

# 宇宙新概念

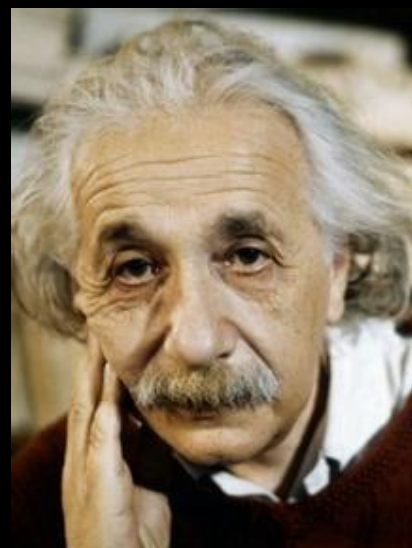
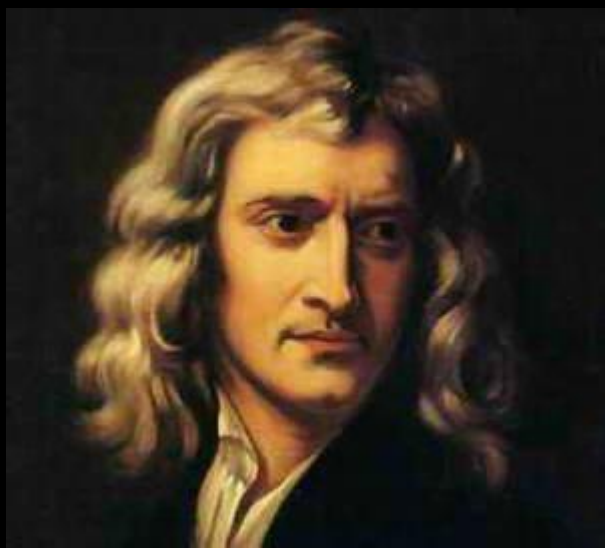
## 第六章 宇宙论

宇宙论是研究宇宙大尺度结构和演化的学科。宇宙中除了空间、时间、物质以外，再没有任何其他的东西了，所以 宇宙论也就是研究空间、时间、物质相互关系的一门科学。



# 6.1 两种不同的时空观

宇宙的中文含义就是空间和时间，因为早期的文明并不知道物质的存在会影响时间、空间的性质。所谓时空观就是人类对时间，空间的看法。本课程只简单介绍牛顿和爱因斯坦的时空观念。





# — 牛顿时空观

万有引力定律：任意两个质点都在互相吸引，引力的大小和两个质点的质量乘积成正比，与它们之间的距离平方成反比，用公式可表示为：

$$F = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

其中 $m_1, m_2$ 为两质点的质量， $r$ 为两质点间的距离， $G$ 为万有引力常数，负号表示力的方向。牛顿的万有引力定律使人们成功的研究了所能观测到的太阳系中的各个天体的运动状态，并且还帮助人们成功地预见尚未观测到的太阳系中的天体的存在，还能研究太阳系外和银河系外的天体的运动。



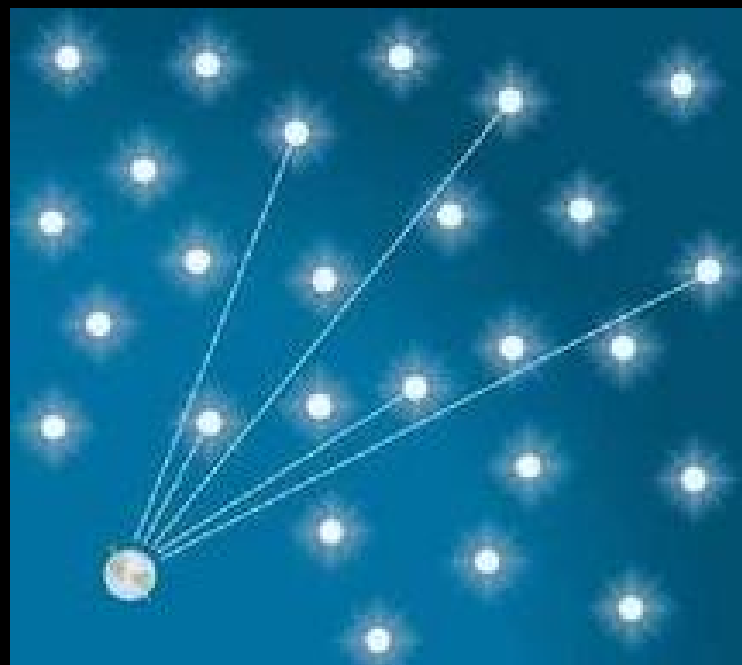
牛顿的力学方程中没有宇宙中心的位置，任何时空点都是平等的，即相对于任何时空点来计算，物理规律都是一样的。这就是牛顿时空观中的相对性。

牛顿对时间的认识是“绝对的、纯粹的、数学的时间，就其本身和本性来说，均匀地流逝而与任何外在的情况无关。”

牛顿对空间的认识是“绝对空间，就其本性来说，与任何外在的情况无关，始终保持着相似和不变。”  
牛顿的空间是一个与物质无关的、存放物质的容器。

在牛顿之前的宇宙模型都是有限、有边的。如果用牛顿时空观去解释宇宙，就会得出宇宙是无限无边的概念，且宇宙中天体的数目也是无限的，无论我们走到哪里，周围总是布满了天体。

很早就有人怀疑宇宙是无限的这个说法，最著名的是1826年奥伯斯提出的一个论证，称之为奥伯斯佯谬。



# 奥伯斯佯谬包括以下几点：

(1) 空间是无限的，在这无限的空间中，充满了无限多的恒星。

(2) 每颗星虽然都有生有灭，但从总体看，可以认为宇宙的恒星数密度  $\rho$  保持为常数。

(3) 从统计观点出发，可以假定恒星的发光强度  $L$  基本不变，光的传播规律（照度  $E \sim 1/r^2$ ）在宇宙中处处相同。

(4) 时间是无限的，从总体来说恒星可无限期地存在

(5) 在距离地面  $r$  到  $r + \Delta r$  的地壳中，恒星的数目为  $\Delta N$ 。

$$\Delta N = 4 \pi r^2 \Delta r \rho$$

地面接受到的照度 $\Delta N \frac{L}{r^2} = 4\pi \rho L \Delta r$

所以无论何时地面接受到的累积照度都会无限亮，  
因为 $E \sim \int_0^{\infty} 4\pi \rho L dr = 4\pi \rho L \int_0^{\infty} dr$

或者说白天和黑夜应该一样亮，地球不应该有白天黑夜之分。

按照牛顿时空模型得到的结论却如此荒谬，这表明牛顿宇宙模型中总有些东西并非客观事实。



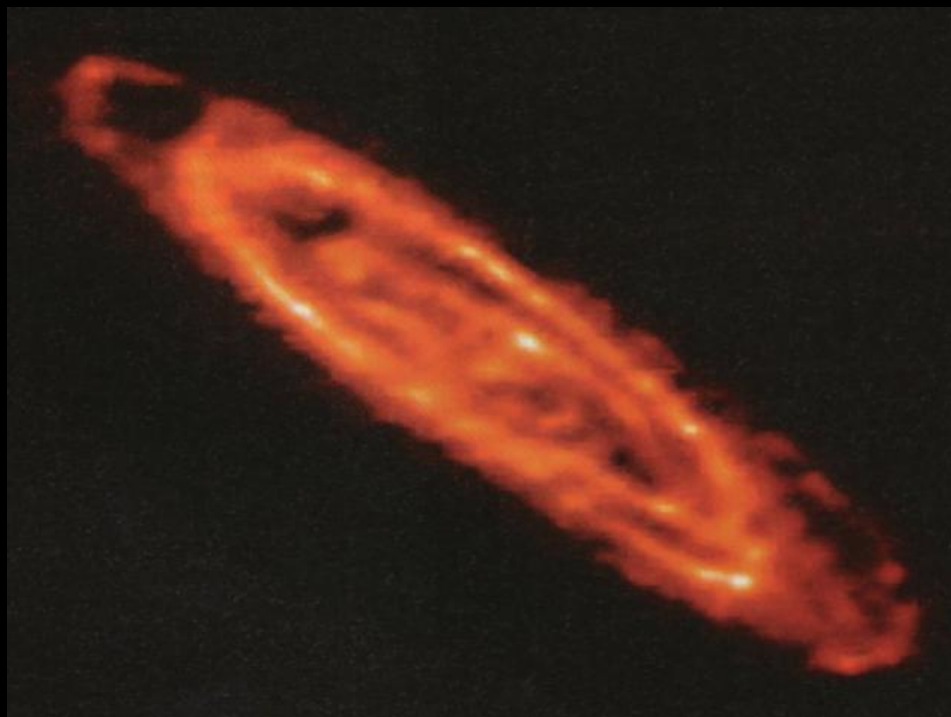
## 二 相对论时空观

爱因斯坦的两个假设：

**相对性原理：**物理体系的状态据以变化的规律，同描述这些状态变化时所参照的坐标系究竟用两个互相做匀速直线运动的坐标系中的哪一个并无关系。




**光速不变原理：**任何光线在“静止”的坐标系中都是以确定的速度 $c$ 运动着，不管这束光线是静止的还是由运动的物体发射出来的。



从这两条原理出发，爱因斯坦于1905年建立了狭义相对论。狭义相对论主要论述电磁波及其在空间和时间中的传播。空间和时间在狭义相对论里被想象成一个统一的四维连续体，即四维时空，时间和空间不仅和运动有关系，而且相互之间不再是独立的。

运动物体收缩，运动时钟变慢质能公式  $E=mc^2$

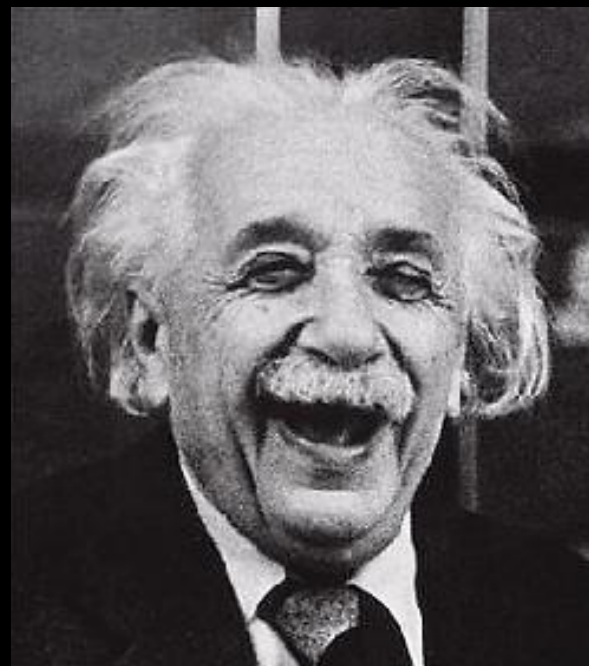
# 狭义相对论时空性质：


$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

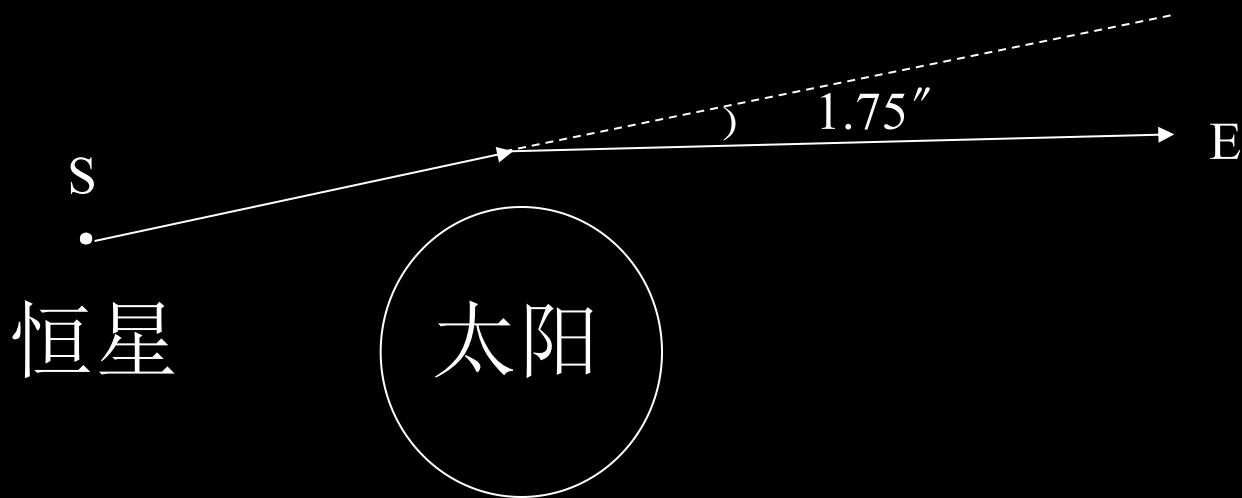
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

1916年爱因斯坦提出广义相对论。广义相对论揭示了一个与以往根本不同的时空观，它彻底否定了牛顿的与物质运动无关的绝对时空。在广义相对论中时空是弯曲的，而曲率的大小由此处引力场的强弱决定。也就是说，广义相对论的时空不是刚性和均匀的，其几何性质逐点不同，而且受局部物理性质的影响。





1919年，爱丁顿证实了爱因斯坦广义相对论所预言的测地（宇）线在引力场中弯曲的事实。基本思想是，如果光线可以在太阳引力下弯曲，则在直线传播下被挡住了的恒星光线，通过弯曲，可以传到地面上，在日全食天空变黑的情况下，应该被观测到。

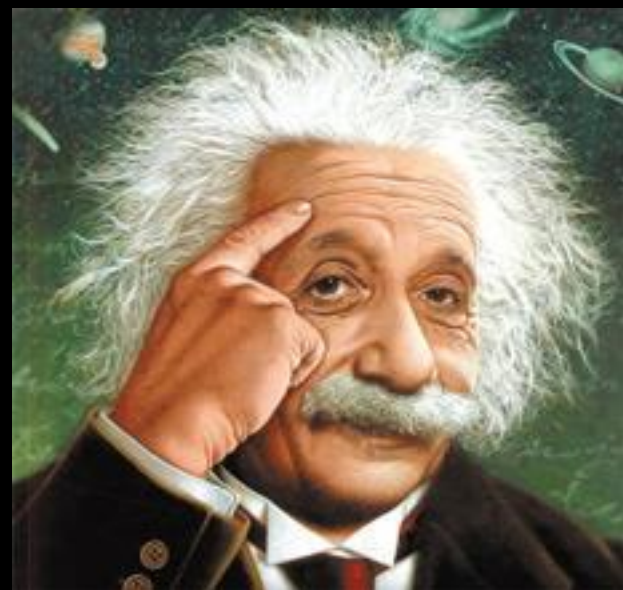


爱丁顿实验示意图



英国著名的天文学家爱丁顿(1882—1944)。他主要的成就是开创了恒星内部结构、恒星能源和恒星演化的研究，并取得了卓越的成就。同时，他又是真正懂得爱因斯坦“相对论”的人。1923年，他发表了《相对论的数学理论》，受到了爱因斯坦的高度称赞。照片中左者为爱因斯坦。

在广义相对论建立的第二年，爱因斯坦建立了第一个以广义相对论时空观为基础的宇宙模型。爱因斯坦的宇宙模型是一个有限无边的闭合三维超球面。爱因斯坦认为宇宙是静态的，为了平衡引力的作用，宇宙间需普遍存在一种斥力，爱因斯坦引进宇宙因子 $\lambda$ 来描述这种斥力。发现了红移后，爱因斯坦一再宣布放弃宇宙因子，并说引进宇宙因子是他“一生中最大的错误”。



1922年，前苏联数学家弗里德曼研究了爱因斯坦所作的计算，认为静态宇宙仅仅是场方程的一个解，应该还有一个膨胀宇宙解。

1927年比利时主教勒梅特独立发现了一族描述膨胀宇宙的爱因斯坦引力场方程最简单解。

1929年哈勃发现星系退行的简单规律。

这些科学家各自独立的工作为人们描述了宇宙的图像，并且推动了宇宙大爆炸学说的诞生。