

# 第十一章 光学

## 第1节 《相干光》

- 一 理解相干光的定义。
- 二 了解相干光产生的方法。



## 一、电磁波

19世纪60年代，麦克斯韦建立了电磁场理论，并预言电磁波的存在。之后，赫兹从实验上证实了麦克斯韦电磁场理论的正确性。

**光是电磁波。**

### 1.电磁波的波源

任何振动电荷或电荷系都是发射电磁波的波源。例如，天线中振荡的电流，振荡的电偶极子等。



## 2. 电磁波是电场强度与磁场强度的矢量波

沿 $x$ 轴传播的平面电磁波电场强度和磁场强度分别表示为

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

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

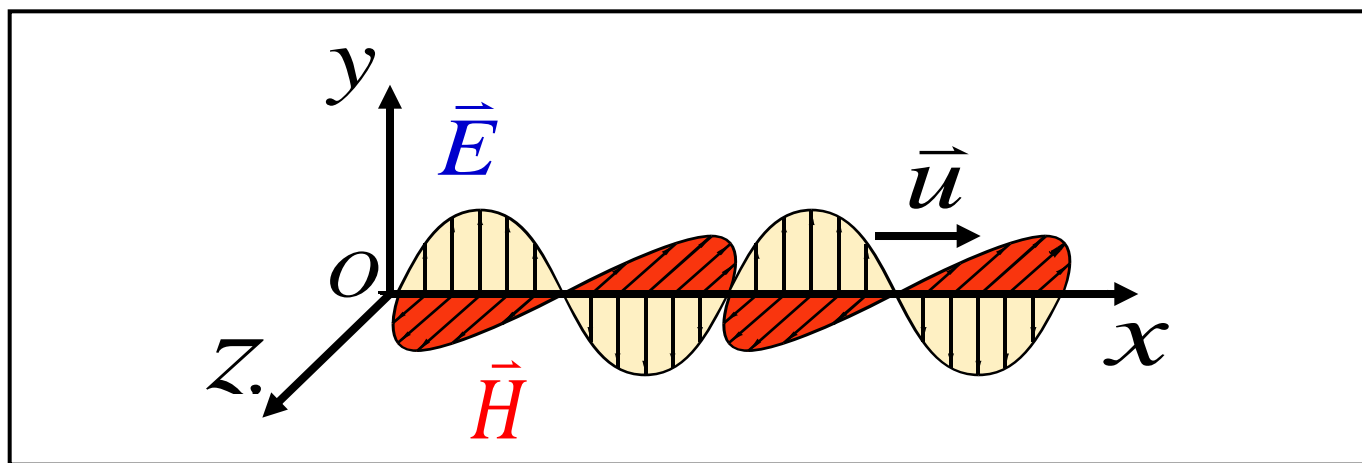
式中 $\vec{E}_0$ 和 $\vec{H}_0$ 分别为场矢量 $\vec{E}$ 和 $\vec{H}$ 的振幅， $\omega$ 为电磁波的角频率， $u$ 为波速。



## 平面电磁波的基本特性

(1) 场矢量  $\vec{E}$  和  $\vec{H}$ ，在同一地点同时存在，具有相同的相位，都以相同的速度传播。

(2)  $\vec{E}$  和  $\vec{H}$ ，相互垂直，且都与波的传播方向垂直， $\vec{E}$ 、 $\vec{H}$ 、 $\vec{u}$  三者满足右手螺旋关系。电磁波是横波，具有偏振性。



(3)  $\vec{E}$  和  $\vec{H}$  的量值满足关系

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

(4) 波速  $u = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon\mu}}$

真空中  $c = (\varepsilon_0\mu_0)^{-1/2} = 2.9979 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

(5) 非强磁性介质的折射率

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



### 3. 电磁波的能量

在各项同性介质中，电磁能量传播方向与波速方向相同。

能量密度  $w = \frac{1}{2}\epsilon E^2 + \frac{1}{2}\mu H^2$

能流密度（坡印亭矢量） $\vec{S}$

大小  $S = wu = \frac{1}{2}(\epsilon E^2 + \mu H^2) \sqrt{\frac{1}{\epsilon\mu}} = HE$

坡印亭矢量  $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$





平均能流密度（波的强度  $I$ ）

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

平均能流密度正比于  $E_0^2$ ，通常采用其相对强度

$$I = \frac{1}{2} E_0^2$$

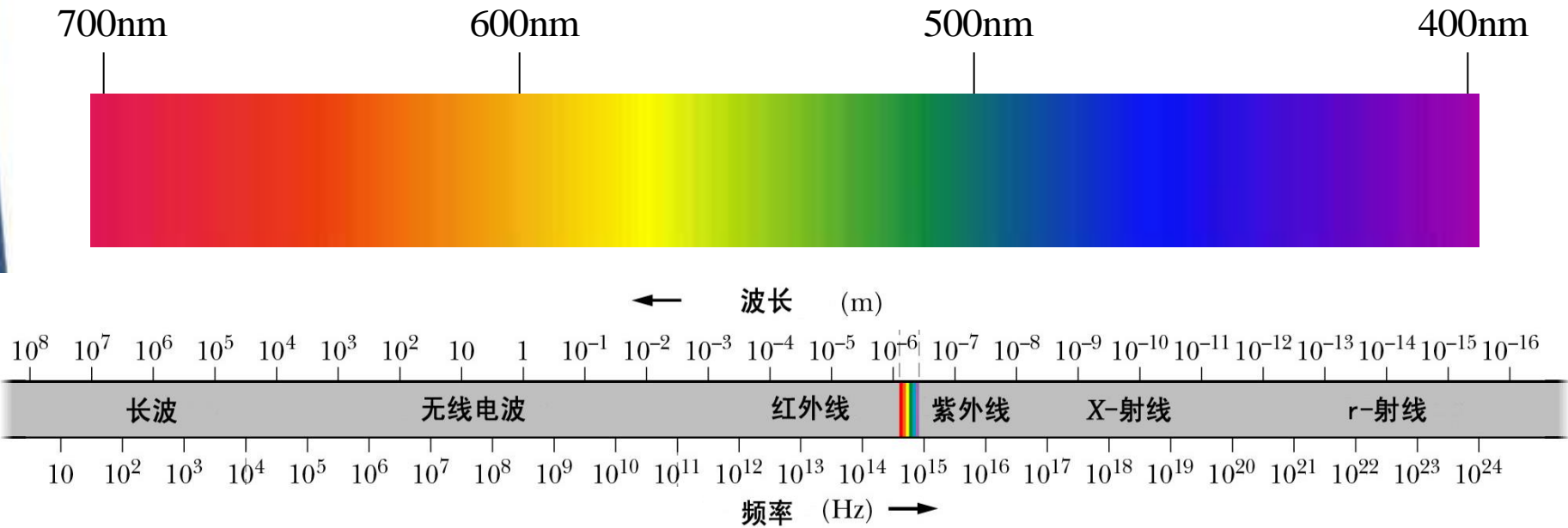




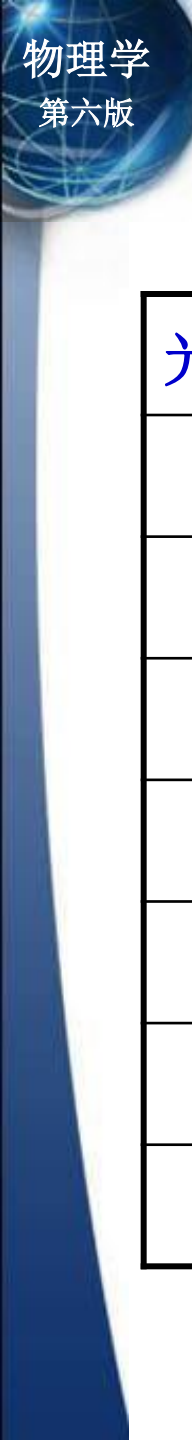
## 二、光是电磁波

实验和电磁波理论表明，光是电磁波。

能引起人的视觉和光化学效应的是电场强度，通常将  $\vec{E}$  矢量称为光矢量。

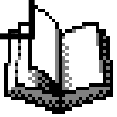






可见光的波长和频率范围

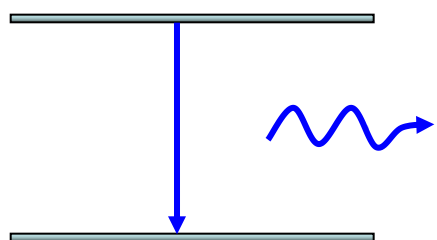
光色	波长(nm)	频率(Hz)	中心波长 (nm)
红	760~622	$3.9 \times 10^{14} \sim 4.8 \times 10^{14}$	660.0
橙	622~597	$4.8 \times 10^{14} \sim 5.0 \times 10^{14}$	610.0
黄	597~577	$5.0 \times 10^{14} \sim 5.4 \times 10^{14}$	570.0
绿	577~492	$5.4 \times 10^{14} \sim 6.1 \times 10^{14}$	540.0
青	492~470	$6.1 \times 10^{14} \sim 6.4 \times 10^{14}$	480.0
兰	470~455	$6.4 \times 10^{14} \sim 6.6 \times 10^{14}$	460.0
紫	455~400	$6.6 \times 10^{14} \sim 7.5 \times 10^{14}$	430.0



## 一、光源

发射光波的物体称为光源。

发光物质内部的基本单元原子或分子等从高能态向低能态跃迁，发出光波。



The diagram shows two horizontal lines representing energy levels. A vertical blue arrow points from the upper line to the lower line. To the right of the arrow is a blue wavy line with an arrow pointing to the right, representing an emitted photon.

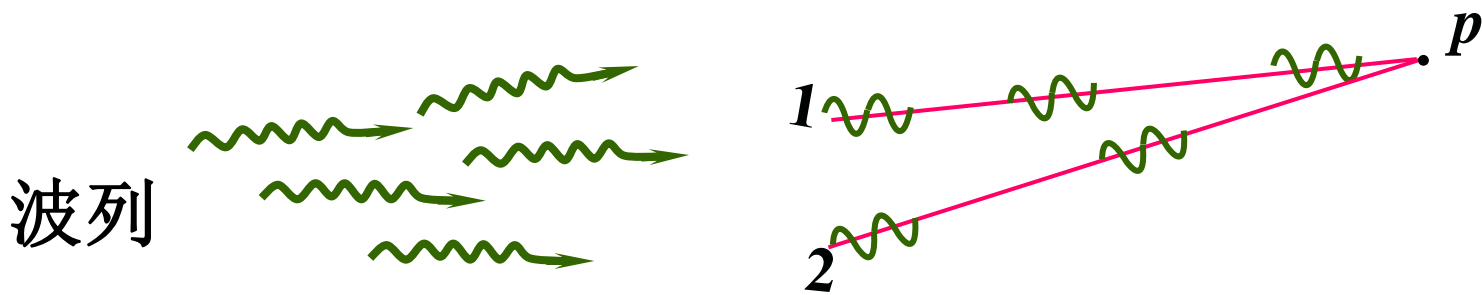
$$\nu = \frac{E_m - E_n}{h} \quad E_m > E_n$$



根据物质的发光机理，可以分成自发辐射和受激辐射两类。

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

受激辐射 (1) 同步辐射光源 (2) 激光光源

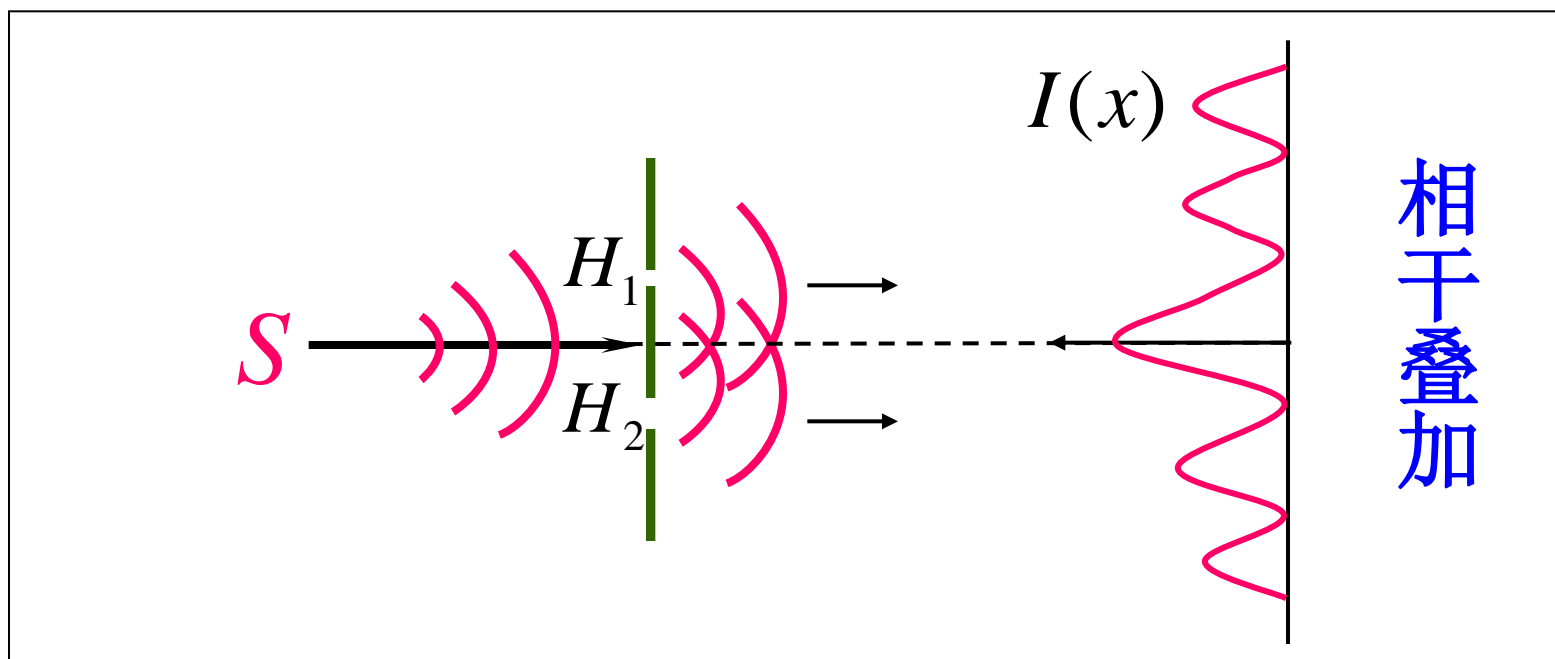


两个独立的光源，不能构成相干光源，不会产生干涉现象。



## 二、光波的叠加

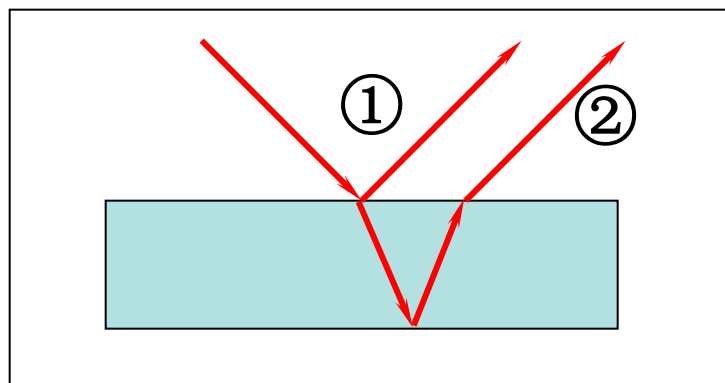
频率相同、光矢量振动方向平行、相位差恒定的两束简谐光波相遇时，在光波重叠区，发生干涉现象。



获得相干光源有两种方法：振幅分割法和波阵面分割法。

## 振幅分割法

利用反射和折射把波面上某处的振幅分成两部分，再使它们相遇，从而产生干涉现象。



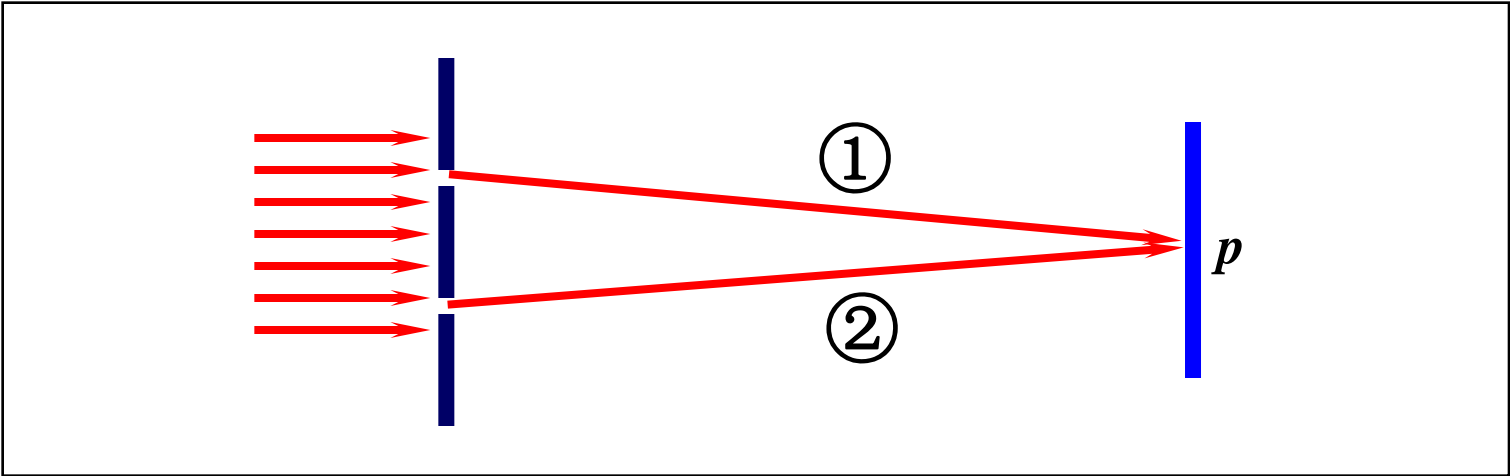
例如，油膜、肥皂膜所呈现的色彩，即薄膜干涉。





# 波振面分割法

在光源发出的某一波振面上，取出两部分面元作为相干光源。



例如：杨氏双缝干涉、双镜干涉和劳埃德镜干涉。

