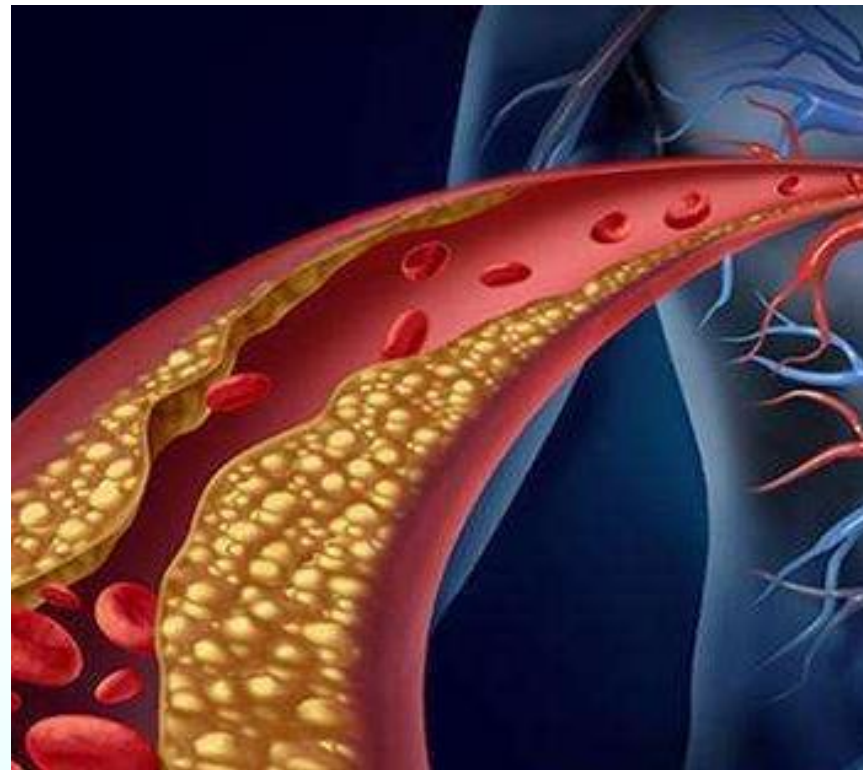
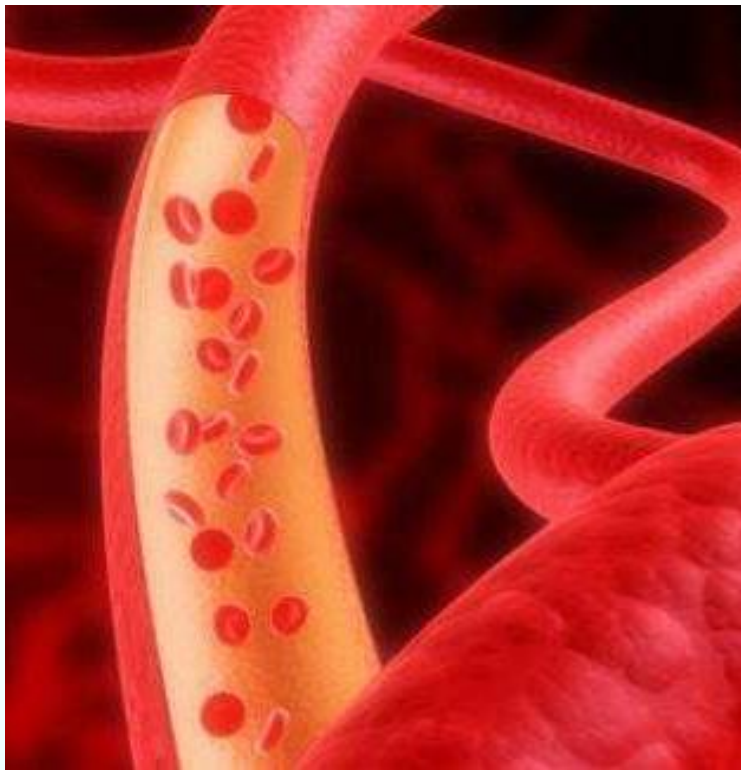


11-9 多普勒效应

引入新课

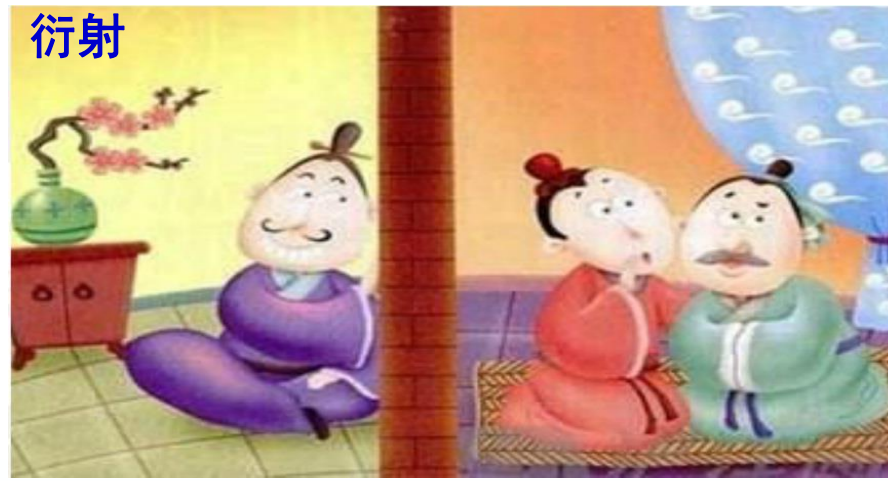
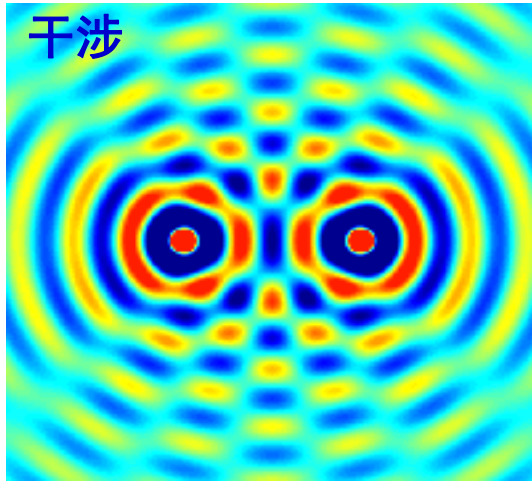


问题1：交警如何测量车辆超速？



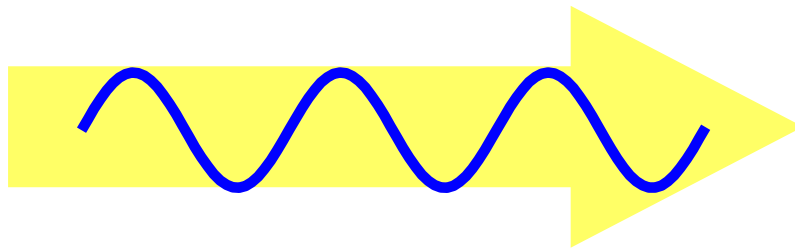
问题2：医疗检查中如何测量血流速度？

知识回顾



波的特征量之间的关系：

$$v = \frac{1}{T} = \frac{u}{\lambda}$$



发射频率 ν

$\nu' \neq \nu$

接收频率 ν'

- 波源与观察者相对静止时，两频率相等吗？
- 波源与观察者发生相对运动时，情况又如何呢？

一、多普勒效应

由于观察者和波源相对运动，而使观察者接收的波的频率与波源的振动频率不同。



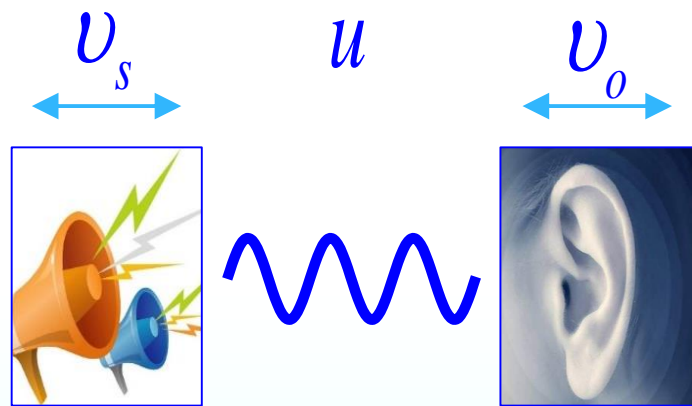
多普勒 (J. C. Doppler),
1803-1853
奥地利物理学家

1842年，发表 “On the colored light of double stars”，
提出了 “Doppler Effect”。



二、多普勒效应的定量推导

选择介质为参考系，假设波源和观察者的运动发生在两者的连线上。

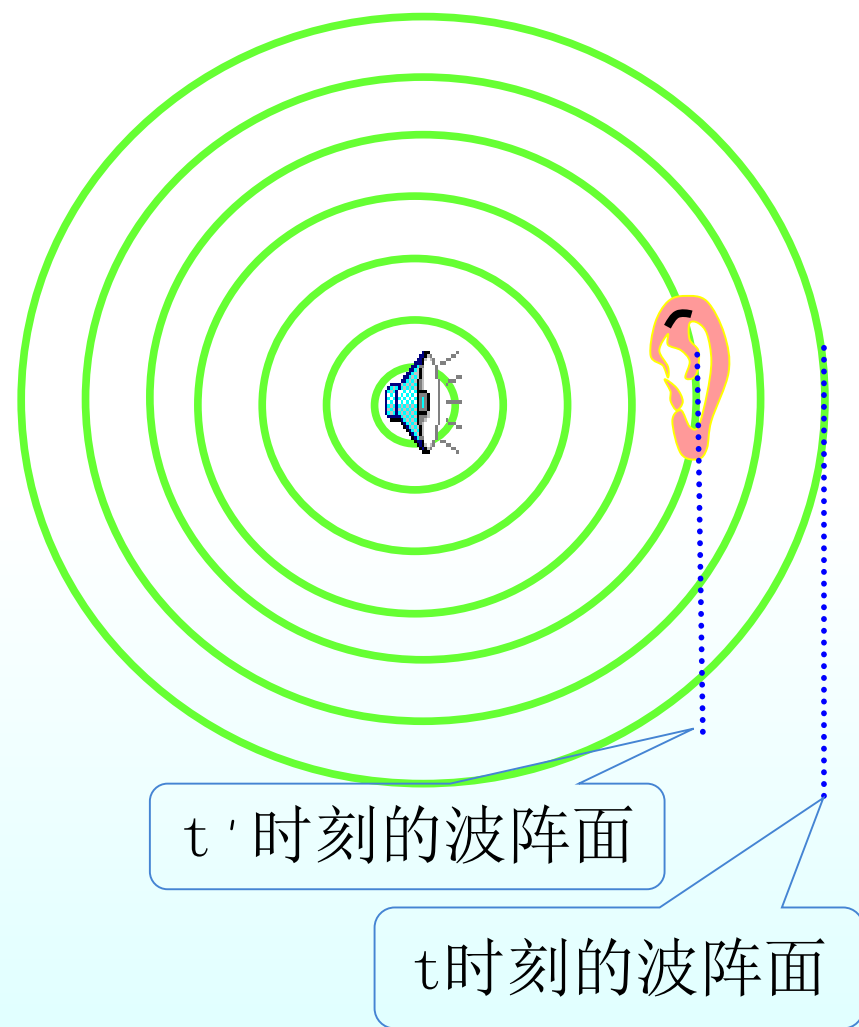


v_s : 波源相对于介质的运动速度；

v_o : 观察者相对于介质的运动速度；

u : 波在介质中的运动速度（波速）。

1、波源与观察者均相对介质静止

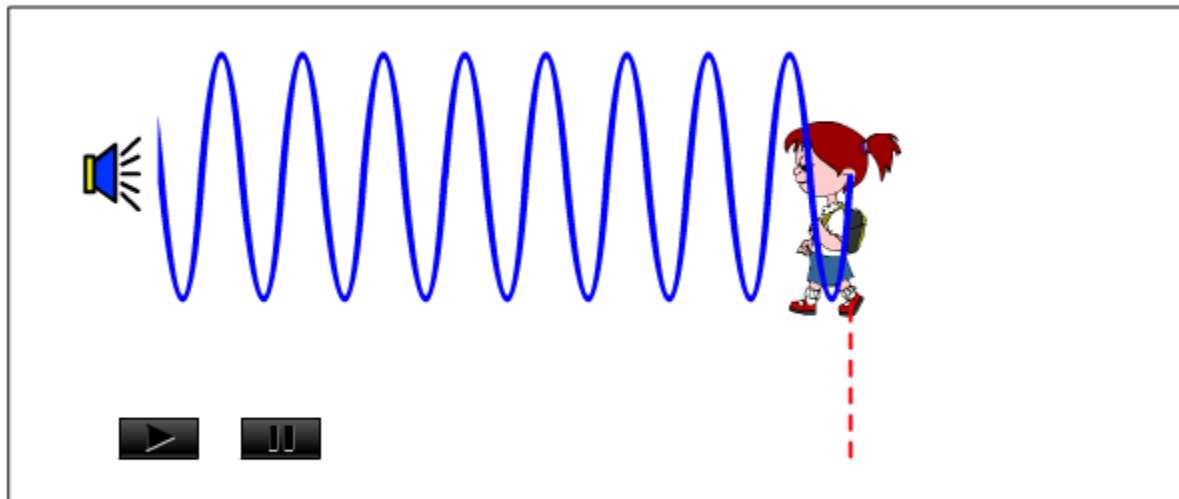


接收频率就是接收者单位时间内接收到的波阵面的个数

$$\nu' = \frac{u}{\lambda} = \frac{u}{uT_s} = \nu$$

接收频率就是波源振动的频率！

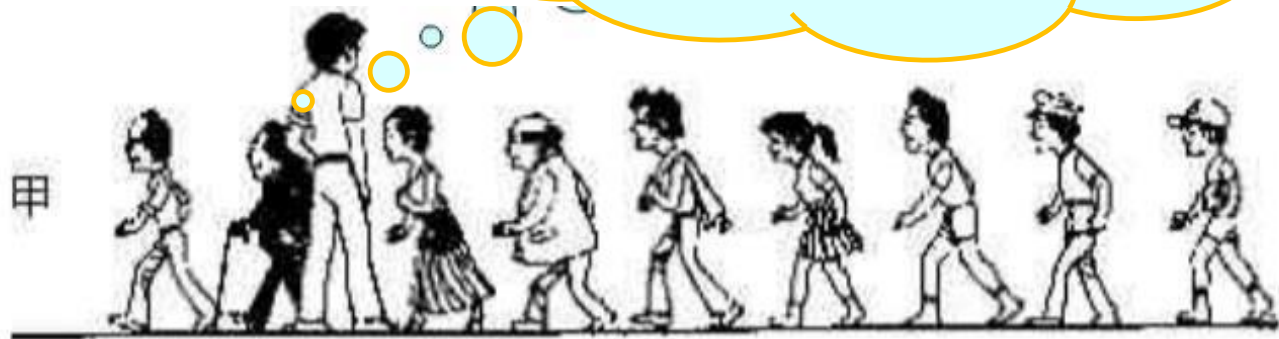
2、波源静止，观察者以速度 v_o 相对介质运动



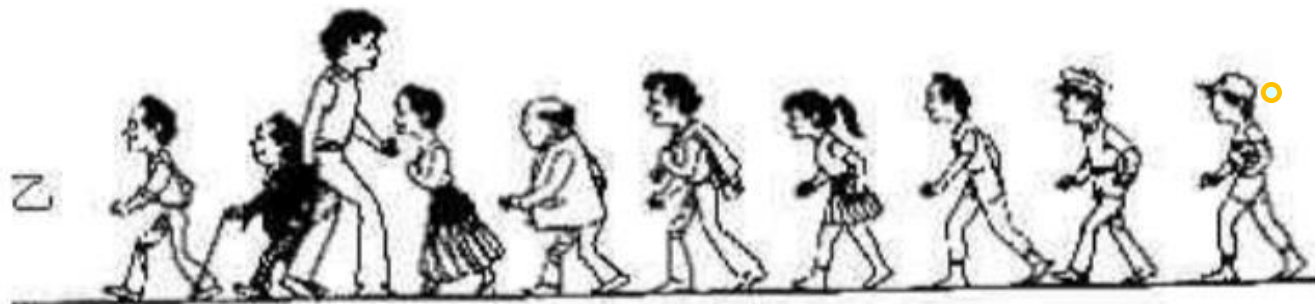
$$v' = \frac{u + v_o}{\lambda} = \frac{u + v_o}{u} \cdot v$$

- * 观察者**向着**波源运动， $v_o > 0$ ，接收频率增加，**↑**
- * 观察者**背离**波源运动， $v_o < 0$ ，接收频率减小，**↓**

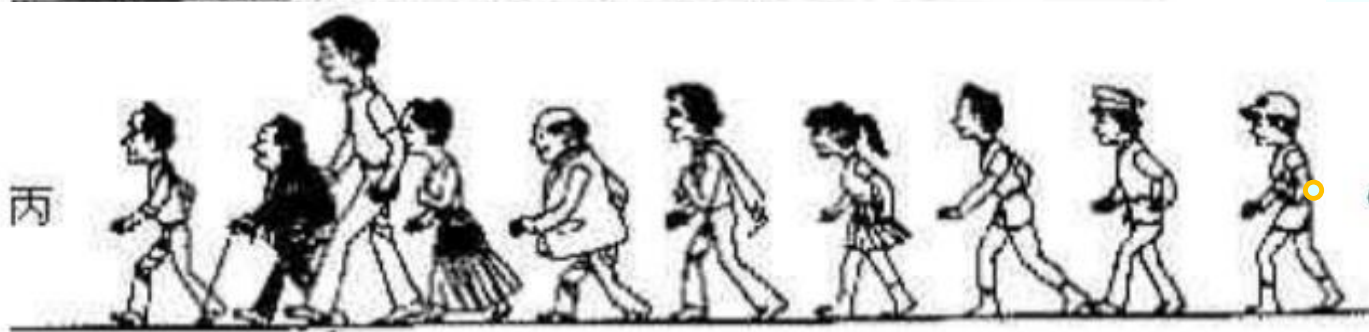
单位时间内观察者数得的人数与实际通过的人数相同



单位时间内观察者数得的人数变多



单位时间内观察者数得的人数变少



3、观察者静止，波源以速度 v_s 相对介质运动



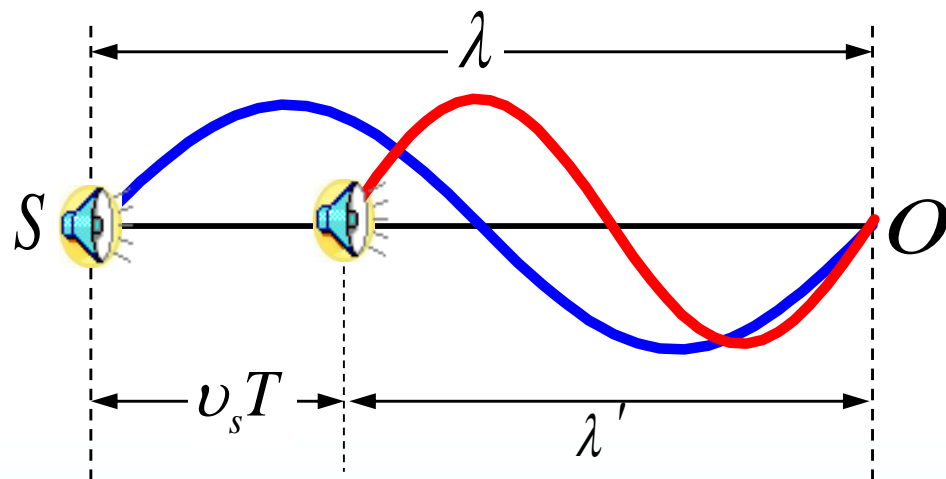
由一个振动频率恒定的定向运动波源激起的波的波阵面分布，
是一系列的偏心球面。

3、观察者静止，波源以速度 v_s 相对介质运动

$$\lambda' = \lambda - v_s T = (u - v_s) T = \frac{u - v_s}{v}$$

观察者接收的频率：

$$v' = \frac{u}{\lambda'} = \frac{u}{u - v_s} v$$



- * 波源向着观察者运动， $v_s > 0$ ，接收频率增加， \uparrow
- * 波源背离观察者运动， $v_s < 0$ ，接收频率减小， \downarrow

4、波源与观察者同时相对介质运动

相对于观察者而言：

波速： $u' = u + v_o$

波长： $\lambda' = \lambda - v_s T$



多普勒频移公式

$$v' = \frac{u'}{\lambda'} = \frac{u + v_o}{u - v_s} v$$

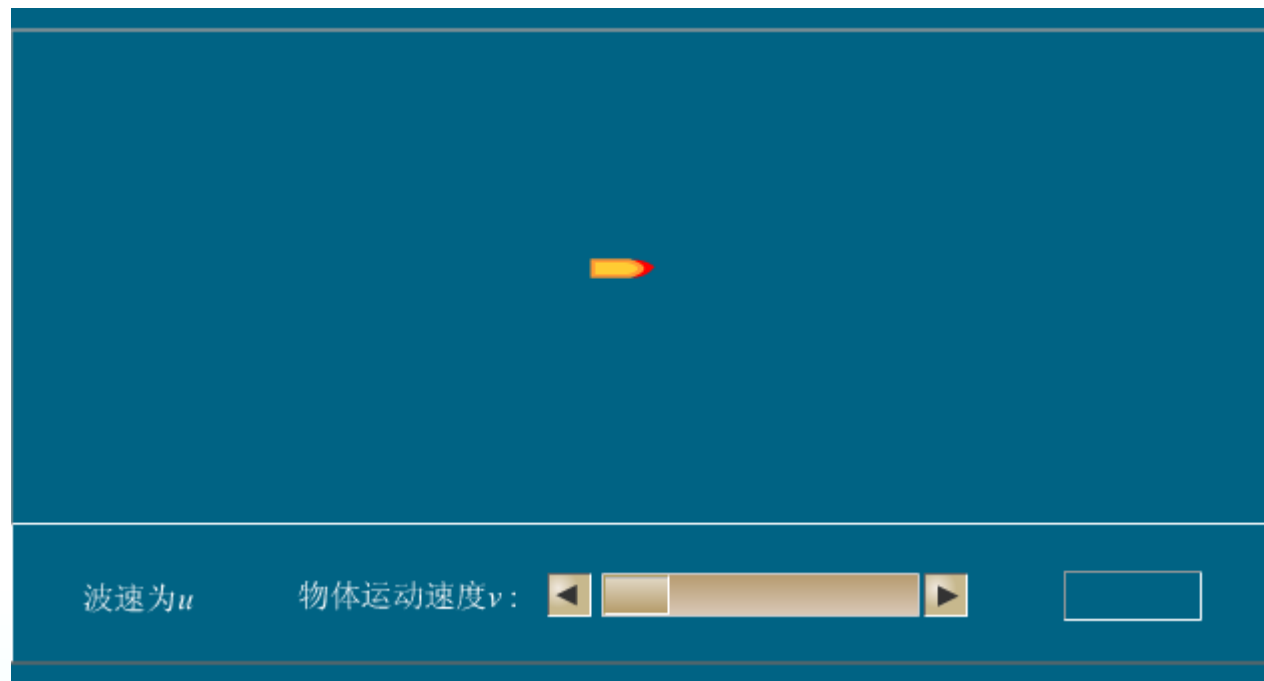
- 波源和观察者相对静止时， v_o 和 v_s 均取零
- 波源和观察者相向运动时， v_o 和 v_s 均取正值
- 波源和观察者相背运动时， v_o 和 v_s 均取负值

波源和观察者相互接近，频率 \uparrow ；相互远离，频率 \downarrow 。

默认前提： $v_s < u$ ； $v_o < u$

☆ 冲击波（激波）

$$v_s > u$$



☆ 声障

$$v_s = u$$



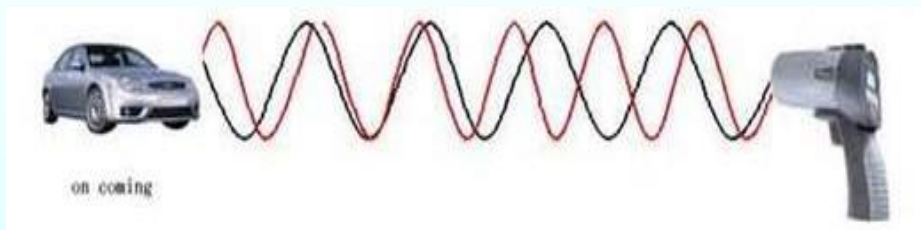
三、多普勒效应的应用

1、交通领域的应用

多普勒测速仪测车速



解释问题1：



车为接收器:
$$v' = \frac{u + v_o}{u} \cdot v$$

车为波源:
$$v'' = \frac{u}{u - v_s} v' = \frac{v_o + u}{u - v_s} v$$

车速:
$$v_o = v_s = \frac{v'' - v}{v'' + v} u$$

例题：固定波源发出频率为100KHz的超声波，当汽车向波源行驶时，监测仪上的接收器接收到从汽车反射回来的波的频率为110KHz，司机超速了吗？（已知空气中的声速为330m/s，此路段限速为60Km/h。）



解：由题知， $\nu = 100\text{KHz}$ ， $\nu'' = 110\text{KHz}$ ， $u = 330\text{m/s}$ ，车速为 v_0

1) 车为接收器：
$$\nu' = \frac{u + v_0}{u} \cdot \nu$$

2) 车为波源：
$$\nu'' = \frac{u}{u - v_s} \nu' = \frac{v_0 + u}{u - v_s} \nu$$

车速：
$$v_0 = v_s = \frac{\nu'' - \nu}{\nu'' + \nu} u = 56.6(\text{km/h})$$

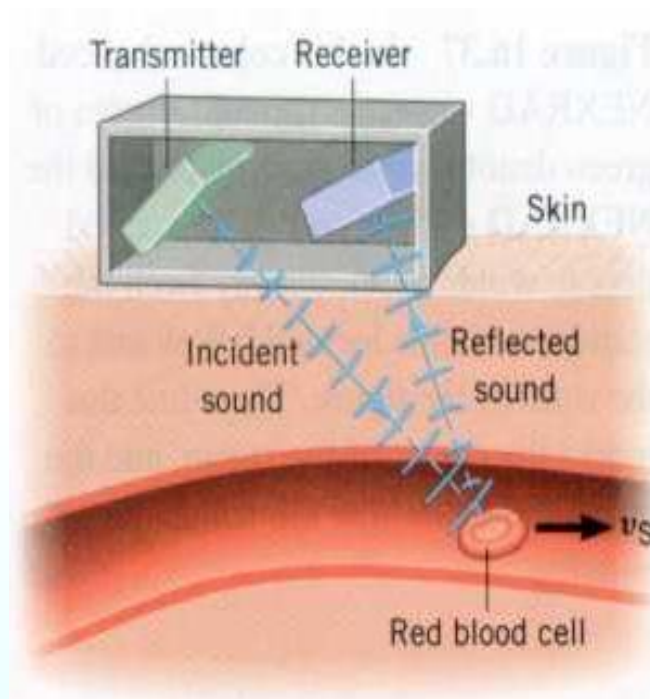
没有超速！

2、医学领域的应用



解释问题2：

多普勒血流分析仪



彩超

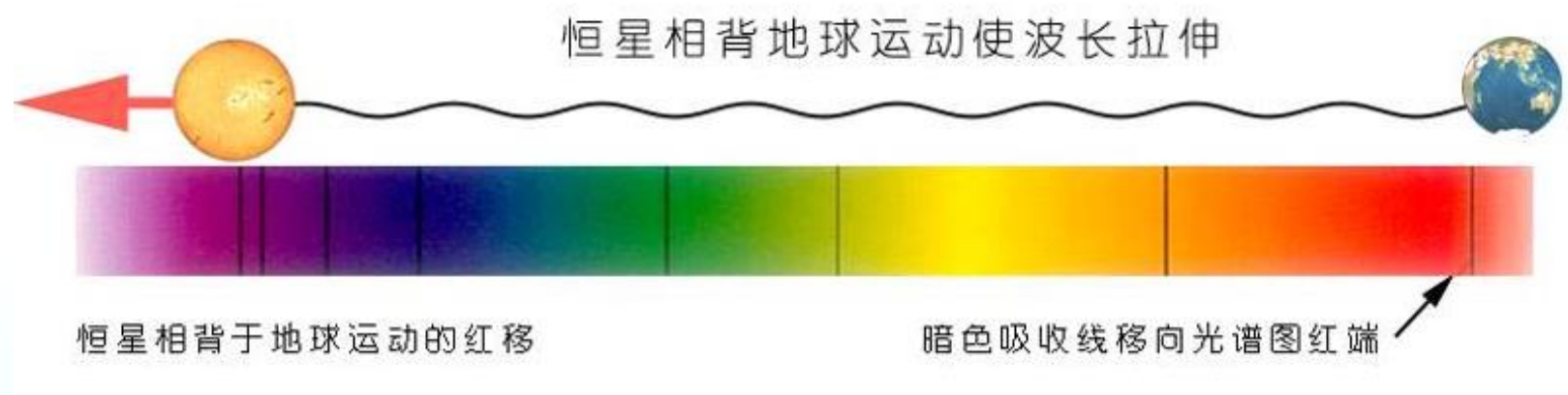


发射机发射声波经红细胞反射后，由接收机接收，可判断红细胞移动速度。

彩超：可以检查心脏、大脑和眼底血管的病变。

3、在天文学领域的应用

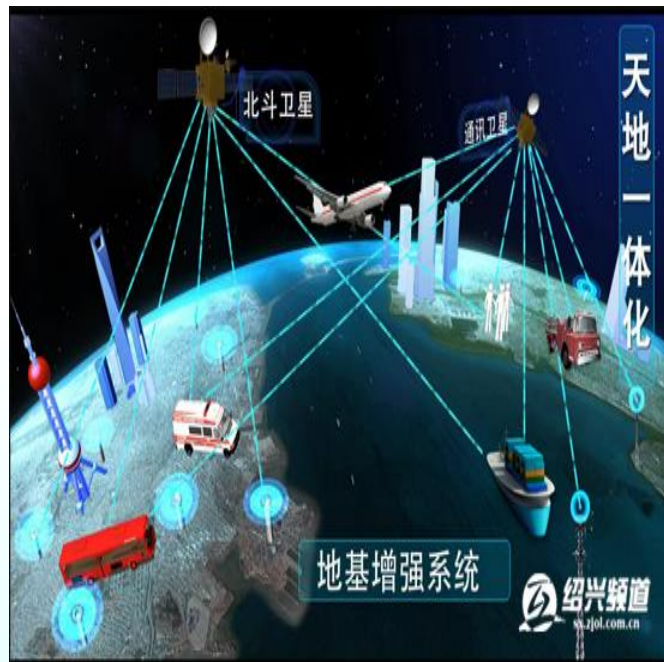
天文学家利用电磁波的“红移”说明宇宙大爆炸理论



哈勃红移 —— 宇宙大爆炸理论的重要证据

4、卫星导航、定位

我国的北斗导航卫星

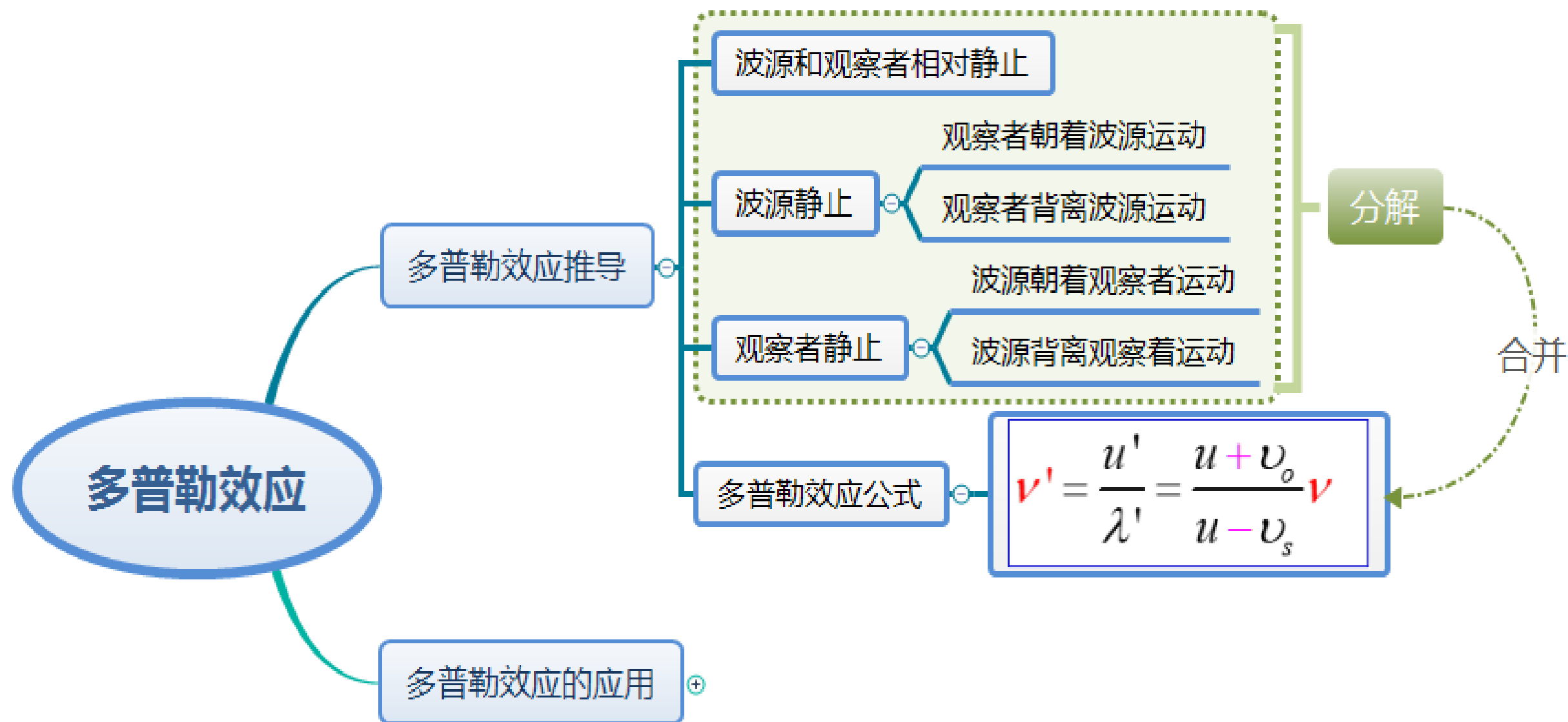


定位精度10米，测速精度0.2米/秒，授时精度10纳秒

5、军事上的应用



课堂小结





课后拓展思考：

- 若波源和观察者不沿二者连线方向运动，情况如何？

