

# 《天体物理学》

## 第一章 天体概论

---

讲授：徐仁新

北京大学物理学院天文学系

# 几个知识要点

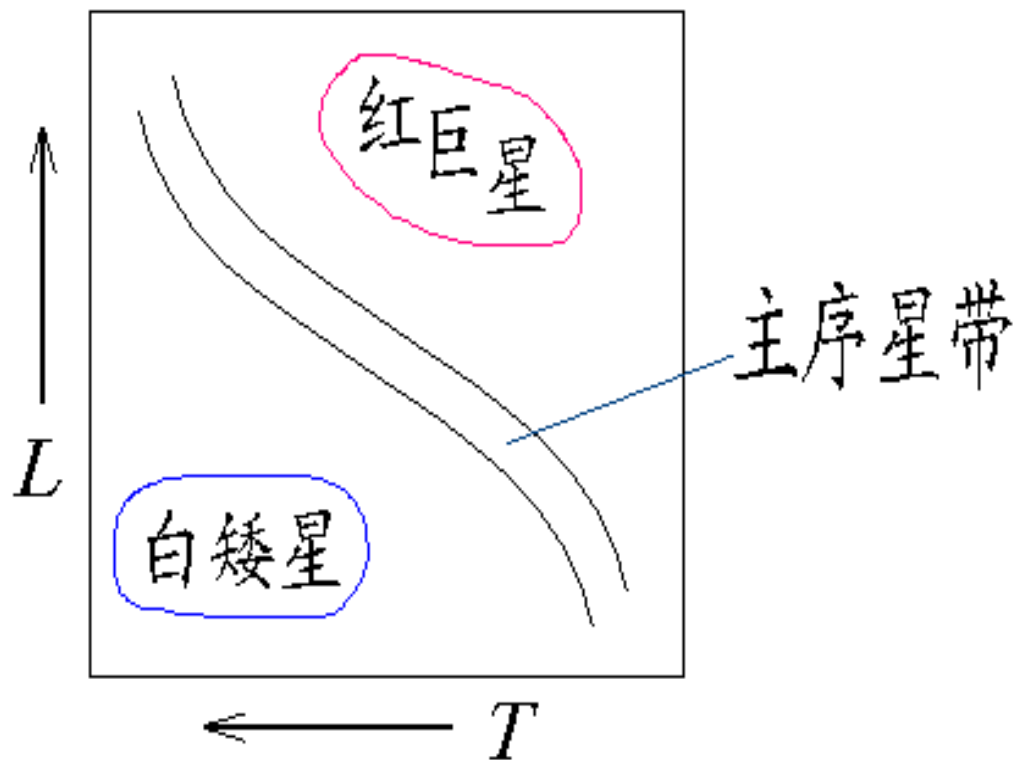
- 1, **Hertzsprung-Russell (HR) 图**
- 2, **银河系, 星族 (I、II、III)**
- 3, **星系的Hubble形态分类**
- 4, **星系旋转曲线, 暗物质的存在**

# 1, Hertzsprung-Russell图

## 刻画恒星的两个物理量

- 明亮程度  
(视亮度, 或流量  $F$ )
- 颜色 (光谱特性)。

若某些恒星的距离  $D$  可通过观测 (如三角视差法) 得到, 则可将  $F$  换算成反映恒星本身辐射光能力的内禀物理量——光度  $L$ :



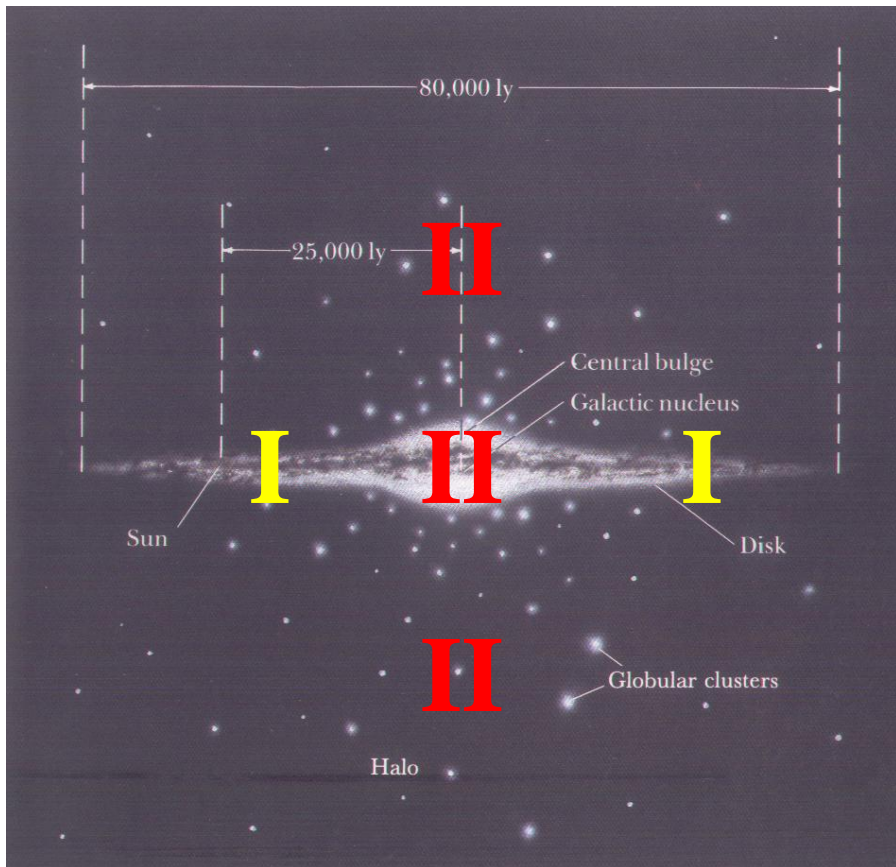
$$L = 4\pi D^2 F \quad (\text{若为黑体辐射, 则 } L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4)$$

光度 (绝对星等)

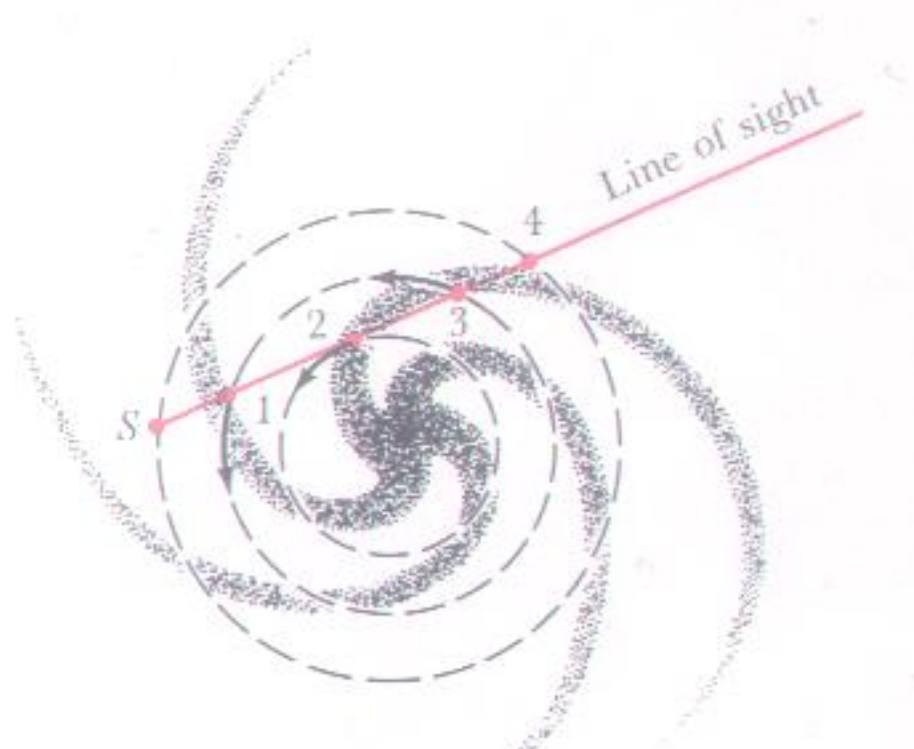
流量 (视星等)

温度 (颜色)

# 2, 银河系, 星族



侧视图



夏天的银河比冬天亮!

俯视图

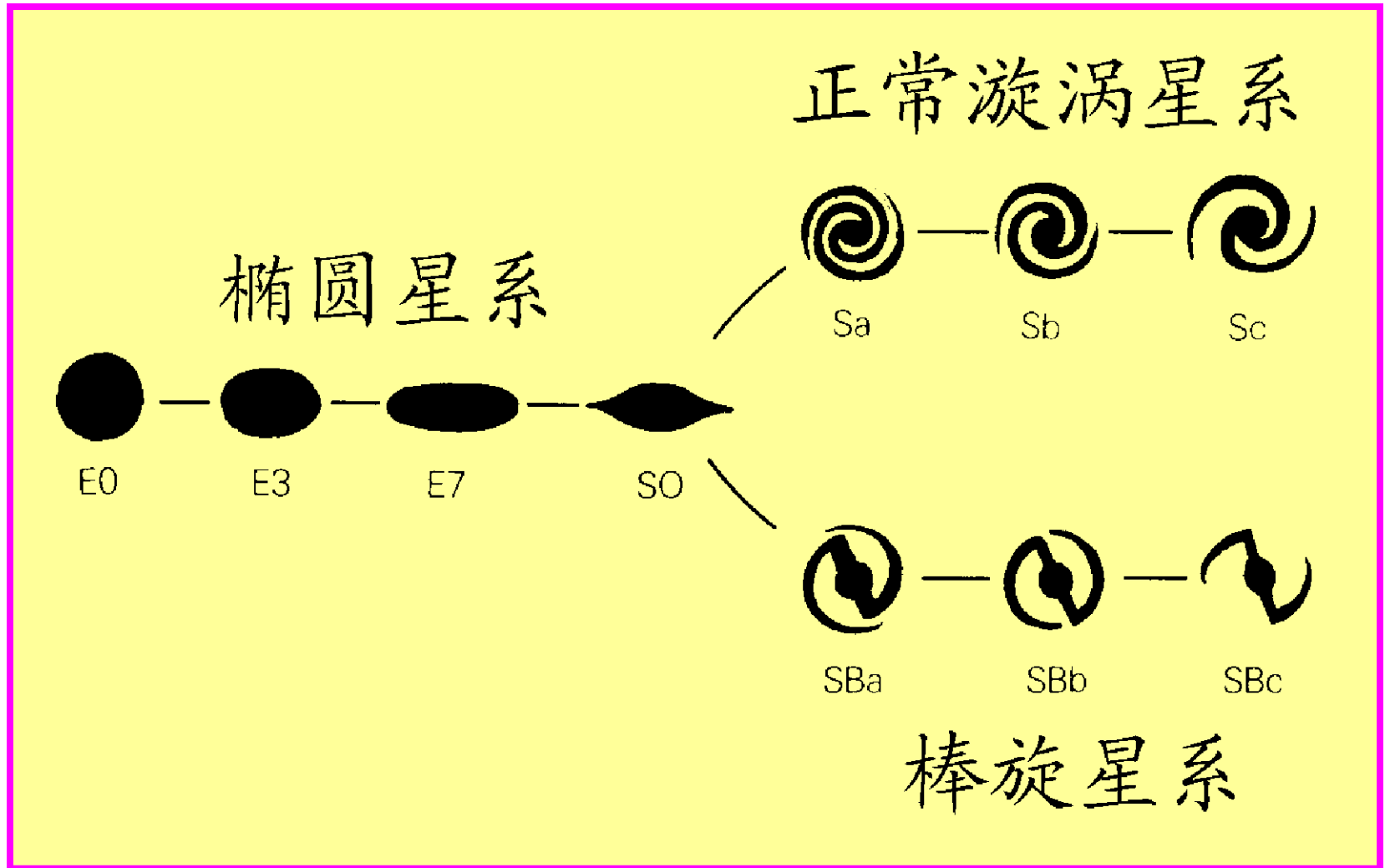
# 2, 银河系, 星族

- **星族I**: 银盘中, 富金属
- **星族II**: 银核、核球、以及银晕球状星团内, 贫金属

宇宙早期核合成主要产物是氢和氦, 较重元素是通过恒星内部的热核反应过程产生的。因此一般认为, 星族I恒星是比较年轻的, 而星族II属于老年恒星。银盘是恒星诞生的主要场所。

- **星族III**: 几乎完全由氢和氦组成的极端贫金属恒星, 宇宙诞生后产生的第一代恒星 (*first stars*)

# 3, 星系的Hubble形态分类

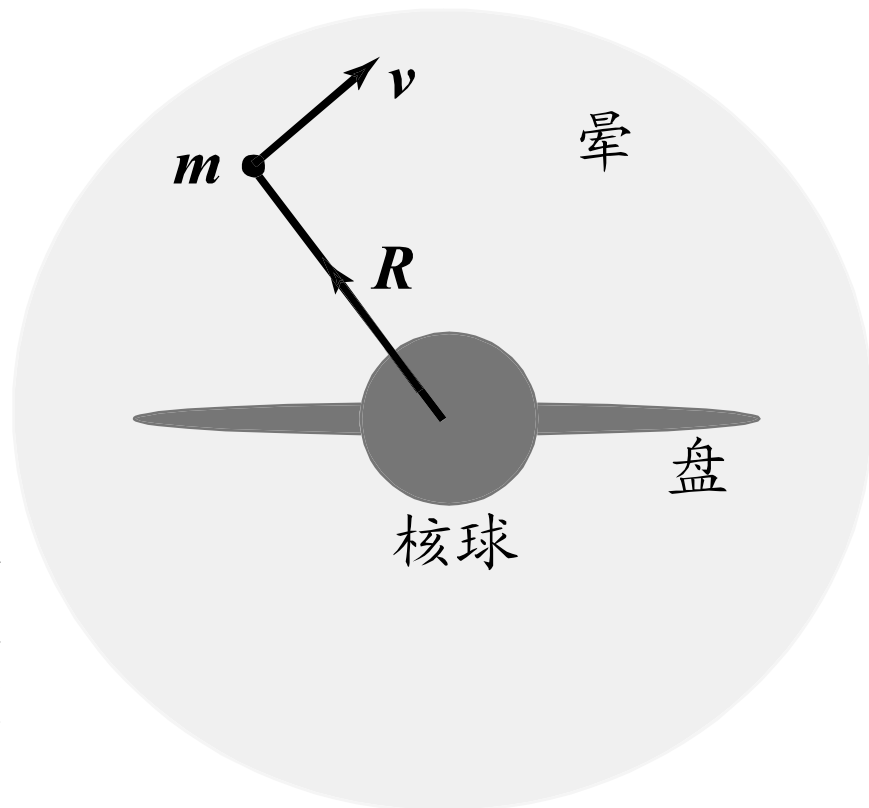


# 4, 星系旋转曲线, 暗物质

若认为物质近乎球对称分布,

$$\frac{v^2}{R} = \frac{GM(R)}{R^2}$$

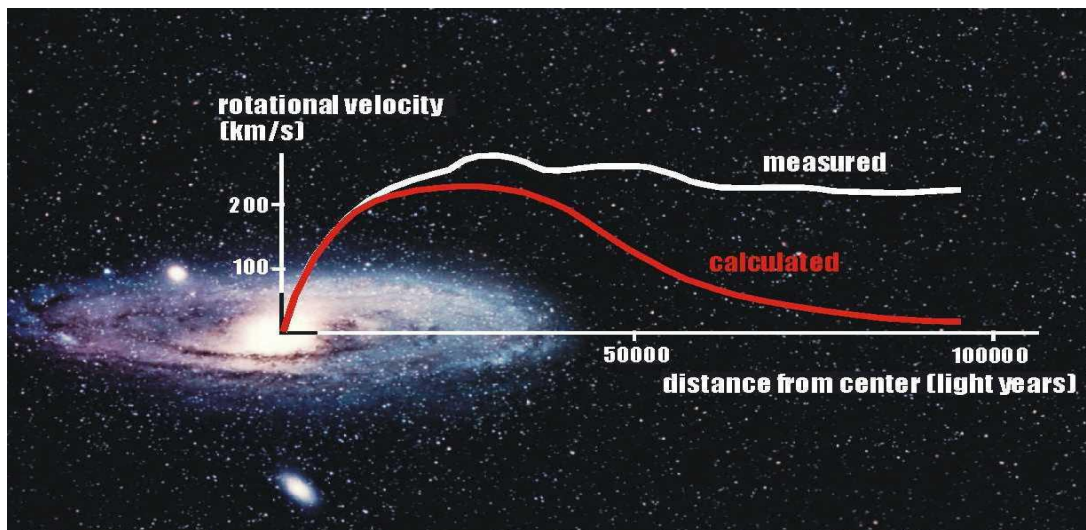
其中 $M(R)$  = 半径 $R$ 以内物质的总质量。旋涡星系内发光物质主要集中于核球（以及薄盘）；若认为核球内密度均匀，则 $M(R) \propto R^3$ ，于是有： $v \propto R$ 。在核球以外，忽略盘的质量， $M(R)$ 近似常数，有： $v \propto R^{-1/2}$ 。因此，旋转速度应该在 $R$ 较小时增加，而 $R$ 较大时衰减。



# 4, 星系旋转曲线, 暗物质

实际旋涡星系旋转曲线:

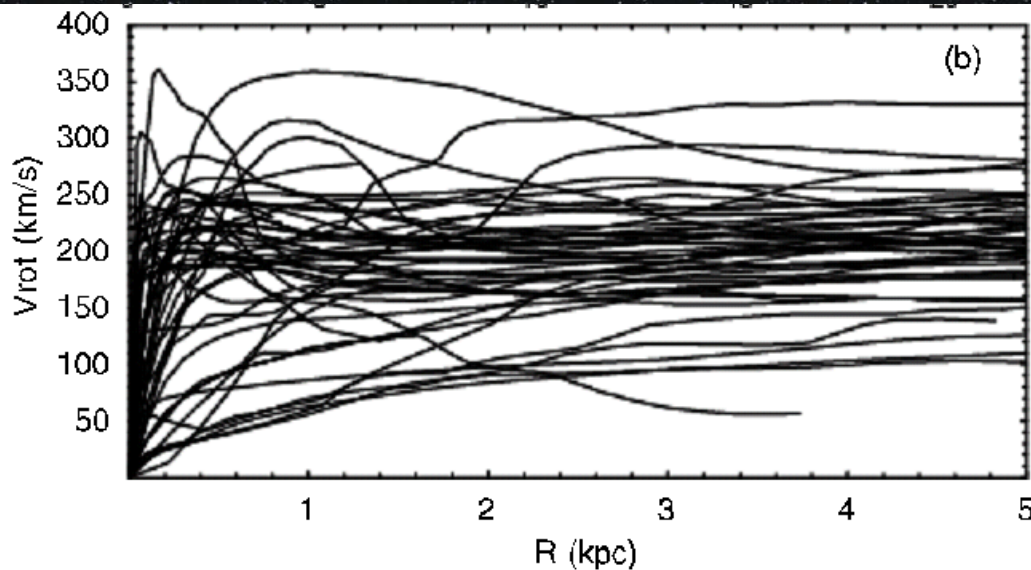
在 $R$ 较小时旋转速度随 $R$ 增加而增加, 但在 $R$ 较大时旋转速度倾向于常数, 并没有衰减的趋势。



为什么?

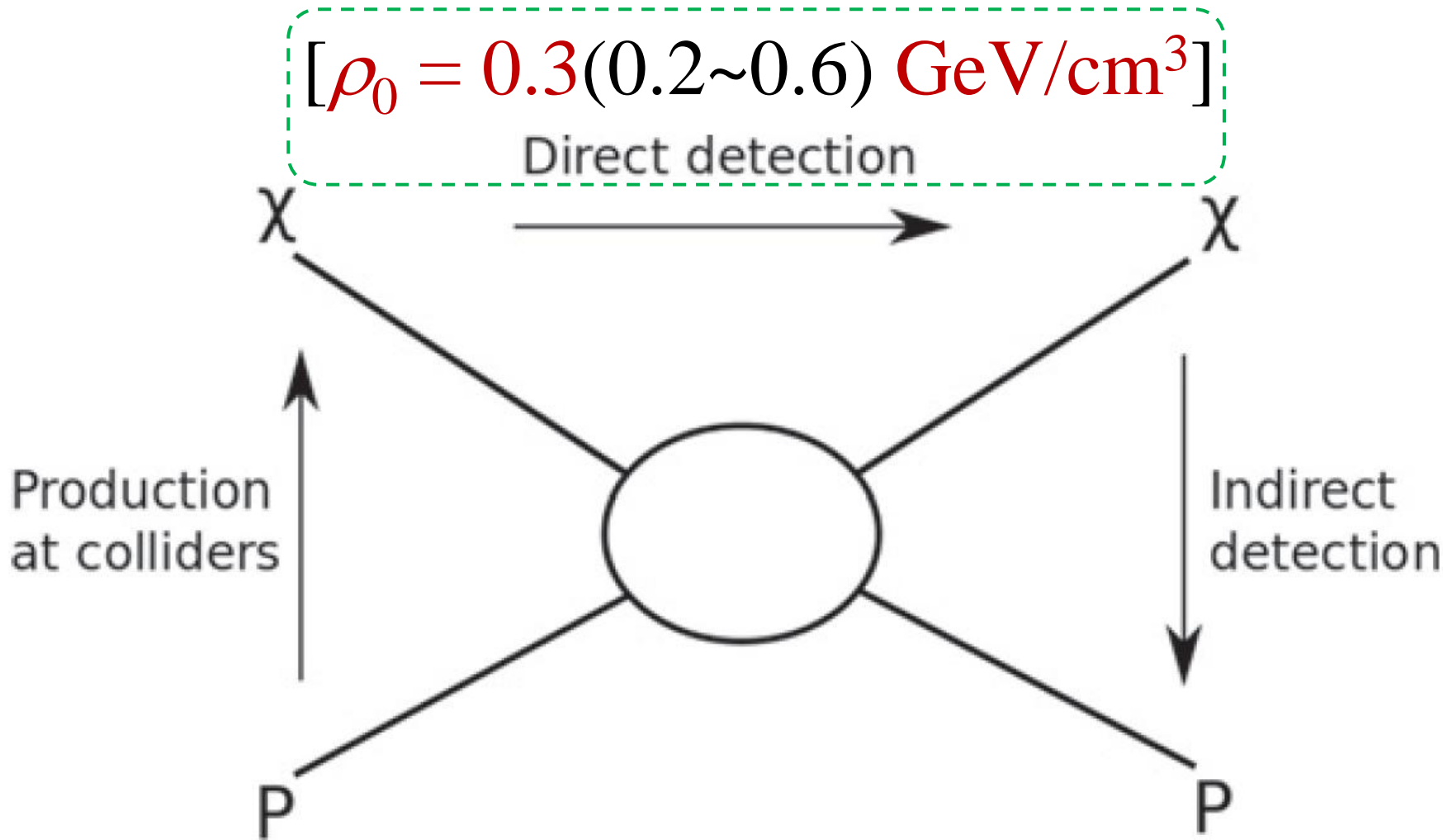
存在大量的不发光 (或发光效率极低) 的物质——

**暗物质!**

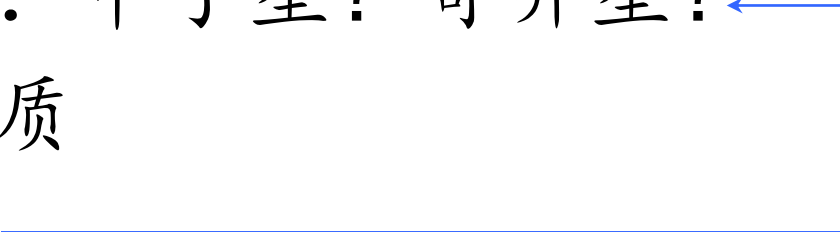


# 4, 星系旋转曲线, 暗物质

- 除了引力效应外, 试图实验探测暗物质的通道有三:

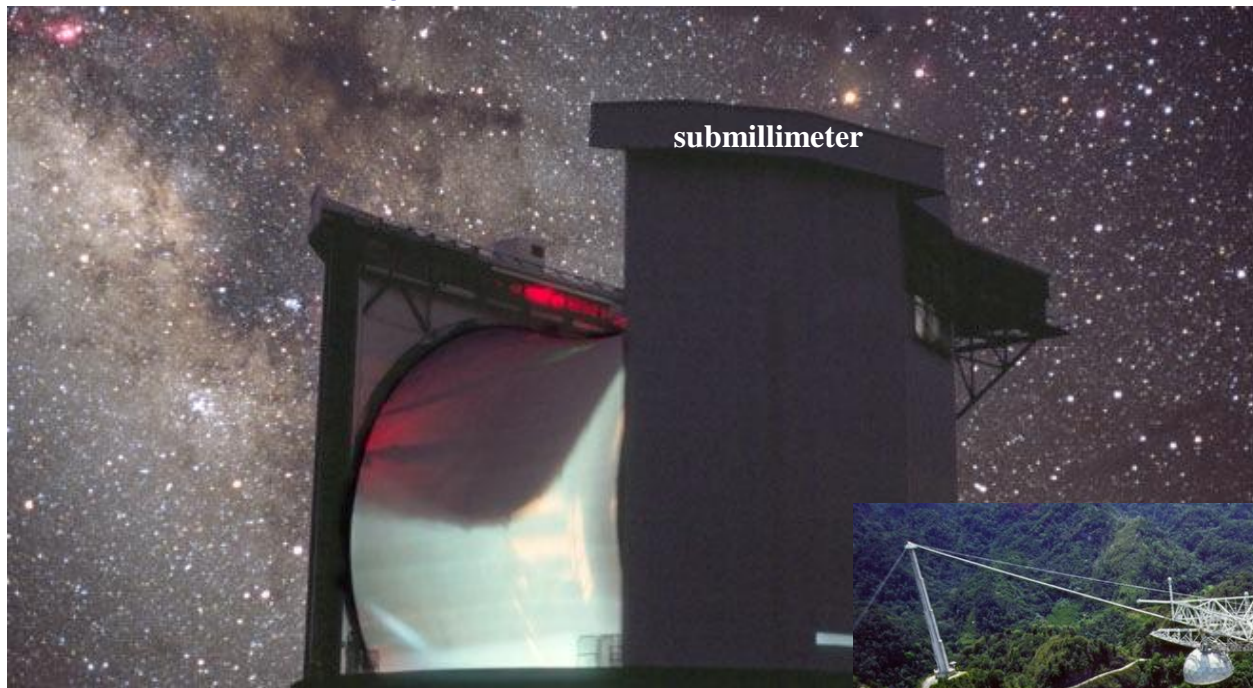


# 天体物理中的重大疑难问题

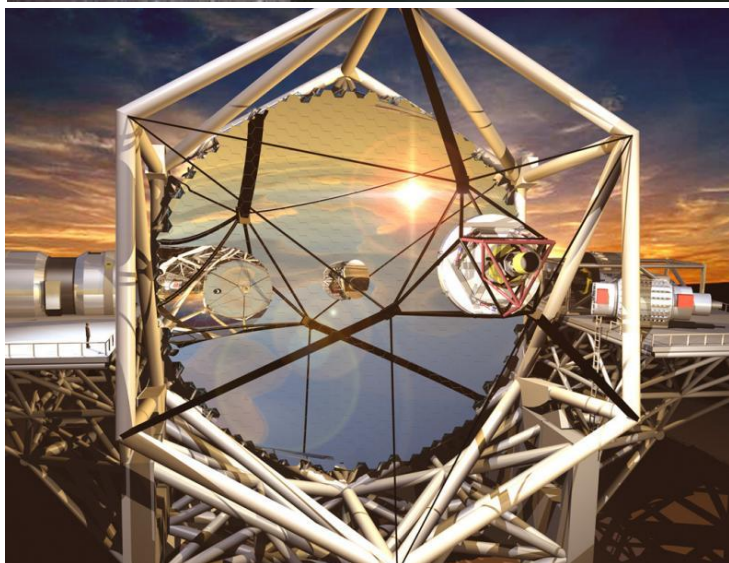
- 1, “中微子味混合”、CP破缺与重子起源
  - 2, 黑洞（恒星级，星系级）的存在和形成
  - 3, 脉冲星类天体的本质：中子星？奇异星？
  - 4, 暗物质、暗能量的本质
  - 5, GRB/FRB的物理机制
  - 6, 极早期宇宙的状态
  - 7, 引力波探测（已经测到了！其他波段...）
  - 8, 星系形成与黑洞质量的增长
  - 9, 极高能宇宙线的本质
  - 10, 其它（如磁单极、超对称粒子等的存在和后果）
- 

# 一些重要观测设备

地面望远镜



JCMT  
(15m)



TMT



Arecibo (305m)



# 一些重要观测设备

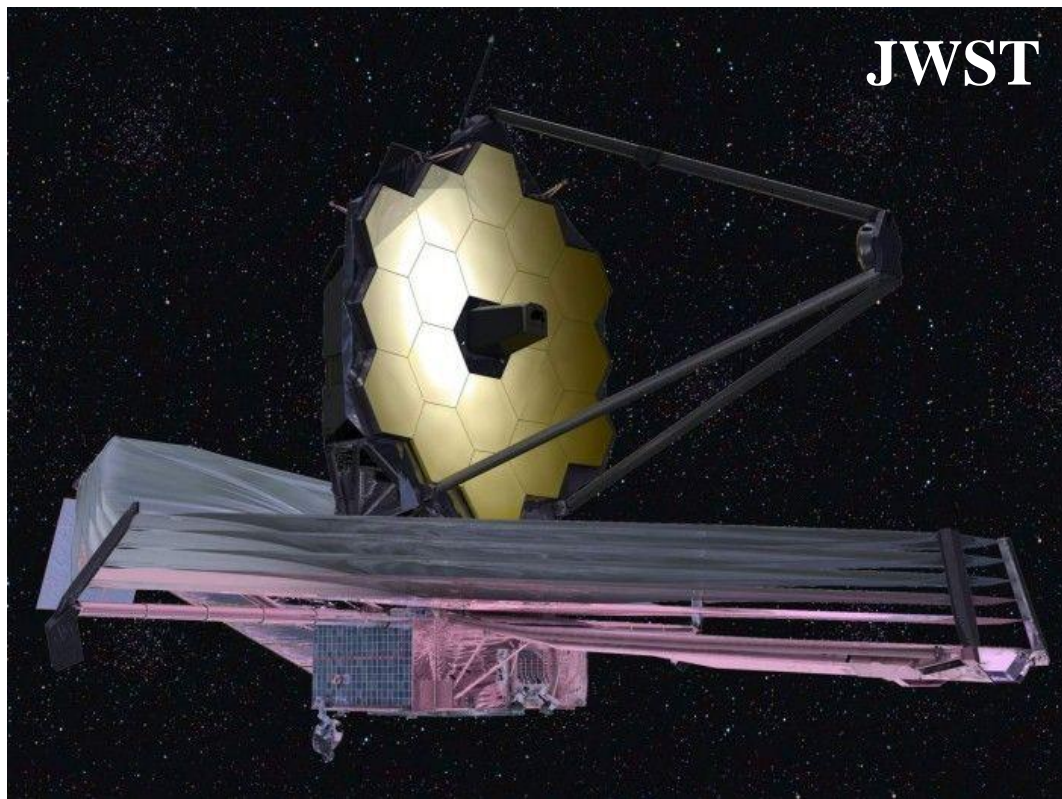
## 空间望远镜



HST (2.4m)



Chandra



# 一些重要观测设备

► 中国参与的大型望远镜：SKA



SPDO / Swinburne Astronomy Productions

# 一些重要观测设备

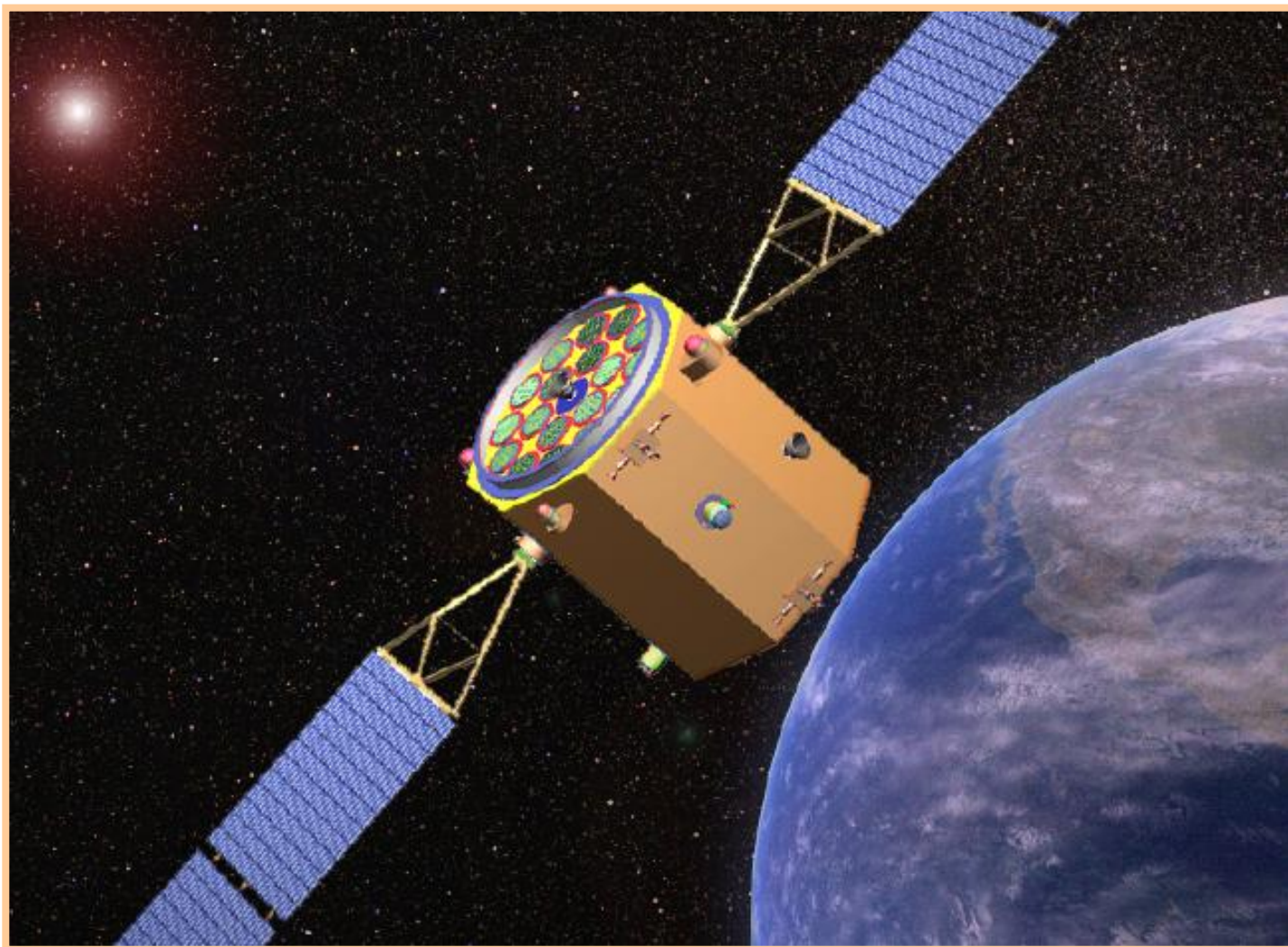
► 国内大型天文项目：FAST 天眼



**F**ive  
**h**undred  
**m**eter  
**A**perture  
**S**pherical  
**T**elescope

# 一些重要观测设备

▶ 国内大型天文项目：HXMT (eXTP)



慧眼：

硬X

射线

调制

望远镜

# 一些重要观测设备

► 国内大型天文项目：Einstein Probe，简称EP

“天关”：爱因斯坦探针



2024年1月9日15时03分，中国在西昌卫星发射中心使用长征二号丙运载火箭，成功将爱因斯坦探针卫星发射升空。

# 一些重要观测设备

► 国内大型天文项目：CSST



# 一些重要观测设备

## 国内大型天文项目：LHAASO

### CATCHING RAYS

China's new observatory will intercept ultra-high-energy  $\gamma$ -ray particles and cosmic rays.

~25,000 m

12 wide-field-of-view air Cherenkov telescopes

4,400 m

80,000 m<sup>2</sup> surface-water Cherenkov detector

5,195 scintillator detectors

1,171 underground water Cherenkov tanks



enature

# 总结：天文学科的特点

甲午春记

探天道  
明物理

小学和天  
和学\*

天文十二字

\*算不清的问题隶属于科学，  
算得清的系统把握于数学。

# 作业

- 1, 总结几种测量天体距离方法的原理。
- 2, 一空间尺度为 $L$ 的遥远发光天体, 其任一辐射单元都几乎是各向同性地发光, 并且各辐射单元几乎同时光变。若我们测得该天体的光变时标为 $\tau$ , 试证明此天体的尺度 $L \sim \tau c$  ( $c$ 为光速)。