

Optics

The word "Optics" is rendered in a bold, 3D, yellow font with a slight orange gradient. A horizontal light beam, consisting of a blue line on top and a purple line on the bottom, passes through the center of the letters. To the right of the text, the light beam continues as a glowing, orange-yellow cone that tapers to a point, suggesting a lens or a focused beam of light.

光学

The Chinese characters "光学" (guāng xué), meaning "optics", are rendered in a bold, 3D, yellow font with a slight orange gradient, matching the English text above. The characters are positioned below and to the right of the English word.

# 光学是研究

光的现象、光的本性 和 光与物质相互作用 的学科，  
是物理学的一个重要分科。

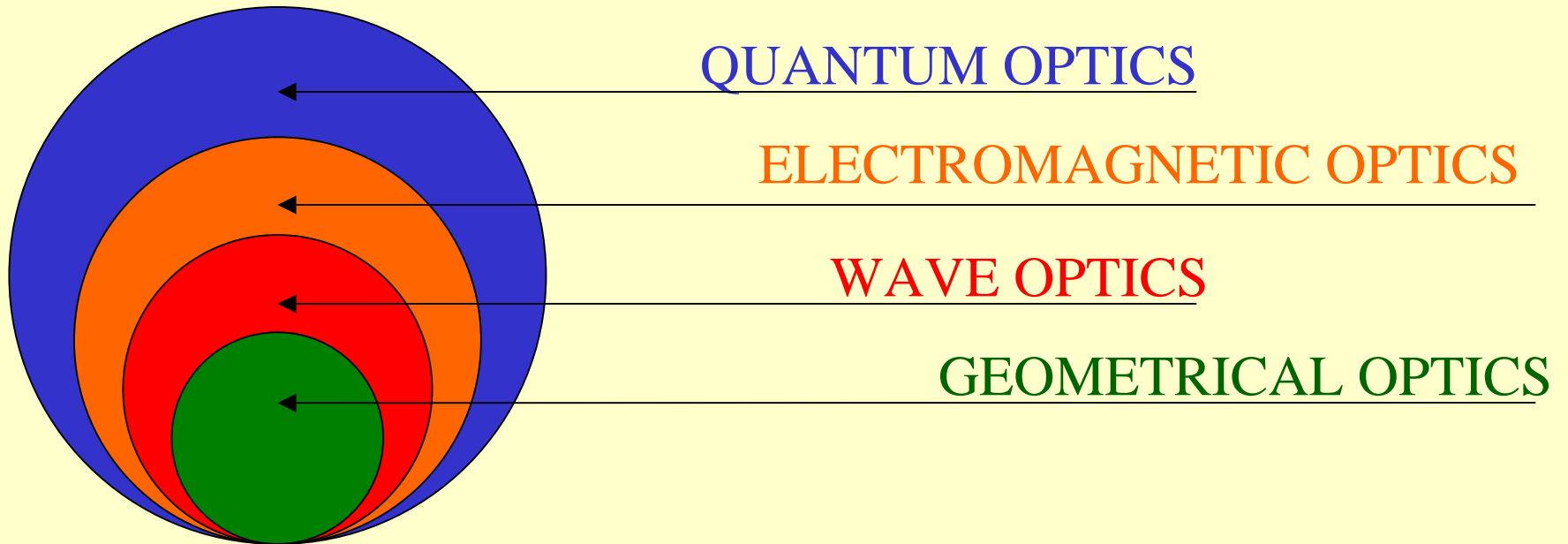
- 人类对光的研究已有3000余年的历史；
- 20世纪60年代激光问世后，光学有了飞速的发展，形成了现代光学。
- 光学通常分为以下三部分：

几何光学：以光的直线传播规律为基础，研究各种光学仪器的理论。

波动光学：研究光的电磁性质和传播规律，特别是干涉、衍射、偏振的理论和应用。

量子光学：以光的量子理论为基础，研究光与物质相互作用的规律。

# The Realm of Optics

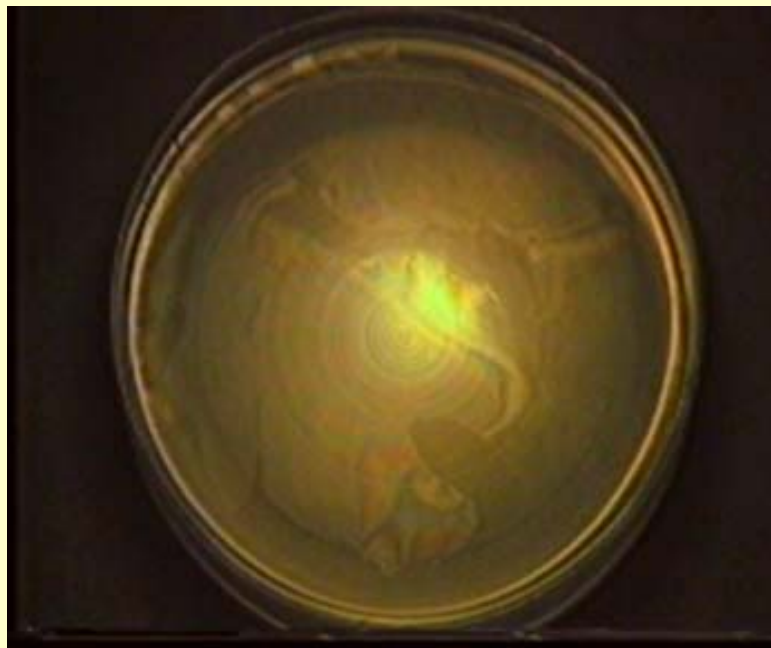


# 第1章 波动光学

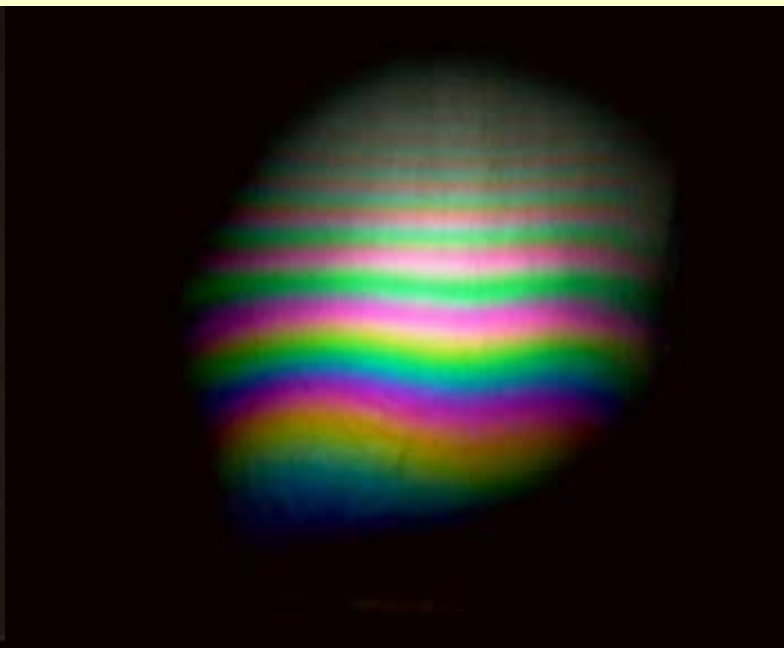


北极光

# 丰富多彩的干涉现象

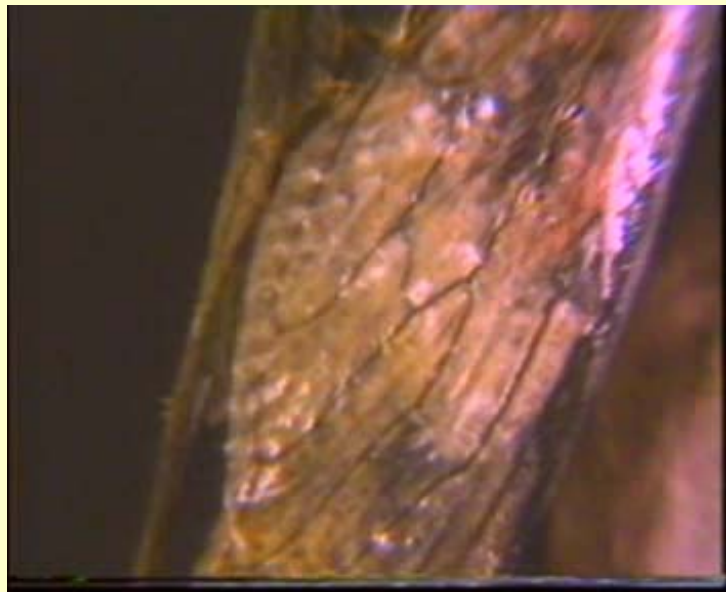


水膜在白光下



白光下的肥皂膜

蝉翅在阳光下



蜻蜓翅膀在阳光下

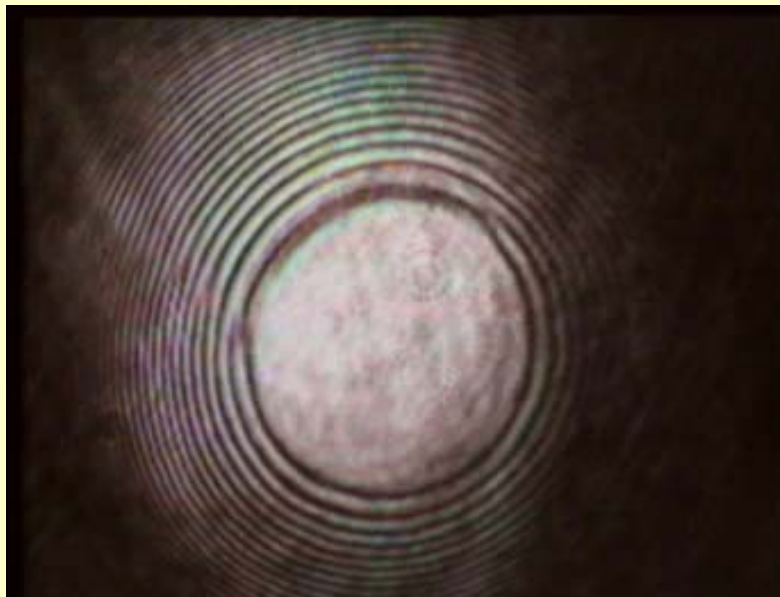


白光下的油膜

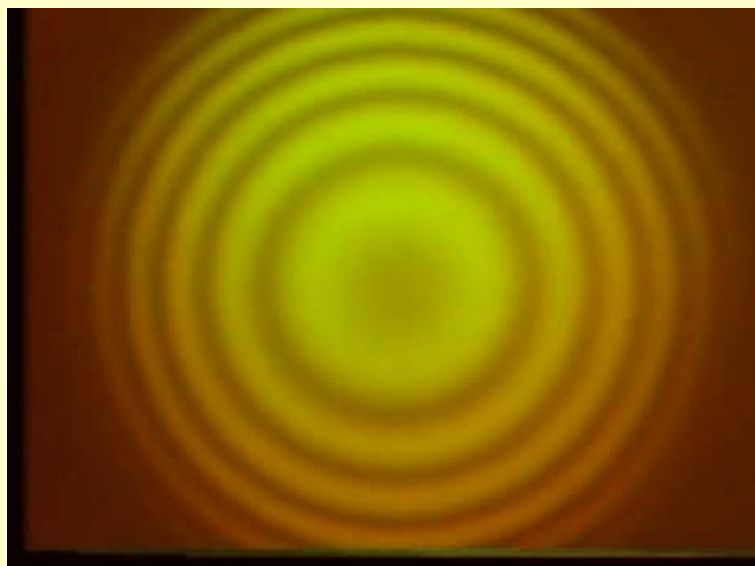


肥皂泡玩过吗?

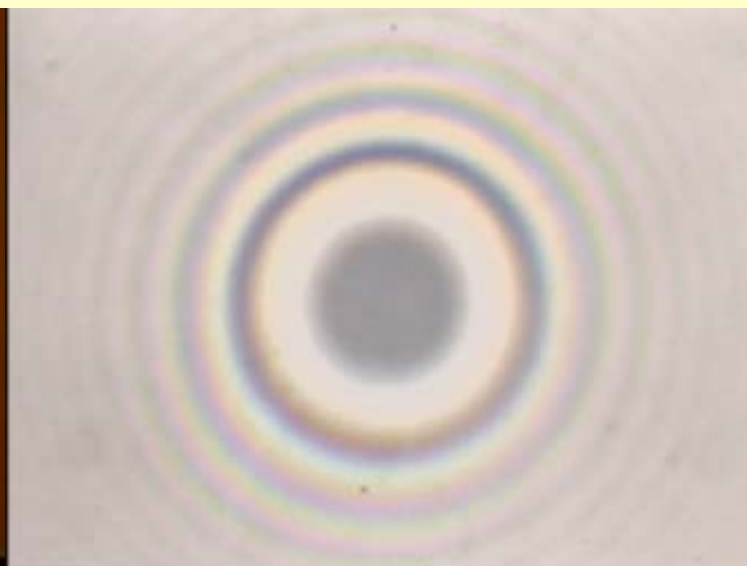
测油膜厚度



平晶间空气隙干涉条纹



等倾条纹



牛顿环(等厚条纹)

# 第一节

## 光源 相干光



# 一. 电磁波

## 1. 电磁波的产生

凡做加速运动的电荷都是电磁波的波源

例如：天线中的振荡电流      分子或原子中电荷的振动

## 2. 对电磁波 $(\vec{E}, \vec{H})$ 的描述 (平面简谐波)

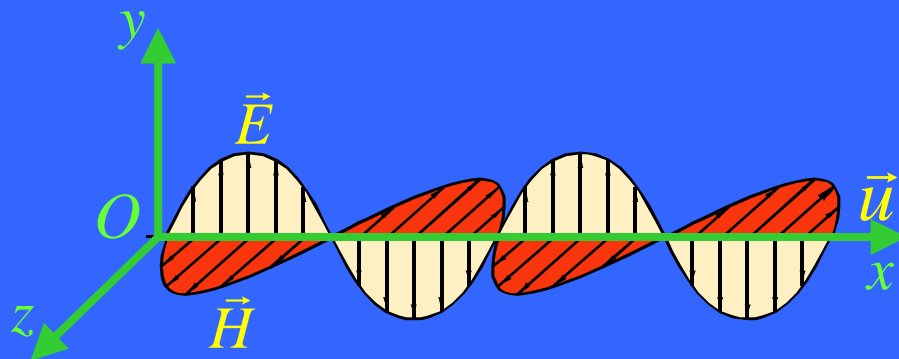
$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos \omega \left( t - \frac{r}{u} \right)$$

$$\vec{H} = \vec{H}_0 \cos \omega \left( t - \frac{r}{u} \right)$$

### ● 平面简谐电磁波的性质

(1)  $\vec{E}$  和  $\vec{H}$  传播速度相同、  
相位相同

(2) 电磁波是横波  $\vec{E} \times \vec{H} // \vec{u}$



(3) 量值上

$$\sqrt{\varepsilon}E = \sqrt{\mu}H$$

(4) 波速

$$u = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon\mu}} \quad \text{真空中 } c = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_0\mu_0}} = 2.9979 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(5) 电磁波具有波的共性 —— 在介质分界面处有反射和折射

$$\text{折射率 } n = \frac{c}{u} = \sqrt{\frac{\varepsilon\mu}{\varepsilon_0\mu_0}} = \sqrt{\varepsilon_r\mu_r} \approx \sqrt{\varepsilon_r}$$

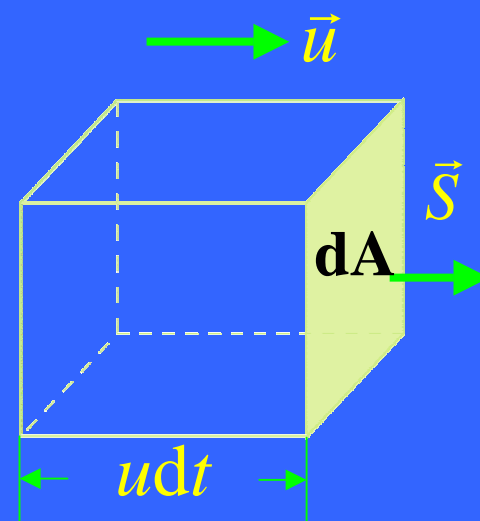
### 3. 电磁波的能量密度

$$w = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 + \frac{1}{2}\mu H^2$$

能流密度  $\vec{S}$  (坡印亭矢量)

$$S = \frac{dA \cdot u dt \cdot w}{dA \cdot dt} = uw \quad \sqrt{\epsilon}E = \sqrt{\mu}H$$

$$= \frac{1}{2}(\epsilon E^2 + \frac{1}{2}\mu H^2) \sqrt{\frac{1}{\epsilon\mu}} = EH$$



坡印亭矢量

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$$

波的强度  $I$   $I = \bar{S} = \langle S \rangle = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} S dt$

$$= \frac{1}{T} \int_t^{t+T} E_0 H_0 \cos^2 \omega(t - \frac{r}{u}) dt = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} E_0^2$$

★ 结论:  $I$  正比于  $E_0^2$  或  $H_0^2$ , 通常用其相对强度  $I = \frac{1}{2} E_0^2$  表示

## 二. 光是电磁波

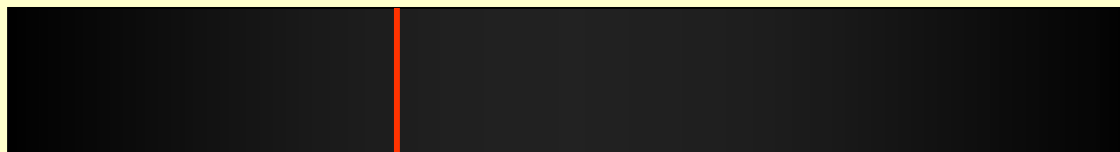
可见光七彩颜色的波长和频率范围

光色	波长(nm)	频率(Hz)	中心波长 (nm)
红	760~622	$3.9 \times 10^{14} \sim 4.8 \times 10^{14}$	660
橙	622~597	$4.8 \times 10^{14} \sim 5.0 \times 10^{14}$	610
黄	597~577	$5.0 \times 10^{14} \sim 5.4 \times 10^{14}$	570
绿	577~492	$5.4 \times 10^{14} \sim 6.1 \times 10^{14}$	540
青	492~470	$6.1 \times 10^{14} \sim 6.4 \times 10^{14}$	480
兰	470~455	$6.4 \times 10^{14} \sim 6.6 \times 10^{14}$	460
紫	455~400	$6.6 \times 10^{14} \sim 7.5 \times 10^{14}$	430

# 常用单色光源及波长(nm)

氦-氖激光器

632.8



钠灯

589.3



汞灯

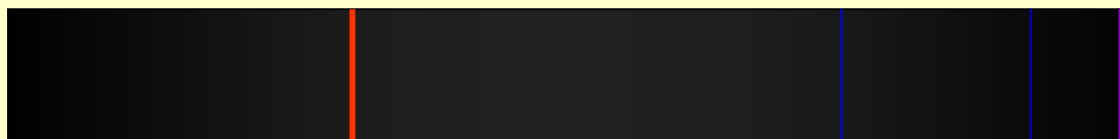
546.1



氢灯

656.3

486.1



### 三. 光源：能发射光波的物体。

- (1) 热辐射
- (2) 电致发光
- (3) 光致发光
- (4) 化学发光

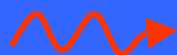
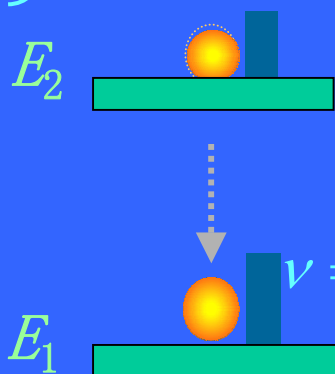
自发  
辐射

- (5) 同步辐射光源
- (6) 激光光源

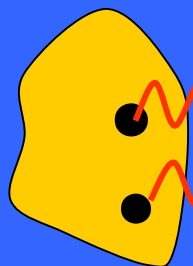
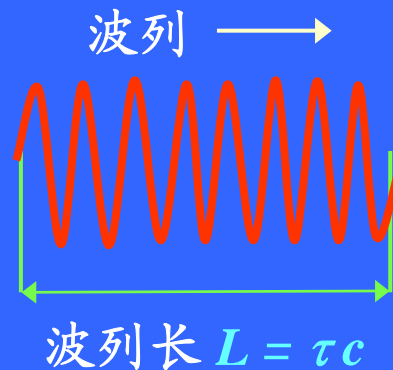
受激  
辐射

自发辐射

能级跃迁



$$\nu = (E_2 - E_1) / h$$



非相干 (不同原子发的光)

非相干 (同一原子先后发的光)

## 四、光波的叠加

### 1、光波与机械波的区别

(1)、光波是一种波动，它与机械波有相似之处，所以描述波动规律的惠更斯原理，波的叠加和干涉等基本原理对光波同样也适用。

(2)、与其它波动相比，光波又有其个性，有它自己的特殊规律：

如光波是由空间电磁场之间相互激励形成的，不像机械波那样依赖媒质的弹性。

又如，光波的振动是指空间各点电场强度和磁场强度随时间作周期变化，不像机械波那样指质点离开平衡位置的位移作周期性变化等。

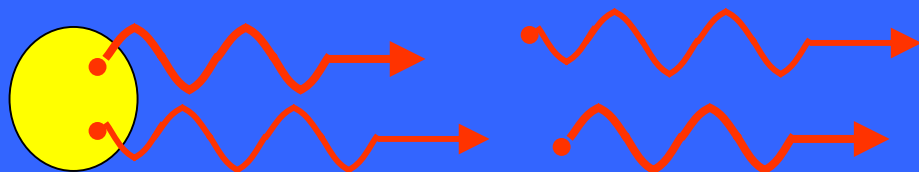
(3)、光波是一种电磁波，由于电磁波中各点电场强度和磁场强度的大小和方向之间有确定的关系，而引起视觉反应的主要是电场强度所以我们把电场强度矢量定义为光波中各点的光矢量。

由于电磁场中各点的辐射强度（在这里表现为光的亮度），与电场强度的平方成正比，因此在以后讨论中，一般用“亮”“暗”来说明光波干涉现象的规律。



## 2、两独立的光源产生的光波不能相干

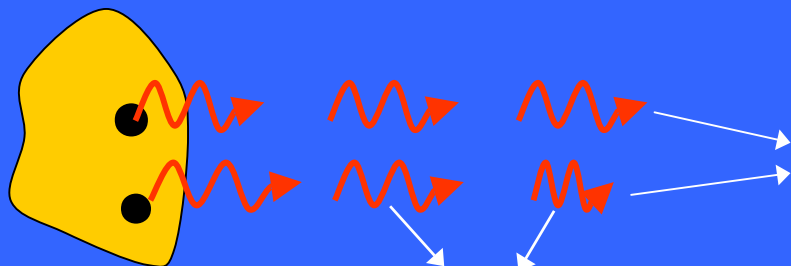
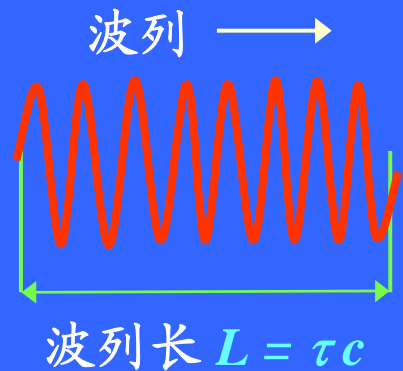
### (1)、分子原子发光的独立性



- 一个原子两次发光随机不相干

### (2)、发光的断续性

- 两个原子同时发光也不相干



非相干 (不同原子发的光)

非相干 (同一原子先后发的光)

由上分析可知：

(1)、两独立光源发生的光波不可能满足相干条件；

(2)、同一光源上不同的分子原子发光是独立的发出的光波不可能满足相干条件。同一分子原子在不同时刻发出的波列也不能为相干的波。