

■ 2. 光波的相干叠加

- 干涉现象是光作相干叠加的结果

我们把两束或两束以上的光波在一定条件下叠加，在重叠区域形成的稳定、不均匀的光强分布的现象称为光的干涉。

- 光的干涉在历史上曾作为光的波动性的重要例证

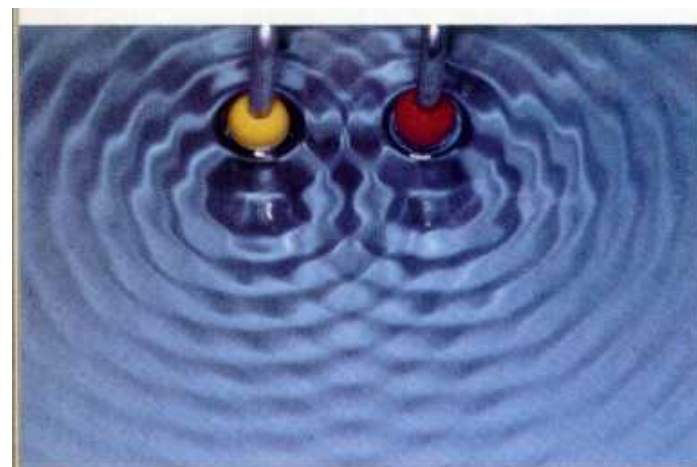


FIGURE 15-9 Two sources that produce waves in a ripple tank form an interference pattern, visible as regions of constructive and destructive interference radiating out from the sources.

水波盘演示
干涉现象

§ 3.1 光波的叠加

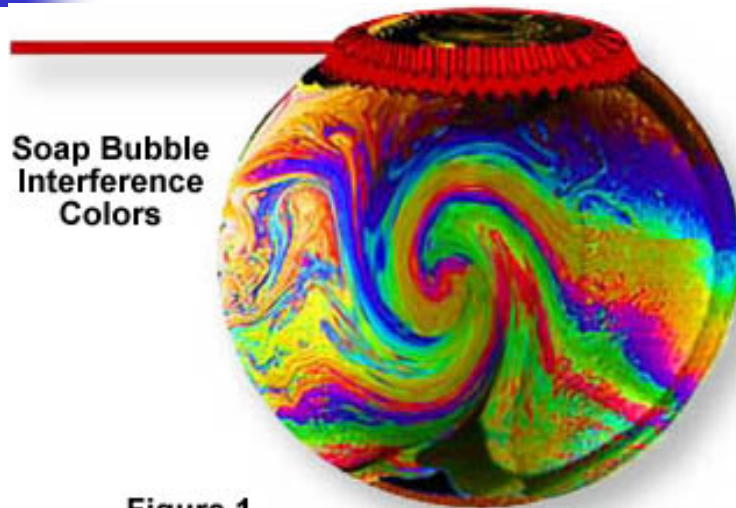
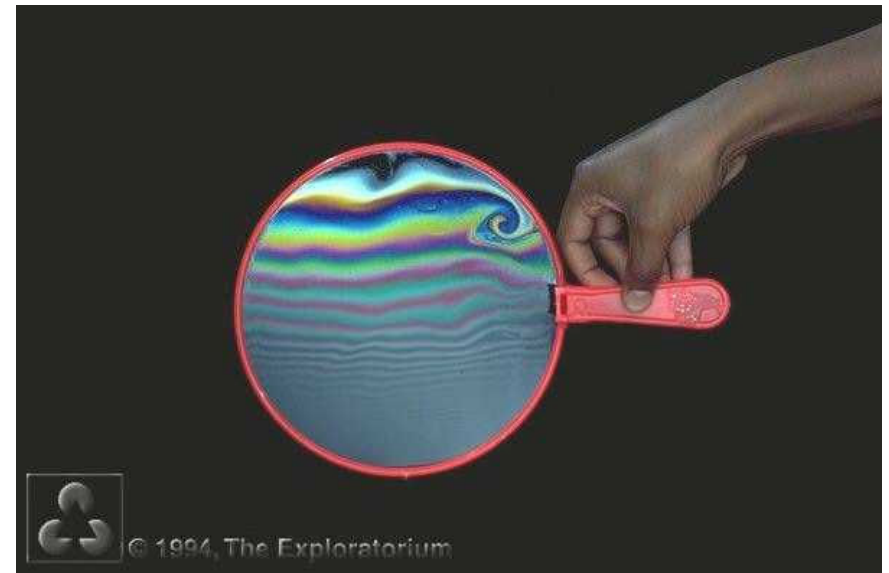


Figure 1



日常中见到的薄膜干涉：

肥皂泡上的彩色、雨天地面上油膜的彩色、昆虫翅膀的彩色...

<http://micro.magnet.fsu.edu/featuredmicroscopist/deckart/index.html>

§ 3.1 光波的叠加

两单色光源，频率相同，存在相互平行的振动分量，有恒定初相位。

$$U_1(P, t) = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1 - Kr_1)$$

$$U_2(P, t) = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2 - Kr_2)$$

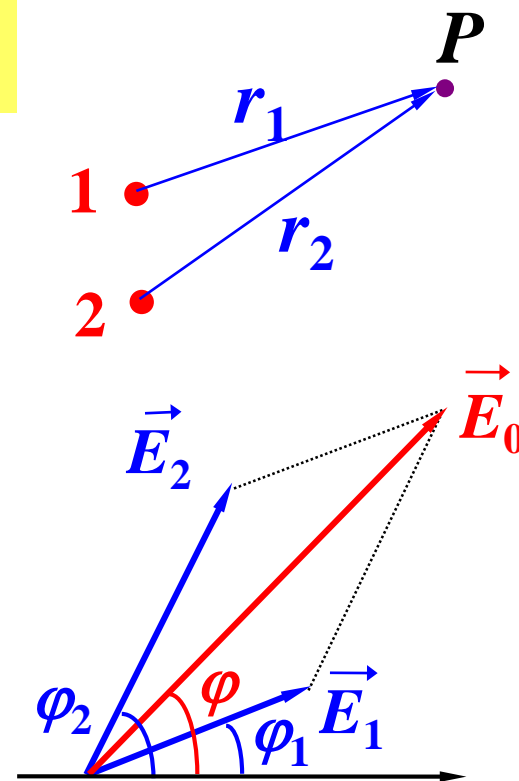
$K = 2\pi/\lambda$ 波矢量的大小

相应的复数表示：

$$\tilde{U}_1(P, t) = A_1 e^{i(Kr_1 - \omega t - \varphi_1)}$$

$$\tilde{U}_2(P, t) = A_2 e^{i(Kr_2 - \omega t - \varphi_2)}$$

相干光源



由叠加原理，P点的总振动方程为：

$$\tilde{U}(P, t) = \left[A_1 e^{i(Kr_1 - \varphi_1)} + A_2 e^{i(Kr_2 - \varphi_2)} \right] e^{-i\omega t}$$

复振幅： $\tilde{U}_P = A_1 e^{i(Kr_1 - \varphi_1)} + A_2 e^{i(Kr_2 - \varphi_2)}$

P点的光强：

$$\begin{aligned} I &= \tilde{U}_P^* \tilde{U}_P \\ &= A_1^2 + A_2^2 + A_1 A_2 \left[e^{i(Kr_2 - \varphi_1 - Kr_1 + \varphi_2)} + e^{-i(Kr_2 - \varphi_1 - Kr_1 + \varphi_2)} \right] \end{aligned}$$

令： $\delta = (Kr_2 - \varphi_2) - (Kr_1 - \varphi_1)$ ， 则：

$$\begin{aligned} I &= A_1^2 + A_2^2 + A_1 A_2 (e^{i\delta} + e^{-i\delta}) \\ &= A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos \delta \\ &= I_1 + I_2 + \underline{2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta} \end{aligned}$$

干涉项

分析:

i° 相干光源在P点的光强 $\neq I_1 + I_2$, 有第三项

ii° 对于确定的点P, $\delta = K(r_2 - r_1) - (\varphi_2 - \varphi_1)$

$r_2 - r_1$ 一定, $\varphi_2 - \varphi_1$ 也一定, 光强为确定值。

iii° 对不同的点, δ 不同, I 也不同, 有强弱分布, 产生干涉现象。

iv° 最大光强处位于 $\delta = 2k\pi$, $k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$

这时的总光强大于 $(I_1 + I_2)$

推论：

相干叠加后的总光强取决于第三项，
干涉项，产生干涉的条件为：

- i° 两束光的频率（或波长）相同
- ii° 在叠加点存在相互平行的振动分量
- iii° 叠加点处两光有固定的相位差

■ 3. 光波的非相干叠加

- 相干叠加的条件是非常苛刻的，缺一不可。

对两个独立的普通光源发出的光，在叠加时将不会产生干涉。即使这两个光源的频率相同，由于原子发光的机理决定了它们的初相位是随机变化的，因此两光光源的 $\varphi_2 - \varphi_1$ 将不确定。

- 这样的两束光波的叠加称为**非相干叠加**，总的光强的平均值为各光光强平均值之和。即：

$$\bar{I}(P) = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$