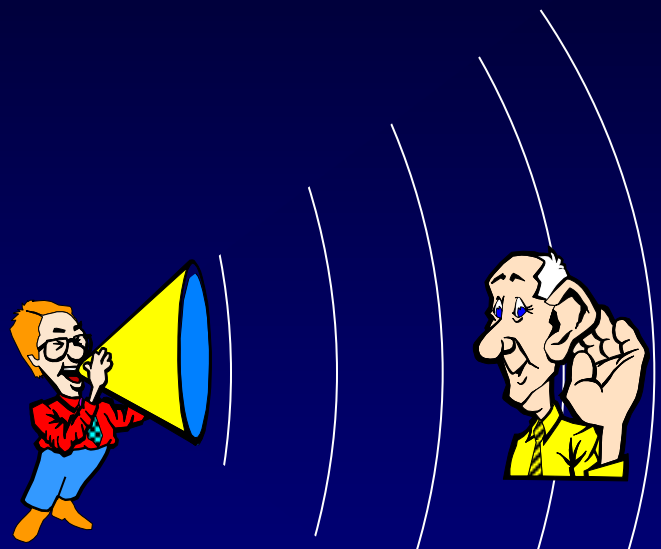
§ 10.6 多普勒效应 冲击波

一、多普勒效应 波的观测频率

观测频率：单位时间内观测者所接受到完整波的波数，即

$$\nu = \frac{\text{每秒波阵面推进的距离}}{\text{相隔一个周期波阵面间距}}$$



写成：$\nu = \dfrac{l}{d}$　　l：相对于观测者波阵面推进的距离

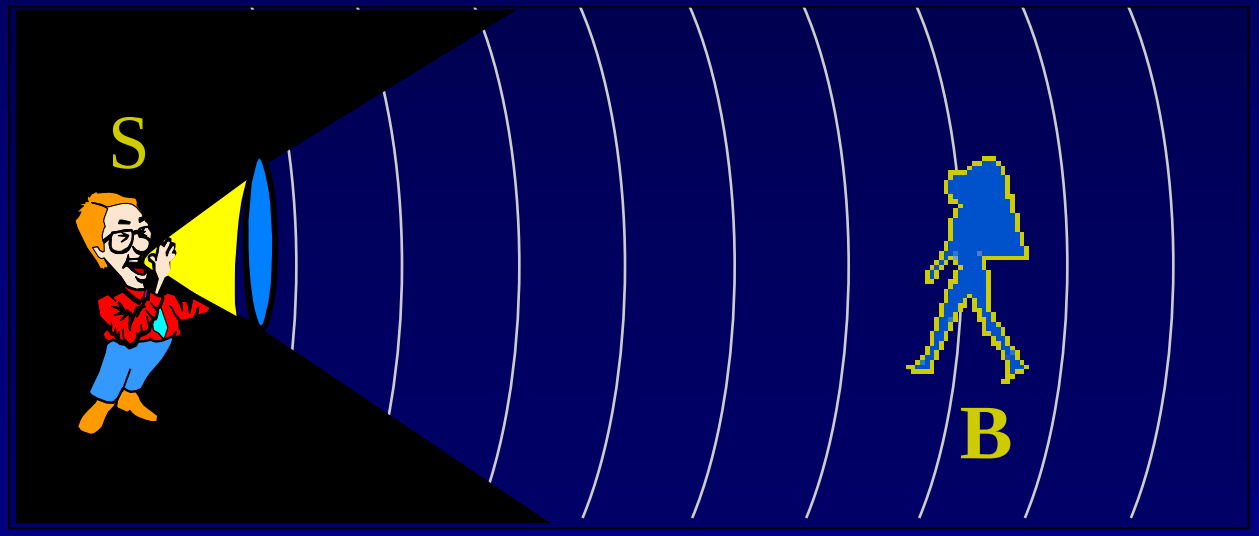
两者位置皆不变：$d = \lambda, l = u \times 1 \longrightarrow \nu = \dfrac{u \times 1}{\lambda} = \dfrac{1}{T} = \nu_0$

1. 波源S静止，观测者B运动：$v_S = 0$，$v_B \neq 0$

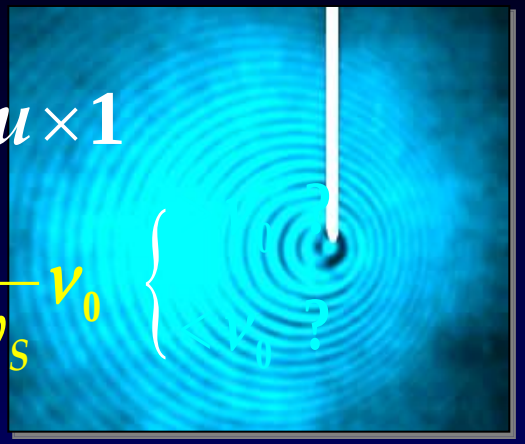
相对于观测者：$l = (u + v_B) \times 1$，　$d = \lambda$

观测频率：

$$\nu = \frac{l}{d} = \frac{u + v_B}{\lambda} = \frac{u}{\lambda}\left(1 + \frac{v_B}{u}\right) = \frac{u + v_B}{u}\nu_0 \quad \begin{cases} > \nu_0 \ ? \\ < \nu_0 \ ? \end{cases}$$

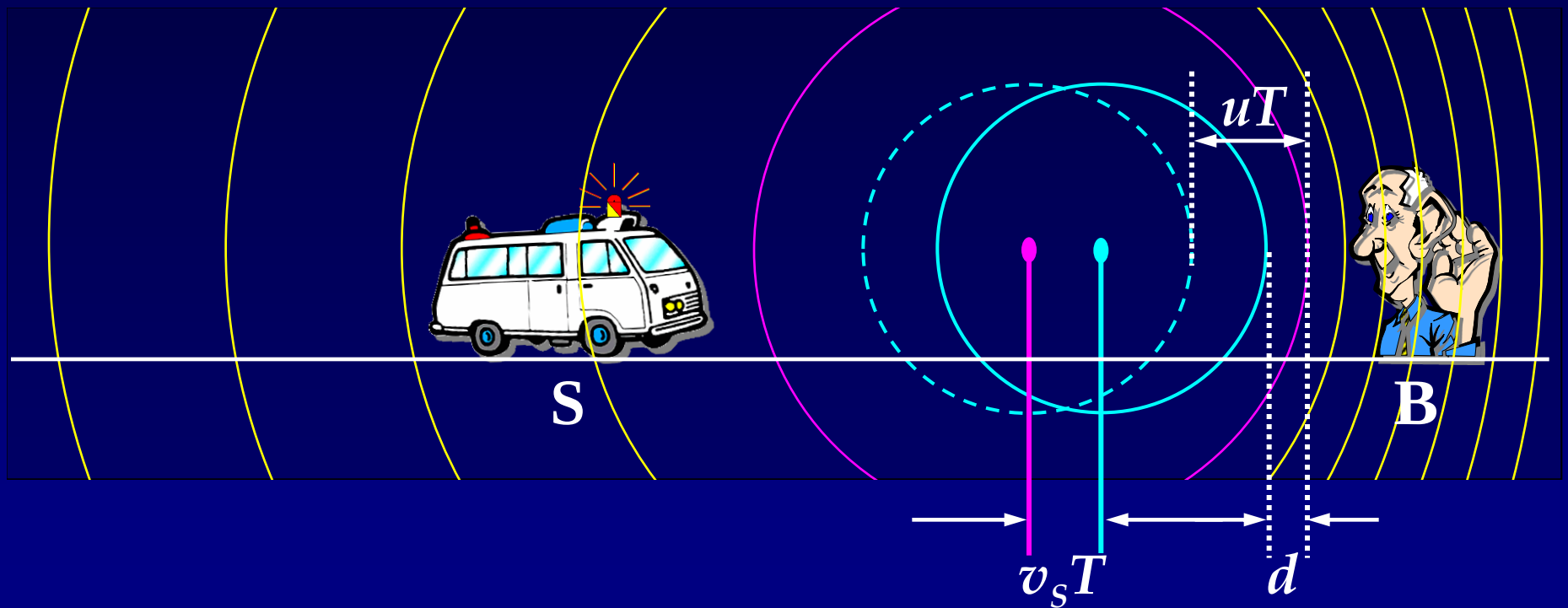


2. 波源S运动，观测者B静止：$v_S \neq 0$，$v_B = 0$



波前间距：$d = uT - v_S T$　　1秒内：$l = u \times 1$

B 的观测频率 ：$\nu = \dfrac{l}{d} = \dfrac{u}{(u - v_S)T} = \dfrac{u}{u - v_S}\nu_0$

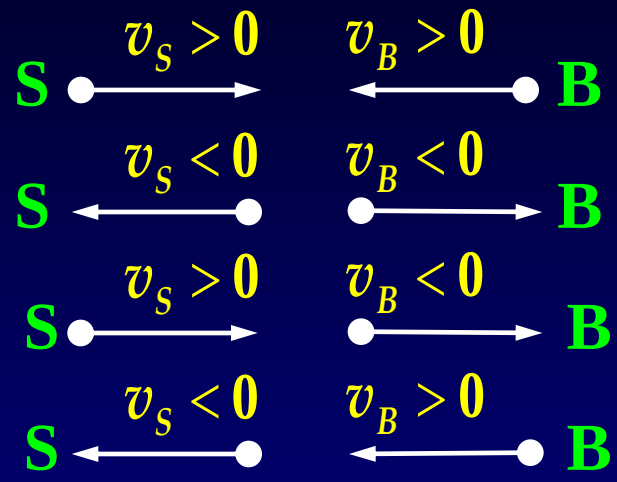


3. 波源S、观测者B皆运动：$v_S \neq 0$，$v_B \neq 0$

$$l = (u + v_B) \times 1, \quad d = uT - v_S T$$

观测频率：

$$\nu = \frac{u + v_B}{u - v_S} \nu_0$$



注：以上测得的观测频率 ν 皆发生在两者连线上，且$v_S < u$！

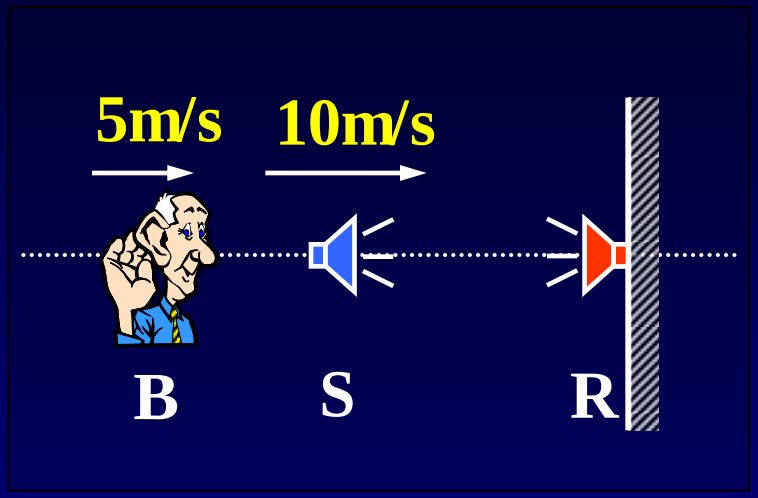
例 如图，已知 $\nu_0 = 1000$ Hz，空气中 $u = 340$ m/s，求：B直接接收 S 的频率、反射波频率及拍频。

解 B直接接收S 的频率：

$$\upsilon_B = 5\ \text{m/s}$$

$$\upsilon_S = -10\ \text{m/s}$$

$$\nu = \frac{u+\upsilon_B}{u-\upsilon_S}\nu_0 \approx 986\ \text{Hz}$$



R直接接收S 的频率：　$\upsilon_R = 0$，$\upsilon_S = 10\ \text{m/s}$

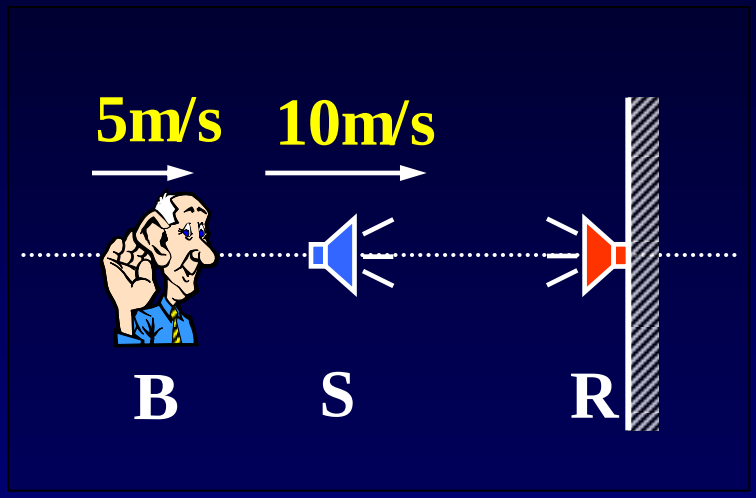
$$\nu_R = 1000\times(340+0)/(340-10) \approx 1030\ \text{Hz}$$

B 直接接收 R 的频率：$v_R = 0, v_B = 5\ \text{m/s}, \nu_0 = 1030\ \text{Hz}$

$$\nu = \frac{u + v_B}{u - v_S}\nu_0$$

$$\nu' = \frac{340 + 5}{340 - 0} \times 1030$$

$$\approx 1045\ \text{Hz}$$



B 接收到的拍频：

$$\Delta\nu = \nu' - \nu = 1045 - 986 = 59\ (\text{Hz})$$

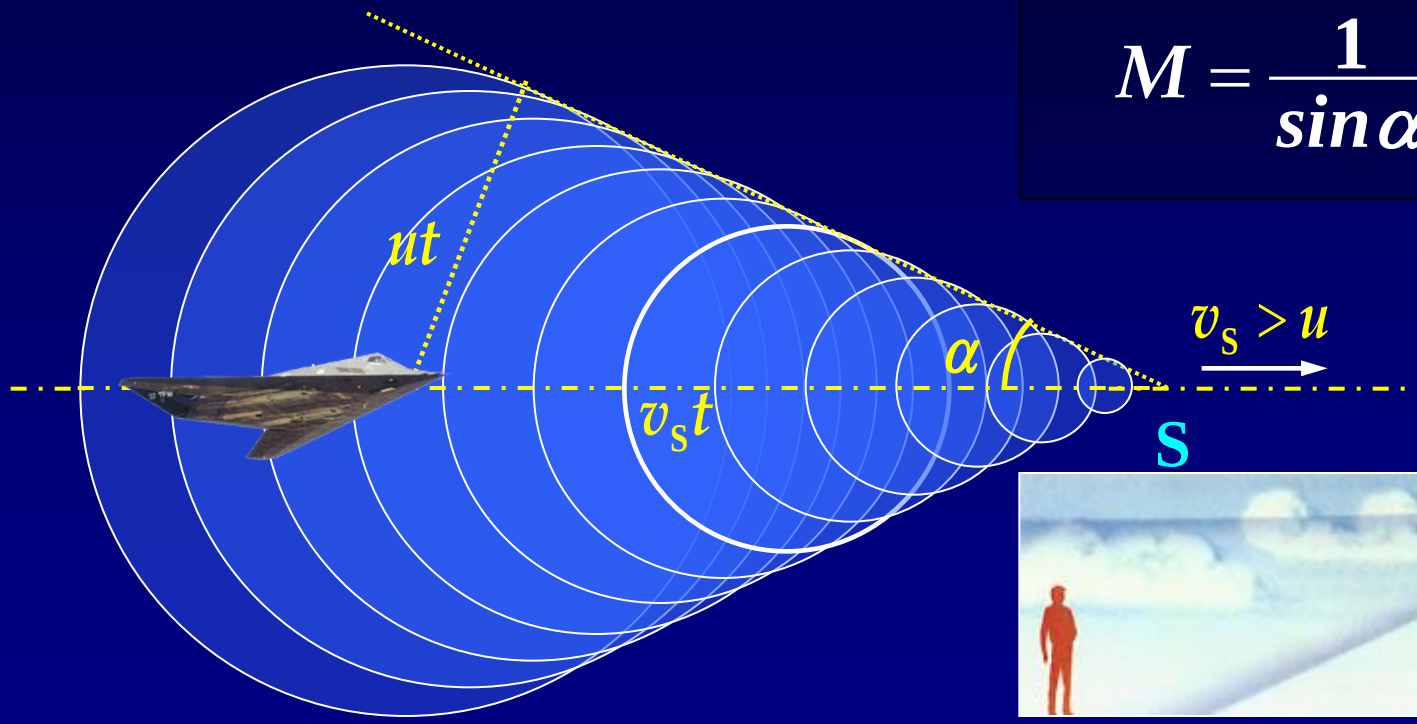
(the end)

二、冲击波 (shock wave)

若 $v_S > u$，将出现锥面波，即马赫波或冲击波！

马赫数 (Mach number):

$$M = \frac{1}{\sin\alpha} = \frac{v_S}{u} > 1$$



归纳：

1. 观测者接收的频率：

$$\nu = \frac{u + v_B}{u - v_S}\nu_0$$

*2. 冲击波：$M = \frac{1}{\sin\alpha} = \frac{v_S}{u} > 1$

（请看录像）