



第1节 《伽利略变换式 牛顿的绝对时空观》

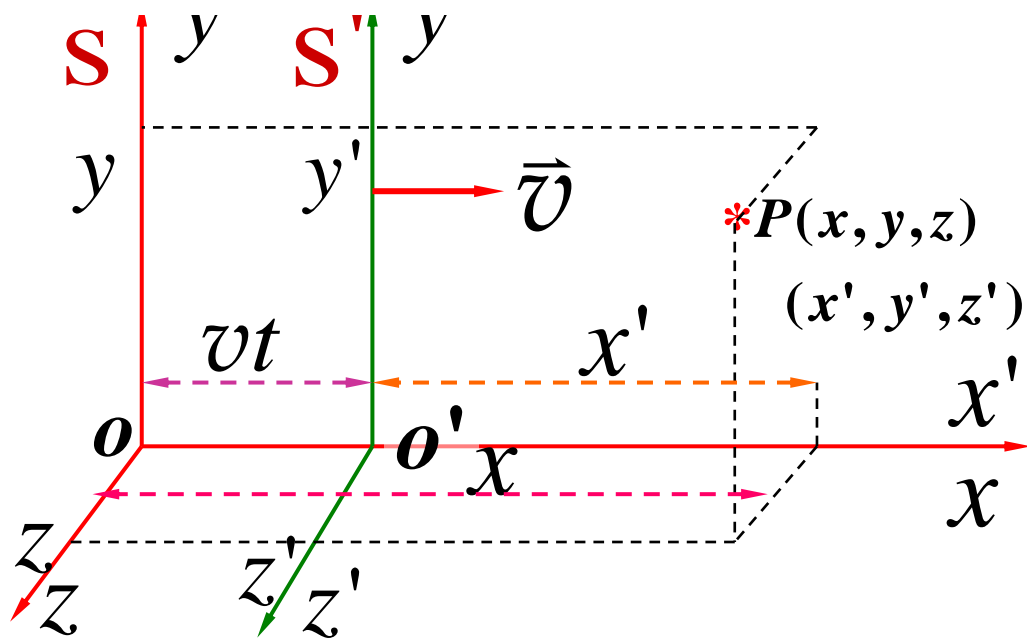
- 一 理解伽利略变换。
- 二 理解经典的绝对时空观。



一 伽利略变换式

经典力学的相对性原理

设 S' 系相对于 S 系以匀速 \vec{v} 沿 x 轴运动，
观察两参照系中同一事件的时空关系



当 $t = t' = 0$
 o 与 o' 重合



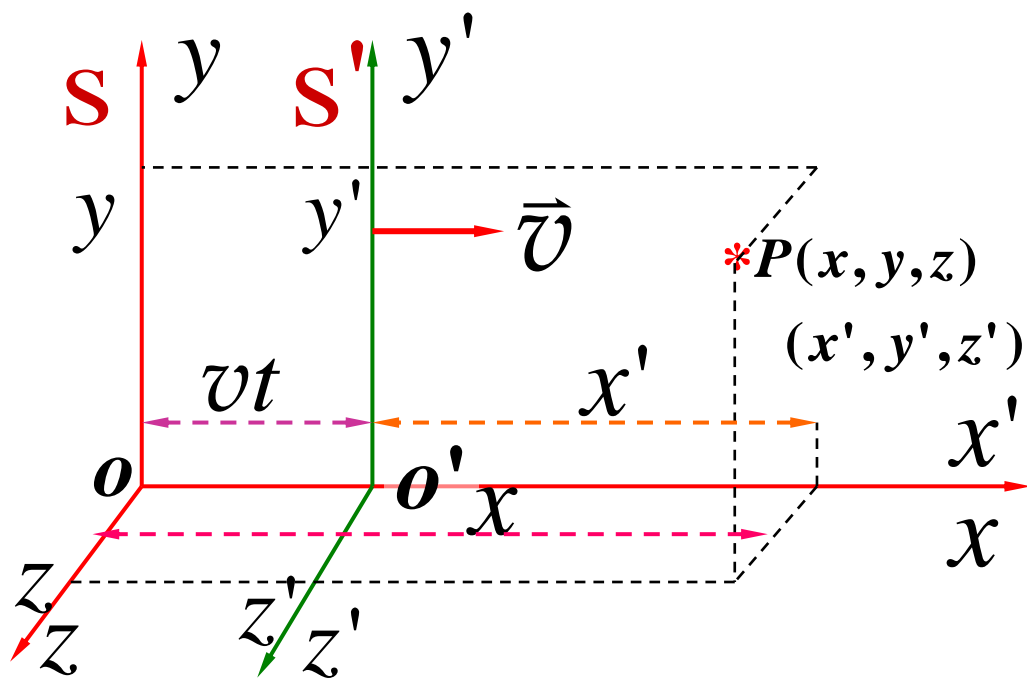
14-1 伽利略变换式 牛顿的绝对时空观

则

其后任意时刻 $t = t'$

位置坐标变换关系

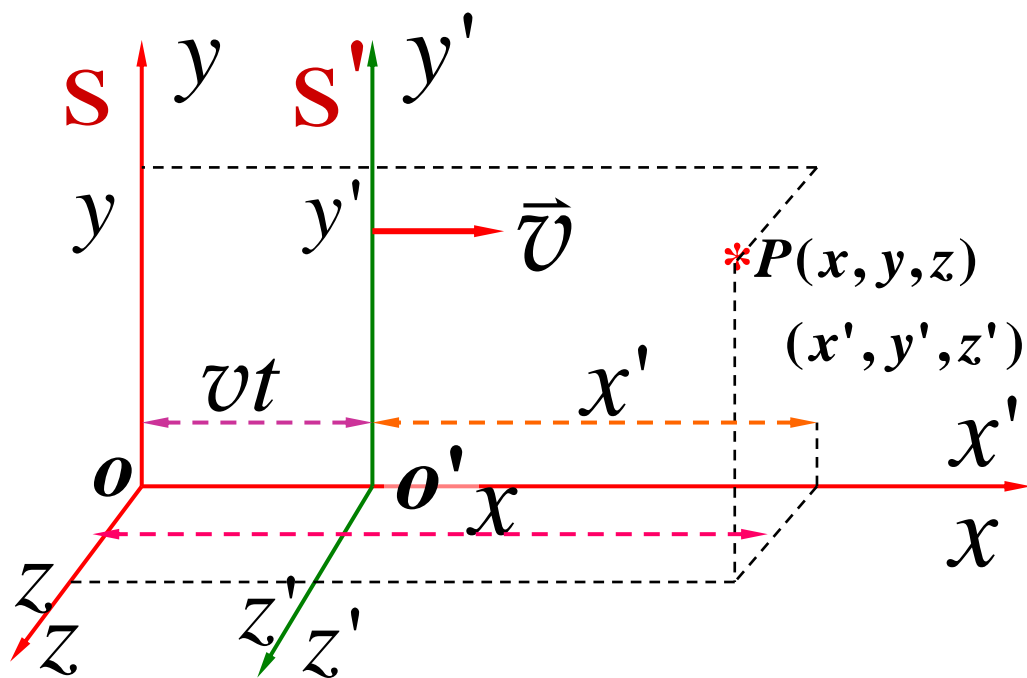
$$\begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$



14-1 伽利略变换式 牛顿的绝对时空观

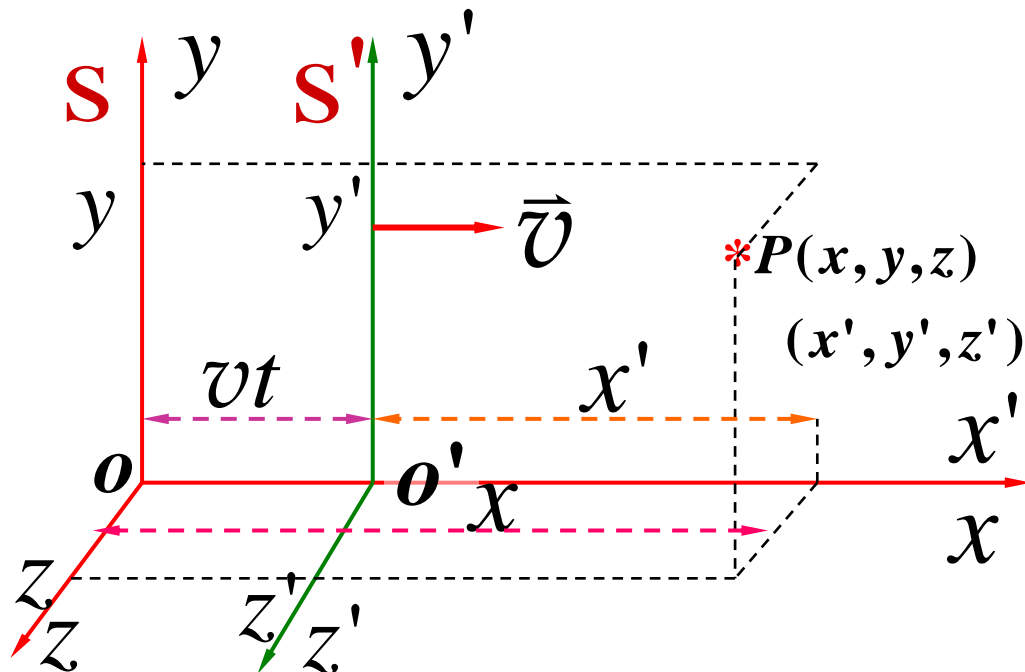
速度变换公式

$$\begin{cases} u'_x = u_x - v \\ u'_y = u_y \\ u'_z = u_z \end{cases}$$



加速度变换

$$\begin{cases} a'_x = a_x \\ a'_y = a_y \\ a'_z = a_z \end{cases}$$



$$\vec{a} = \vec{a}' \quad \vec{F} = m\vec{a} \quad \Longleftrightarrow \quad \vec{F} = m\vec{a}'$$

在两相互作用匀速直线运动的惯性系中，
牛顿运动定律具有相同的形式。



二 经典力学时空观

绝对空间:空间与运动无关,空间绝对静止.空间的度量与惯性系无关,绝对不变.

绝对时间:时间均匀流逝,与物质运动无关,所有惯性系有统一的时间.

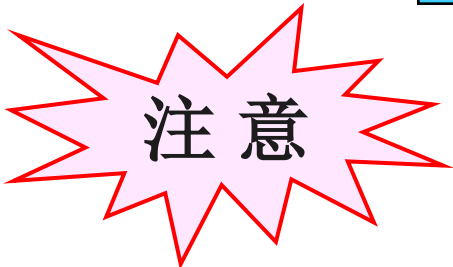




牛顿的绝对时空观



牛顿力学的相对性原理



牛顿力学的相对性原理，在宏观、低速的范围内，是与实验结果相一致的。但在高速运动情况下则不适用。

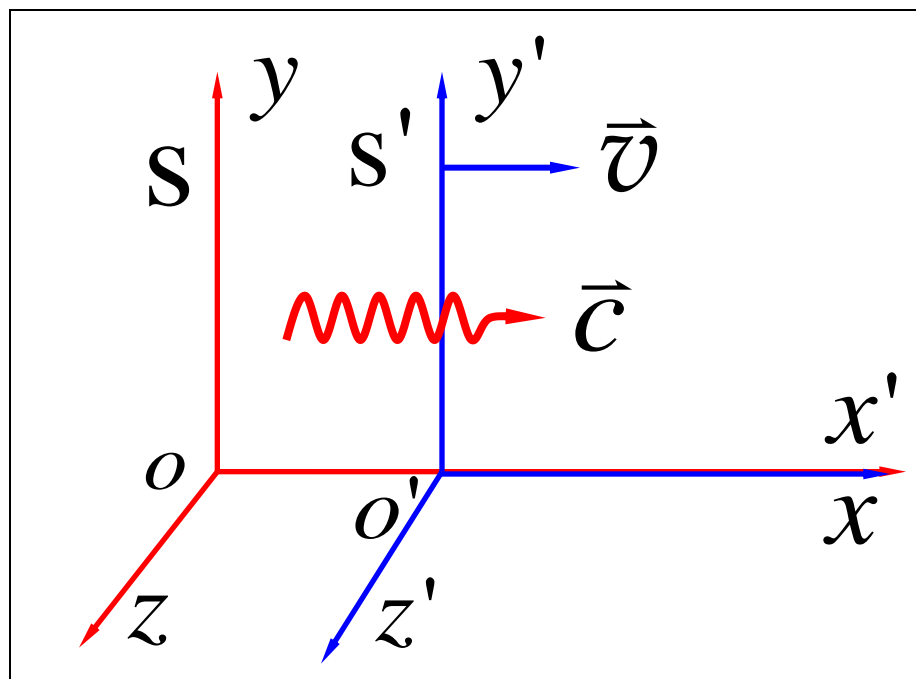


对电磁现象的研究表明：

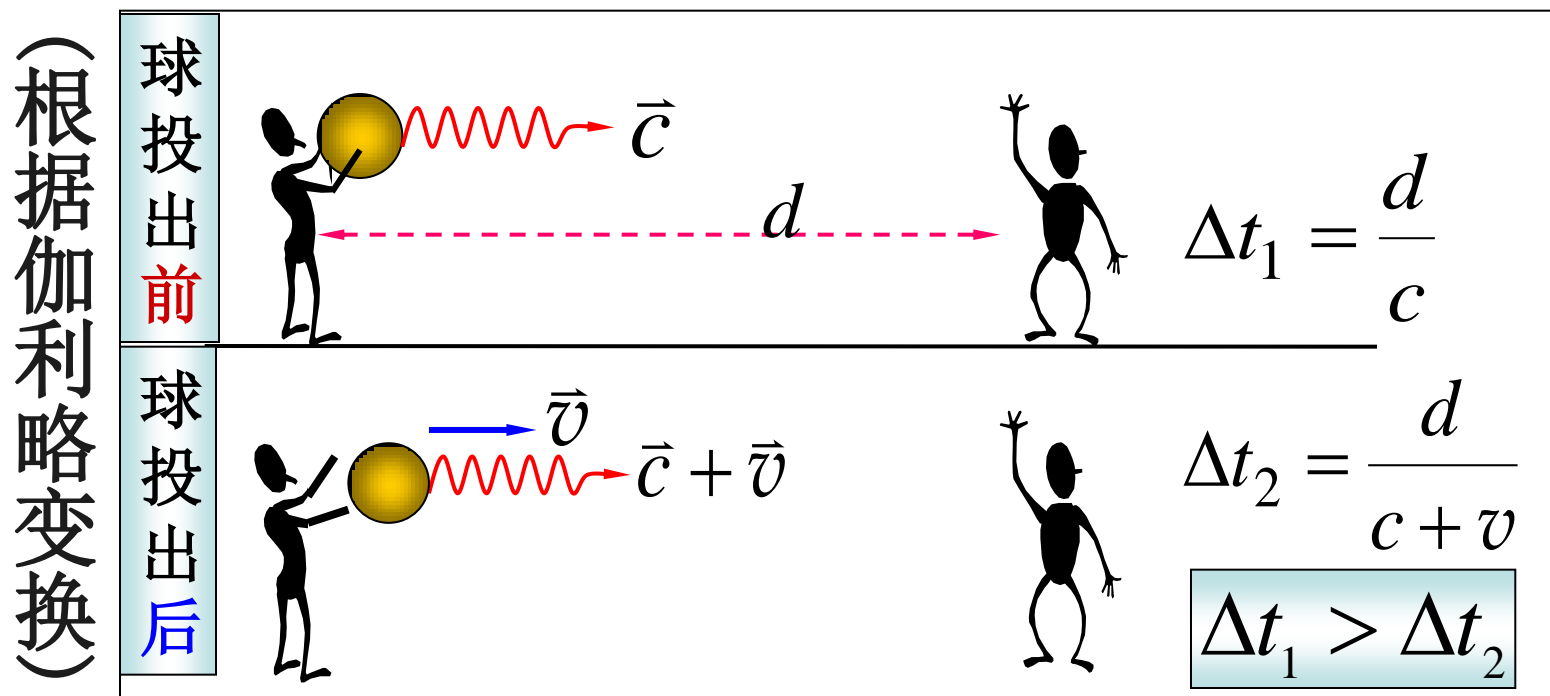
电磁现象所遵从的麦克斯韦方程组
不服从伽利略变换。

真空中的光速

$$\vec{c}' = \vec{c} \pm \vec{v}?$$

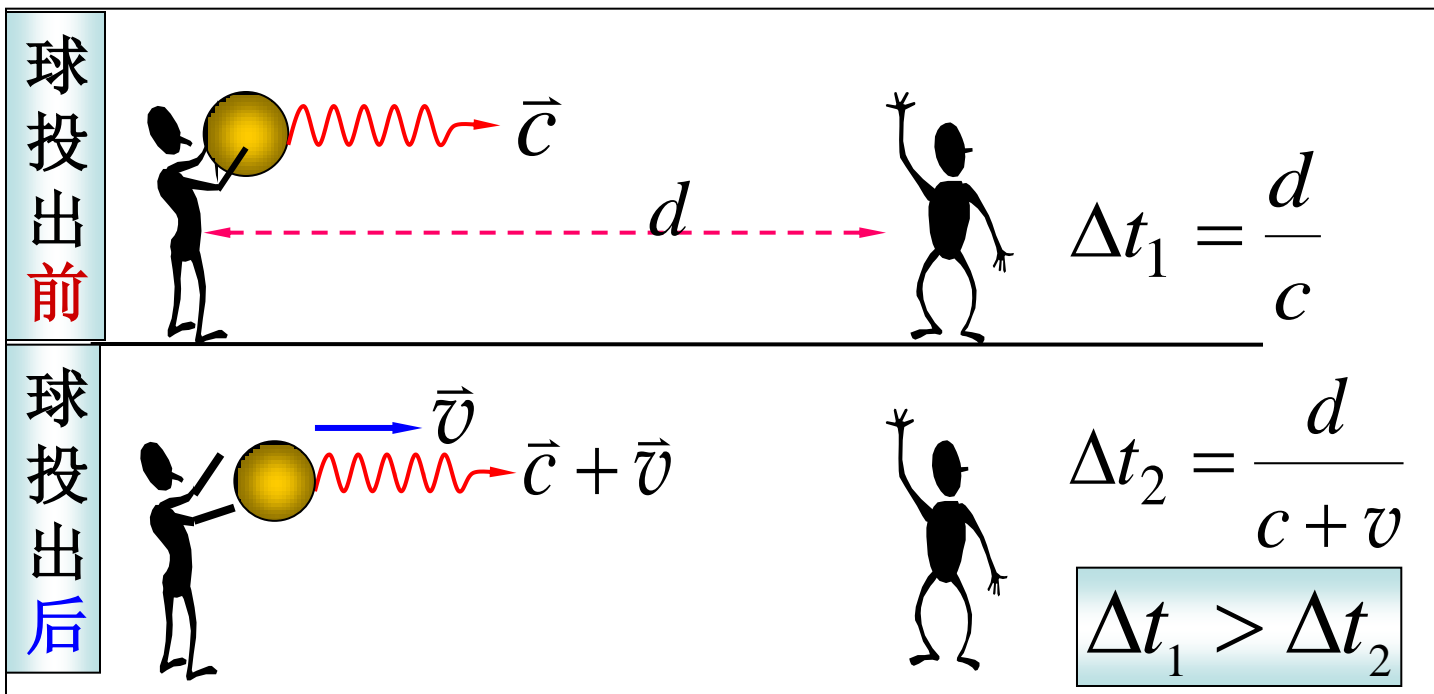


例 试计算球被投出前后的瞬间，所发出的光波达到观察者所需时间。



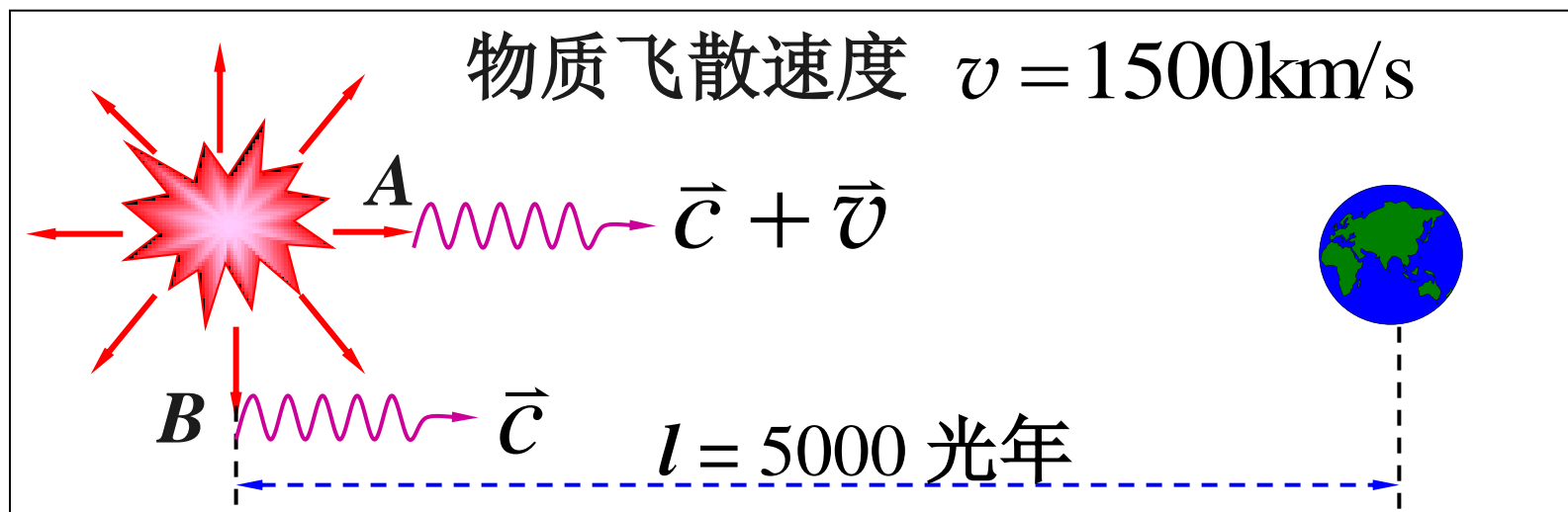
结果： 观察者先看到投出后的球，
后看到投出前的球。

（根据伽利略变换）



14-1 伽利略变换式 牛顿的绝对时空观

当一颗恒星在发生超新星爆发时，它的外围物质向四面八方飞散，即有些抛射物向着地球运动，现研究超新星爆发过程中光线传播引起的疑问。



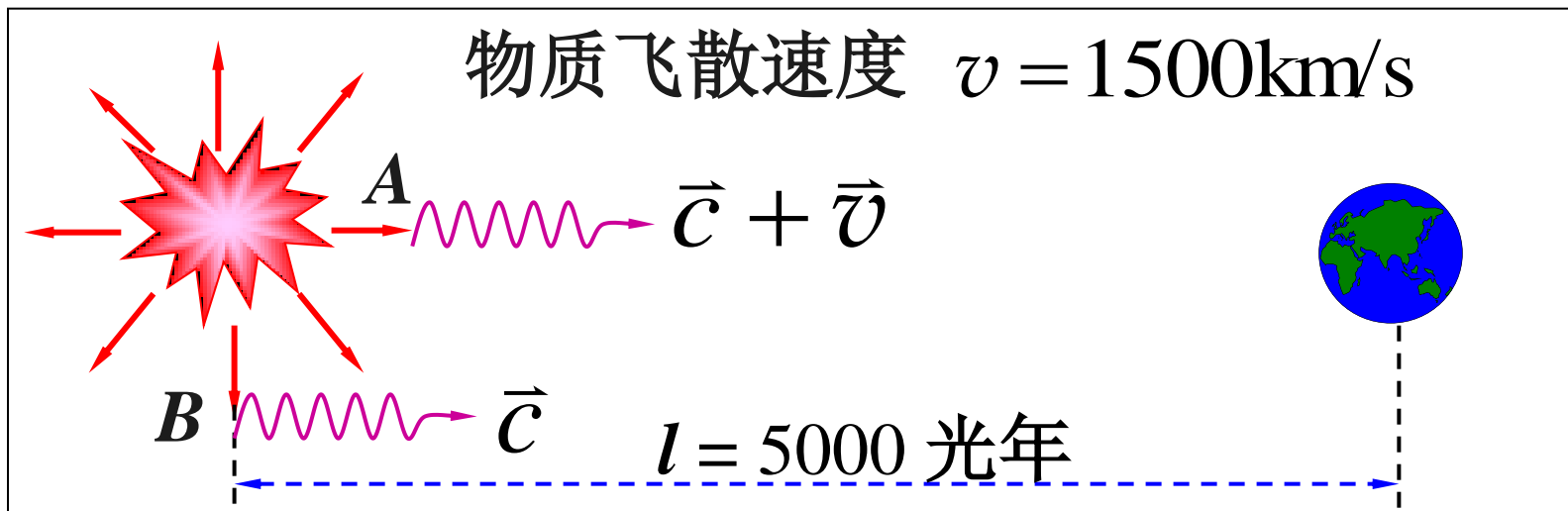
14-1 伽利略变换式 牛顿的绝对时空观

A 点光线到达
地球所需时间

$$t_A = \frac{l}{c + v}$$

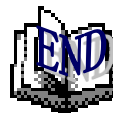
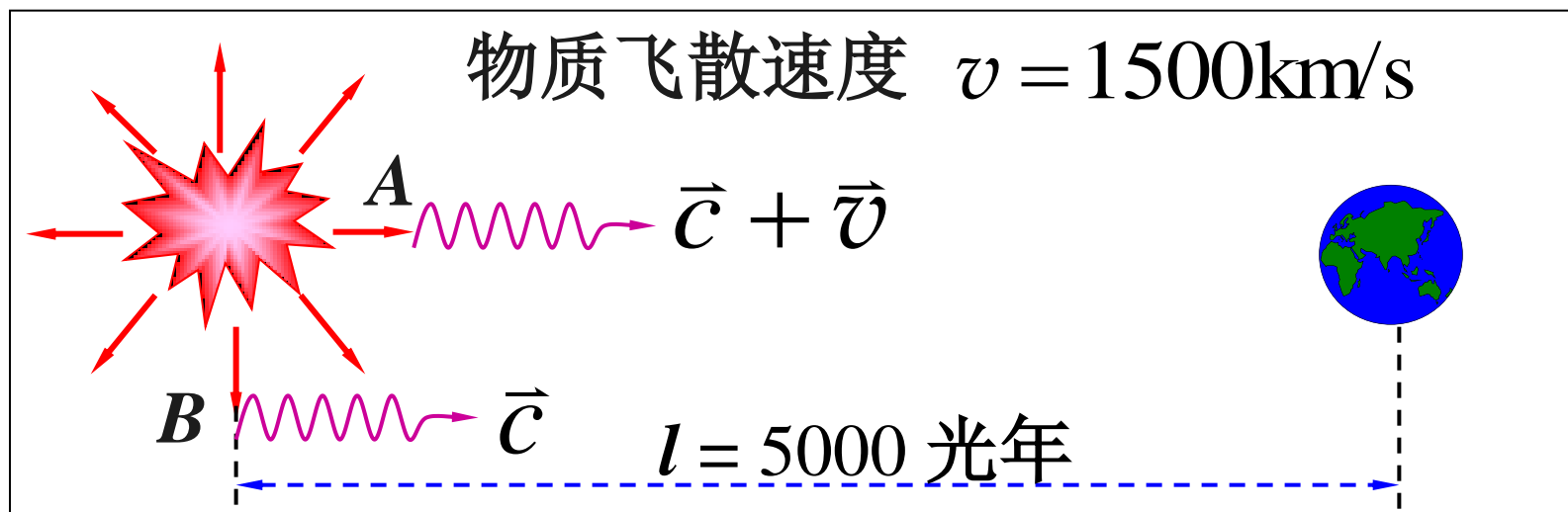
B 点光线到达
地球所需时间

$$t_B = \frac{l}{c}$$



14-1 伽利略变换式 牛顿的绝对时空观

理论计算观察到超新星爆发的强光的时间持续约 $\Delta t = t_B - t_A \approx 25$ 年. 实际持续时间约为 22 个月, 这怎么解释?



第十四章 相对论

第2节 《迈克耳孙-莫雷实验》

一 了解迈克耳孙莫雷实验。





14-2 迈克耳孙-莫雷实验

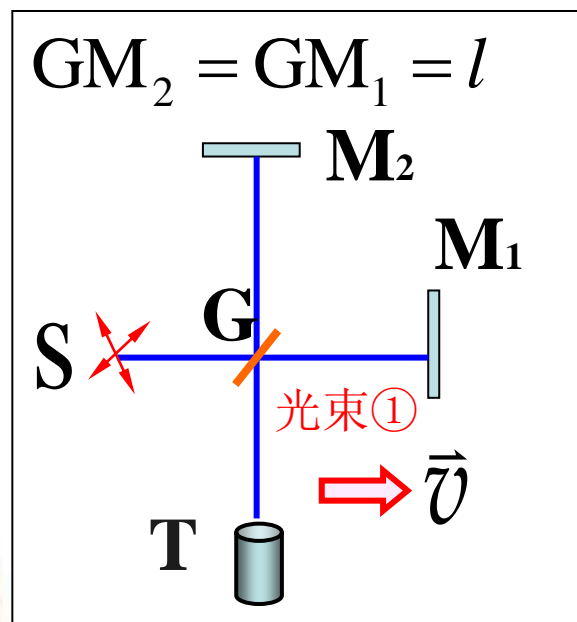
迈克尔逊干涉仪是1880年美国物理学家迈克尔逊为研究“以太”漂移速度实验设计制造出来的。1887年，他和美国物理学家莫雷合作进一步用实验结果否定了“以太”的存在，为爱因斯坦建立狭义相对论开辟了道路。由于发明了精密的光学仪器和借助这些仪器所做的基本度量学的研究，迈克尔逊于1907年获得了诺贝尔物理学奖。

迈克尔逊—莫雷实验：在弄清光波的电磁本质之前，就已经提出光的波动理论并得到完善，以太存在的假设是很自然和必要的。所谓以太就是光波借以传播的弹性介质，就象声波是借助空气而传播一样。以太观念提出后，很自然想到或许就是牛顿体系中的绝对空间。因此，一度有许多实验企图去发现地球相对于以太的速度，从而规定出绝对空间。



设固定在地球上的装置为运动参考系，其相对于绝对参考系（以太参考系）以速率 v 运动（也是以太风相对地球的速率）。

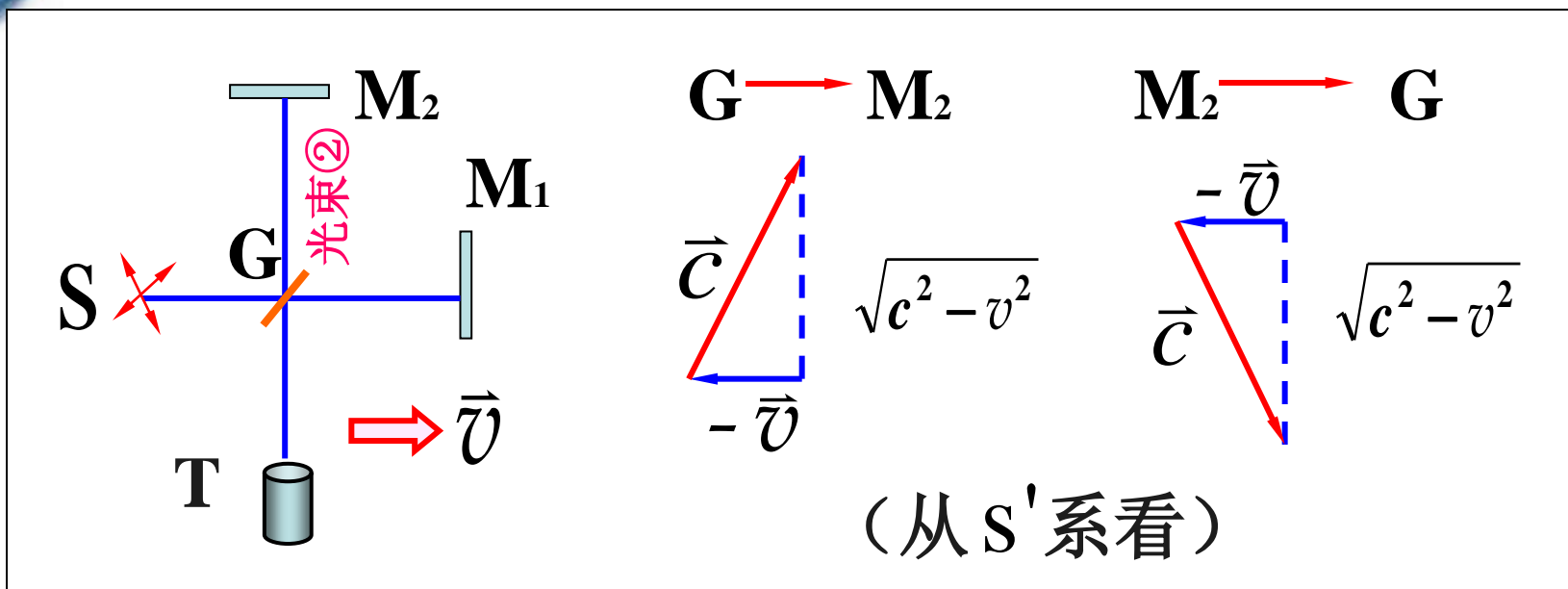
光束①：按伽利略速度变换，它从 G 向 M_1 传播时速率为 $c + v$ ，返回时 $c - v$ ，一个来回所需时间是：



$$\begin{array}{c} c+v \\ v \end{array} \begin{array}{c} \longrightarrow \\ \longrightarrow \end{array} \begin{array}{c} c \\ c \end{array} \quad \begin{array}{c} v \\ c-v \end{array} \begin{array}{c} \longrightarrow \\ \longleftarrow \end{array} \begin{array}{c} c \\ c \end{array}$$

$$t_1 = \frac{l}{c+v} + \frac{l}{c-v} = \frac{2l}{c} \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-1}$$





光束②: 它从G 向 M_2 传播时速率和从 M_2 返回时的速率相等, 均为 $\sqrt{c^2 - v^2}$, 往返一次需要时间:

$$t_2 = \frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2l}{c} \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad t_1 = \frac{2l}{c} \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-1}$$

光束1和光束2
在两臂中往返
的时间差:

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{2l}{c} \left[\left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-1} - \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \right]$$

因为 $v^2 / c^2 \ll 1$, 由近似关系 $(1-x)^n \approx 1 - nx$ ($x \ll 1$)

得 $\Delta t = \frac{lv^2}{c^3}$ 两束光的光程差为 $\Delta = c\Delta t \approx \frac{lv^2}{c^2}$

干涉仪中会看到干涉条纹。



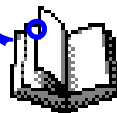
将干涉仪缓慢旋转 90° , 两条臂互换位置, 其光程差数值不变, 但正负号相反。

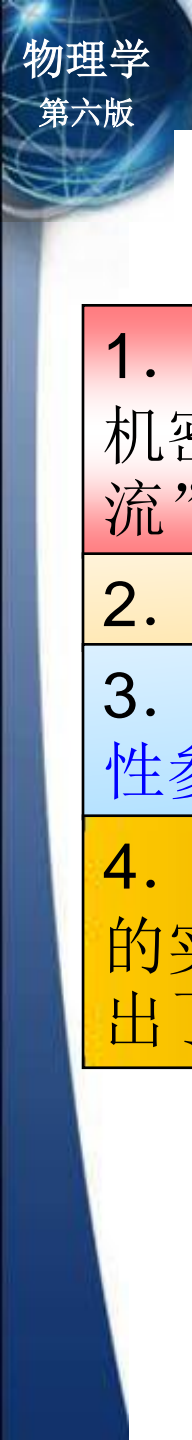
旋转引起光程差改变了 2Δ , 在望远镜中将观察到干涉条纹的移动, 视场条纹移动条数为

$$\Delta N = \frac{2\Delta}{\lambda} = \frac{2lv^2}{\lambda c^2}$$

根据已知数据: $l \approx 10 \text{ m}$, $\lambda = 590 \text{ nm}$, 地球的轨道速度 $v = 3 \times 10^4 \text{ m s}^{-1}$, 估计干涉条纹移动条数约为0.4条。

实验结果未能观察到预期移动的干涉条纹。





14-2 迈克耳孙-莫雷实验

实验观察不到预期的理论效果，没有预期的条纹移动,如何解释迈克耳逊--莫雷实验的否定结果？

- 1. 充满运动物体内的以太，完全被这一物体所带走，正象飞机密封仓的空气被飞机所带走一样，因而不存在所谓“以太流”。这与光行差的观测结果相矛盾。
- 2. 绝对参照系是不存在的；。
- 3. 借助于光学实验的手段也无法确定惯性参照系自身的运动状态。
- 4. 直到后来，爱因斯坦建立了相对论，物理学家们通过大量的实践，终于认识到“以太”是不存在的，从此“以太”便退出了历史的舞台。



迈克耳孙-莫雷实验测到以太漂移速度为零, 对以太理论是一个沉重的打击, 被人们称为是笼罩在19世纪物理学上空的一朵乌云.



何时拨云见日?

