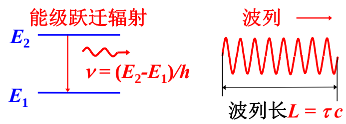
第22章 光的干涉

§22.0 光源 单色光 §22.2 相干光

一、光源、光波

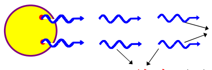
1、光源

光源的最基本发光单元是分子、原子



原子中一次量子跃迁的持续发光时间的数量级为 10^{-8}秒，是一个有限长的正弦波列，波列长度为 0.03~3m，不是严格的单色光。

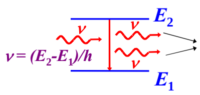
(1)、普通光源：自发辐射



独立(不同原子发的光)

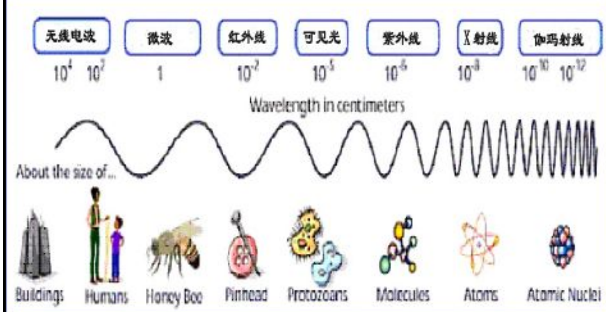
独立(同一原子先后发的光)

(2)、激光光源：受激辐射



完全一样(频率,位相,振动方向,传播方向)

2、光波是电磁波



可见光是能引起人的视觉的那部分电磁波。

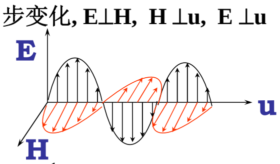
可见光的范围 $\begin{cases}\lambda: 400\sim760\text{nm}\\ \nu: 7.5\times10^{14}\sim4.3\times10^{14}\text{Hz}\end{cases}$

400——450——500——550——600——650——760nm
紫 蓝 绿 黄 橙 红

1.电磁波传播不需要介质，可以在真空中传播

2.电磁波是横波，有两个振动分量：电场和磁场

3.E与H同步变化, E⊥H, H ⊥u, E ⊥u



4.波速 $u=\dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}=\dfrac{c}{n}$ 决定于媒质的介电系数和磁导率

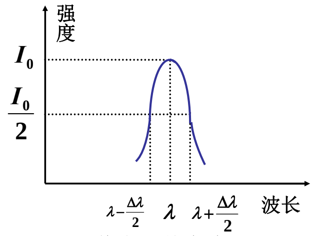
二、单色光

单色光：具有单一频率的光波称为单色光

复色光：不同频率单色光的混合光称为复色光

光谱曲线

谱线宽度 $\Delta\lambda$



谱线及其宽度

三、光的相干性

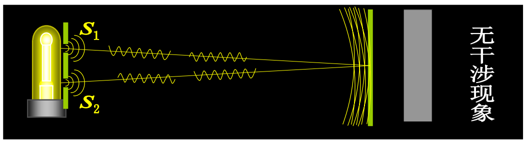
1、干涉现象

两列光波在它们的交叠区域叠加起来产生振幅相长、相消的现象，光强呈确定的分布花样，这种现象称为光的干涉。

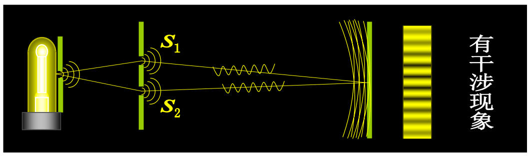
2、两列光波的相干条件

如果两列光波的**振动方向相同**，**频率相同**，**相位差恒定**，则在它们的交叠区能够产生干涉。

相干光与非相干光

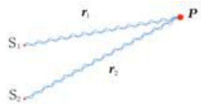


来自 S_1、S_2 的光为非相干光（不满足光干涉条件）



来自 S_1、S_2 的光为 相干光(满足光干涉条件)

3、两列光波的叠加（只讨论光振动）



两光波的波函数：

$$E_1 = E_{10}\cos[\omega(t-\frac{r_1}{u})+\varphi_{10}]$$

$$= E_{10}\cos(\omega t+\varphi_1) \quad 这里：\varphi_1 = -\omega\frac{r_1}{u}+\varphi_{10}$$

$$E_2 = E_{20}\cos[\omega(t-\frac{r_2}{u})+\varphi_{20}]$$

$$= E_{20}\cos(\omega t+\varphi_2) \quad 这里：\varphi_2 = -\omega\frac{r_2}{u}+\varphi_{20}$$

两波的位相差：

$$\Delta\varphi = \varphi_2-\varphi_1 = -\frac{\omega}{u}(r_2-r_1)+(\varphi_{20}-\varphi_{10})$$

两波的位相差 $\Delta\varphi = \varphi_2-\varphi_1 = -\frac{\omega}{u}(r_2-r_1)+(\varphi_{20}-\varphi_{10})$

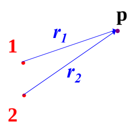
一般的干涉装置中：$\varphi_{20} = \varphi_{10}$

因此有：$\Delta\varphi = -\omega\frac{(r_2-r_1)}{u}$ 由于：$u = \frac{c}{n}$ $\quad \omega = \frac{2\pi}{T}$

所以：$\Delta\varphi = -\frac{2\pi n(r_2-r_1)}{cT} = -\frac{2\pi n(r_2-r_1)}{\lambda}$

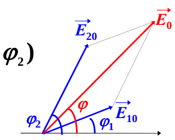
定义：$\boxed{\delta = n(r_2-r_1)}$ 为光程差

于是有：$\boxed{\Delta\varphi = -\frac{2\pi}{\lambda}\delta}$



波的干涉结果取决于干涉波在相遇点的位相差！

两列光波叠加后的光强分布



$E_1 = E_{10}\cos(\omega t+\varphi_1) \quad E_2 = E_{20}\cos(\omega t+\varphi_2)$

$E = E_1+E_2 = E_0\cos(\omega t+\varphi)$

$E_0^2 = E_{10}^2+E_{20}^2+2E_{10}E_{20}\cos\Delta\varphi$

$\Delta\varphi = \varphi_2-\varphi_1 \qquad \Delta\varphi = -\frac{2\pi}{\lambda}\delta$

$\therefore I = I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos\Delta\varphi$ ——对完全相干光源

若 $I_1 = I_2 = I_0$， 则 $I = 4I_0\cos^2\frac{\Delta\varphi}{2}$

对于非相干光源 $\quad I = I_1 + I_2$ —非相干叠加

4、干涉强度分布 $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\ \cos\Delta\varphi$

➢ 相长干涉(明)$\Delta\varphi = \pm\dfrac{2\pi}{\lambda}\delta = \pm 2k\pi$

光程差满足条件 $\delta = \pm k\lambda$ $\quad (k = 0,1,2,3\ldots)$

此时光强最大: $I = I_{\max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$

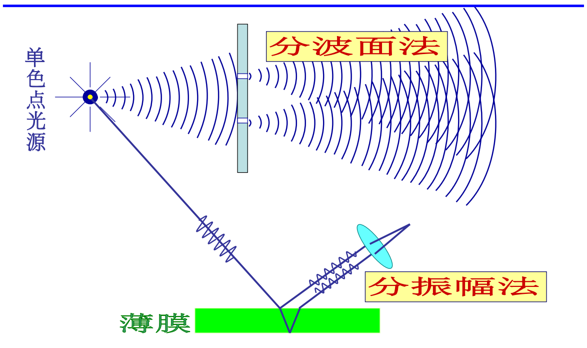
➢相消干涉(暗) $\Delta\varphi = \pm\dfrac{2\pi}{\lambda}\delta = \pm(2k+1)\pi$

光程差满足条件 $\delta = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ $\quad (k = 0,1,2,3\ldots)$

此时光强最小: $I = I_{\min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$

讨论光的干涉的一般思路: $I \Rightarrow \Delta\varphi \Rightarrow \delta$

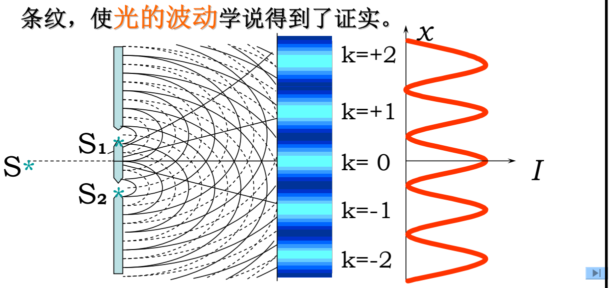
四、普通光源获得相干光的途径



§ 22.1 杨氏双缝干涉

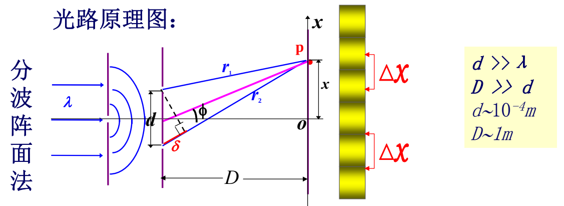
一、杨氏双缝实验

英国医生兼物理学家 托马斯·杨（T. Yang）于1801年首先成功地进行了光干涉实验，并看到了干涉条纹，使光的波动学说得到了证实。



二、杨氏双缝实验明暗条纹的位置

光路原理图:



$\delta = r_2 - r_1 = d\sin\phi \approx d\,tg\phi = d\dfrac{x}{D}$

$$\delta = \frac{d}{D}x = \begin{cases} \pm k\lambda & (k = 0,1,2,\ldots) \quad \text{明纹} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & (k = 0,1,2,\ldots) \quad \text{暗纹} \end{cases}$$

$$\delta = \frac{dx}{D} = \begin{cases} \pm k\lambda & (k = 0,1,2,\ldots) \quad \text{明纹} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & (k = 0,1,2,\ldots) \quad \text{暗纹} \end{cases}$$

明条纹的位置: $x = \pm\dfrac{kD}{d}\lambda$

1、相邻两明纹的间距:

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{(k+1)D\lambda}{d} - \frac{kD\lambda}{d} = \frac{D\lambda}{d}$$

杨氏干涉条纹是明暗相间的等间隔条纹（θ很小时）

2、通过D及d 的测量,可以间接地测得照射光的波长

d的数量级估计

3、若用白光照射，在屏幕上可以得到彩色干涉条纹 $\quad \Delta x = \dfrac{D\lambda}{d}$

4、暗条纹的位置: $x = \pm\dfrac{(2k+1)D}{d}\dfrac{\lambda}{2}$

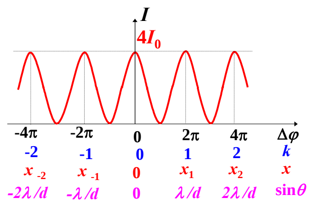
5、光强公式 $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\Delta\varphi$,

若$I_1 = I_2 = I_0$,

则 $I = 4I_0\cos^2\dfrac{\Delta\varphi}{2}$

各级明条纹的光强相等

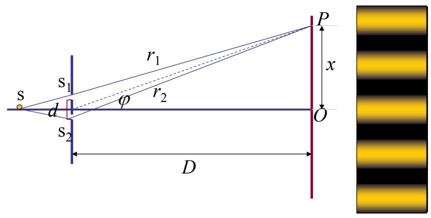
$(\Delta\varphi = \dfrac{d\sin\theta}{\lambda}2\pi)$



（d即双缝间距；θ即倾角Φ）

杨氏双缝干涉的讨论:

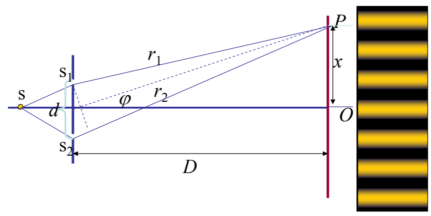
• 影响条纹宽度的因素：（1）双缝间距



$\Delta x=\dfrac{D}{d}\lambda \Rightarrow \Delta x\propto\dfrac{1}{d}$

杨氏双缝干涉的讨论:

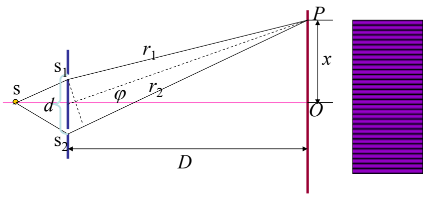
• 影响条纹宽度的因素：（2）屏与缝间距



$\Delta x=\dfrac{D}{d}\lambda \Rightarrow \Delta x\propto D$

杨氏双缝干涉的讨论:

• 影响条纹宽度的因素：（3）光波的波长



$\Delta x=\dfrac{D}{d}\lambda \Rightarrow \Delta x\propto\lambda$

例1、 杨氏双缝的间距为0.2mm，距离屏幕为1m。

（1）若第一到第四明纹距离为7.5mm，求入射光波长。

（2）若入射光的波长为600nm，求相邻两明纹的间距。

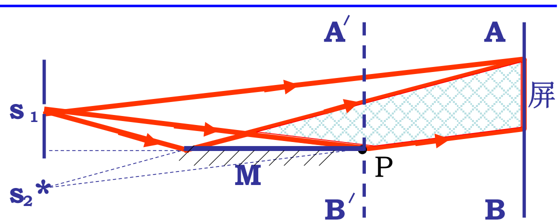
解：$x=\pm\dfrac{D}{d}k\lambda \qquad (k=0,1,2,\cdots)$

$$\Delta x_{1,4}=x_4-x_1=\frac{D}{d}(k_4-k_1)\lambda$$

$$\lambda=\frac{d}{D}\cdot\frac{\Delta x_{1,4}}{k_4-k_1}=\frac{0.2\times10^{-3}}{1}\frac{7.5\times10^{-3}}{4-1}\text{m}=5\times10^{-7}\ \text{m}$$

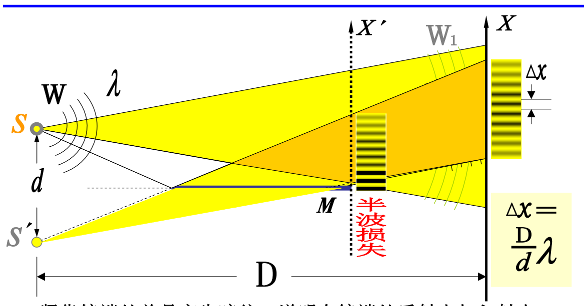
$$\Delta x=\frac{D}{d}\lambda=\frac{1\times6\times10^{-7}}{0.2\times10^{-3}}\text{m}=3\times10^{-3}\text{m}=3\text{mm}$$

三、洛埃德镜实验



当屏移到A'B'位置时，在屏上的P 点出现暗条纹。这一结论证实，光在镜子表面反射时有相位突变π

洛埃德镜实验

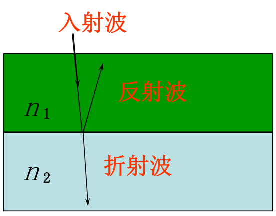


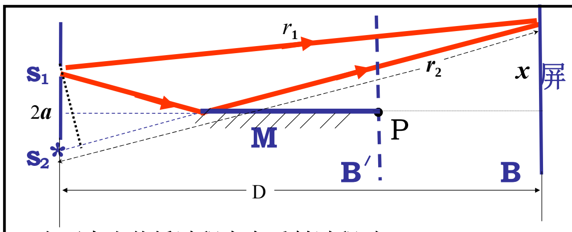
紧靠镜端处总是产生暗纹，说明在镜端处反射光与入射光的相位差为π，称为 半波损失。

半波损失

若n_1< n_2，称
媒质1为光疏媒质，
媒质2为光密媒质

光垂直或掠入射时，若光从光疏媒质传向光密媒质，并在其分界面上反射时将发生半波损失。折射波无半波损失





当两束光传播过程中有反射过程时：

$$\boxed{\delta = \delta_{真实} + (\frac{\lambda}{2})}$$

干涉相长： $\delta = k\lambda$

干涉相消： $\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$

§ 22.5 光程与光程差

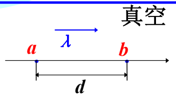
一、光程

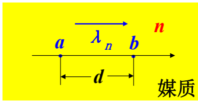
- 真空中 $\Delta\varphi = \varphi_a - \varphi_b = \frac{d}{\lambda}2\pi$

  λ —真空中波长

- 媒质中 $\Delta\varphi = \varphi_a - \varphi_b = \frac{d}{\lambda_n}2\pi$

  λ_n— 媒质中波长





$$\lambda_n = \frac{u}{\nu} = \frac{c/n}{\nu} = \frac{c/\nu}{n} = \frac{\lambda}{n}$$

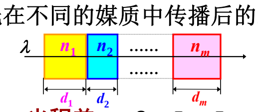
同一频率的光在真空中的波长大于在介质中的波长

$\Delta\varphi = \frac{nd}{\lambda}2\pi$ 光在介质中传播长度为d的距离时引起的光振动位相差相当于光在真空中传播长度为nd的距离时引起的光振动位相差

光程 ： $L = nd$

光程与光程差

光在不同的媒质中传播后的总光程：



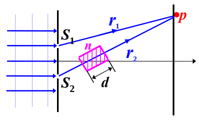
光程 $L = \Sigma(n_i d_i)$

二、光程差 $\delta = L_2 - L_1$

相位差和光程差的关系：

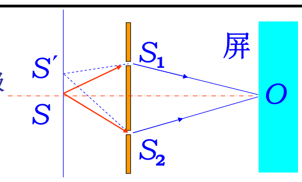
$$\boxed{\Delta\varphi = \frac{\delta}{\lambda}2\pi}$$

[例]



$$P:\ \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\{L_2 - L_1\}$$
$$= \frac{2\pi}{\lambda}\{[(r_2 - d) + nd] - r_1\}$$
$$= \frac{2\pi}{\lambda}[(r_2 - r_1) + (n-1)d]$$

例2、单色光源S照射双缝，在屏上形成干涉图样，零级明条纹位于O 点

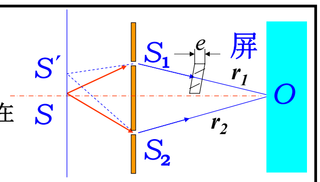


1）若将缝光源 S 移至位置S′，零级明条纹将发生移动。欲使零级明条纹移回 O 点，必须在哪个缝处覆盖一薄云母片才有可能?

2）若用波长589nm的单色光，欲使移动4个明纹间距的零级明纹移回到O点，云母片的厚度应为多少?云母片的折射率为1.58。

解：1）向上移动光源，条纹下移，

欲使条纹不移动,需在缝S_1上覆盖云母片



2） 原来 $r_2 - r_1 = 4\lambda$

现在 $r_2 - (r_1 - e + ne) = 0$

$(n-1)e = 4\lambda$

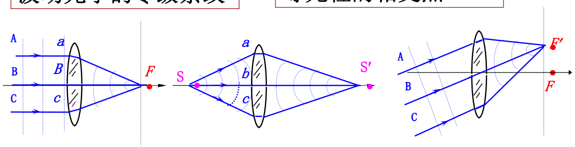
$$e = \frac{4\lambda}{n-1} = \frac{4\times589}{1.58-1} = 4062\ (\text{nm})$$

三、物像之间的等光程性

—— 物象间各光线的等光程性

几何光学的像点是波动光学的零级条纹

零级条纹点是各光线等光程的相交点



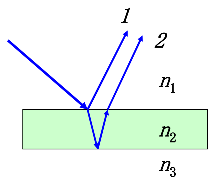
物点到象点各光线之间的光程差为零

透镜前后任一波振面上各点到象点的各光线所走光程相等

四、反射光的相位突变和附加光程差

反射光有 π 相位突变，称半波损失，它相当于一个附加光程差：

$$\delta = \frac{\lambda}{2}$$



光入射至薄膜，在其上下表面反射，两反射光1、2 发生附加光程差 λ /2 的条件：

$n_1 < n_2 > n_3$ 或 $n_1 > n_2 < n_3$

复习上一次课的内容

1、干涉现象

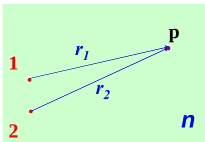
2、两列光波的相干条件

振动方向相同、频率相同、有固定位相差

3、光程 ： $L = nd$

光程差：$\delta = n(r_2 - r_1)$

位相差：$\Delta\varphi = \dfrac{2\pi}{\lambda}\delta$



4、相干叠加：$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\Delta\varphi$

$\Delta\varphi = \pm 2k\pi$　　$\delta = \pm k\lambda$　　干涉相长

$\Delta\varphi = \pm(2k+1)\pi$　　$\delta = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$　　干涉相消

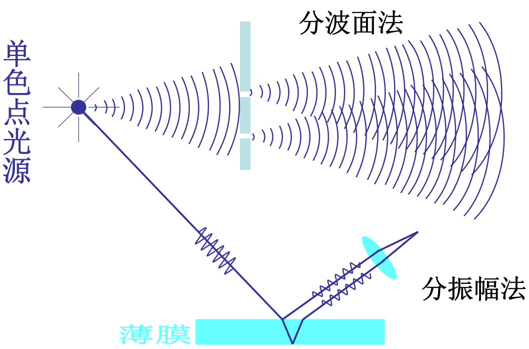
5、杨氏双缝干涉：$\Delta x = \dfrac{D\lambda}{d}$

杨氏干涉条纹是明暗相间的等间隔条纹（θ很小时）

6、物象间各光线的等光程性

7、反射光的相位突变和附加光程差

8、普通光源获得相干光的途径

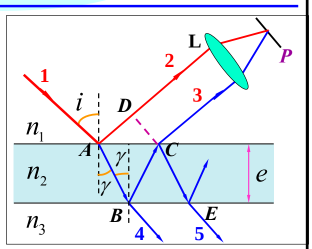


§ 22.6 薄膜干涉（一）

一、反射光干涉

1. 由几何路程不同带来的反射光光程差为：

$$\delta_0 = n_2(AB + BC) - n_1 AD$$
$$= \frac{2n_2 e}{\cos\gamma} - 2n_1 e\tan\gamma\sin i$$



利用 $n_1 \sin i = n_2 \sin\gamma$

$$\delta_0 = \frac{2n_2 e}{\cos\gamma} - \frac{2n_2 e\sin^2\gamma}{\cos\gamma}$$
$$= 2n_2 e\cos\gamma$$

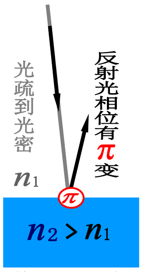
$AB = BC = \dfrac{e}{\cos\gamma}$

$CD \perp AD$　　$AD = AC\sin i$

$= 2e\cdot\tan\gamma\cdot\sin i$

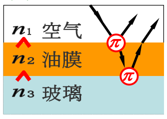
2. 由界面反射条件不同所附加的光程差δ'

$\delta_0 = 2n_2 e\cos\gamma$



特别对正入射或掠入射情况

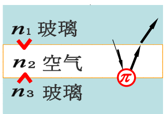
例一：



附加位相差 $\Delta\varphi = \pi - \pi = 0$

附加光程差 $\delta' = \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2} = 0$

例二：



附加位相差 $\Delta\varphi = \pi$

附加光程差 $\delta' = \frac{\lambda}{2}$

3. 干涉加强和减弱条件

$$\delta = 2n_2 e\cos\gamma + (\frac{\lambda}{2}) = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + (\frac{\lambda}{2})$$

$$\cos\gamma = \sqrt{1-\sin^2\gamma} = \sqrt{1-n_1^2\sin^2 i/n_2^2}$$

干涉相长：$\delta = k\lambda$　　干涉相消：$\delta = (2k+1)\lambda/2$

1) 当薄膜的厚度为常数时， δ=δ(*i*)

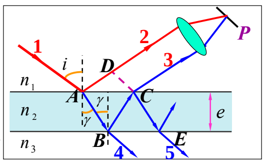
入射光倾角相同点的轨迹对应同一条干涉条纹 ⟶ 等倾干涉

2) 当入射光是平行光，*i* 是常数，δ=δ(e)

薄膜厚度相同点的轨迹对应同一条干涉条纹 ⟶ 等厚干涉

特例：当i=0　$\delta = 2n_2 e + (\lambda/2)$

二、透射光干涉



由能量守恒可知：

反射光加强的点，透射光减弱

故：反射光满足干涉加强的点，透射光应满足干涉相消。

$$\delta_{透} = \delta_{反} + \frac{\lambda}{2}$$

——透射光的干涉条纹和反射光的干涉条纹明暗互补，反射光为明纹处，透射光为暗纹

例3、 一油轮漏出的油(折射率 n_1=1.20)污染了某海域, 在海水(n_2=1.30)表面形成一层薄薄的油污.

(1) 如果太阳正位于海域上空,一直升飞机的驾驶员从机上向下观察,他所正对的油层厚度为460nm,则他将观察到油层呈什么颜色?

(2) 如果一潜水员潜入该区域水下,又将看到油层呈什么颜色?

解：(1) $\Delta_{反} = 2n_1 e = k\lambda$　　$\lambda = \frac{2n_1 e}{k}$， $k = 1, 2, \cdots$

$k = 1$,　$\lambda = 2n_1 e = 1104\text{nm}$

$k = 2$,　$\lambda = n_1 e = 552\text{nm}$　绿色

$k = 3$,　$\lambda = \frac{2}{3} n_1 e = 368\text{nm}$

(2) 透射光的光程差　$\Delta_{透} = 2n_1 e + \lambda/2$

$k = 1$,　$\lambda = \frac{2n_1 e}{1 - 1/2} = 2208\text{nm}$

紫红色

$k = 2$,　$\lambda = \frac{2n_1 e}{2 - 1/2} = 736\text{nm}$　红光

$k = 3$,　$\lambda = \frac{2n_1 e}{3 - 1/2} = 441.6\text{nm}$　紫光

$k = 4$,　$\lambda = \frac{2n_1 e}{4 - 1/2} = 315.4\text{nm}$

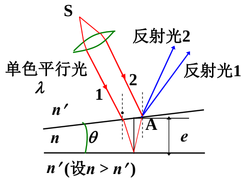
三、等厚干涉

$i = 0$时：$\delta = 2n_2 e + (\lambda/2)$

1、劈尖（劈形膜）

夹角很小的两个平面所构成的薄膜

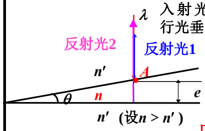
θ: $10^{-4} \sim 10^{-5}$ rad



1、2两束反射光来自同一束入射光，它们可以产生干涉 。

实际应用中,大都是平行光垂直入射到劈尖上。

考虑到劈尖夹角极小, 反射光1、 2在膜面的光程差可简化为图示情况计算



考虑A点处两光线的光程差

$$\delta=\delta(e)\approx 2ne+\frac{\lambda}{2}$$

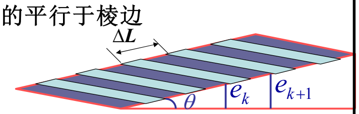
明纹: $\delta(e)=k\lambda,\ k=1,2,3,\cdots$

暗纹: $\delta(e)=(2k'+1)\frac{\lambda}{2},\ k'=0,1,2,\cdots$

同一厚度e对应同一级条纹 —— 等厚条纹

$$\delta(e)=2ne+\frac{\lambda}{2}\xrightarrow{\text{明纹}}k\lambda$$

条纹为: 棱边为暗纹的平行于棱边的明暗相间直条纹



$$2ne_k+\frac{\lambda}{2}=k\lambda$$

$$2ne_{k+1}+\frac{\lambda}{2}=(k+1)\lambda$$

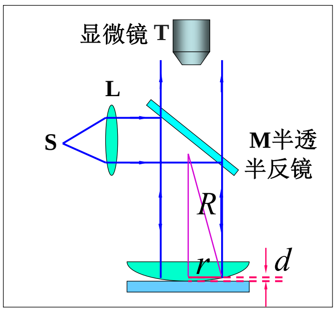
相邻明(暗)条纹对应薄膜厚度差: $\boxed{\Delta e=e_{k+1}-e_k=\frac{\lambda}{2n}}$

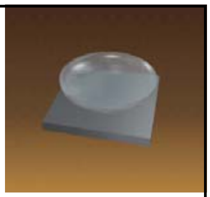
相邻明(暗)条纹间距: $\Delta L\approx\frac{\Delta e}{\theta}=\frac{\lambda}{2n\theta}$

2、牛顿环

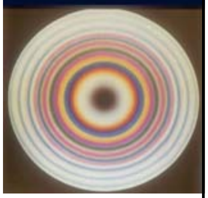
光程差: $\delta=2e+\frac{\lambda}{2}$

牛顿环实验装置





牛顿环



白光入射的牛顿环照片

$$r^2=R^2-(R-e)^2\approx 2Re \qquad e=\frac{r^2}{2R}\ \cdots(1)$$

暗环: $\delta=2e+\frac{\lambda}{2}=(2k+1)\frac{\lambda}{2}\ \cdots(2)$

(k = 0, 1, 2, ⋯)

第k个暗环半径:

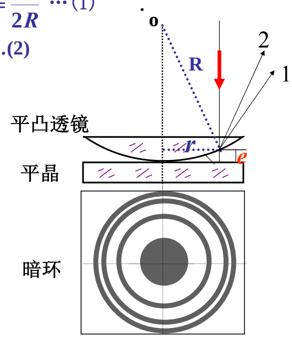
$$r_k=\sqrt{kR\lambda}\propto\sqrt{k}$$

明环: $\delta=2e+\frac{\lambda}{2}=k\lambda$

(k = 1, 2, 3, ⋯)

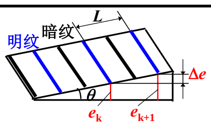
第k个明环半径:

$$r_k'=\sqrt{(k-1/2)R\lambda}$$

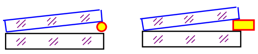


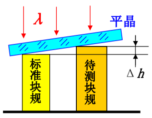
3、应用

(1)劈尖的应用 $L=\frac{\lambda}{2n\theta}$

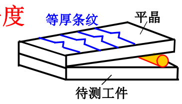


- 测波长: 已知 θ、n, 测L可得 λ
- 测折射率: 已知 θ、λ, 测L可得n
- 测细小直径、厚度、微小变化



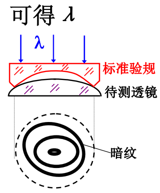


- 测表面不平度



(2)牛顿环的应用 $r_k=\sqrt{kR\lambda}$ $\boxed{r_{k+m}^2-r_k^2=mR\lambda}$

- 测透镜球面的半径R:
  已知λ, 测 m、r_{k+m}、r_k, 可得R
- 测波长 λ:
  已知R, 测出m、r_{k+m}、r_k, 可得 λ
- 检验透镜球表面质量



§22.7 薄膜干涉（二）

—— 等倾条纹

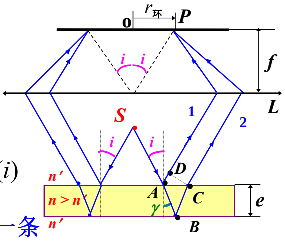
一、点光源照明时的干涉条纹分析

光束1、2的光程差：

$$\delta = n(AB+BC) - n'AD + \frac{\lambda}{2}$$

$$\delta = 2ne\cos\gamma + \frac{\lambda}{2} \quad 或$$

$$\delta = 2e\sqrt{n^2 - n'^2\sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = \delta(i)$$



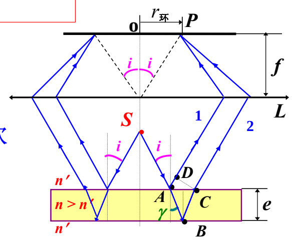
倾角 i 相同的光线对应同一条干涉条纹 ————等倾条纹

$$\delta = 2e\sqrt{n^2 - n'^2\sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = \delta(i)$$

明纹：$\delta = k\lambda$

$r_环 \downarrow \Rightarrow i \downarrow \Rightarrow \delta \uparrow \Rightarrow k \uparrow$

条纹形状：内疏外密、级次里高外低的一系列同心圆环



中心：$2ne + \frac{\lambda}{2} = k_c\lambda$

增大e时,中心不断冒出新的亮斑,周围的亮环向外扩大

$$\Delta k_c = 1 \Rightarrow \Delta e = ?$$

二、应用

增透膜、增反膜

为增强光学仪器的透射和反射能力，一般采用在光学仪器表面镀膜的方法

◆若反射光干涉相长，

反射光会增强，相应的膜称为**增反膜**

◆若反射光干涉相消，

透射光增强，相应的膜称为**增透膜**

若垂直入射，光程差为：$\delta = 2nd$

1) 干涉相长的条件 $\delta = 2nd = k\lambda$

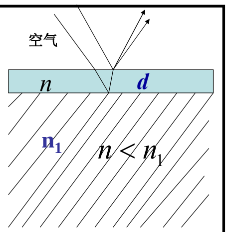
增反膜膜厚为：$d = k\dfrac{\lambda}{2n}$

增反膜最小厚度为：$d_{\min} = \dfrac{\lambda}{2n}$

2) 干涉相消的条件 $\delta = 2nd = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$

增透膜的厚度为 $d = (2k+1)\dfrac{\lambda}{4n}$

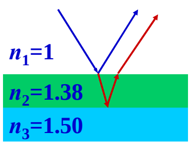
增透膜的最小厚度为 $d_{\min} = \dfrac{\lambda}{4n}$



例4、照相机透镜常镀上一层透明薄膜，目的就是利用干涉原理减少表面的反射，使更多的光进入透镜，常用的镀膜物质是MgF_2，折射率n=1.38，为使可见光谱中λ=550nm的光有最小反射，问膜厚e = ?

解: 反射最小

$$2n_2e = \frac{2k+1}{2}\lambda \qquad k=0,1,2,\ldots$$



对应于最小厚度，$k = 0$

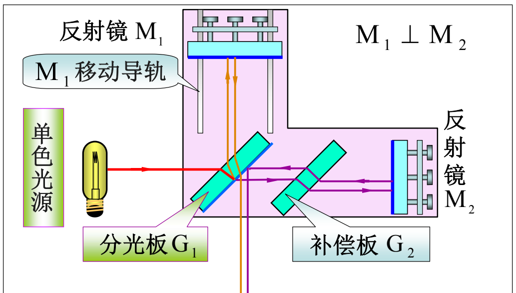
得到，$$e_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2} = \frac{550}{4\times 1.38}\,\text{nm} = 99.6\,\text{nm}$$

说明：入射光能量一定，反射光能量减弱必然使透射能量增强，所以这种膜称为增透膜。

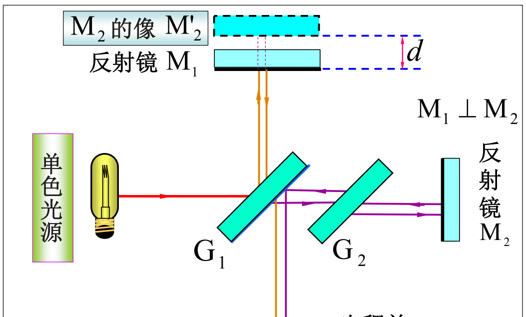
---

§22.8 迈克耳逊干涉仪

一、仪器结构、光路



$G_1 // G_2$ 与 M_1, M_2 成 45°角



二、工作原理

光束2′ 和1′ 发生干涉

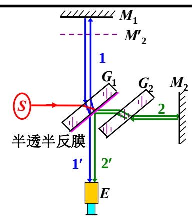
- 若M_2' 、M_1平行 $\Rightarrow$ 等倾条纹
- 若M_2' 、M_1有小夹角 $\Rightarrow$ 等厚条纹

光程差为 $\delta = 2(L_1 - L_2) = 2d$

亮纹条件: $\delta = 2d = k\lambda$

$$d = k\frac{\lambda}{2} \quad k = 0,1,2,3,\cdots$$

若M_1平移Δd时，干涉条纹移过N条，则：$\Delta d = N\cdot\frac{\lambda}{2}$



三、应用

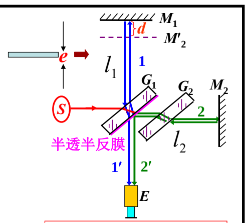
1）微小位移测量

若M_1平移λ / 2时，L_1附加光程λ

干涉条纹移过1条，

若干涉条纹移过N条

M_1平移Δd: $\Delta d = N\cdot\frac{\lambda}{2}$



$\delta = 2(l_1 - l_2) = 2d$

2）测薄膜折射率

$$L_1 = l_1 - e + ne$$

干涉条纹移过N条，则有：$\boxed{ne - e = N\frac{\lambda}{2}}$

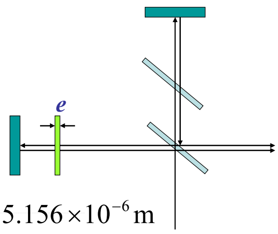
例5、当把折射率为n=1.40的薄膜放入迈克尔逊干涉仪的一臂时，如果产生了7条条纹的移动，求薄膜的厚度。（已知钠光的波长为λ = 589.3nm。）

解:

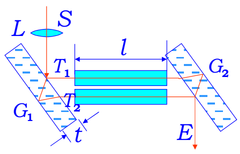
$$\Delta\delta = 2(n-1)e = N\lambda$$

$$e = \frac{N\cdot\lambda}{2(n-1)}$$

$$= \frac{7\times 589.3\times 10^{-9}}{2(1.4-1)}\text{m} = 5.156\times 10^{-6}\text{m}$$



例6、常用雅敏干涉仪来测定气体在各种温度和压力下的折射率。干涉仪的光路如图，S 为光源，L为聚光透镜，G_1、G_2为两块等厚而且互相平行的玻璃板，T_1、T_2为等长的两个玻璃管，长度为 l 。进行测量时，先将T_1、T_2抽空。然后将待测气体徐徐导入一管中，在 E处观察干涉条纹的变化，即可求出待测气体的折射率。例如某次测量某种气体时，将气体徐徐放入T_2管中，气体达到标准状态时，在E处共看到有98条干涉条纹移动，所用的黄光波长为 589.3nm (真空中) l =20cm。求该气体在标准状态下的折射率。



解:

$$\delta = nl - l = 98\lambda$$

$$n = 1 + \frac{98\lambda}{l}$$

$$= 1 + \frac{98\times 5893}{20\times 10^8}$$

=1.00029