

第 22 章 光的干涉

注：所有加强干涉 $k\lambda$ 中的 λ 均为真空中波长

注：干涉条件：频率相同，振相相同，相差恒定

一、杨氏双缝干涉

1、明纹、暗纹的位置

明纹： $d\sin\theta = k\lambda$, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

暗纹： $d\sin\theta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$x = L\tan\theta$;

2、明纹、暗纹间距

间距 $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$

3、光强公式

$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\Delta\varphi$;

二、光的时间相干性和空间相干性

1、时间相干性（直接代数题）

$\delta = L = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$; **L 相干长度**

$\tau = \frac{\delta}{c}$;

2、空间相干性

$bd = R\lambda$; **b 光源宽度**, **R 光源到双缝距离**, **d 相干间隔**

记住各个物理量的含义！千万别代错数！

$\theta = \frac{d}{R}$, **相干孔径**

三、光程差

$\frac{\Delta\varphi}{2\pi} \cdot \lambda_{\text{真}} = \text{光程差} = nd$;

2. (本题 3 分)(3163)

单色平行光垂直照射在薄膜上，经上下两表面反射的两束光发生干涉，如图所示，若薄膜的厚度为 e ，且 $n_1 < n_2 > n_3$ ， λ_1 为入射光在 n_1 中的波长，则两束反射光的光程差为

- (A) $2n_2e$. (B) $2n_2e - \lambda_1 / (2n_1)$.
(C) $2n_2e - n_1 \lambda_1 / 2$. (D) $2n_2e - n_2 \lambda_1 / 2$.



[]

选 C：半波损失的是真空中波长的一半（无论在哪个介质中发生半波损）

四、等厚条纹

1、劈尖

$2ne + \left(\frac{\lambda_{\text{真}}}{2}?\right) = k\lambda \rightarrow \text{明纹}$

题型 1：通过明暗条纹计算高度等，具体找一条纹去算，例题如下：

·利用激光做干涉实验。M₁、M₂为半透半反镜，M₁为一反射平面镜，A₁、A₂为半透半反镜，G为光源。一部分光经M₁和M₂反射与前一光叠加，在A₁、A₂处干涉。A₁、A₂为2+1，所用激光波长为632.8 nm，求在屏上干涉条纹的间距。



图 22.36 习题 22.14 用图

光波长为 $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ ，其谱线宽度为(以频率计) $\Delta\nu = 1.3 \times 10^4 \text{ Hz}$ ，干涉时间是多长？

题型 2：平移/旋转上层玻璃

31. (本题 3 分)(5325)

两块平玻璃构成空气劈形膜，左边为棱边，用单色平行光垂直入射。若上面的平玻璃慢慢地向上平移，则干涉条纹

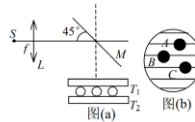
- (A) 向棱边方向平移，条纹间隔变小。
- (B) 向棱边方向平移，条纹间隔变大。
- (C) 向棱边方向平移，条纹间隔不变。
- (D) 向远离棱边的方向平移，条纹间隔不变。
- (E) 向远离棱边的方向平移，条纹间隔变小。

[]

向上平移，干涉条纹向中间挪动，条纹间隔不变

35. (本题 3 分)(5645)

检验滚珠大小的干涉装置示意图如图(a)。S为光源，L为会聚透镜，M为半透半反镜。在平晶T₁、T₂之间放置A、B、C三个滚珠，其中A为标准件，直径为d₀。用波长为λ的单色光垂直照射平晶，在M上方观察时观察到等厚条纹如图(b)所示。轻压C端，条纹间距变大，则B珠的直径d₁、C珠的直径d₂与d₀的关系分别为：



- (A) $d_1 = d_0 + \lambda$, $d_2 = d_0 + 3\lambda$.
- (B) $d_1 = d_0 - \lambda$, $d_2 = d_0 - 3\lambda$.
- (C) $d_1 = d_0 + \lambda/2$, $d_2 = d_0 + 3\lambda/2$.
- (D) $d_1 = d_0 - \lambda/2$, $d_2 = d_0 - 3\lambda/2$.

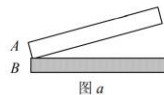
[]

按动一侧，变的平缓/陡峭，平缓则间距变大，陡峭则间距变小

题型 3：分析工件表面的缺陷

27. (本题 3 分)(3508)

如图a所示，一光学平板玻璃A与待测工件B之间形成空气劈尖，用波长 $\lambda = 500 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)的单色光垂直照射。看到的反射光的干涉条纹如图b所示。有些条纹弯曲部分的顶点恰好与其右边条纹的直线部分的连线相切。则工件的上表面缺陷是



- (A) 不平处为凸起纹，最大高度为 500 nm。
- (B) 不平处为凸起纹，最大高度为 250 nm。
- (C) 不平处为凹槽，最大深度为 500 nm。
- (D) 不平处为凹槽，最大深度为 250 nm。

[]

看鼓包那个点和周围点对比，看鼓包是凹进去还是凸出来

注意是 $2e = k\lambda$ ，因此如果表面上差一个条纹，厚度是差半个条纹

2、牛顿环

$$2ne + \left(\frac{\lambda_{\text{真}}}{2}\right) = k\lambda, \text{ 明纹}$$

$$R^2 = (R - e)^2 + r^2, \quad 2Re = r^2, \quad r = \sqrt{2Re} = \sqrt{kR\lambda/n} \quad (\text{假设没有半波损})$$

题型 1：平移/按压透镜

30. (本题 3分)(5324)

把一平凸透镜放在平玻璃上，构成牛顿环装置。当平凸透镜慢慢地向上平移时，由反射光形成的牛顿环

- (A) 向中心收缩，条纹间隔变小。
- (B) 向中心收缩，环心呈明暗交替变化。
- (C) 向外扩张，环心呈明暗交替变化。
- (D) 向外扩张，条纹间隔变大。

[]

向上平移透镜，向里收缩，间距不变

向下按压透镜，劈尖变缓，间距变大

五、等倾条纹

光程差 $\delta = 2h\sqrt{n^2 - (\sin i)^2} - (? \frac{\lambda}{2})$ ，其中 h 为薄膜厚度， n 为薄膜折射率， i 为入射角

六、迈克尔逊干涉仪

$$2n\Delta d = N\lambda;$$

迈克尔逊干涉仪的原理是等倾条纹： $2h\sqrt{n^2 - (\sin i)^2} = k\lambda$ ；或 $2nh\cos r = k\lambda$ ；

$2n\Delta d = N\lambda$ 的来源为考虑中心亮纹缩进的级数得出的。

例题：

19. (本题 10分)(5891)

用波长为 λ 的单色光，观察迈克尔逊干涉仪的等倾干涉条纹。先看到视场中共有 10 个亮纹（包括中心的亮斑在内）。在移动可动反射镜 M_2 的过程中，看到往中心缩进去 10 个亮纹。移动 M_2 后，视场中共有 5 个亮纹（包括中心的亮斑在内）。设不考虑两束相干光在分束板 G_1 的镀银面上反射时产生的相位突变之差，试求开始时视场中心亮斑的干涉级 k 。

解：设开始时中心亮斑的干涉级 k ，则边缘干涉级 $k-9$ ；移动 M_2 后，中心干涉级 $k-10$ ，边缘干涉级 $k-10-4=k-14$ ；

则： $2nh = k\lambda$ ， $2nh\cos r = (k-9)\lambda$ ， $2nh' = (k-10)\lambda$ ， $2nh'\cos r = (k-14)\lambda$ ；

可知： $\cos r = \frac{k-9}{k} = \frac{k-14}{k-10}$ ，解得： $k=18$ ；

第 23 章 光的衍射

注：惠更斯-菲涅尔原理：若已知光再某时刻的波阵面为 S ，则 S 的前方某点 P 的光强度决定于波阵面 S 上所有面积元发出的子波各自传到 P 点的振动相干叠加；

一、平行光照到缝宽为 a 的单缝上

由半波带法：

$$a\sin\theta = k\lambda, k=1,2,3... \text{ 暗纹}$$

$$a\sin\theta = (k + \frac{1}{2})\lambda, k=1,2,3... \text{ 明纹（不包含中央明纹）}$$

题型 1：挪动透镜/缝

透镜上下挪：中央亮纹位置变化，间距不变，光强变化

缝上下挪：中央亮纹位置不变，间距不变，光强变化

缝前后挪：中央亮纹位置不变，间距不变，光强不变

二、平行光照到直径为 D 的圆盘上

第一条暗纹对应的 θ 满足 $\sin\theta = \frac{1.22\lambda}{D}$ ；

由此得出角分辨率 $\delta\theta = \frac{1.22\lambda}{D}$ ，分辨率 $R = \frac{1}{\delta\theta} = \frac{D}{1.22\lambda}$ ；

三、光栅衍射

1、对干涉的分析

主极大: $d\sin\theta = k\lambda$, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

暗纹: $d\sin\theta = \frac{k\lambda}{N}$, $k = \pm 1, \pm 2, \dots$ ($k \neq Nk'$)

即: $d\sin\theta = \frac{0}{N}\lambda, \frac{1}{N}\lambda, \frac{2}{N}\lambda \dots \frac{N-1}{N}\lambda, \frac{N}{N}\lambda$; 主极大, 暗, 暗, ..., 暗, 主极大

2、对衍射的分析

暗纹: $a\sin\theta = k\lambda$;

! 缺级

3、光栅的分辨本领

若要分辨开, $\frac{\lambda}{\Delta\lambda} \leq kN$

注: 光强

平行光照射宽为 a 的缝, 光强 $I = I_0 \left(\frac{\sin\beta}{\beta} \right)^2$, 其中 $\beta = \frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}$;

光栅衍射光强: $I = I_0 \left(\frac{\sin\beta}{\beta} \right)^2 \left(\frac{\sin N\gamma}{\sin\gamma} \right)^2$, 其中 $\gamma = \frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}$;

第 24 章 光的偏振

一、线偏振光、椭圆偏振光、圆偏振光

线偏振光: 相位差 0 或 π ;

椭圆偏振光: 相位差 $\frac{\pi}{2}$ 或 $\frac{3\pi}{2}$, 振幅不一样

圆偏振光: 相位差 $\frac{\pi}{2}$ 或 $\frac{3\pi}{2}$, 振幅一样

二、马吕思定律

$I = I_0(\cos\alpha)^2$; 小心最开始是从自然光开始, 要先*1/2!

三、布儒斯特角

题型: 画图

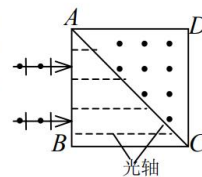
- (1) 先用自然光去想
- (2) 再把没有的振相划掉
- (3) 注意部分偏振光哪个较多

四、双折射 o 光和 e 光

1、画光路图 (分析折射率)

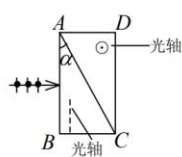
13. (本题 5 分)(5758)

如图所示的棱镜, 是由两块方解石 (负单轴晶体) 直角棱镜组成, 光轴方向如图所示. 自然光垂直照射到左半棱镜 ABC 上, 试用惠更斯作图法定性地求右半棱镜 ADC 中光线的方向, 并在图中标明光的振动方向.



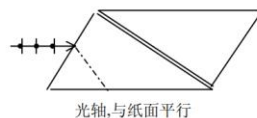
26. (本题 5分)(3977)

由方解石（负晶体）晶体材料制成的渥拉斯顿棱镜，其顶角 $\alpha = 30^\circ$ ，棱镜 ABC 的光轴平行于 AB 面，棱镜 ADC 的光轴垂直于图面，一束单色自然光垂直 AB 面入射，见图。试在图中定性画出光的传播方向并标出光矢量振动方向。



27. (本题 5分)(7922)

一束自然光入射在尼科尔棱镜上，如图。请定性画出折射光线，并注明折射光线光矢量的振动方向。



28. (本题 5分)(7923)

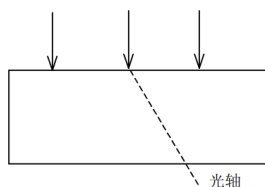
如图所示，一晶体偏振器由两个直角棱镜组成（中间密合）。一个直角棱镜由方解石晶体制成，另一直角棱镜由玻璃制成，其折射率 n 等于方解石对 e 光的折射率 n_e 。一束单色自然光垂直入射，试定性画出折射光线，并标明折射光线光矢量的振动方向。



2、惠更斯作图法

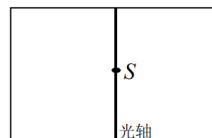
9. (本题 5分)(1790)

如附图所示，一非偏振光垂直投射在由方解石晶体切割出来的晶片上，光轴在图面内用虚线表示。请用惠更斯作图法，在附图中画出晶体中 o 光、 e 光的传播方向，并标明其振动（电矢量）方向。



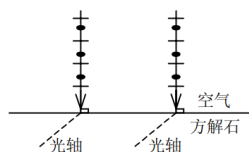
10. (本题 5分)(1791)

设想方解石晶体内有一点光源 S ，请在通过光轴的平面（见图）上画出晶体中的惠更斯波面图，并分别用点（表示垂直于图面）和短线（表示平行于图面）标明该平面上 o 光线和 e 光线的振动（电矢量）方向。



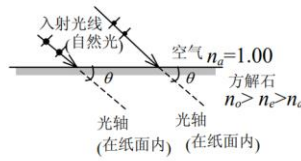
11. (本题 5分)(3547)

一束平行的自然光从空气中垂直入射到方解石上，方解石（负晶体）的光轴在纸面内，方向如图所示，试用惠更斯作图法示意地画出方解石中折射线的方向，并标明 o 光和 e 光及其光矢量振动方向。



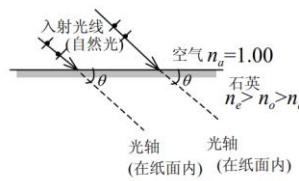
14. (本题 5 分)(5899)

一块方解石晶体表面切成与其光轴成一定角度 θ ，一束与光轴方向平行的自然光由空气入射到晶体表面上，入射方向如图所示。试用惠更斯作图法画出方解石中两束折射光线的方向，并分别标出其名称和光矢量的振动方向。



15. (本题 5 分)(5900)

一块石英晶体表面切成与其光轴成一定角度 θ ，一束与光轴方向平行的自然光由空气入射到晶体表面上，入射方向如图所示。试用惠更斯作图法画出石英中两束折射光线的方向，并分别标出其名称和光矢量的振动方向。



注：光轴方向二者速度相同！！

第 26 章 波粒二象性

$$M_v = \frac{2\pi h}{c^2} \cdot \frac{\nu^3}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

康普顿效应公式推导

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-28}; k = 1.38 \times 10^{-23};$$

不确定度：

考点 1：画出很多个波长/较少波长，注意纵轴的意思是概率，长的 Δx 大

考点 2：由于 $p = \frac{h}{\lambda}$ ，所以 $dp = -\frac{h}{\lambda^2} d\lambda$

第 27 章 薛定谔方程

一、一维无限深方势阱的波函数

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + U\Phi = E\Phi;$$

当 $0 \leq x \leq a$ 时， $U = 0$ ，则有 $\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} = -k^2 \Phi$ ，其中 $k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$ ；这个方程的解为： $\Phi(x) =$

$$A \sin(kx + \varphi), \text{ 由连续性: } \varphi = 0, ka = n\pi; \text{ 再由归一化条件: } A = \sqrt{\frac{2}{a}};$$

可由 k 得出能量 E 的表达式，再由 E 推 p ，再由 p 推 λ ，得： $a = n \frac{\lambda}{2}$ ；

二、画势阱中 $n=k$ 时的波函数

波函数与能量基准的交点有 $n-1$ 个（不算两端），只要 $U > E$ ，就有穿透（衰减），当 $U \rightarrow \infty$ 时，没有穿透； $E-U$ 越小，概率幅越大，且 λ 越大

4 个注意点：

- (1) λ 的变化
- (2) 概率幅的变化
- (3) 交点个数
- (4) 是否有穿透

第 28 章 原子中的电子

一、量子数

- (1) 主量子数 n : 表示的是电子所在的能级, 决定能量, 用 K、L、M、N...大能级表示
- (2) 轨道量子数 l : 主要决定电子的轨道角动量, 也能影响能量, 表示大能级中的第几个小能级, 用 s、p、d、f...表示, 取 $0, 1, \dots, n-1$
- (3) 轨道磁量子数 m_l : 决定电子轨道角动量在 z 方向的分量, 取 $0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$

轨道角动量 $L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$; 轨道角动量在 z 方向分量为 $L_z = m_l\hbar$

例题:

1. (本题 3 分)(4785)

在氢原子的 K 壳层中, 电子可能具有的量子数(n, l, m_l, m_s)是

- (A) $(1, 0, 0, \frac{1}{2})$. (B) $(1, 0, -1, \frac{1}{2})$.
(C) $(1, 1, 0, -\frac{1}{2})$. (D) $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$. []

由于是 K 壳层, 因此 $n=1$, 则: $l=0$, $m_l=0$, 选 A

5. (本题 3 分)(8023)

氢原子中处于 $2p$ 状态的电子, 描述其量子态的四个量子数(n, l, m_l, m_s)可能取的值为

- (A) $(2, 2, 1, -\frac{1}{2})$. (B) $(2, 0, 0, \frac{1}{2})$.
(C) $(2, 1, -1, -\frac{1}{2})$. (D) $(2, 0, 1, \frac{1}{2})$. []

由于处于 $2p$ 状态, 因此 $n=2$, $l=1$, 选 C

- (4) 自旋量子数 $s = 1/2$

- (5) 自旋磁量子数 $m_s = \pm \frac{1}{2}$

电子的填充:

n, l 相同: 同一个次壳层, 可能有的不同状态为 $2(2l+1)$, 即为这个次壳层能填的最多电子数

n 相同: 同一个壳层, 可能有的不同状态 $2n^2$

9. (本题 4 分)(4967)

锂($Z=3$)原子中含有 3 个电子, 电子的量子态可用(n, l, m_l, m_s)四个量子数来描述, 若已知基态锂原子中一个电子的量子态为 $(1, 0, 0, \frac{1}{2})$, 则其余两个

电子的量子态分别为()和().

Z 小的原子顺序填充: 先填满前面的壳层, 再填后面的, 从小到大

答案: $(1, 0, 0, -1/2), (2, 0, 0, 1/2)$ 或 $(2, 0, 0, -1/2)$

二、玻尔磁子

$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$; 自旋产生的能量 $E = \pm\mu_B B$;

三、X 射线: 莫塞莱公式

从 L 壳层跃迁到 K 壳层, $\sqrt{\nu} = 4.96 \times 10^7 (Z - 1)$

四、激光

高能级受激辐射跃迁到低能级：

高能级原子数和低能级原子数的比 $\frac{N_h}{N_l} = e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$

第 29 章 固体中的电子

注：数密度 $n = \frac{\rho N_A}{M}$

一、费米能量、费米速度、费米温度

OK 时的费米能量和费米速度表达式：

$$E_F = \frac{(3\pi^2)^{\frac{2}{3}} \cdot \hbar^2}{2m_e} n^{\frac{2}{3}}; \quad V_F = \sqrt{\frac{E_F}{2m_e}}$$

$$\text{费米温度 } T_F = \frac{E_F}{k}$$

二、态密度

单位体积内的，能量处于 $E \sim E+dE$ 中单位能量区间的电子数

$$g(E) = \frac{(2m_e)^{\frac{3}{2}}}{(2\pi^2)\hbar^3} E^{\frac{1}{2}};$$

三、电导率、经典速度

$$\sigma = \frac{ne^2\bar{\lambda}}{m_e v_F}, \quad \tau = \frac{\bar{\lambda}}{v_F}$$

$$v_{\text{经典}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_e}};$$

四、禁带宽度、施主能级、受主能级

P 型半导体，只有施主能级，靠近导带底部；N 型半导体，只有受主能级，靠近价带顶部

例题：

点阵离子间距：单位体积内分子数为 n ，设间距 a ，则每个粒子占据空间为 a^3 ， $n a^3=1$

将某金属加热成导体需要的温度： $kT = E_g$

将某金属击穿的场强： $E_b e\bar{\lambda} = E_g$

第 30 章 核物理

一、核磁共振

核磁矩在外磁场中的能量 $E = -g\mu_N m_I B$ ，对氢核， $m_I = \pm \frac{1}{2}$ ，因此 $\Delta E = g\mu_N B$ ，其中，

$$\mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p} = 5.06 \times 10^{-27}$$

二、放射性和衰变定律

$$-dN = \lambda N dt;$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t};$$

$$\text{平均寿命 } \tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{+\infty} t(-dN) = \frac{1}{\lambda};$$

$$\text{半衰期 } \tau_{\frac{1}{2}} = 0.693\tau$$