



→ 双列双链萃取

数据与缺陷 (不完备性与 mock 的制作)

1. 无偏物理 { 狭义和广义相对论 { 狭义相对论  
现代天体物理学 { 引力场论和结构  
广义相对论 { 实验和计算

应用物证学实验技术与手段研究城市物证性质

1859. 经国, 是年, 乃归以纳完清 (太平天国)

[illegible]

1. 4GHz ~ 21cm

有参(大) → 60年日本天文观测  
无参(小) → 证明二波长的存在

控制发射  
卫星接收

CMB (NP)  
宇宙微波背景辐射  
宇宙微波背景辐射 (CMB)  
宇宙微波背景辐射 (CMB)

Schlegel, P.J. et al 1998, *ApJ* 505:251  
银河系尘埃消光, 3117 <sup>2</sup>/<sub>1998</sub> ② no paper

2. 主观认识的三个阶段 (期末要考)

系统 → 前置系统 → 预处理 → 信息采集 → 数据处理 (必不可少) → 数据应用 (必不可少)  
 前置系统: 数据采集、数据清洗、数据转换、数据存储  
 预处理: 数据清洗、数据转换、数据存储  
 信息采集: 数据采集、数据清洗、数据转换、数据存储  
 数据处理: 数据清洗、数据转换、数据存储  
 数据应用: 数据清洗、数据转换、数据存储

### 3. 符号意义

产生与发展天壤相殊甚相远

瑞臨和瑞厚

自党的十八大以来,中国特色社会主义、中国特色社会主义政治、中国特色社会主义文化、中国特色社会主义社会、中国特色社会主义生态文明

#### 0.4 滑移变形

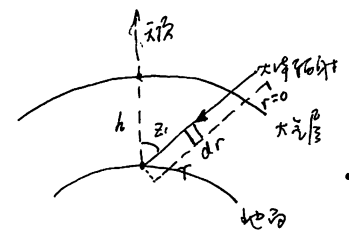
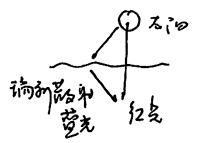
先学为主, 30 课时讲课, 18 课时练习

考试 (期末口试) 50分, 作业 10分, 课堂外课  
实习 { 听课 15  
调查 15  
天文记录 10



二. 大气对光元的影响

- 折射 (薄壳差), 改变方向
- 吸收与散射 ("大气消光"), 改变强度且与频率有关 (改变光谱 shape)
- 大气散射与吸收, 影响地面接收光量
- 大气散射, 影响光传输效率 (散射与吸收)



- $z_1$ : 太阳高度
- 对光元接收时, 消光不严重
- 大气消光系数与高度  $h$  有关, 与光元接收率  $dr$ , 又  $dF_{\lambda} = -\alpha_{\lambda} F_{\lambda} dr$
- 由大气层厚度  $z$  消光  $F_{\lambda}(z) = F_{\lambda}(0) e^{-\int_0^z \alpha_{\lambda} dr}$
- 由大气层厚度  $z$  消光  $P_{\lambda}(z) = \frac{F_{\lambda}(z)}{F_{\lambda}(0)}$
- 又  $P_{\lambda}$  与  $\tau_{\lambda}$  的关系是  $P_{\lambda}(z) = e^{-\tau_{\lambda}(z)}$  是消光系数和接收率的关系

大气消光系数的分布

P, P, T 随高度变化

按高度与成分可以分

- 对流层 (Mount. 对流)
- 平流层 (高空大气)
- 中间层 (流星)
- 热层
- 外逸层

$N_2$  78%,  $O_2$  21% 等等

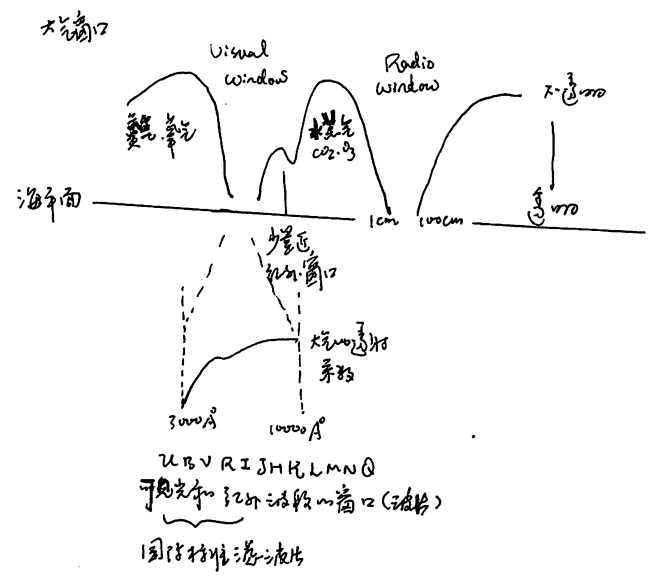
$CH_4, CO$  等等

尘埃 (4km), 水汽 (2km)

电离层 (电离层), 高度 23.5m 的极紫外光

60-2000km

大气消光: 改变光谱与强度与成分



消光改正: 数据外推与重要部分

亮度  $L = [erg \cdot s^{-1}]$

流量  $\Phi = [erg \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}]$

光度  $L_v = [erg \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}]$

光度  $L_v = [erg \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}]$

光度  $L_v = [erg \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}]$

光度  $E = [erg \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}]$

光度  $E = [erg \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}]$

光度  $E = [erg \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}]$

若大气内平均消光

$$\frac{dF_{\lambda}}{dh} = -\alpha_{\lambda} F_{\lambda}$$
$$F_{\lambda}(0) = \int_0^h \alpha_{\lambda} dh \Rightarrow \tau_{\lambda}(z) = \tau_{\lambda}(0) \sec z$$

若大气内平均消光, 若  $\alpha_{\lambda}$  与  $h$  有关, 若  $\alpha_{\lambda}$  与  $h$  无关, 若  $\alpha_{\lambda}$  与  $h$  有关

$$P_{\lambda}(z) = e^{-\tau_{\lambda}(z)} = P_{\lambda}(0) e^{-\tau_{\lambda}(0) \sec z}$$

即  $\frac{F_{\lambda}}{F_{\lambda}(0)} = P_{\lambda}(0) e^{-\tau_{\lambda}(0) \sec z}$ , 可由  $F_{\lambda}$  给出  $F_{\lambda}(0)$  (消光改正)

消光改正: 消光改正, 消光改正, 消光改正

消光改正: 消光改正, 消光改正, 消光改正

$$\Delta m = m_{\lambda} - m_{\lambda(0)} = -2.5 \lg \frac{F_{\lambda}}{F_{\lambda(0)}} = -2.5 \lg P_{\lambda}(0)$$

即  $\Delta m$  与  $P_{\lambda}(0)$  有关, 其中  $P_{\lambda}(0)$  可由消光改正和消光改正

消光改正: 消光改正, 消光改正, 消光改正

$$n^2 = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \geq 0$$

$\lambda_p$  是等离子体频率, 若  $\lambda_p > \lambda$ , 则  $n^2 < 0$ , 光不能传播

大气消光: 消光 (电离层中电子与离子复合), 消光 (电离层中电子与离子复合), 消光 (电离层中电子与离子复合)

大气消光: 消光 (电离层中电子与离子复合), 消光 (电离层中电子与离子复合), 消光 (电离层中电子与离子复合)

Seeing (视宁度) 问题: 地面观测的视宁度 0.4" (最佳观测条件 0.5~0.6")

三. 观测点也是因素

黄道: 在天空连续

恒星带:

银河消光: 用观测恒星消光 dust 分布  
再做消光改正

四. 台址问题

- 晴夜数多: (无雨, 少云, 无高云)
- 天气变化: (云层厚度, 太阳高度, 风速)
- 空气干燥: (湿度要低)
- seeing 好
- 气流平稳: 无龙卷风, 台风
- 地质结构好: 无地震带
- 无光污染: 远离城市

下一代国际大型望远镜选址: 夏威夷  
莱卡塔  
阿基

南极大台

高等数学与天体物理

六教 63308

0313/2018 week 3

第二章 坐标和时间

天球  
天球坐标系  
时间的计算

台址, 不同观测者, 不同时间  
的观测进行比较, 需要一个共同的“时间”(物理)坐标系。

2.1 天球

一. 天球的概念

“天”不存在, 天球也不是球

定义: 假定有一个围绕地球的大圆球, 它的半径

比所有已知天体还大, 称天球

• 观测者在地球中心 (不同观测者位置差  
天球半径, 可忽略)

• 所有恒星都位于天球表面, 与天球共面

• 不同远近的恒星, 在同一视线上, 则在天球上的位置是重合的。

• 天球满足几何学定律一切性质。

\* 一观测者可以确定方位  
二观测者可以确定高度  
(三观测者: 必须用足够)

\* 假设天球是无限大, 因而我们几乎不可能  
看到它

二. 天球上的基本点和基本圈

地球: 地轴, 地轴赤道, 经度圈, 纬度圈 (子午圈), 赤道  
初升圈

\* 如同自转, 恒星系高度不同, 向  
一个方向, 恒星也随着转动

\* 天球与地球关系极大

1. 天球和天轴: 天轴与天球心垂直  
北天极, 南天极 (P, P')

天球上恒星运动: 天球绕天轴作周日运动 (只有 P, P' 不动)  
周日平行圈: 恒星周日运动画出的一组平行小圆  
(离天极越近, 圈越小)

2. 天赤道

地球赤道无限延伸与天球心交点

天赤道面

南天, 北天

赤道圈, 赤道

3. 天顶和真地平

观测者的位置与地平线方向 (Z, Z')

4. 天赤道

四方位:

北天, 南天, 东天, 西天

天赤道面与真地平交点 (N, S, E, W)

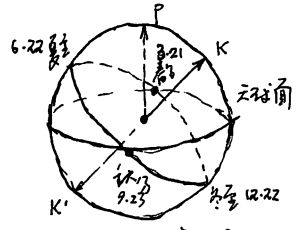
天赤道面与真地平交点 (W, E)

天赤道面与真地平交点 (W, E)

在恒星系中应用

5. 黄道, 黄极, 南, 北黄极 (K, K')

地球公转轨道延伸与天球心交点称黄道



以地球为参考系

赤道和  
黄道  
的交点  
(春分, 秋分)  
黄道与天赤道  
的夹角  
(黄赤交角)  
黄道与天赤道  
的夹角  
(黄赤交角)

春分, 秋分是  
黄道与天赤道  
的交点

\* 黄道的倾斜  
导致黄道与天赤道  
的夹角

关于时间, 四季都是因黄道, 但四季地轴倾斜的  
春分, 夏至, 秋分, 冬至, 每400年约60°, 2000年约30°  
每百年约

\* 2000年春分, 就是2000年春分  
为黄道与天赤道  
的交点

地理经度: 东经和西经以本初子午线为界; 东经为东经和西经  
地理纬度: 地理上为北纬和南纬

天白雲中，各星有四种不同<sup>天球</sup>之坐标，差别在于

|                                                                                         |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| $\left\{ \begin{array}{l} \text{赤道圈} \\ \text{黄道圈} \\ \text{赤道与黄道} \end{array} \right.$ | 或用小时、时角、时秒作单位。           |
|                                                                                         | $24^h \approx 360^\circ$ |
|                                                                                         | $1^m \approx 15'$        |
|                                                                                         | $1^s \approx 15''$       |

一、地产生要素 { 地形坡度 ~ 生SZ略，向面为E ~ 180° (西至90°  
                    { 地平纬度         ~ 东为负 ~ -180° (西-90°)  
                    {                     ~  
海陆，航云用得多   地平纬度，高度 h

二. 时间坐标系 { 时间 ~ 从公元前5世纪起算, 以耶稣正0年~20<sup>th</sup>  
赤纬 ~ 从赤道起算, 以耶稣正0年~20<sup>th</sup> } 相同坐标系

三、赤道坐标系(也叫第二赤道坐标系)

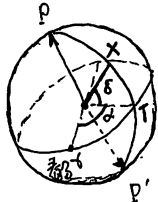
用经最多，修正误差小

相比于一二星固定一坐标

赤经 ~ 从大赤道起算起年，向东为正逆时针  
赤纬 ~ 从小赤道起年  
印为  $0 \sim 90^\circ$   
印为  $0 \sim -90^\circ$   
记为  $\delta$

认为  $\alpha$   
与周日运动的方向相反  
横叉  
与方位角方向相反  
这样，天体  $\alpha$  是否在不断增加

季节长度较大，  
越往南行，不喜北  
至远。


$$\alpha = 4T$$

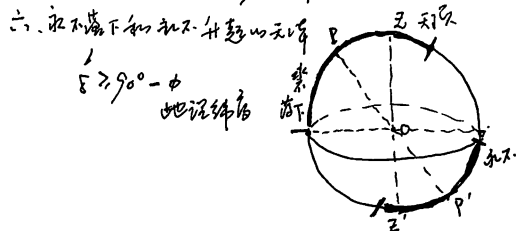
$$\delta = 4TX$$

$$\alpha = 2^4 30^7 30^5$$

四. 黄通星村系 { 黄经 黄纬 } 黄经起界

五. 长昆通道体系 { 长昆<sup>I</sup> → 在红水河、浪速河即向顺的什字处东进之(升龙之阻) 赴并  
长昆<sup>II</sup> 2020年~预导规划图

长昆河系涌流, 如急公而  
研究时参阅 5. (9. 2. 4)



此句：凡天所行天者永不落下，即天永不升起之

七. 中六

天不假天子年<sup>同</sup>的度量，上中不与下中  
上中天观<sup>同</sup>积，对水不落下<sup>同</sup>天年，上中不与下中<sup>同</sup>在地年<sup>同</sup>以上，即<sup>同</sup>况  
天<sup>同</sup>不<sup>同</sup>积<sup>同</sup>和<sup>同</sup>对水不<sup>同</sup>落下<sup>同</sup>天年，上中不与下中<sup>同</sup>都<sup>同</sup>积<sup>同</sup>元<sup>同</sup>  
消<sup>同</sup>积<sup>同</sup>

eg. 在春分日, 太阳位于赤道  
上, 赤纬为0。因此, 半夜以之  
头一次位于是 $180^\circ$ ;  
反之秋分日, 半夜头一次是 $0^\circ$ 。

### 2.3 时间的计量

利用自然光 → 同轴, 光轴定日、月、年。  
利用地球上的经纬度计时: 日、月、年、时、分、秒。时、分、秒由同一轴转过不同的角度。  
计时的两要素: 标准年长, 时间单位

一. 夏太阳时

真太阳日，每天长度都不等长（地球不是以匀速圆周运动的）

二. 矛盾的, 又对和

(用科学记数法) 将一个大阳年年初到年末 (S)

\* 太阳日和恒星日不同  
同为地球自转周期。

三、4 星期日

42 恒星日 短 3<sup>m</sup>56' 于太阳日, 一年下来, 恒星年短一天于太阳年  
24<sup>h</sup>

#### 四. 世界时.

格林威治的地方时，称为“世界时”( $M_1$ )

五. 日界紙

“同时期改变城”，由西向东越过此城，就要高一天（减一天）

六. 平时和战争的关系。(重要)

只有晚上有观测 (双子座型), 另外, 估计  $\delta \pm 30^\circ$  的赤道观测,  $\alpha \pm 6h$  的天平座观测  
问题: 给定天区, 给定日期, 能预测赤道范围有多大天区.

秋分日时, 太阳直射赤道, 昼夜平分, 昼夜长短相等。  
冬至日时, 太阳直射南回归线, 北半球昼短夜长, 南半球昼长夜短。

$$970236 + \frac{\text{day}}{3^m 56'}$$

自初陽起經行一天一次之42天內每經期更如：每過11月，更止又止(30°)

即每昼夜之地震次数 = 24 小时 × 所加系数

e.g. 1st 2nd, 3rd 4th

日影长: 太阳高度角  $15^\circ \sim 20^\circ$ , 太阳观测

晨光时 太阳离地平线南边,就要停止观测

$0^h \text{ 子}, 12^h \text{ 午}, 18^h \text{ 酉}, 24^h \text{ 子}$   
 $18^h \xrightarrow{6^h} 0^h \xrightarrow{6^h} 6^h \xrightarrow{6^h} 12^h \xrightarrow{6^h} 18^h$

另外, 还有一些不以地球时间为基准的计时系统

一. 历史时: 以地球公转为基准  
以1000年12月为基准年

二. 机械计时和原子时

把年、月、日以各种形式的组合, 计算长的时间间隔, 就是历法

- 1. 太阳历, 以太阳运动为基准, 365天为一年, 四年多一天
  - 2. 儒略历, 前46年, 由罗马人创制, 四年闰一天  
天文家叫 Julian Day (儒略日)
  - 3. 格里历, 基于儒略历
  - 4. 太阳历, 以月亮运动为基准, 一天354天, 每三年差一月  
(回历)
  - 5. 阴阳历, 阴阳合历, 与太阳历不同的是每3年闰月, 一年24节气  
(农历、夏历)
- 我们现在用的历法是徐光启的历法

高等天文物理 二教6B308 0320/2018 week 4

第三章 观测设备

3.1 天文望远镜

相比肉眼优势

- 大口径 (人眼 2~8mm, 更多的光子, 提高信噪比)
- 高增益 (分辨率高, 天体表面细节)
- 通光量大 (长时间曝光, 长时间曝光 (~hrs 光增曝光))

天文望远镜

- 口径、相对口径
- 放大率
- 视场
- 分辨率
- 分辨率

亮度

- 亮度  $L$  [erg s<sup>-1</sup>]
- 光通量 luminosity flux  $\Phi$  [Jm = cd · sr] =  $k \int_0^\infty \frac{d\Phi(\omega)}{d\omega} \nu d\nu$
- 亮度  $I = \frac{d\Phi}{d\omega}$  [cd] (candle, 烛光)
- 亮度 luminance  $L_v$  [cd/m<sup>2</sup>]
- 照度 illuminance  $E$  [lux = lm/m<sup>2</sup>]

1. 口径: 望远镜的口径  $D$  (第一重要参数)

光通量  $\propto D^2$

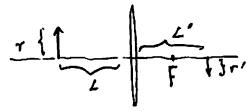
口径大, 能接收到更多的光子, 能看到的星星更多; 所需曝光时间更短。

2. 焦距  $f$ :  $A = \frac{D}{f}$  焦比  $f \text{ ratio}$   $\frac{1}{A}$

像面亮度  $I \propto D^2 \propto \text{视场}^2$ , 所以像亮度  $\propto (\frac{D}{f})^2 = A^2$

视场越大, 亮度越低, 能看到的星星越多; 所需曝光时间更长。

射电望远镜口径可区  $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$  射电望远镜口径可区  $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$  射电望远镜口径可区  $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$



$L' = (1 + \frac{L}{f})f$  由透镜成像公式  $\frac{1}{L} + \frac{1}{L'} = \frac{1}{f}$  当  $L \gg L'$  时,  $L' = f$ ; 当  $L \ll f$  时,  $L' \approx L$

即不同成像的视场  $S \propto f^2$

近几年有 ultra-diffuse galaxy / object, 是星系团中的成员, 亮度极低, 密度低, 但尺寸大, 约 100 倍于银河系, 但亮度低, 约 100 倍于银河系。

3. 放大率和焦距比

目镜常用  $G = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} \rightarrow \text{放大率} = \frac{f}{f'}$  目镜

所以焦距越大, 放大率就越大 (但像面亮度降低)

CCD 底片无目镜, 同焦距比  $\alpha = \frac{\omega'}{\omega} (\tan \omega = \frac{f'}{f})$

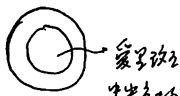
4. 视场: 望远镜能看到的天空区域

目镜视场  $\omega' = \tan \omega' = \frac{\tan \omega}{G}$  一般  $\frac{1}{G}$  放大, 视场小

放大率  $G$  视场小, 相同口径, 放大率小, 视场大, 相同口径, 放大率大, 视场小

物镜口径 (望远镜口径) 视场即物镜口径

5. 分辨率



瑞利判据: 一个光源的角距离  $\theta$  与另一个光源的角距离  $\theta'$  相等时, 刚好能分辨。

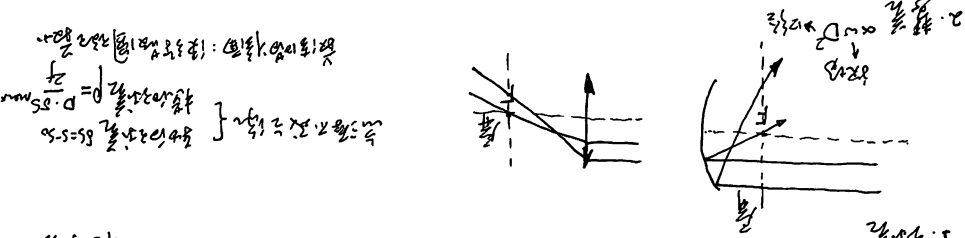
望远镜分辨率  $\theta \sim \frac{\lambda}{D}$  1.22 = 1.22  $\frac{\lambda}{D}$  射电望远镜, 口径要很大, 才能有分辨率, 才能有分辨率 (e.g. radio telescope FAST 350m 口径)

视觉特性: 视觉AO 视觉特性与视觉特性  
视觉特性:  $m_D = m'_D + 5.5 \log \frac{D}{D_0}$   
视觉特性:  $m_D = m'_D + 5.5 \log \frac{D}{D_0}$   
视觉特性:  $m_D = m'_D + 5.5 \log \frac{D}{D_0}$

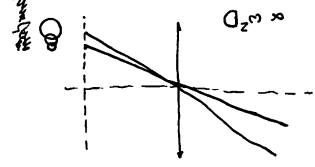
二. 视觉特性与视觉特性

视觉特性与视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性

视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性



视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性



视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性

视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性

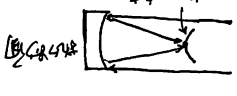
三. 视觉特性与视觉特性

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 |
| 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 |
| 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 |
| 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 |
| 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 | 视觉特性 |

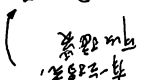


视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性

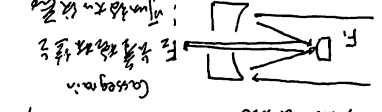
二. 视觉特性与视觉特性



视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性



视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性



视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性  
视觉特性: 视觉特性与视觉特性

RC 系统 { 主镜 ~ 凹双曲面  
副镜 ~ 凸双曲面

消除环境公害(消灭环境污染)  
场所必须仍在(面向水面)  
我国2.1bm即RC系先.

高学宏: 认识物理学 六教 6B308 0327/2018 week 5

## 五. 望远镜跟踪系统

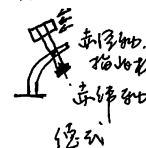
跟踪天作一圆日就远的  
如欲能向在两条重量上绕着在(赤道式、地球式)

1. 地形认识图 { 水平轴 // 地形认识图  
垂直轴 ⊥ 地形认识图



现在大望远镜都用重心稳定；但高射计并没有采取

2. 赤道位置 { 赤道  
极轴



美认 ... 改改美认 ... 美认  
(对意盛认) (对意盛认, 又认)

又式物德公能能通用可中必型。  
操望公、易字公通用大望。

### 3. 转义字符

电子系统。能决策系统与国际说述的决策原理同结构相符合;

#### 4. 领导装置

巡警鏡 (給切更夫)

穿星鏡(兒切大)~

用于小型设备。

→ 目标系统

自动导盲系统

附大玄鏡

(由其思, 和緩暗天, 夜以  
廣而亮屋, 距定位置)

### 3.2 辐射探测总论

将驱动信号取名为测试信号以表示

(利用新时与认识台质中反映出的规律作图, 将新的认识与老台质介绍)

光化学反応

克理之友

光中歌 (光中歌, 如光中歌, 光中歌)

1. 语言变化 (汉语方言)

四. 各种望远镜的性质和利用

反射弧: 无逆差

光吸收小 (光穿透性强, 吸收率 80~90%)

口很大, 相对口很大 (鱼卵小, 雏鱼短, 观测难, 省钱)  $\rightarrow$  这暗示有切线光路, 为光  
可靠有各种光路系统

分析: 況如

南方系

鏡面打磨處理

後記

折反射式: 经大心视场和相对口径  $\rightarrow$  通光面积比天. 沉通不平. 快速运动失常

我国6090cm (约等于王、河外星王、金星、火星)  
Schmidt+望远镜的ZFS

我国60/90cm Schmidt+望遠鏡的ZFS



(2) CMOS (互补型金属氧化物半导体)

每个像素都有自己的通道 { 成像质量差, 灵敏度差, 暗流, 噪声大 (天文观测不用)  
(CCD前一位以电荷) 但响应时间很快, 省电, 面积小  
线路密集, 读出慢, 耗电大

### 3.3 主动光学系统与自适应光学系统

被动光学 (passive optics)

主动光学 (active optics) → 观测时实时调整望远镜的形状  
消除重力导致形变, 误差;

第一架主动光学望远镜 ESO, NTT (5.5米, New Technology Telescope)  
1989年在新加坡使用

自适应光学 (adaptive optics)

消除大气湍流 (seeing) 对分辨率的限制  
根据 seeing 实时调整反射镜的形状 (每秒几十次修正, 每毫秒几十次修正)

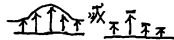
AO系统

~ 矫正系统  
{ 引导星 (激光产生) 光 / 589nm  
多束光 (1000条光束阵列)

~ 波前探测系统 由多束光反射回来

进入波前传感器, 由密集CCD记录, 分析系统误差

~ 改正系统 由变形镜由波前探测系统来反馈修正



自适应光学系统

TMT → 6米口径  
2个改正镜

Hubble 可以收到  
0.1" 以下

GLAO (ground layer)  
观测点地表附近~  
的大气层 (3-4公里)  
比较稳定, 可以收到  
0.3" 以下

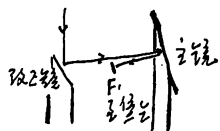
### 3.4 大型场多光纤的多目标观测系统

主动反射镜多目标观测系统 LAMOST

large area multi-object fiber spectroscopic telescope

口径6米 (直径4米)

观测系统 → 由4个单元 (主镜与改正镜都是反射镜) } 大口径和大视场



### 3.5 未来望远镜展望

{ 增加口径  
增加观测范围, 灵敏度, 分辨率

观测时间, 避开天文

大口径口径

望远镜面阵大口径

多波段观测, 多波段, 多望远镜组合

主动光学技术

自适应光学

干涉技术

地基望远镜

1997年, MMT (多镜面望远镜) 是第一次成功安装。  
在夏威夷马纳凯亚山 (6m), 2000年安装上

TMT ~ 30米  
ELT ~ 39.2米  
JWST

第四章

光度测量  
photometry

{ 测光系统  
光电探测  
多色测光系统  
校准与校正

高光谱观测系统

光谱 68308  
0403/2018 week 5

测光, 对恒星, 测光已经不再做了, 一般和图像一起做的 { 光谱  
恒星, 行星, 改正, 光谱数据现在仍然很重要;  
定标方法也仍然一样。

测光是光度测量的前提, 是观测时校准器 + 望远镜观测后 = 能量  
时间, 面积, 能量 [erg/cm<sup>2</sup>s] 或者等 m<sub>s</sub>

⊙ 光度 [erg/s]

• 光通量  $\Phi = K \int_0^{\infty} \frac{d\Phi}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda$  [lm or erg/s]  
视天函数

光度系统  $I = \frac{d\Phi}{d\lambda}$  [cd = lm/sr]

亮度  $L_v [cd/m^2]$  [erg/s/m<sup>2</sup>/sr] 辐射出射度  $M [erg/s/m^2]$  辐射  
照度  $E [lux = lm/m^2]$  [erg/s/cm<sup>2</sup>] 接收, 可以通对入射

• 目视等星  $m_v = -2.5 \lg E + C = -2.5 \lg \frac{E}{E_0}$  (与视亮度有关)

Hipparchus 和星等, E 是 100 倍  
的亮度, E 是 10<sup>-4</sup> = 2.512 倍

太阳的视星等  $m_v = -26.7$ , Sirius -1.5 Sun -27, Full moon -12.5



北京亮度的 60/90 cm 施密特望远镜

BATC 系统

4096x4096 像素的 CCD, 155 个带源支路 (abcde+g...)

大口径的多色巡天 (没有 COMBO-17 有名)

UBVRIZ 五色测光

测光器

测光器: TI Quasar (查尔斯), 小行星、彗星  
测光器: 测光器

JHK LMNO (测光器) 测光器 L-Band ~21 cm  
测光器: 测光器

MegaCam @ CFHT

Grizy @ Subaru 测光器 测光器 (NB 387)  
测光器: 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

## 5. 测光器与测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

## 6. AB 星

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

AB 星: 测光器 测光器 测光器 测光器

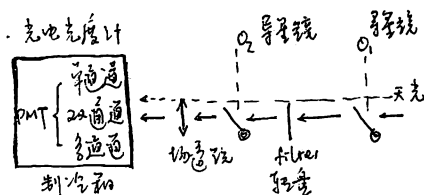
$$(1 \text{ Ry} = 10^{-23} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{Hz} = 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1})$$

$$m_{AB} = -2.5 \log F_{\nu}(\text{obj}) - 48.60$$

$$= m_{AB}(\text{obj}) + m_{AB}(\text{Vega}) \quad (\text{Vega 星为参考})$$

## 4.2 光电测光

### 一. 光电测光



测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

### 二. 光电测光

#### 1. 扣除天光背景

$$m_i = -2.5 \log (R_i - D_{i0})$$

#### 2. 天光消光校正 (一般忽略)

$$m_i - m_{i0} = (k_i' + k_i'' C_{ij}) M(i)$$

$$m_i - m_{i0} = (k_i' + k_i'' C_{ij}) \cdot M(i)$$

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

#### 3. 测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

$$\begin{cases} M_1 + \epsilon_1 = c_1 & c_1, m_1 \text{ 为测光器} \\ M_2 + \epsilon_2 + \epsilon_{m2} = m_2 & c_2, m_2 \text{ 为测光器} \end{cases}$$

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

### 三. 光电测光: 测光器 测光器 测光器 测光器

#### 1. 测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器  
测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

#### 2. 测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

#### 3. 测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器

测光器: 测光器 测光器 测光器 测光器



4.4 热平衡与辐射压

thermal  
热平衡是指通过各个波长的光通量 flux  
和绝对热平衡辐射各个波长的光通量 luminance } 通过辐射平衡, 得出 SED, 然后求和  
比较辐射

第五章 光谱观测 - 基础原理和仪器

高等实验天体物理 六期 6308  
0410/2018 week 6

- 光谱观测的背景知识
- 光谱仪中的光学原理
- 棱镜光谱仪
- 光栅光谱仪
- 光谱系统的要素

5.1 光谱观测的背景知识

天体光谱 { 天体光谱与天体物理观测关系研究又早于天文学; 观测天体光谱时, 观测天体光谱的波长分布  
仪器: 成像系统 (狭缝或光栅)  
分光系统  
e.g. Sloan 光谱仪 bin ~ 3Å

光谱观测的概述

1800年, Herschel, 发现红外线

(红外, 紫色光, 天王星, 银河系含氢)

1801年, 发现紫射线

靠北星光照到金箔上 (呈黑色)

1802年, Wollaston 在棱镜后加狭缝, 发现太阳光谱中有许多暗线 (吸收光谱)

沃拉斯顿线  
被误以为是青色光的边界线

1814年, 夫琅和费 观察到第一组谱线, 发现太阳的光谱线 (500多条暗线)

现在发现3万多条

1859年 基尔霍夫和拜耳提出光谱分析, 从光谱线可鉴定化学成分

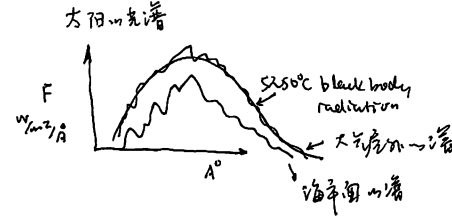
光谱  
认为太阳光谱是大气吸收造成的, 如氢, 氦, 氧; 对光谱天体物理学产生

意义:

(其他贡献: 光谱学, 光谱学, 发现元素周期表)

1868年, 瑞利和 Angstrom 定标太阳的光谱, 发现氢的谱线 (Å):

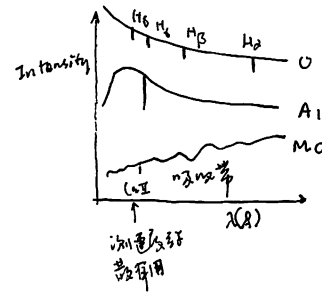
认识了太阳光谱中的 H<sub>2</sub> 线 (与氢的可见光谱比较); 此外还发现了谱线, 精确地测定了波长。  
氢 H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>



H<sub>2</sub>: 656.3 nm

观测的太阳光谱及原理

O B A F G K M 恒星光谱的系统分类



行星状星云光谱 (无氢光谱) O O OOO ... (现在用狭缝光谱更好)  
光谱有许多发射线  
6000Å 6500Å

恒星光谱 - 光谱分析  
W-R 光谱

W-R 光谱 (有 W-R 光谱)

光谱学 H<sub>2</sub> H<sub>3</sub> H<sub>4</sub> 吸收线  
4000 Å Break

光谱学 光谱学 光谱学  
光谱学 光谱学 光谱学  
光谱学 光谱学 光谱学

光谱学是如此的产生

光谱学 光谱学 光谱学 (光谱学) 光谱学 光谱学

光谱学 光谱学 光谱学 光谱学 光谱学

光谱学 光谱学 光谱学 光谱学 光谱学

光澤現象の意義

光谱观测 (利用谱仪与连续谱)

经四逆散  
 元善平安  
 天麻治症  
 普系红药  
 天麻珠珀

} 恒学物证  
 普系物证

→ 形成为理论

光谱观测的仪器：光谱仪（见上）

接口速度 (Apple 2000)  
 不受限制 ~ 4000 / 秒  
 密度的提高  
 ~ 相同容量, 体积小  
 ~ 不同语言  
 ~ 相似性能比较  
 苹果 II 号  
 ~ 可以用于 Hubble 太空望远镜  
 开壳现代宇宙学

## 5.2 光谱仪的性能参量

1. 色散度(A): 描述光谱线对光的分散程度与物理量

商速取限  $\frac{d\theta}{dt}$  [ 频率 / 度 ] : 频率与时间成正比, 在频率与时间成正比的情况下

线性空间的  $\frac{dH}{dt}$  [庞杂] : ~ 在象空间平面上的线性关系

例：紙色密度  $\frac{dD}{dL} = A$  [埃/厘米]

2. 光谱纯度 ( $\Delta\lambda_s$ ): 描述光谱线波长分辨率的参量 (除非是相干光源度以讨论, 要不然)

沿狭缝传播的光波中所有各一波长均同时存在 (非衍射光) (几何光学, 与衍射无关)

$$\Delta \lambda_B = S' \cdot A$$

3. 分辨率 (R): 在垂直方向上每厘米所能分辨的线数, 单位为  $R = \frac{\lambda}{\Delta x}$

理想光學系統 (透鏡  $\rightarrow 0$ ), 由此所決定  $\alpha_{diff}$

实际中 { 汉语的声母  $\Delta$  与  
汉语的韵母  $\Delta$  不同  
汉语的声母  $\Delta$  与  
汉语的韵母  $\Delta$  不同  
 $\Delta$  与  $\Delta$  不同

家庭用彩色光電快遞

測算分先，然此用論新條例第28條△入

4. 恰如兩解心兩來清成心波也差

同端新修路

$M \rightarrow 0.8$ 倍 第2次与1<sup>2</sup>的度  
(或0.5倍 for 1<sup>2</sup>度)

4. 光通量密度  $E_v = E_\lambda \frac{sh}{sh'}$   $\uparrow$  狭缝前的照度  $\uparrow$  狭缝的宽度

$\frac{dw}{d\lambda dA d\lambda}$   $\uparrow$  狭缝像的照度、高度

$\uparrow$  焦面上的像照度

给定条件与光滑性，则唯一可测函数是狭缝（宽度为  $\Delta x$  与  $\Delta x$  成反比）

戒虎评 大小 猴<sub>象</sub>通 $\times 2$ . 信<sub>象</sub>字<sub>象</sub>比<sub>象</sub>  $\times \sqrt{2}$ . 信<sub>象</sub>度<sub>象</sub>理<sub>象</sub>高. 地<sub>象</sub>度<sub>象</sub>下<sub>象</sub>降

5. 透壳率(T) 表示壳溶液收集率与壳壳心的质量

定义:  $T = \frac{S_1}{f_1^2} \times \pi \left(\frac{d_1}{2}\right)^2 \times \tau_n$  一透射系数

系统口径  $d_1$  将系统口径记为  $f_1$  焦距

系统上所有能量集中

光子数  $F = E_{\lambda} T$

↑ ↑ ↑ 走火。先由左或右

自來  
船板橋心照

東松T凡 是急知光譜以波長以千計量 (註大. 乃解系高以倍所)

大元系判同、同一望遠鏡、之光波向相同時 法所第一組号T天

2. 500000 TR

後院TR

8.9. 物端環境系統 (系統利用面而言, 系統本身不好, 但使用)

级而迅速统一境内，可免被匪修而一旦平乱充层。

相子-个德密特望远镜

A diagram illustrating the concept of a focus. A beam of light, represented by three horizontal arrows, passes through a convex lens (a rectangle with inward-curving sides). The light rays converge at a point labeled '焦点' (Focus) below the lens. A vertical dashed line indicates the optical axis.

无缝光谱仪

用此物端控环境,为光色温度定向系统

split mask

死海因气候干燥而更加狭浅，海面的天降为升，已使海平面接近岸



減少了信噪比的先驗;  
使用數學模型;  
但因果性. 要它背景  
的, 減低內部的信噪  
比, 減低內部的信噪  
比, 減低內部的信噪  
比.



7. 光谱与光谱

8. 光谱分析

光子与物质相互作用, 产生吸收或发射光谱;  
因此具有极高的灵敏度, 但自光谱范围很小 (解决与光谱范围无关的附加一个颜色散光光谱/  
校准, 使各谱线对齐)

9. 干涉仪

没有狭缝, 高光谱分辨率, 通过干涉原理,  
但光谱处理复杂。

5.5 光谱系统分类

1. 单色光谱仪

把光谱点以狭缝直接投影在光谱仪的焦平面上;

2. 折光光谱仪

如棱镜光谱仪, 光谱色散

3. 多通道光谱仪 (e.g. Gemini Multi-Object Spectrograph)

4. 光纤引导多目标光谱仪

光谱相互之间 (MMT 6.5m telescope)  
光谱交叉, 因而光谱仪采集光谱时由光谱仪直接记录  
CAMOST)  
主光谱和多光谱技术, 同时观测 4000 光谱 (多色光谱仪)

5. 无棱光谱仪

第六章 光谱观测及其数据处理

日期 6/30/8 week 7  
04/17/2018

6.1 观测准备: 申请时间, 观测计划

6.2 光谱观测: 仪器设置, 时间计算

6.1 观测准备:

观测申请 项目名称  
科学内容: 大量阅读文献  
观测时间: 详细观测计划 + 望远镜观测计划  
观测成果: paper list  
仪器: 折光, 干涉, BFOsc  
观测对象

观测工具

观测时间计算: 望远镜 webpage  
Pros { 光谱  
观测时间 → 可观测时间  
天气情况

光谱观测

6.2 仪器设置

Order 1: 1 级光谱  
Bandwidth 5500 Å: 闪耀光谱  
Slit: 2.2": 狭缝宽度  
Seeing: 2.0"  
CCD gain: 2.25 CCD 增益

观测计划: 以 FITS 格式保存

| Obj 名称   | RA          | Dec          | Exp. (s) | Filter | Epoch |
|----------|-------------|--------------|----------|--------|-------|
| HD 19445 | 14h 15m 10s | +60° 45' 00" | 60s      | ~      | 2000  |

NAC 0.25  
(焦距)

HEAT  
(校准板)

Star list

Dome flat (天空, 早晨或黄昏, 均匀照明, 或用白纸)

光谱仪和  
校准板可以用来校准 绝对通量, 定标 flux

校准灯: 光谱仪校准  
校准灯: 光谱仪校准  
校准灯: 光谱仪校准

光谱仪 ~ 光谱仪  
flat (平场)

光谱仪 ~ 光谱仪  
flat (平场)

光谱仪 ~ 光谱仪  
flat (平场)

由于 CCD 并非理想 (光谱仪) 校正 CCD 响应

Bias

（零时间噪声，是仪器本身产生的噪声造成CCD noise）

Bias 是暗电流同一图像

→ Bias Dome, sky flat HeAr HD... NGC, HD, Deneb star Bias

观测流程

严格来讲，每个目标观测时间间隔~秒级曝光和校准曝光；但往往多用共享观测

记录图：

观测天文望远镜校准了目标（望远镜看不到暗弱光源）  
用望远镜对准校准光源，然后观测目标光源

6.3 光谱处理

天文IRAF 专门处理图像（CCD）流程  
光谱图像 → 应用程序

Image Reduction and

Analysis Facility

http://iraf.nso.edu

音频

进入网站: mke iraf → login.cl uparm/

ssh -T

obsast@venus.phys.tsinghua.edu.cn  
gdsctw@

登录退出: cl; logout;

在终端帮助: help splot; help display; reference display

参数设置 epar; fpar (plot 和 list)

~/cd 2018 spring, students /name

data for students 2018

⌘ xy term 8 指定显示在哪个terminal环境最方便

log in logout 退出

⌘ ds9 打开 ds9

⌘ vnc 在 login-cl 底下（否则在~目录下）

进入交互环境

进入时间 /20020108

在服务器上运行 licheny 命令

是 5:15:45 左右，记录在 20020108.log

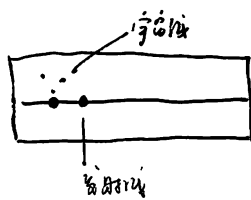
⌘ display ... 显示文件

在服务器上运行 frame 命令

||

⌘ epar display

scale ~ log



如何校准光谱？多次曝光，消除偏差

Pre-extraction Reduction for CCD Data

先对提取的 data，在两端两端，去除 bias，并扣除暗电流

Extraction and Calibration

⌘ ccdred

进入光谱，先扣除暗电流和 bias（2d → 1d）2d 开始

1. Find the spec display input 对光谱输入与光谱图像 window
2. Define extraction window. 选择光谱 (1D/2D)
3. Trace center of spatial profile
4. 选择

光谱 apall → 光谱数据

光谱数据，用 xT 谱 apall + identify

（何指或三光谱）  
必须已知波长

flux calibration 光谱校准（光谱校准时也做了）

linemap.gif

- 光谱数据
- bavertnet.dat xT 光谱
- peisnetb. 光谱数据
- inofnote.pdf 笔记

第二章 光谱应用（选讲）

内容见 PPT.

测光, 光谱, 偏振, 图像观测是天文学的四大观测内容  
05.5/2018

天文观测的各方面都相互  
是与观测技术结合的

射电观测, 紫外近红外观测, X射线天文观测  
05.29, 05.29, 05.29

8.1 概述

1. 光的偏振性

光的偏振性  
电磁波 (光波)  
横波 (光波)  
偏振 (偏振现象)  
分布 (图像观测)  
光一偏振态用电矢量来描述, 称为偏振态

自然光 (电磁波随机分布, 故名自然光)  
微偏振光 (光在传播过程中偏振化)  
圆偏振光  
椭圆偏振光  
都是偏振 (介于自然光和微偏振光之间)

2. 天体偏振的发现

1811, 法国 Arago D.E. 发现月球反射光呈部分偏振现象。

1968, Walker M.F. 对 AGN (NGC 1068) 观测, 发现 AGN 的偏振现象普遍  
(由尘埃区的散射产生双折射效应)

3. 偏振光的产生

AGN 的 SNR, Polar 高产量  
月面反射  
微偏振现象  
偏振与偏振度

自然光的二色性  
在大气中一个自然偏振光

光的传播

4. 偏振观测的意义

测量偏振 (部分偏振光一偏振度降低只有1%)  
揭示天体物理状态, 辐射机制和传播路径上的介电性质的度

作业: 课后习题

8.2 偏振的描述

偏振: 光的电矢量在空间中的分布  
偏振: 矢量描述

1. 偏振态描述

$$E_x = E_0 \sin(\omega t + \phi_x)$$
$$E_y = E_0 \sin(\omega t + \phi_y)$$

$$\frac{E_x^2}{x^2} + \frac{E_y^2}{y^2} - 2 \frac{E_x E_y}{xy} \cos \delta = \sin^2 \delta$$

$\delta = \phi_x - \phi_y$

$\delta$  完全描述了偏振态

$\delta$  的矢端轨迹一般是一个圆  $\rightarrow$  椭圆偏振光

$0 < \delta < \pi$  右旋 (顺时针)

$-\pi < \delta < 0$  左旋

$\delta = m\pi$  线偏振光

$\delta = (2m+1)\pi$  二阶偏振光

$\delta = (2m+1)\pi/2$  圆偏振光

2. 斯托克斯参数

$x, y, \delta$  参数彼此不同, 同时讨论偏振光传播性质时非常不方便。

斯托克斯引入参数

$$(x^2 + y^2)^2 - (x^2 - y^2)^2 - (2xy \cos \delta)^2 = (2xy \sin \delta)^2$$
$$I = S_0, S_1 = Q, S_2 = U, S_3 = V$$
$$S = (I, Q, U, V)$$
$$I^2 = Q^2 + U^2 + V^2$$

自然光只有三个参数  $I, Q, U$  斯托克斯参数

斯托克斯参数

$$S = (1, 0, 0, 0) \text{ for 自然光}$$
$$S = (1, 1, 0, 0) \text{ for 100\% 线偏振光 at } 0^\circ$$
$$S = (1, 0, 1, 0) \text{ for 100\% 线偏振光 at } 45^\circ$$
$$S = (1, -1, 0, 0) \text{ for 100\% 线偏振光 at } 90^\circ$$
$$S = (1, 0, 0, 1) \text{ for circular polarized 右旋左旋}$$

斯托克斯参数

$$I^2 = Q^2 + U^2 + V^2 \text{ 成立}$$

实际观测时, Stokes 参数是大量的平均值

$$I = \langle x^2 + y^2 \rangle$$

$$P = \frac{I_0}{I} = \frac{I_0}{I_0 + I_1} = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2 + V^2}}{I}, \tan 2\psi = \frac{U}{Q}$$

平均折射率方法 a, b 是椭圆主轴长度  
b 为短轴,  $\theta = 45^\circ$  是椭圆倾斜角  $\Rightarrow$  Stokes 表测法

8.3 偏振元件 { 起偏器 (非偏振光  $\rightarrow$  偏振光)  
检偏器

起偏器 { 自然光  
晶体双折射  
物质二向色性  
反射

1. 偏振器主要性质 { 透射率  
消光比  
偏振度

透射率  $T = (k_1 - k_2) \sin^2 \phi + k_2 \sim 45^\circ$  最大透射率  
消光比  $\downarrow$   
最大透射率  $\uparrow$  反射或透射光与入射光透射率的比值

理想偏振器  $k_1 = 1, k_2 = 0$   
实际情况  $k_1 < 1, k_2 > 0, T < 50\%$

消光比  $x = \frac{k_2}{k_1}$

$x < 10^{-5}$  偏振器才认为是优质的

偏振度  $P_E = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$  是仅由光强决定的, 而不是入射光强度; 表征自然光入射后出射光偏振度  
又叫起偏率

实际测量:  $T_{||}$  与  $T_{\perp}$

常用双折射偏振器

2. 反射和折射偏振器

自然光在平滑表面反射, 反射光与折射光一般都是部分偏振光:

垂直入射 平行入射  
垂直入射 平行入射

即偏振率  $\tan^2 \theta = n_2^2$ , 以此可入射角使光完全偏振  
(全偏振角)

多次反射, 反射光偏振度也高

3. 双折射偏振器

光通过各向异性介质, 有分成两束折射光现象 { 寻常光 (o光)  $\sim$  偏振光主方向  
非常光 (e光)  $\sim$  偏振光主方向  
主方向: 以光轴为基准  
主平面: 折射光线与光轴平面

e.g. Wollaston Prism  
沃拉斯顿棱镜 (多数为天然偏振器)  
注意: 双折射透明, 不能做透镜  
大面积时多使用偏振片

4. 偏振片

用品级: 二向色性, 双一个偏振方向吸收 (碘化银, 聚乙烯醇等)

透射方向: 允许通过光矢量的方向

优点: 面积大 (几乎无限制)  
透光率高 (大到  $\sim 100\%$ )  
轻薄, 易用  
透射光

缺点:  $T$  不均匀  
起偏率不如棱镜  
对光波长有选择  
需要镀膜

5. 波片

(waveplate)

也叫相位延迟器, 把一种偏振光变为另一种偏振光, 不改变强度

{ 图  $\rightarrow$  线  
线  $\rightarrow$  图  
{ 垂直入射, 平行入射  
光轴与晶片表面平行  
o光, e光在晶片内速度不同, 出射时产生相位差

半波片: 线  $\rightarrow$  线, 圆  $\rightarrow$  圆  
四分之一波片:  $\delta = (2k+1)\pi$   
{ 线  $\rightarrow$  圆 / 圆  $\rightarrow$  线  
圆  $\rightarrow$  线, 线  $\rightarrow$  圆

## 8.4 偏振光的测量

## 1. 偏振光的测量 → 偏振光的偏振态

是偏振光? 属于哪种偏振?

偏振光的定义 +  $\frac{\lambda}{4}$  片

- 自然光
- 圆/部分圆偏振
- 线/部分线偏振
- 椭圆/部分椭圆

自然光 → 线偏振光

- 通过偏振片一半
- 通过偏振片后, 强度减半

→  $\frac{1}{4}\lambda$  → 线偏振

向为圆的偏振

线偏振光 → 有大有小

- 强度为0

部分线偏振光 → 有大有小

- 强度相等

部分圆 → 强度  $\frac{1}{2}$

- 强度比强度大

→  $\frac{1}{4}\lambda$

向为部分线偏振光

部分椭圆 → 有大有小

- 强度相等

圆

- 强度为0

椭圆

- 强度大, 强度小

→ 有大有小

- 强度相等

## 2. 部分线偏振光的测量原理 (常见)

$$A. I(\psi) = I_0 + I_p \cos^2(\psi - \psi_0)$$

偏振光

光通过方向为  $\psi_0$

已知量  $I_p, I_0, \psi_0$ , 三次测量即可.

例如, 在  $\psi_0, \psi_0 + 60^\circ, \psi_0 + 120^\circ$  分别测得强度

B. 测得  $\psi_0$  后, Stokes 参数

$$S_1 = I(0^\circ) - I(90^\circ)$$

$$S_2 = I(45^\circ) - I(135^\circ)$$

$$S_3 = I(0^\circ) + I(90^\circ)$$

$$S_4 = I(45^\circ) + I(135^\circ)$$

C. 多次测量变为平均值

## 3. 非线偏振光的测量原理 (见图1和图2)

A. 通过  $\frac{1}{4}$  波片

$$(I \text{ or } u) \rightarrow (I \text{ or } u - u)$$

转换为线偏振光, 再用线偏振片测量

## 4. 测量光的偏振态

通常与测量光强

$$e.g. \text{ 光强 } P_x = m(90^\circ) - m(0^\circ)$$

$P_y, \dots$

可以用 Stokes 参数

## 5. 偏振光的测量

自然光, 圆偏振光, 椭圆偏振光

线偏振光, 椭圆偏振光

CCD

偏振片或 Polarimeter

$\lambda/4$  plate

Arc split/lamp

2000 号透镜

线偏振 Polarimeter

Focal at Subaru

其他操作

偏振片位置

零偏振片位置

天空背景

零偏振片位置

偏振器件, 见图3



再次图像

偏振片等偏振器件



先進的射電望遠鏡代表

英國 Jodrell Bank 的 Lovell 76m

1951 年啟用，是世界上最大的射電望遠鏡

位於新墨西哥州的 Arecibo 64m

1961 年建成，當時是世界上最大的射電望遠鏡

與阿雷西博射電望遠鏡共同組成甚長基線干涉測量系統

2000 年開始的小沖擊中，- 米級徑向波長

美國 Arecibo 305m

1963 年建成，是世界上最大的射電望遠鏡

最初利用甚長基線干涉測量，後來因天文觀測而發展

1974 年第一架射電望遠鏡，1982 年重新組裝時曾發現

地球以外的文明 SETI 計劃正在進行

德國 Effelsberg 100m

1971 年建成，是世界上最大的射電望遠鏡

22 个波段 (90cm ~ 3.5mm)，寬頻接收

美國 Green Bank 的GBT 100m

2000 年投入觀測

150 個接收機，所有接收機都

主向射電望遠鏡 (主波束力 100)，所有接收機都觀測

位於新墨西哥州的 SR 64m

土油 天線直徑 65 米

1951 年建成，是世界上最大的射電望遠鏡

位於新墨西哥州的射電望遠鏡 (波束力 50%) (最大徑 2 米 = 波長 7mm)

75m, 8 bands (1.5-50 GHz) 的波束直徑

射電望遠鏡 射電望遠鏡

射電望遠鏡

射電望遠鏡

射電望遠鏡

天線，波束直徑 65 米，1.5-50 GHz 的波束直徑

FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope)

Kaustic effect 在射電望遠鏡

Active media reflector 在射電望遠鏡中，因為電場

(300 米長的波長，40° 天線直徑)

射電望遠鏡 (200m)

2017 年建成，是世界上最大的射電望遠鏡 (Arecibo 射電望遠鏡，200 米直徑)

射電望遠鏡 (Arecibo 射電望遠鏡，200 米直徑)

射電望遠鏡 (Arecibo 射電望遠鏡，200 米直徑)

射電望遠鏡公式

射電望遠鏡公式  $I_\nu(B, \lambda) (W^{-2} Hz^{-1})$

射電望遠鏡公式  $S_\nu (W^{-2} Hz^{-1}) = \int I_\nu \cos \theta d\Omega$

射電望遠鏡公式  $J_{\text{sky}} = 10^{-23} W^{-2} Hz^{-1} = 10^{-23} ergs s^{-1} cm^{-2} Hz^{-1}$

射電望遠鏡公式  $1.5 \times 10^{-24} W^{-2} Hz^{-1} \rightarrow 1.5 mK$

射電望遠鏡公式  $60\%$  efficiency

射電望遠鏡公式  $T = 3K$  brightness

射電望遠鏡公式  $B_{\nu}$  亮度

射電望遠鏡公式  $B_{\nu} \approx 2kT \frac{c^2}{\lambda^2}$

射電望遠鏡公式  $S_\nu = \int B(\theta, \Phi) d\Omega$

射電望遠鏡公式  $22000 K$

射電望遠鏡公式  $0.05 K$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

射電望遠鏡公式  $10^{-14} Hz (45cm)$

解電入 $\sim 10^5$ 克溶入，  
係以係不所可的解電大，此等區同係品如係這電光 (1954 Martin Ryle) (19700  $\sim \frac{1}{dt}$ )

如右: 西之 WSR.T. 澳大洲之 ATCA, 美国 MERLIN, VLA (甚大阵列)  
 一维干涉仪  $\sim 96\text{m}$       二维干涉仪  $\sim 6\text{km}$       三维干涉仪  $\sim 100\text{km}$       二维干涉仪, Y型干涉仪, 最长基线长度  $35\text{km}$

JVLA (甚大阵)  
↓  
Jansky

性能指标提高一个量级  
1~50GHz 完全覆盖

干涉 = 干涉条纹 in UV plane 空间频率与 Fourier 变换  

$$I(u,v) = \iint_s A(\omega) \cos e^{j2\pi \vec{u} \cdot \vec{\omega}} d\omega$$
  
 干涉度函数  
 两干涉光干涉  $R(T) = \frac{1}{T} \int_0^T I_1(u_1, t) I_2(u_2, t-T) dt$   
 干涉度函数  
 VLB1 与 最密空间分辨率 惠特尼 (Whitney).  
 美国 1971 AGN 干涉测量  $\lambda \sim 10^{-3} \sim 10^{-2}$  mm

VLBI 干涉测量 分辨率高  
美国 1971 AGRN 干涉测量  $\frac{\lambda}{C} \sim 10^{-3}, 2 \sim 0.5$   
1995 GBN 干涉测量 Kepler 望远镜  
精度  $\text{microsec}$  分辨率高  
{ Eye 1'  
0.001 1000 倍

10  $\mu$ arcsec VLBI  $\sim$  Gaia 太空望远镜

EVN (European VLBI network)

e-VLBI (electronic, 电子VLBI, 同 Internet 网络)

Note: 连续傅氏 (可微度函数) 是一一对应 Fourier 变换对。  
离散傅氏

用同 VLB1. 用对端磁头同的磁头定位

CE-4 新卫星, 作为背面观测的中途站

SKA 大接收面积, 高频率要求, 大接收, 家附近 (图书馆西边)

科学名称: 宁高岩泥元  
 来源: 宁高岩和岩泥元。  
 宁高岩泥元: 以水冲和泥元为原料, 经风干、宁高岩泥元是冲和泥元

ALMA image of young star & planetary disk

中国宝岛玻璃干诗陈所

# 射电天文学重大前沿问题

- 高尔基草拟  
高尔基病、高尔基细胞、高尔基体

- 暗喻：宇宙飞船

VLBI  
黑洞候选者观测  
银河系中心观测，黑洞吸积过程  
黑洞双源成像成为可能  $\rightarrow$  观测黑洞阴影  $5 R_s$  ( $50 \mu \text{ arcsec}$ )  
EHT (event horizon telescope,  $20 \mu \text{ arcsec}$  resolution)

善哉此語

巴什不同游戏 - 2211. 因为 optical depth 不同  
所以可以知道不同时间不同位置

$$B_{\omega} \equiv \frac{2kT_b \omega^2}{c^2}, \text{ 与频率谱无关}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \leq \frac{\lambda}{\rho}, \quad \text{而} \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\pi \omega^2}{4}, \quad I = \frac{2kT_b}{\lambda^2}, \quad S = I \cdot \frac{\pi \omega^2}{4}$$

$\Rightarrow T_b \geq \frac{20^2}{\pi k} S$  Base line  $\sim 4000 \text{ km}$   
 $\downarrow$   
 $\geq 0.01 T_j$  在地表上深度在  $4000 \text{ km}$   
所以所测得的  $T_b$  不可能超过  $7.4 \times 10^7 \text{ K}$

~ Reference

## Interferometry and Synthesis in Radio astronomy.

Essential Radio Astronomy Thompson, Moran, Swenson 1986

James J. Condon Scott M. Ransom 2016

此外、紫竹天文观测站 普和中心；此外；紫竹天文；海河总站  
梁运镜中心站。结构。语言商；研究功能

孔旭 x.kong@uwc.edu.cn  
中国科大 天友系

1. 数量折扣

物作以论度决定其辐射谱长 | 长波~长波  
| 短波~短波

$$T \lambda_{peak} = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

自身深度 是海河和—20°经度上  
(不-因20°, 因—20°不-因) 正负  $\lambda_{\text{peak}}$  不-因, T不-因)  
不-因物理过程

多波段天文地理卫星

但设备和观测方法各有差异

2. 红外天文 (利用红外波段, 研究宇宙之学科)

对于无数据量

|            |        |
|------------|--------|
| ULRG       | } 无数据量 |
| Starburst  |        |
| Dry        | } 无数据量 |
| Elliptical |        |

} 无数据量

## Discovery of Infrared

1800年,英国.威廉.赫歇尔在太阳光谱中发现红外线  
并用温度计发现红外线的热效应

|                                                                                       |                                               |                                      |                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\left\{ \begin{array}{l} \text{FIR} \\ \text{MIR} \\ \text{IIR} \end{array} \right.$ | $\lambda$                                     | $T$                                  | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Cooler Red stars} \\ \text{Red giants} \\ \text{Planets} \\ \text{Dust warmed by starlight} \\ \text{cold dust} \\ \text{central region of galaxies} \\ \text{very cold molecular gas} \end{array} \right.$ |
|                                                                                       | $0.7 - (1 \text{ to } 5) \mu\text{m}$         | $140 - (3000 - 5200)$                |                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                       | $5 \text{ to } (25 \text{ to } 40)$           | $(2 - 5 - 140) \sim 140$             |                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                       | $(25 \text{ to } 40) \text{ to } (200 - 350)$ | $(10.6 - 18 - 5) \sim (2 - 5 - 140)$ |                                                                                                                                                                                                                                             |

### Source of IR Emission

Dusty regions (star forming regions)

PAH (多环芳烃)

Star forming region dust

2018.12.14

12. 冷虫类胚胎 (10~100  $\mu$ m)

Coal object

Small coal stumps, real giants  
(1 pm)

planets, comets, asteroids

interstellar dust ( $20 \sim 200 \mu\text{m}$ ), planetary disks

e.g. 333 BHR 7, 221141

因 Spitzer 望远镜与 VLT 7.1m 望远镜合作  
(红外) (光学)

e.g.

|             |            |                   |
|-------------|------------|-------------------|
| Ultraviolet | 900-3000 Å | $10^4 - 10^6$ K   |
| Infrared    | 1-1000 µm  | $10^{-10}$ to 1 K |

32 外 7 月 20 日 10 月 20 日

1. 尘埃清光与波光成反比

沙河中心：周子良-李永玉-李永玉-李永玉

2. 1/2 401 kg 24M. 1/2 401 kg 24M. 1/2 401 kg 24M.  
CM3 is peak

### 3. Early Universe

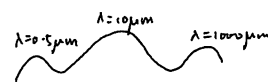
4. 分子在腔外沿腔管壁分布

रूपांतरित

1. 地球元素对植物生长的影响，只有近1%的植物有一些离子  
 ↓  
 大气中  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  对植物生长影响强  
 ↓  
 吸收和转化  
 所以通过元素区域或空间观测  
 (智利、夏威夷、南极等)  
 TM2观测

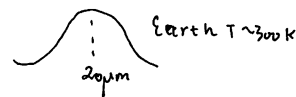
离子 (J H K L M N)  
 2.2  $\mu\text{m}$   
 ↓  
 1.2  $\mu\text{m}$  1.6  $\mu\text{m}$  2.2  $\mu\text{m}$  吸收  
 HST 光谱  
 2MASS (JHK) 观测

2. 天空背景物地互不存在的统一辐射



- 硅二极管等效电路 (图 2) 两个等效
- CM 的  $C_{eq}$  约  $100 \sim 1000 \text{ pF}$
- 黄道光 (产生于恒星对太阳光  $\omega_{\text{黄道光}}$ )  $T=300\text{K}$ ,  $\lambda=10 \mu\text{m}$

3. 呈这流在舟心型孔射



### Align Redshift objects

$$\frac{\partial}{\partial t} \rightarrow \text{記憶}$$

Smith Lyman - 60 break 48 12

光宝 + 红毛印以双溪、湖、池等径

$$\begin{cases} \text{Friedel-Lyman limit } (9.12 \text{ \AA}) \text{ for } z \gg z_{\text{Ly}\alpha} \\ \text{Friedel gap for } z \gg z_{\text{Ly}\alpha} \end{cases}$$

# 红外望远镜的特点

- MST (光学 + 近红外)
- JWST

1. 不同时间望远镜, 采用衍射式结构  
减少视场内机械遮挡  
使小面积+高灵敏度, 减少红外辐射  
外通光路不镀膜, 而是抛光镀膜, 减少红外发现  
主镜镀金, 金对红外反射率高

## 2. 光学系统更复杂

光学同口径, 如 f15

红外同口径, 降低天空背景亮度, 还可减小副镜尺寸和便大观测  
f/20 ~ f/100

## 红外观测模式 Chopping and nodding

和条的单一背景 望远镜+天文背景, 单轴天体背景 交替出现  
通过望远镜和两个不同位置间快速移动 "chopping and nodding"  
即为红外望远镜观测制 主镜观测 (望远镜, 望远镜, 望远镜)  
副镜观测 (望远镜, 望远镜) ~ Hz  
如果天文背景不是特别强烈, 此种方法可观测和背景  
主镜观测 (望远镜, 望远镜, 望远镜)  
副镜观测 (望远镜, 望远镜) ~ Hz  
如果天文背景不是特别强烈, 此种方法可观测和背景

## 红外观测的特点

在红外波段上, 吸收比高, 吸收; 地面观测观测近红外 JHK 波段。

space 与地面红外相差 10 倍, 40cm 空间 IR 观测 ~ 8m 地面 IR 观测

## 红外探测器

光学: CCD (电荷耦合器件, 半导体硅, 灵敏度与波长 1.1  $\mu m$ )

红外: 电荷耦合器件, 半导体硅, 灵敏度与波长 1.1  $\mu m$ ;  
gap

量子阱: 1.0 ~ 5.5  $\mu m$

量子阱: 0.8 ~ 2.5  $\mu m$

量子阱: 6.0 ~ 27  $\mu m$

量子阱: 20  $\mu m$  (近红外)

探测器 Hybrid array construction IR detector layer (de silicon)

Si readout layer (silicon CMOS)

探测器读出, 光学 CCD 阵列

# 地面的红外望远镜

地面红外望远镜多为 NIR

地面观测所有中远红外 SPITZER (2008 年发射, 同口径观测近红外)  
WISE  
HERSCHEL

IRAS USA, UK, 望远镜仍有用  
(1983-1985) (2.5, 6, 12, 25  $\mu m$ ) 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜  
ISO (1995-1998) (2.4-240  $\mu m$ ) 望远镜与光谱的望远镜

SPITZER SPACE TELESCOPE (2003-2008) (1.1, 3.6, 4.5, 5.8  $\mu m$ ) 4 band 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜

SOFIA (30-300  $\mu m$ ) 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜

HERSCHEL SPACE OBSERVATORY (望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜)  
WISE (2009-2010) 0.4m 望远镜, 1000 times deeper than IRAS  
(3, 4, 12, 22  $\mu m$ ) 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜

JWST (future)  
(NIR Camera 0.6-5  $\mu m$  2.1' x 2.1' FOV 6.5m 望远镜  
NIR Spec. 5-17  $\mu m$  10 year life time  
MIR image & spec 5-28  $\mu m$ )

## 3. 紫外天文

望远镜: 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜  
望远镜: 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜

100  $\text{\AA}$  ~ 4000  $\text{\AA}$  (3 ~ 12 eV) { 2000  $\text{\AA}$  ~ 4000  $\text{\AA}$  望远镜  
3200  $\text{\AA}$  ~ 3200 ~ 4000  $\text{\AA}$  望远镜  
望远镜 地面观测望远镜  
Lyman limit

## UV 望远镜

望远镜 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜  
望远镜, 望远镜: 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜  
OVI, CIV, NV, CIII CIV 望远镜, 望远镜

望远镜: 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜  
望远镜: 望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜

望远镜, 望远镜, 望远镜, 望远镜

dust grains  
100nm  
graphite and silicates  
dust extinction  
望远镜, 望远镜



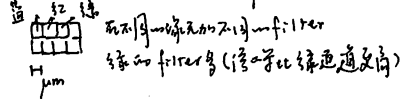


也是由高能电子产生，探测高能电子；半导体的探测点  
电荷耦合器件 (CCD)

光子  $\rightarrow$  电子  $\rightarrow$  电荷转移  $\rightarrow$  顺序读出  
曝光

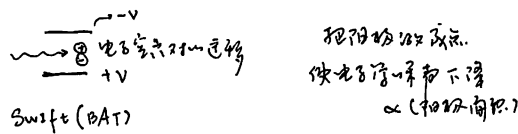
光子 CCD 与 X 射线 CCD 类似  
都是利用电荷转移原理 (电荷耦合)

无探测波长 (每个像素产生一个光子)



其他半导体的探测点

Si-PIN (硅 PIN) SDD (硅漂移探测器)



半导体的探测点  $\propto$  光子通量，所以高光子通量时，  
(N 更大)

能量分辨率

光子 X 射线光子后，能量变化 (电荷电阻必须特别好)

能量分辨率更好，不要求统计分布误差更小

2000 年, Astro-E 发射失败  
2005 年, 日本的 Suzaku 成功发射并运行至今

但不工作 (能量分辨率低到无法分辨)

2011 年, Astro-H 发射调整失败

|            |                    |
|------------|--------------------|
| 6 keV X 射线 |                    |
| 300K       | 10-10 电荷比          |
| 18 Si      | 0.1K 10-5 电荷比 (可测) |
|            | 超导体, 电阻小           |

能量分辨率  $\propto$  RCT, 因此必须用低温超导。

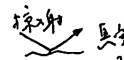
X 射线衍射光栅  $\rightarrow$  另一种能量分辨率方法, 分辨率  $\sim$  能量分辨率  
但效率低 (0 级为主)

光栅尺度要小

$\sin \alpha \sin \beta = m \lambda$  分辨率大  
XMM Newton 和 Chandra 都在用

探测能量分辨率

X 射线光子光子也可以发生全反射



聚焦几何 探测器面只聚焦不聚焦 (偏轴无焦)

0.1-10 keV 探测器面 + 双曲面聚焦成像 (Chandra HRC) (分辨率 1")  
(10 微米级精度, 多次反射) (单光子探测器, 多次反射)

光子读出  
只用少量的探测点, 一般 4 个  
优点是速度很快 ( $\sim$  ns)  
可以用 CMOS 改进, 一致性较差。

730 keV, 11 个探测点, 75 keV 探测面分辨率太高

可以使用反射层, 多层膜反射 (Bragg 反射)  $\rightarrow$  可做到几十 keV

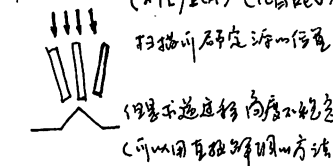


可以使用硅基光子学  $\rightarrow$  增加探测场  
Einstein Probe

可以使用硅基光子学  $\rightarrow$  硅基光子学成像 (SWIFT/BAT)  $\rightarrow$  Gamma 探测器

通道的调制, 不同  
方向调制成像模式不同

将光子探测器



高能伽马射线探测器

高能伽马射线 (Gamma Ray), 不能被吸收 (MeV)

利用 Compton 散射原理制成 Compton 望远镜



光子学成像中心  
即为探测器

高能伽马射线 (Gamma Ray), 用对产生望远镜 (FETI/LAT) (GeV)

高能伽马射线 (Gamma Ray), 用大孔径探测器

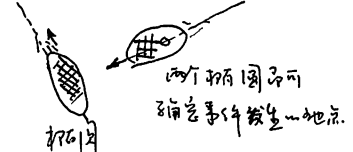
高能伽马射线  $\rightarrow$  切通望远镜  
产生带电粒子 蓝光

光子学成像原理是 ns 级制, CCD 与 SDD

探测器光子学成像, 必须用光电倍增管

(HESS in 地球)

VERITAS in 地球)



新窗口: X 射线成像探测器

1971 年发射失败, 后来 Compton 探测器在 1973 年  
2475,  $P = 15.4\% \pm 5.2\%$

1975 年 050-8 卫星, 确定一颗脉冲星 (是同名脉冲星)

$P = 19\% \pm 1\%$   
 $\phi = 156^\circ \pm 2^\circ$  Weisskopf et al. 1976 1978.

Bragg 反射对光子产生光子, 因此效率太低, 而后再有光子学

更新探测方法: 光子学成像与 X 射线光子学成像  
光子学成像: 光子学成像与 X 射线光子学成像  
光子学成像: 光子学成像与 X 射线光子学成像  
光子学成像: 光子学成像与 X 射线光子学成像

探测效率与灵敏度的关系

(如何计算, 如何设计)

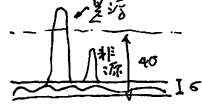
- 灵敏度: 所能探测的最小物理量
- 探测效率: 该系统所能探测到的最小物理量
- 给定置信度时, 不是由背景涨落引起, 而是由信号引起, 最小信号即为灵敏度
- 计数率有本底  $B$  counts, 观测时间  $t$ , 探测面积  $A$ , 单位面积计数率  $R$  (photons/cm<sup>2</sup>s)
- 做误差分析, 当误差与灵敏度相当

$$R = \frac{\sigma \sqrt{BA t}}{\eta A t} = \frac{\sigma}{\eta} \sqrt{\frac{B}{A t}} \quad (\text{photons/cm}^2\text{s})$$

探测效率  $\eta$  为信号与总计数之比

$\sigma = \frac{R \eta A t}{\sqrt{BA t}}$  为信号与总计数之比

4或5



所以要设法降低本底, 增加面积

- 对于聚束探测器, 单位面积  $\sqrt{BA t}$  聚集在区域面积

$$R = \frac{\sigma \sqrt{BA t}}{\eta A t} = \frac{\sigma}{\eta A} \sqrt{\frac{BA t}{t}} \quad (\text{photons/cm}^2\text{s})$$

所以聚束可以降低本底, 提高灵敏度

同时, 还可以对信号曝光时间来增加灵敏度

结论: 为更高灵敏度, 可以用聚束型

- 0.9. 2个有源探测器 A. 聚束型 面积  $10 \text{ cm}^2$ , 灵敏度  $0.01 \text{ cm}$
- B. 普通型 面积  $10^4 \text{ cm}^2$
- 单位面积  $1 \text{ counts/s/cm}^2$

观测信号源的活, 用哪个探测器?

$$\frac{S}{N} = \frac{FA t}{\sqrt{BA t}} = \begin{cases} A. 10^3 \sqrt{F t} \text{ 有用聚束型} \\ B. 10^2 \sqrt{F t} \end{cases}$$

$$S/N = \frac{FA t}{\sqrt{BA t}} = \begin{cases} A. \sqrt{10^3 F t} \\ B. \sqrt{10^2 F t} \end{cases} \text{ 有用普通型}$$

统计误差

无限长观测时间, 是否可以实现无限高的活?

对本底估计是否是有偏的? 对本底估计是否准确? 如果是, 则测量时间越长则  
可探测到更弱的源, 但误差是有系统误差的, 所以统计误差  $1/\sqrt{N}$  统计误差  $1/(\sqrt{S+B})$   
再增加曝光时间就没用了。

CH9 19회 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

2. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

3. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

4. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

5. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

6. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

7. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

8. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

9. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

10. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

11. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

12. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

13. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

2. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

3. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

4. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

5. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

6. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

7. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

8. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요  
1. CH9 방송일지 2018 06 12  
주요

1/2 同义: source extractor

build catalog of objects from an astronomical image

Q40 PLOT

package for stellar photometry, for crowded fields

## 5. 图像应用

论文名称: 光磨工艺. 双管特设设计

崑崙源光緒：潘城臨原或光緒元年

电话编号统计分布: 1600 310 400 400

长堤加多支纤：二纤光谱测试

商红蜡生香研究：选取/物理特性研究

- morphology of galaxies

where, when, how from?

question } evolution of morphology.

morphology as function of environment & needshift

田沢島系 鳴動系 (E-30-S | S<sub>2</sub>-Irr)

延天以骨力乃美 (如字化)  
 叶机以乃美 (中心象集度)  
 延智以乃美 (如字化)

问题:主观性, 过度估计频率, 不适合作为决策依据

5 morphological type 有 7

elliptical  $\rightarrow R'^4$  law (de Vaucouleur's law)

$$I(R) = I_e \exp \left( -7.67 \left[ \left( \frac{R}{R_e} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right] \right)$$

Spiral  $\sim$  2 component  $\left\{ \begin{array}{l} \text{disk (exponential)} \\ \text{bulge } (R^{1/4}) \end{array} \right.$

$$I(R) = I_d \cdot \exp\left(-\frac{R}{R_d}\right)$$

$$\mu(R) = \mu_d + 1.086 \left(\frac{R}{R_d}\right)$$

- 假设地球为球  $I(R) = I(0) \exp\left(-\ln\left(\frac{R}{R_0}\right)^{1/n}\right)$

instrumental response (filter + CCD + telescope)

Vega's magnitude is close to 0.0 for all bands

$$\lambda f_A = \omega f_v, \quad \text{zero point } \frac{3}{2} \hbar \omega \text{ constant}$$

在红外, 常峰较宽  $\text{Cl}^-$  系统波数与到 RMAAS 系统 JHK ("Measuring the Universe" P130)