

作业 3 光的波动性

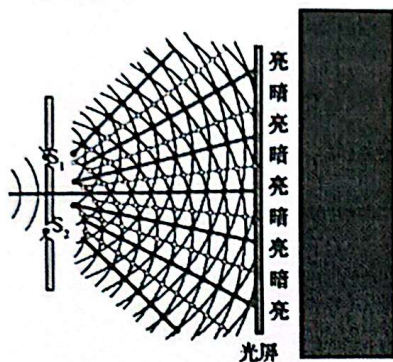
姓名: _____ ()

班级: 高二电机电子()

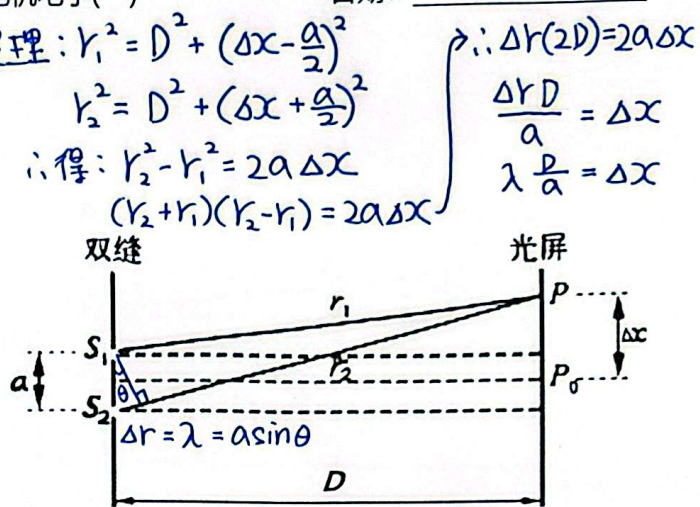
日期: _____

1. 光的波粒二象性: 光既有波动性, 也有粒子性。

2. 杨氏双缝干涉实验:



亮纹宽度 = 暗纹宽度	
第三条暗纹	二级暗纹 $m=2$
第二条明纹	二级明纹 $m=2$
第二条暗纹	一级暗纹 $m=1$
第一条明纹	一级明纹 $m=1$
第一条暗纹	零级暗纹 $m=0$
中央明纹	零级明纹 $m=0$
第一条暗纹	零级暗纹 $m=0$
第一条明纹	一级明纹 $m=1$
第二条暗纹	一级暗纹 $m=1$
第二条明纹	二级明纹 $m=2$
第三条暗纹	二级暗纹 $m=2$



相邻的亮纹间距: $\Delta x = \frac{D}{a} \lambda$
(一个暗纹宽度)

光程 nr: n = 入射光所处的介质的折射率; r = 入射光的路程。

光程差 Δnr : 两列相干光从相位相同的地方到达空间某点 P 的光程的差。当入射光在真空或空气中时, 由于折射率分别为 1 和接近 1, 因此光程差 Δnr = 路程差 Δr 。

明条纹: $\Delta r = m\lambda, m = 0, 1, 2, \dots$

暗条纹: $\Delta r = (m + \frac{1}{2})\lambda, m = 0, 1, 2, \dots$

Handwritten notes:
 $\Delta r = a \sin \theta$
 $m_{max} \lambda = a \sin 90^\circ$
 $\therefore m_{max} = \left\lfloor \frac{a}{\lambda} \right\rfloor$
 取整数

某一侧的一级明纹开始算起的明纹最大数量即最大干涉级数:
 $m_{max} = \left\lfloor \frac{a}{\lambda} \right\rfloor$

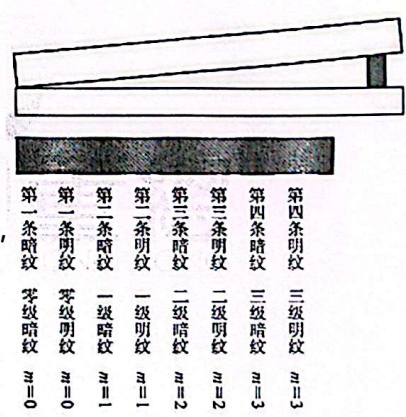
3. 在用双缝干涉测量光的波长实验中, 已知两缝间的距离为 0.3mm, 以某种单色光照射双缝时, 在离双缝 1.2m 远的屏上, 用测微目镜测出、第 1 条明纹到第 10 条明纹的中心间距为 22.78mm, 求这种单色光的波长。

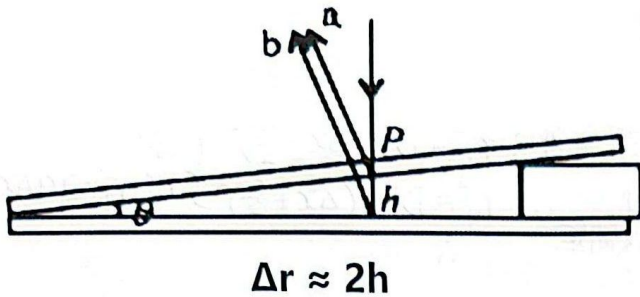
Handwritten solution:
 $\Delta x = \frac{D}{a} \lambda$
 $\frac{22.78 \times 10^{-3}}{9} = \frac{1.2}{3 \times 10^{-4}} \lambda$
 $\therefore \lambda = 6.3 \times 10^{-7} m$

4. 用一支氦氖激光笔照射一对双缝, 在后方的墙壁上形成干涉条纹。已知双缝之间的距离为 0.4mm, 双缝到墙壁的距离是 1.2m, 用尺测得相邻的明纹中央的距离是 1.9mm, 则这支氦氖激光笔发出的激光的波长是多少?

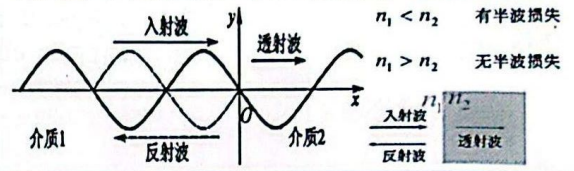
Handwritten solution:
 $\Delta x = \frac{D}{a} \lambda$
 $1.9 \times 10^{-3} = \frac{1.2}{4 \times 10^{-4}} \lambda$
 $\therefore \lambda = 6.3 \times 10^{-7} m$

5. 薄膜干涉: 把两片平板玻璃叠在一起, 在一端垫一块薄片, 这样在两块玻璃就形成一个楔形的空气薄层。用单色光从上面照射楔形空气薄层, 沿着入射光的方向, 会一组等距离的条纹。入射光从空气层的上、下表面反射出两列光波, 因为它们来自同一光源, 满足相干条件, 因此产生干涉, 形成干涉条纹。上玻璃板的下表面和下玻璃板的上表面都是平的, 空气层厚度相同的各点位于一条直线上, 因此产生的干涉条纹是平行的, 这种现象叫作薄膜干涉。





半波损失: 从波从波疏介质射向波密介质时, 反射波在离开反射点时的振动方向相对于入射波到达入射点时的振动方向相反, 即反射波相对于入射波相位突变 π , 这种现象叫做半波损失。透射波则无。



反射光 b 因从光疏介质入射到光密介质将出现半波损失。

在 P 处有干涉加强, 那么空气薄层的明纹条件是: $2h = (m + \frac{1}{2})\lambda, m = 0, 1, 2, \dots$

在 P 处有干涉相减, 那么空气薄层的暗纹条件是: $2h = m\lambda, m = 0, 1, 2, \dots$

6. 当波长为 589.3nm 的钠黄光照在一个楔形空气薄层上时, 产生了等厚条纹。求第 5 条暗纹及第 10 条亮纹空气薄层的厚度。

第 5 暗纹:

$$m=4, 2h=m\lambda$$

$$= 4 \times 589.3 \times 10^{-9}$$

$$\therefore h = 1.18 \times 10^{-6} \text{ m}$$

第 10 亮纹:

$$m=9, 2h=(m+\frac{1}{2})\lambda$$

$$= (9+\frac{1}{2})(589.3 \times 10^{-9})$$

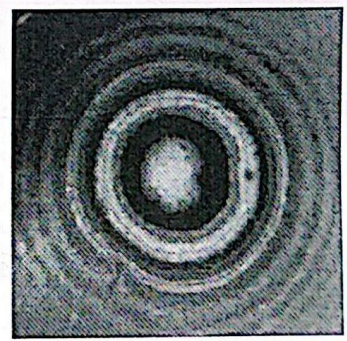
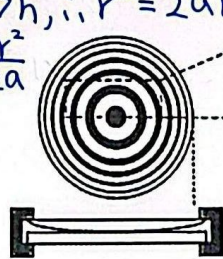
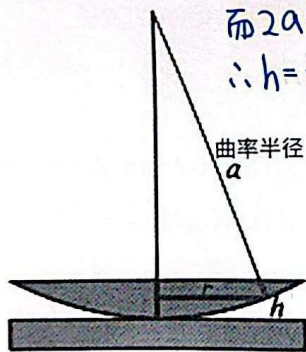
$$\therefore h = 2.8 \times 10^{-6} \text{ m}$$

7. 牛顿环:

毕氏定理: $(a-h)^2 + r^2 = a^2 \Rightarrow r^2 = (2a-h)h$

而 $2a \gg h, \therefore r^2 = 2ah$

$\therefore h = \frac{r^2}{2a}$



在凸透镜的平面处有干涉加强, 空气薄层的明纹条件是: $2h = (m + \frac{1}{2})\lambda, m = 0, 1, 2, \dots$

明环半径: $r = \sqrt{(m + \frac{1}{2})\lambda a}$

$$2(\frac{r^2}{2a}) = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$\therefore r^2 = (m + \frac{1}{2})\lambda a$$

在凸透镜的平面处有干涉相减, 空气薄层的暗纹条件是: $2h = m\lambda, m = 0, 1, 2, \dots$

暗环半径: $r = \sqrt{m\lambda a}$

$$2(\frac{r^2}{2a}) = m\lambda$$

$$\therefore r^2 = m\lambda a$$



作业 3.2 光的波动性

姓名: _____ ()

班级: 高二电机电子()

日期: _____

8. 用一个平凸透镜进行牛顿环实验, 若平凸透镜的曲率半径为 0.5m, 当用波长为 $5 \times 10^{-7} \text{m}$ 的单色光垂直照射时, 形成了牛顿环干涉图样。试求第 3 明环及第 5 暗环的半径。

第 3 明环; $m=2$:

$$r_3 = \sqrt{(m + \frac{1}{2})\lambda a}$$

$$= \sqrt{(2 + \frac{1}{2})(5 \times 10^{-7})(0.5)}$$

$$= 7.9 \times 10^{-4} \text{m}$$

第 5 暗环: $m=4$:

$$r_4 = \sqrt{m\lambda a}$$

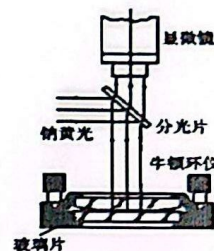
$$= \sqrt{(4)(5 \times 10^{-7})(0.5)}$$

$$= 1 \times 10^{-3} \text{m}$$

9. 图中所示的牛顿环实验中, 如果换一个表面曲率半径更大的凸透镜, 观察到的圆环半径是更大还是更小? 如果改用波长更长的单色光照射, 观察到的圆环半径是变大还是变小?

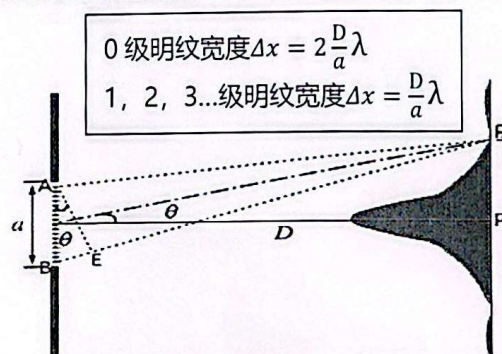
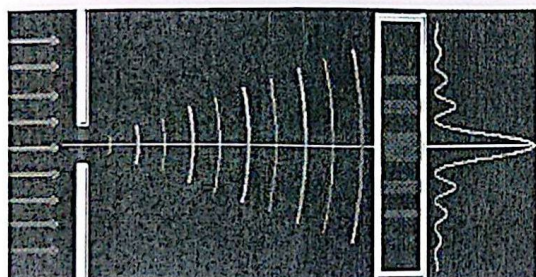
$$\because r = \sqrt{m\lambda a}$$

$\therefore a$ 变大则 r 变大。
 λ 变大则 r 变大。



10. 光的衍射: 光没有沿着直线传播。它绕过了缝的边缘。传播到了相当宽的地方 这种现象叫作光的衍射。

11. 单缝衍射: 光通过单缝形成的衍射叫单缝衍射。



中央位置, 光程差为零, 所有光波都相互加强, 形成最亮的亮纹, 即 0 级明纹。

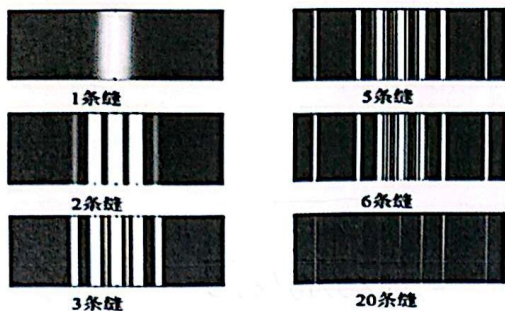
A 处和 $\frac{a}{2}$ 处发出的单缝光在 P_1 处形成暗纹时, 此时的光程差为 $\frac{a}{2} \sin\theta$,
 所以: $\frac{a}{2} \sin\theta = \frac{1}{2} \lambda$ 得, $a \sin\theta = \lambda = BE$,
 所以: A 光波和 $\frac{a}{2}$ 光波抵消; $\frac{a}{2}$ 光波和 B 光波抵消。
 所以暗纹条件为: $a \sin\theta = m\lambda$
 所以明纹条件为: $a \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

在光屏上建设性干涉, 形成明纹条件是: $a \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$, $m = 1, 2, 3, \dots$

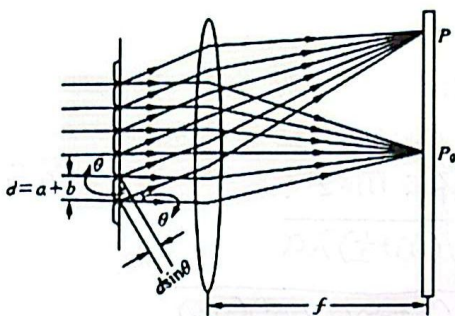
在光屏上产生破坏性干涉, 形成暗纹条件是: $a \sin\theta = m\lambda$, $m = 1, 2, 3, \dots$



11. 衍射光栅：是由许多等宽的狭缝等距高地排列起来而形成的光学元件。衍射光栅分为透射光栅和反射光栅。白光经过光栅后能被分解形成彩色条纹。



衍射条纹随着缝数增加而变窄



光栅常数： $d = a + b$ ， a = 狭缝宽度， b = 缝间距。

光栅方程式： $d \sin \theta = m \lambda$ 即：形成明纹条件。

$$d \sin \theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda \text{ 即：形成暗纹条件。}$$

12. 一平面透射光栅上每 1mm 的宽度面刻有 600 条痕线，现以波长为 $5.89 \times 10^{-7} \text{m}$ 的条形黄色光源垂直照射于其面，求各级的绕射角及在光栅后面可看到的条形黄光条纹的数目。

$$\therefore d = \frac{1 \times 10^{-3}}{600} = \frac{1}{6} \times 10^{-5} \text{m}$$

$$\therefore d \sin \theta = m \lambda$$

$$(\frac{1}{6} \times 10^{-5}) \sin \theta = m (5.89 \times 10^{-7})$$

$$\therefore \text{当 } m=0, \theta_0=0 : 0 \text{ 级明纹}$$

$$m=1, \theta_1=20.7^\circ : 1 \text{ 级明纹}$$

$$m=2, \theta_2=45^\circ : 2 \text{ 级明纹}$$

$$m=3, \theta_3=\text{无解}。 \therefore \text{共产生 5 条。}$$

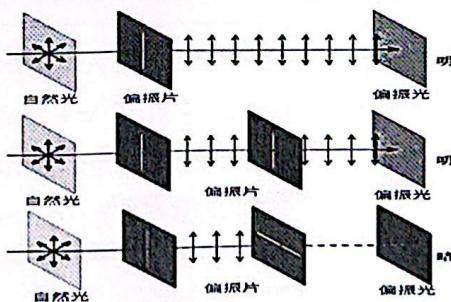
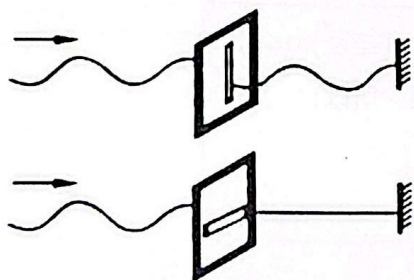
13. 用光栅测定钠光波长。若光栅常数为 $1.73 \times 10^{-6} \text{m}$ ，其第一级明条纹的绕射角为 $19^\circ 56'$ ，求钠光的波长。

$$d \sin \theta = m \lambda$$

$$1.73 \times 10^{-6} \sin 19^\circ 56' = 1 \times \lambda$$

$$\therefore \lambda = 5.9 \times 10^{-7} \text{m}$$

14. 偏振现象：光波是横波，具有偏振性。如果横波只沿某一个特定的方向振动，那么这种特性叫作偏振。



15. 按照波长 λ 由短到长，电磁波谱大体上可分为哪些波段？简述各种电磁波的基本特性。

1. γ 射线：能量更高、穿透性更强，用于医疗。
2. X射线：能量高、穿透性强，用于医疗。
3. 紫外线：杀菌消毒，对特定物质有荧光反应。
4. 可见光：人眼可见。
5. 红外线：使物体产生热运动。
6. 微波：使水分子产生热运动。
7. 无线电波：用于通讯。

