

大学物理实验报告

实验名称:

迈克尔逊干涉仪

学院: 理学院 专业: 应用物理学 班级: 应物 1601

学号: 20161413 姓名: 谢尘竹 电话: 18640451671

实验日期: 2019 年 7 月 22 日

第 二十一 周 星期 一 第 一 节

实验室房间号: 415

实验组号: 2

成绩

指导教师

批阅日期

王旗

2019 年 7 月 22 日

1. 实验目的:

①.了解迈克尔孙干涉仪的结构、原理及调节和使用方法;

②.观察等倾干涉条纹,学会测量 He-Ne 激光器的波长;

③.学习测定钠光双线的波长差。

2. 实验器材:

| 名称 | 编号 | 型号 | 精度 |
|------------|----|---------|----|
| 迈克尔孙干涉仪 | | | |
| He-Ne 激光光源 | | HJ-1B 型 | |
| 钠光灯 | | DTX 型 | |
| 会聚透镜 | | | |
| | | | |
| | | | |

3. 实验原理（请用自己的语音简明扼要地叙述，注意原理图需要画出，测试公式需要写明）

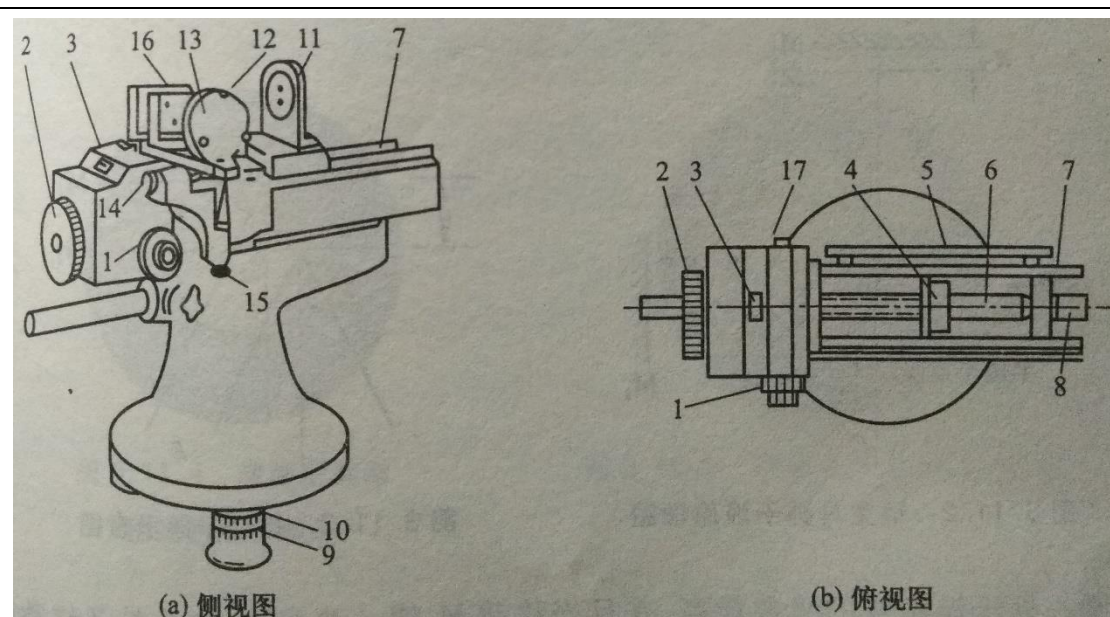
1. 迈克耳孙干涉仪的结构与光路

如图 3.11.1 所示，为迈克耳孙干涉仪的侧视图与俯视图，导轨 7 固定在一只稳定的底座上，底座由三颗调平螺丝 9 及其锁紧螺丝 10 来调平。丝杠 6 螺距为 1mm，转动粗调手轮 2，经一对齿轮带动丝杠转动，进而带动移动镜 M_2 在导轨上滑动。

移动距离可在毫米刻度尺 5 上读到 1mm，在窗口 3 中的刻度盘上读到 0.01mm，转动微调手轮 1，经 1: 100 的蜗轮传动，可实现微动。微动手轮上的最小刻度为 0.0001mm，可估读到 0.00001mm。

分光板 G_1 和补偿板 G_2 固定在基座上，不得强扳，且不能用手接触其光学表面。固定参考镜（定镜）13 和移动镜（动镜）11 后各有三颗螺丝，用于粗调两者相互垂直，不能拧得太紧或太松，以免使其变形或松动。

固定参考镜 13 的一侧和下部各有一颗微调螺丝 14 和 15，可用来微调 13 的左右偏转和俯视，微调螺丝也不能拧得太松或太紧。丝杠的顶进力由丝杠顶进螺帽 8 来调整。

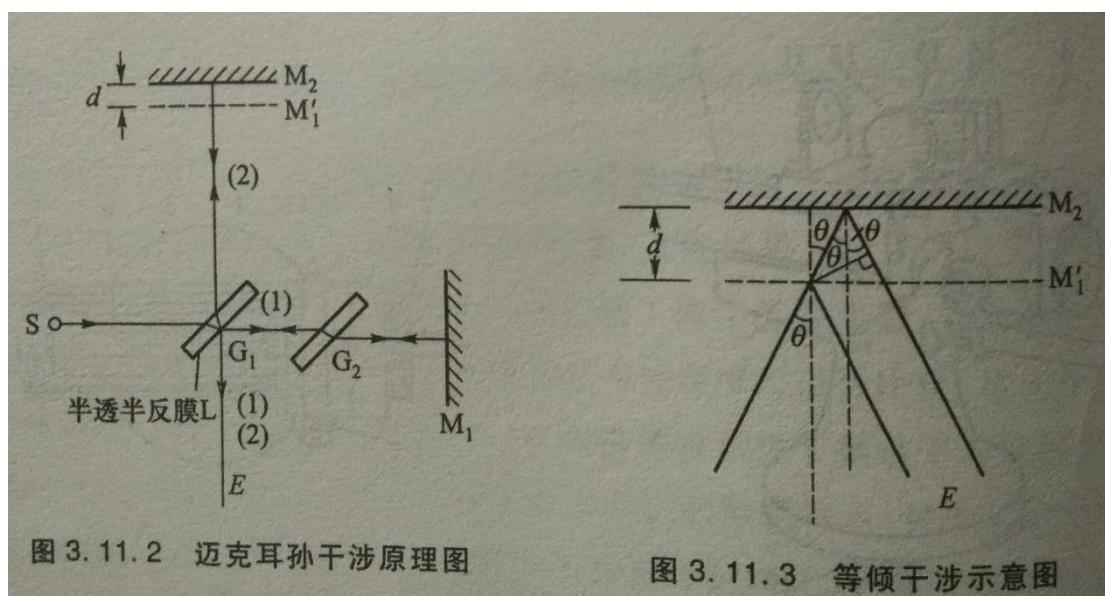


迈克耳孙干涉仪的实验原理如图 3.11.2 所示，由光源 S 发出一束光，射到分光板 G_1 的半透半反膜 L 上，L 使反射光和透射光的光强基本相同，所以称 G 为分光板。透过膜层 L 的光束 (1) 经 G_2 到达参考镜 M_1 后，被反射回来；被 L 反射的光束 (2) 到达移动镜 M_2 后，也被反射回来。由于 (1)、(2) 两束光满足光的相干条件，各自反射回来在膜层 L 所在表面相遇后，就发生干涉，在 E 处即可观察到干涉条纹。

G_2 是补偿板，它使光束 (1) 和 (2) 经过玻璃的次数相同,当使用白光作为光源时, G_2 还可以补偿 G_1 的色散。 M'_1 是在 G_1 中看到的 M_1 的虚像。

2.单色点光源等倾干涉条纹的观察及波长的测量

如图 3.11.3 所示, 由 He-Ne 激光器发出的细束平行激光经过会聚透镜聚焦于一点, 相当于一个强度足够大的点光源。当 M'_1 与 M_2 互相平行, 即 M_1 与 M_2 互相垂直时, 对于与 M_2 的法线和 M_1 的法线夹角皆为 θ 的入射光, 经 M'_1 与 M_2 反射后, 两束光的光程差为 $\Delta = 2d\cos\theta$ 。



式中 d 为 M'_1 与 M_2 间的空气膜的厚度, 在 E 处可以观察到明暗相间的同心圆环 (图 3.11.4), 每一个圆环对应一个恒定的倾角, 称这种干涉为等倾干涉, 观察这些同心圆的圆心处, 此处有 $\Delta = 2d$, $\theta = 0$, 由干涉条纹的明暗条件

$$\Delta = 2d = \begin{cases} k\lambda, \text{明纹} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2}, \text{暗纹} \end{cases} \quad (k=1,2,3\cdots) \text{可知, 圆心处干涉}$$

条纹的级数最高, 并且当移动 M_2 使 d 改变时, 中心处条纹数随之增减, 可观察到条纹由中心处“冒出”或“缩入”, 而每当中心处“冒出”或“缩入”一个条纹, 光程 Δ 就增加或减少一个波长 λ , d 就增加或减少了 $\frac{\lambda}{2}$, 即 M_2 移动了 $\frac{\lambda}{2}$ 。

根据 M_2 移动的距离 Δd 及条纹级数改变的次数 $|\Delta k|$, 可以测出入射光的波长 $\lambda = \frac{2|\Delta d|}{|\Delta k|}$ 。

3. 钠光双线波长差的测定

若实验中使用的不是单色光, 则不同色光将按照式 (3.11.1) 各自形成一套干涉条纹, 从而形成特殊的干涉图样。如本实验以钠光入射, 它有两条谱线, 对应空气中波长分别为 λ_1 和 λ_2 (设 $\lambda_1 > \lambda_2$), 彼此十分接近, 就会出现这样一种情况:

当 d 为某一定值 d_1 时, 对同一入射角 θ_i , 有 $2d_1 \cos \theta_i = k_2 \lambda_2$, 且 $2d_1 \cos \theta_i = (k_1 + \frac{1}{2}) \lambda_1$, 此时 λ_2 的 k_2 级明条纹与 λ_1 的 k_1 级暗条纹重叠, 干涉条纹的可见度最低, 如图 3.11.5 所示。

逐渐增大 d ，存在一个 d_2 值，使 $2d_2 \cos \theta_i = (k_2 + \Delta k_2)\lambda_2$ ，且 $2d_2 \cos \theta_i = (k_1 + \Delta k_1 + 1)\lambda_1$ ，此时 λ_1 与 λ_2 的亮纹重叠，视场中干涉条纹具有最好的可见度。

可见，在两次可见度最低之间，有 $\Delta k_1 = \Delta k_2 + 1$ 。式中 Δk_1 ， Δk_2 分别是两次混叠之间 λ_1 和 λ_2 所改变的级数。

实验中，可在可见度良好的区域测出 Δd ，将其代入式 (3.11.2)，得到钠光谱双线的平均波长 $\lambda_{12} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \frac{2|\Delta d|}{|\Delta k|}$ 。

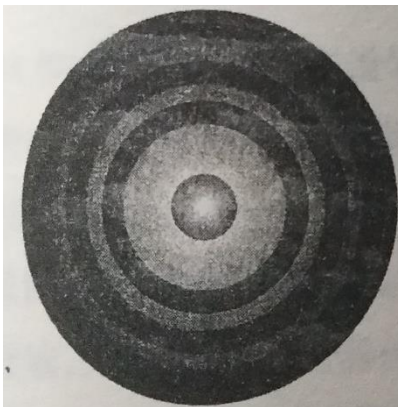


图 3.11.4 清晰的明暗相间的同心圆环

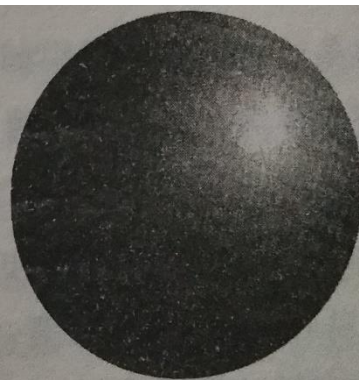


图 3.11.5 可见度最低的同心圆环

设两混叠区间距 Δd_0 ，相应的 Δk 记作 Δk_0 ， $\lambda_1 = \frac{2|\Delta d_0|}{|\Delta k_1|}$ ， $\lambda_2 = \frac{2|\Delta d_0|}{|\Delta k_2|}$ 。从而 $\Delta \lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{2\Delta d_0}{\Delta k_2(\Delta k_2 + 1)} \approx \frac{2\Delta d_0}{(\Delta k_0)^2} = \frac{\lambda_{12}^2}{2\Delta d_0}$ ，于是

$$\begin{cases} \lambda_1 = \lambda_{12} - \frac{1}{2} \Delta \lambda \\ \lambda_2 = \lambda_{12} + \frac{1}{2} \Delta \lambda \end{cases}。$$

4. 实验内容与步骤

①.调整迈克尔逊干涉仪及其光路；

②.观察激光的非定域干涉现象；

③.测量 He-Ne 激光波长，消除传动系统空程差，记录变化 0 环时，动镜的初始位置 d_0 ，观察中心圆环“冒出”或“缩入”，每变化 $N=50$ 个条纹，记录一次动镜 M_2 位置 d_i ，共测量 8 次；

④.测量钠光双线波长差，将激光器换成钠光灯，并去掉观察屏，用眼睛直接观察钠光干涉花样的视见度变化，记录相邻两次干涉花样视见度最低时，动镜 M_2 的位置。

5. 实验记录（注意：单位、有效数字、列表）

一. 原始数据

No. _____
Date. _____

迈克尔逊干涉仪

实验内容与步骤

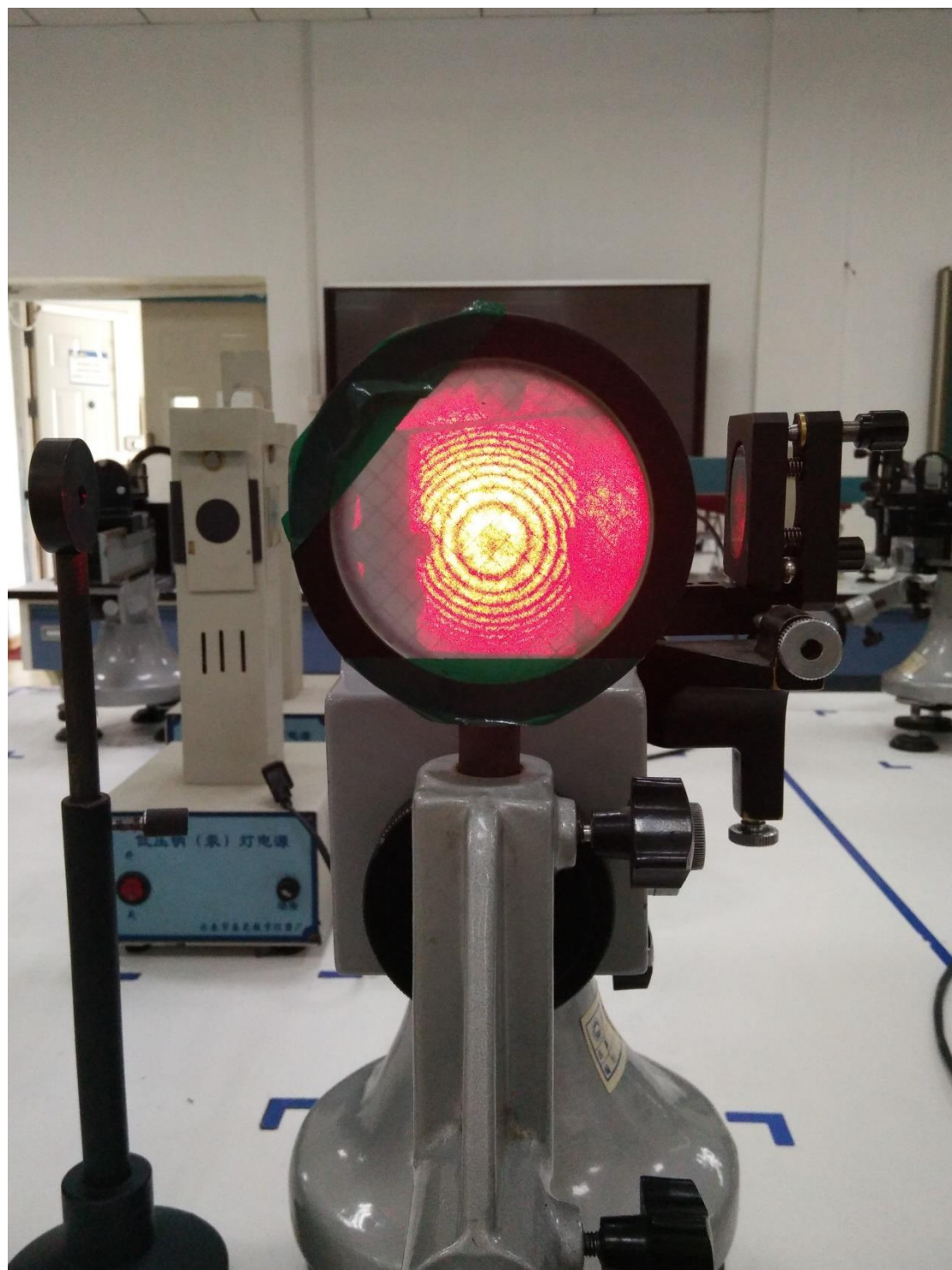
(3). 变化D环时动镜M₂的初始位置d₀ = 46.12406 mm

| | 变化环数 | M ₂ 位置 d _i /mm | Δd _i /mm | $\overline{\Delta d_i}$ /mm |
|-------|------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| He-Ne | 0 | 46.15486 | | |
| 激光波长 | 50 | 46.17420 | | |
| 长测量 | 100 | 46.19192 | | |
| 记录表 | 150 | 46.20888 | | |
| | 200 | 46.22543 | | |
| | 250 | 46.24144 | | |
| | 300 | 46.25749 | | |
| | 350 | 46.27412 | | |

(4). 钠光灯波长测量记录表

| M ₂ 初始位置 | M ₂ 末位置 | 44.71170 | 45.15170 | 45.56170 |
|---------------------|--------------------|---------------------|----------|----------|
| 46.27162 | 46.69162 | 44.43170 | 45.85170 | 45.27170 |
| | | 45.15170 | | 46.98170 |
| | | | | 33.98170 |
| | | | | 34.27170 |
| | | | | 34.56170 |
| | | | | 34.85170 |
| | | | | 35.15170 |
| | | | | 35.43170 |
| | | | | 35.71170 |

二.观察激光的非定域干涉图样



三.视见度最高时的钠光干涉图样



6. 数据处理及误差分析

A. He-Ne 激光波长数据处理

表 1 He-Ne 激光器波长数据处理表

| 变化环数 /个 | M_2 位置 d_i /mm | 变化环数 /个 | M_2 位置 d_i /mm | Δd_i /mm | $\overline{\Delta d_i}$ /mm |
|------------|-----------------------|------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|
| 0 | 46.1549 | 200 | 46.2254 | 0.0705 | 0.0671 |
| 50 | 46.1742 | 250 | 46.2414 | 0.0672 | |
| 100 | 46.1919 | 300 | 46.2575 | 0.0656 | |
| 150 | 46.2089 | 350 | 46.2741 | 0.0652 | |

$$\lambda = \frac{2\overline{\Delta d_i}}{\Delta k} = \frac{2 \times 0.0671}{200} = 6.71 \times 10^{-4} \text{mm} = 671 \text{nm}。$$

$$E_s = \frac{|\lambda - \lambda_s|}{\lambda_s} \times 100\% = \frac{671 - 632.8}{632.8} \times 100\% = 6.04\%。$$

该测量的波长与公认值之间的百分差可能略大，经分析，原因最可能在于刚开始未彻底消除传动系统的空程差，虽然粗调手轮的空程差已经消除，但微调手轮的空程差在刚开始尚存在，可通过以下表格看出：

| 测量次数 | 变化环数 | M_2 位置 d_i/mm | $\Delta d_i/\text{mm}$ | $\overline{\Delta d_i}/\text{mm}$ |
|------|------|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 0 | 46.1549 | | 0.01703 |
| 2 | 50 | 46.1742 | 0.01934 | |
| 3 | 100 | 46.1919 | 0.01772 | |
| 4 | 150 | 46.2089 | 0.01696 | |
| 5 | 200 | 46.2254 | 0.01655 | |
| 6 | 250 | 46.2414 | 0.01601 | |
| 7 | 300 | 46.2575 | 0.01605 | |
| 8 | 350 | 46.2741 | 0.01663 | |

测量所得的前两个数据由于引入了空程差的缘故，应该作废处理，但计算时仍考虑了进去，导致了计算结果偏大了6%，实际 E_s 应该在 $\frac{656-632.8}{632.8} \times 100\% = 3.67\%$ 左右。

B.Na 光灯波长数据处理

表 2 Na 光灯波长数据处理表

| M_2 位置 /mm | 移动距离 Δd /mm | 平均距离 $\overline{\Delta d}$ /mm |
|-----------------|------------------------|-----------------------------------|
| 33.9817 | | 0.2883 |
| 34.2717 | 0.2900 | |
| 34.5617 | 0.2900 | |
| 34.8517 | 0.2900 | |
| 35.1517 | 0.3000 | |
| 35.4317 | 0.2800 | |
| 35.7117 | 0.2800 | |

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_{12}^2}{2\Delta d} = \frac{589.294^2}{2 \times 0.2883 \times 10^6} = 0.6023 \text{ nm}。$$

$$E_s = \frac{|\Delta\lambda - \Delta\lambda_s|}{\Delta\lambda_s} \times 100\% = \frac{0.6023 - 0.597}{0.597} \times 100\% = 0.0089\%。$$

如此低的百分差，应该得益于我们多测了 5 组视见度最低时的数据，确信间距差不多，因而是有效数据，之后才记

录下来。

7. 思考题及实验小结

1. 思考题一

①. 如何用迈克尔逊干涉仪测量材料的微小长度变化?

答: 要想测量材料的长度的微小变化, 需要将其长度变化转化为光程差的变化, 而光程差的变化主要来自于可动反射镜 M_2 的倾角变化或位置变化。

那么材料就必须要与 M_2 相连或顶着 M_2 , 即必须要与 M_2 有相互作用力。

——举个实际的例子, 在《干涉法测固体的线胀系数》中, 将被测固体杆与干涉仪的动镜 M_2 连在一起, 根据干涉原理, 伸长量 ΔL 与所移过的条纹数 N 的关系为 $\Delta L = N \cdot \frac{\lambda}{2}$ 。

其中, λ 为所用激光的波长, N 为温度升高导致金属杆膨胀推动 M_2 移动, 导致光程差改变, 以至于缩入或冒出的条纹数量。

以下内容为报告保留内容，请勿填写或删除，否则影响实验成绩

上课时间：

上课地点：

任课教师：

报告得分：

教师留言：

操作得分：

教师留言：

预习得分：

预习情况：