

# 第五章 地表的辐射特性

## 5.1 均匀介质的反射和折射

### 5.1.1 均匀介质

**均匀介质** 在与辐射波长相当的尺度上是光滑和均匀的介质，或者说在介质内单个分子的尺寸和间距以及其他不规则度都远小于辐射的波长。从麦克斯韦方程组角度，介质中有唯一参数：折射率

- 示例**
- ① 在可见光、红外和微波波段，水、玻璃、空气、红酒、枫糖浆、液态水银和固态黄金（分子或原子量级 $10^{-10}m$ ）是有效均匀介质，但是对于X射线和伽马射线谱带，这些物质则是不均匀的。
  - ② 由直径 $10\mu m$ 的水滴组成的云相对于可见光( $0.4 - 0.76\mu m$ )和红外辐射非常不均匀，但是相对于微波辐射( $1cm$ )的波长则表现得像均匀介质，差了三个量级，所以非常均匀。
  - ③ 厘米和米尺度的湍流涡动和湿度波动甚至会使大气相对于无线电和微波辐射显得不均匀。

### 5.1.2 折射率

**折射率**  $N = n_r + in_i$

**实部 $n_r$**  在很大程度上影响介质反射和折射特性

**虚部 $n_i$**  确定介质内吸收

**水的折射率** 在可见光范围内未见大的变化：**1.33**

**相位速度** 介质的相位速度  $c' = c/n_r$

**辐射强度** 沿 $x$ 方向传输的辐射强度  $I(x) = I_0 e^{-\beta_a x}$

其中 $\lambda$ 是真空中波长，吸收系数为 $\beta_a = \frac{4\pi n_i}{\lambda}$

### 5.1.3 均匀介质的反射和折射

**反射**  $\theta_r = \theta_i$  入射角等于反射角

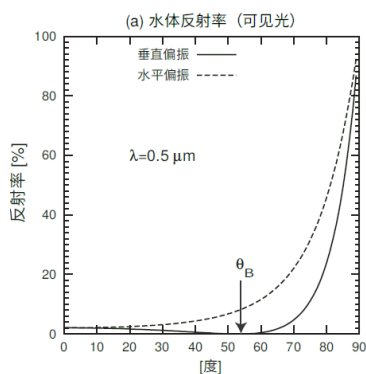
**斯涅尔定律**  $\frac{\sin \theta_t}{N_1} = \frac{\sin \theta_i}{N_2}$

**全反射**  $\theta_0 \equiv \arcsin\left(\frac{N_1}{N_2}\right)$  从折射率大的往小发射 在水中， $\theta_0 \approx 49^\circ$

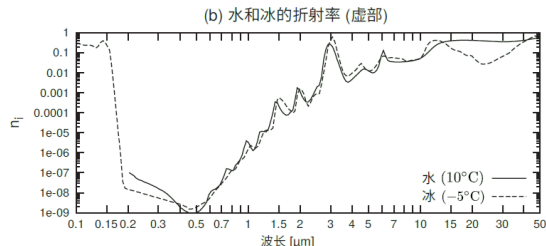
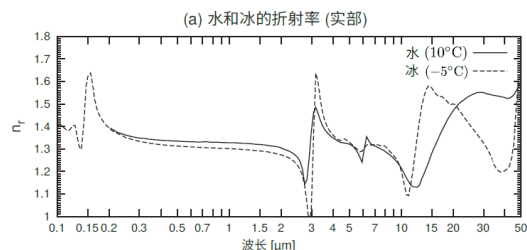
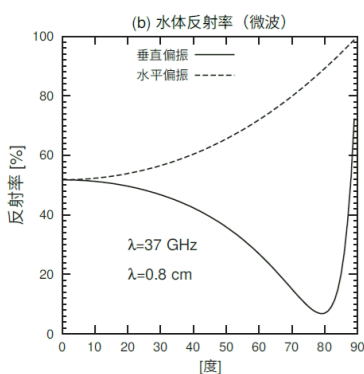
**菲涅耳定律** 电场矢量平行于入射平面的反射率： $R_p = \left| \frac{\cos \theta_t - m \cos \theta_i}{\cos \theta_t + m \cos \theta_i} \right|^2$

电场矢量垂直于入射平面的反射率： $R_s = \left| \frac{\cos \theta_t - m \cos \theta_i}{\cos \theta_t + m \cos \theta_i} \right|^2$

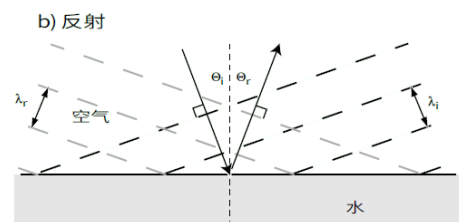
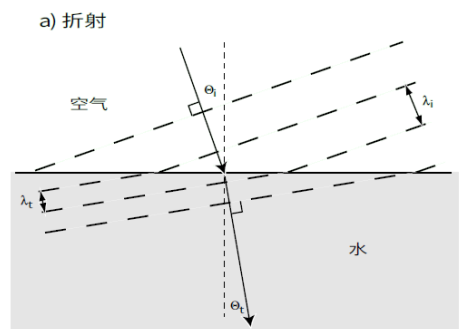
平行的情况反射率可能出现零，称为布儒斯特角。



垂直偏振出现零点



水和冰的折射率虚部可见光非常小，则吸收小



相对折射率  $m = N_2/N_1$

布儒斯特角  $\theta_B = \arcsin \sqrt{\frac{m^2}{m^2+1}}$  对于可见光，水的  $\theta_B = 53^\circ$

在该角度，非偏振光经过反射变为偏振光，适用于遥感。

**注意：**平行于入射平面的偏振通常称为垂直偏振，而垂直于入射平面的偏振称为水平偏振。相应的反射率则写为  $R_v$  和  $R_h$ 。水平偏振垂直于入射平面，与水平表面是平行的。

## 讨论

入射角很小时，水体反射率非常小；而入射角大时，对应清晨或傍晚，太阳辐射又很小。

因此，海洋的总体反射率很低，大部分被吸收。进一步的，如果南北两极冰川融化，则热库增大。

## 5.1.4 彩虹

### 基本模型

雨滴量级为毫米量级，可见光为微米量级，可以视作平面。

### 光线追踪

阳光以入射角  $\theta_1$  射入球形水滴，发生折射（斯涅尔定律）

折射后的光线在水滴内壁发生一次内部反射，反射后的光线再次折射出水滴，当偏向角最小时（约  $138^\circ$ ），光线集中形成主虹。

由于不同颜色光线的最小散射角不同，导致边缘出现光的色散。

观察者以  $42^\circ$  角（ $180^\circ - 138^\circ$ ）背对太阳看到主虹，红光在外（折射率低，偏折小），紫光在内。

