

实验题目：菲涅耳双棱镜

一、实验目的

1. 掌握光路调整技术
2. 了解菲涅耳双棱镜与杨氏双缝的异同.
3. 进一步理解光的波动性理论

二、实验仪器

光具座, 菲涅耳双棱镜, 狭缝, 仪器高汞灯, 干涉滤光片, 测微目镜和凹透镜

三、实验原理

让单色光先通过一个针孔 S , 再经过相同的路程到达靠近的两个针孔 S_1 和 S_2 上, 因穿过此二针孔的光是由同一波阵面分割而得, S_1 和 S_2 即为同相位的次级单色光源, 这两处的光波只要在传播过程中叠加起来, 就可以利用屏接收干涉图样. 在下图中 xy 屏垂直于 SS_2 的垂直等分线 CO , 而 x 轴平行于 S_1, S_2 设 d 是两个针孔连线到观察面的垂直距离, 对 $P(x, y)$ 而言, 光从两针孔到该点的几何路程分别为:

$$r_1 = S_1P = \sqrt{l^2 + x^2 + (x - \frac{d}{2})^2} \quad (1)$$

$$r_2 = S_2P = \sqrt{l^2 + y^2 + (x + \frac{d}{2})^2} \quad (2)$$

两式平方相减得 $r_2^2 - r_1^2 = 2xd$ 或 $r_2 - r_1 = \frac{2xd}{r_2 + r_1}$

$r_2 - r_1$ 是光从 S_1 到 S_2 到 P 的几何程差, 在空气中近似等于光程差 δ , 实际上, 可见光的波长很短, 只有 d 比 l 小很多时才看到干涉

天津大学物理实验报告

附 页

条纹, 若 x, y 也很小, 则 $r_1 + r_2 = 2L$. 把此式代入至 $r_2 - r_1 = \frac{x^2 d}{r_2 + r_1}$ 得 $\delta = r_2 - r_1 = \frac{x^2 d}{L}$.

当两束光到屏幕上某点的光程差满足 $\delta = k\lambda$ 时, 该点因干涉加强有最大亮度。所以 x 坐标满足下式的各点亮度皆为最大,

$$x = \frac{k\lambda}{d} L.$$

其中 $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ 是干涉条纹的级次。而相消干涉即最暗各点的 x 坐标满足

$$x = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \frac{L}{d}.$$

由于干涉加强和相消各点位置只和 x 有关, 则在 O 点附近的干涉图是一系列平行于 y 轴的条纹。相邻暗明条纹之间的距离为

$$\Delta x = \lambda \frac{L}{d}.$$

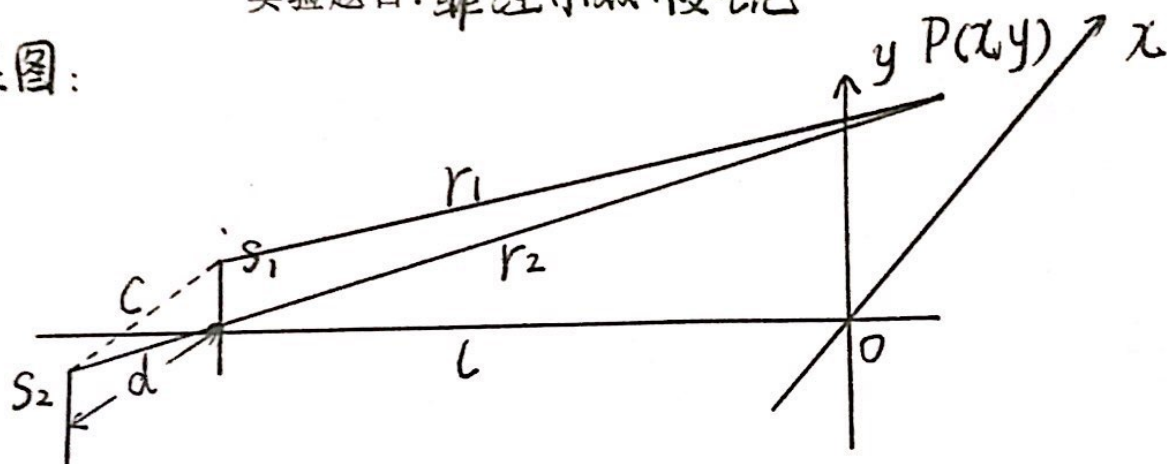
故
$$\lambda = \frac{d}{L} \Delta x.$$

因上述干涉条纹是平行于 y 轴的, 若用狭缝光源 S 代替针孔发出柱面波前照射平行的双缝 S_1 和 S_2 , 便可大大加强干涉图样的亮度。这是著名的杨氏双缝实验。

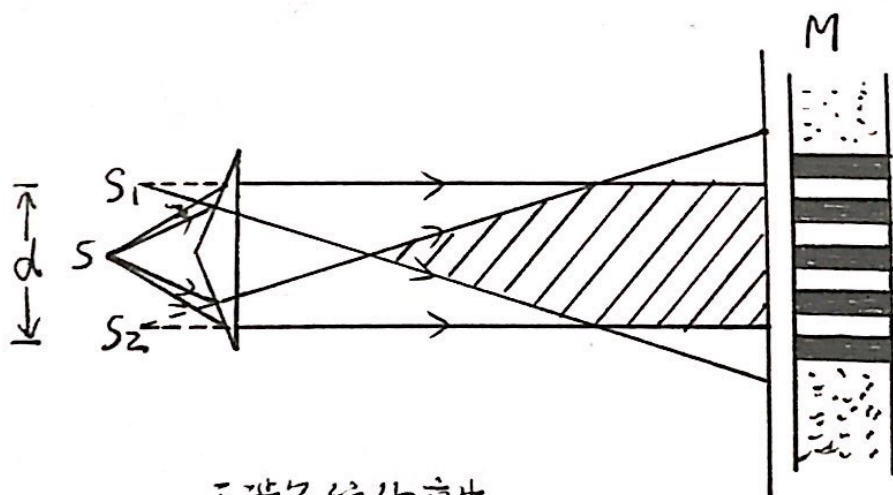
菲涅尔双棱镜可看成是由两个顶角很小的直角棱镜底边相接而成的。通过 S 的光波被三棱镜吸收折射成两束, 在两束光的交叠区发生干涉。 S_1 和 S_2 是 S 因折射而产生的两个虚像, 相当于杨氏双缝, 可称之为虚光源。 S_1 和 S_2 与 S 近似在同一平面上。 S 与 M 相距为 L , S_1 和 S_2 相距为 d , 条纹间距是 Δx , 即可利用 $\lambda = \frac{d}{L} \Delta x$ 计算单色光波长。

实验题目: 菲涅尔双棱镜

相关图:



杨氏实验原理



干涉条纹的产生



实验装置

天津大学物理实验报告

附 页

四. 实验步骤

1. 调节光路。

(1) 按图安装好实验装置(汞灯W、滤光片F、狭缝S)和竖屏光屏,使光屏到狭缝的距离略大于凸透镜焦距的4倍,目测让单色光通过竖直取向的狭缝照到屏的中心上。

(2) 把狭缝旋转成水平方向,支起凸透镜L,移动透镜,用两次成像法调节等高。

(3) 恢复狭缝呈竖直向,调节透镜使两次像共轴。

(4) 狭缝成像清晰时,在透镜和狭缝之间约20cm,用横向可调支架支起双棱镜B,横向调节光具至屏上出现两条可见的缝像为止。

(5) 用测微目镜代替光屏,把狭缝调至足够窄使测微目镜中出现两条亮线,即光源(虚)的像 S_1 和 S_2 。

(6) 移去透镜,移近测微目镜,调节狭缝的竖直微调使狭缝与楞镜的棱脊平行,在目镜中观察到出现清晰的干涉条纹。若条纹的亮度或清晰度不理想,还可微动狭缝的宽窄调节螺丝。重复这两步直至调出满意的干涉条纹。

2. 测量条纹间距 Δx

移远测微目镜到距狭缝恰当的位置处,用目镜叉丝逐一对准视场中部的10条明条纹,记录每一个明条纹在目镜测微尺上的位置 x_1, x_2, \dots, x_{10} ,用逐差法求 Δx 的平均值。记录狭缝S、双棱镜B和测微目镜M在光座上的位置,并求观测距离 L 。

3. ~~用共轭法~~用共轭法求 S_1, S_2 的间距 d 。

不改变狭缝与双棱镜的相对位置,在双棱镜B与测微目镜M之间加上L,移动L使目镜中出现两次等高同轴的虚光源的像,用测微目镜分别测出两个虚光源较大像间距 d' 和较小像间距 d'' ,计算实际距离 $d = \sqrt{d'd''}$,重复求 d 的平均值。

4. 观察现象

(1) 先后改变双棱镜和目镜的位置,分别看干涉条纹的变化再做定性分析。

(2) 从光具座上取下滤光片,观察干涉条纹的变化,说明特征。

实验题目：菲涅尔双棱镜

五、实验数据

① 测光源宽度 单位(mm)

次数	1	2	3	4	5	6
位置(大)	1.910	6.45	2.023	6.152	2.113	6.180
位置(小)	4.135	4.129	4.067	3.996	4.055	4.045

次数	1	2	3	4	5	6
位置(小)	3.583	4.488	3.865	4.718	3.889	4.795
位置(大)	3.840	4.590	3.779	4.696	4.240	5.140
距离	0.905	0.853	0.906	0.85	0.917	0.9

② 测条纹间距 单位(mm)

暗条纹	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
位置	4.019	4.156	4.344	4.515	4.710	4.872	5.055	5.202	5.385	5.568

③ 狭缝位置：10cm. 目镜位置：70cm.

求d: $d = \frac{\sum d_i d_i}{6} = 2.11\text{mm}$

求 Δx . 用逐差法得 $\Delta x = 0.28\text{mm}$.

求L: $L = 10 + 70 = 80\text{cm} = 800\text{mm}$.

$\therefore \lambda = \frac{\Delta x d}{L} = \frac{2.11 \times 0.28}{800} \times 10^6 \text{nm} = 641.248\text{nm}$. 偏大一些!!

天津大学物理实验报告

附 页

六、实验结果与反思

1. 误差来源于条纹间距的测量和虚像间距的测量。测条纹间距时,两个虚光源不等亮的情况有时发生,或者镜上不干净的因素也会导致测量误差。测大小像间距时判断位置不准,左右移动又太过频繁也会带来工程误差。

2. 固定狭缝而拉远目镜,条纹间距增大,且条纹越暗。而固定目镜和狭缝拉远双棱镜,则条纹间距变小。而此刻条纹亮度几乎不变化。接着固定测微目镜与双棱镜,把狭缝由光具座端拉近,则观察到条纹间距变大,而条纹居然变暗了,变暗的原因是光在空间中传播光强正比于 $\frac{1}{r^2}$ 。

3. 总干涉条纹数目应该等于某一定D时空间干涉区的长度除以干涉条纹间距,而以上两个量均在改变各光学元件时改变。有时可以看到全部空间都是干涉区,则想必总条纹数目跟上述两个量有关。

(一) 测光源宽度

次数	1	2	3	4	5	6
成大像位置	$d'_{左}$	$d'_{右}$				
读数	1.910 6.045	2.023 6.152	2.113 6.180	2.224 6.220	2.535 6.590	2.625 6.670
成大像距离						

次数	1	2	3	4	5	6
成小像位置	$d'_{左}$	$d'_{右}$				
读数	3.583 4.488	2.023 3.885 4.718	3.889 4.795	3.840 4.590	3.719 4.696	4.240 5.140
成小像距离						

(二) 测条纹间距

暗条纹	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
位置	4.019	4.156	4.344	4.515	4.710	4.872	5.055	5.202	5.385	5.568

(三) 狭缝位置: 10cm

测显微镜位置: 70cm

汪明 (26)
2019.3.12