

---

# 平面简谐波及其波动方程

---

---

# 波 动

---

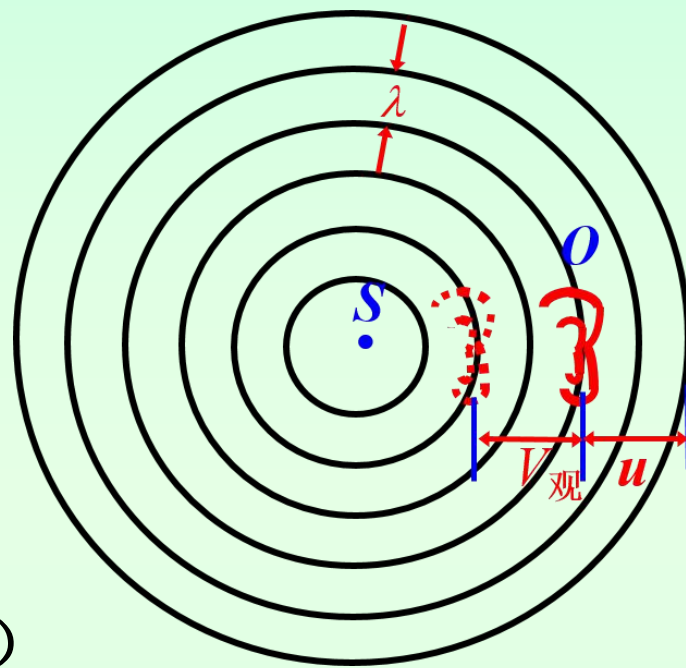
## 多普勒效应

# 1、波源静止、观察者运动（ $v_{\text{源}} = 0$ 、 $v_{\text{观}} \neq 0$ ）：

(1) 观察者向着波源运动：

波以 $u + v_{\text{观}}$ 通过观察者，**波长不变**。

$$v' = \frac{u + v_{\text{观}}}{\lambda} = \frac{u + v_{\text{观}}}{u} \cdot v \quad (> v)$$

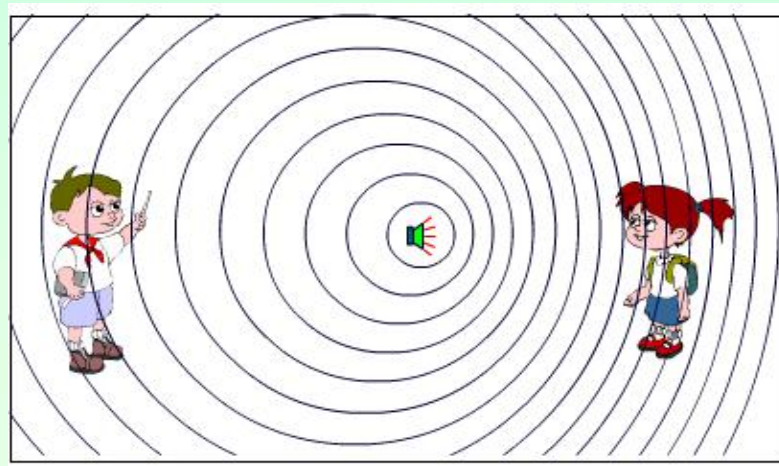
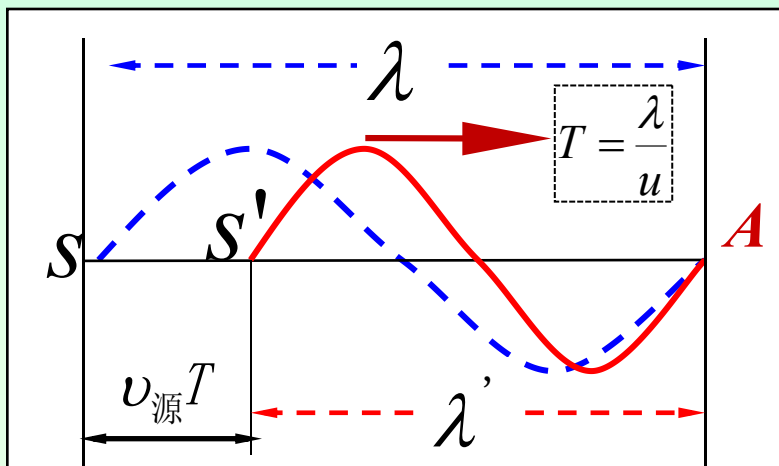


(2) 观察者离开波源运动：（ $v_{\text{观}} < u$ ）

波以 $u - v_{\text{观}}$ 通过观察者，**波长不变**。

$$v' = \frac{u - v_{\text{观}}}{\lambda} = \frac{u - v_{\text{观}}}{u} \cdot v \quad (< v)$$

## 2、观察者静止、波源运动（ $v_{\text{观}}=0$ 、 $v_{\text{源}}\neq 0$ ）：



(1) 波源向着观察者运动：

波速不变，波长变短

$$\lambda' = \lambda - v_{\text{源}}T = (u - v_{\text{源}})T$$

$$\begin{aligned} v' &= \frac{u}{\lambda'} = \frac{u}{u - v_{\text{源}}} \cdot \frac{1}{T} \\ &= \frac{u}{u - v_{\text{源}}} \cdot v \quad (> v) \end{aligned}$$

(2) 波源离开观察者运动：

波速不变，波长变长

$$\lambda' = \lambda + v_{\text{源}}T = (u + v_{\text{源}})T$$

$$\begin{aligned} v' &= \frac{u}{\lambda'} = \frac{u}{u + v_{\text{源}}} \cdot \frac{1}{T} \\ &= \frac{u}{u + v_{\text{源}}} \cdot v \quad (< v) \end{aligned}$$

### 3、波源和观察者同时运动（ $v_{\text{源}} \neq 0$ 、 $v_{\text{观}} \neq 0$ ）：

➤相向运动时，波长变短，速度增加

$$v' = \frac{u + v_{\text{观}}}{u - v_{\text{源}}} \cdot v$$

➤背离运动时，波长变长，速度减少

$$v' = \frac{u - v_{\text{观}}}{u + v_{\text{源}}} \cdot v$$

➤同向运动时

$$v' = \frac{u \pm v_{\text{观}}}{u \mp v_{\text{源}}} \cdot v$$

观察者追波源，分子分母取正号，反之取负号

➤波源运动和观察者运动对观测频率的影响不同。

即使当 $v_{\text{源}} = v_{\text{观}}$ 时，对频率的影响也不同。

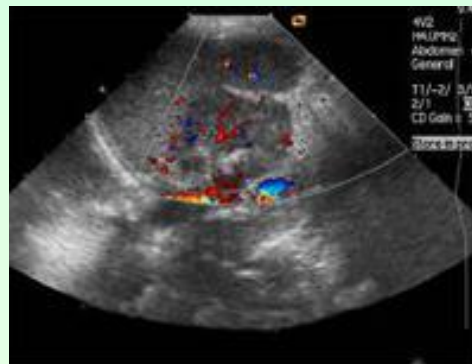
➤当运动不沿两者的连线时，

只需考虑速度沿两者连线的分量即可；

➤电磁波、光波也有多普勒效应。

# 多普勒效应的应用

## 1) 雷达（雷达测速仪、多普勒天气雷达、多普勒D超）

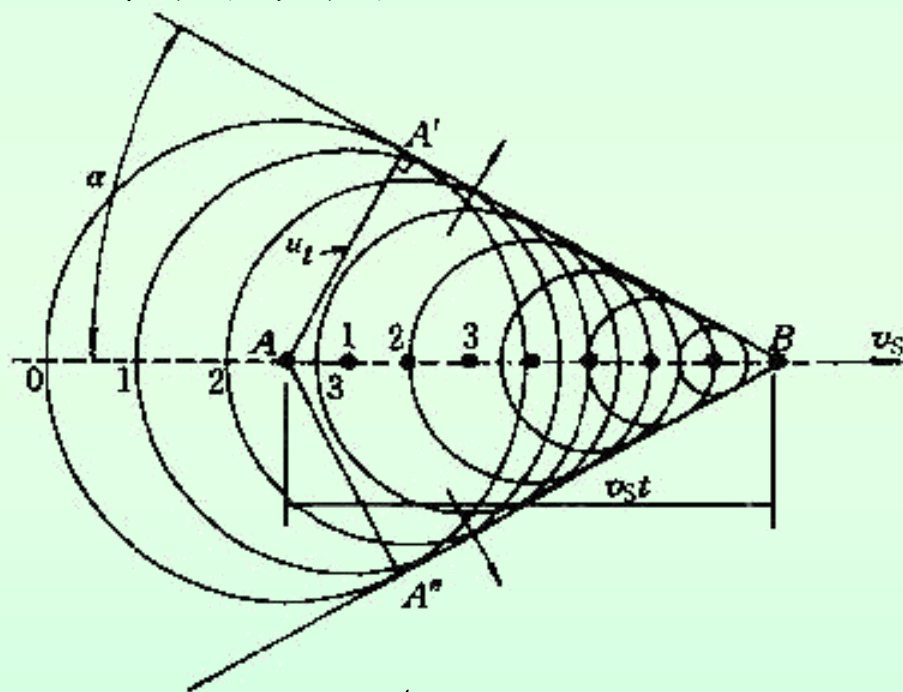


## 2) 多普勒声纳—利用水下声波来测速和计程的精密仪器



# 激波

当波源运动的速度 $v_s$ 超过波速时, 波源将位于波前的前方, 前述的计算公式不再有意义。波源发出的波的各波前的切面形成一个圆锥面。



锥形的半顶角满足:  $\sin \alpha = \frac{ut}{v_s t} = \frac{u}{v_s}$ ,  $v_s/u$  — 马赫数