

第2章 天体的信息和 大气的影晌

2.1 天体信息的载体

2.2 地球大气的影晌

2.3 影响观测的其它因素

2.4 台址问题

2.1 天体信息的载体

人们获得天体信息的渠道主要有四种，其中电磁辐射是**最主要的**天体信息的载体。

- 电磁辐射：电磁波、光子
- 物质：从原子核(宇宙射线)到陨石
- 中微子：强相互作用和弱相互作用
- 引力波：天体的剧烈变化产生

2.1.1 电磁辐射 (electromagnetic radiation)

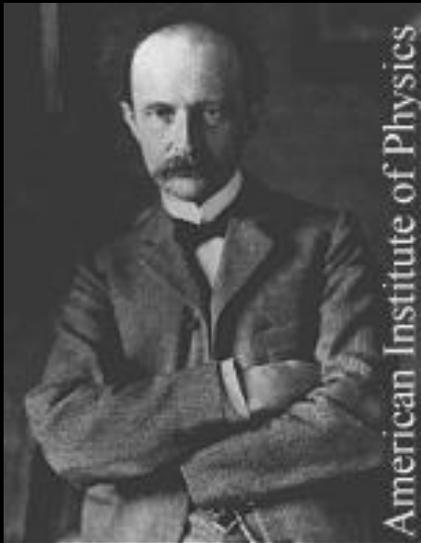
- 任何物体都在不断地向周围空间以电磁波形式辐射能量。
- 电磁辐射几乎携带着现代天体物理学得以构建的所有信息。

- 电磁辐射由光子构成（**粒子性**）

光子的能量与频率（或颜色）有关：频率越高（低），能量越高（低）。

$$E = h\nu,$$

其中Planck 常数 $h = 6.63 \times 10^{-27} \text{ erg}\cdot\text{s}$



Planck



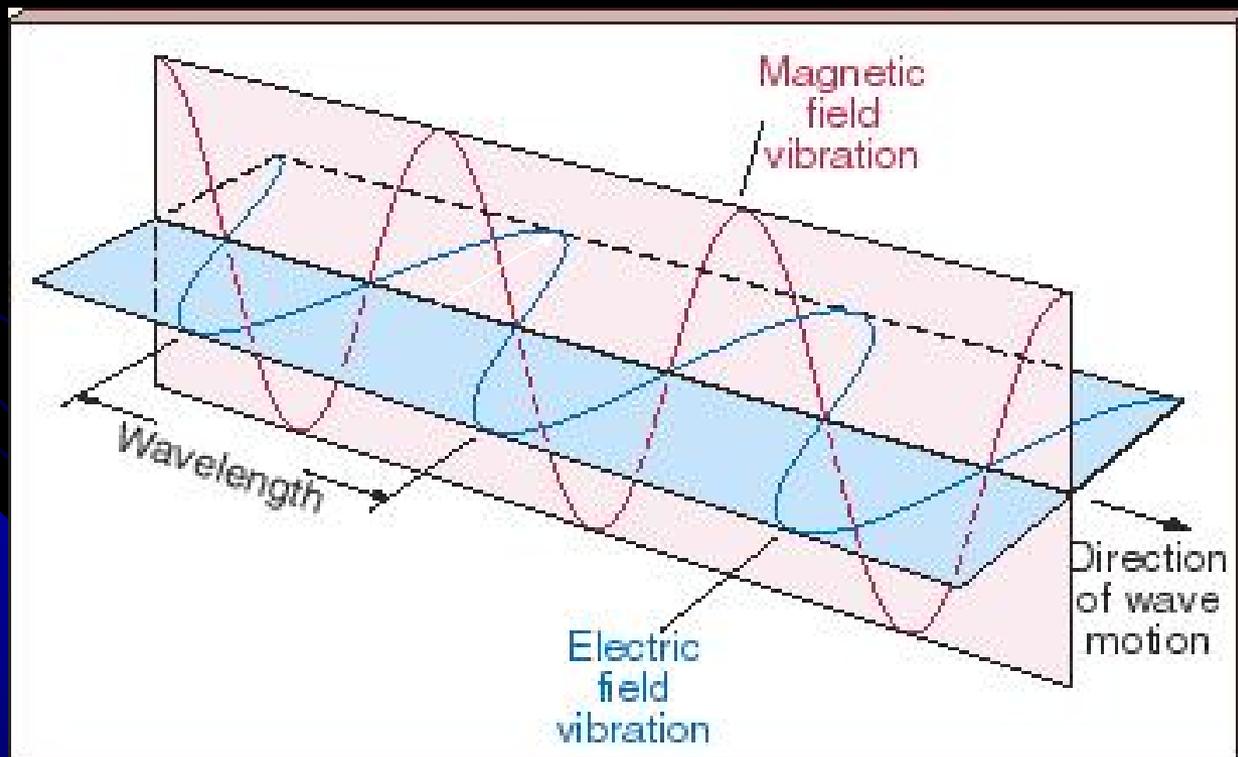
Einstein

- 电磁辐射是以变化的电磁场传递能量、具有特定波长和强度的波（波动性）。

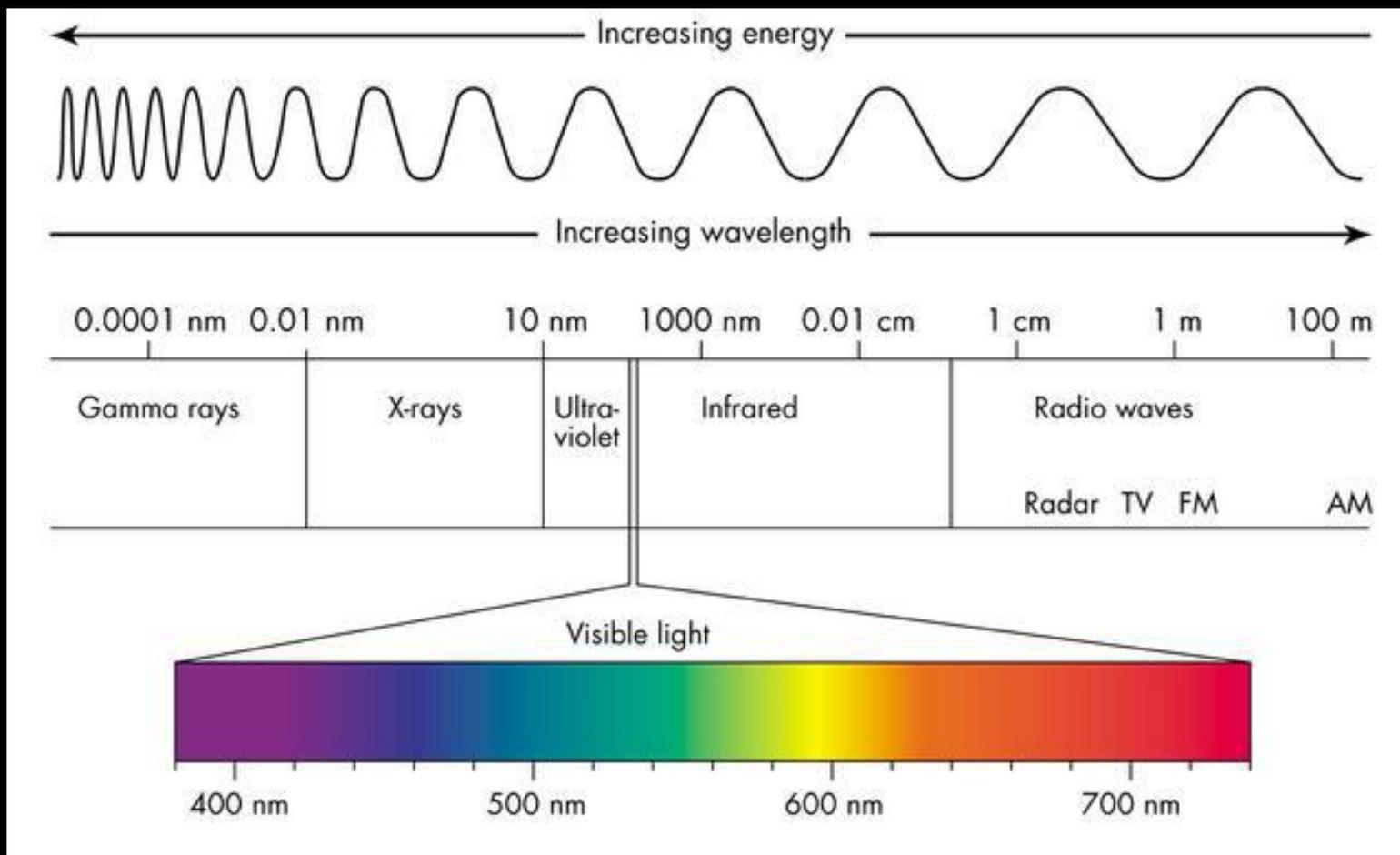
感兴趣的波长范围： $< 0.01 \text{ \AA} \text{ --- } 30 \text{ m}$

$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

(波长 λ) \times (频率 ν) = 光速 $c = 3 \times 10^{10} \text{ cms}^{-1}$



- 根据波长由长到短，电磁辐射可以分为射电、红外、光学、紫外、X射线和 γ 射线等波段，可见光又可分解为七色光。

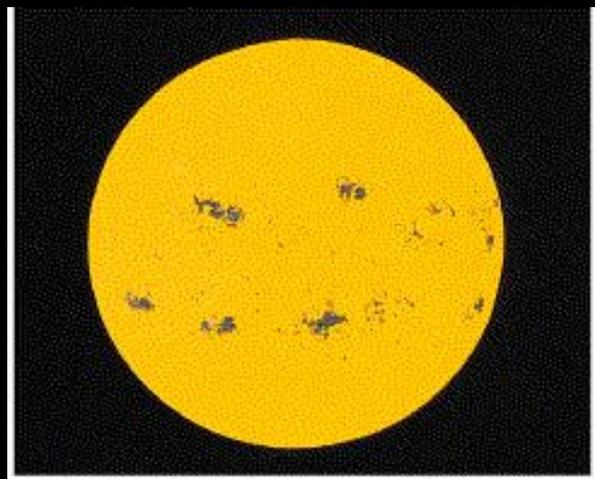


天体辐射

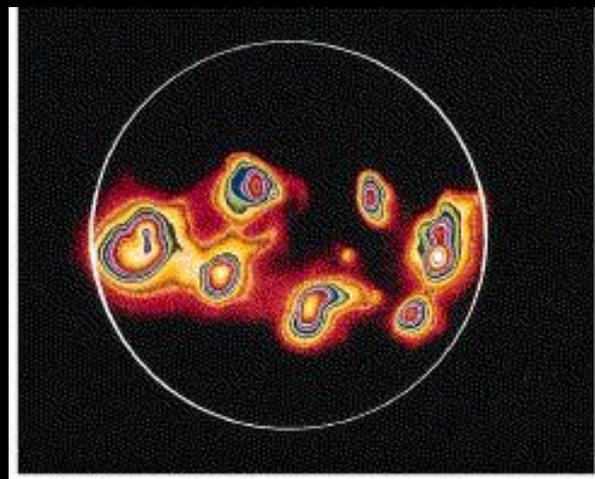
辐射类型	波长范围	温度 (K)	典型辐射源
伽马射线	0.03-0.1 Å	$> 10^8$	吸积盘, 超新星爆发, 两中子星碰撞
X射线	0.1-100 Å	10^6 - 10^8	星系团中气体、超新星遗迹、恒星冕区、活动星系核
紫外	100-4000 Å	10^4 - 10^6	超新星遗迹、热恒星、活动星系核
可见光	4000-7600 Å	10^3 - 10^4	恒星、行星及某些卫星的反射
红外	0.76-1000 μm	10 - 10^3	冷尘埃云和气体、行星
射电	1mm-100m	< 10	磁场中的电子运动、射电星系

● 不同辐射波段的太阳

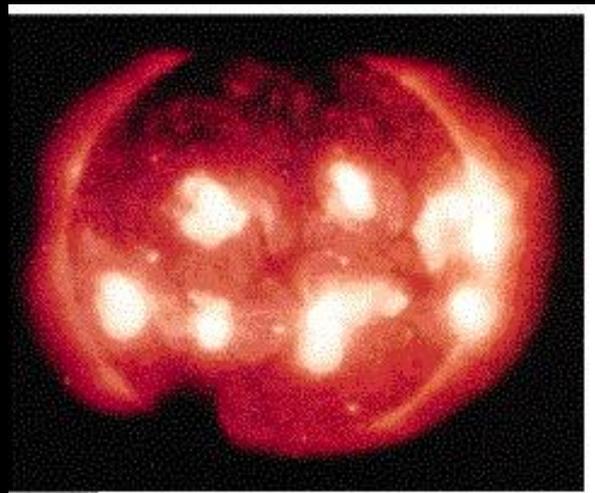
光学



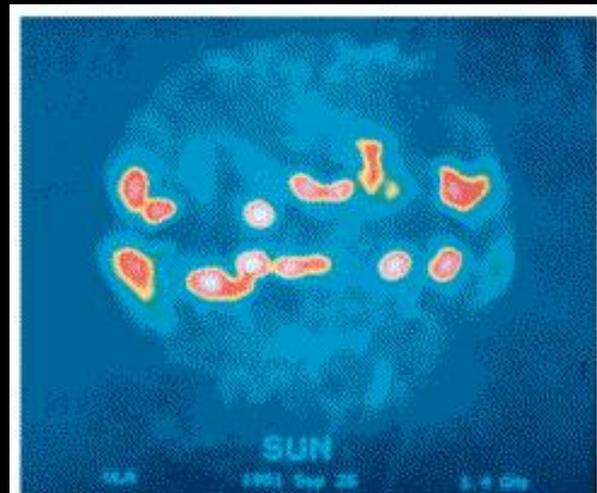
紫外



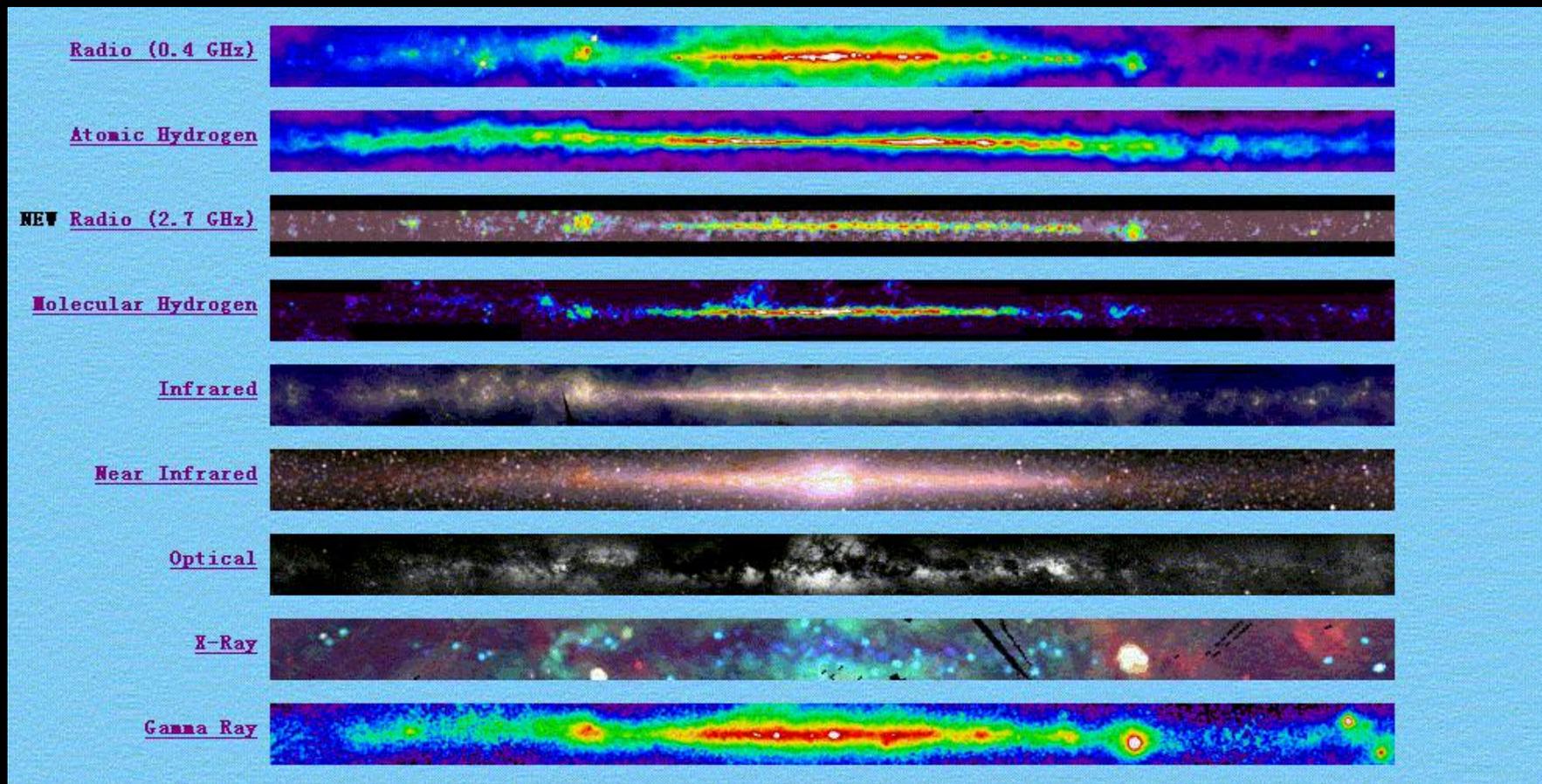
X射线



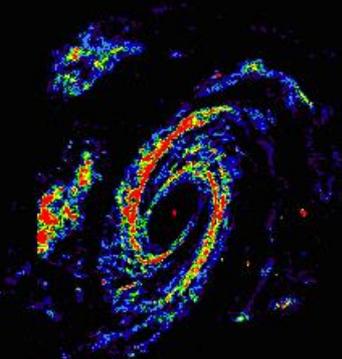
射电



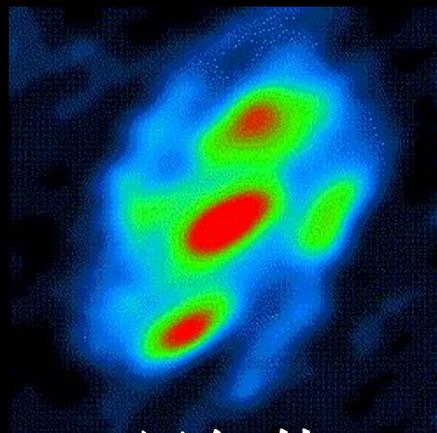
● 不同辐射波段的银河系



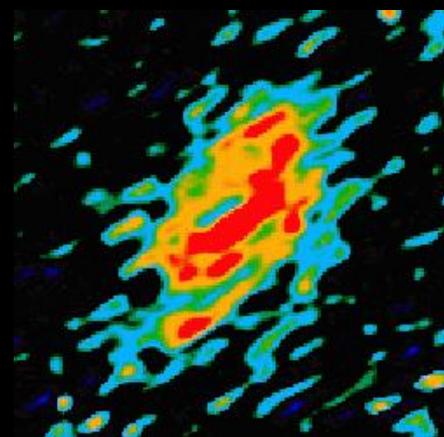
● 不同波段的旋涡星系M81



射电



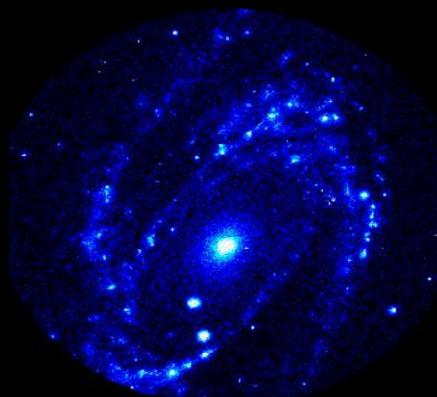
远红外



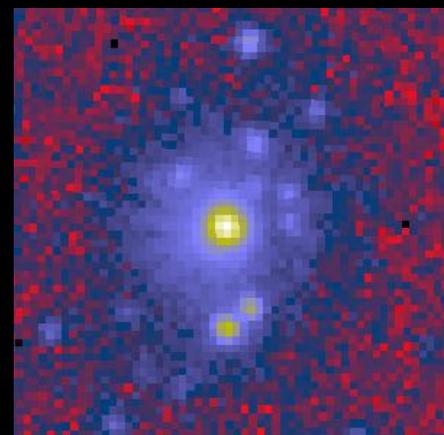
中红外



光学



紫外



X射线

辐射的形式

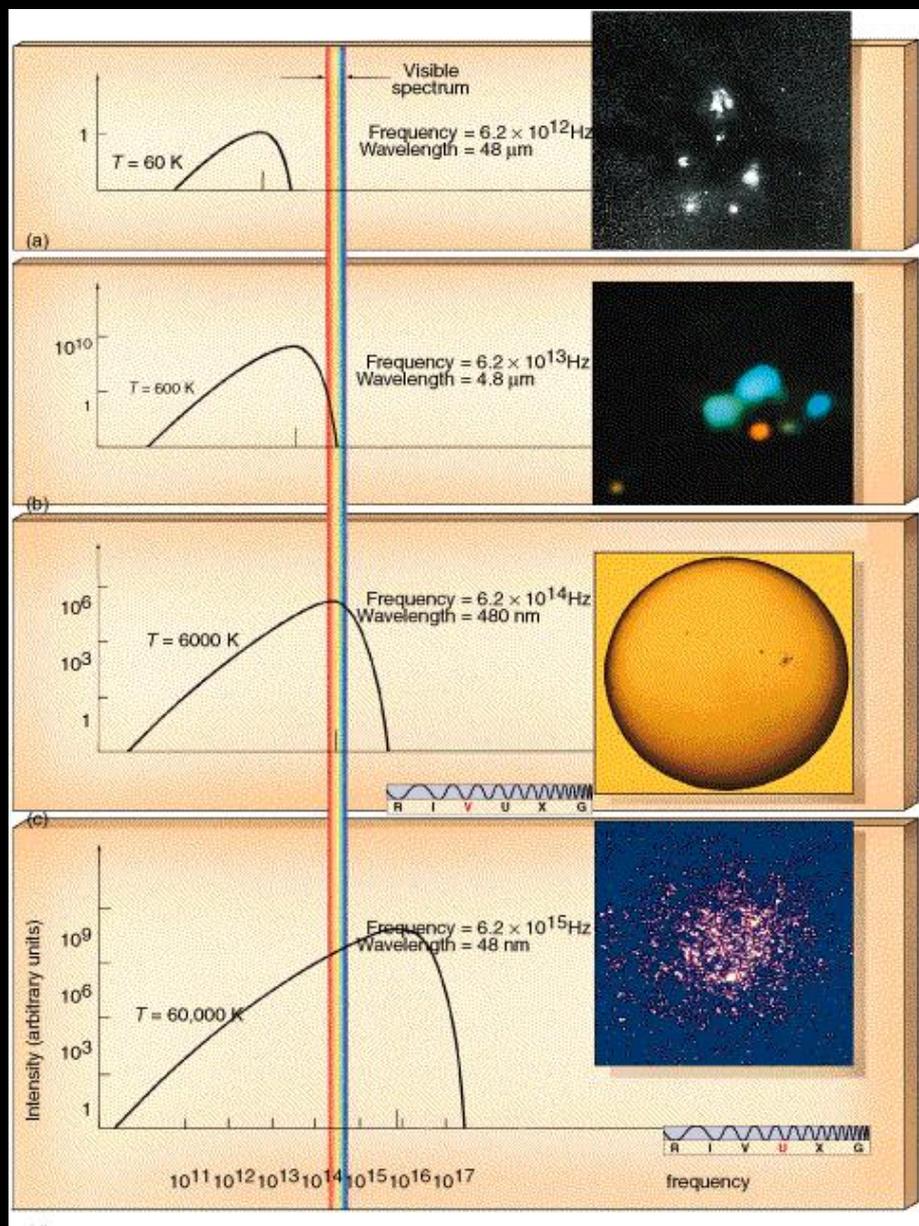
电磁辐射的形式有两种：**热辐射**和**非热辐射**。

- **第一种**形式，是由物体表面向周围空间发射电磁波，即辐射，在发射过程中，物体的内能不变化，需要**通过加热来维持它的温度**，辐射就能稳定地不断继续下去。因为这种辐射的性质和特征仅和物体的温度有关，或者说它仅是由组成物质的原子、分子或正负离子的**热运动所决定**，所以将这种辐射称之为**热辐射或温度辐射**。
- **第二种**形式，是物体辐射的过程必须**依靠其它激发过程**获得能量来维持。这一类辐射的特点是非热平衡辐射，不能仅仅用温度来描述，称之为**非热辐射，或非热平衡辐射**。

热辐射

所有固体、液体和密度大的气体都发射这种辐射。

热辐射的一个基本特征，是它的辐射具有连续谱，不同波长的辐射能随波长连续变化。极大部分天体在可见光波段范围内的辐射具有热辐射的性质，如右图。



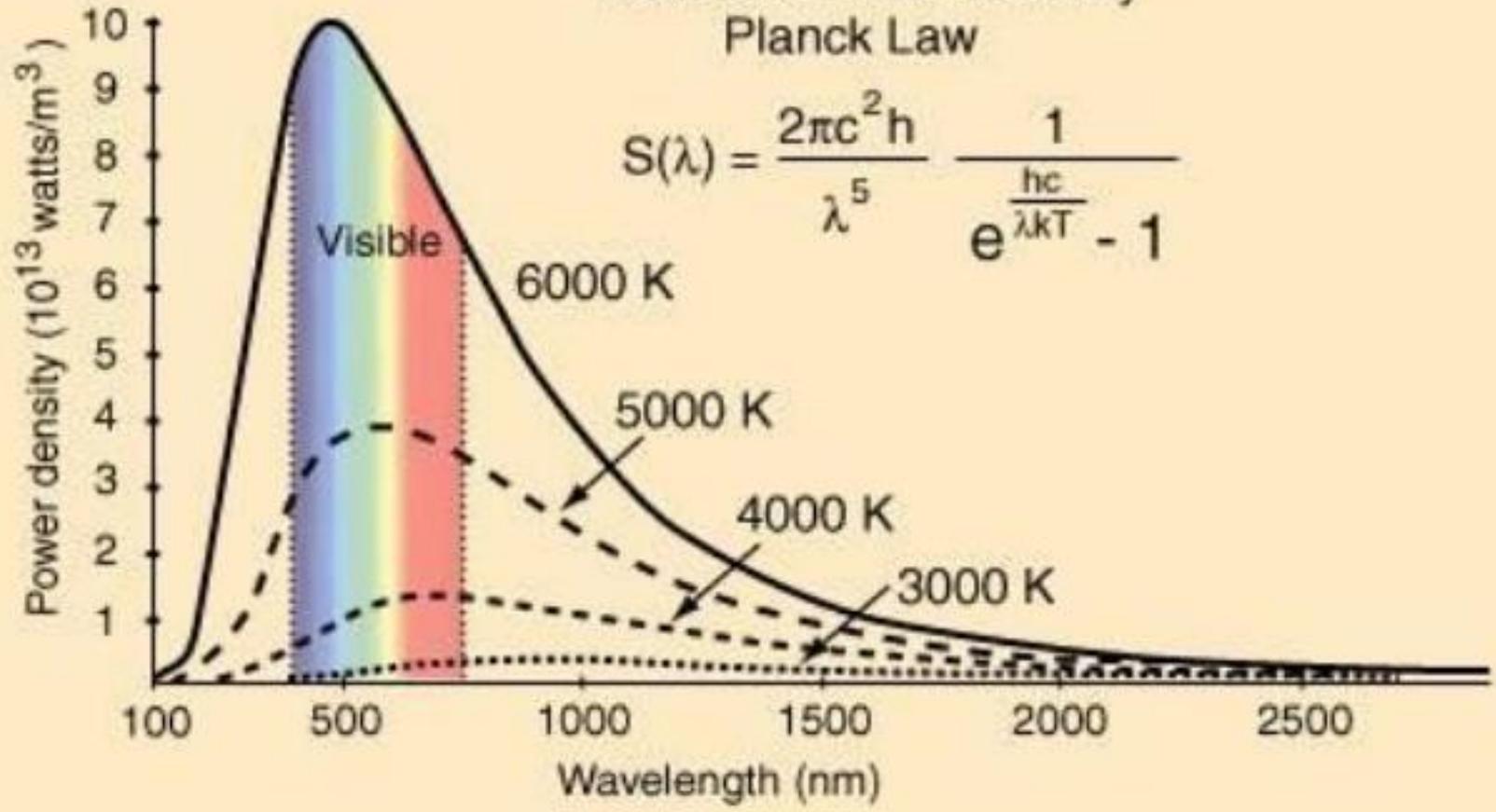
黑体辐射

有一类**特殊的热辐射**是黑体辐射。所谓黑体是指能够在任何温度下全部吸收任何波长辐射的物体，或称绝对黑体。黑体辐射就是具有特定温度的黑体的热辐射。下图是不同温度的黑体的辐射谱，**可用普朗克公式来描述**。

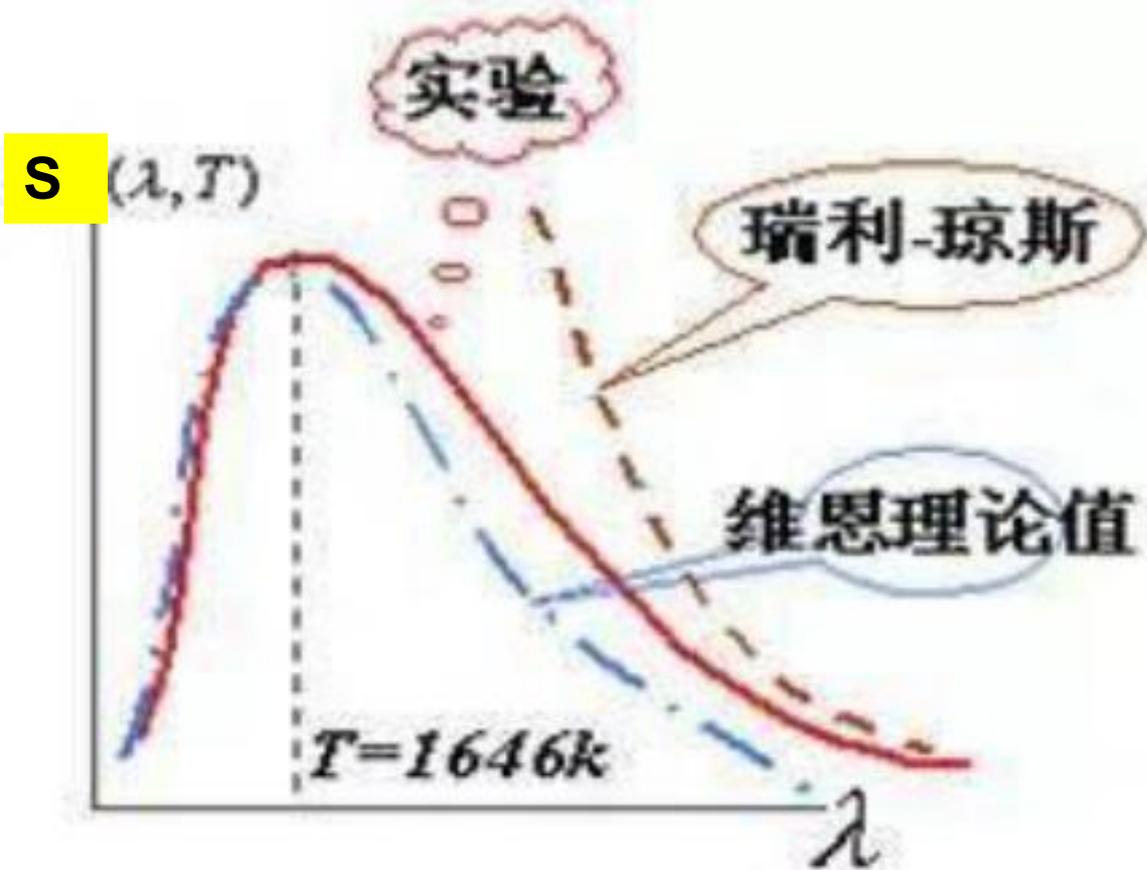
实际上真正的绝对黑体是不存在的。但是，被加热到一定温度的封闭空腔内的辐射情况，与绝对黑体十分相似，可以近似地看作黑体。为了观测空腔内的辐射，通常在它的壁上开一个小孔，小孔处的辐射便相当于黑体辐射。大部分**正常恒星的辐射**可以**近似地用黑体辐射**来表示。

Radiated Power Density Planck Law

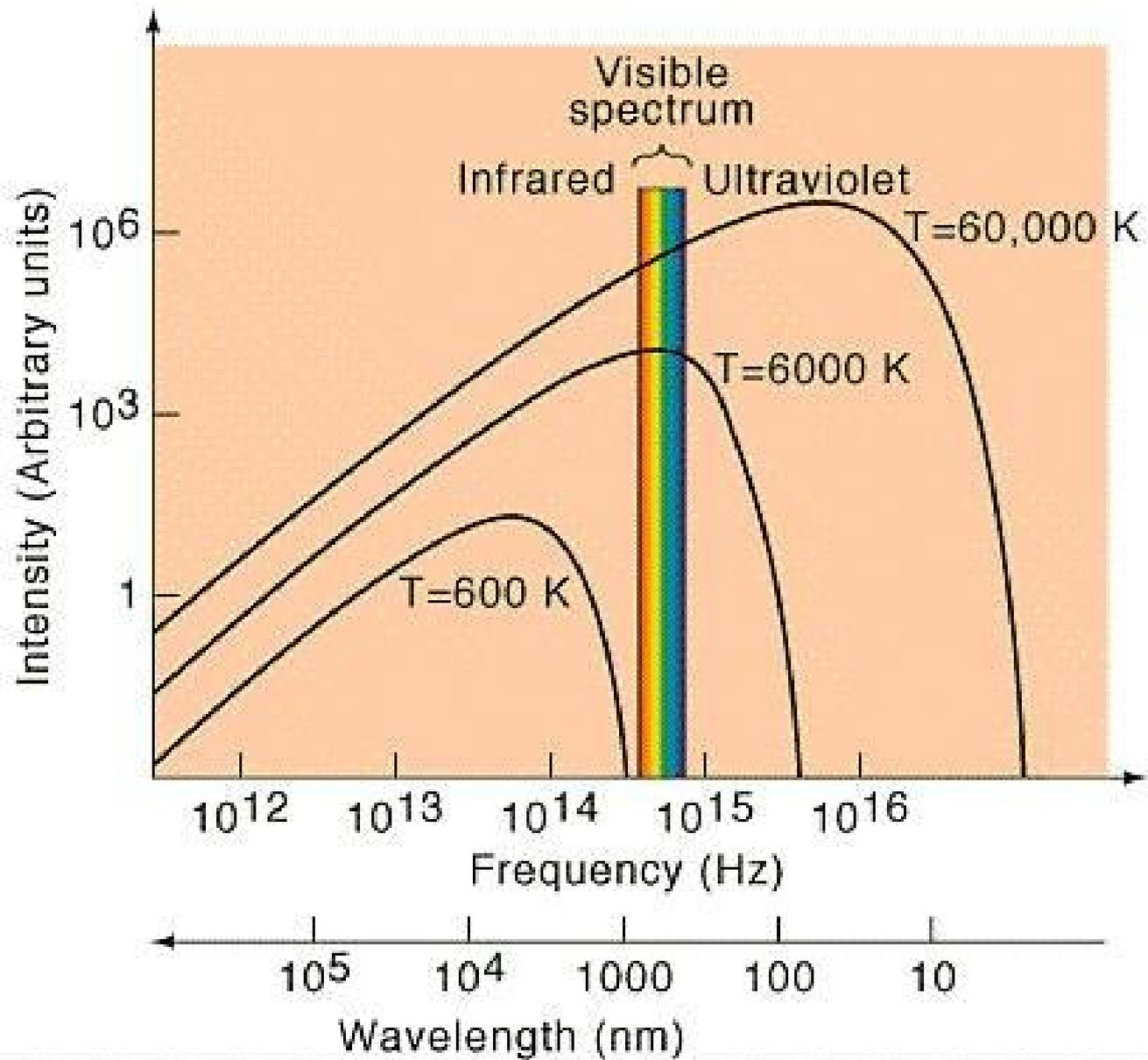
$$S(\lambda) = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$



黑体辐射实验



量子論的誕生



二 斯特藩—玻尔兹曼定律 维恩位移定律

(1) 斯特藩—玻尔兹曼定律 (由试验及经典物理理论得到)

$$S(T) = \int_0^{\infty} S_{\lambda}(T) d\lambda = \sigma T^4$$

斯特藩—玻尔兹曼常量

$$\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

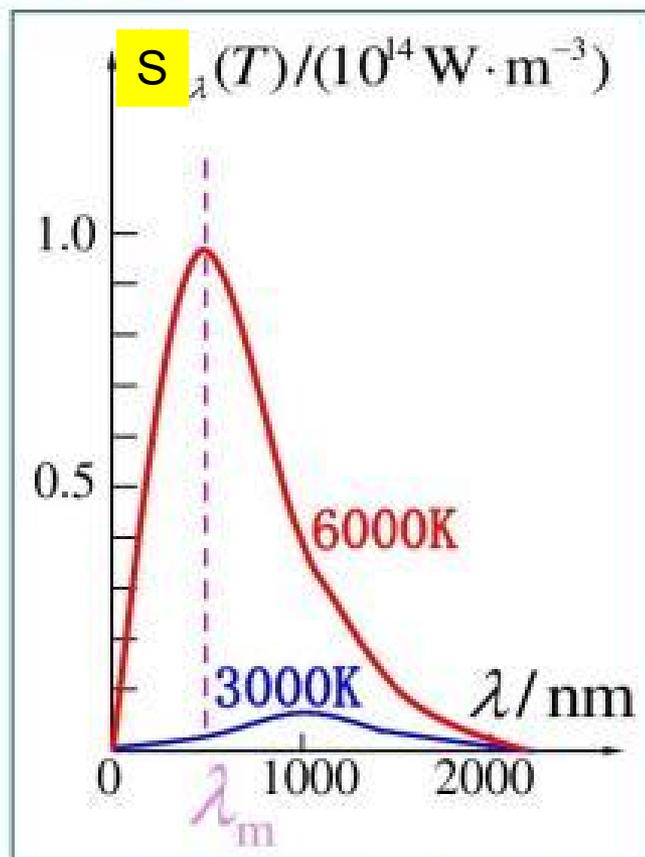
(2) 维恩位移定律

$$\lambda_m T = b$$

峰值波长

$$\text{常量 } b = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

温度升高时, 峰值波长向短波方向移动。



基尔霍夫发现，任何物体相对黑体的辐射能力 ε ，又称黑度，与吸收率 α 的比值都相同，且该比值恒等于同温度下绝对黑体的相对辐射能力，1，即：

$$\varepsilon = \alpha$$

只是辐射波长和温度的函数，而与辐射体本身性质无关，此式称为**基尔霍夫定律**。它表明物体的吸收率与黑度在数值上相等，即物体的辐射能力越大，吸收能力也越大。

关于热辐射，其重要规律有**4个**：基尔霍夫辐射定律、普朗克辐射分布定律、斯蒂藩-玻耳兹曼定律、维恩位移定律。这4个定律，有时统称为热辐射定律。

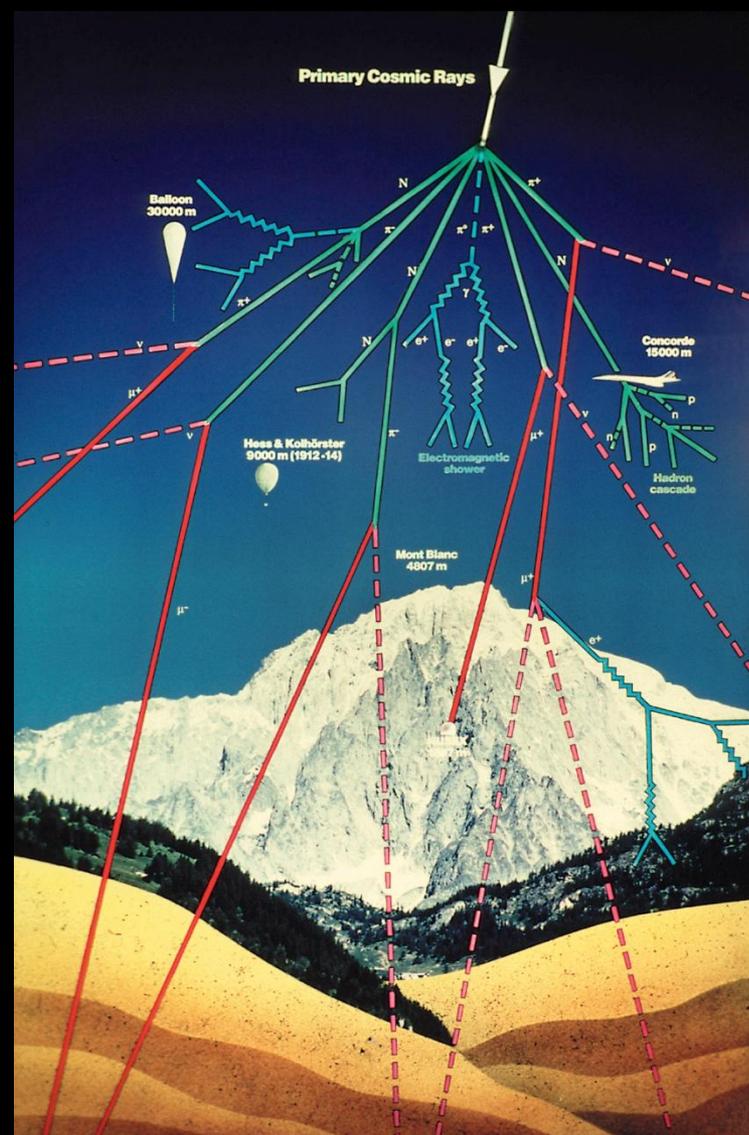
非热辐射

在天体物理学中，相当多的情况下出现非热辐射。非热辐射，顾名思义，它不是热平衡辐射，因而也就不能用适用于热辐射的普朗克公式来描述。常见的非热辐射机制有如下几种：

- ◆ 回旋辐射
- ◆ 同步加速辐射
- ◆ 曲率辐射
- ◆ 逆康普顿散射
- ◆ 韧致辐射
- ◆ 复合辐射
- ◆ 切伦科夫辐射

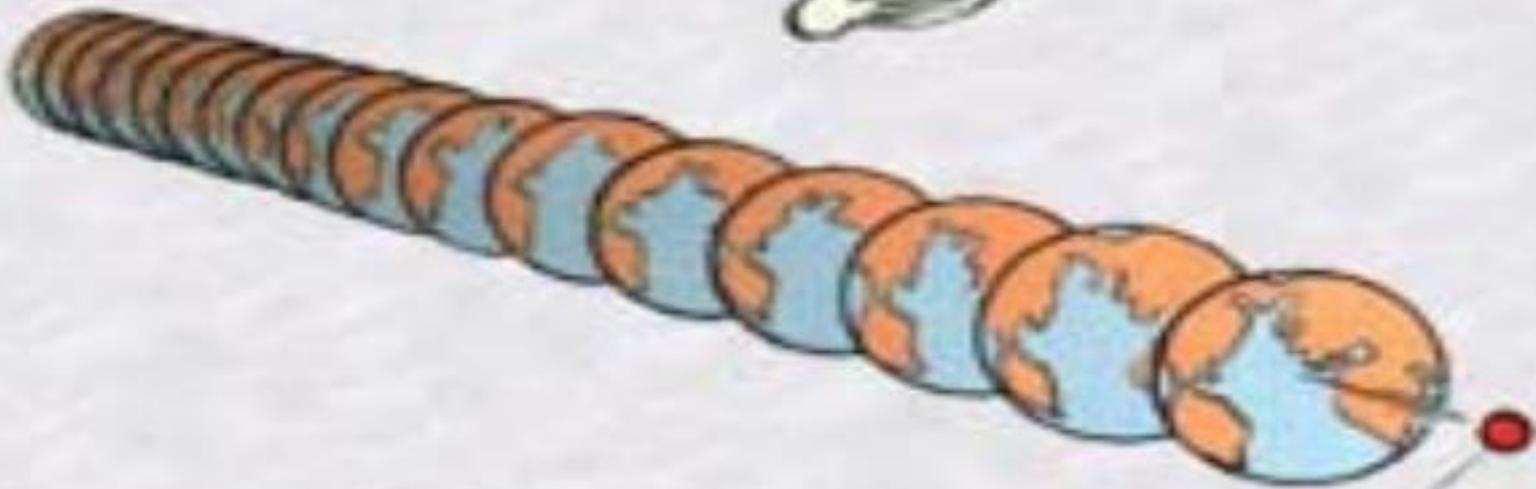
2.1.2 物质粒子

- 来自太空的物质粒子小至原子核，大至数吨重的**陨石**，它们所携带的信息很少，并不是天体物理学的主要研究对象。
- 这些物质粒子中，有一类重要的粒子——**宇宙射线**。来自宇宙空间的由各种高能粒子形成的射流称为宇宙射线。构成宇宙射线的粒子包括质子（氢原子核）、 α 粒子（氦原子核）和少量其它原子核，以及电子、中微子和高能光子（X射线和 γ 射线）。目前观测到的能量极高的粒子其能量高达 10^{20}eV 以上。**宇宙射线带来了宇宙高能活动的信息**，但也给其它天文观测带来了不少的麻烦。



2.1.3 中微子

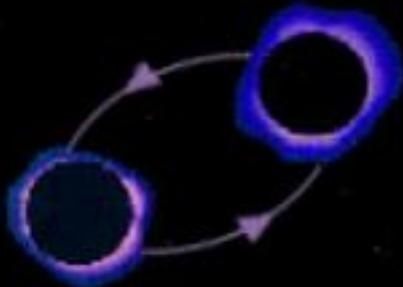
- 中微子的显著特点是与一般物质的相互作用极弱（如下图，中微子可以毫无阻碍地穿过一连串的地球），除某些特殊情况外，在恒星内部产生的中微子可以不受阻碍地跑出来，因而可以**直接带出恒星内部的信息**。也正因为与一般物质相互作用小，**宇宙早期产生的中微子可以保留最丰富的宇宙信息**，可以把宇宙早期的中微子看作“宇宙化石”之一。近年来在理论上开辟了一个新的天文学分支——**中微子天文学**，它研究在天体物理中产生中微子的过程以及这些过程对天体结构演化的影响。
- 有的天体不仅发射光子，也发射大量的中微子，如**超新星爆发**。探测中微子，可以获得许多光学望远镜不能得到的知识，例如研究超新星内部的坍塌、推知超新星核心引力坍塌后的温度等。



neutrino

2.1.4 引力波

- 1916年爱因斯坦提出了广义相对论，按照这一理论应有以波动形式和光速传递的引力场——引力波，并预言加速的质量可以发射引力波。
- 典型的引力波辐射源是双星、大质量黑洞的相互作用过程等等。



Coalescence of massive black holes during collisions between galaxies, perhaps in formation of massive black holes, probing the central engines powering quasars.



Black holes orbiting massive black holes, providing precision tests of gravitational theory in the high-field limit.



Hundreds of galactic binary star systems, many containing neutron stars or black holes, including several known binary systems.

引力波观测的意义

- 引力波是以波动形式和**光速传播的引力场**，也称为引力辐射，它是**横波**，具有**能量**。
- 引力辐射理论存在**度规的多样性问题**，有**爱因斯坦的度规张量理论**，**布兰斯与迪克的度规张量理论**，**霍伊尔与纳利卡的C-场理论**，以及**许多其它理论**。
- **爱因斯坦的度规张量理论**中，引力辐射的首要**允许模式是四级辐射**，**偶极辐射是禁戒的**。但是，大多数其它理论允许偶极辐射。例如，对双星系统的引力辐射的预言，爱因斯坦理论所允许的**四级辐射**比其它理论允许的**偶极辐射**要**弱两个数量级**。此外，广义相对论预言**四级辐射**只有**2个偏振态**，而其它大多数理论却认为有**6个偏振态**。因此，**引力波的探测**是对广义相对论最具**决定性的**检验，这是物理学家感兴趣的原因。

- 预期能**发射引力波的天体**有：双星体系公转、中子星自转、超新星爆发，及理论预言的黑洞的形成、碰撞和捕获物质等过程，都能辐射较强的、频率约为**10-1000赫兹**引力波，可观测到的最强引力波会来自两颗中子星的对撞，或两个黑洞的对撞；还有来自星系的并合、超大质量黑洞并合以及宇宙暴涨时产生的原初**低频（10⁻⁴-1赫兹）**引力波。
- 如果探测成功，它能够提供一个**观测宇宙的新途径**，**引力波天文学**就将诞生，像观测天文学从可见光天文学扩展到全波段天文学那样，极大扩展人类的视野。
- 传统的观测天文学完全依靠对**电磁辐射的探测**，而引力波天文学的出现则标志着观测手段已经开始超越电磁相互作用的范畴，**引力波观测**将揭示关于恒星、星系以及宇宙更多前所未有的信息，尤其是对只有引力效应的**暗物质的探测**更显其重要性，这一切是天文学家所渴望的。

练习二：

1、来自天体的信息有哪四种？它们的主要起源？

2、天体的辐射有哪些机制？观测到的各波段的辐射主要来自哪些天体的贡献？

2.2 地球大气的影晌

- 改变天体辐射的方向，即大气折射，或称“蒙气差”；电离层对长于23.5米射电波的零折射，全反射导至地面观测不到这些射电辐射。
- 大气的吸收和散射，改变天体辐射的成分和强度。通常称为“大气消光”。
- 大气本身的辐射，影响地面红外天文观测。
- 大气扰动，影响光学成像的质量。

2.2.1 大气垂直结构和成分

1. 大气垂直结构

压力、密度、温度
随高度的变化。

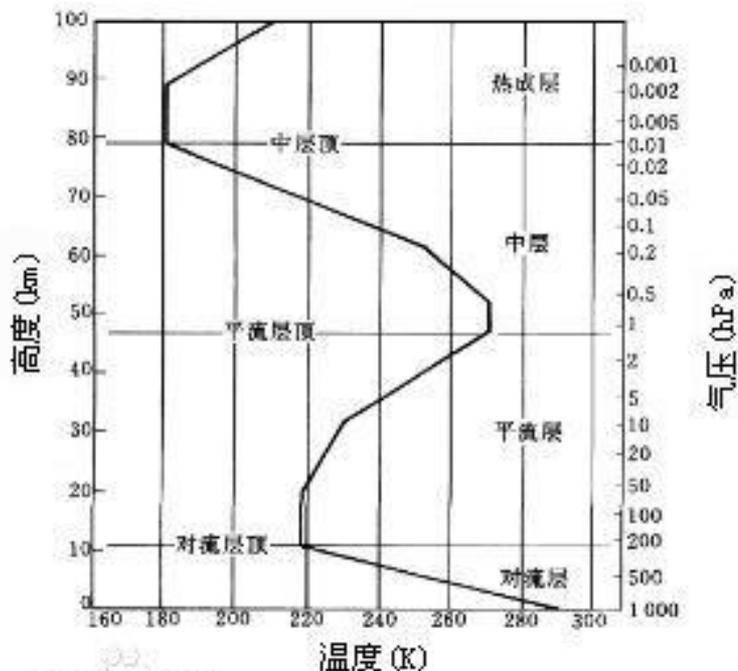
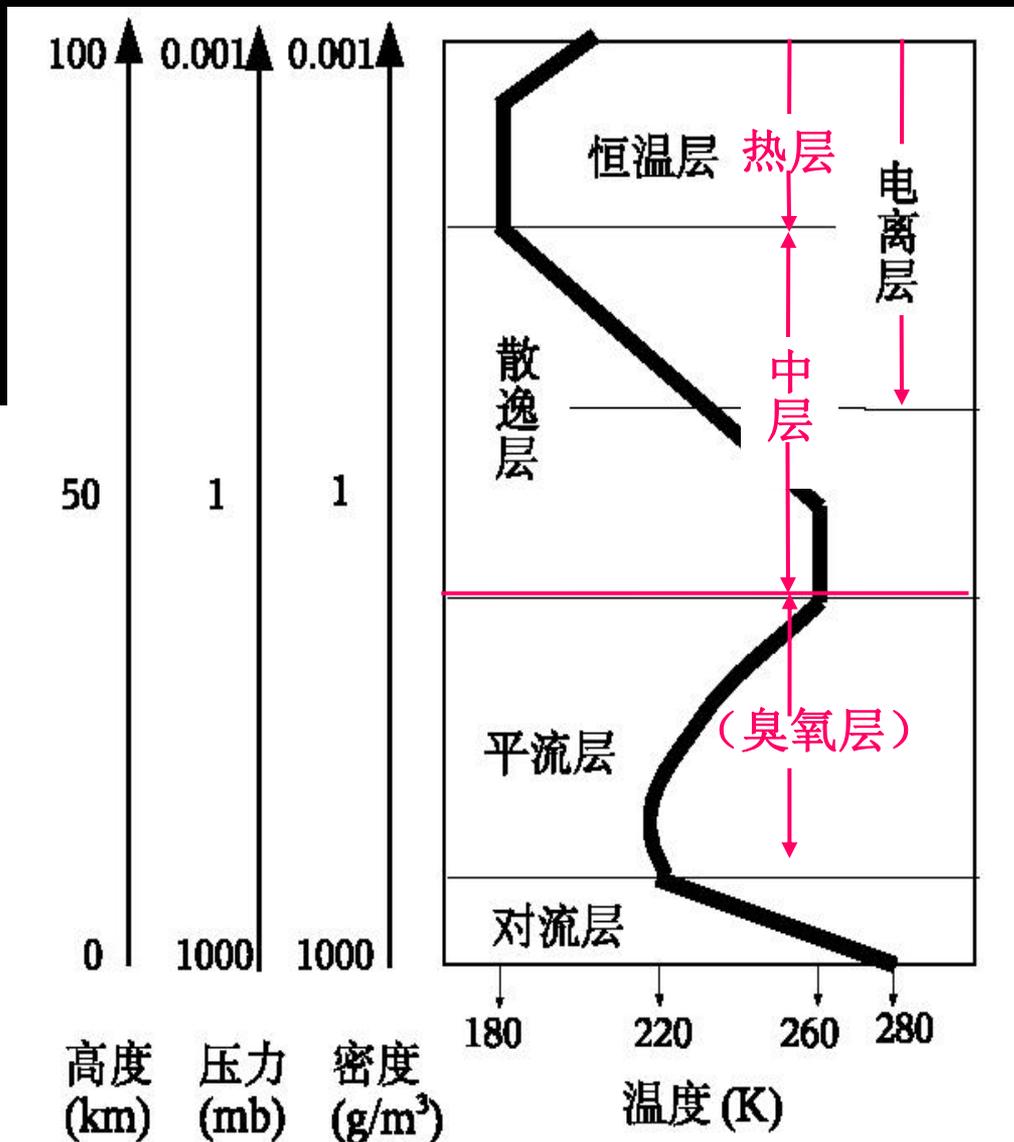
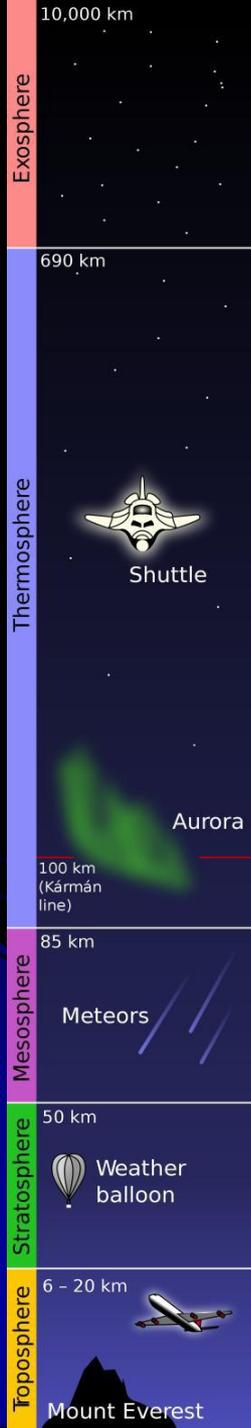


图 8-1 大气的铅直温度廓线 (据文献[1])





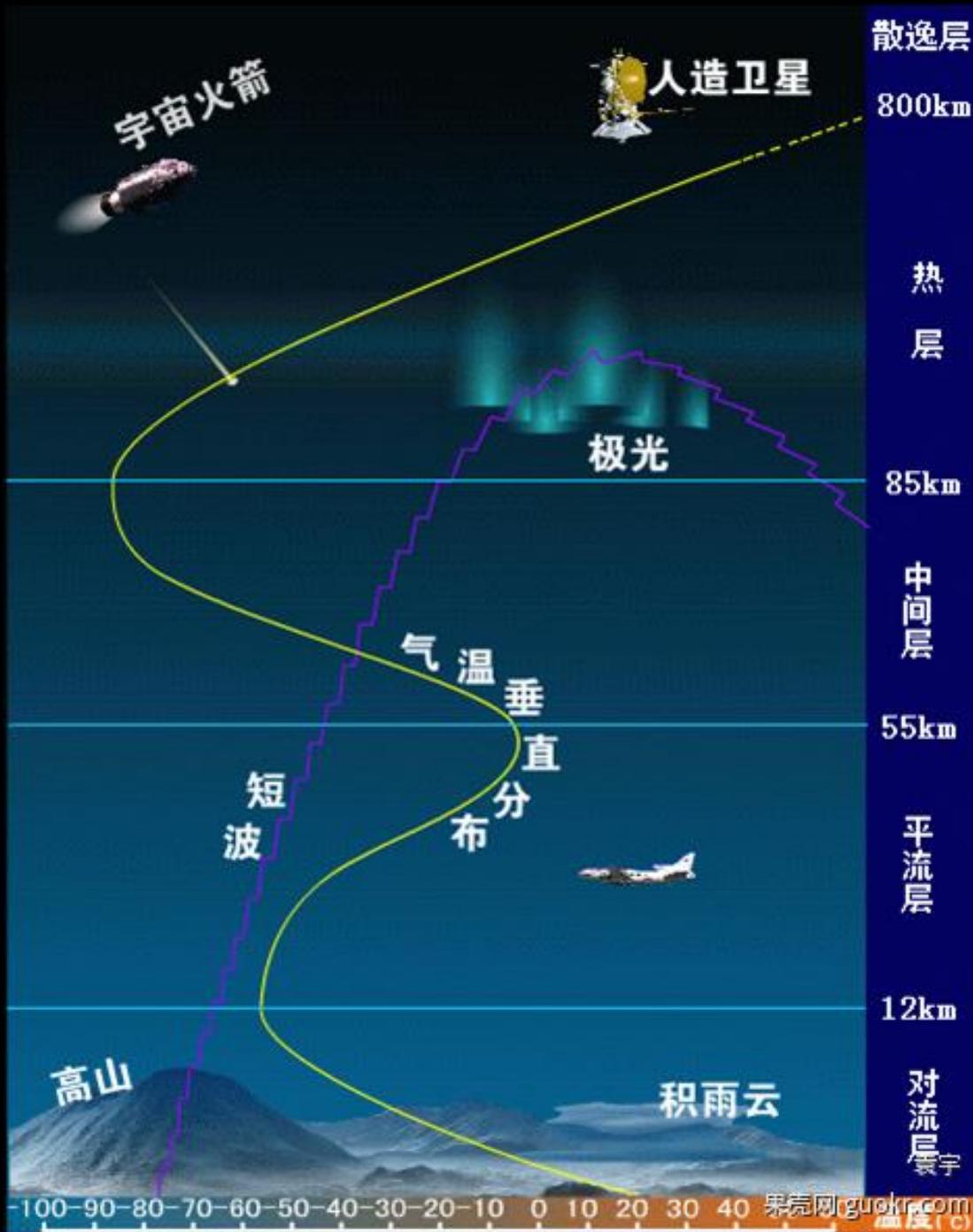
外逸层

热层

中间层

平流层

对流层



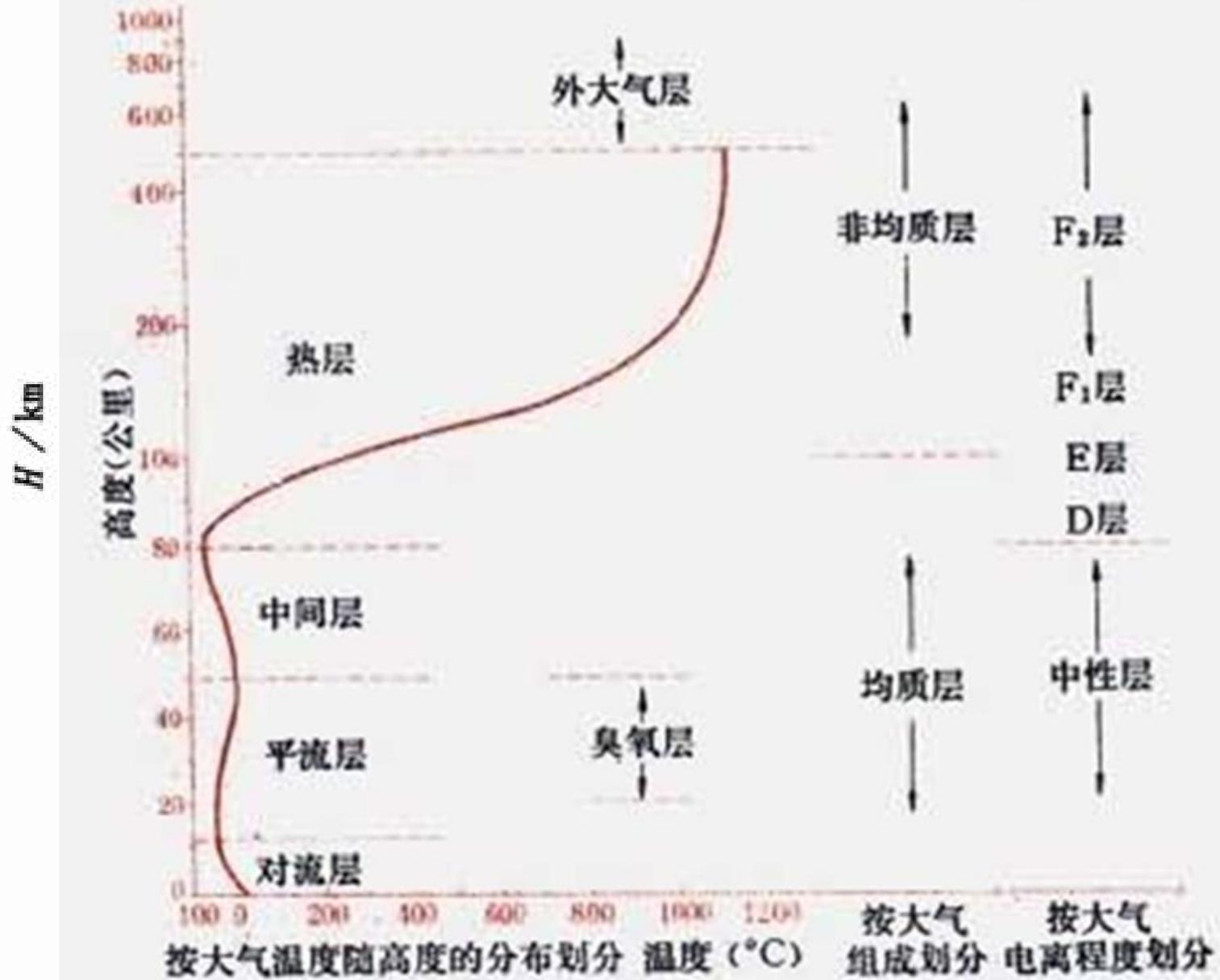
2. 大气成分

大气的主要成分是**氮分子**和**氧分子**，此外还有臭氧、二氧化碳、水蒸气、甲烷、氧化氮、尘埃和电离层等。

- **N₂**: 占78%，产生**吸收带**，主要分布于**2000Å**直到**远紫外区**（--1000Å）的波段范围。
- **O₂和O₃**: 占**21%**，**吸收带**位于**2300-2900Å**；O₃在大气中的含量随高度增加，在22km外达到极大，而后逐渐减少，影响**紫外、X-ray、γ-ray**观测。
- **CO₂**: **对红外辐射吸收强**，还影响**mm--cm波**，在很大的高度范围内均影响观测，其吸收直到22km还相当明显。
- **H₂O**: 吸收、影响**红外和mm波**观测，但水汽随高度增加而迅速减少，12km以上可忽略其影响。

- CH_4 和 CO ：吸收、影响红外和微波观测。
- 尘埃（又称大气气溶胶）：主要存在于4km以下，故天文台最好建在海拔4km以上。影响红外及比红外短波长观测。
- 电离层：影响射电观测。位于地面以上60km-2000km，由于太阳的紫外辐射使大气中氧原子发生光化学反应，使大气电离度增加，电子密度很高，150km-300km处达 1×10^6 个电子/ cm^3 ，故卫星近地点在一般500km以上，飞船在300km以上。电离层使 $\lambda > 23.5$ 米的电磁波全反射，因而不能到达地面。按电子密度，电离层又分为几个层，见下表：

层	高度 (km)	电子数密度 (cm^{-3})
D	60	10^4
E	100	10^5
F	150-300	1×10^6



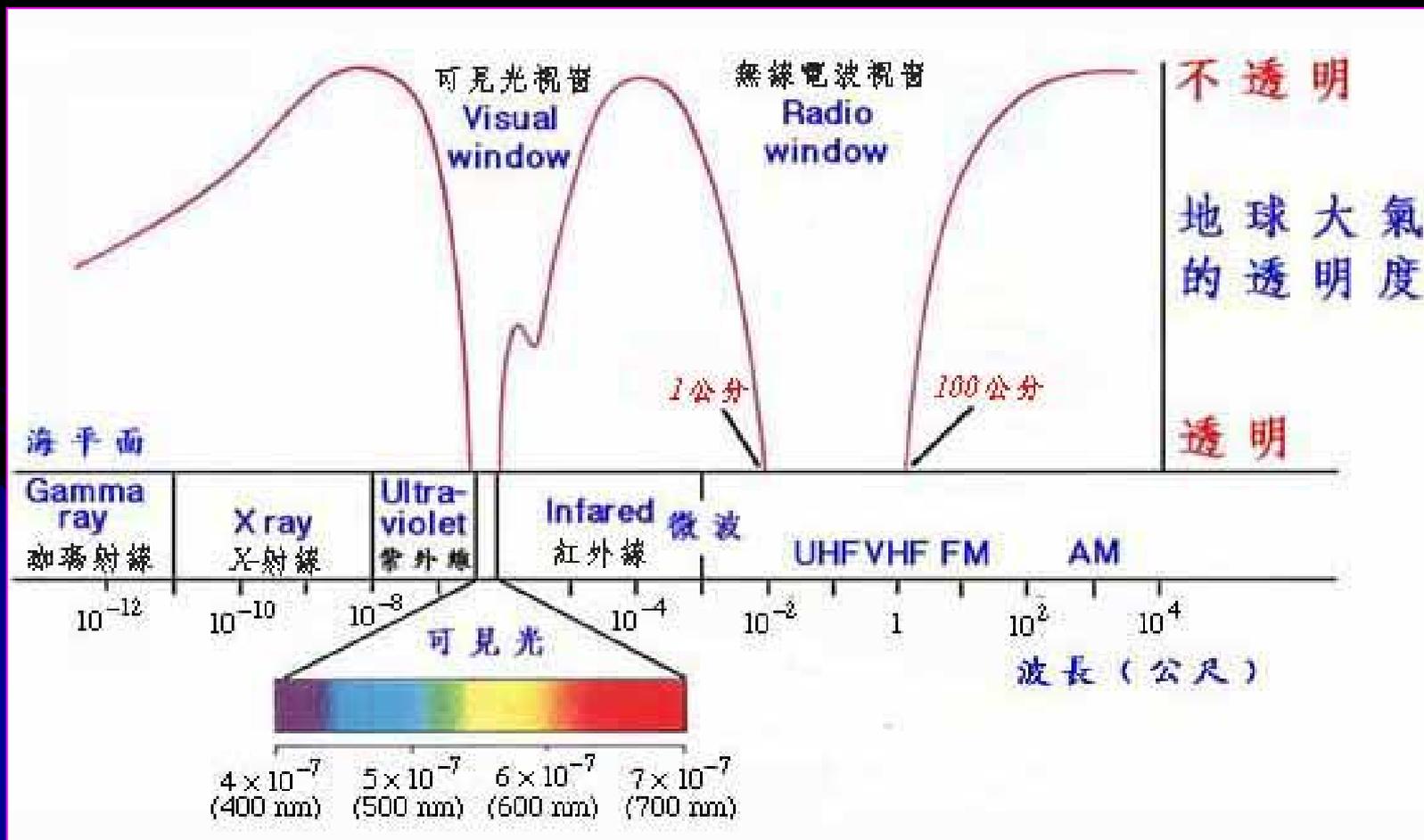
地球大气层

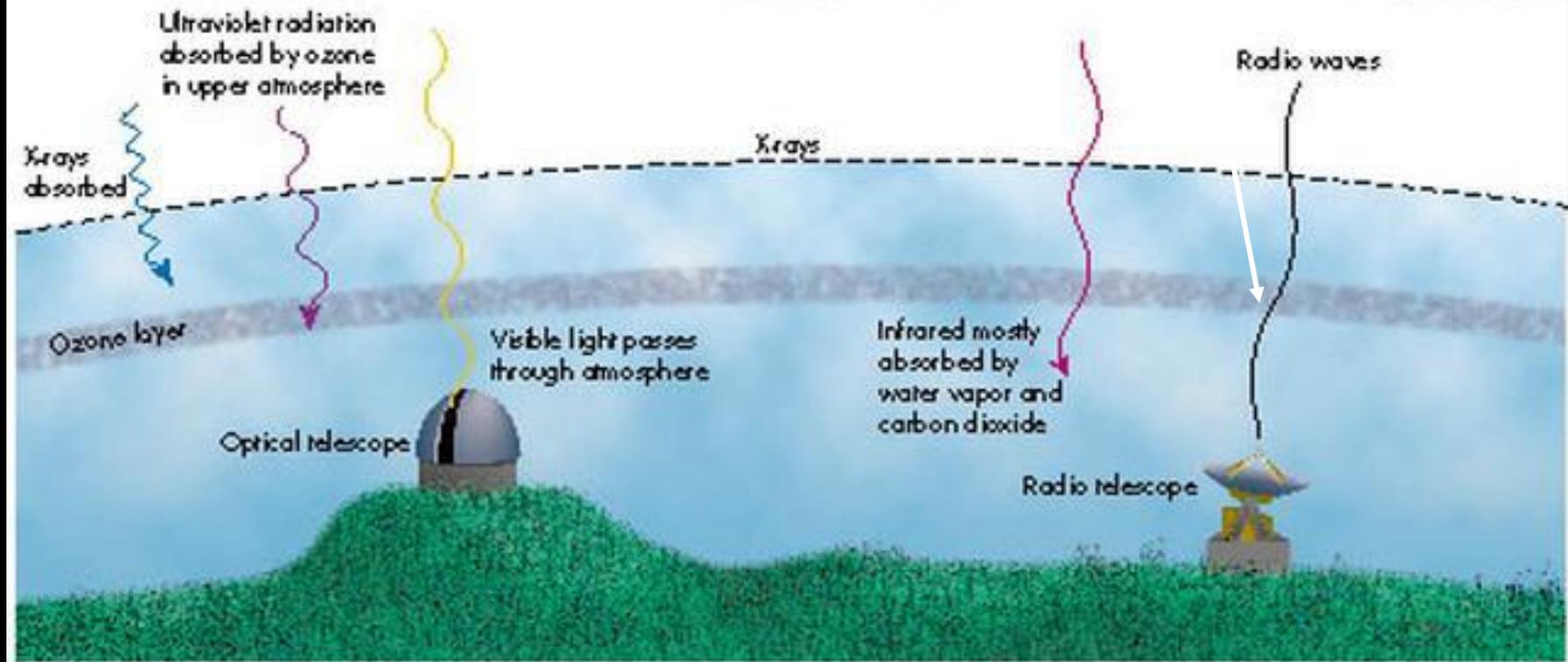
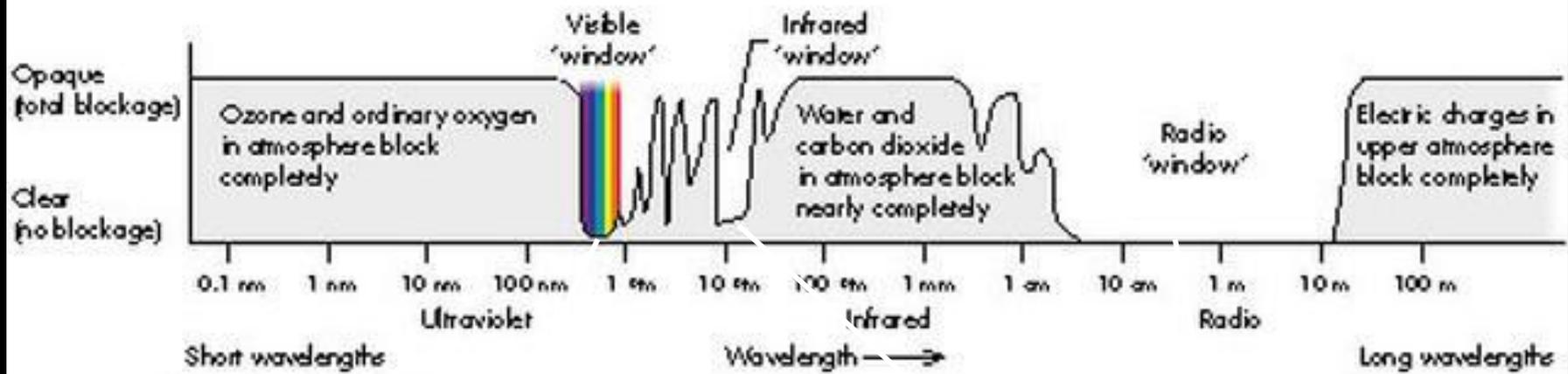
2.2.2 大气消光

地球大气消光的物理机制是大气分子和固体颗粒对辐射的**吸收**和**散射**作用。它既**减弱**了天体辐射的强度，又**改变**了天体辐射的能谱（**颜色**），使天体的**颜色**发生变化。最明显的例子是日出（或日落）的太阳颜色与中午时几乎完全不同，这就是大气消光的缘故。

1. 大气窗口

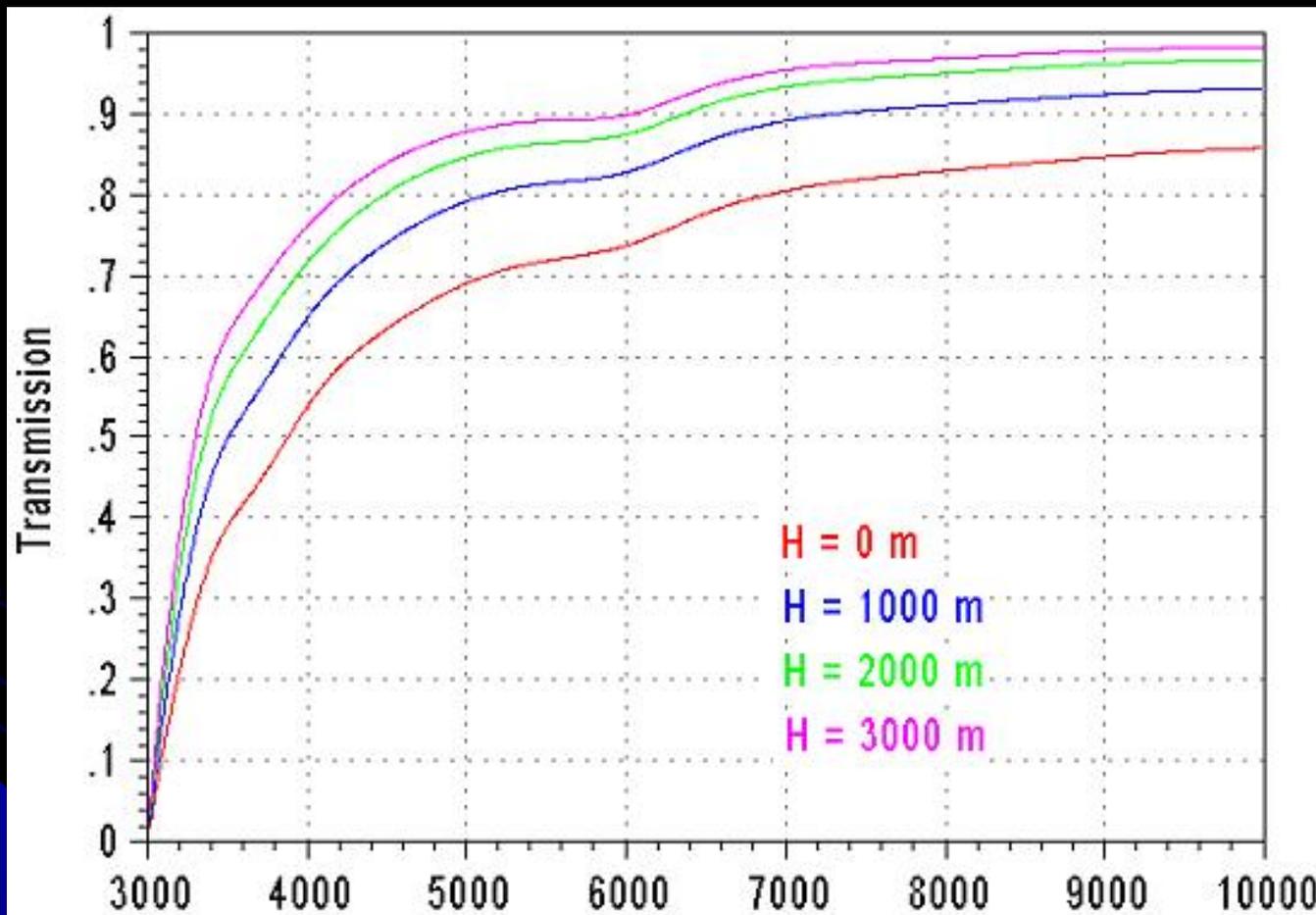
下图显示了地球大气对各波段电磁辐射的消光情况，即所谓“大气窗口”。





- 由于氮分子、氧分子以及臭氧的吸收，地面上几乎接收不到来自天体的紫外、X-ray、 γ -ray的电磁辐射。
- 大气中的水蒸气、二氧化碳和臭氧对红外辐射吸收相当强。尽管如此，大气层还是给红外辐射留下了几个小小的窗口。
- 在可见光区域（3500-7000Å），大气的吸收很小，主要是大气的散射作用使辐射减弱，但不厉害。
- 射电波段的cm波和米波也基本不受大气吸收的影响。长于23.5米的电磁波被电离层阻挡，地面上观测不到。
- 从图中可以看到，在地面上根本无法观测来自天体的X射线和 γ 射线（与电离层内带电离子发生作用）、紫外辐射；大部分红外辐射也同样无法到达地面。对于这些辐射，只能借助于飞机、高空气球、火箭和人造卫星等飞行器，把观测仪器携带到地球大气层外去进行观测。

可见光区域中大气透射系数随波长的变化曲线。



波长 (\AA)

- 由于地球大气的密度随高度呈指数地减小，因此下层大气的消光作用是主要的，如果选择较高的山峰进行天文观测，大气消光的影响将显著减小，这也是天文台常建在高山上的原因。

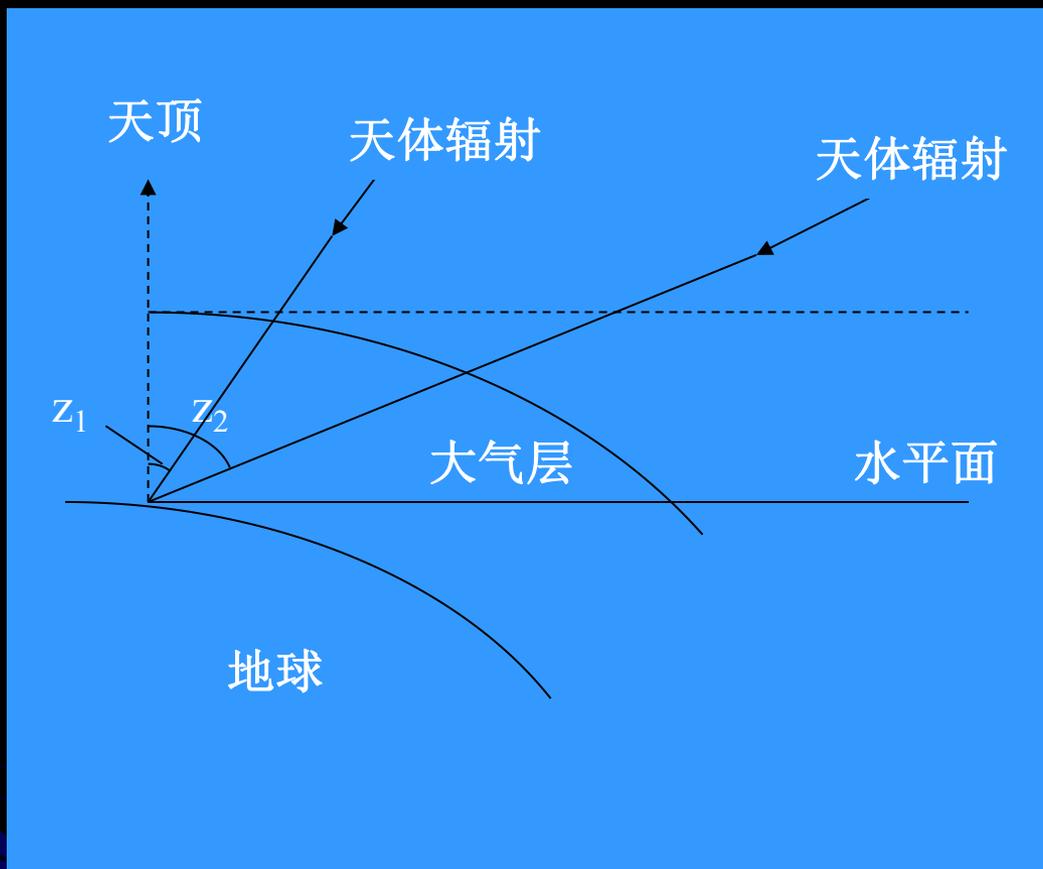
常用的可见光和红外波段的窗口（滤波片）

名称 μm	U	B	V	R	I	J	H	K	L	M	N	Q
中心	0.36	0.44	0.55	0.70	0.90	1.25	1.63	2.2	3.6	5.0	10.4	21
带宽	0.068	0.096	0.089	0.22	0.24							
范围						1.10 - 1.40	1.45 - 1.80	1.90 - 2.50	3.05 - 4.10	4.50 - 5.50	7.90 - 13.20	17- 28

2. 消光改正

大气消光严重歪曲了天体的亮度和颜色，为了得到天体的真实辐射情况，必须对地面上的观测结果进行**消光改正**，这是实测天体物理学的重要内容之一。

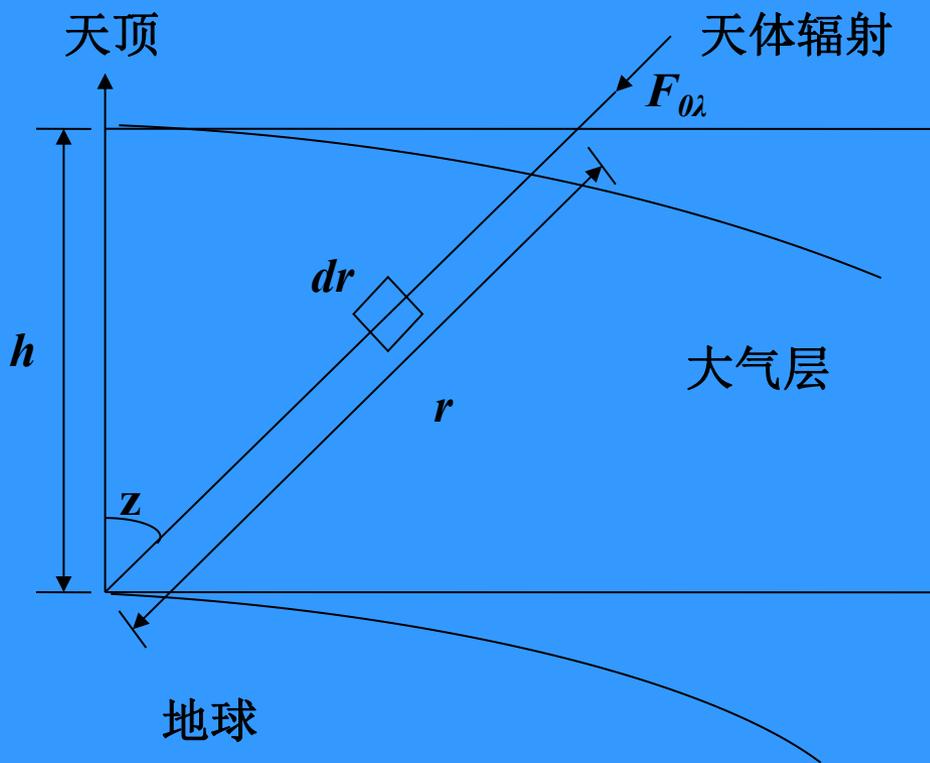
显然，天体辐射所经过的**大气层的厚度**将直接影响消光的大小。下图是天体辐射穿过大气层到达地面的示意图。



定义“**天顶距**”
为天体辐射的
光线与天顶之
间的**夹角**。

当天顶距 z_1 较小时，天体辐射穿过的大气层厚度小，比相应于较大天顶距 z_2 的厚度为小。在地平附近，天顶距最大，大气消光最厉害。所以一般天文观测都尽量避开大天顶距的情况。

假定地球大气是垂直于观测点铅垂线的地面平行层，每一层中的物理参数随层的高度 h 而变化。讨论天顶距为 z 的天体的辐射经过地球大气时减弱的情况，考虑比较简单的基本的单色辐射流情形



辐射流经过 dr 后减弱:

$$dF_{\lambda} = -\alpha_{\lambda} F_{\lambda} dr$$

α_{λ} 为比例系数，它由大气性质所决定，称作吸收系数，是 h 或 r 的函数。 r 由大气外 $r=0$ ，向地面增大。

对上式积分得：

$$F_{\lambda} = F_{0\lambda} e^{-\int_0^r \alpha_{\lambda} dr}$$

定义 z 方向大气的**光学厚度**：

$$\tau_{\lambda}(z) = \int_0^r \alpha_{\lambda} dr$$

定义 z 方向大气的**透射系数**：

$$P_{\lambda}(z) = F_{\lambda} / F_{0\lambda}$$

透射系数和**光学厚度**的关系：

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

在假设地球大气为平面平行层的条件下，
有：

$$dr = -\sec z dh$$

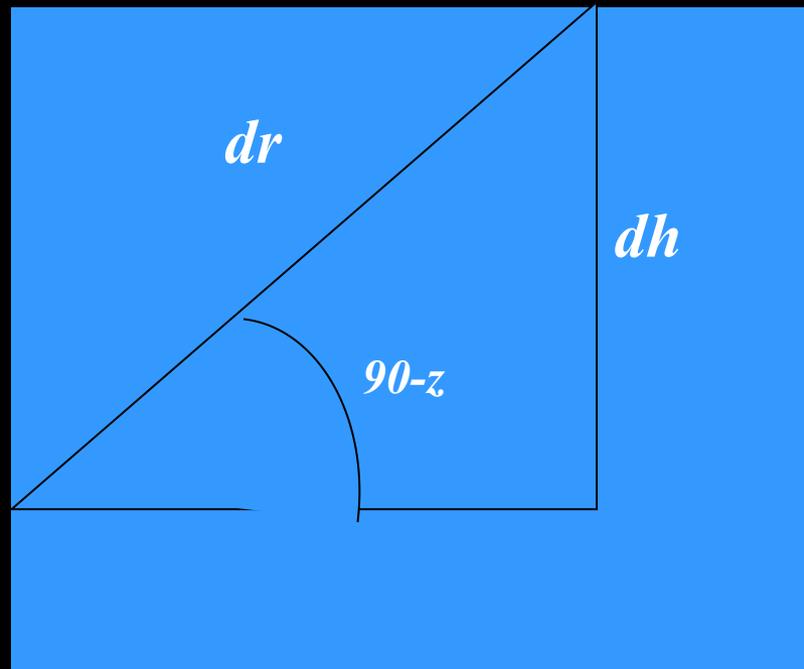
$$\tau_{\lambda}(z) = \tau_{\lambda}(0) \sec z$$

这里：

$$\tau_{\lambda}(0) = \int_0^h \alpha_{\lambda} dh$$

$\tau_{\lambda}(0)$ 其中： $\tau_{\lambda}(0)$ 表示天顶方向 ($z=0$) 大气的光学厚度。

h 从地面 $h=0$ 向上增大，与 r 相反！



实际大气不是平面平行层，为此引入大气质量的概念：

定义天顶距 z 方向上的大气质量，为该方向上大气光学厚度与天顶方向大气光学厚度的比值，是无量纲的量。

$$M(z) = \frac{\tau_{\lambda}(z)}{\tau_{\lambda}(0)} \geq 1; \quad \text{且} \neq \text{Sec}(Z)$$

于是有：

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

其中： $P_{\lambda}(0) = e^{-\tau_{\lambda}(0)} < 1$ 表示天顶方向大气的透射系数。

根据大气透射系数的定义，即有：

$$\frac{F_{\lambda}}{F_{0\lambda}} = P_{\lambda}^{M(z)}(0)$$

由于来自天体的辐射都是平行辐射流，因此天体辐射在大气内外的照度比应该等于辐射流之比，即：

$$\frac{E_{\lambda}}{E_{0\lambda}} = P_{\lambda}^{M(z)} \quad (0)$$

根据星等的定义：

$$m_2 - m_1 = -2.5 \lg \frac{E_2}{E_1}$$

大气内外单色星等之差应为：

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

于是，得到以下两个进行地球大气消光改正的基本公式：

$$\frac{F_{\lambda}}{F_{0\lambda}} = P_{\lambda}^{M(z)} \quad (0)$$

$$m_{0\lambda} = m_{\lambda} - \Delta m_{\lambda} = m_{\lambda} + 2.5M(z) \lg P_{\lambda}(0)$$

大气质量 $M(z)$ 由 z 值根据专门的表查得，当今各天文台都会在观测中自动显示； $P_{\lambda}(0)$ 随观测地点和观测时间而变化，必须在对天体进行测量的同时测得它的值。

在实际的观测工作中，所求的星等并不是单色的，因此表示大气消光的公式在形式上要复杂些，而且在运用不同方法进行消光改正时，还会出现其它形式的公式。然而，改正的基本原理都是一样的。

2.2.3. 电离层等离子体折射

大气电离层中的等离子体会使天体辐射发生折射。

折射率 n 满足下式：

$$n^2 = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} = 1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right)^2 \geq 0$$

其中， ω 、 λ 是入射光的角频率和波长， ω_p 、 λ_p 是电离层中等离子体振荡的角频率和波长。等离子体的振荡频率为：

$$\nu_p (\text{Hz}) = \frac{\omega_p}{2\pi} = \left(\frac{N_e e^2}{4\pi^2 \varepsilon_0 m_e}\right)^{1/2} = 8.97 \times 10^3 N_e^{1/2}$$

由于：

$$n^2 = 1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right)^2 \geq 0$$

所以 $\lambda \leq \lambda_p$ 才能发生折射。

当天体辐射的波长大于等离子体的震荡波长时，会引起电离层的全反射而使天体辐射无法穿过大气到达地面。例如，前面提到的电离层中的F层，其电子密度为：

$$N_e = 2 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$$

计算可知： $\lambda_p = 23.5 \text{ m}$ （频率约等于12.7MHz），

说明波长大于23.5米的射电波无法到达地面，只有米波、厘米波、毫米波能通过电离层被地面接收。

2.2.4 大气辐射

地球大气辐射有两种机制：**荧光**和**热辐射**。大气辐射在可见光、红外和毫米波段，造成地面观测受到限制。

1. 夜天空的发射

电离层中电子与离子复合产生**荧光发射线**。在100km处电子密度低，碰撞退激发不重要，主要的辐射源有： OI 、 NaI 、 O_2 、 OH 、 H 。**除了极光带**（磁纬度 $\geq 70^\circ$ ）是外来碰撞电子引起的电离，其余不是，天空发射与纬度没有强的依赖关系。

λ (Å)	态	发射物质	高度 (km)	强度 (瑞利/Å)	过程
1025	<i>Lyβ</i>	H	200	10	共振散射、荧光
1216	<i>Lyα</i>	H	10 ² -10 ⁵	2000	共振散射、荧光
2600-3800	带	O ₂	90	600	光化学
5000-6500	带	N O ₂	90	1	光化学
5777	¹ S	O	90-300	250	光化学、离子
6300	¹ D	O	300	10-500	离子反应
7619	带	O ₂	80	6000	光化学
5893	² P	Na	90	20-150	光化学
2.3μm		OH	平流层	2 × 10 ⁵ /μm	

2. 热辐射

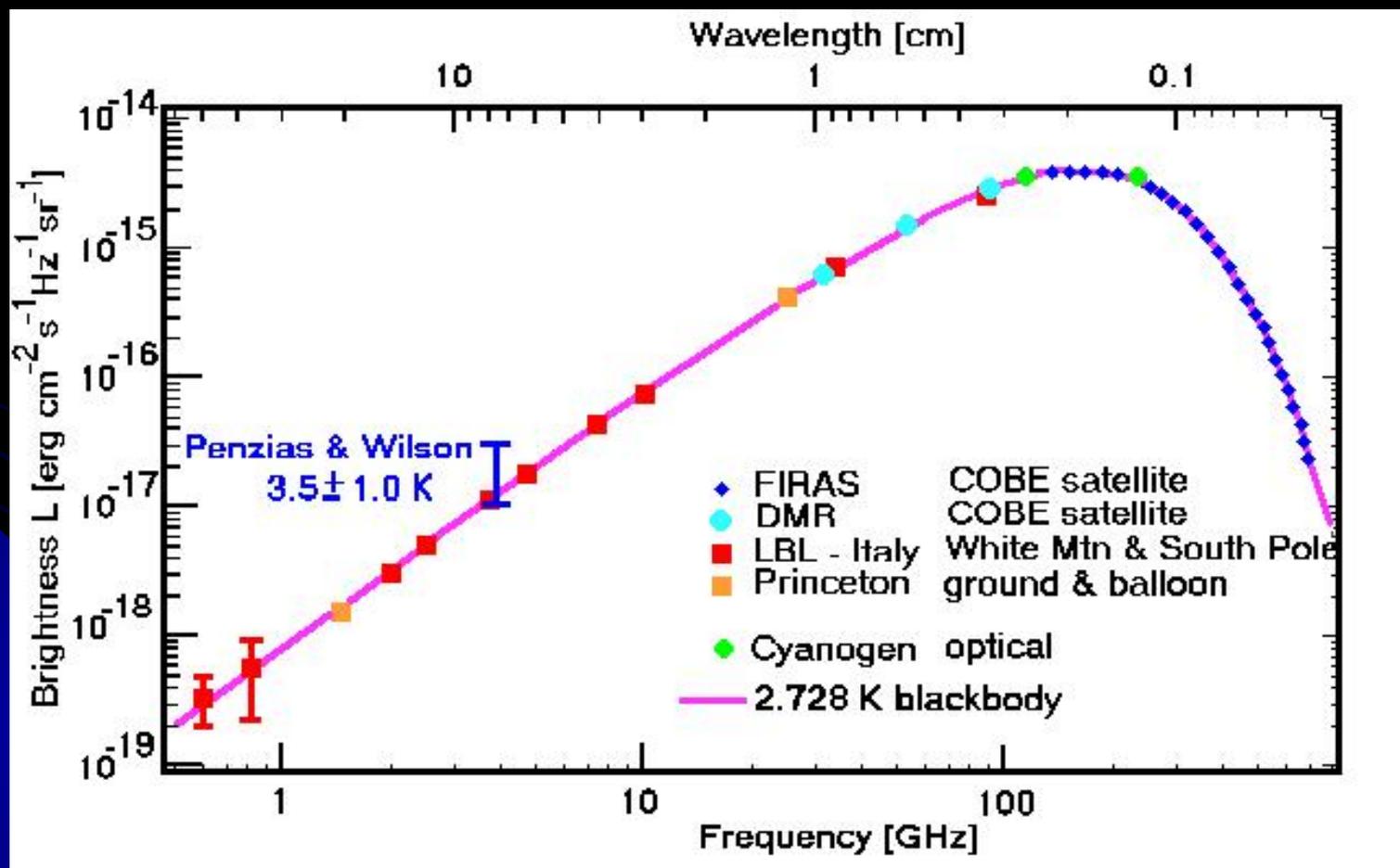
地球大气从地面直到40-60km高，可假设为局部热平衡，平均温度为250K。实际热辐射为一群不同温度的黑体辐射的叠加，辐射强度的极大处大约在 $10\ \mu\text{m}$ 。辐射星等如下表：

平均波长 (μm)	L	M	N	Q
平均光深	0.15	0.3	0.08	0.3
天光的星等 (arcsec^{-2})	8.1	2.0	-2.1	-5.8
强度 (Jy arcsec^{-2})	0.16	22.5	250	2100

$$1\text{Jansky}=10^{-26}\text{Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$$

3. 宇宙微波背景辐射

宇宙极早期大爆炸，演化至今的~2.73K黑体辐射，对0.8毫米---8毫米之间观测的影响最大！



2.2.5 大气扰动 — Seeing问题

Seeing在天文学领域我国曾译为“大气宁静度”、“星象宁静度”、“明析度”，根据“中华人民共和国国家标准”现定名为“视宁度”。

由于大气中微弱但总是存在的热气流，使得星象在高倍放大下总是显得闪烁不定。视宁度就是大气扰动造成星光闪烁的程度。视宁度的单位是“角秒”（arcsec）。最容易受到视宁度影响的是恒星位置的观测及成像观测。北京天文台兴隆观测站的seeing一般在2至3个角秒，上海天文台为1个角秒左右，而云南天文台丽江站是1角秒左右。地面上最好的视宁度约为0.5角秒。

2.3 影响观测的其它因素

- 1. 黄道：**黄道面上有很多尘埃（如小行星带），应避免：
1, 观测方向避开；2, 卫星不放在黄道面上。
- 2. 极光带：**地球纬度 $\geq 70^\circ$ ，应避免。
- 3. 银河消光：**来自天体的辐射除了要穿过地球大气层以外，还要穿过**银河系的星际介质**，这是无法避免的，称为**银河消光**。银河消光使得**0.2keV-0.02keV（60A--600A）**的辐射无法通过（当然有位置问题），几十米的长射电波也不行。

一般而言，拿到一个观测资料，首先要做**两大消光改正：大气消光改正和银河消光改正。**

银河系的尘埃消光进一步解释

银河系是一个盘状星系，在**银盘上**有很多气体和尘埃，因此形成了肉眼可见的壮观的“**黑色星云**”。在沿着银盘的方向（**低银纬**）上，由于尘埃的严重消光，在光学波段几乎无法看到银河系以外的天体。因此，一般来说，银河系外（河外）天体的研究主要集中在远离银盘（高银纬）的天区。尽管如此，由于银河系的盘存在一定厚度，而**太阳系处于银盘厚度上的中心位置**，我们从任何方向看出去依然存在一定程度的银河系尘埃消光。

因此，对于**河外天体**来说，银河系的尘埃消光是一个必须改正的效应。迄今天文学家经过大量的观测，绘制出**银河系的消光图**，由天体的位置查图可知。

2.4 台址问题

对于地面天文台，台址的选择非常重要。如果台址选择不当，即使拥有优质的大口径光学望远镜和红外望远镜，也是“英雄无用武之地”。一个好的台址，应当具备以下一些条件：

- 晴夜数多：晴夜指无雨、少云、无高云；
- 天气变化小，温度变化小（仪器要求）；
- 空气干燥，尘埃少；
- 视宁度好；
- 气流稳定：无龙卷风、台风等；
- 地质结构好：无地震等；
- 无光污染：远离城市；
- 海拔高度高：最好在4000公尺以上，但应考虑交通。

夏威夷莫纳克亚山：被认为是**北半球**最好的天文台址



智利：南半球最好的天文台址

欧洲南方天文台有三个观测站建在智利：

1、**拉西拉天文台 (LaSilla)**：位于智利阿塔卡玛沙漠南部的拉西拉山，首都圣地亚哥以北约600公里，海拔2400米。**3.5米**口径新技术望远镜等设备在此。

2、**帕瑞纳天文台**：位于智利安托法加斯塔以南约130公里的塞罗·帕瑞纳山，距离海岸线约12公里，海拔2632米，4台8.2米口径的甚大望远镜 (**VLT**) 以及若干台辅助望远镜组成的甚大望远镜干涉仪 (**VLTI**) 在此。

3、**拉诺德查南托天文台 (Llano de Chajnantor)**：海拔5104米，主要设备是12米口径的APEX亚毫米波望远镜，以及多国合作建造的阿塔卡玛大型毫米波天线阵 (**ALMA**, Atacama Large Millimeter Array)。

阿尔马 ALMA



观测波段在**0.3至9.6mm**的波长，空间分辨率**0.01''**，“视力”是哈勃望远镜的**10倍**。口径**12米**的**54座**、口径**7米**的**12座**组成。

阿尔马 ALMA



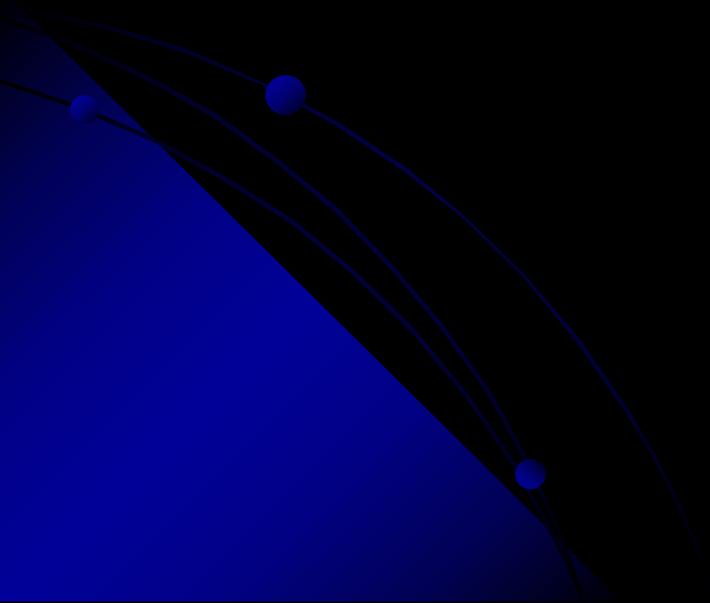
阿尔马 ALMA



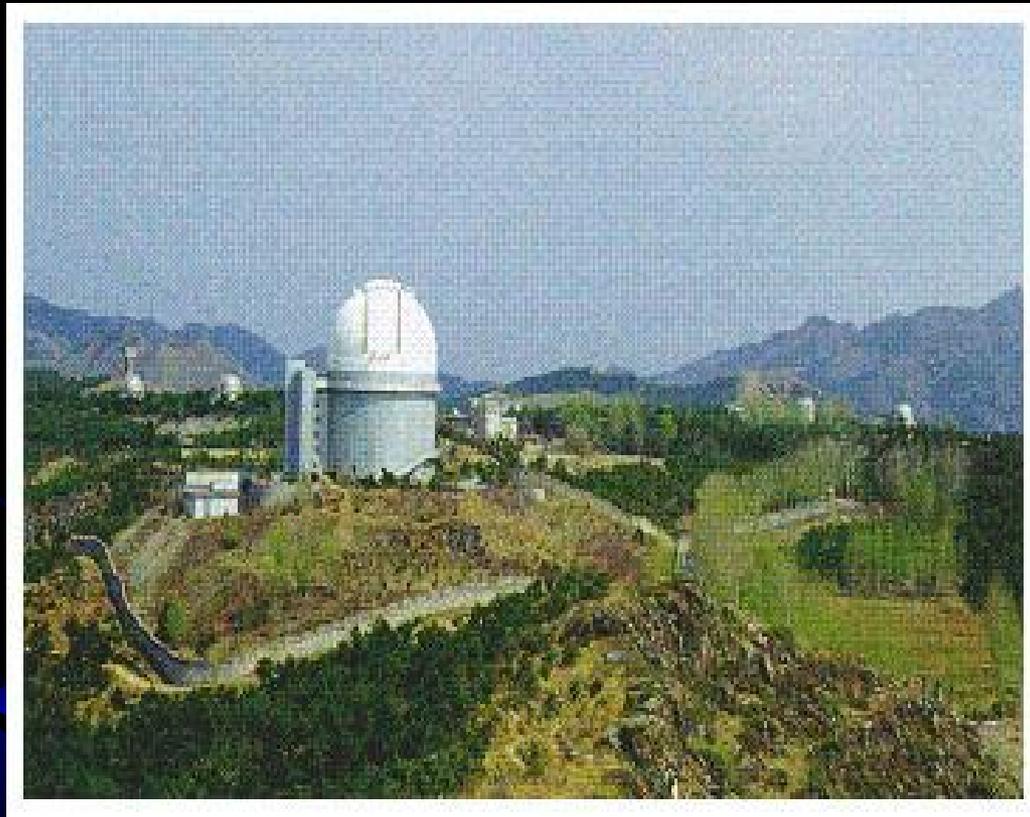
欧洲南方天文台的望远镜设立在智利北部安第斯山脉支脉帕瑞纳山，是南半球甚至全世界观测条件最佳的天文台之一。当地年平均可观测天文现象的时间在300天至330天左右，十分干燥的气候能有效地减少大气中的水汽对天文观测的影响，而且洁净空气的稳定程度很高。



中国天文台



兴隆观测站位于燕山主峰南麓，长城北侧，海拔960米，是北京天文台恒星与星系光学天文观测基地，设有LAMOST、远东最大的2.16米光学望远镜、1.26米红外望远镜、60/90厘米施密特望远镜、85厘米反射望远镜、60厘米反光望远镜和Mark-III型光电等高仪。这里晴夜数多，每年有270多个可观测的晴夜，空气干燥，大气透明度好，但是，视宁度不好，北京的城市灯光污染大。



紫金山天文台





- 天文台
- 候选址点
- 射电观测站
- 人卫站



云南丽江站2.4米望远镜

我国科学家发现**青海冷湖赛什腾山**是极佳的光学/红外天文观测台址。2021年12月22日，中国科学院国家天文台与青海省科技厅、青海省海西蒙古族藏族自治州人民政府共同签署建设青海冷湖天文基地合作协议，推动**MUST**等多个天文望远镜项目尽快落地。

2021年年8月18日，中国科学院国家天文台邓李才研究团队在国际科学期刊《自然》杂志发表文章，基于**连续3年的观测数据**，分析确认青海冷湖赛什腾山是极佳的光学/红外天文观测台址，其多个指标与**国际最佳**天文台址——夏威夷莫那卡亚峰和智利各天文台相比基本持平。

目前已定**9**个天文望远镜项目将落户冷湖天文台站，中国科学技术大学和紫金山天文台联合实施的**2.5米大视场巡天望远镜**将安装在此。

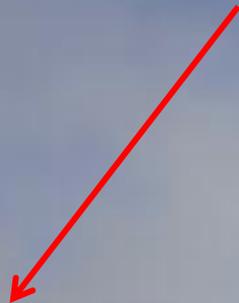
紫金山天文台实施的多应用巡天望远镜阵**MASTA**，国家天文台的**LAMOST**将落户在此。另外，清华大学计划中的**6.5米光谱巡天望远镜（MUST）**也将安装于此。



紫台-科大2.5米WFST



台址



- ◆ **中国南极昆仑站**，位置确定为南纬80度25分01秒，东经77度06分58秒，高程4087米，位于南极内陆冰盖最高点冰穹A西南方向约7.3公里。是中国继在南极建立长城站、中山站以来，建立的第三个南极考察站（2009年1月27日），是最好的**红外**天文台址。
- ◆ 1985年2月20日上午（当地时间），南极**长城站**落成典礼在大雪纷飞中举行。这标志着我国南极科学考察进入一个新阶段。
- ◆ 中国南极**中山站**（英文名称Zhongshan Station）建成于1989年2月26日。
- ◆ **泰山站**（2014年2月8日）是继长城站、中山站、昆仑站之后中国的第四个南极科考站。

我国南极泰山站正式建成开站

国家海洋局宣布：

我国南极泰山站2月8日正式建成开站

这是继长城站、中山站和昆仑站后，我国在南极建成的第4个科学考察站

泰山站



地理位置：距中山站与昆仑站之间的伊丽莎白公主地，距中山站522公里，距昆仑站约600公里
海拔高度：2621米

年平均温度：零下36.6度

功能：可满足20人度夏考察、生活的需要，具备科学观测、人员住宿、发电、物资储备、机械维修、通讯及应急处置等功能，并配有储藏设施。

建有国家Ⅱ级飞机冰雪跑道，配备400吨级内陆运输车辆设备。

东经76度58分

中山站

泰山站

南纬73度51分

昆仑站

南极洲

长城站

国家海洋局极地考察办公室



南极天文台，位于昆仑站



- 第一、观测时间长。每年有135天，即4个半月连续全黑夜，而且晴天时间高达90%以上。
- 第二、南极冰穹A大气稀薄、冷、干燥、尘埃少。可以与太空媲美。尤其有利于对近红外与毫米波观测。
- 第三、风速小，大气湍动少，视宁度极好，冰穹A平均风速低于2米/秒，极少超过4米/秒。
- 第四、干扰少。南极是地面上人工光源干扰最少的地方。

2024年2月7日，我国**南极秦岭站**正式开站，
是我国在南极建成的第五个科学考察站。





中国的候选台址

西藏的阿里

四川的稻城

青海的冷湖

新疆的慕士塔格



西藏行政区域“新” 西藏自治区政府，为适应西藏经济社会发展的需要，经国务院批准，对西藏行政区域进行了调整。调整后，西藏自治区辖有：拉萨地区、日喀则地区、昌都地区、林芝地区、山南地区、那曲地区、阿里地区。调整后，西藏自治区辖有：拉萨地区、日喀则地区、昌都地区、林芝地区、山南地区、那曲地区、阿里地区。调整后，西藏自治区辖有：拉萨地区、日喀则地区、昌都地区、林芝地区、山南地区、那曲地区、阿里地区。

西藏自治区在中国的地理位置

阿里地区

那曲地区

昌都地区

拉萨市

林芝地区

日喀则地区

山南地区

图例

● 自治区首府	▲ 地区首府
○ 地级市	□ 县

阿里地区政区示意图



藏行网 www.ty.cn

新疆维吾尔自治区





海西蒙古族藏族自治州行政区划图







吐尔尕特山口

唐王城

阿图什

喀什市

英吉沙

伽师

英吉沙

guolv.com 国旅在线

莎车

莎车

叶城

昆

- 公格尔峰
- 公格尔峰九别峰
- 卡拉库里湖
- 慕士塔格冰山

仓

石头城
增什喀尔干

公主堡

山





练习二：

- 3、大气对观测有哪四大影响？根据大气的成份和结构，较仔细地说明这些影响。
- 4、何谓大气质量？它与大气的消光改正的定量关系？如果观测时 $M=1.3$ ，天顶的 $P(0)=0.8$ ，请估算其消光改正。
- 5、什么情况下要作银河消光改正？原因何在？