大纲

一题 10 分，简答题 4 道，计算题 5 道，综合应用 1 道。
小灶只讲了计算题，有理由认为小灶计算题为最终计算题。
注意大纲中未提到光的电磁波理论，即第十一章。

一．简答题：共40分，共4小题

题例：
在杨氏双缝干涉实验中，如果在S1后加一个很薄的玻璃片，干涉条纹有无变化？如何变化，请给出详细解释。若把整个实验装置置于折射率为n的介质中，其干涉条纹间距如何变化？

二．计算题：共50分，共5小题

范围：等倾干涉、等厚干涉，典型孔径的夫琅禾费衍射、缺级现象。

三．综合应用题：（共10分，共1小题）

范围：等倾干涉、等厚干涉等知识的应用。

计算题

小灶

1.

计算题 一个长30mm的充以空气的气室置于杨氏装置中的一个小孔前，在观察屏上观察到稳定的干涉条纹系。继后抽去气室中的空气，注入某种气体，发现条纹系移动了25个条纹，已知照明光波波长λ=656.28nm，空气折射率n_0=1.000276。试求注入气室内气体的折射率。

【参考答案】

设气体折射率为n，则光程差改变$\Delta=(n-n_0)h$

$$\therefore (n-n_0)h=\frac{\Delta x\cdot d}{D}=25e\cdot\frac{d}{D}=25\lambda$$

$$n=\frac{m\lambda}{h}+n_0=\frac{25\times 656.28\times 10^{-9}}{0.03}+1.000276=1.000823$$

2.

在如图所示装置中，透镜焦距20cm，照明光的波长600nm，薄膜是玻璃板（折射率为1.5）上的氟化镁层，其厚度为$5*10^{-3}$mm，折射率1.38，求：（1）在反射光方向观察到的干涉圆环中心是亮点还是暗点？（2）从中心往外计算，第5个亮环的半径是多少？（3）第5个亮环处的条纹间距是多大？

↑这道题搜不到过程，只搜得到答案

题目

3.18　在图 3.35 所示的干涉装置中，若照明光波的波长 $\lambda=600\text{nm}$，平板的厚度 $h=2\text{mm}$，折射率 $n=1.5$，其下表面涂上某种高折射率介质（$n_H>1.5$），问：

（1）在反射光方向观察到的干涉圆环条纹的中心是亮斑还是暗斑？

（2）由中心向外计算，第 10 个亮环的半径是多少？（观察望远镜物镜的焦距为 20cm。）

（3）第 10 个亮环处的条纹间距是多少？

答案

复制

解　（1）圆环条纹中心是亮斑还是暗斑，决定于该点的干涉级数是整数还是半整数。

由于 $n_1<n<n_H$，光在上下表面反射时均产生位相跃变，因此两束反射光之间没有额外的位相跃变。垂直入射光程差为

$$\mathscr{D}=2nh$$

$$m=\frac{2nh}{\lambda}=\frac{(2\times1.5\times2)\text{mm}}{60\text{nm}}=10^5$$

因为 m 是整数，所以干涉圆环条纹中心是亮斑。

（2）根据式（3.28），当中心是亮斑时，由中心向外计算，第 N 个亮环的角半径是

$$\theta_N=\sqrt{\frac{nN\lambda}{h}}$$

所以第 10 个亮环的角半径为

$$\theta_{10}=\sqrt{\frac{(10\times1.5\times600\times10^{-6})\text{mm}}{2\text{mm}}}=0.067\text{rad}$$

半径为　$r_{10}=f\theta_{10}=(0.067\times200)\text{mm}=13.4\text{mm}$

（3）根据式（3.29），第 10 个亮环处条纹的角间距是

$$\Delta\theta=\frac{n\lambda}{2\theta_{10}h}=\frac{(1.5\times600\times10^{-6})\text{mm}}{(2\times0.067\times2)\text{mm}}=3.358\times10^{-3}\text{rad}$$

所以条纹间距为

$$e=f\Delta\theta=200\text{mm}\times3.358\times10^{-3}=0.67\text{mm}$$

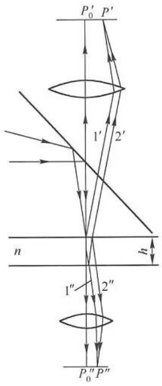


图 3.9　题 3.18 用图

↑这只是一道与上面一道题相似的题目，只需要记公式，但是解法肯定不一样

3.

在等倾干涉实验中,若照明光波的波长 $\lambda=600\text{nm}$,平板厚度h=2mm,折射率n=1.5,其下表面涂上某种高折射率介质 $n_H>1.5$。问(1)在反射光方向观察到的圆条文中心是暗还是亮?(2)由中心向外计算,第10个亮环的半径是多少?(观察望远镜物镜的焦距为20cm);(3)第10个亮环处的条纹间距是多少?

解:(1)因为平板下表面有高折射率膜,所以

$$\Delta = 2\mathrm{nh} \cdot \cos\theta_2$$

当$\cos\theta_2 = 1$时，中心$\Delta = 2nh = (2\times1.5\times2)\mathrm{mm} = 6\mathrm{mm}$

$$m_0 = \frac{\Delta}{\lambda} = \frac{6\mathrm{mm}}{600\mathrm{nm}} = \frac{6\times10^{-6}}{600} = 1\times10^4$$

∴应为亮条纹，级次为10^4

(2) $\mathrm{r} = \theta_{1N} \cdot f'$

$$\theta_{1N} \approx \frac{1}{n'}\sqrt{\frac{n\lambda}{h}}\sqrt{N-1+q} = \sqrt{\frac{1.5\times600}{2\times10^6}}\sqrt{q+1} = 0.067\mathrm{rad}$$

$$r = 200\mathrm{mm}\times0.067\mathrm{rad} = 13.4\mathrm{mm}$$

(3) $$\Delta\theta_1 = \frac{n\lambda}{2n'^2\,\theta_{1N}h} = \frac{1.5\times600}{2\times0.067\times2\times10^6} = 0.00336\mathrm{rad}$$

$$\Delta e = \Delta\theta_1 \cdot f' = 3.358\times10^{-3}\times200\mathrm{mm} = 0.67\mathrm{mm}$$

4. 波长为600nm的单色光垂直入射到宽度0.1mm的单缝上。在位于单缝附近正透镜（焦距1.0m）焦平面处的屏上观察衍射图样。求：（1）中央衍射明条纹的宽度；（2）第二级暗纹离透镜焦点的距离。

解:(1)关于中心O对称的两条第一级暗纹之间的距离为中央明纹宽度

第一级暗纹到中心的距离 $x_1 = f\tan\theta_1 \approx f\theta_1$ ①

又由单缝衍射暗纹公式 $a\sin\theta = k\lambda$

对第一级暗纹丝 $k = 1$ 而 $\sin\theta_1 \approx \theta_1$

所以 $a\theta_1 = \lambda$ ②

由②求出 θ_1 代入① $x_1 = \frac{\lambda}{a}f$

所以中央明纹宽度

$$\Delta x_0 = 2x_1 = \frac{2\lambda f}{a} = \frac{2\times600\times10^{-9}\times1}{0.10\times10^{-3}}(\mathrm{m}) = 12(\mathrm{mm})$$

(2)由暗纹公式 $a\sin\theta = k\lambda$ 取 $k = 2$ 且 $\sin\theta_2 \approx \theta_2$

所以 $\theta_2 = \frac{2\lambda}{a}$

$$x_2 = f\tan\theta_2 \approx f\theta_2 = \frac{2\lambda f}{a} = 12(\mathrm{mm})$$

5.

一衍射光栅，每厘米有 200 条透光缝，每条透光缝宽为$a = 2\times10^{-3}cm$，在光栅后方有一焦距$f = 1m$的凸透镜。先以$\lambda = 600nm$的单色平行光垂直照射光栅，求：（1）透光缝a的单缝衍射中央明区条纹宽度；（2）在透光缝a的单缝衍射中央明纹区内主极大条数。

解:单缝衍射中央明条纹的角宽度:$\Delta\theta_0=2\cdot\frac{\lambda}{a}$,

$\Delta\theta_0=6\times10^{-4}\ rad$

中央明条纹宽度:$\Delta x_0=f\cdot\Delta\theta_0=2f\cdot\frac{\lambda}{a}$,

$\Delta x_0=6\times10^{-2}\ m$

光栅常数:$d=\frac{10^{-2}}{200}\ m$,$d=5\times10^{-5}\ m$

单缝衍射的第一级暗纹的位置:$a\sin\phi=k'\lambda$,
$a\sin\phi_1=\lambda$

在该方向上光栅衍射主极大的级数:$d\sin\phi_1=k\lambda$

两式相比:$k=\frac{d}{a}$,将$a=2\times10^{-5}\ m$和

$d=5\times10^{-5}\ m$带入:$k=2.5$

即单缝衍射中央明条纹宽度内有5个光栅衍射主极大:+2,+1,0,-1,-2

6.

波长$\lambda=600nm$的单色光垂直入射到一光栅上，测得第二级主极大的衍射角为30°，且第三级是缺级。光栅常量$(a+b)$等于多少？透光缝可能的最小宽度a等于多少？在选定了上述$(a+b)$和a之后，求在屏幕上可能出现的全部主极大的级次。

解:(1) 由光栅公式$(a+b)\sin\phi=k\lambda$,将

$k=2$，$\phi=30^\circ$代入,可得光栅常数

$$(a+b)=\frac{2\lambda}{\sin 30^\circ}=\frac{2\times6\times10^{-7}}{0.5}=2.4\times10^{-6}(m)$$

(2) 由于第三级缺级,若单缝的第一级暗纹与光栅第三个主极大重合,则对应单缝的最小宽度,即知足

$$\left.\begin{array}{r}a\sin\phi=\lambda\\(a+b)\sin\phi=3\lambda\end{array}\right\}\rightarrow\frac{a+b}{a}=3$$

所以单缝最小宽度

$$\boldsymbol{a=\frac{a+b}{3}b=\frac{2.4\times10^{-6}}{3}=0.8\times10^{-6}(m)}$$

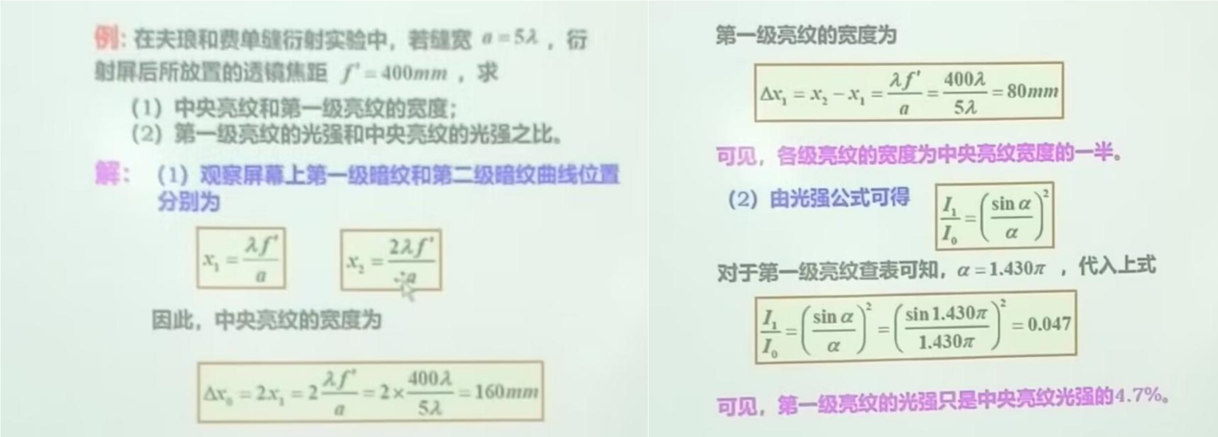
(3) 由光栅公式,最大级次$\phi<\frac{\pi}{2}$,所以

$$k_{\max}<\frac{a+b}{\lambda}=\frac{2.4\times10^{-6}}{6\times10^{-7}}=4$$

$$k_{\max}=3$$

又由题设条件,3的倍数级次缺级,所以屏上可能呈现的全数主极大的级次为$0,\pm1,\pm2$。

7. ↓此题在最后一课和小灶当中均有出现



最后一课

1.

圆柱形光纤(图10-42)其纤芯和包层的折射率分别为 n_1 和 n_2，且 $n_1>n_2$。(1)证明入射光的最大孔径角 $2u$ 满足关系式 $\sin u=\sqrt{n_1^2-n_2^2}$；(2)若 $n_1=1.62$，$n_2=1.52$，求孔径角

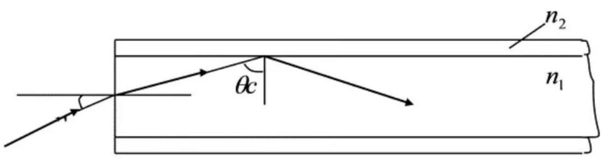
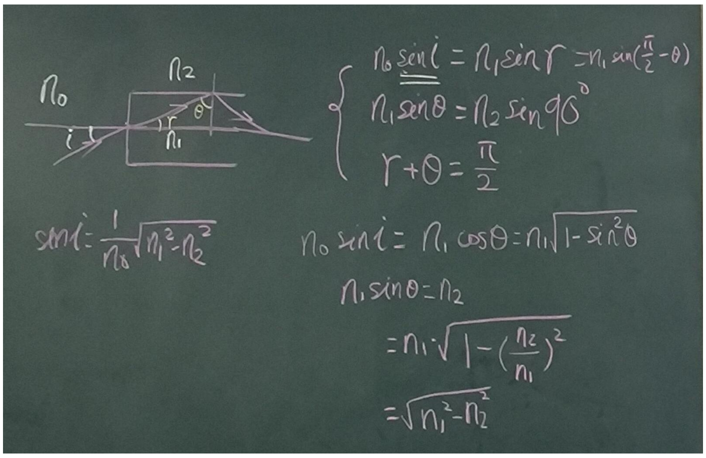
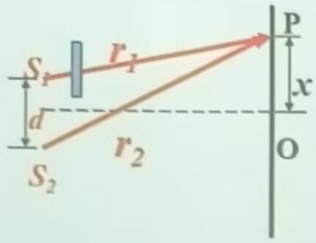


图10-42　习题16



2.

当双缝干涉装置的一条狭缝S_1后面盖上折射率为n=1.58的云母片时，观察到屏幕上干涉条纹移动了9个条纹间距，已知波长λ=550 nm，求云母片的厚度。



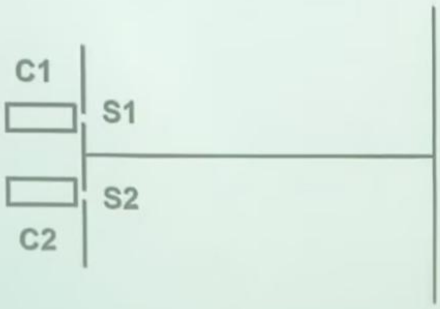
【解】 如图，0 级上移了 9 级，原来中间的 0 级处成了 −9 级条纹的位置，设此位置离缝的距离为 r，则

$$\delta=[(r-b)+nb]-r=(n-1)b=9\lambda$$

$$b=\frac{9\lambda}{n-1}=\frac{\quad\times10^{-9}}{1.58-1}\mathrm{m}=8.53\times10^{-6}\mathrm{m}$$

3.

两个长100mm抽成真空的气室置于杨式装置的两小孔前，当以波长为589nm的平行钠光通过气室垂直照射时，在屏幕上观察到稳定的干涉条纹。然后缓慢将某种气体注入气室C1，观察到条纹移动了50个，试讨论条纹移动的方向并求出注入气体的折射率。



解：（1）由式(3.3)可以看出，两个相邻亮条纹的光程差之差为 1 个波长。假定图 3.9 中的 P_0 点和 P 点分别对应于零级和 1 级条纹位置，那么 $S_2P-S_1P=\lambda$。当气室 C_1 注入某种气体时，通过 C_1 和 S_1 到达 P 的一支光路将增大光程，并且当光程增大 1 个波长时，P 点变成对于两支光路是等光程的。因此，零级条纹将从原来在 P_0 点的位置移至 P 点，我们可以发现条纹向上移动 1 个条纹。本例给出条纹组的移动量为 50 个条纹，这表示上光路的光程增大了 50 个波长，条纹组移动方向应是向上的方向。

（2）气室 C_1 未注入气体时，平行钠光通过 C_1 和 C_2 到达 S_1 和 S_2 是等光程的。C_1 注入气体后，钠光到 S_1 和 S_2 的光程差为

$$\mathscr{D}=(n_g-n_v)\times 100\text{mm}$$

式中，n_g 为注入气体的折射率，n_v 为真空中的折射率，$n_v=1$。由于 S_1 和 S_2 引入了光程差 $\mathscr{D}$，屏幕上各点的光程差也相应地发生变化。题中给的条纹移动量为 50 个条纹，表示光程差的变化为

$$\mathscr{D}=50\lambda$$

因此

$$(n_g-1)\times 100=50\times 589\times 10^{-6}$$

$$n_g=\frac{50\times 589\times 10^{-6}}{100}+1=1.000\ 294$$

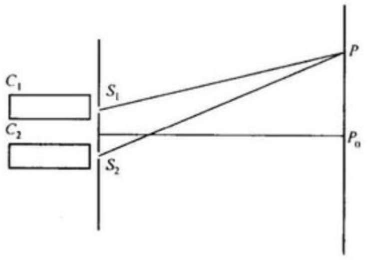


图 3.9　例题 3.2 用图

$$\mathscr{D}=r_2-r_1=m\lambda \qquad m=0,\pm 1,\pm 2,\cdots \qquad (3.3)$$

4.

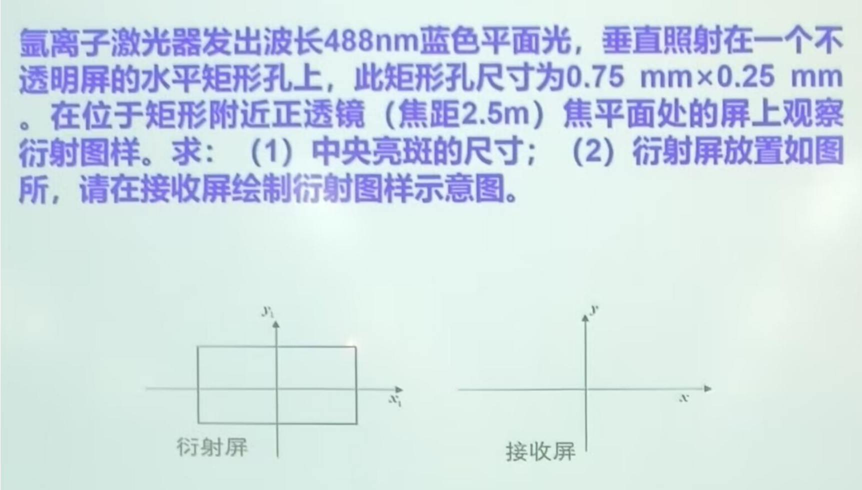
波长650nm的红光垂直照射到劈尖液膜，膜的折射率1.33，液面两侧是同种介质。观察反射光的干涉纹。（1）离开劈形膜棱边的第一条明纹中心所对应的膜厚度是多少？（2）若相邻的明纹间距6mm，上述第一条明纹中心到劈形棱边的距离是多少？

解：(1) 有半波损失：

$2ne+\frac{\lambda}{2}=\lambda$，$e=\frac{\lambda}{4n}=\frac{650}{4\times 1.33}\text{nm}=122\text{nm}=1.22\times 10^{-4}\text{mm}$

(2) $l=\frac{\lambda}{2n\theta}$，$\theta=\frac{\lambda}{2nl}$，$\theta=\frac{e}{x}$，$x=\frac{e}{\theta}=\frac{\lambda}{4n}\cdot\frac{2nl}{\lambda}=\frac{l}{2}=3\text{mm}$.

5.



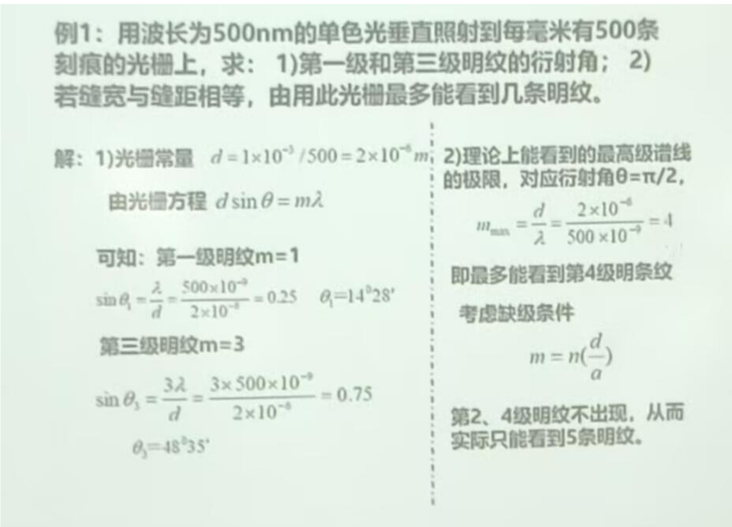
中央亮斑边缘的坐标为：

$$x = \pm\frac{f\lambda}{a} = \pm\frac{2500\times488\times10^{-6}}{0.75} = \pm1.63\text{mm} \qquad 2|x| = 3.26\text{mm}$$

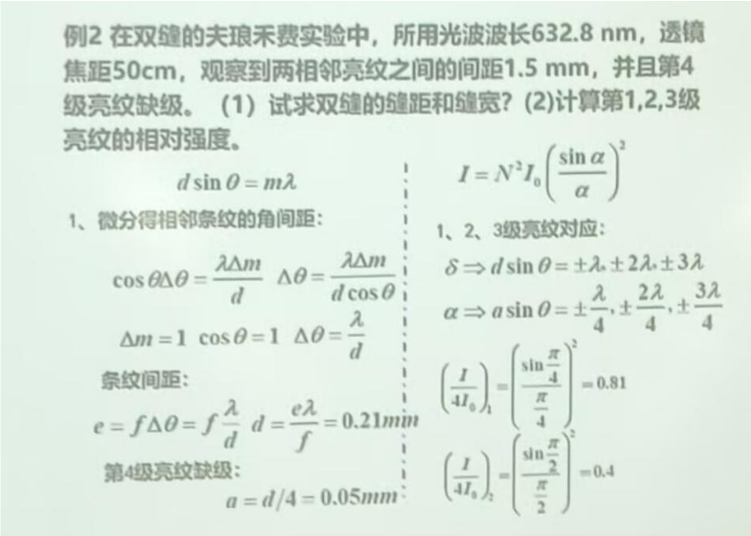
$$y = \pm\frac{f\lambda}{b} = \pm\frac{2500\times488\times10^{-6}}{0.25} = \pm4.88\text{mm} \qquad 2|y| = 9.76\text{mm}$$

∴中央亮斑是尺寸为 3.26mm×9.76mm 的竖直矩形

6.



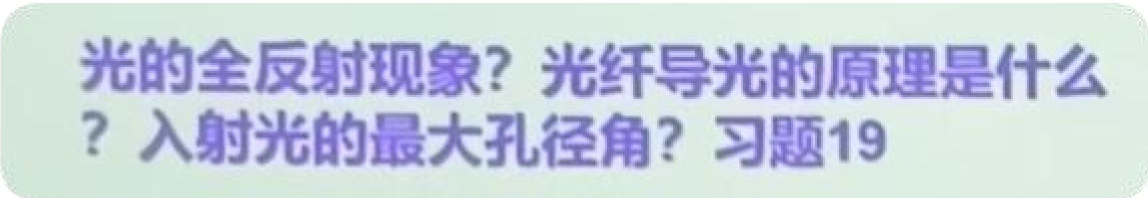
7.


例2 在双缝的夫琅禾费实验中，所用光波波长632.8 nm，透镜焦距50cm，观察到两相邻亮纹之间的间距1.5 mm，并且第4级亮纹缺级。（1）试求双缝的缝距和缝宽？(2)计算第1,2,3级亮纹的相对强度。
$d\sin\theta = m\lambda$
1、微分得相邻条纹的角间距：
$\cos\theta\Delta\theta = \frac{\lambda\Delta m}{d}$ $\Delta\theta = \frac{\lambda\Delta m}{d\cos\theta}$
$\Delta m = 1$ $\cos\theta = 1$ $\Delta\theta = \frac{\lambda}{d}$
条纹间距：
$e = f\Delta\theta = f\frac{\lambda}{d}$ $d = \frac{e\lambda}{f} = 0.21mm$
第4级亮纹缺级：
$a = d/4 = 0.05mm$
$I = N^2 I_0\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2$
1、2、3级亮纹对应：
$\delta \Rightarrow d\sin\theta = \pm\lambda, \pm 2\lambda, \pm 3\lambda$
$\alpha \Rightarrow a\sin\theta = \pm\frac{\lambda}{4}, \pm\frac{2\lambda}{4}, \pm\frac{3\lambda}{4}$
$\left(\frac{I}{4I_0}\right)_1 = \left(\frac{\sin\frac{\pi}{4}}{\frac{\pi}{4}}\right)^2 = 0.81$
$\left(\frac{I}{4I_0}\right)_2 = \left(\frac{\sin\frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}}\right)^2 = 0.4$

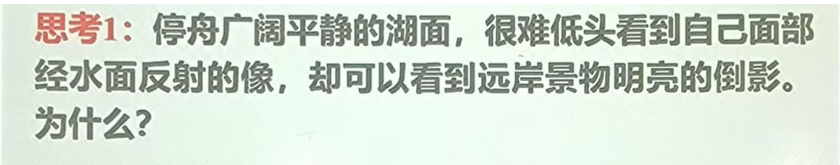
简答题

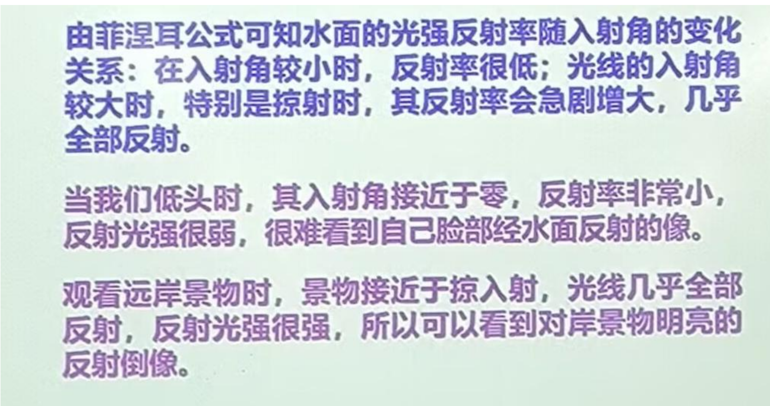
最后一课

1.※

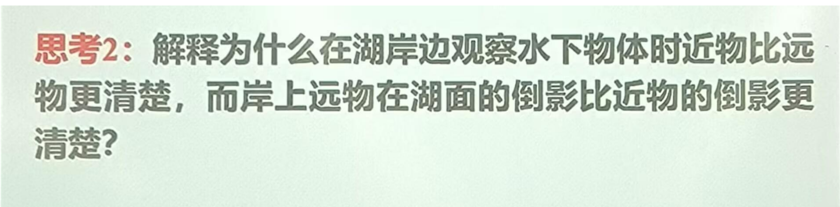

光的全反射现象？光纤导光的原理是什么？入射光的最大孔径角？习题19

2.


思考1：停舟广阔平静的湖面，很难低头看到自己面部经水面反射的像，却可以看到远岸景物明亮的倒影。为什么？


由菲涅耳公式可知水面的光强反射率随入射角的变化关系：在入射角较小时，反射率很低；光线的入射角较大时，特别是掠射时，其反射率会急剧增大，几乎全部反射。
当我们低头时，其入射角接近于零，反射率非常小，反射光强很弱，很难看到自己脸部经水面反射的像。
观看远岸景物时，景物接近于掠入射，光线几乎全部反射，反射光强很强，所以可以看到对岸景物明亮的反射倒像。

3.


思考2：解释为什么在湖岸边观察水下物体时近物比远物更清楚，而岸上远物在湖面的倒影比近物的倒影更清楚？

这是因为透射率随入射角增大而减小，而反射率随入射角增大而增大。

观察水下物体时，近物的透射率大于远物的透射率，所以近物更清楚。

观察岸上物体倒影时，远物的反射率大于近物的反射率，所以远物的倒影更清楚。

4. ※

偏振特性

一般的，$r_s \neq r_p, t_s \neq t_p$，所以反射和折射时，反射光波和折射光波的振动面相对于入射光波的振动面将发生偏转。

比如：当入射光是自然光时，若入射角满足 $\boxed{\theta_1+\theta_2=\frac{\pi}{2}}$，则

$$\rho_p=\frac{tg^2(\theta_1-\theta_2)}{tg^2(\theta_1+\theta_2)}=r_p^2=0$$

即反射光中没有P波，只有垂直于入射面的的s波，发生**全偏振**现象反射光是偏振光，这时的入射角称为起偏角或叫**布儒斯特角**(θ_B)，则有：

$$\boxed{tg\,\theta_B=\frac{n_2}{n_1}}$$

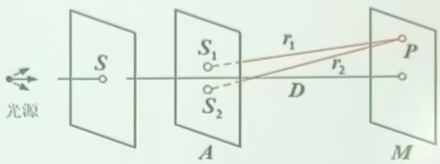
应用："玻片堆"产生线偏振光的原理

5. ※

杨氏干涉（分波前法）

光强计算

小孔S_1和S_2对称设置且大小相等，所以两孔发出的光波在显示屏上P点的光强项等，即$I_1=I_2=I_0$，则P点的干涉条纹强度分布为：



杨氏实验原理图

$$I=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos\delta=4I_0\cos^2\frac{\delta}{2}$$

将 $\delta=k(r_2-r_1)=k\Delta$

$$\boxed{I=4I_0\cos^2\left[\frac{\pi(r_2-r_1)}{\lambda}\right]}$$

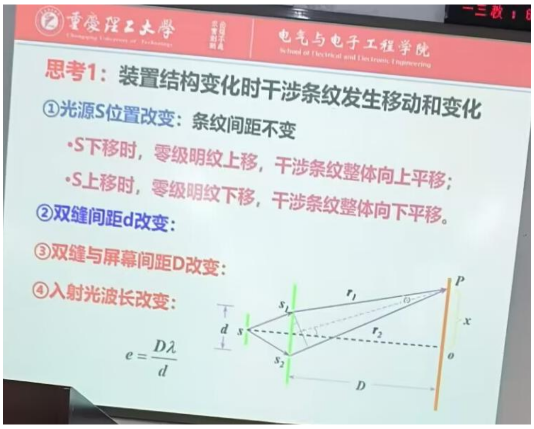
该式表明观察点的光强取决于两光波在该点的光程差或相位差

$$I=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos\delta$$

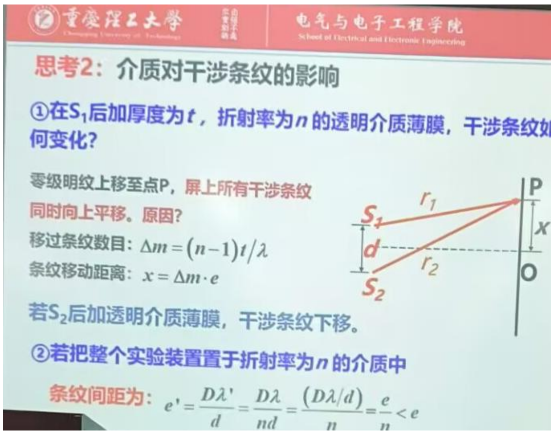
$$\delta=k\Delta=\frac{2\pi}{\lambda}\Delta=\frac{2\pi}{\lambda}n(r_2-r_1)$$

$n=1$. 空气中

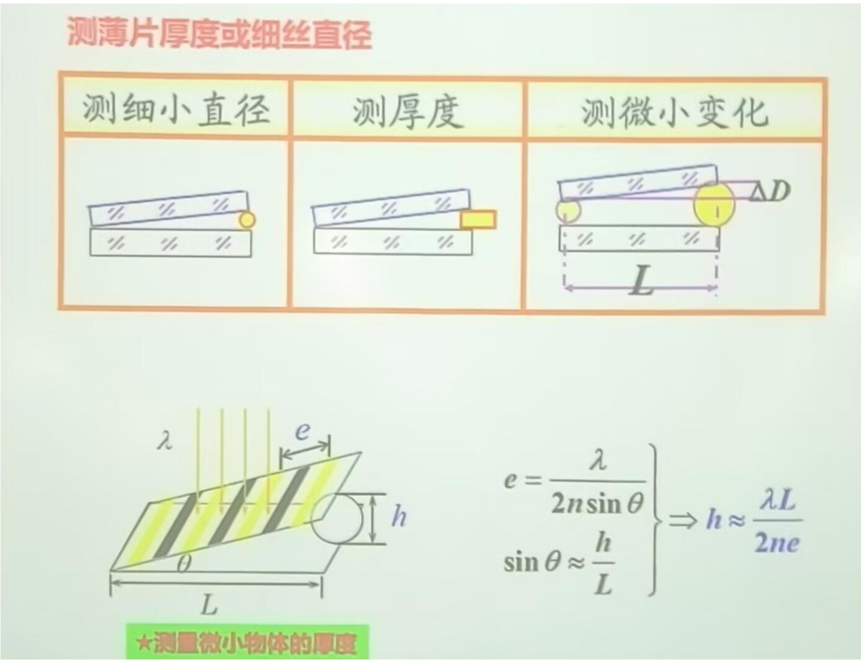
6.


重庆理工大学
电气与电子工程学院
思考1：装置结构变化时干涉条纹发生移动和变化
①光源S位置改变：条纹间距不变
•S下移时，零级明纹上移，干涉条纹整体向上平移；
•S上移时，零级明纹下移，干涉条纹整体向下平移。
②双缝间距d改变：
③双缝与屏幕间距D改变：
④入射光波长改变：
$e=\frac{D\lambda}{d}$

7.


重庆理工大学
电气与电子工程学院
思考2：介质对干涉条纹的影响
①在S_1后加厚度为t，折射率为n的透明介质薄膜，干涉条纹如何变化?
零级明纹上移至点P，屏上所有干涉条纹同时向上平移。原因?
移过条纹数目：$\Delta m=(n-1)t/\lambda$
条纹移动距离：$x=\Delta m\cdot e$
若S_2后加透明介质薄膜，干涉条纹下移。
②若把整个实验装置置于折射率为n的介质中
条纹间距为：$e'=\frac{D\lambda'}{d}=\frac{D\lambda}{nd}=\frac{(D\lambda/d)}{n}=\frac{e}{n}<e$

8.


测薄片厚度或细丝直径
测细小直径
测厚度
测微小变化
ΔD
L
λ
e
h
θ
L
$e=\frac{\lambda}{2n\sin\theta}$
$\sin\theta\approx\frac{h}{L}$
$\Rightarrow h\approx\frac{\lambda L}{2ne}$
★测量微小物体的厚度