

# 《天体物理学》

## 第十一章 星系

---

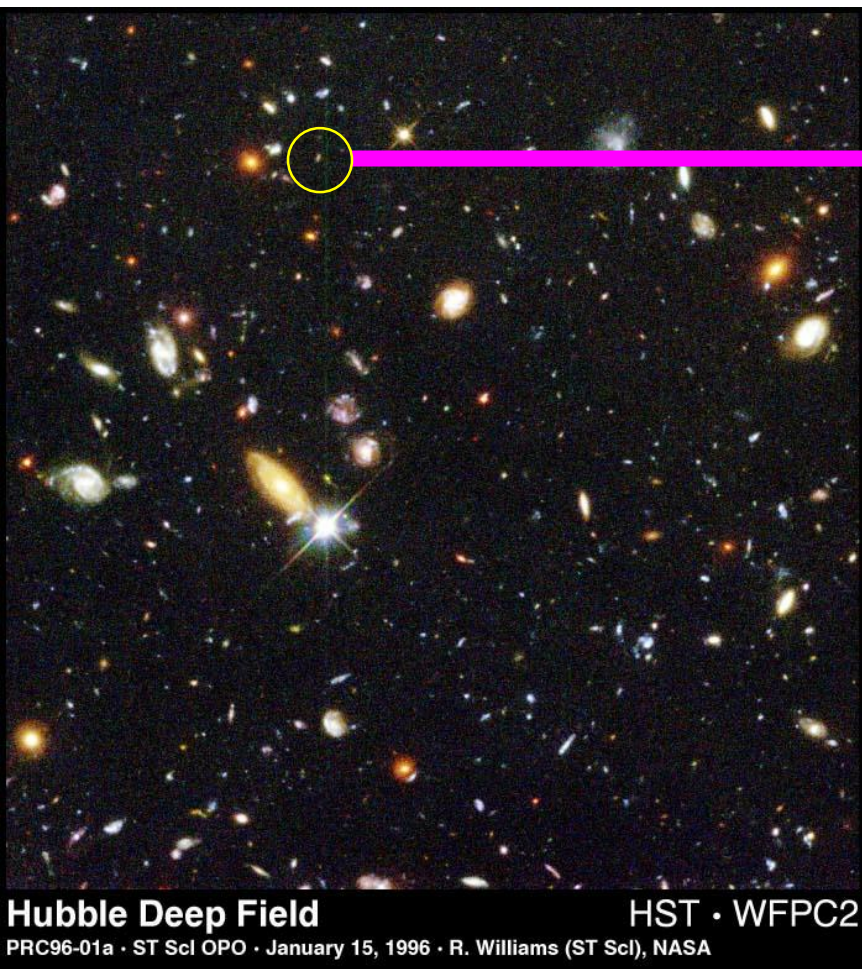
讲授：徐仁新

北京大学物理学院天文学系

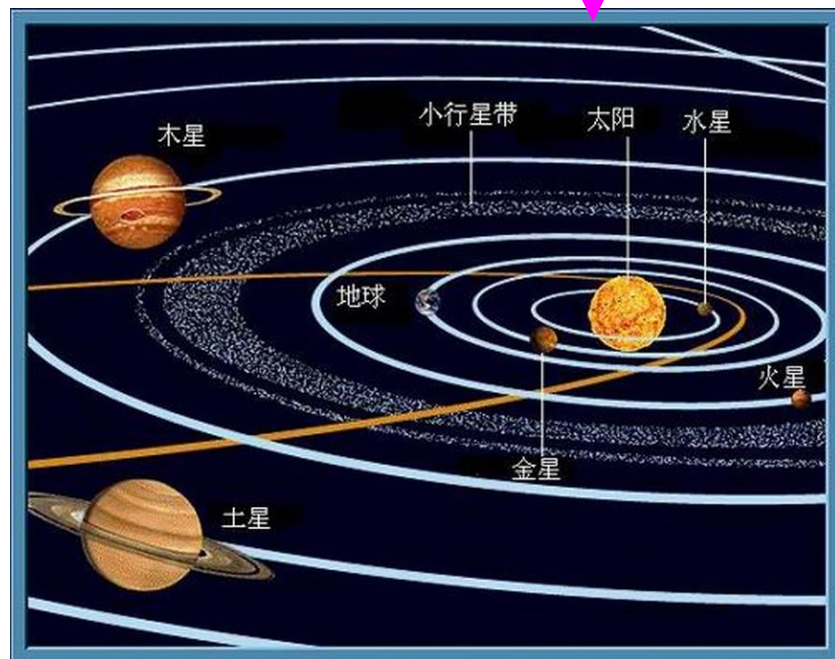
# 什么是星系？

- 组成宇宙的基本单元

正常星系 ← 黑洞  $\dot{M}$  小  
活动星系 ← 黑洞  $\dot{M}$  大



我们的宇宙



# 1, Hubble定律

## Hubble观测定律的发现

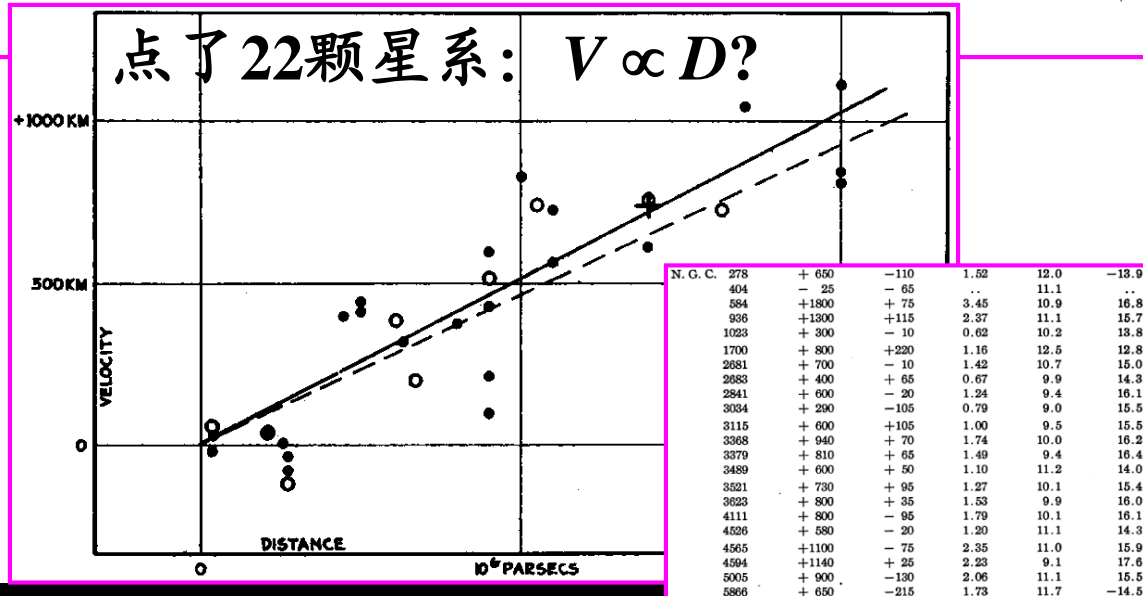
• **Edwin Hubble** (1929), Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 15, Issue 3, 168-173



*A RELATION BETWEEN DISTANCE AND RADIAL VELOCITY  
AMONG EXTRA-GALACTIC NEBULAE*

BY EDWIN HUBBLE

MOUNT WILSON OBSERVATORY, CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON

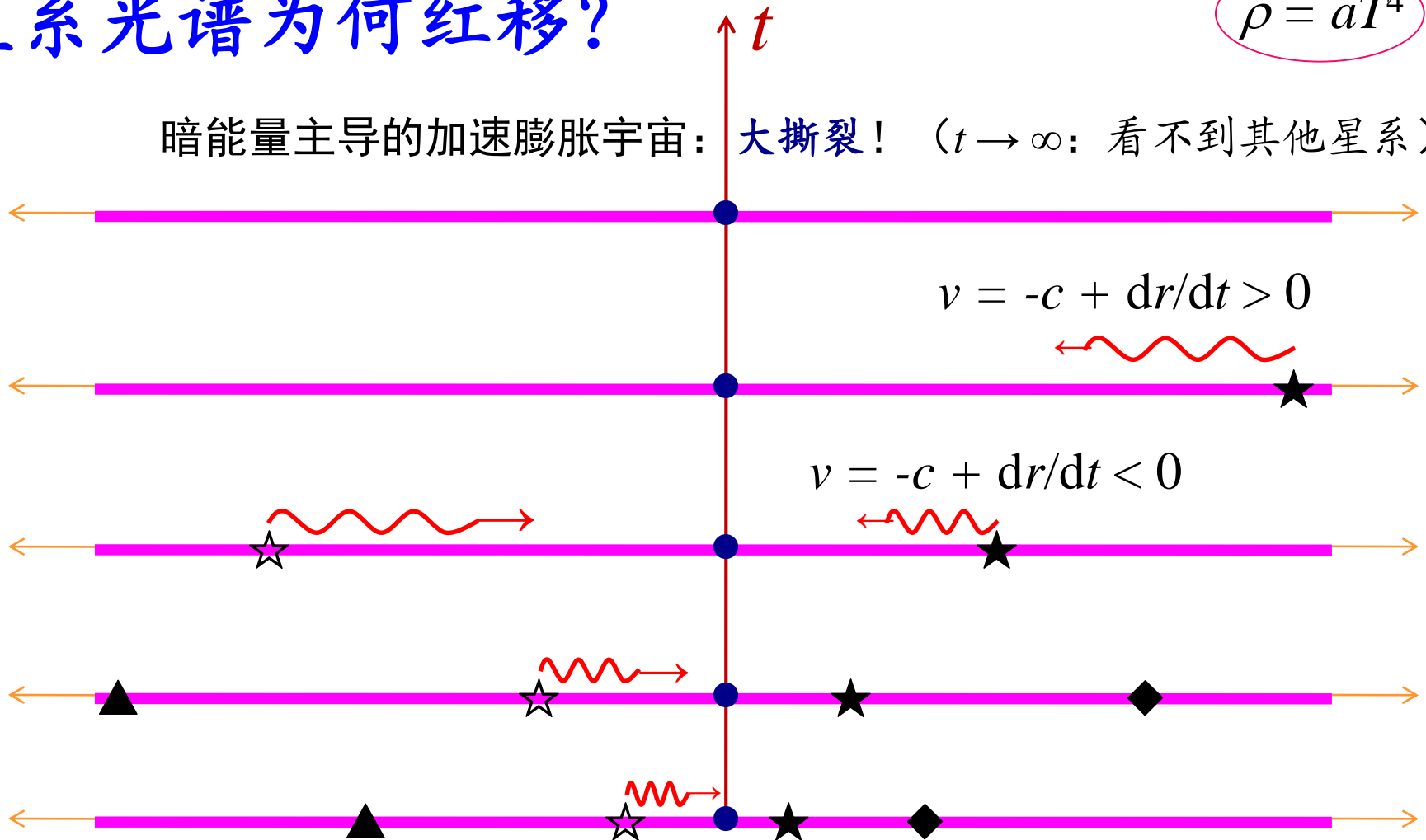


# 1, Hubble定律

## 星系光谱为何红移？

$$\rho = aT^4$$

暗能量主导的加速膨胀宇宙：大撕裂！ ( $t \rightarrow \infty$ ：看不到其他星系)



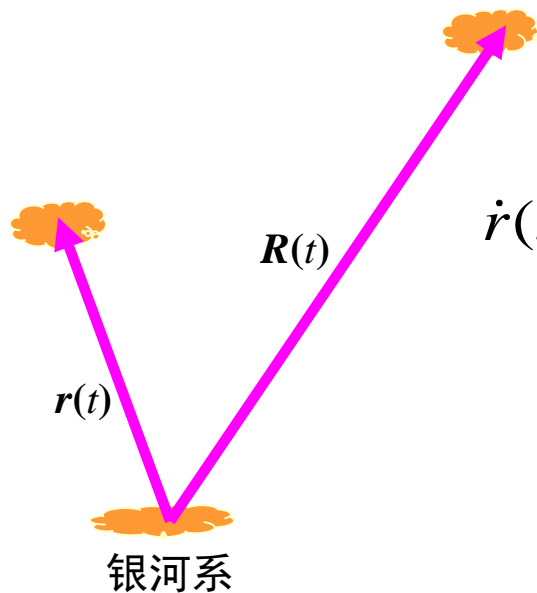
一维“万能橡皮筋”宇宙的膨胀过程

(假设：皮筋质地均匀；任一 $t$ 时刻张力处处相等，但不同时刻可以不等)

# 1, Hubble定律

## Hubble定律：宇宙膨胀！

- 退行速度与红移的关系



在膨胀的宇宙中：  
 $r(t)/R(t)$  为常数  $k$ ，则有

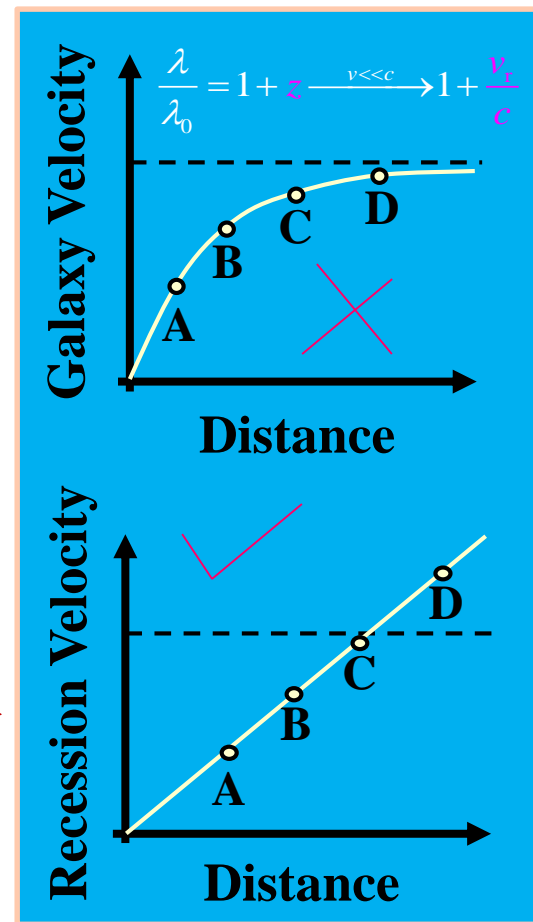
$$\dot{r}(t) = k\dot{R}(t) = \frac{\dot{R}}{R} r \equiv H(t)r(t)$$

当  $r(t) > c/H$  时，则推行速度  
 $dr/dt > c$ ：超光速膨胀！→

- Hubble定律：  $V = H_0 D$

意义1：提供了一种测量遥远星系距离的有效方法

意义2：给出一幅膨胀的宇宙图像 → 大爆炸宇宙学





# 2, 引力透镜现象

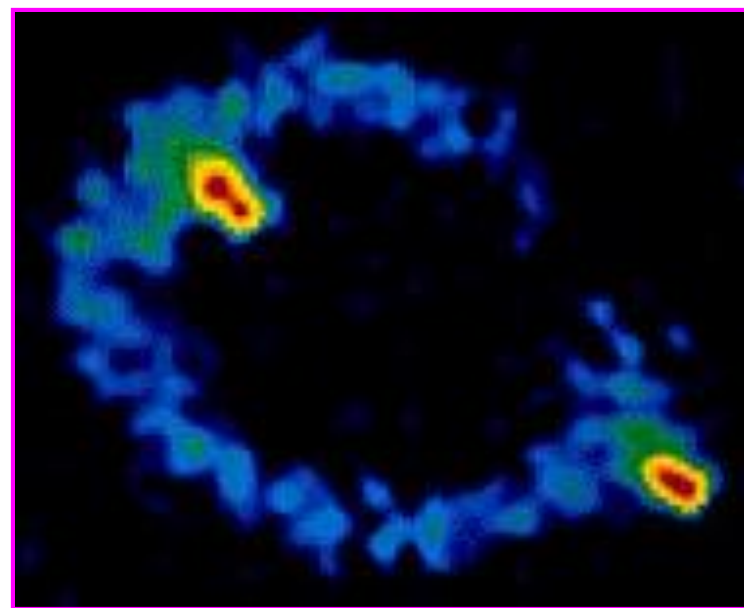
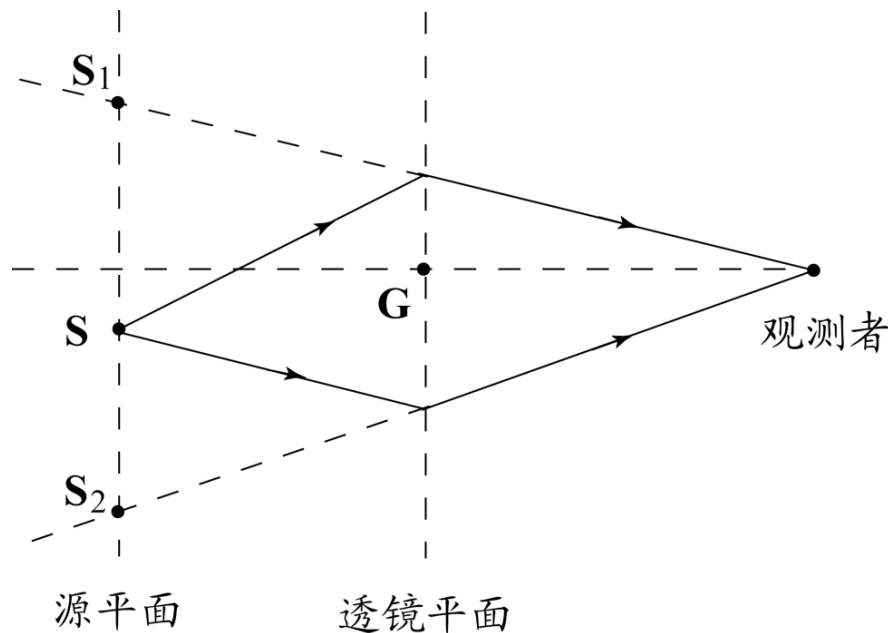
相对于恒星而言，  
星系世界显得拥挤

透镜

并合

## 引力透镜现象：星系级透镜天体

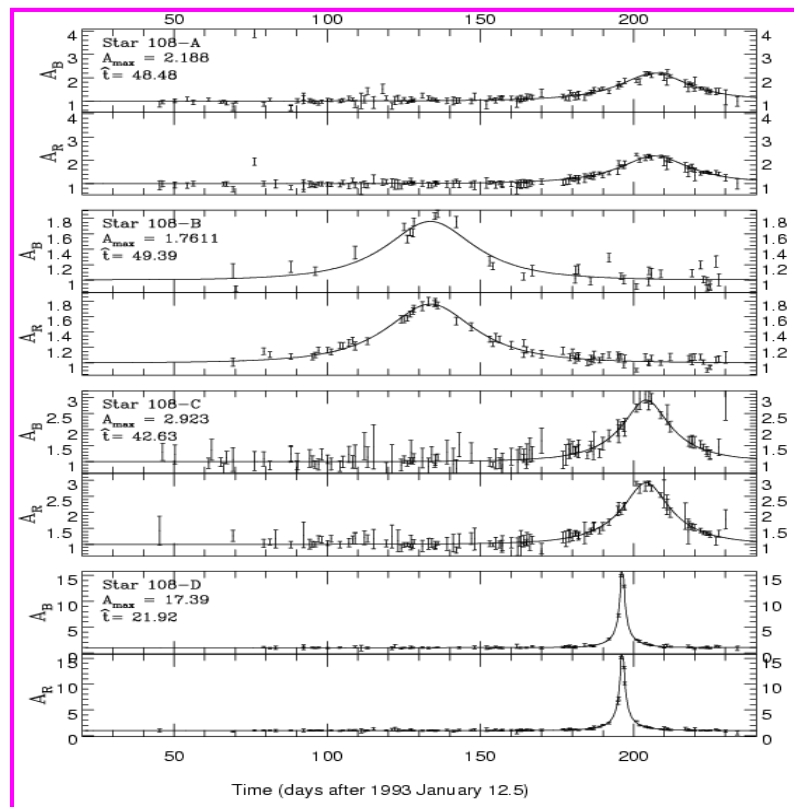
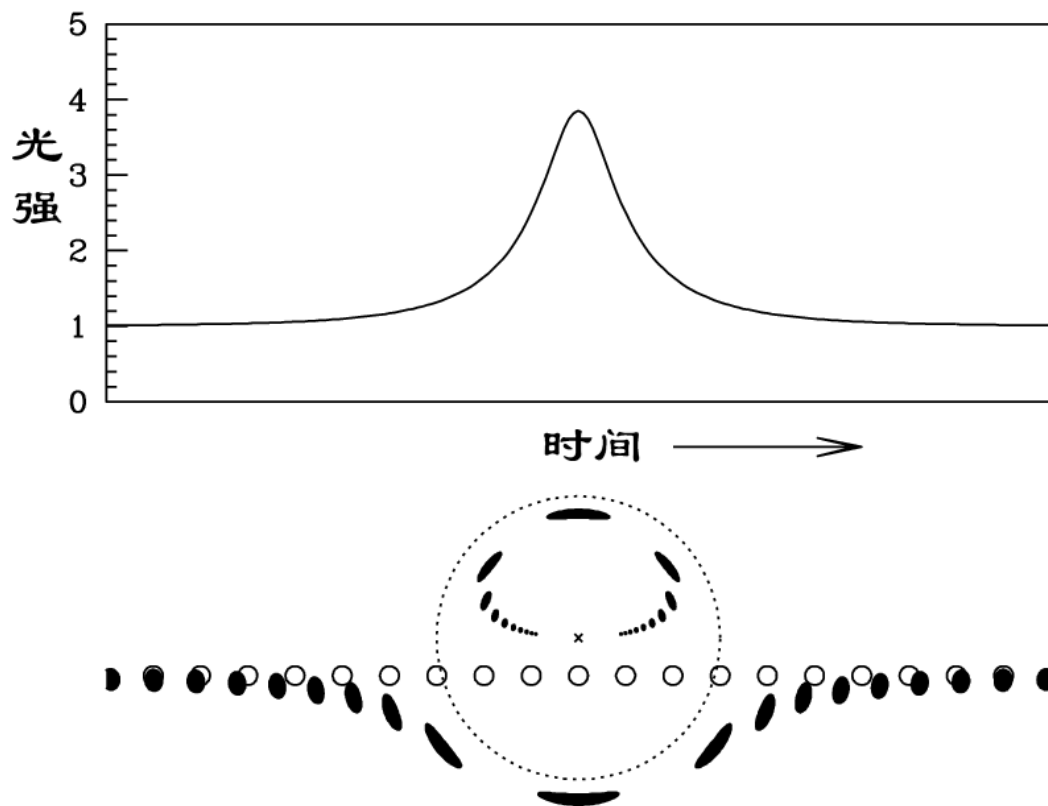
- 光线在Schwarzschild时空中弯曲后的偏转角度 $\Delta\alpha \sim 2r_s/b$



- 第一个例引力透镜：Walsh et al. (1979), *Nature*, 279, 381-384
- 透镜天体成像计算往往是复杂的，很难有解析解

## 2, 引力透镜现象

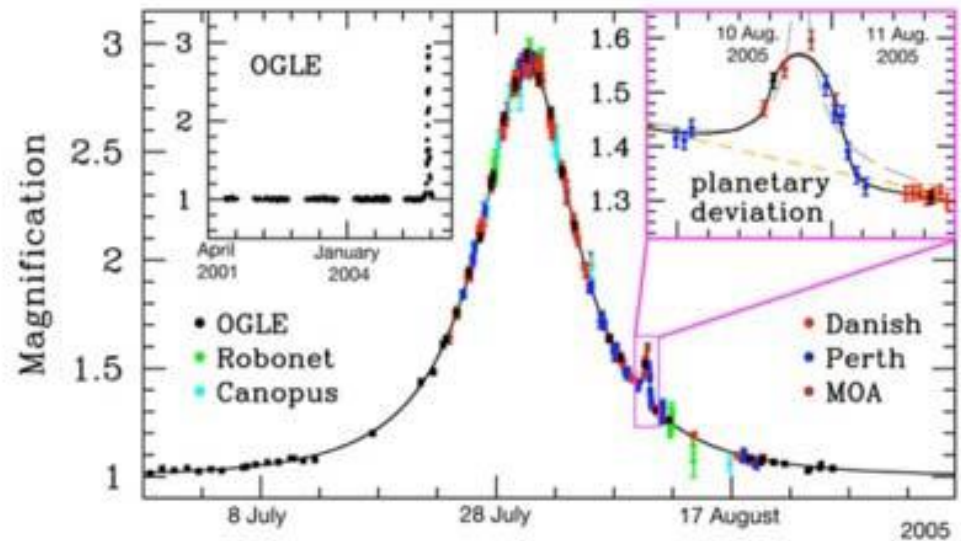
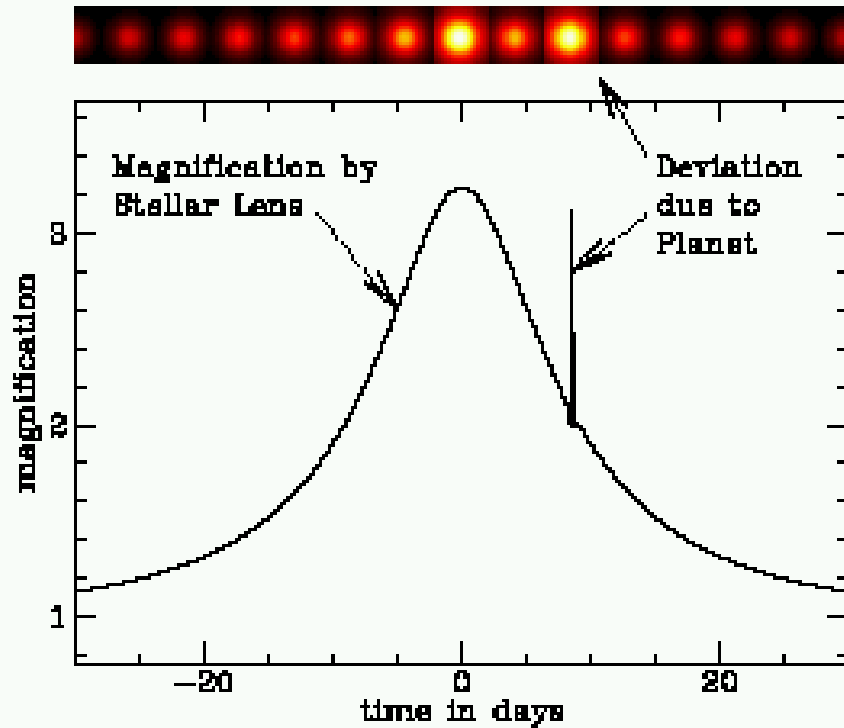
### 微引力透镜现象：恒星级透镜天体



- 以银河系晕中暗天体作透镜体！Paczynski (1986); 探测(1993)！
- **MACHO:**  $M \sim (0.1-10)M_{\odot}$ , 矮星？黑洞？低质量奇异星？

## 2, 引力透镜现象

微引力透镜现象：也用于探测系外行星



Light Curve of OGLE-2005-BLG-390

ESO PR Photo 03b/06 (January 25, 2006)



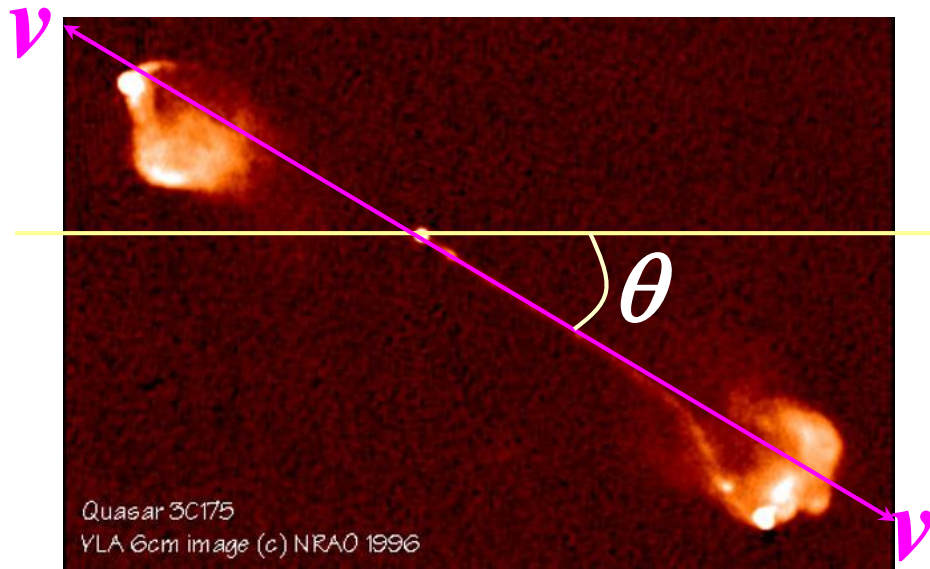
- 因时标短，一般需要全球跟踪观测才能发现行星运动导致增亮



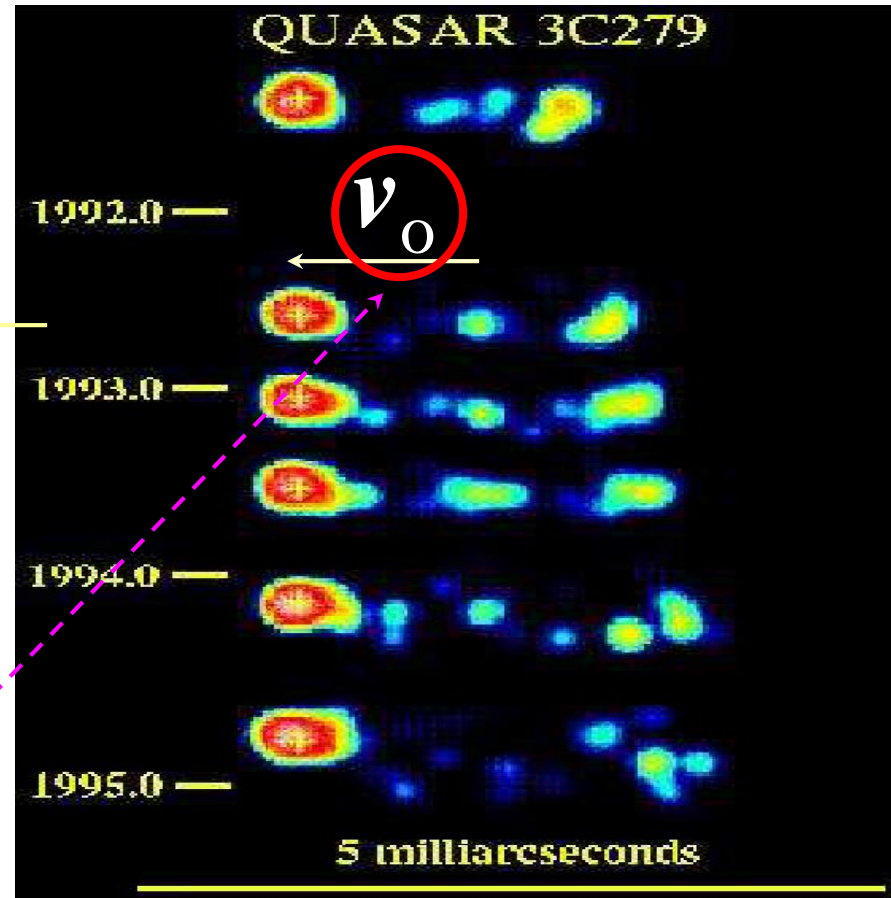
# 3, 活动星系与喷流

## 活动星系核 (Active Galactic Nuclei, AGN)

- Seyfert星系、类星体、BL Lac天体、射电星系、星暴星系
- AGN往往伴随喷流：超光速？



$$v_o = c \frac{v \sin \theta}{c - v \cos \theta}$$



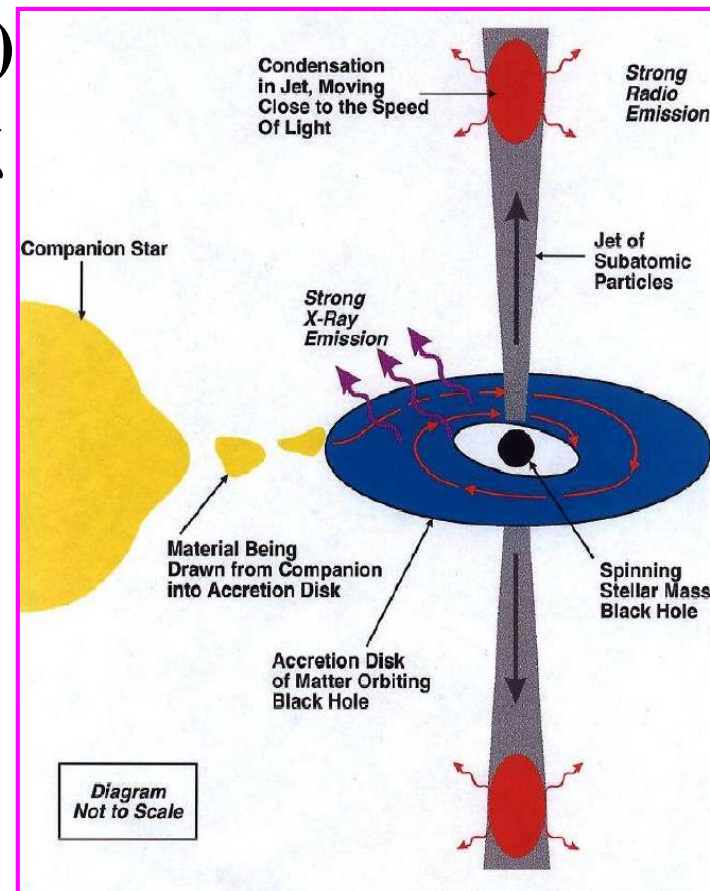
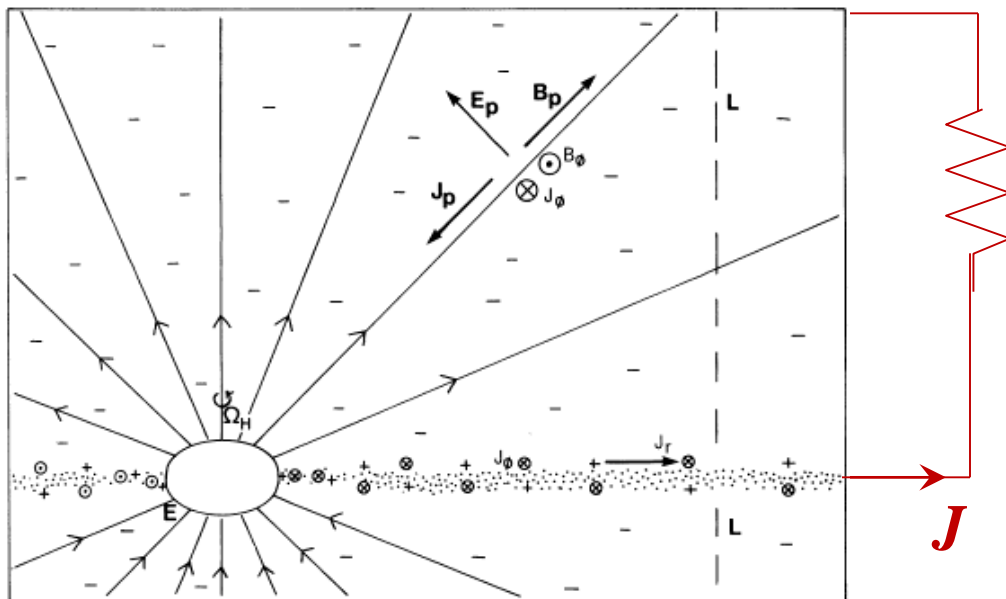
# 3, 活动星系与喷流

## 微类星体 (microquasar)

- 恒星级黑洞的吸积过程：类似AGN中心黑洞表现

## BZ机制 (Blandford & Znajek 1977)

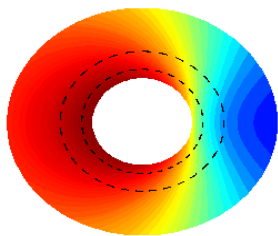
喷流的可能产生机制：旋转黑洞与吸积  
电磁场作用提取中心黑洞的转动能！



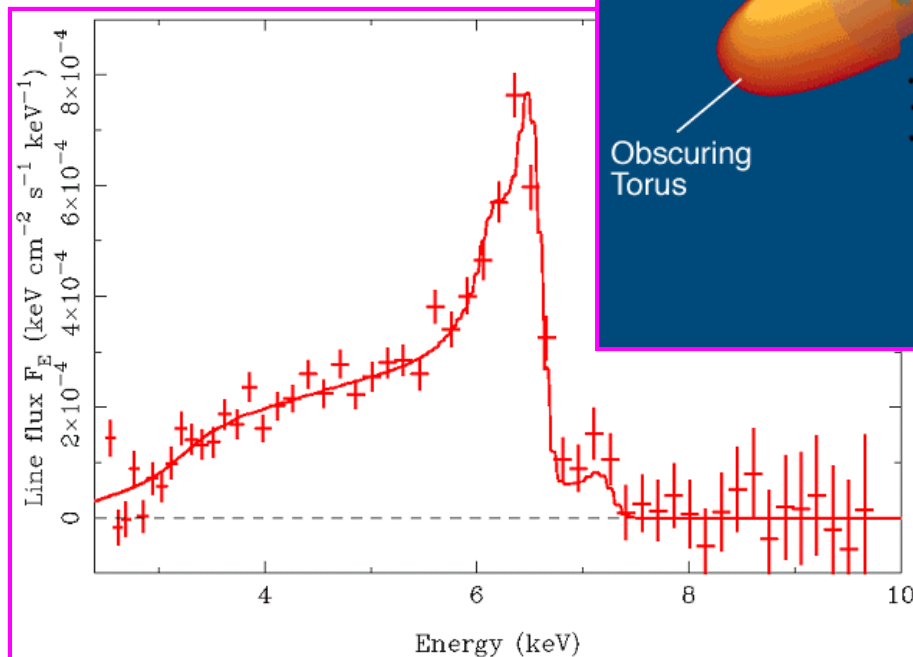
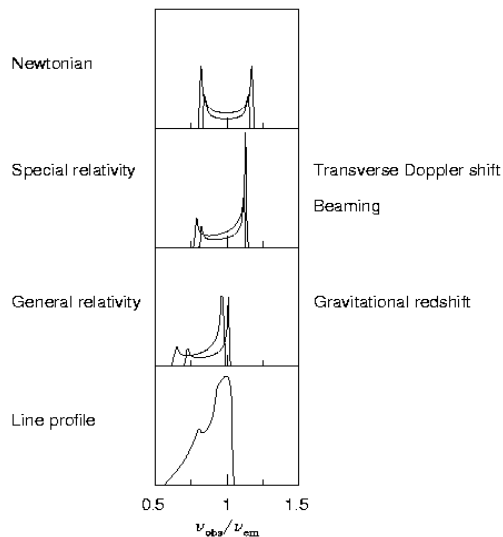
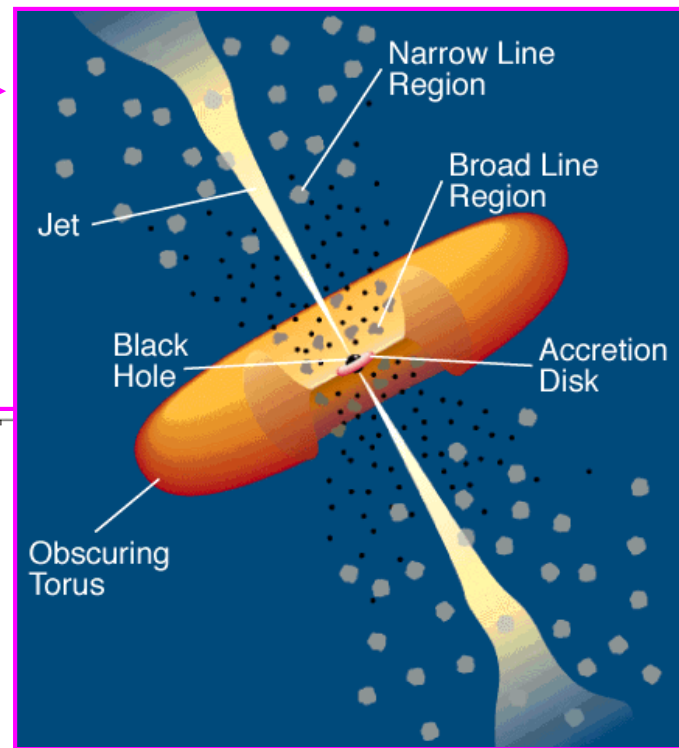
# 3, 活动星系与喷流

## 吸积态黑洞

- 结构：黑洞+盘+喷流+云+尘埃环
- 吸积盘存在证据：FeK $\alpha$ 线



$$E_n = -13.6\text{eV} \frac{(26 - \sigma_i)^2}{n^2}$$

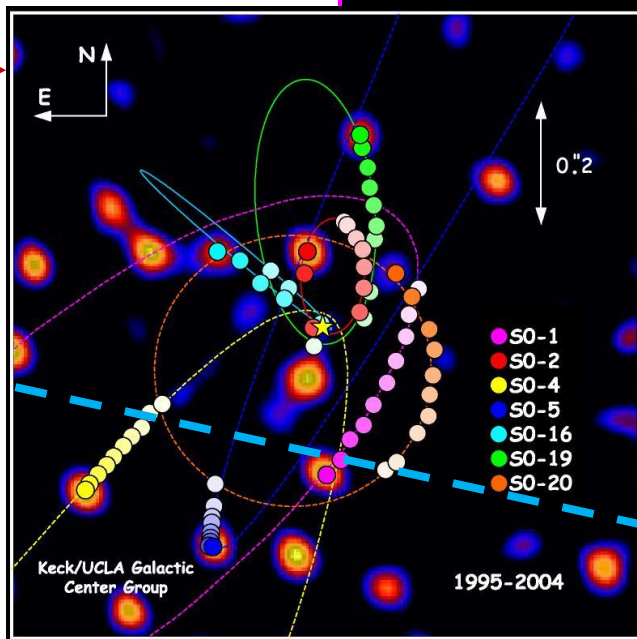
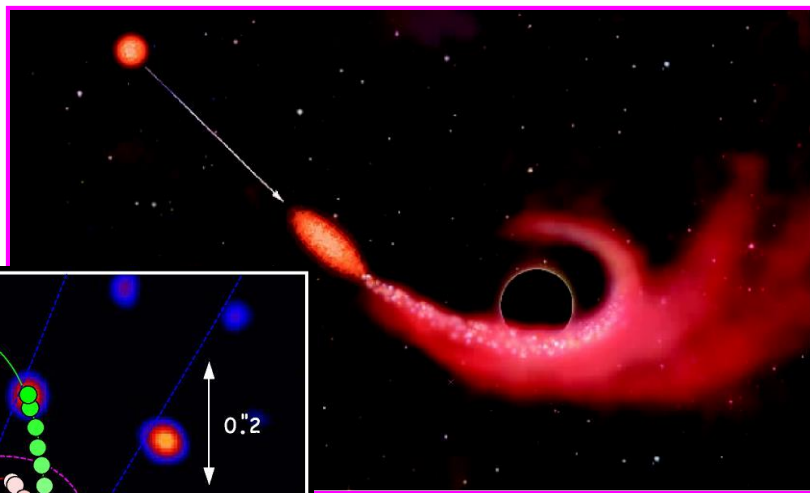


信噪比较好的FeK $\alpha$ 线

# 4, 正常星系中心黑洞

## 宁静态黑洞

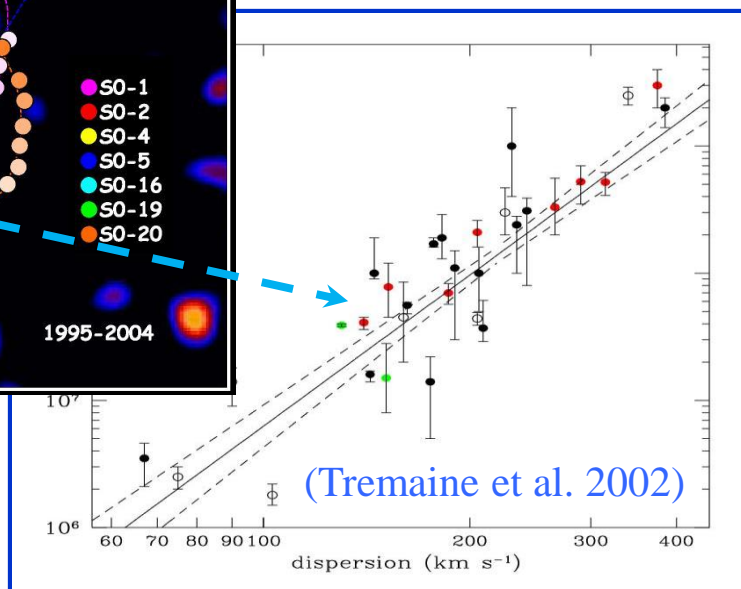
- 黑洞潮汐作用撕裂恒星
- 银河系中心黑洞
- 其它方法



## 黑洞-核球质量相关性

### 存在的关键问题:

- SMBH是如何形成的?
- 为何 $M_{\text{BH}} \sim \sigma$ 相关?
- 一颗星系中心可否存在多个SMBH?



# 总 结

0, 什么是星系?

1, Hubble定律

2, 引力透镜现象

3, 活动星系

4, 正常星系



# 作业

## 习题： 2