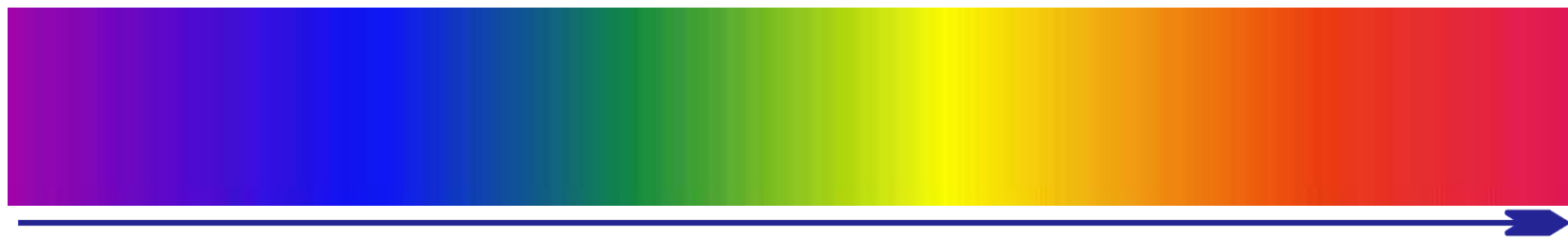


# 第一章 光的干涉

## § 1.1 光的电磁理论

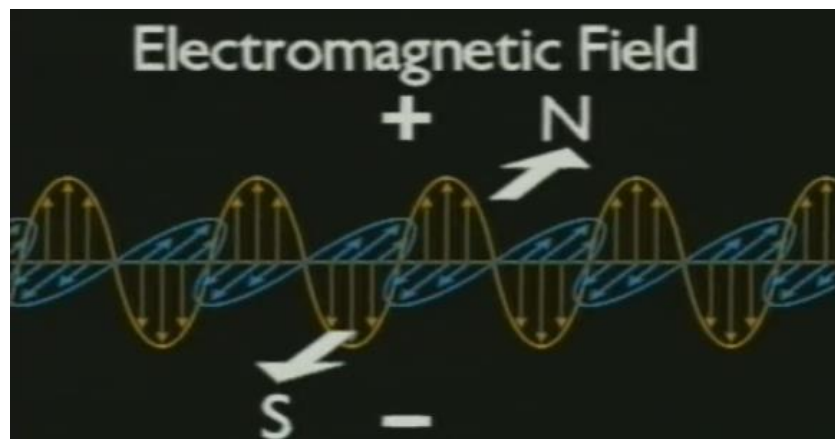
### 一. 光是能引起视觉的电磁波



$7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$   
 $3900 \text{ \AA}$

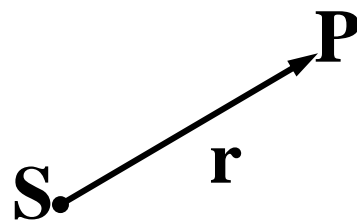
$4.1 \times 10^{14} \text{ Hz}$   
 $7600 \text{ \AA}$

光色	波长(nm)	中心频率(Hz)	中心波长 (nm)
红	760~622	$4.5 \times 10^{14}$	660
橙	622~597	$4.9 \times 10^{14}$	610
黄	597~577	$5.3 \times 10^{14}$	570
绿	577~492	$5.5 \times 10^{14}$	550
青	492~450	$6.5 \times 10^{14}$	460
兰	450~435	$6.8 \times 10^{14}$	440
紫	435~390	$7.3 \times 10^{14}$	410



## 二. 电磁波的简谐波表示式

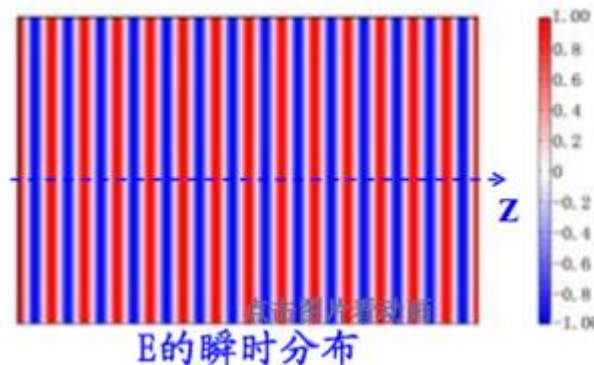
- 设点光源S的电矢量作“简谐振动”：



- 简谐波： $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{A} \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi_0)$

- 沿z方向传播的平面波的波矢为常矢量：

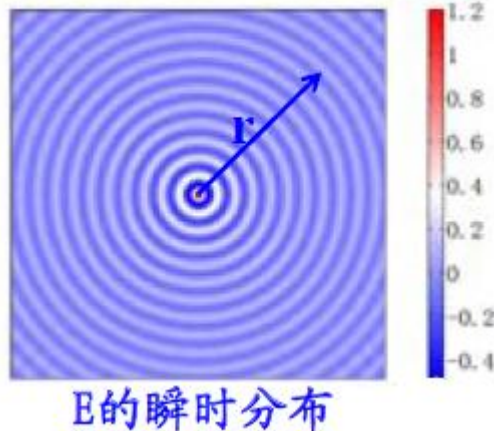
$$\vec{E}(z, t) = \vec{A} \cos(\omega t - kz + \varphi_0)$$



(等相面)

- 球面波的波矢模不变，方向如

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \frac{\vec{A}}{r} \cos(\omega t - kr + \varphi_0)$$



一致.

(等相面)

### 三. 光的能量传播——引出光强 $I$ 的概念

光的能量传播用能流密度矢量  $\vec{S}$  描述。

在电磁学中：  $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$

$$\therefore S = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} n E^2 \quad \text{随时间迅变}$$

$$I = A^2$$

$$I = A^2 = \tilde{E} \cdot \tilde{E}^* = U \cdot U^*$$

$$A^2 = 2 \langle E^2 \rangle = 2 \langle \vec{E} \cdot \vec{E} \rangle$$

## § 1.2 波动的独立性、叠加性和相干性

### 一. 波的独立传播定律---独立性

波的独立传播定律：几列光波在传播中相遇时，各自保持自己的特性，在通过相遇区域后，仍按照原传播方式传播。

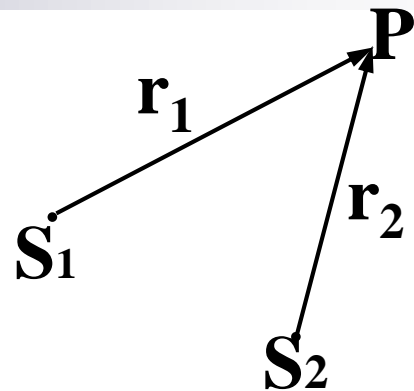
### 二. 波的叠加原理——叠加性

波的叠加原理为：几列光波在传播中相遇时，合振动的电场等于各个分振动的电场的矢量和。

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

### 三. 两列波的叠加

$$I = A_1^2 + A_2^2 + \underline{2\vec{A}_1 \cdot \vec{A}_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)}$$



#### 1. 非相干叠加

(1) 条件（干涉项为零的条件）：

①  $A_1 \perp A_2$ ，或 ②  $\omega_1 \neq \omega_2$ ，或 ③  $\omega_1 = \omega_2$ ， $\varphi_1 - \varphi_2$  迅变

(2) 光强： $I = A_1^2 + A_2^2$

#### 2. 相干叠加

(1) 相干条件（干涉项不为零的条件）：

①  $\vec{A}_1$  不垂直于  $\vec{A}_2$ ，且 ②  $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ ，且 ③  $\varphi_1 - \varphi_2$  不随时间变化

(2) 光强： $I = A_1^2 + A_2^2 + 2\vec{A}_1 \cdot \vec{A}_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)$

**干涉：**在几列波相遇的区域中，有的地方振动加强，有的地方振动减弱，出现强弱相间的光强分布。



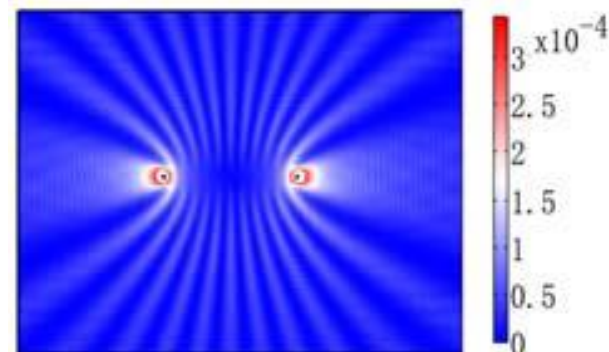
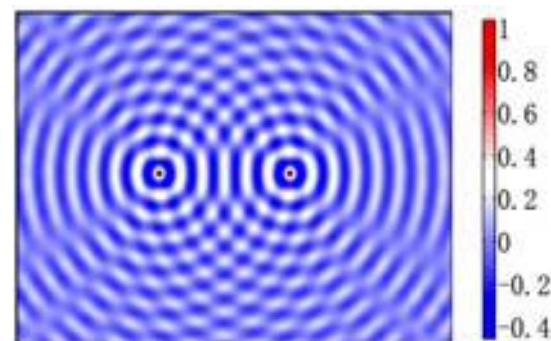
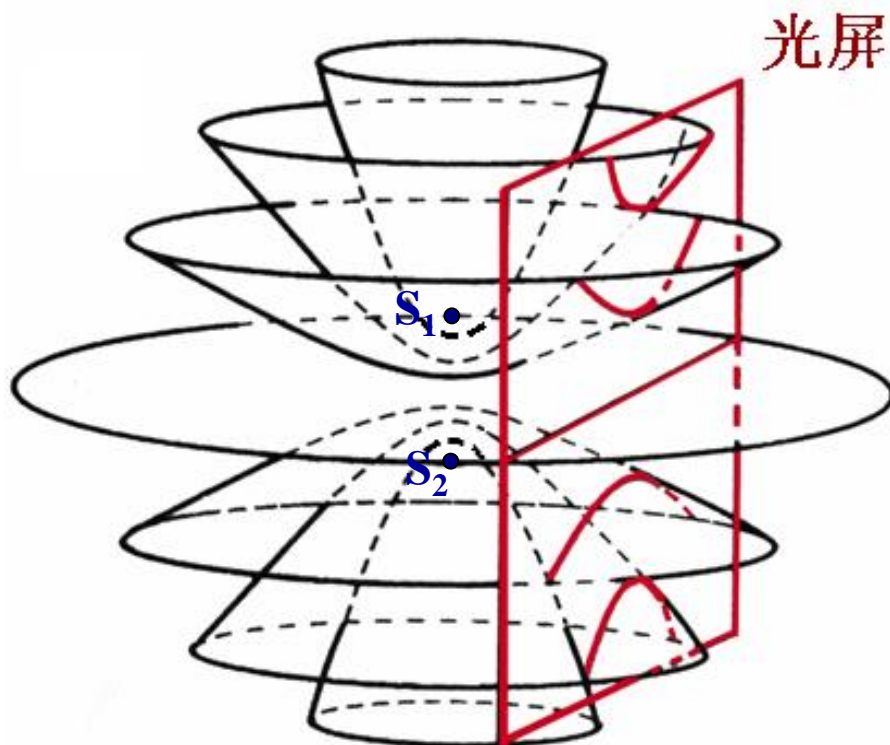
**(3)相位差与光程差的关系：**  $\Delta\varphi = (k_2r_2 - k_1r_1) + (\varphi_1 - \varphi_2)$

$$= \frac{2\pi}{\lambda_0} \boxed{\delta} + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

例：分析发自两点光源的光相遇时的明暗分布。

光强极大的点满足： $r_2 - r_1 = j\lambda_0$

此式所确定的点的集合是一组旋转双曲面。





**干涉：**在几列波相遇的区域中，有的地方振动加强，有的地方振动减弱，出现强弱相间的分布。

对光波而言，干涉将出现明暗相间的光强分布。

换句话说，波的叠加引起了强度的重新分布，各点振动强弱不同，且每一点的振动强度不变。

这种因波的叠加引起强度重新分布的现象，叫做波的干涉。





例：求以下几个同方向振动的简谐振动的合振动。

$$E_1 = a \cos(\omega t)$$

$$\tilde{E}_1 = ae^{-i\omega t}$$

$$E_2 = a \cos(\omega t + \delta)$$

$$\tilde{E}_2 = ae^{-i(\omega t + \delta)}$$

$$E_3 = a \cos(\omega t + 2\delta)$$

$$\tilde{E}_3 = ae^{-i(\omega t + 2\delta)}$$

... ..

... ..

$$E_n = a \cos[(\omega t + (n-1)\delta)]$$

$$\tilde{E}_n = ae^{-i[\omega t + (n-1)\delta]}$$

解：

$$E = a \cos(\omega t) + a \cos(\omega t + \delta) + \dots + a \cos[\omega t + (n-1)\delta] \text{ 难解!}$$

$$\tilde{E} = ae^{-i\omega t} e^{-i\frac{(n-1)\delta}{2}} \frac{\sin \frac{n\delta}{2}}{\sin \frac{\delta}{2}}$$

$$E = a \frac{\sin \frac{n\delta}{2}}{\sin \frac{\delta}{2}} \cos\left[\omega t + \frac{(n-1)\delta}{2}\right]$$

说明：(1) 同频率振动合成时，合振动频率不变；

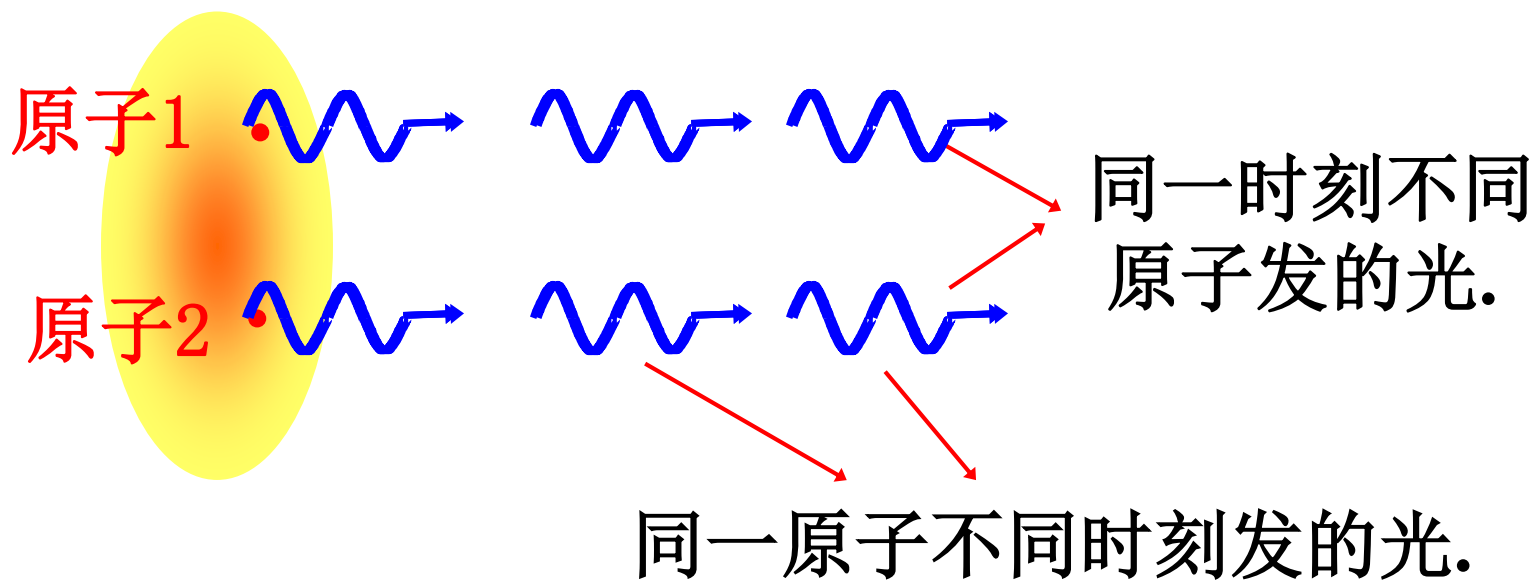
(2) 合振幅为：

$$a \frac{\sin \frac{n\delta}{2}}{\sin \frac{\delta}{2}}$$

复振幅为：

$$a \frac{\sin \frac{n\delta}{2}}{\sin \frac{\delta}{2}} e^{-i\frac{(n-1)\delta}{2}}$$

- 两个普通光源发出的光:



- 振动方向不一致;
- 光束单色性差, 具有一定的带宽;
- $\varphi_1 - \varphi_2$  随时间迅变.