



第七章 傅立叶变换信息光学

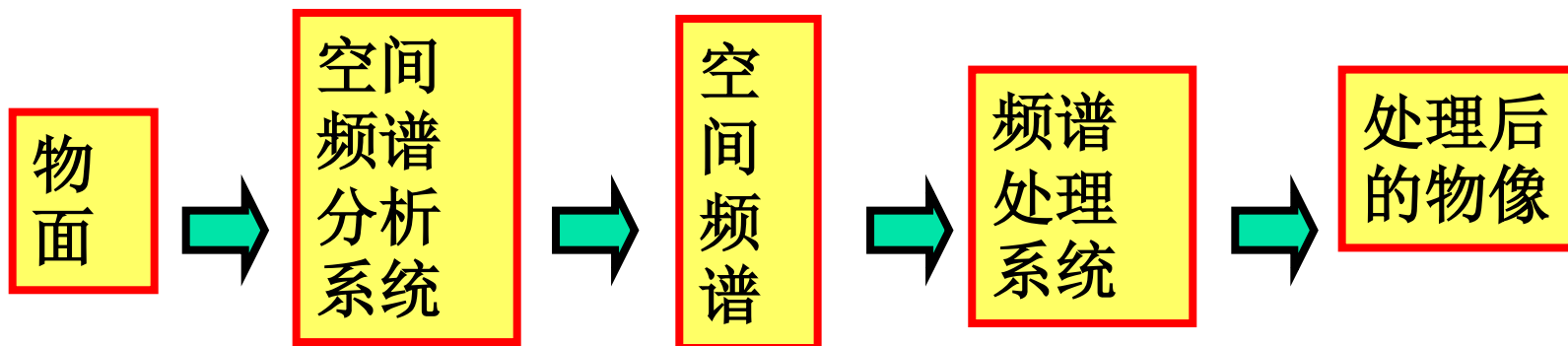
- 光学是物理学基础学科中较为古老的学科。然而，20世纪40年代后，光学在理论方法上和实际应用上都有许多重大的突破和进展，产生了现代光学。
 - 1948年 提出全息术
 - 1955年 用传递函数评价像质
 - 1960年 诞生激光器
- 现代光学最重要的是引入变换概念，并由此形成了一个光学的新分支——傅立叶变换光学，又称信息光学或变换光学。

数学手段:

傅立叶变换。满足变换条件的**空间域**和**频率域**参数可以互换。空域描述信号的自变量是**空间坐标**；频域则是用**空间频率**为自变量。

基本思想:

用频谱的语言分析物面的信息，用改变频谱的手段来处理信息。

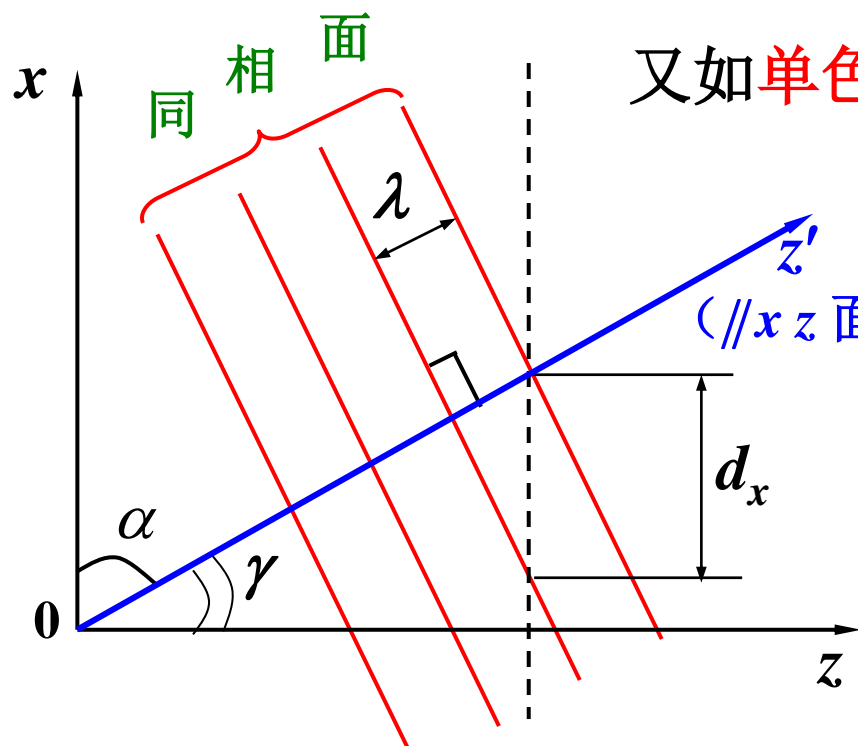


一.空间频率：单位长度内空间分布重复的次数

任何周期性空间分布，都有一定的空间频率

例如**光栅**： d —空间周期， $f=1/d$ —空间频率

又如**单色平面波**：对传播**方向 z'** ：空间周期为 λ ，空间频率 $f=1/\lambda$



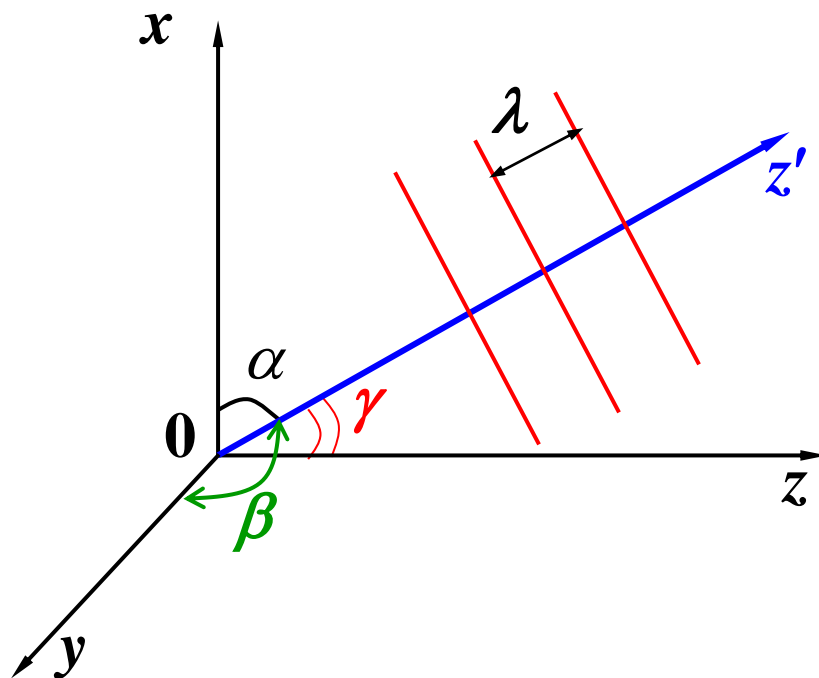
方向 x ：空间周期 $d_x = \frac{\lambda}{\cos \alpha}$

空间频率 $f_x = \frac{\cos \alpha}{\lambda}$

方向 z ： $d_z = \frac{\lambda}{\cos \gamma}$, $f_z = \frac{\cos \gamma}{\lambda}$

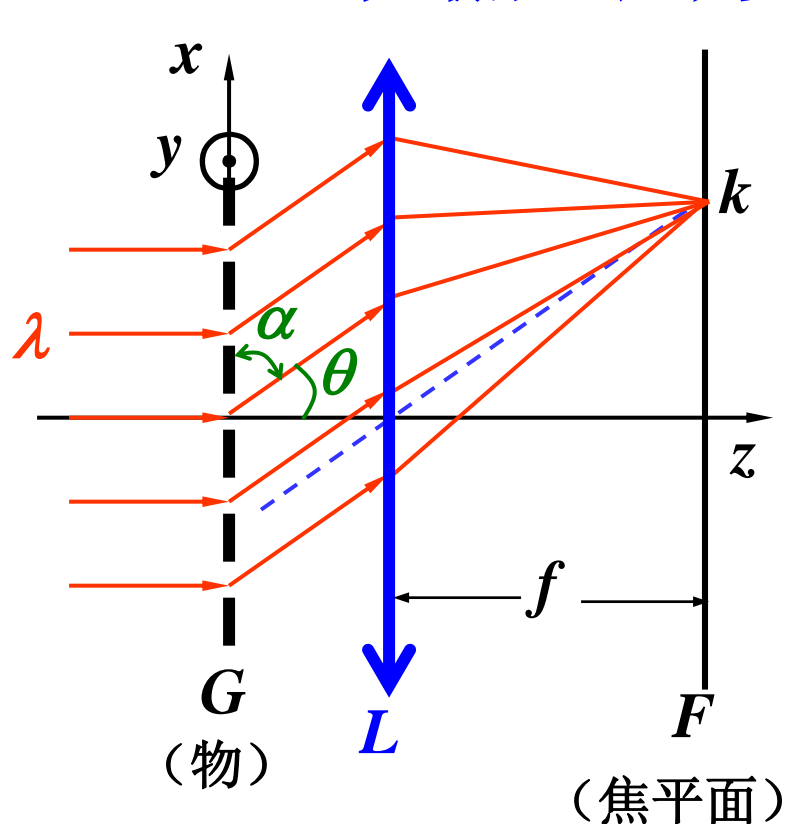
可见，**同一个波在不同方向空间频率也不同。**

对任意方向传播的单色平面波：



$$\begin{cases} f_x = \frac{\cos \alpha}{\lambda} \\ f_y = \frac{\cos \beta}{\lambda} \\ f_z = \frac{\cos \gamma}{\lambda} \end{cases}$$

二.光栅夫琅禾费衍射的空间频率



x 方向: $\alpha = \frac{\pi}{2} - \theta$, θ —— 衍射角

y 方向: $\beta = \frac{\pi}{2}$,

$$\therefore \begin{cases} f_x = \frac{\cos \alpha}{\lambda} = \frac{\sin \theta}{\lambda} \\ f_y = \frac{\cos \beta}{\lambda} = 0 \end{cases}$$

$$\boxed{d \sin \theta = k \lambda} \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

有

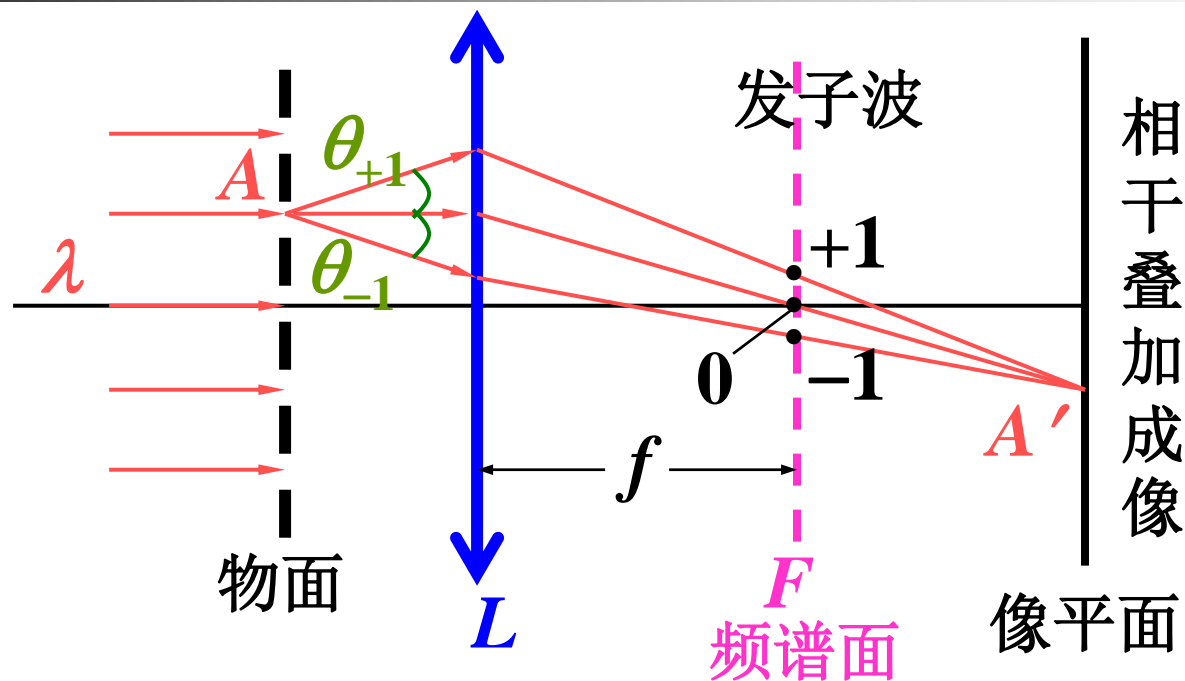
$$\boxed{f_x = \frac{\sin \theta}{\lambda} = \frac{k}{d}}$$

对 $f_x = \frac{\sin\theta}{\lambda} = \frac{k}{d}$ 的讨论：

- (1) 物是一系列不同的空间频率信息的集合，一定的 θ 对应一定的 f_x ，也对应一定的 k 。
- (2) 物上不变的部分 $d \rightarrow \infty$ ，即 $f_x = 0$ ， $\theta = 0$ 。中央明纹反映的是物上不变化的部分。

三. 阿贝 (E. Abbe) 成像原理

阿贝从波动光学角度对透镜成像做了新解释，他指出，成像过程可分解为两步：



第一步:

入射光经物平面发生夫琅禾费衍射，在 L 的焦平面上形成一系列的衍射斑纹，此即物的空间频谱。

第二步:

各衍射斑纹发出的子波在像平面上相干叠加形成物的像。

这样，我们对夫琅禾费衍射有了新认识：

在数学上我们可以将一个函数作付里叶展开。同样，一张图（物）也是由许多不同空间频率的单频率信息所组成。单色光正入射到图上时，通过夫琅禾费衍射，一定空间频率的信息就被一束特定方向的衍射波输送出来，并且以衍射斑纹的形式展现在透镜 L 的焦平面上。所以，理想的夫琅禾费衍射装置—透镜，正是一个付里叶频谱分析器，透镜的后焦面就是图片的付里叶频谱面（付氏面）。