

10.26晚J.



北京航空航天大学 实验报告

学
班
姓
同
组
日
期
评
分

实验名称: 光的干涉实验(分振幅法)

一. 实验重点

实验一: 迈克尔逊干涉

- ①. 熟悉迈克尔逊干涉仪的结构, 掌握其调整方法
- ②. 通过实验观察, 认识点光源、非定域干涉条纹的形成特点
- ③. 利用干涉条纹变化的特点测定光波的波长

实验二: 牛顿环干涉

- ①. 加深对等厚干涉的基本规律和用分振幅法实现干涉的实验
- ②. 掌握利用牛顿环干涉测定透镜曲率半径的一种方法
- ③. 正确使用读数显微镜, 注意空程误差的消除

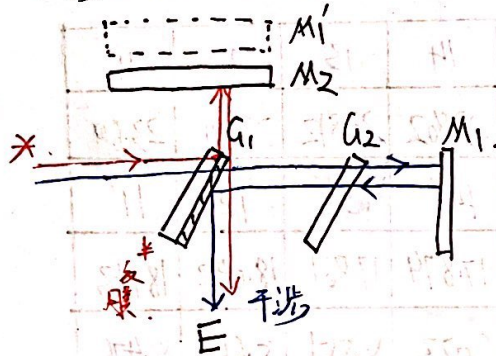
实验三: 劈尖干涉

- ①. 进一步加深对等厚干涉现象及原理的理解
- ②. 学会利用劈尖干涉现象测量细丝直径(或薄片厚度)的方法
- ③. 巩固用逐差法处理数据的方法

二. 实验原理

实验一: 迈克尔逊干涉

(1) 迈克尔逊干涉仪的光路



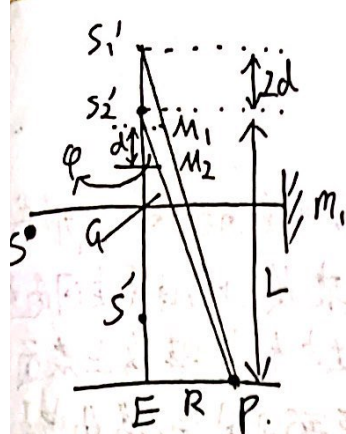
从光源S发出的一束光射在分束板 G_1 上, 将光束分为两路: 一部分从 G_1 的半反射面反射, 射向平面镜 M_2 ; 另一部分从 G_1 透射, 射向平面镜 M_1 。

两束光反射后都与 M_1, M_2 垂直。

从 M_2 反射回来的光透过半反射膜, 从 M_1 反射回来的光为半反射膜反射。二者汇集成一束光, 在E处既可观察到干涉条纹。另一平行平板 G_2 与 G_1 平行, 其材料及厚度与 G_1 完全相同, 称为补偿板。

这 M_1 从 M_2 被 G_1 半反射膜反射形成的虚像。对观察者而言, 干涉仪产生的干涉条纹就如同 M_2, M_1 之间的空气膜所产生的干涉条纹一样。

(2) 单点光源的非定域干涉条纹



经 G 和 M_1, M_2 两次反射后,干涉产生的干涉条纹属于 S_1 和 S_2 两光源的干涉产生的结果,它们在空间中处处相干,把屏放在空间不同位置处都可以见到干涉条纹,所以是非定域干涉.

如果 E 垂直于 S_1, S_2 连线,则可以看见一组同心圆,圆心就是 S_1, S_2 的连线与屏的交点 E .则离 E 距离为 k 的屏上一点 P 处,两束光的光程差为.

$$\Delta L = \sqrt{(L+2d)^2 + k^2} - \sqrt{L^2 + k^2}$$

$$\because L \gg d \text{ 则 } \Delta L = 2d / \sqrt{L^2 + k^2} = 2d \cos \phi$$

$$\rightarrow \text{亮纹条件: } 2d \cos \phi = k\lambda \quad (k=0, 1, 2, \dots)$$

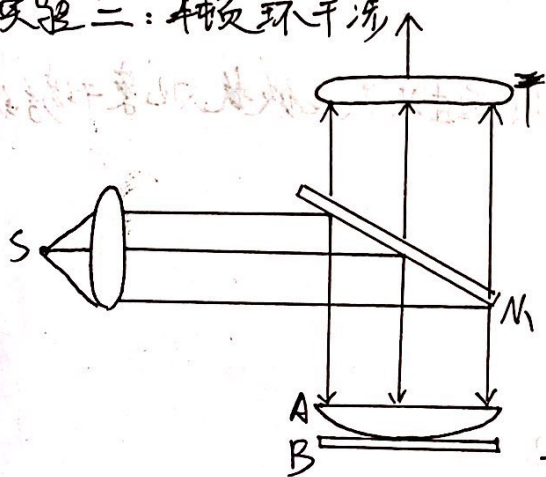
由表达式得到: d 增加时,条纹总数增多,条纹变密.

$$\text{相邻条纹: } 2d \cos \phi_k = k\lambda$$

$$2d \cos \phi_{k+1} = (k+1)\lambda$$

$$\rightarrow \Delta \phi_k = -\frac{\lambda}{2d \sin \phi_k} \rightarrow \text{角距离}$$

实验二: 牛顿环干涉



将一曲率半径很大的平凸玻璃透镜 A 放在一平面玻璃 B 的上面即构成一个牛顿环仪,自光源 S 发出的光经过 1 后变成平行光束,再经透镜斜为 45° 的平板玻璃 M 反射后,垂直地照射到平凸透镜上.入射光在空气层的两表面(凸透镜下表面和平面玻璃上表面)反射后,穿过 M 进入该显微镜 T ,在该显微镜中可以观察到明暗相间的条纹;如果光源发出的是白光,则牛顿环是彩色条纹.

在空气厚度为 e 的地方.

$$2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad k=1, 2, 3, \dots \text{明}$$

$$2e + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad k=0, 1, 2, \dots \text{暗}$$

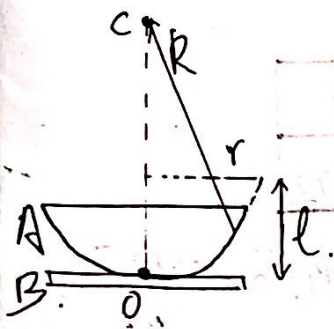
$$\text{几何关系: } R^2 = r^2 + (R-e)^2 \quad r^2 = 2Re - e^2 \quad (R=509.3\text{mm})$$

$$R \gg e, \text{ 则 } e = \frac{r^2}{2R}$$

$$\text{代入亮纹: } r^2 = (2k-1)R \frac{\lambda}{2} \quad (k=1, 2, 3, \dots) \text{明环}$$

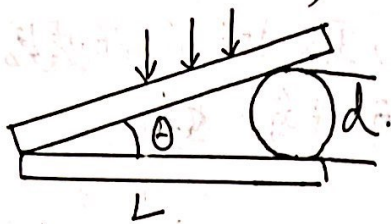
$$r^2 = k\lambda R \quad (k=0, 1, 2, \dots) \text{暗环}$$

实际测量中暗环易对准,则直径 b 方便,因此为公式度开编:



$$D^2 = 4k\lambda R \quad (k=0,1,2,\dots) \quad (\text{实际: } D^2 = 4(k+\frac{1}{2})\lambda R)$$

实验三：劈尖干涉



将待测细丝(或薄片)放在两块光学玻璃之间，则在两玻璃之间形成劈尖形的空气薄层。用单色光垂直入射到玻璃板上时，由劈尖间的空气薄膜上下两表面所反射的光相互干涉，结果在空气薄膜的上表面(即上玻璃板的下表面)产生一系列明暗相间，相互平行且间隔相等的等厚干涉条纹。

设空气劈尖某位置厚度为 e ，则该点处上下两表面反射的两束光的光程差为：
$$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$$

式中， $\frac{\lambda}{2}$ 为附加半波长，又称为半波损失。由于半波损失，在两块玻璃板之间相接处即棱边($e=0$)应见到暗纹。由(4.12.6)可知，在两个相邻明暗纹之间的距离 L 由下式决定：

$$L \sin \theta = l_{k+1} - l_k = (k+1)\frac{\lambda}{2} - k\frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2} \quad \therefore \sin \theta \approx \frac{d}{L}$$

$$\Rightarrow d = \frac{L}{\lambda} \frac{\lambda}{2}$$

故通过测 L, λ 可确定细丝直径大小。

L 为细丝位置到劈尖尖端之间的距离。当 λ 已知时，通过该装置做实验观察干涉条纹并测量出 L ，就可确定细丝直径。

三. 实验数据处理

1. 原始数据记录

初始值 $d_0 = 53.92351 \text{ mm}$

干涉中的吞吐环数 $i/100$ 环	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d_i/mm	53.9509	53.99918	54.02022	54.05233	54.08709	54.12060	54.15292	54.18598	54.21840

2. 数据处理(逐差法)

①. 波长的计算

i	0	1	2	3	4	平均
$\Delta d = d_{i+5} - d_i/\text{mm}$	0.16358	0.16371	0.15374	0.16576	0.16607	0.162572

$$\therefore \Delta d = \frac{\lambda N}{2} \quad \bar{\lambda} = \frac{2\Delta d}{N} = \frac{2 \times 0.162572}{500} = 6.50288 \times 10^{-4} \text{ m} = 650.29 \text{ nm} = 6.50288 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\bar{\lambda}_1 = \frac{2\Delta d_1}{500} = 6.5432 \times 10^{-7} \text{ m}$$

② 不确定度计算

A类不确定度: $\Delta a(\lambda) =$

$$\Delta a(\lambda) = \sqrt{\frac{\sum (a_i - \bar{a})^2}{5 \times 4}} =$$

由 $\lambda = \frac{2\Delta d}{N}$ 有:

$$\rightarrow \lambda_1 = \frac{2 \times 0.16358}{500} = 6.5432 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \frac{2 \times 0.16371}{500} = 6.5484 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_4 = \frac{2 \times 0.16576}{500} = 6.6304 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_5 = \frac{2 \times 0.15374}{500} = 6.1496 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\bar{\lambda} = 6.50288 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_3 = \frac{2 \times 0.16607}{500} = 6.6428 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\Delta a(\lambda) = \sqrt{\frac{\sum (a_i - \bar{a})^2}{5 \times 4}} = 9.065 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\Delta b(d) = \frac{0.00005}{\sqrt{3}} = 2.88675 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$\Delta b(\lambda) = \frac{2\Delta b(d)}{100} = 5.7735 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\Delta \lambda(\lambda) = \sqrt{\Delta a^2(\lambda) + \Delta b^2(\lambda)} = 9.08337 \text{ nm}$$

\therefore 所测波长为 $(650.29 \pm 9.083) \text{ nm}$

实验二: 牛顿环干涉

条纹级数/k	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
左端位置/mm	24.412	24.302	24.222	24.148	24.060	23.988	23.902	23.812	23.711	23.619
条纹级数/k	20'	19'	18'	17'	16'	15'	14'	13'	12'	11'
右端位置/mm	17.388	17.467	17.551	17.629	17.709	17.781	17.879	17.961	18.042	18.143
直径D/mm	7.024	6.835	6.671	6.519	6.351	6.207	6.023	5.851	5.669	5.476
D^2/mm^2	49.34	46.72	44.50	42.50	40.34	38.53	36.28	34.23	32.14	29.99

由 $D^2 = 4k\lambda R$ 知 D^2 与 k 有线性关系

令 $y = D^2$ $x = k$, 则 $y = a + bx$

$$\text{计算得: } \bar{x} = 15.5 \quad \bar{x}^2 = 240.5 \quad \bar{y} = 39.457 \text{ mm}^2 \quad \bar{y}^2 = 1593.588 \text{ mm}^4$$

$$\overline{xy} = 628.985 \text{ mm}^2$$



北京航空航天大学 实验报告

学
班
姓
名
同
日
期
评
分

实验名称: 光的干涉实验 (分振幅法)

线性回归计算: $y = a + bx$

$$b = \frac{\bar{x}\bar{y} - \bar{x}\bar{y}}{\bar{x}^2 - \bar{x}^2} = 2.10927$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 6.763 \text{ mm}^2$$

$$\text{相关系数 } r^2 = \frac{\bar{x}\bar{y} - \bar{x}\bar{y}}{\sqrt{(\bar{x}^2 - \bar{x}^2)(\bar{y}^2 - \bar{y}^2)}} = 0.99961 \approx 1. \text{ 相关性很强.}$$

$$b = 4\lambda R \quad \text{取 } \lambda = 589.3 \text{ nm.}$$

$$\Rightarrow R = \frac{b}{4\lambda} = 0.8948 \text{ m.}$$

(2) 误差分析.

$$\Delta a(b) = b \sqrt{\frac{1}{n-2} \left(\frac{1}{r^2} - 1 \right)} = \cancel{0.01175} = 1.4735 \times 10^{-8}$$

$$\Delta b(b) = \frac{\Delta R}{\sqrt{3}} = 0.00289 \text{ mm}$$

$$\Delta(b) = \sqrt{\Delta a^2(b) + \Delta b^2(b)} = 2.89 \times 10^{-6} \text{ m.}$$

$$\therefore \Delta(R) = \frac{\Delta b}{4\lambda} = 1.226 \text{ mm.}$$

$$\therefore \text{测出透镜半径为: } (0.8948 \pm 0.001226) \text{ m.}$$



北京航空航天大学 实验报告

学号: _____
班级: _____
姓名: _____
同组者: _____
日期: _____
评分: _____

实验名称: _____

实验一:

1.	2.	3.	4.	5.
53.85000	53.89291	53.92351	53.95689	53.99918
6.	7.	8.	9.	10.
54.02022	54.05233	54.08709	54.12060	54.15292
0.17022	0.15942	0.16958	0.16371	0.15382
0.17022	0.15942	0.16358	0.16371	0.15382
11				

1	2	3	4	5	
53.92351	53.95689	53.99918	54.02022	54.05233	54.18598
6	7	8	9	10	
54.08709	54.12060	54.15292	54.18598	54.21840	12.
					54.21840

10.26晚

实验二:

23.5 = :

	20.	19	18	17	16	15	14	13	12	11
	24.412	24.302	24.222	24.148	24.060	23.988	23.902	23.812	23.711	23.619
21	24.412	24.302	24.222	24.148	24.060	23.988	23.902	23.812	23.711	23.619
22	18.143	18.042	17.961	17.879	17.781	17.709	17.629	17.551	17.467	17.388

	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
χ_1	24.412	24.302	24.222	24.148	24.060	23.988	23.902	23.812	23.711	23.619
χ_2	17.388	17.467	17.551	17.629	17.709	17.781	17.879	17.961	18.042	18.143

(8)

10.2609

23.5 = :

$\Delta = 5$

	1	2	3	4	5
χ/mm	12.345	13.846	15.665	17.387	19.121

1. 2.

~~2. 3. 4. 5.~~

6.	7.	8.	9.	10.
20.869	22.600	24.327	26.028	27.953

i	1	2	3	4	5
χ/mm	50.361	50.863	50.360	50.372	50.313