

实验报告

课程名称: 物理实验B1 实验名称: 迈克耳逊干涉仪 实验日期: 2024 年 4 月 11 日 晚

班 级: 秦盛山班

教学班级

页 数: 1/7

座 号: 19

一、实验名称: 迈克耳逊干涉仪

二、实验目的: (1) 熟悉迈克耳逊干涉仪的原理、结构和使用方法

(2) 掌握利用迈克耳逊干涉仪测量长度的技术

三、实验仪器: He-Ne激光器, 迈克耳逊干涉仪, 盖玻片, 毛玻璃, 观察屏

四、实验原理:

如图a所示, 激光器发出的一束平行光沿水平方向射向分光透镜, 穿过其第一个表面后, 在其镀有银薄膜的第二个表面上分成两束光。其中一束光被反射后垂直射向平面镜 M_1 , 再被 M_1 反射后沿原路返回到分光透镜, 穿过后射向观察屏。另一束光则穿过分光透镜, 补偿板后射向平面镜 M_2 , 再被 M_2 反射后沿原路返回到分光透镜, 经银薄膜表面反射后, 与被 M_1 反射的第一束光一起射向观察屏。这两束光发生干涉, 在观察屏上形成干涉条纹。

利用迈克耳逊干涉仪进行长度测量或校准时, 通常是保持其一个臂固定, 而使另一个臂移动。本实验设置 M_2 镜不动, 而令 M_1 镜移动, 此时干涉条纹随之移动。调节干涉条纹至清晰可辨时, 可对 M_1 的移动距离进行精细的测量。当条纹移动 N 个时, 可对 M_1 的移动距离进行精细的测量。当条纹移动 N 个时, 可算得 M_1 的移动距离 Δd 为:

$$\Delta d = N \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

五、实验内容和步骤:

1. 迈克耳逊干涉仪的调节:

(1) 观察并调整 He-Ne 激光器装置, 使其保持水平。打开电源, 使出射的激光束与干涉仪导轨相平行。反复微调干涉仪基座下面的三个“水平调节螺丝”, 使得经过分

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验B1 实验名称: 迈克耳逊干涉仪 实验日期: 2024 年 4 月 11 日晚

班级: 秦盛山班

教学班级: _____

页数: 2/7

座号: 19

光透镜后的两束光能够同时入射到平面镜 M_1 和 M_2 的正中位置。

(2) 反复调节 M_1, M_2 背面的三颗“镜面调节螺丝”, 以便使得经 M_1 和 M_2 所反射的光束的中间最大光斑与激光器的出射孔正中相重合。

(3) 两个光斑重合以后, 在中间最大且最明亮的那个光斑上可以看到黑色的干涉条纹。这时应继续调节 M_2 上的调节螺丝 (M_1 镜保持不动), 尽量使得光斑上的干涉条纹粗大清晰。

2. 观察等倾干涉条纹

调整扩束镜的方向和高度使得通过扩束以后的激光束照亮整个分束镜。同时调节 M_2 下面的“水平微调螺丝”和“垂直微调螺丝”, 直到可以看到清晰的同心、圆环状的等倾干涉条纹。

3. 观察并分析干涉条纹的变化与两光束间光程差的关系

微动调节鼓轮 d , 可以观察干涉条纹的“吞”、“吐”情况以及条纹的“粗”、“细”变化, 分析这些现象与两光束之间光程差的关系。

4. 测量氦氖激光器的光波波长

固定平面镜 M_2 , 而使另一个平面镜 M_1 沿着同一个方向移动, 这时从观察屏上可观察到干涉条纹的移动。在 M_1 镜从起始位置 d_1 移动到终止位置 d_N 的过程中, 如果条纹移动了 N 个, 这时 M_1 的移动距离 Δd 可确认为:

$$\lambda = \frac{2\Delta d}{N} = \frac{2(d_N - d_1)}{N} \quad (2)$$

具体操作步骤如下:

微调 M_2 下面的水平和垂直调节螺丝, 使得环形干涉条纹处于观察屏的视场中心, 同时记下此时 M_1 的位置读数 (标尺读数 + 鼓轮 D 读数 + 微调鼓轮 d 读数)。接下来沿同一方向轻缓转动微调鼓轮 d , 观察 100 个中心光斑的涌出 (或消失), 并再次记下此时 M_1 的位置读数 d_0 。考察 10 组总共 1000 个干涉条纹的单方向变化情况。

5. 观察等厚干涉条纹

获得等厚干涉条纹的方法是: 在调出同心、圆环形的等倾干涉条纹后, 调节 M_2 下面

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验B 实验名称: 迈克耳孙干涉仪 实验日期: 2024 年 4 月 11 日 晚

班级: 秦盛山班 教学班级:

页数: 3/7

座号: 19

的垂直(或水平)微调螺丝和背面的“镜面调节螺丝”以及微调鼓轮 d ,这时可以观察到干涉条纹逐渐变直、变粗,这时的条纹就是等厚干涉条纹,类似于在光的干涉实验中所已经熟悉的条纹。

6. 考察白光干涉

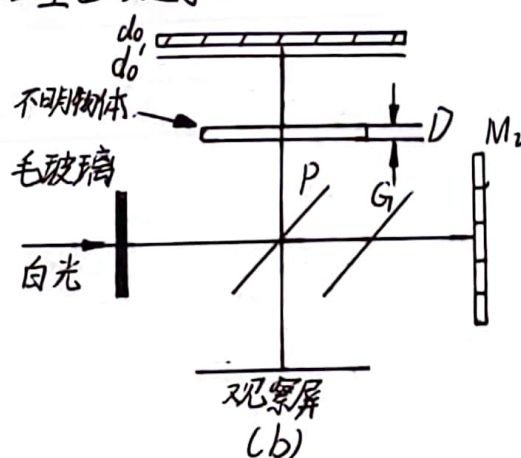
因为白光中含有各种不同波长的光,所以除了中央零级明条纹外,会发生某个波长的光的某一级次的衍射明条纹正好落在另一波长的光的暗条纹上,导致高级次的干涉条纹难以观测的现象。白光干涉只发生在光程差接近于0的一个极小范围内。

确定干涉条纹向中心收缩,同时中心光斑被吞没时鼓轮 D 和微调鼓轮 d 的转动方向。

调节干涉条纹使其宽度达到7~8mm(在毛玻璃上观察刻度约为1.5格),这时的干涉条纹应当已经比较直,这意味着沿两臂行进的光束之间的光程差已接近于0。

7. 测量固体的折射率

利用白光干涉条纹的特点,可以观测透明固体介质的折射率。本实验以各向同性、透明的固体介质盖玻片作为测量对象来进行折射率测量的练习。其测量的原理光路如图b所示。



实验采用白光作为光源。首先调出白光干涉条纹,接着使得零级干涉条纹和彩色条纹显现在观察屏中央,记录下此时动镜 M_1 的位置。插入折射率为 n 厚度为 D

的盖玻片于 M_2 所在的臂。沿逆时针方向转动鼓轮 D 和微调鼓轮 d ,使得 M_1 镜向着分束镜 P 的方向移动。随着 M_1P 之间几何距离的缩减,白光干涉条纹将再次显现在视场中央。再次读出 M_1 在此时的位置。这时 M_1 自始至终所移动的距离 ΔL 就是插入介质薄片后所产生的光程差,即 $\Delta L = (n-1)D$,由此可得:

$$n = \frac{\Delta L}{D} + 1 \quad (3)$$

显然,如果盖玻片的厚度 D 已知,就可以据此式求得此透明固体介质的折射率。反之,如果此透明介质的折射率已知,则可以求得它的厚度。

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验BI 实验名称: 迈克耳逊干涉仪 实验日期: 2024 年 4 月 11 日 晚

班级: 秦盛山班

教学班级

页 数: 4/7

座 号: 19

六. 数据处理:

(1): Δd 的平均值: $\Delta d_1 = (13.592 - 5.000) \times 0.01 \text{ mm} = 0.08592 \text{ mm}$

$$\Delta d_2 = (15.154 - 7.142) \times 0.01 \text{ mm} = 0.08012 \text{ mm}$$

$$\Delta d_3 = (16.688 - 8.934) \times 0.01 \text{ mm} = 0.07754 \text{ mm}$$

$$\Delta d_4 = (18.215 - 10.468) \times 0.01 \text{ mm} = 0.07747 \text{ mm}$$

$$\Delta d_5 = (19.771 - 12.058) \times 0.01 \text{ mm} = 0.07713 \text{ mm}$$

$$\text{故 } \overline{\Delta d} = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^5 \Delta d_i = 0.079636 \text{ mm}$$

(2): Δd 的 A 类不确定度:

$$U_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\Delta d_i - \overline{\Delta d})^2}{5 \times (5-1)}} = 0.001660 \text{ mm}$$

(3): Δd 的 B 类不确定度: $U_B = \frac{\Delta_{\text{ins}}}{\sqrt{3}}$, 其中 $\Delta_{\text{ins}} = 0.00005 \text{ mm}$

$$\text{代入得: } U_B = 0.00002887 \text{ mm}$$

(4): Δd 的合成不确定度: $U_{\Delta d} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 0.001660 \text{ mm}$

(5): 激光光波波长与不确定度与相对误差

$$\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta N} \quad \frac{U_\lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln \lambda}{\partial \Delta d}\right)^2 \cdot U_{\Delta d}^2 + \left(\frac{\partial \ln \lambda}{\partial \Delta N}\right)^2 \cdot U_{\Delta N}^2}$$

由于 $\Delta N = 250$, 不产生误差, 故 $U_{\Delta N} = 0$, 于是:

$$\frac{U_\lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln \lambda}{\partial \Delta d}\right)^2 \cdot U_{\Delta d}^2} = \frac{U_{\Delta d}}{\Delta d}$$

即:

$$U_\lambda = \frac{\lambda}{\Delta d} \cdot U_{\Delta d}$$

代入数据得: $\lambda = 0.00063709 \text{ mm}$, $U_\lambda = 0.00001328 \text{ mm}$

经过修约, 得最终结果: $\lambda = 0.000637(0.000013) \text{ mm}$

$$= 637(13) \text{ nm}$$

联系方式: 则相对误差为: $N = \frac{\lambda - 632.81}{632.8} = 0.00664$

(数据表格见下页)

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验BI 实验名称: 迈克耳逊干涉仪 实验日期: 2024 年 4 月 11 日 晚

班级: 秦盛山班

教学班级

页 数: 5/7

座 号: 19

(6) 数据表格:

实验数据表

干涉条纹变化数 N_1	0	50	100	150	200
微动手轮位置读数 $d_1 \times 0.01 (\text{mm})$	5.000	7.142	8.934	10.468	12.058
干涉条纹变化数 N_2	250	300	350	400	450
微动手轮位置读数 $d_2 \times 0.01 (\text{mm})$	13.592	15.154	16.688	18.215	19.771
环数差 $\Delta N = N_2 - N_1$	250	250	250	250	250
$\Delta d = (d_2 - d_1) \times 0.01 (\text{mm})$	8.592	8.012	7.754	7.747	7.713

最终求得氦氖激光波长为: $\lambda = 637(13) \text{ nm}$, 与标准值 632.8 nm 相对误差 $N = 0.00664$
 误差来源可能有: ① 调整迈克耳逊干涉仪时未达到最佳理想状态; 或仪器自身存在误差;
 ②: 测量过程中对条纹“吞吐”的起始/终止状态判断存在主观性;
 ③: 测量过程中干涉条纹变化数数错 (由其是 $0 \sim 50$ 与 $50 \sim 100$ 之间);
 ④: 微动手轮位置读数时读错

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验B1 实验名称: 迈克耳逊干涉仪 实验日期: 2024 年 4 月 11 日 晚

班级: 秦盛山班

教学班级: _____

页数: 6/7

座号: 19

七. 思考题

1. 前后移动观察屏, 干涉条纹的级数是否改变? 圆环状等倾干涉条纹的各级半径是否改变? 为什么?

答: 级数会改变, 各级半径改变, 理由如下:

如图(c)光路图所示, 对于观察屏上任意一个在干涉条纹上的点, 均满足到 S_2' 与到 S_1' 的差为一定值 (即光程差), 且该值大小为:

$$\Delta = t\lambda \quad (t \in \mathbb{N})$$

于是, 可以想象在空间中存在无数以 S_1', S_2' 为焦点, Δ 为长轴的点双曲线绕竖直面轴旋转后形成的椭圆抛物面, 它们如雪橇筒一样头尾相接“套”在一起。

移动观察屏截这些抛物面所得即为干涉条纹, 随着观察屏与 S_1', S_2' 中点 E 距离的不同, 屏所能截到的抛物面数量也不同, 故级数会改变。

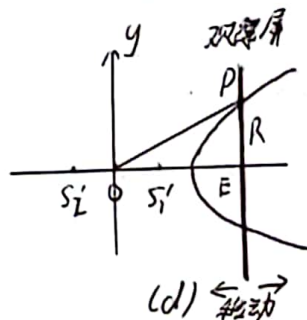
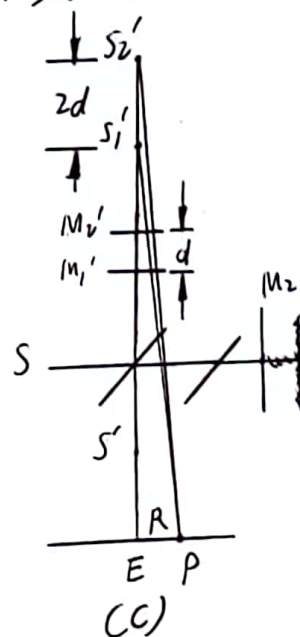
而各级半径改变, 因为对某一级而言, 其光程差已定, 则抛物面便固定了。移动观察屏, 其与 S_1', S_2' 中点距离不同时 (OE 变化), 半径 R 会有所不同, 如图(d)所示。

2. 简述迈克耳逊干涉仪中 G_1, G_2 玻璃片作用。

答: G_1 : 背面镀有一层膜, 能将一部分光折射, 同时将一部分光反射, 由此将一束光分成了可以发生干涉的两束光;

G_2 : 是补偿板, 与 G_1 厚度、折射率均相同。其作用是补偿上述两束光由于穿过 G_1 次数不同而产生的光程差。

(其中先反射的光穿过 G_1 3次, 而后者仅穿过 G_1 1次, 可能存在光程差)。



实验报告

课程名称: 物理实验BI 实验名称: 迈克耳孙干涉仪 实验日期: 2024 年 4 月 11 日 晚

班级: 秦盛山班

教学班级:

页数: 7/7

座号: 19

八、原始数据:

干涉条纹变化数 N_1 0 50 100 150 200

微动手轮位置读数

$d_1 \times 0.01$ (mm) 5.000 7.142 8.934 10.468 12.058

干涉条纹变化数 N_2 250 300 350 400 450

微动手轮位置读数

$d_2 \times 0.01$ (mm) 13.592 15.154 16.688 18.215 19.771

环数差 $\Delta N = N_2 - N_1$ 250 250 250 250 250

$\Delta d = (d_2 - d_1)$

$\times 0.01$ (mm) 8.592 8.012 7.754 7.747 7.713

序号: 19	秦盛山
时间: 2024年04月11日	
上午	下午 <input checked="" type="checkbox"/> 晚 <input checked="" type="checkbox"/>

联系方式: _____

指导教师签字: _____