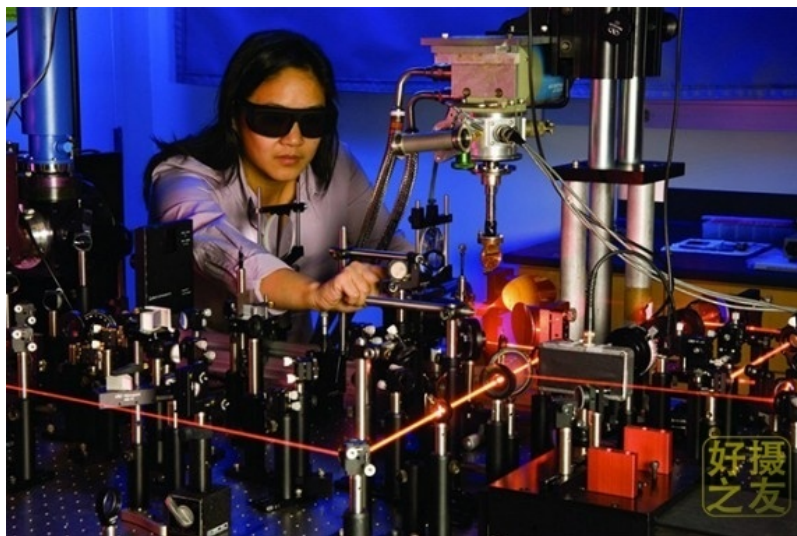


光学预科实验

# 激光光学实验的一些基本操作



## 目的要求:

- 1、了解与学习激光产生的基本原理以及传播和接收等基本特性。
- 2、观测激光传输、扩束等实验现象。
- 3、通过搭建马赫—曾德干涉仪掌握激光光路的基本调节方法。
- 4、通过检偏器学习激光偏振态的检验。
- 5、观察夫琅和费衍射和光栅衍射现象。
- 6、（自选）观察头发、微孔洞等常见物品的干涉、衍射现象

注意：为保证安全，**严禁**眼睛低于平台，  
**严禁**眼睛直视激光！



零分！

# 注意事项

严禁直视调节光路

严禁将激光照向他人

相邻实验台互相注意、提醒

严禁用手触摸光学器件的光学面

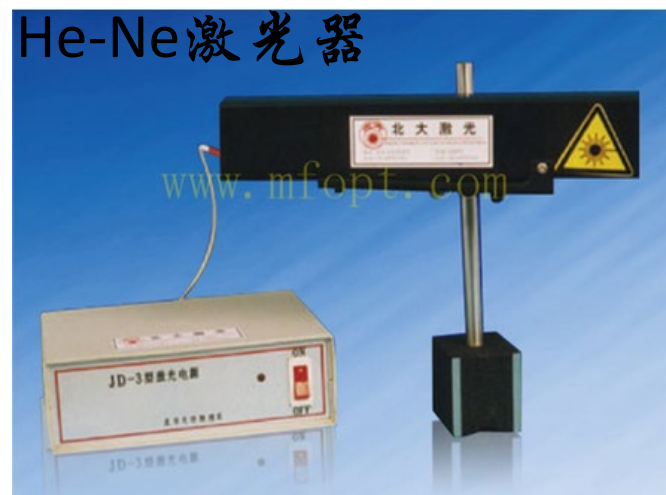
用擦镜纸触摸或擦拭光学面（有教学视频）

用洗耳球吹灰

损坏赔偿

# 实验器材

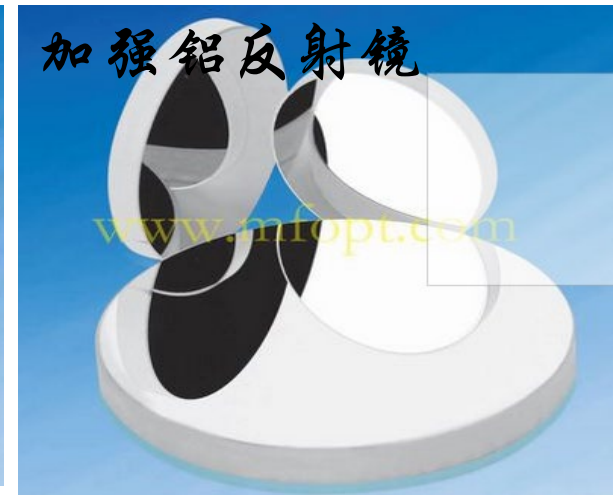
He-Ne激光器



反射镜镜架



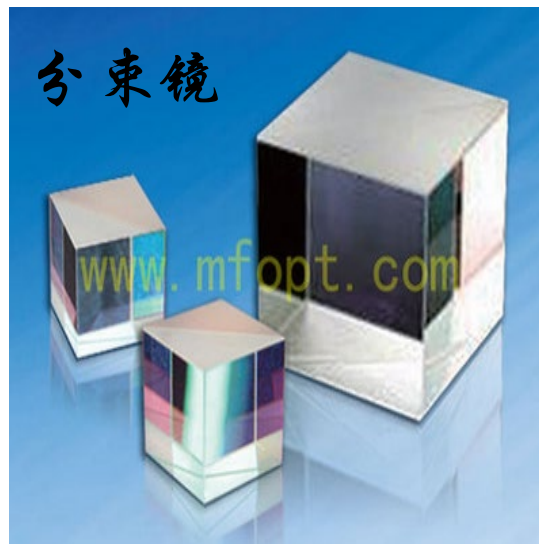
加强铝反射镜



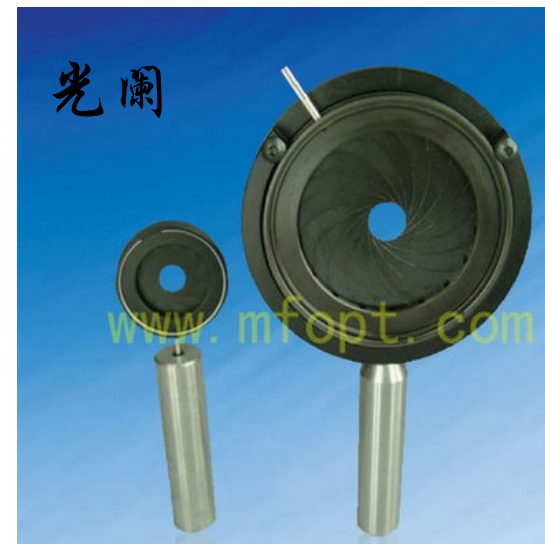
棱镜架



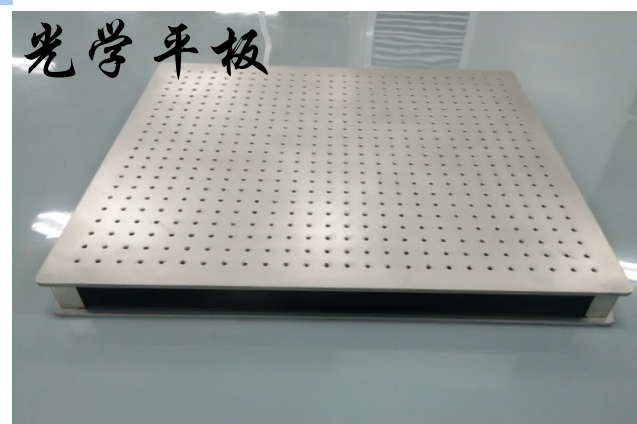
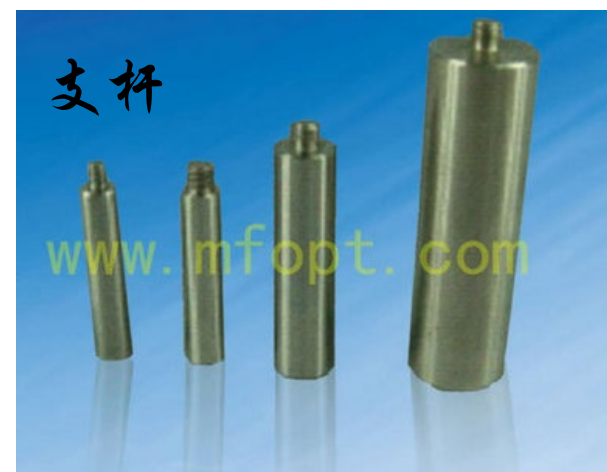
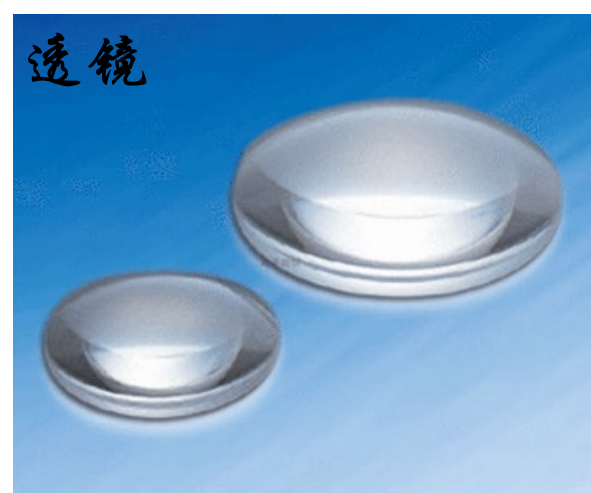
分束镜



光阑







# 激光基础

光与物质的相互作用，实质上是组成物质的微观粒子吸收或辐射光子，同时改变自身运动状况的表现。微观粒子都具有特定的一套能级（通常这些能级是分立的）。

与光子相互作用时，粒子从一个能级跃迁到另一个能级，并相应地吸收或辐射光子。光子的能量值为此两能级的能量差 $\Delta E$ ，频率为 $\nu = \Delta E/h$ （ $h$ 为普朗克常量）。

# 激光基础

## 受激吸收（简称吸收）

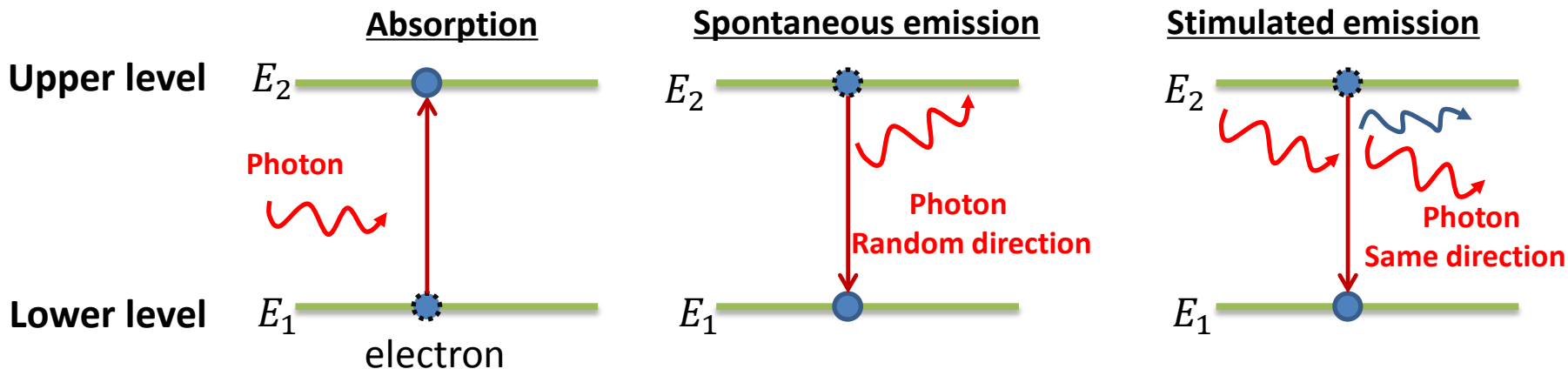
处于较低能级的粒子在受到外界的激发吸收能量时，跃迁到与此能量相对应的较高能级。这种跃迁称为受激吸收。

## 自发辐射

即使没有外界作用，粒子也有一定的概率，自发地从高能级激发态（E2）向低能级基态（E1）跃迁

## 受激辐射

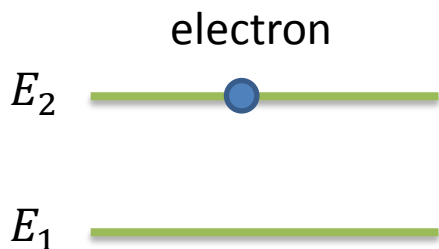
(1917年爱因斯坦) 除自发辐射外，处于高能级E2上的粒子还可以另一方式跃迁到较低能级。当频率为  $\nu = (E_2 - E_1) / h$  的光子入射时，也会引发粒子以一定的概率，迅速地从能级E2跃迁到能级E1，同时辐射一个与外来光子频率、相位、偏振态以及传播方向都相同的光子，这个过程称为受激辐射。





# 激光产生条件

Population inversion and pumping——粒子数反转和泵



电子处于激发态的原子共有  $N_2$



电子处于低能级的原子数为:  $N_1$

平衡态时有 Boltzmann's Law:  $N_2 = N_1 \exp[-(E_2 - E_1)/KT]$

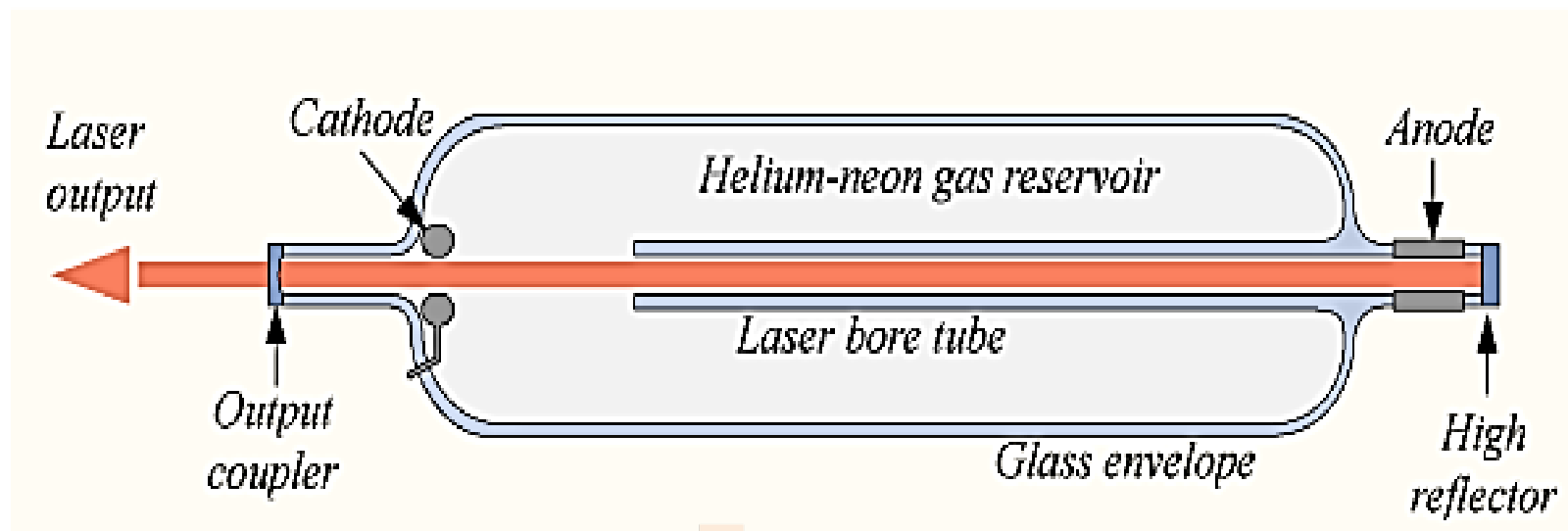
因为  $\exp[-(E_2 - E_1)/KT] < 1$

所以  $N_2 < N_1$

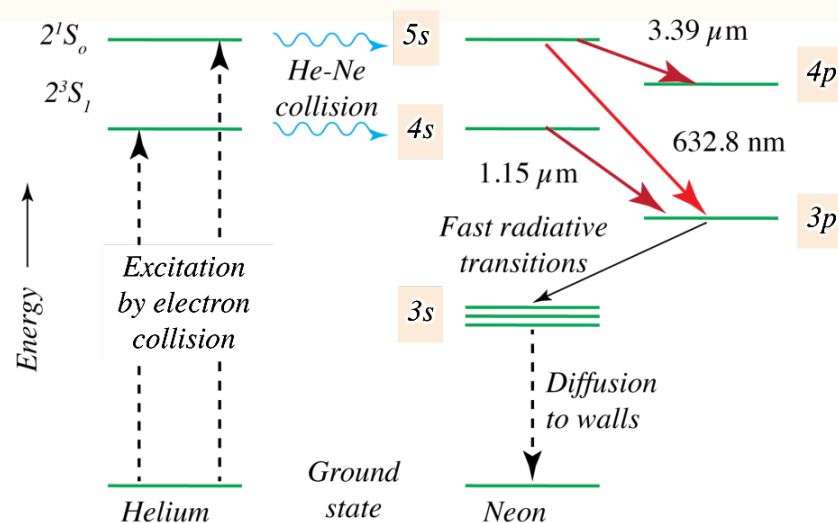
激光产生: 需要大量处于激发态的原子

泵: 为原子提供能量, 使得大量原子从基态跃迁到激发态, 发生粒子数反转,  $N_2 > N_1$

# He-Ne激光器装置



He 辅助物质  
Ne 工作物质



[LS or Russell-Saunders coupling](#)表示He原子能级

[Paschen notation](#)（帕邢符号）表示惰性气体Ne原子能级

[https://en.wikipedia.org/wiki/Helium-neon\\_laser](https://en.wikipedia.org/wiki/Helium-neon_laser)

# 干涉的基本原理：

同一激光光源发出的相干光，被无偏振分光棱镜分为光强1: 1并且偏振相同两束光，分别称之为信号光和参考光，经过不同的光程后再重合，因为重合时不同点处两路光的相位差不同，即会产生干涉条纹。假设重合光斑某处两路光的电矢量分别为：

$$E_1(t) = E_0 e^{-i\omega t + \phi_1(t)}$$

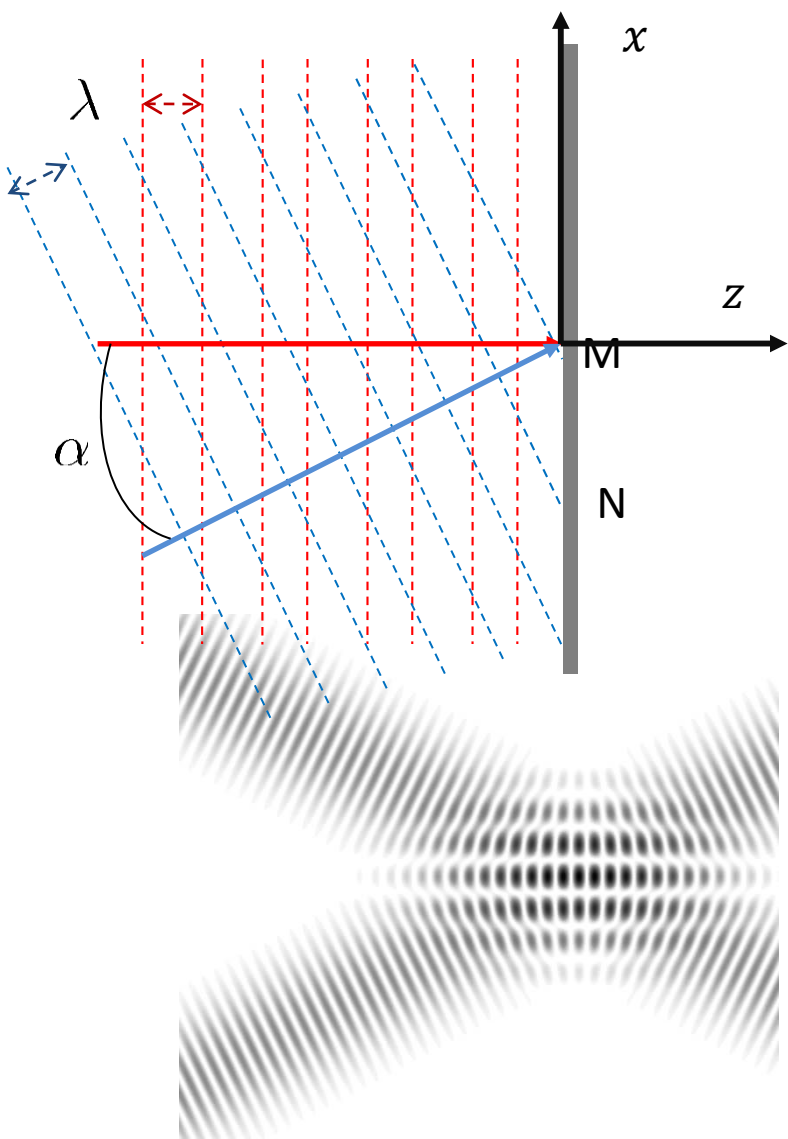
$$E_2(t) = E_0 e^{-i\omega t + \phi_2(t)}$$

那么可以得到此处的光强为

$$I(t) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\phi$$

$$\Delta\phi = \phi_1(t) - \phi_2(t)$$

# 平行光干涉公式推导：



在x轴上( $z=0, y=0$ )两束光的振幅为：

蓝色虚线： $u_1 = A_1 e^{i[\vec{k}_1 \cdot \vec{r} + \varphi_1]} = A e^{i[kx \sin \alpha + \varphi_1]}$

红色虚线： $u_2 = A_2 e^{i[\vec{k}_2 \cdot \vec{r} + \varphi_2]} = A e^{i[\varphi_2]}$

两束波在x轴上任意位置的相位差为：

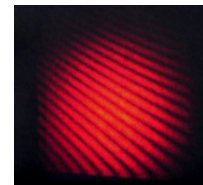
$$\Delta \varphi = kx \sin \alpha + \varphi_1 - \varphi_2$$

干涉极大时有： $\Delta \varphi = 2n\pi$

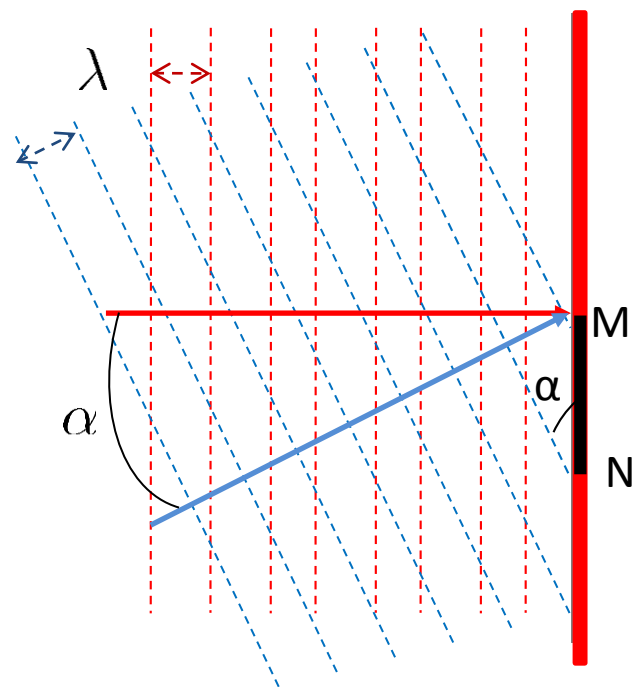
两个相邻干涉极大的相位差为 $2\pi$

则： $\Delta \varphi_1 - \Delta \varphi_2$

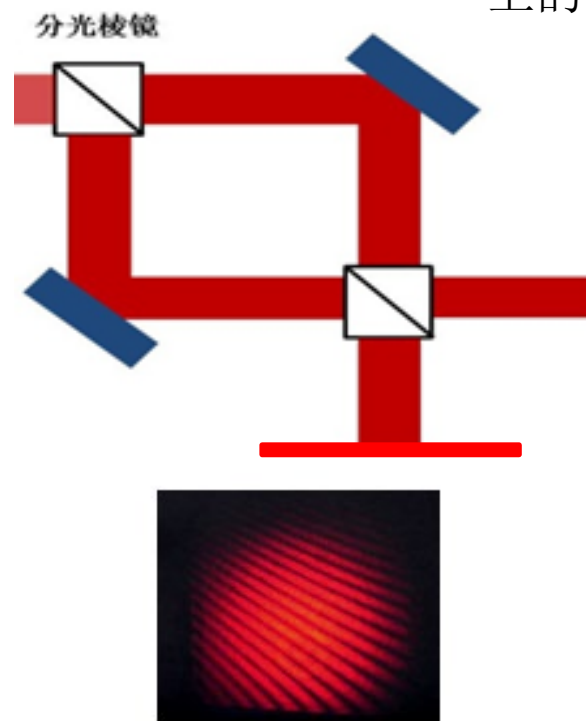
$$\begin{aligned} &= kx_1 \sin \alpha + \varphi_1 - \varphi_2 - (kx_2 \sin \alpha + \varphi_1 - \varphi_2) \\ &= k(x_1 - x_2) \sin \alpha = k d \sin \alpha = 2\pi \end{aligned}$$



# 光束夹角与干涉条纹间隔的关系



参考光学平台  
上的孔



假设MN之间的距离为d

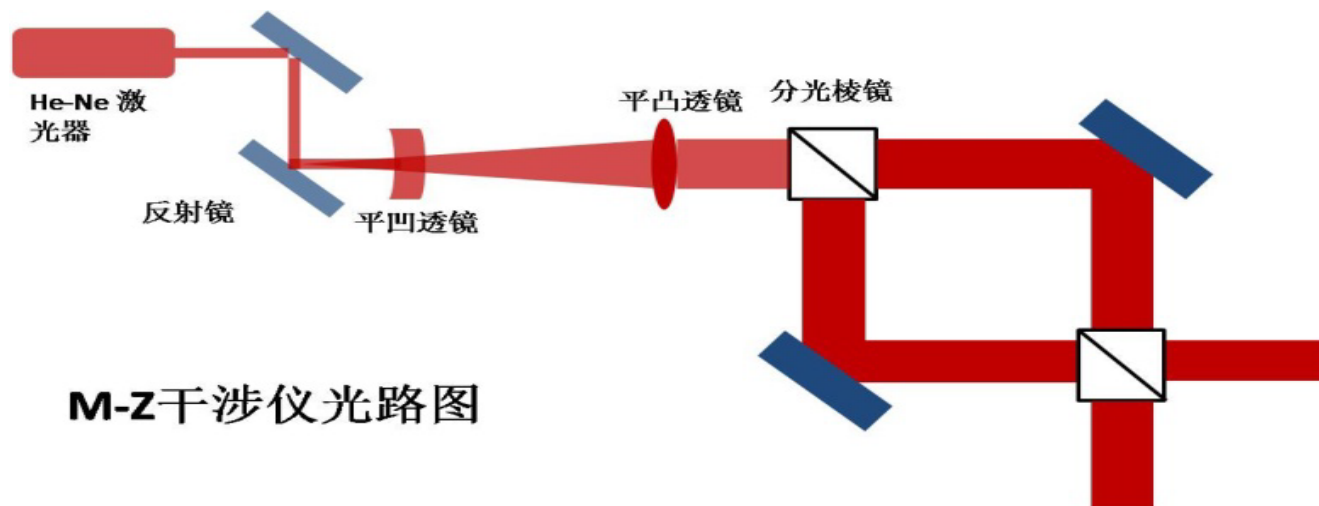
$$d \cdot \sin(\alpha) = \lambda$$

$\lambda$ 为632.8nm

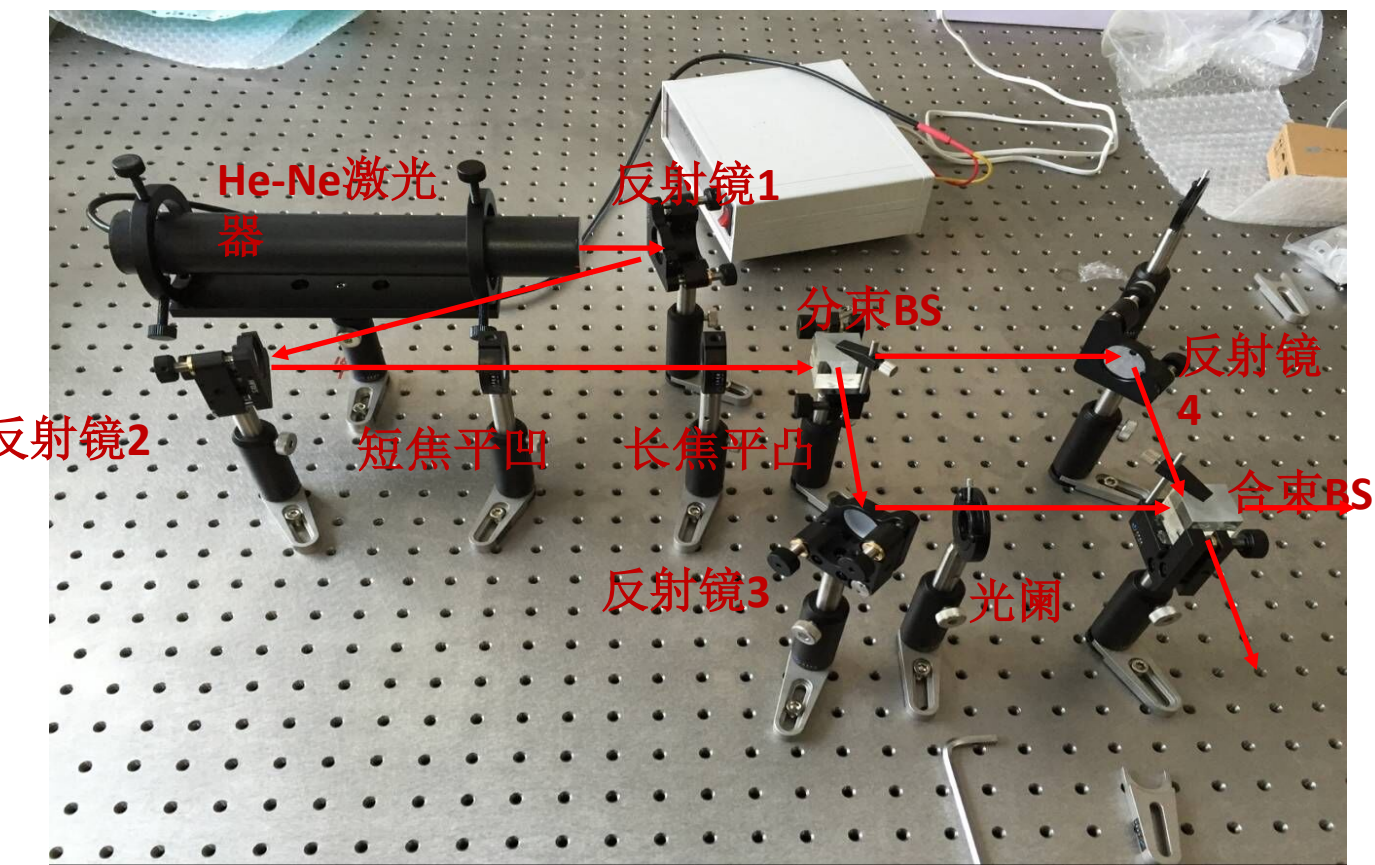
d至少在mm量级时肉眼可以直接观测  
光斑大小10mm左右

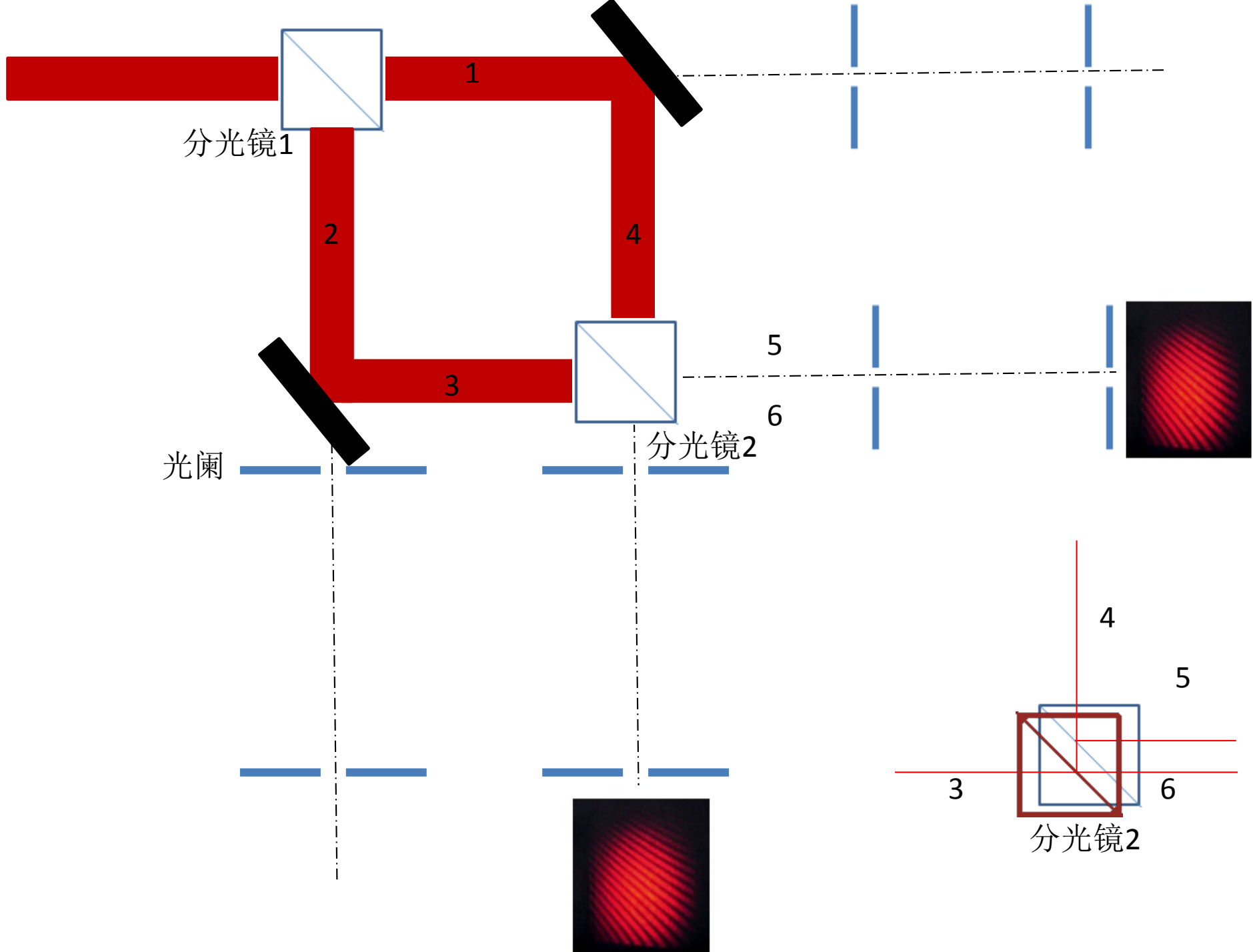
	d=1mm	d=5mm
$\alpha$	0.036°	0.007°

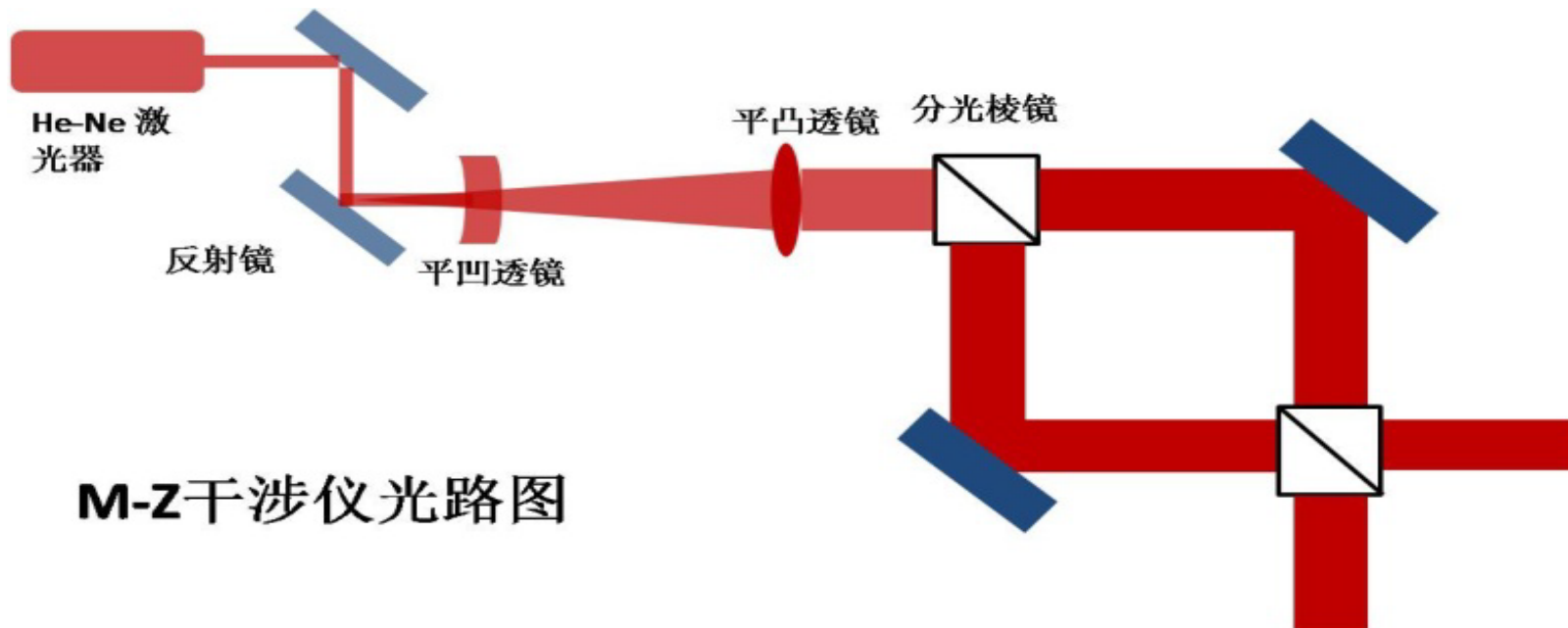




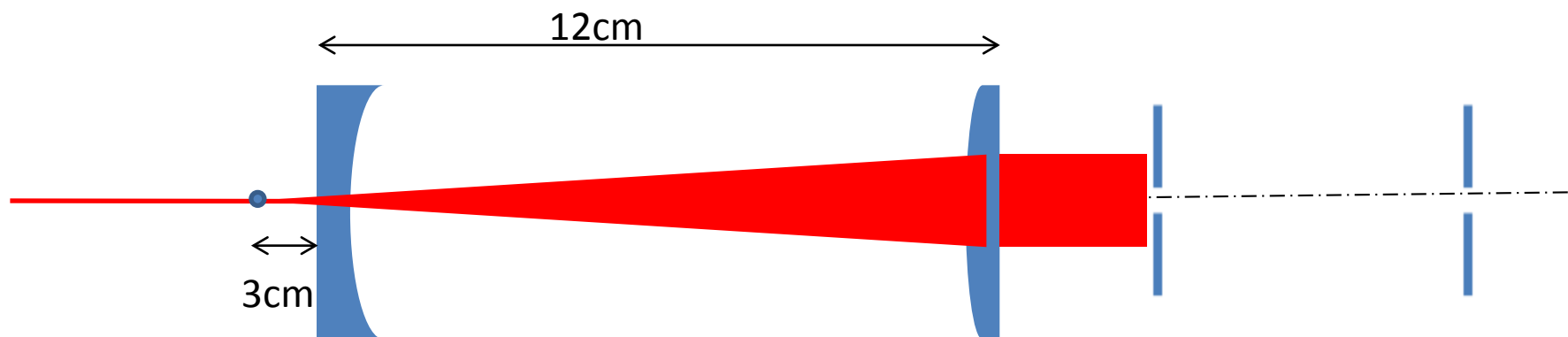
M-Z干涉仪光路图







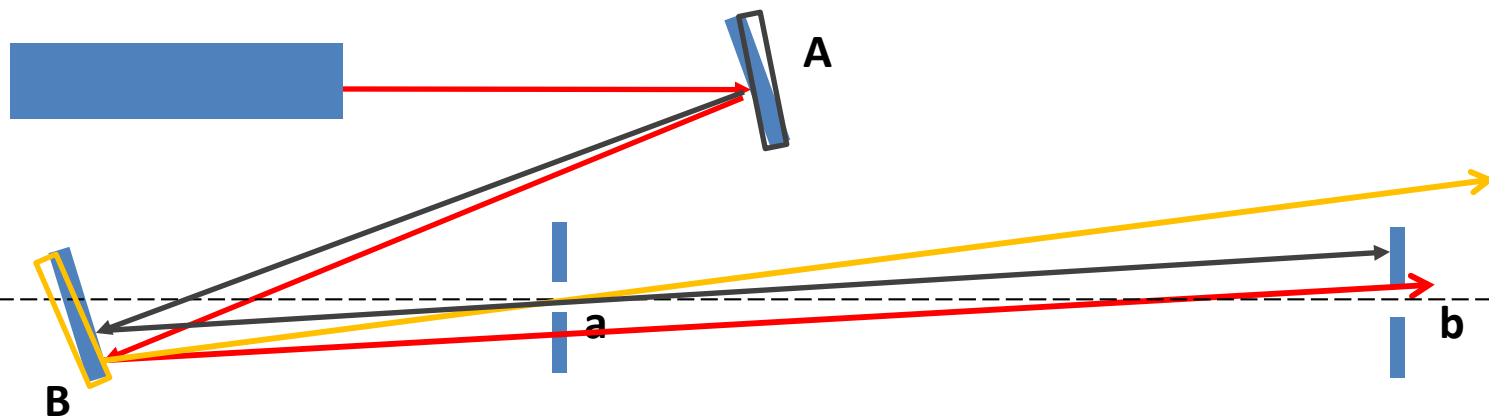
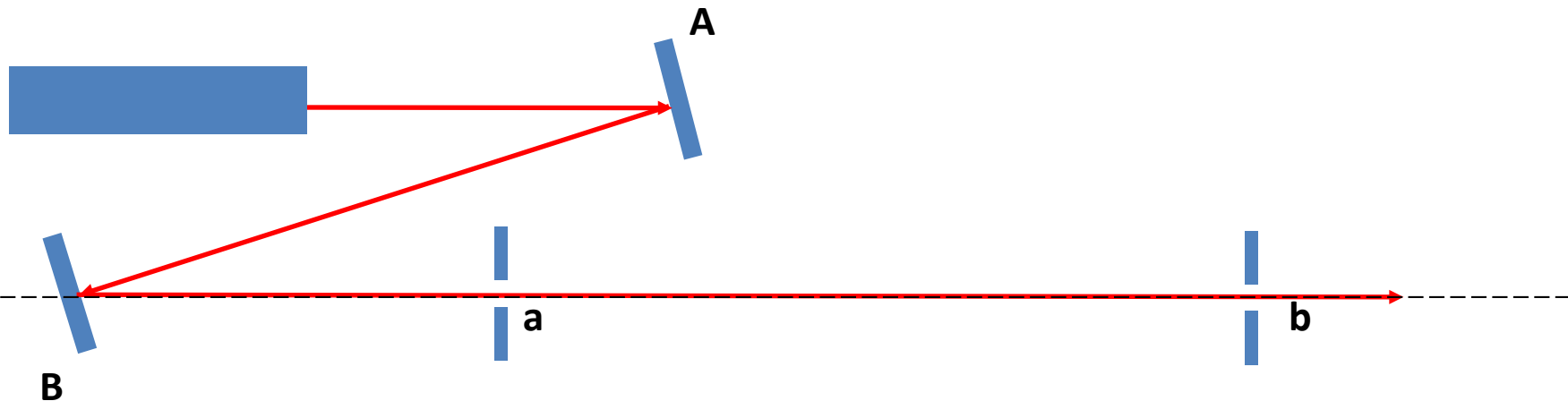
光路扩束:



平凹透镜焦距: 3cm

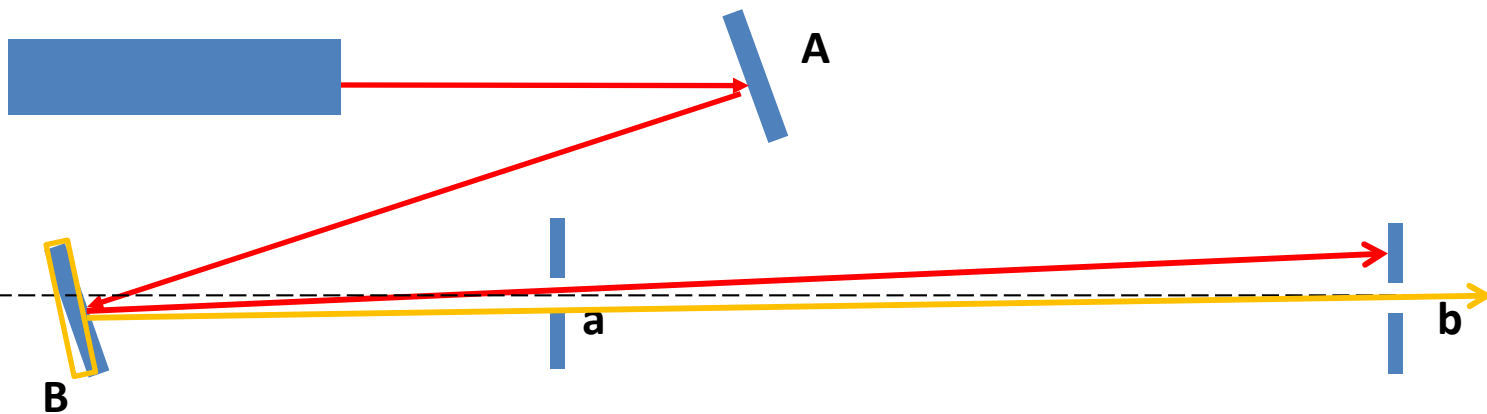
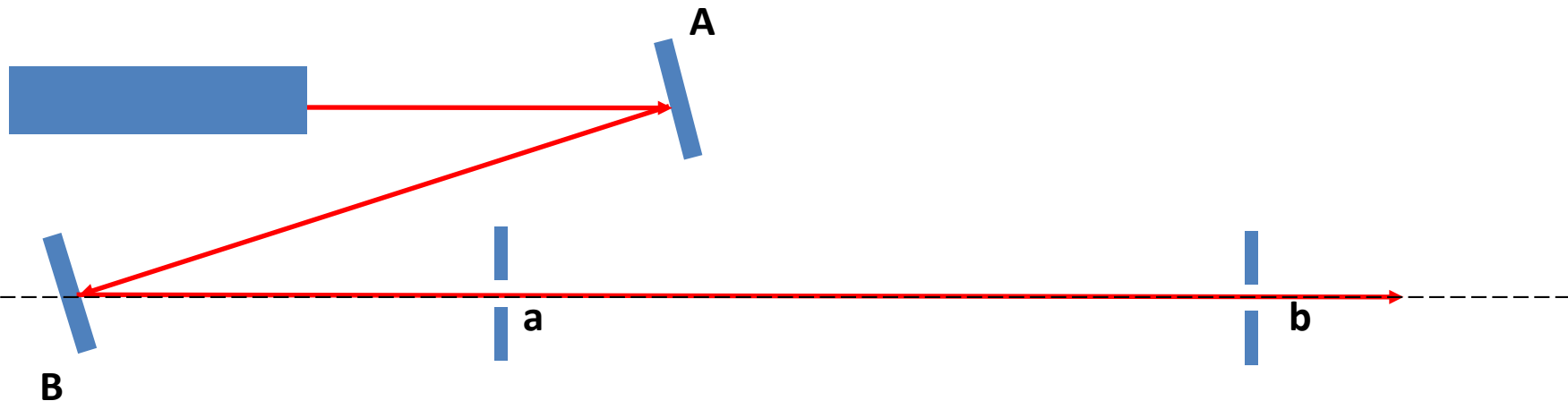
平凸透镜焦距: 15cm

光路准直的法则：A-a, B-b



A-a

光路准直的法则： $A-a, B-b$



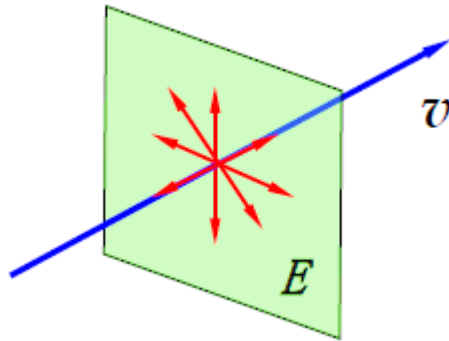
$B-b$



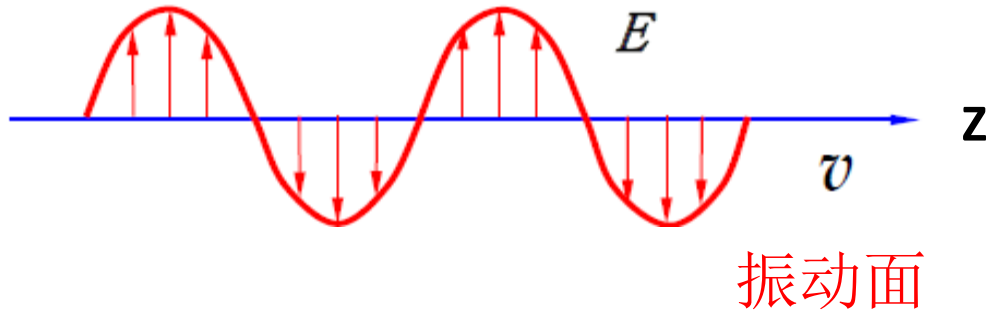
# 自然光

光是横波，振动方向与传播方向垂直。

- 自然光：光的振动方向在振动面上随机出现，振幅都相等。
- 自然光矢量间无固定的相位关系



# 线偏振光



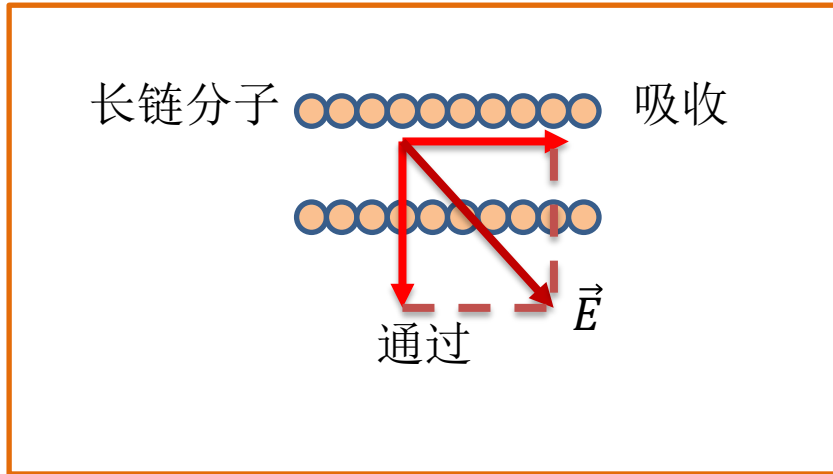
光的振动方向都在同一个平面里，称为线偏振光。

# 偏振片原理

## absorptive polarizers 吸收型偏振片:

晶体对不同偏振状态的光有选择吸收的性质。

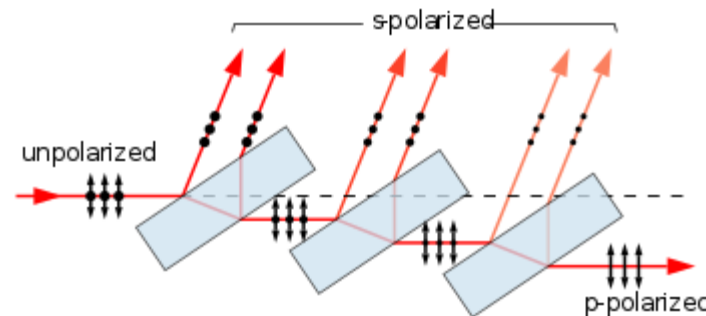
当光的电矢量与晶体的光轴平行时，光被晶体吸收较小；  
当光的电矢量与晶体的光轴垂直时，光被晶体吸收较多。



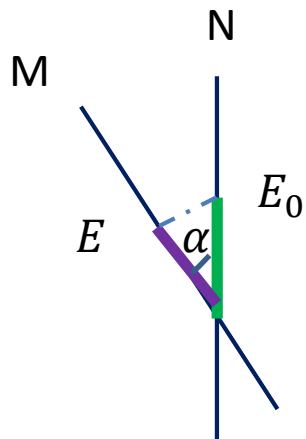
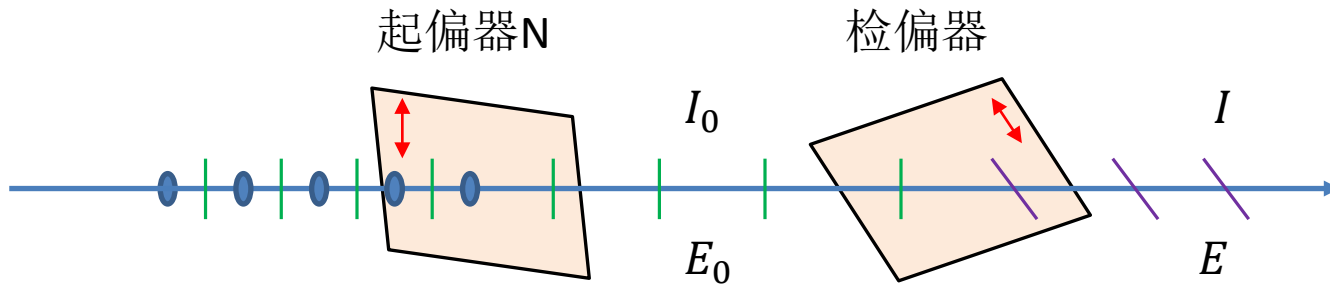
## beam-splitting polarizers 光束分离偏振

把光分成o光和e光，都为线偏振光。

光的振动方向

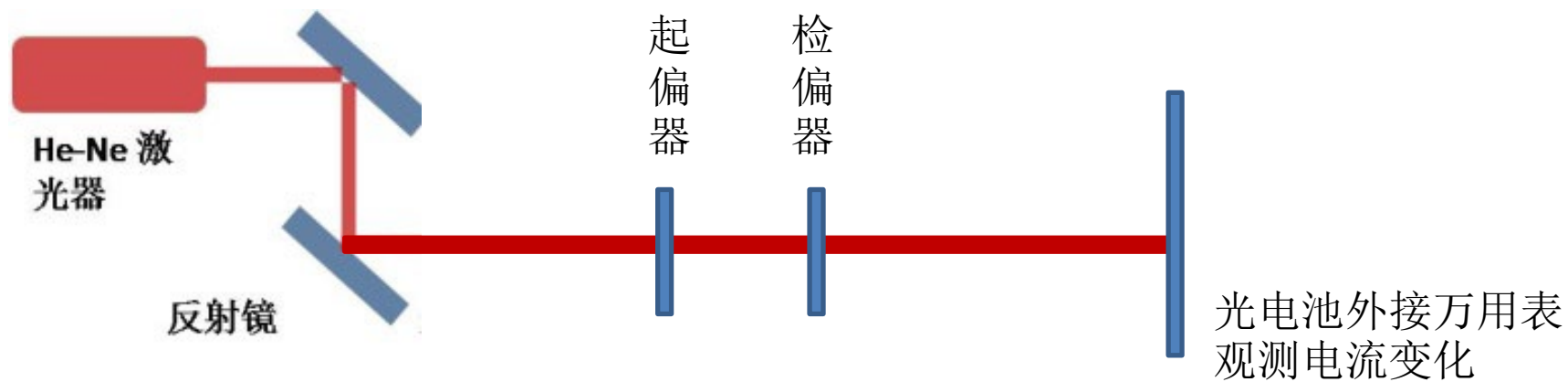


# 马吕斯定律



$$E = E_0 \cos \alpha \qquad \frac{I}{I_0} = \frac{E^2}{E_0^2}$$

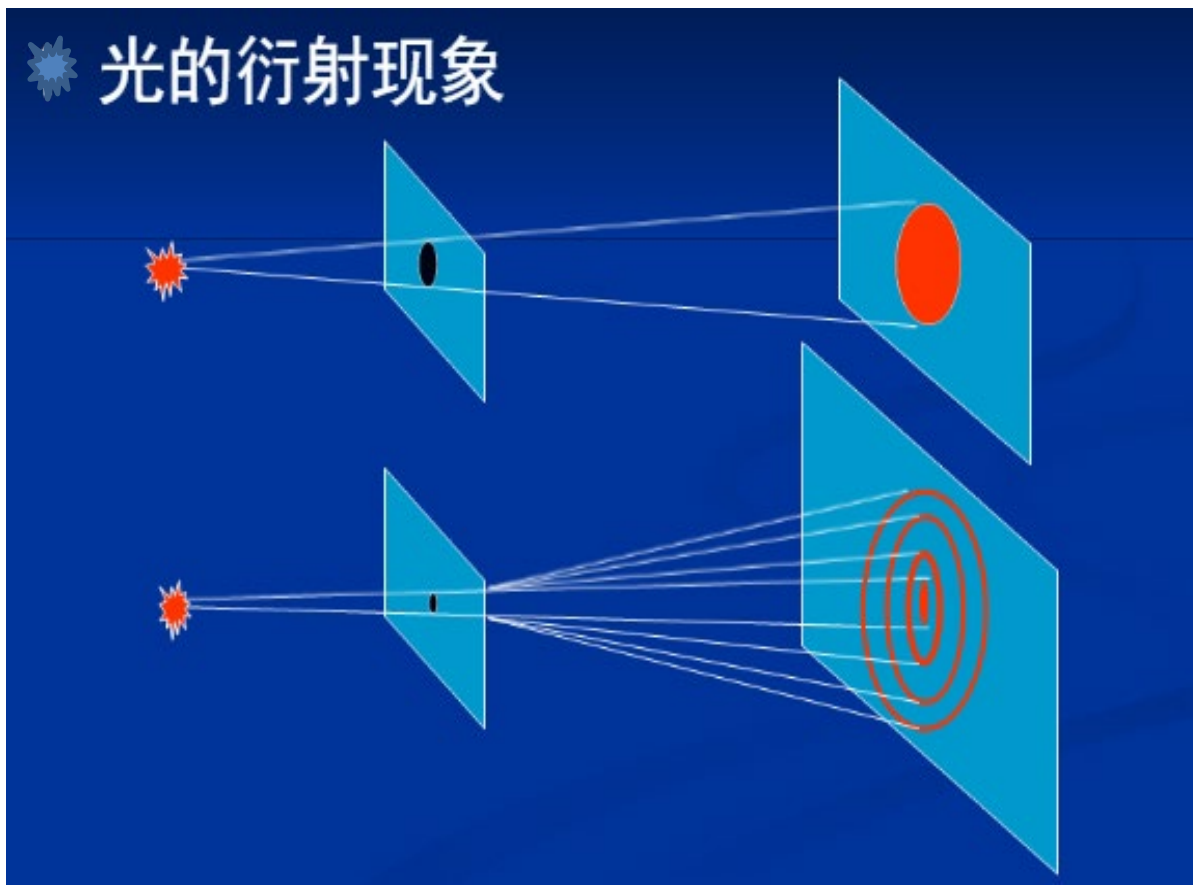
$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$



随机线偏振激光器  
线偏振激光器



# 光的衍射



$d \gg \lambda$ , 光的直线传播

$d \leq \lambda$ , 光的衍射

一. 光的衍射：当光波遇到障碍物时，会偏离几何光学的直线传播而绕行的现象称为光的衍射。

二. 光的衍射具有三个鲜明特点：

1. 衍射光在障碍物边缘附近出现了明暗相间的条纹（说明与干涉效应有关）。

2. 限制越强，扩展越大。

3. 衍射效应强弱取决于障碍物尺寸和光波长之比：

若大于 $10^3$ ，衍射效应不明显；

若介于 $10$ 与 $10^3$ 之间，衍射效应明显；

若小于等于 $1$ ，向散射过渡。

菲涅耳衍射：是衍射屏距光源和接收屏均为有限远  
（通常入射光为点光源）

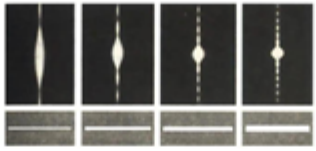
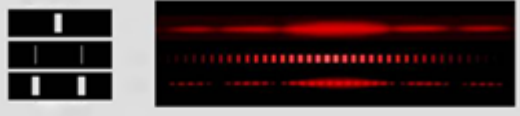
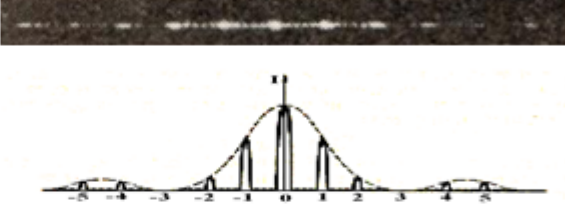
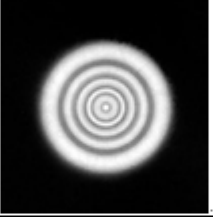
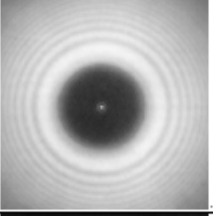

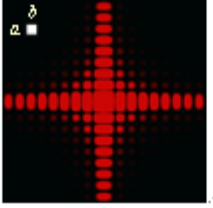
夫琅和费衍射：衍射屏距光源和接收屏均为无限远  
（通常入射光为平行光）

# 夫琅和费衍射

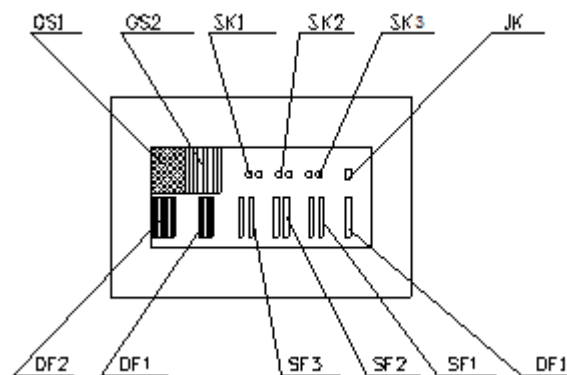
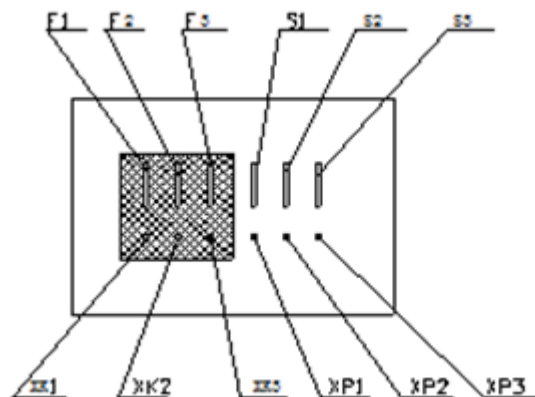
- 1.有一系列主极强、次极强和极小值
- 2.主极强的位置与缝数N无关，宽度随N增加而减小（更细锐）
- 3.相邻主极强间有（N-1）条暗纹（极小）和（N-2）个次极强
- 4.外部轮廓呈单缝衍射的曲线包络

光程差：

$$\Delta = a \sin \theta = k \lambda$$

单缝衍射	
双缝衍射	
多缝衍射	
圆孔衍射	
圆屏衍射	
双孔衍射	
矩孔衍射	

# 观察各种衍射图样

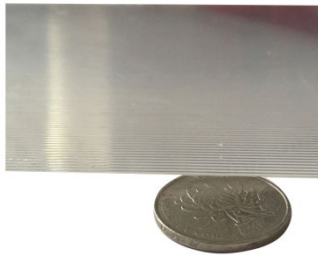
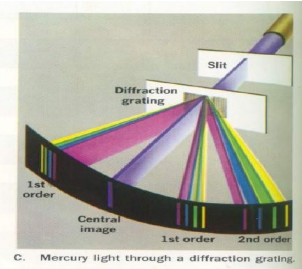
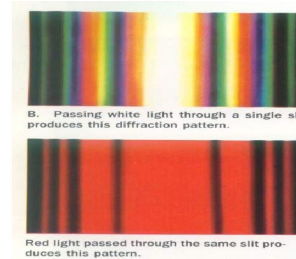
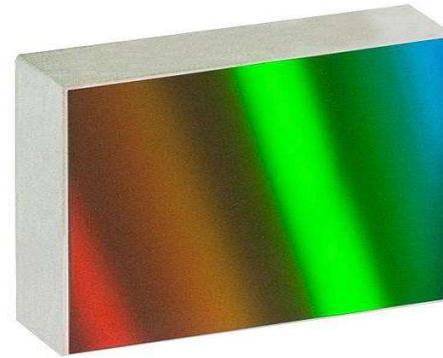


# 光栅方程

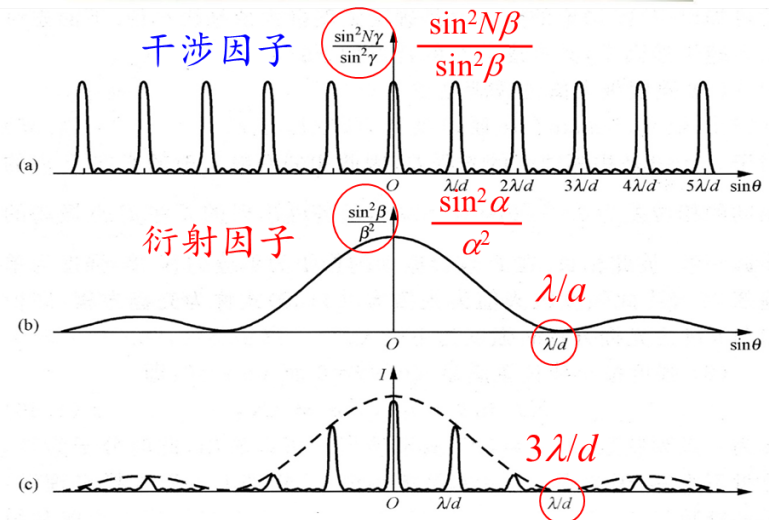
$$d \sin \theta = m \lambda$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

光栅常数 $d$ 为相邻两缝的中心距离，即光栅每毫米刻缝数的倒数， $\theta$ 表示从干涉图样中心到第 $m$ 级主极大之间的夹角， $\lambda$ 表示光的波长， $m$ 表示级次。



光路放入光栅，计算光栅常数？



# 预习要点

- 本实验中的危险操作和主要不当操作有哪些
- \*了解马赫-曾德(M-Z)干涉仪光路构成、认识主要用到的光学元件的外貌
- 偏振现象，及马吕思定律
- 准直调节方法
- \*干涉、衍射的原理及公式
- \*光栅方程
- 了解太阳能电池（光电二极管）的IV曲线，思考测光强时正偏压和反偏压的差别在哪