

13 实验 O-2 用牛顿环测定透镜的曲率半径

姓名: 林继申 学号: 2250758 成绩: 90 合作者: _____
 指导教师: _____ 实验编号: 周三 第1-2 节B 组15 号

一、实验目的

- 学会调节牛顿环装置，并观察牛顿环干涉现象。
- 掌握用牛顿环测定透镜的曲率半径的方法。
- 培养学生对误差的分析能力。

二、实验原理知识准备与预习自测

- 牛顿环中的干涉条纹属 等厚 (等厚, 等倾) 条纹。
- 干涉条纹中的亮线表示在此处光线相干 加强 (加强, 减弱); 干涉条纹中的暗线表示在此处光线相干 减弱 (加强, 减弱)。
- 在实验中, 由透镜的 下 (上, 下) 表面的反射光与平板玻璃的 上 (上, 下) 表面的反射光这两束光形成牛顿环图样。
- 实验中测得的牛顿环直径为 d_m 和 d_n , 所用光源的波长为 λ , 那么, 计算透镜的曲率半径公式为 $R = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda}$ 。

牛顿环原理及干涉条纹示意图参见图 13-1 和图 13-2。

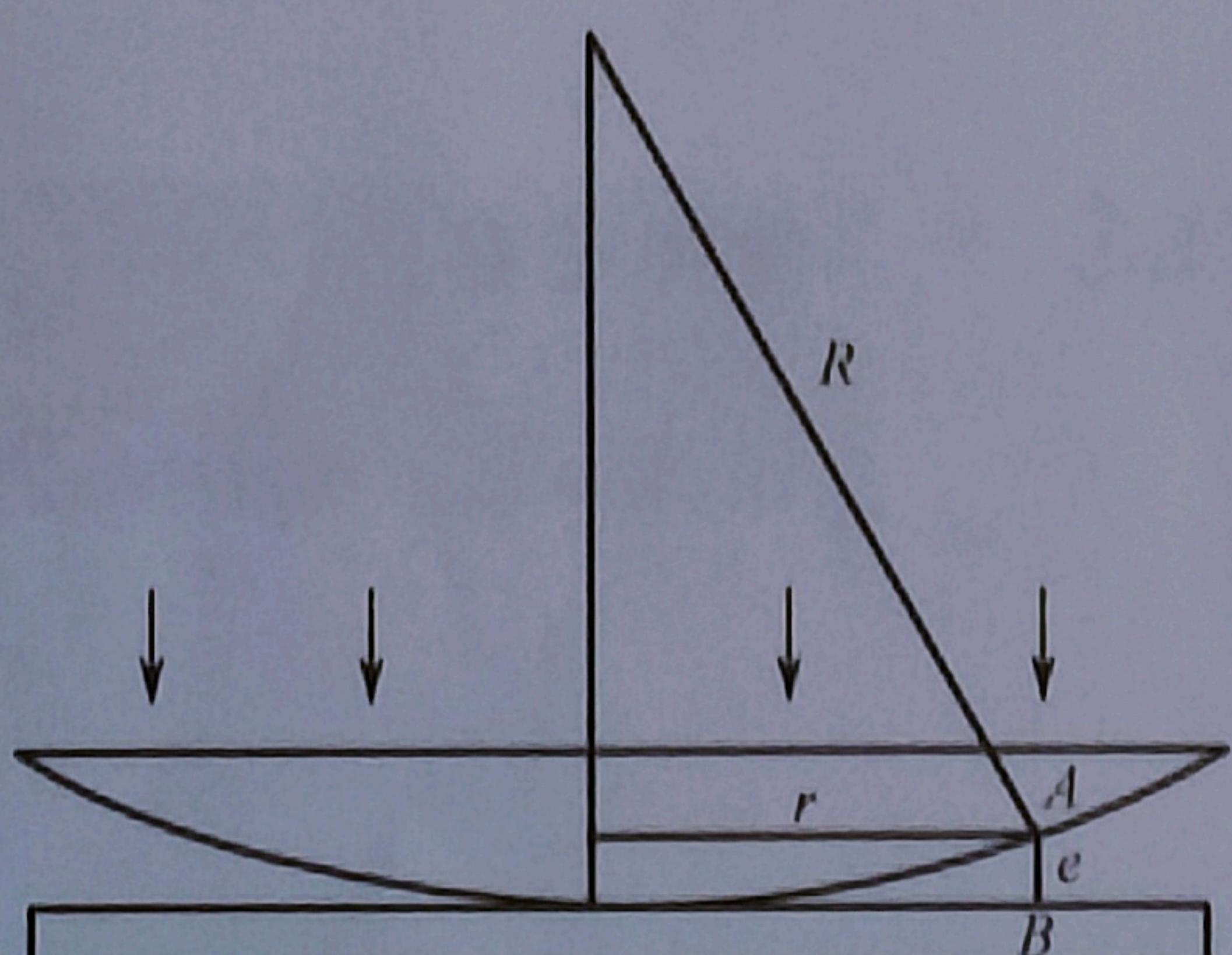


图 13-1 牛顿环原理示意图

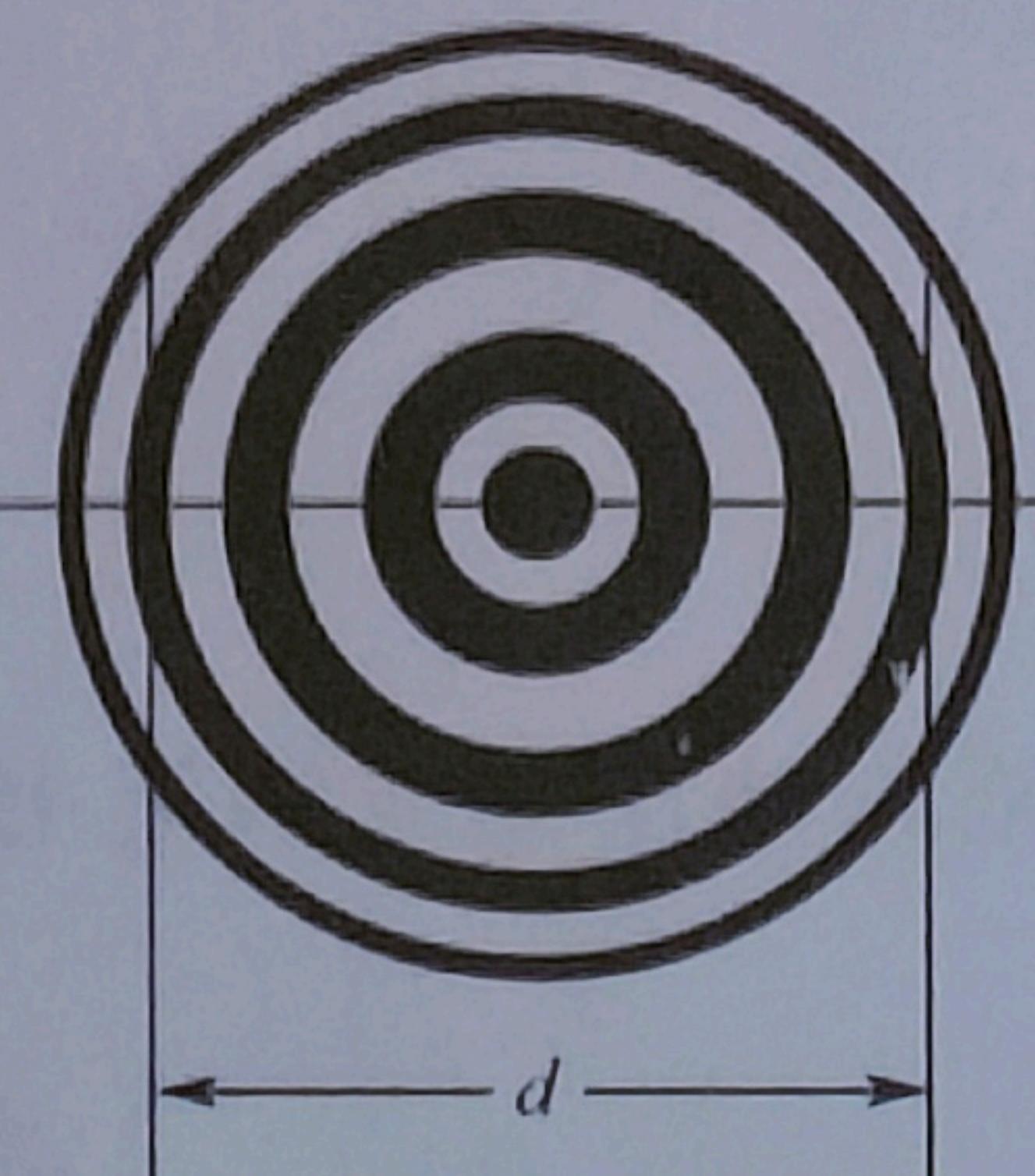


图 13-2 干涉条纹示意图

三、实验测量步骤

1. 读数显微镜外形图如图 13-3 所示。启动钠光灯，使显微镜物镜下的 45° 反光玻璃对准钠光灯，并与光源中心等高、靠近。

2. 在日光灯下调节牛顿环，使其零级暗斑最小，且居中。这样调节是为了达到 保护仪器并使牛顿环对称 目的。调节的方法是 均匀且很轻地调节装置上的三个螺丝

3. 看清十字准线，并校正其方向。调节的方法是 放松目镜筒止动螺丝，转动目镜筒，使十字丝横丝与外面读数标尺刻线平行

4. 将显微镜镜筒缓慢地自下而上升高，进行调焦，直至视场中看到清晰的干涉条纹。

5. 将调好的牛顿环装置置于物镜下方，移动牛顿环装置和转动读数鼓轮（即移动十字准线），使垂直叉丝与牛顿环相切，便调到能正确测量直径的状态。

6. 在测量中，镜筒应该向一个方向移动，避免空程误差。转动鼓轮从中心环往外数 33 环再退 3 环开始测量（读数时叉丝位于条纹中间，保持牛顿环装置及实验台稳定）。

7. 牛顿环的测量从第 21 环开始到第 30 环结束，共测量 10 环。测量过程中必须注意，测微鼓轮不得倒转，以保证单方向测量。

钠光灯的波长 $\lambda = 589.3$ nm。

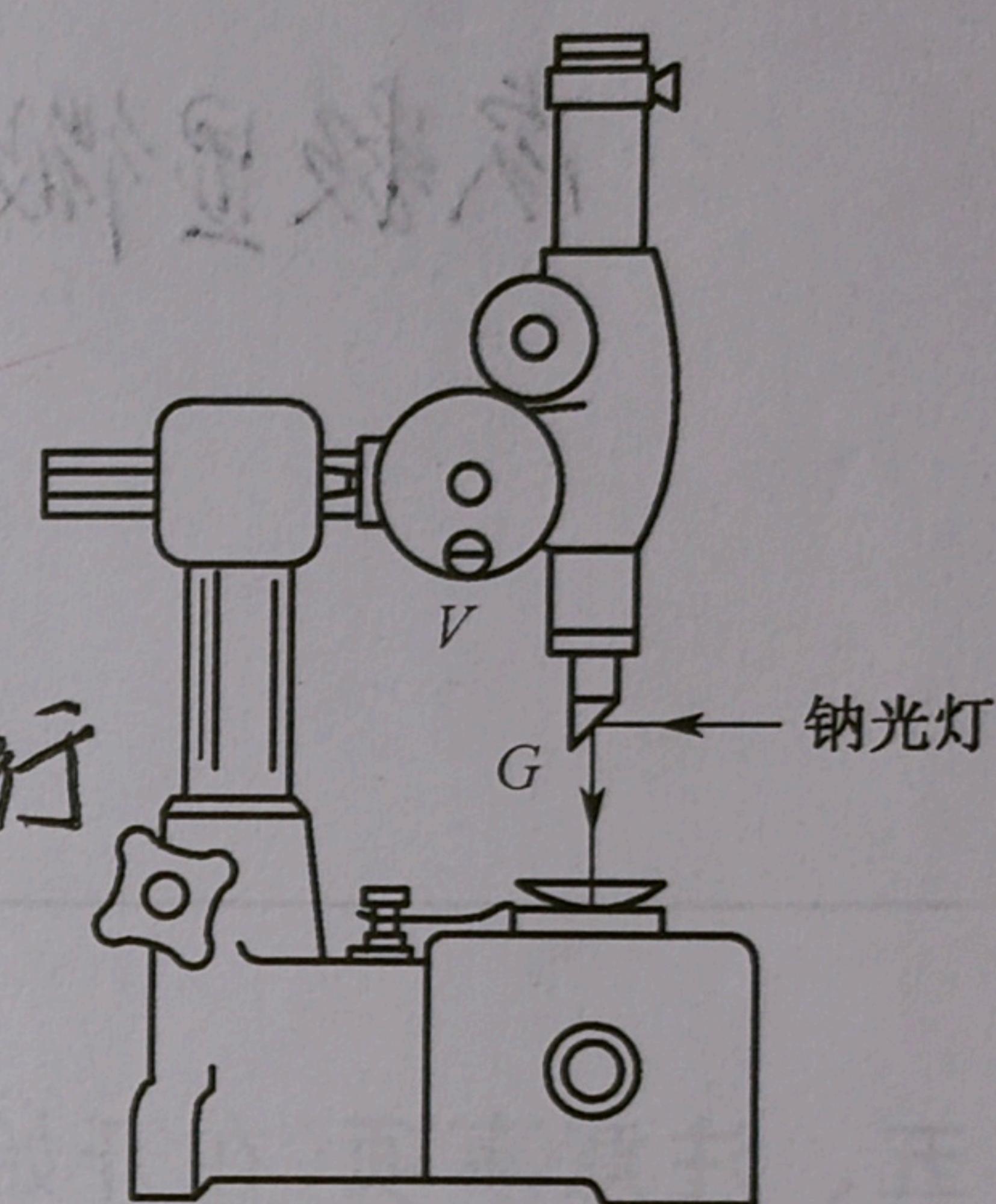


图 13-3 读数显微镜外形图

教师签名：

四、实验仪器

主要实验仪器名称	规格型号	仪器误差 $\Delta_{\text{仪}}$
读数显微镜	KF-JCD3	0.01 mm

五、注意事项(在开始实验操作前请仔细阅读以下说明)

1. 在测量中, 镜筒应该向一个方向移动。
2. 在测量中, 显微镜座和牛顿环装置不能移动。

六、实验现象观察与记录

1. 从干涉图样看出, 内圈干涉条纹 粗 (粗, 细); 外圈干涉条纹 细 (粗, 细)。
2. 牛顿环装置是由一块平凸透镜和一块平板玻璃组成, 离两块玻璃接触点越远处, 空气楔的间隙越 大 (大, 小)。

3. 实验数据记录

教师签名：

原始数据记录必须用圆珠笔或钢笔书写；经教师签名有效。

七、实验数据处理

		x_1/cm	x_2/cm	$d_i = x_1 - x_2 /\text{cm}$	d_i^2/cm^2	$d_m^2 - d_n^2/\text{cm}^2$ $(m-n) = 5$	R_{m-n}/cm
m	30	2.9271	4.1965	1.2694	1.6114	0.2653	225.1
	29	2.9390	4.1860	1.2470	1.5550	0.2613	221.7
	28	2.9493	4.1749	1.2256	1.5021	0.2631	223.2
	27	2.9600	4.1639	1.2039	1.4494	0.2648	224.7
	26	2.9715	4.1522	1.1807	1.3940	0.2589	219.7
n	25	2.9818	4.1420	1.1602	1.3461	平均值	
	24	2.9930	4.1304	1.1374	1.2937		
	23	3.0050	4.1181	1.1131	1.2390		
	22	3.0175	4.1059	1.0884	1.1846		
	21	3.0295	4.0949	1.0654	1.1351		

由上表可得曲率半径的平均值为: $\bar{R} = 222.9 \text{ cm}$

本实验仅用标准偏差进行误差计算:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n(n-1)}} = 1.0 \text{ cm}$$

$$E = \frac{\sigma_R}{\bar{R}} = 0.4 \%$$

实验结果表达式:

$$R = 222.9 \pm 1.0 \text{ (cm)}$$

$$E = 0.4 \%$$

八、实验分析与讨论

1. 误差来源与类别分析

①偶然误差：条纹的定位精度。

定位误差的大小在条纹宽度的 $1/5 \sim 1/10$

②系统误差：叉丝不平行的影响。

置微镜叉丝与置微镜移动方向不平行产生误差。

③偶然误差 / 系统误差：凸透镜的不稳定性。

由固定螺丝的松紧度不同造成。

2. 提高实验精度方法

①取级次较高的环进行测量。

②改直径测量为弦长测量。

③镜头加很薄的环形垫圈进行固定。

3. 关于实验原理的讨论

测量时不用公式 $R^2 = kR\lambda$ 原因。

①透镜凸面与平板玻璃表面并非理想的点接触，难以准确判断干涉圆环的圆心。

②像数显微镜目镜中的“十字叉丝”不易做到与干涉条纹严格相切。

③不影响实验结果，因为两个同心圆的直径的平方差等于弦的平方差。

九、思考题

1. 在测量中, 镜筒应该向一个方向移动, 是为了避免空程误差, 分析空程误差的来源。

答: 使用读数显微镜时, 应沿同一方向移动读数显微镜, 使叉丝对准各个目标, 由于螺纹间的啮合无法达到完美, 因此测距显微镜只能是从左向右移动, 这样右侧的螺纹就会一直紧贴, 从而达到消除空程误差的目的。物理实验仪器中齿轮结构中存在的间隙导致位移过程中, 只沿着单向移动时是稳定的。如果先向一侧传递位移, 再向另一侧传递位移, 则中间方向改变时, 由于齿隙的存在, 动力

2. 实验中采取哪些消除误差的方法?

答: ①关于条纹的定位精度, 定位误差大小在条纹宽度的 $1/5 \sim 1/10$ 。解决办法: 取级次较高的环进行测量。
 ②关于显微镜叉丝与显微镜移动方向不平行的影响: 显微镜叉丝与显微镜移动方向不平行产生的误差。解决办法: 改直径测量为弦长测量。
 ③关于凸透镜的不稳定性, 由固定螺丝的松紧度不同造成。解决办法: 镜间加很

3. 干涉图像中干涉加强和减弱的条件是什么?

答: 在空气薄膜前后两个表面发生反射的两列波相遇时的波程差是半波长的偶数倍, 叠加后加强出现亮条纹; 在空气薄膜前后两个表面发生反射的两列波相遇时的波程差是半波长的奇数倍, 叠加后减弱出现暗条纹。

4. 能否用牛顿环方法来测量小的曲率半径? 为什么?

答: 不能。由 $R = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(n-m)\lambda}$ 知, 当 R 较小时, $d_m^2 - d_n^2$ 较小, 从而 d 较小, 测距显微镜视野中牛顿环条纹较为密集, 无法观测。

十、实验拓展

如何用劈尖干涉测量两块平板玻璃间的角度?

首先用波长为 λ 的平行相干光照射劈尖形成等厚干涉

然后在表面数出若干条条纹。

用公式 $2n\Delta h = \Delta N \lambda$ 可以计算出 Δh

(n 为折射率, Δh 为高度差, ΔN 为条纹个数, λ 为光的波长)

然后测出条纹间距 L .

由直角函数可知 $\tan \theta = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\Delta N \lambda}{2n L}$

即 $\theta = \arctan \frac{\Delta N \lambda}{2n L}$ 为平板玻璃夹角。

教师签名:

3月12日