

大学物理实验

迈克耳逊干涉实验



引言

实验目的

实验原理

实验仪器

实验内容

引言

- 1883年物理学家迈克尔逊和莫雷合作，为研究“以太”漂移而设计制造出来的精密光学仪器；它是在平板或薄膜干涉现象的基础上发展起来的。迈克尔逊干涉实验否定了“以太”的存在。发现真空中的光速为恒定值，为爱因斯坦的相对论奠定了基础。
- 因创造精密的光学仪器，和用以进行光谱学和度量学的研究，并精密测出光速，迈克尔逊于1907年获得了诺贝尔物理学奖。



-
- 迈克耳逊干涉仪是1883年美国物理学家迈克耳逊和莫雷合作，为研究“以太”漂移而设计制造出来的精密光学仪器；
 - 迈克耳逊干涉仪是利用分振幅法产生双光束以实现干涉；
 - 迈克耳逊干涉仪在近代物理和近代计量技术中，如在光谱线精细结构的研究和用光波标定标准米尺等实验中都有着重要的应用；
 - 利用该仪器的光路原理研制出多种专用干涉仪。特别是引力波探测领域中，巨型工程 美国激光干涉引力波天文台 (LIGO) 。



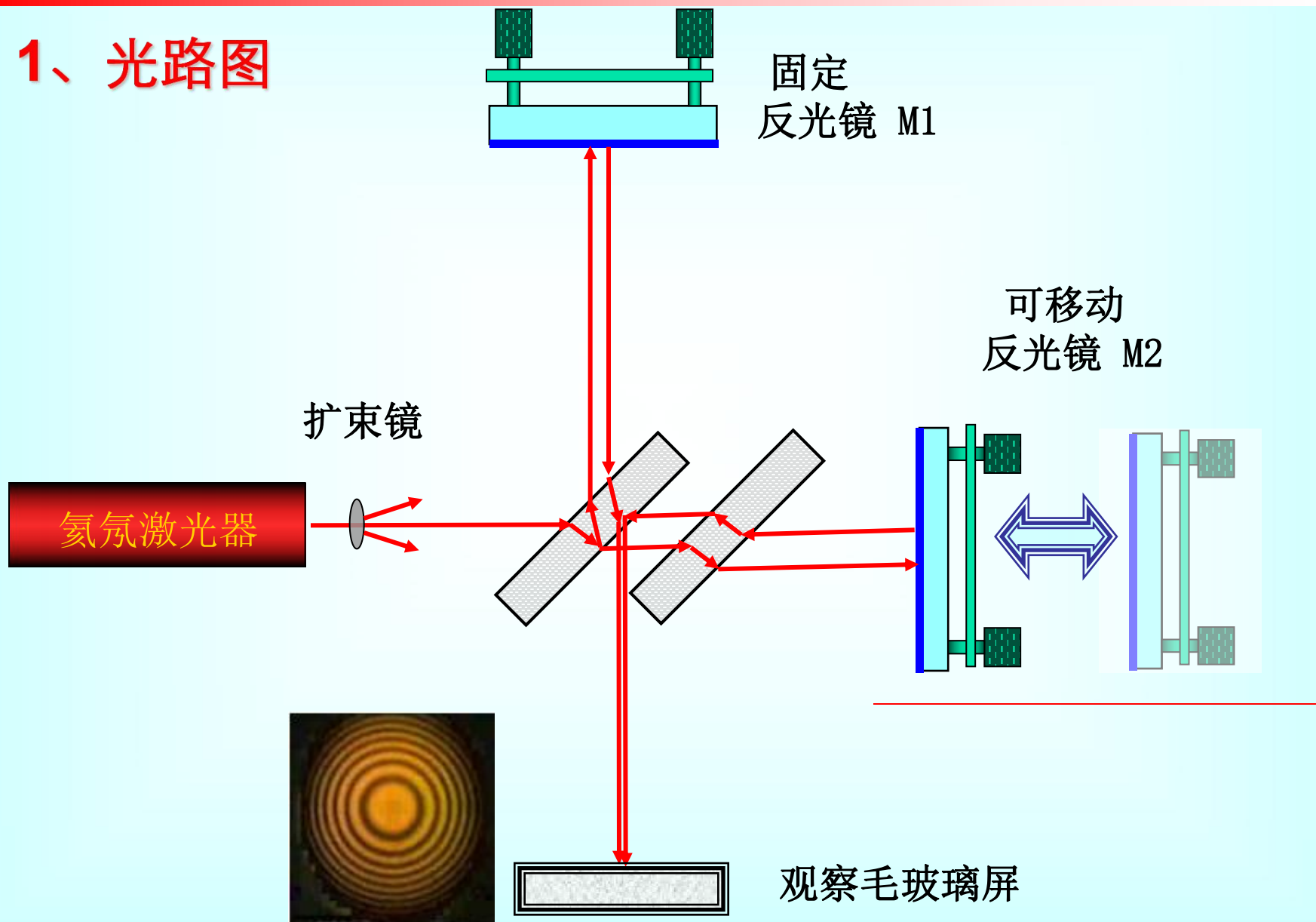
一、实验目的

- 了解迈克耳逊干涉仪的结构和干涉条纹的形成原理。
- 学会迈克耳逊干涉仪的调整和使用方法。
- 通过观察实验现象，加深对干涉原理的理解。
- 利用逐差法测定氦氖激光的光波波长。



三、实验原理

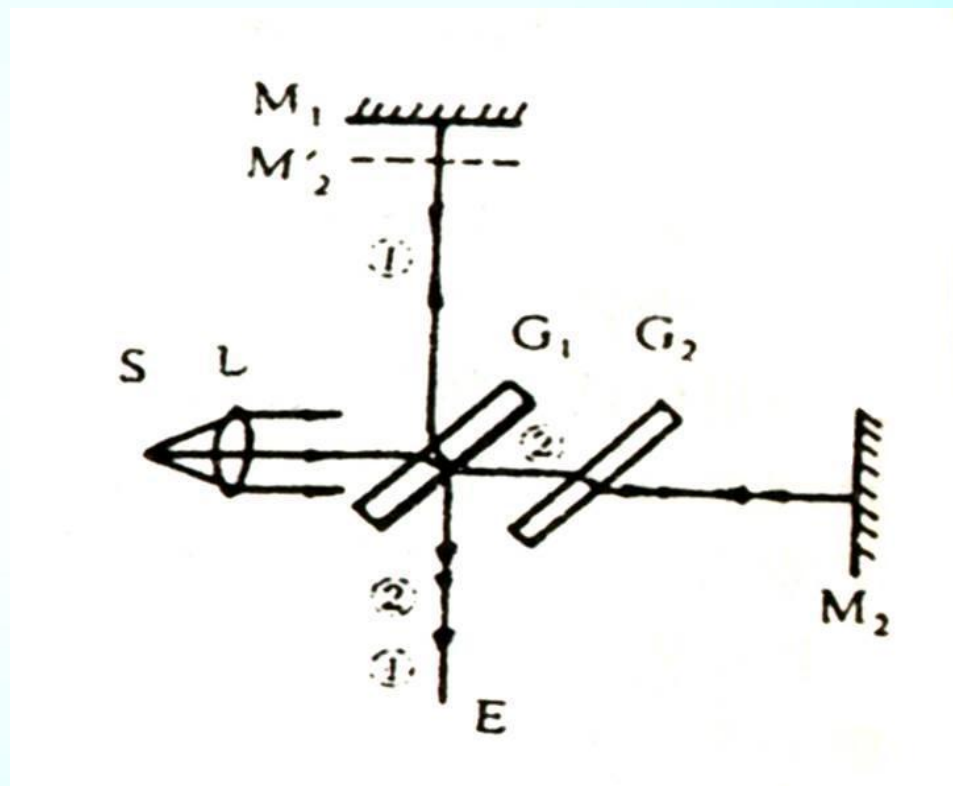
1、光路图



迈克尔逊干涉仪结构原理

点光源S，分光镜 G_1 右表面镀有半透半反膜，使入射光分成强度相等的两束。

全反射镜 M_1 和 M_2 ： M_2 为固定全反射镜，背部有三个粗调螺丝，侧面和下面有两个微调螺丝。 M_1 为可动全反射镜，背部有三个粗调螺丝。



观察区E，如E处的两束光满足相干条件，可发生干涉现象。

G_2 为补偿板，与 G_1 为相同材料相同的厚度，且平行安装。

三、实验原理

2、波长测量原理

两相干光束在空间完全分开，并可用移动反射镜的方法改变两光束的光程差。若中心处为明条纹，则

$$\delta_1 = 2d = k_1 \lambda \quad \delta_2 = 2(d + \Delta d) = k_2 \lambda$$

若改变反射镜的位置，使中心仍为明条纹，则

$$\Delta d = \frac{1}{2}(\delta_2 - \delta_1)$$

本仪器中，由于使用杠杆放大装置，螺旋测微计测出读数 Δd 是干涉仪中 M_2 移动距离的20倍，并数出相应的“吞吐”环数 N ，就可求出 λ 。

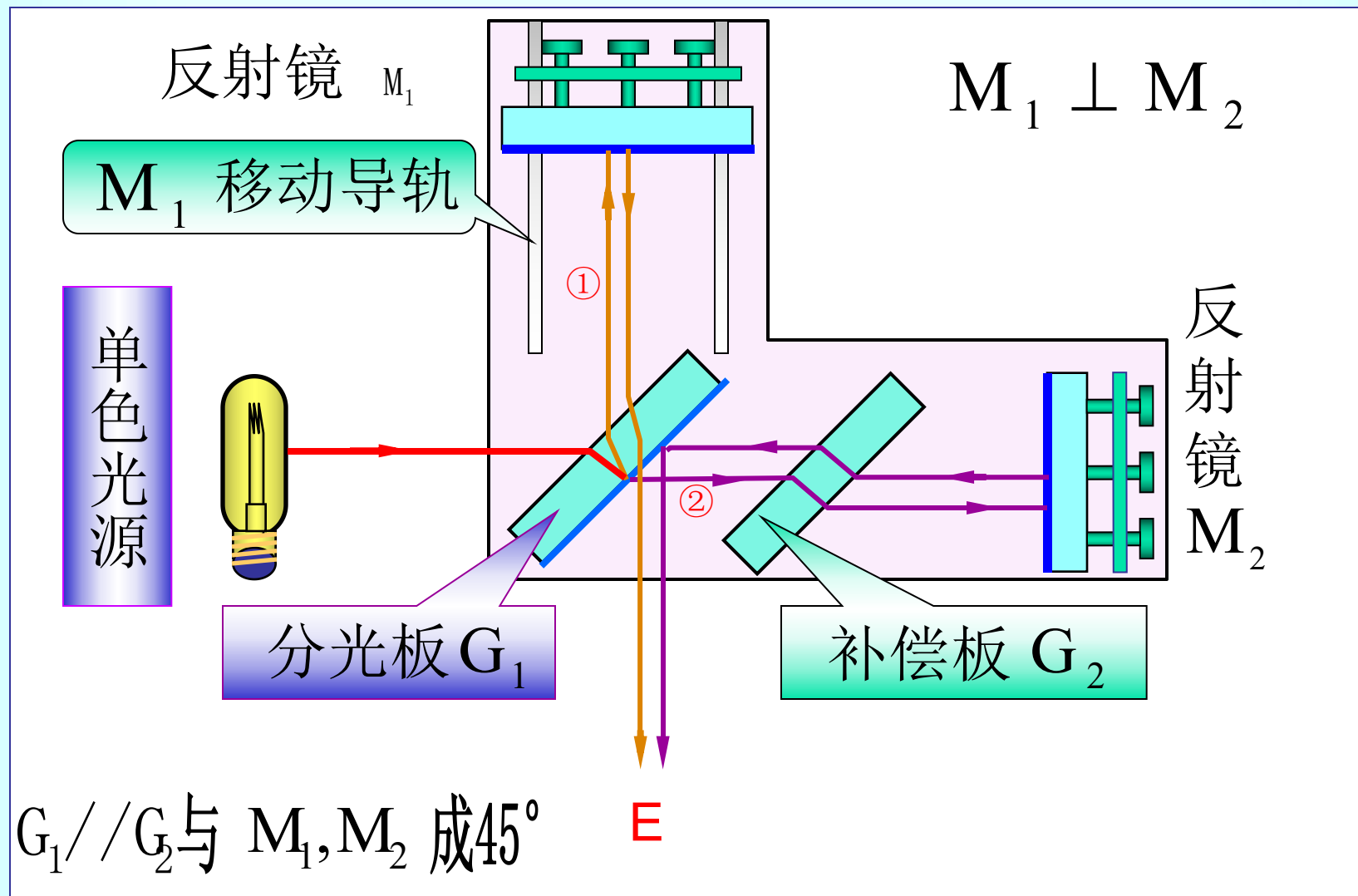
$$\lambda = \frac{2(\Delta d / 20)}{N}$$

N ，在本实验中为250

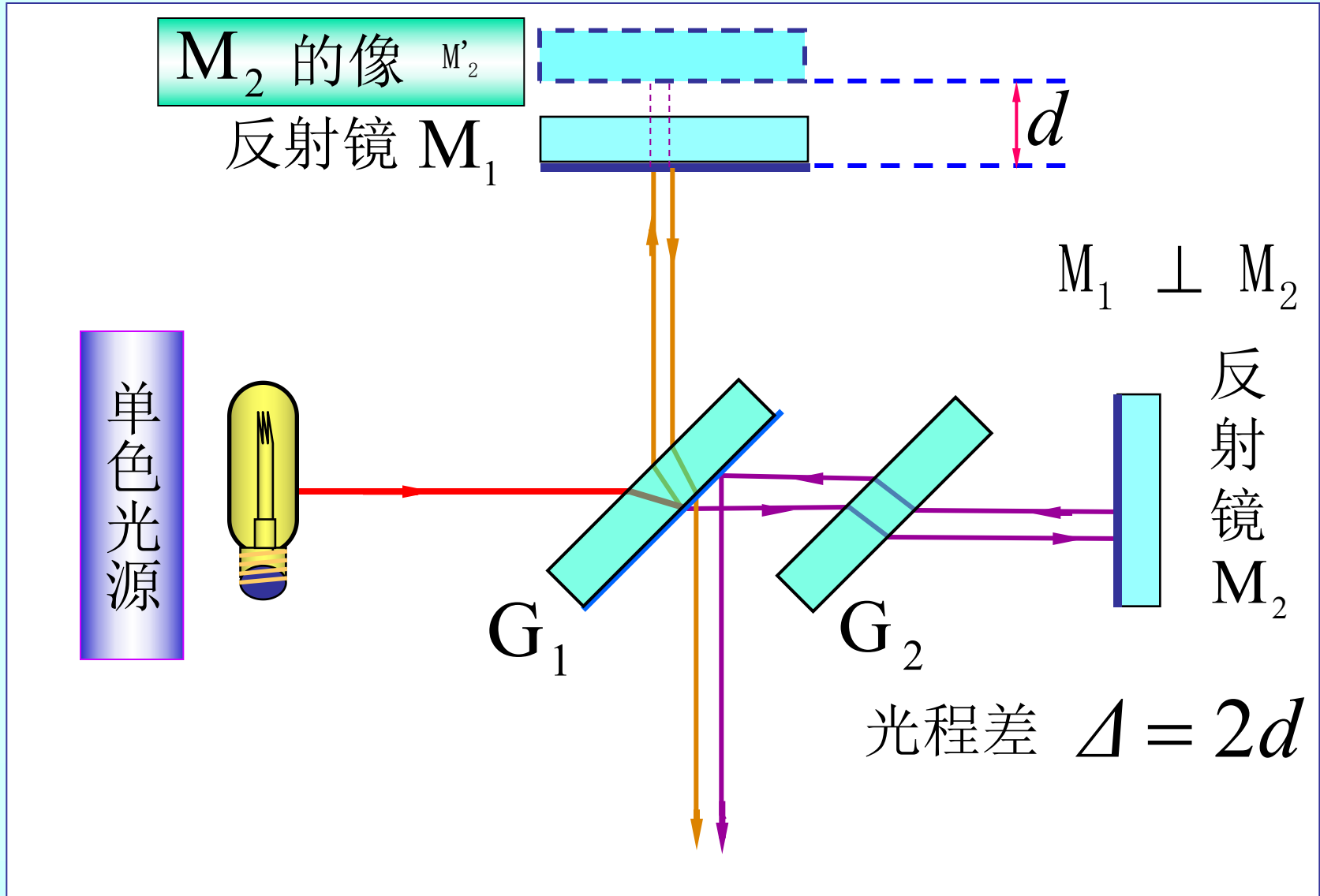
Δd ，为250级条纹改变的螺旋测微计读数的平均值

实验原理课外补充

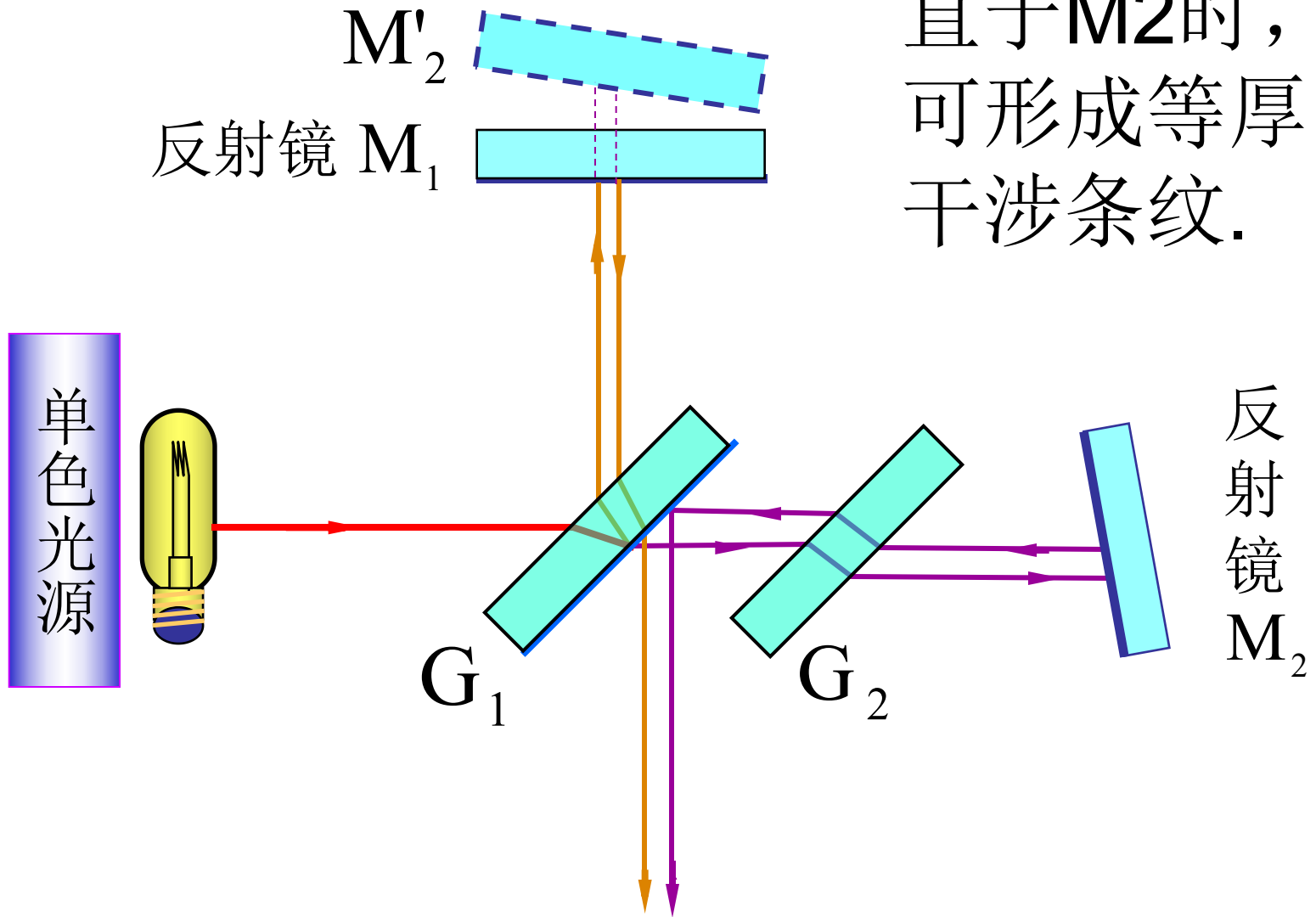
迈克耳逊干涉仪光路图



当 M_1 垂直于 M_2 时，可形成等倾干涉条纹。



当 M_1 不垂直于 M_2 时，
可形成等厚干涉条纹。



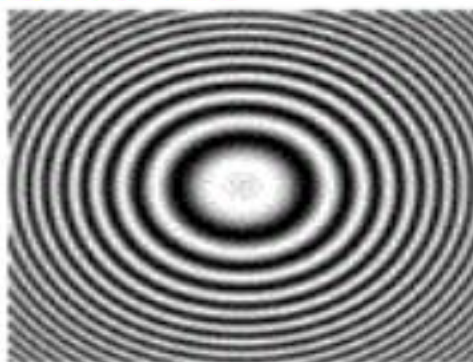
等倾干涉:厚度一定的薄膜，其光程差只由入射角决定，即干涉条纹只随入射角的变化而变化。

等厚干涉:对于厚度不均匀的薄膜（如楔形膜等），平行光入射，两次反射光将在薄膜表面附近相交而形成干涉条纹，这时的光程差由厚度决定。

干涉条纹特点：具有相同入射角的光线与薄膜表面交点的轨迹对应干涉条纹的相同级次。

点光源垂直照明：同心圆环条纹

扩展光源垂直照明：无限多个点源产生的位置重合的同心圆环条纹的强度和仍为同心圆环条纹——透镜总会把平行光会聚到同一点。



(b) 等倾干涉图样

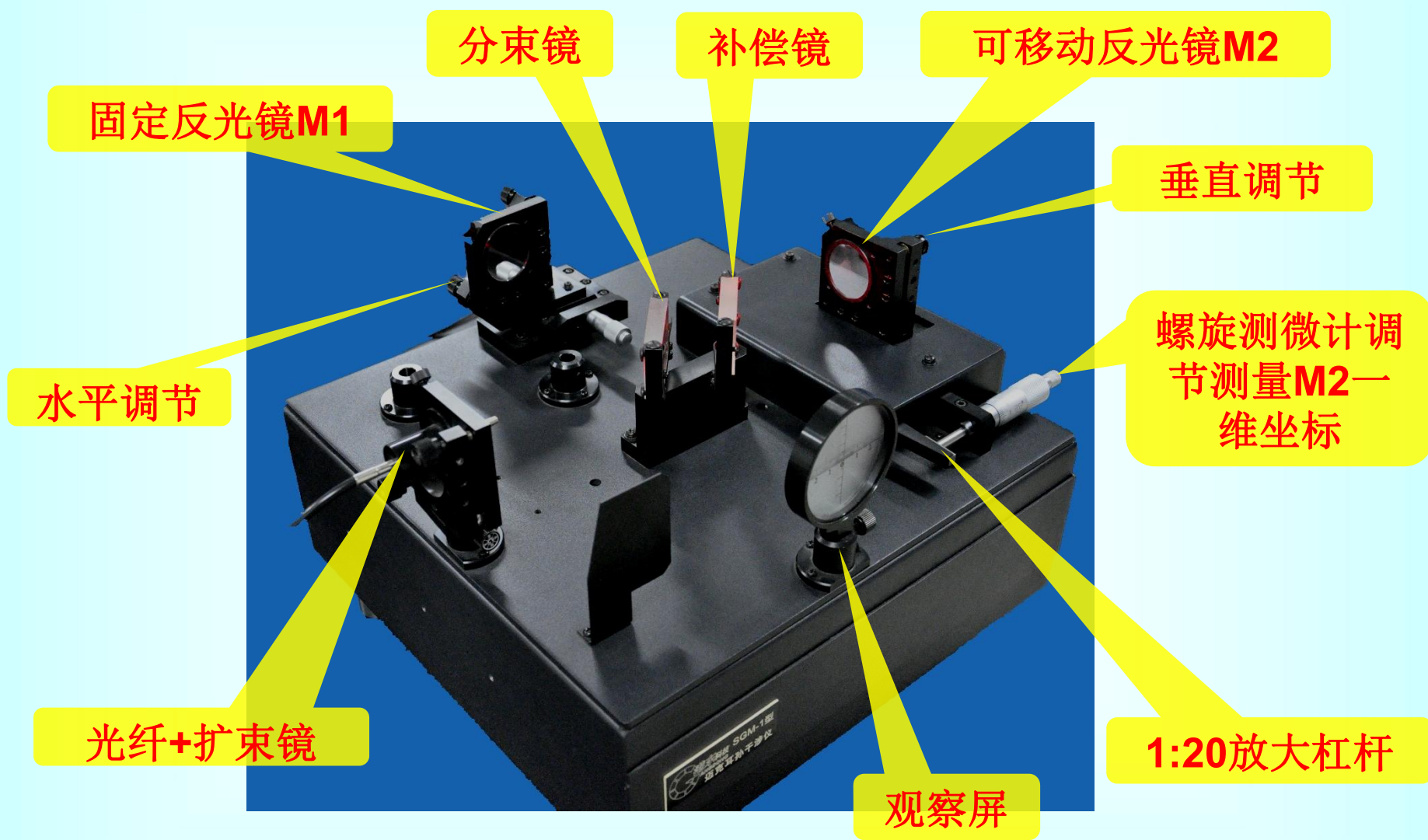
等倾干涉的特点

二、实验仪器

- 迈克耳逊干涉仪
- He-Ne激光器
- 7分束光纤+扩束镜



二、实验仪器



四、实验内容

● A、调节迈克耳逊干涉仪

- 打开激光器电源，调节激光器高低及位置，使激光束沿垂直定镜方向照射分束板；
- 取下观察屏，水平放置在仪器台面上；
- 降低视线高度，从观察屏水平向前观察经扩束镜扩束后的激光光束；
- 分别调节M1、M2反光镜背后的垂直调节旋钮和水平调节旋钮，使两光路反射的主光束（视野中，两组像点中最明亮的）两个光点初步重合；
- 进一步仔细微调这四个旋钮，直到视野中出现**闪烁**现象；
- 将观察屏放回原处，这时屏上就会呈现同心圆环状的非定域等倾干涉现象；**若只看到一大片红色光斑，无干涉条纹，则重复以上[2, 3, 4, 5]步骤。**
- 一边观察屏上的干涉图样，一边慢慢微调M2的调节旋钮，将干涉圆环的中央移至观察屏的十字中心；

四、实验内容

● B。测量前的准备

- 预设动镜M2初始位置：使其在10mm附近；
- 顺时针方向转动螺旋测微计，观察屏上干涉图样的变化，
- 连续旋转使螺旋测微计传动螺纹之间充分咬合联动；

四、实验内容

● C、实验测量过程

- 读取此时的螺旋测微计一维坐标读数 d_0 ，计入实验数据记录表格；
- 继续沿顺时针方向旋转螺旋测微计，从屏上的干涉图样的变化读数1, 2, 3, 4, 。 。 。 。 。 49, 50! 停止，并记录此时对应的螺旋测微计一维坐标读数 d_1 , 。 。 。 。 。
- 重复上述过程，每50级干涉条纹变化为一组，一共记录10组，分别读取螺旋测微计一维坐标读数 d_i
- 特别注意：上述过程中，一定要始终保持螺旋测微计的转动方向不变，不得反转！
- 特别注意：如果旋转过程中，出现干涉条纹漏计，实验数据将全部失效，只能全部重测！
- 特别注意：实验数据中，螺旋测微计一维坐标读数应为4位有效数字！

五、实验数据记录表格与数据处理

级数n	M2对应的坐标 读数 d_i (mm)	级数n	M2对应的坐标 读数 d_i (mm)	250级环螺旋测微计 示数差 Δd (mm)	绝对误差 $\Delta(\Delta d)$ (m m)
0	9.776	-	-	-	-
50		300			
100		350			
150		400			
200		450			
250		500			

注意：求变量的增量过程中，我们采用250级条纹变化，利用逐差法处理上述实验数据。

五、实验数据记录表格与数据处理

● 实验数据处理

$$\lambda = \frac{2 (\Delta d / 20)}{N}$$

N, 在本实验中为250

Δd , 为250级条纹改变的螺旋测微计读数的平均值

$$\lambda_{\text{测}} = \lambda \pm \Delta\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}} \text{ (nm)}$$

$$\lambda_{\text{理论}} = 623.8 \text{ nm}$$

$$\text{估算 } E = [(\lambda_{\text{测}} - \lambda_{\text{理论}}) / \lambda_{\text{理论}}] \times 100\% = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

六、注意事项

- 未经扩束镜扩束的激光不能**直射入眼**；
- 迈克耳逊干涉仪是精密光学仪器，各光学表面必须保持清洁，严禁用手触摸；
- 调整时必须仔细、认真、小心，严禁用力过度，损坏仪器；
- 为了**避免引入螺纹传动机构的空程误差**，应将手轮按顺时针方向转几圈，直到螺纹充分咬合，干涉条纹开始均匀移动后，才可进入测量过程；
- 测量过程中，为了**避免回程误差**，微调手轮必须**单一方向转动**，严禁倒转；
- 实验报告要求内容完整，并在正规报告纸上书写；
- 实验完毕，**将激光器的开关关掉**（电源插头不需要拔），**整理仪器，一切复位。**