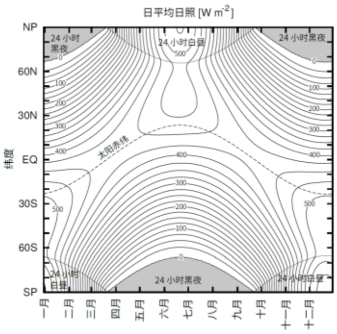
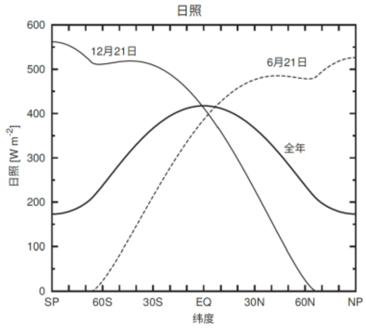
第三章 基本辐射物理量



随纬度和时间函数变化的大气顶日平均太阳辐射通量



随纬度函数变化的大气顶日平均太阳辐射通量，包括夏至日、冬至日和年平均三种情况

3.1 辐射通量密度

辐射通量密度 也称为**辐照度** ***flux density***，是电磁辐射在**单位时间**里通过**单位面积表面**所传输的总能量。

$dF = \frac{dE}{dAdtd\lambda}$ $F \sim (\vec{r}, \vec{n}, t, \lambda)$ 则有$3+2+1+1=7$个自由度，是个很复杂的函数。

该表面可以是真实的(如地面、云顶、探测器)或假象的平面(如任意大气水平面)

宽带通量密度 指定λ_1 **和**λ_2**内**所有波长贡献的辐射通量密度，例如太阳常数。单位：$\mathrm{W \cdot m^{-2}}$。

单色通量密度 F_λ（又称为光谱通量密度）可以定义为$F_\lambda = \lim_{\Delta\lambda \to 0} \frac{F(\lambda, \lambda+\Delta\lambda)}{\Delta\lambda}$

其中$F(\lambda, \lambda+\Delta\lambda)$是介于$\lambda$和$\lambda+\Delta\lambda$波长区间贡献的辐射通量密度。典型单位：$\mathbf{Wm^{-2}\mu m^{-1}}$

因此$[\lambda_1, \lambda_2]$ 的宽带辐射通量密度等于$F(\lambda_1, \lambda_2) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F_\lambda d\lambda$

例题 在0.3 μm 和1.0 μm波长范围内，入射物体表面的总辐射通量为200 Wm^{-2}。

(a) 在该波长区间的**平均光谱(单色=光谱)通量**是多少？答案单位应为$Wm^{-2}\mu m^{-1}$。

(b) 若光谱通量不随波长变化，那么仅由0.4 μm至0.5 μm波长区间贡献的总通量是多少？

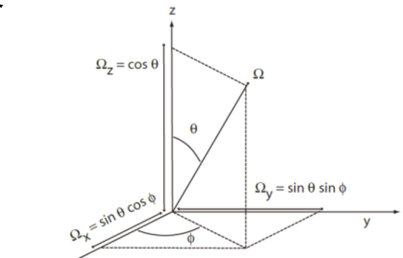
(c) 完全由0.5 μm 波长辐射贡献的总通量（单位Wm^{-2}）是多少？

① 根据定义可知平均光谱辐射通量为$F_\lambda = \frac{F}{\Delta\lambda} = \frac{200\mathrm{Wm^{-2}}}{1.0\mu\mathrm{m}-0.3\mu\mathrm{m}} = 285.7\mathrm{Wm^{-2}}\mu\mathrm{m^{-1}}$

② 该波长区间的总辐射通量为$F_b = F_\lambda \Delta\lambda = 285.7W\mathrm{m^{-2}}\mu\mathrm{m^{-1}} \cdot (0.5\mu\mathrm{m} - 0.4\mu\mathrm{m}) = 28.6W\mathrm{m^{-2}}$

③ 只有在波长区间贡献的辐射通量密度可能不为零，因此**答案为零**

3.2 辐射强度



笛卡尔坐标系

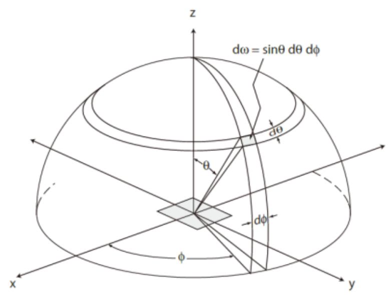
3.2.1 立体角

引入 大量方向组成的一个小区域，即**立体角** ***Solid Angle***。

球坐标系 其中天顶角θ、方位角ϕ。因此，若在笛卡尔坐标系中方向$\hat{\Omega}$表示为$(\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z)$，而在球坐标系中可以表示为$(\theta, \phi)$

立体角 物体相对某视点的立体角定义为该物体在以**此视点**为**球心**的**单位球**上的**投影表面面积** **定义**：$d\Omega = \frac{d\sigma_{表面积}}{r^2_{球半径}} = \sin\theta\, d\theta_{天顶角} d\phi_{方位角}$

单位：球面度 Sr



立体角和球极坐标之间的关系

例题 考虑一块云，当从地面某个位置对它进行观测时，它所占的天空区域为 $\frac{\pi}{4} < \theta < \frac{\pi}{2}$ 和 $0 < \phi < \frac{\pi}{8}$。

求 (a) 云所包含的立体角是多少？ (b) 天空被云覆盖的百分比是多少？

① 云包含的立体角等于立体角微元的二重积分$\Delta\omega = \int_0^{\frac{\pi}{8}} \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \sin\theta\, d\theta d\phi = 0.28\ \mathrm{Sr}$

② 考虑到所有方向组成的立体角是4π，而天空方向半球具有2π球面度的立体角，则 $\frac{\Delta\omega}{2\pi} = 4.4\%$