不可能的话，他往往是错的。

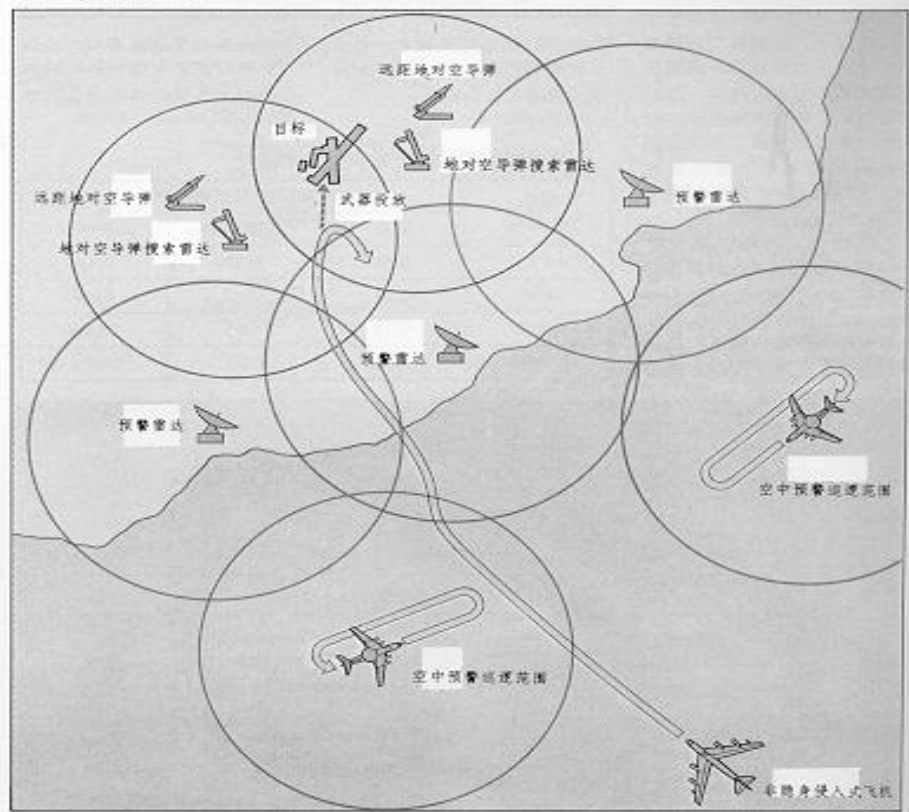
**定律二：**惟一发现有可能的极限的方法是探索极限以外不可能的东西。

**定律三：**任何先进的技术进步都是和魔术分不开的。

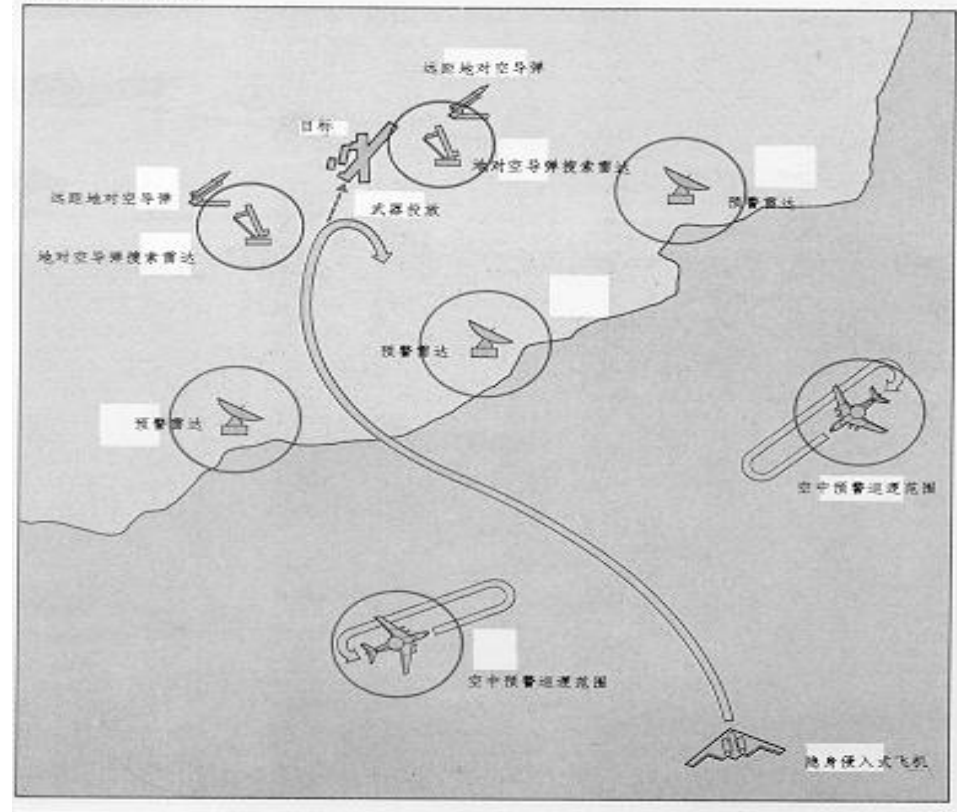


# 隐身技术

非隐身飞机的防御



隐身飞机的防御



## 传统隐身：

外形设计

吸波材料 **薄轻宽强**

B2



F-117

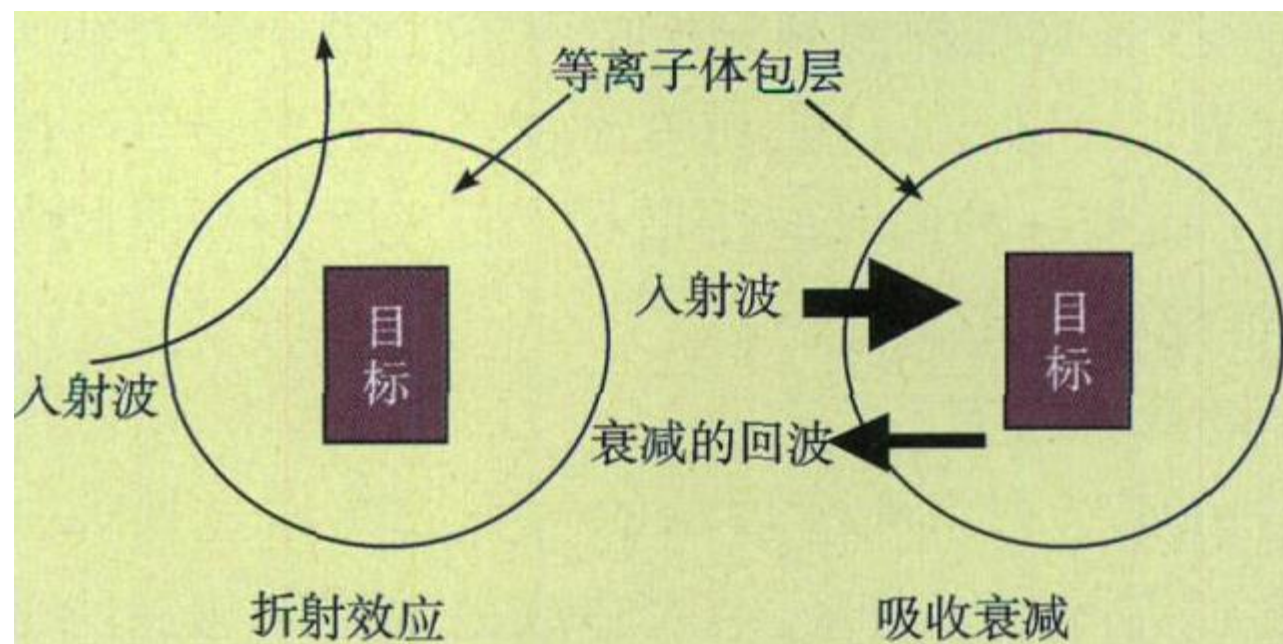


## 等离子体隐身：

俄罗斯曾在苏-35战斗机直径**890**毫米的巨大机载天线前安装了一个等离子体屏，使雷达散射截面大大降低。

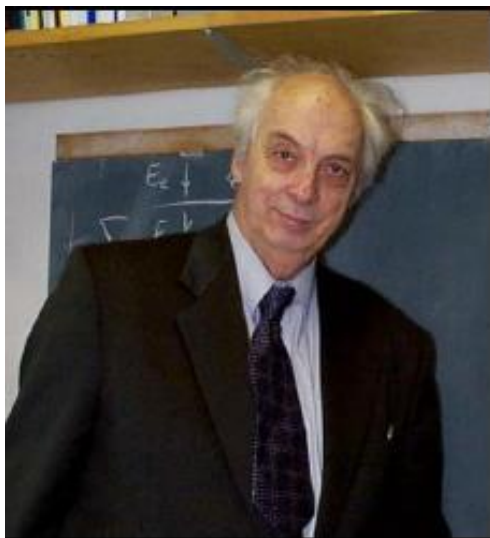
苏35





电磁波在等离子体中  
弯曲传播绕过目标

电磁波被等离子体吸收



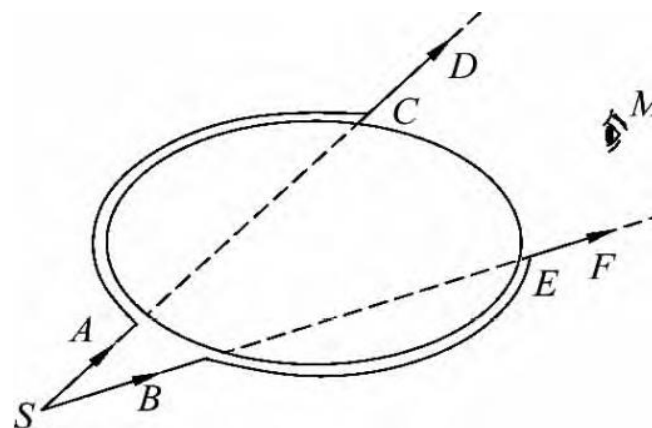
**Victor Georgievich Veselago**  
(1929.6.13. – 2018.9.15)



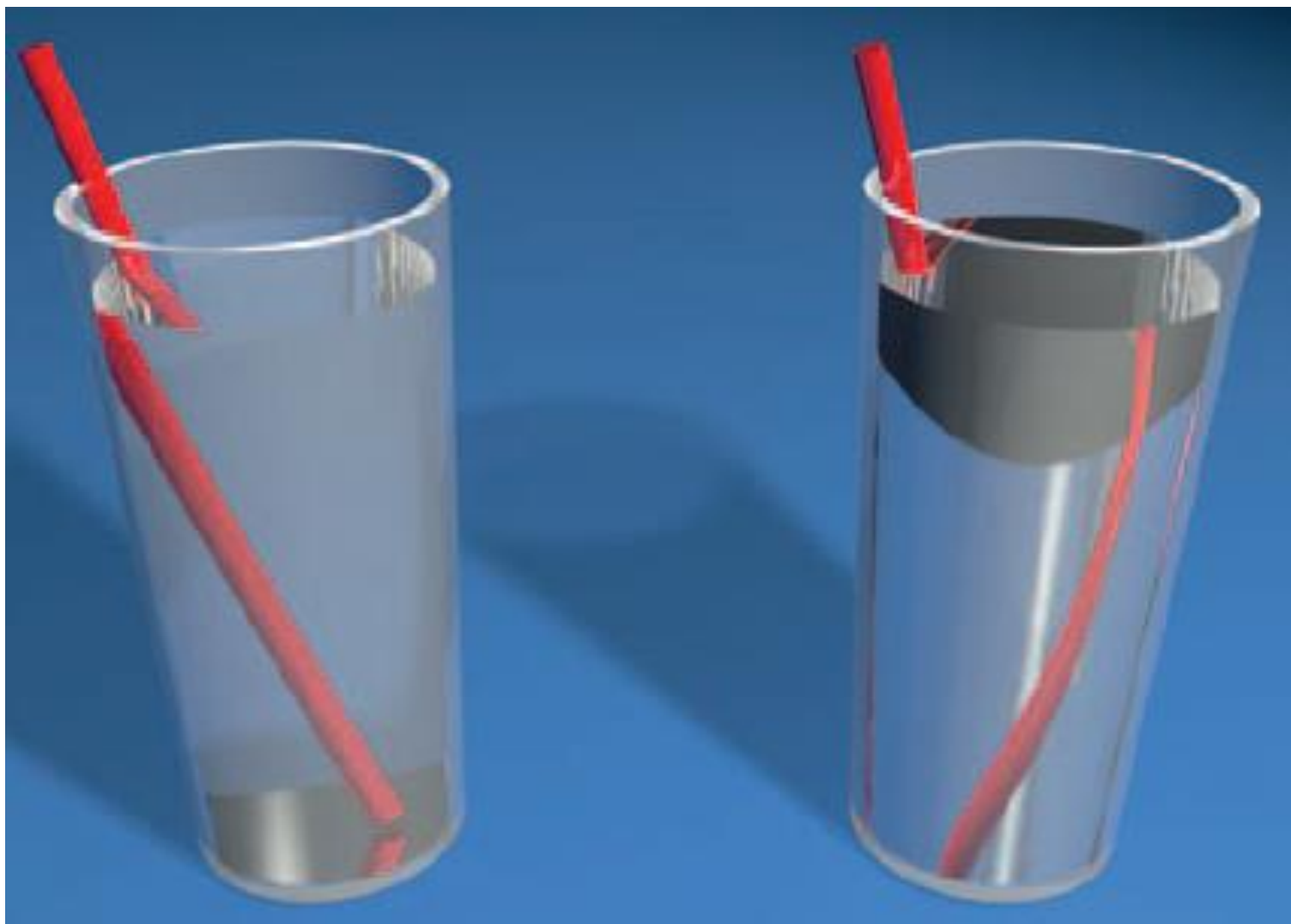
**Sir John Pendry**  
(Imperial)



**David Smith**  
(Duke)







正折射（左）与负折射（右）





