大学物理实验报告

第一部分（实验目的与原理）

学部（院）电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 ________ 成绩 ________

【实验名称】

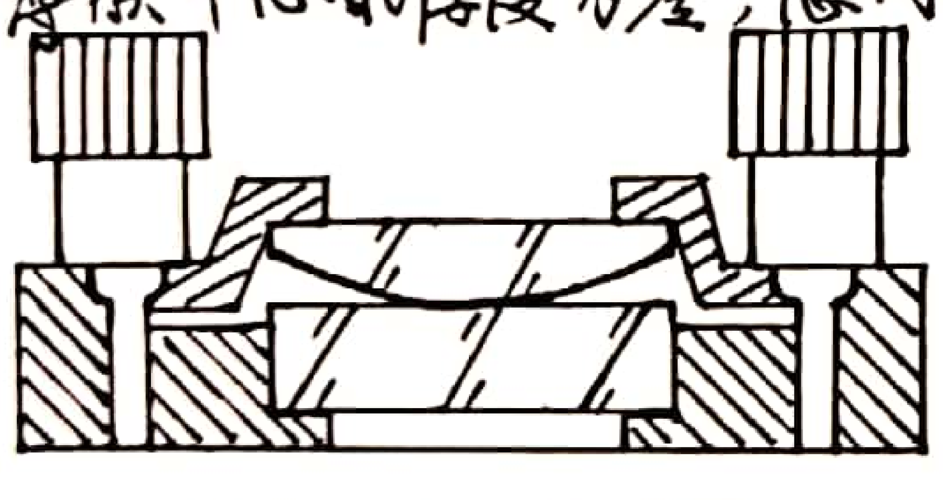
用牛顿环干涉测透镜的曲率半径

【实验目的】

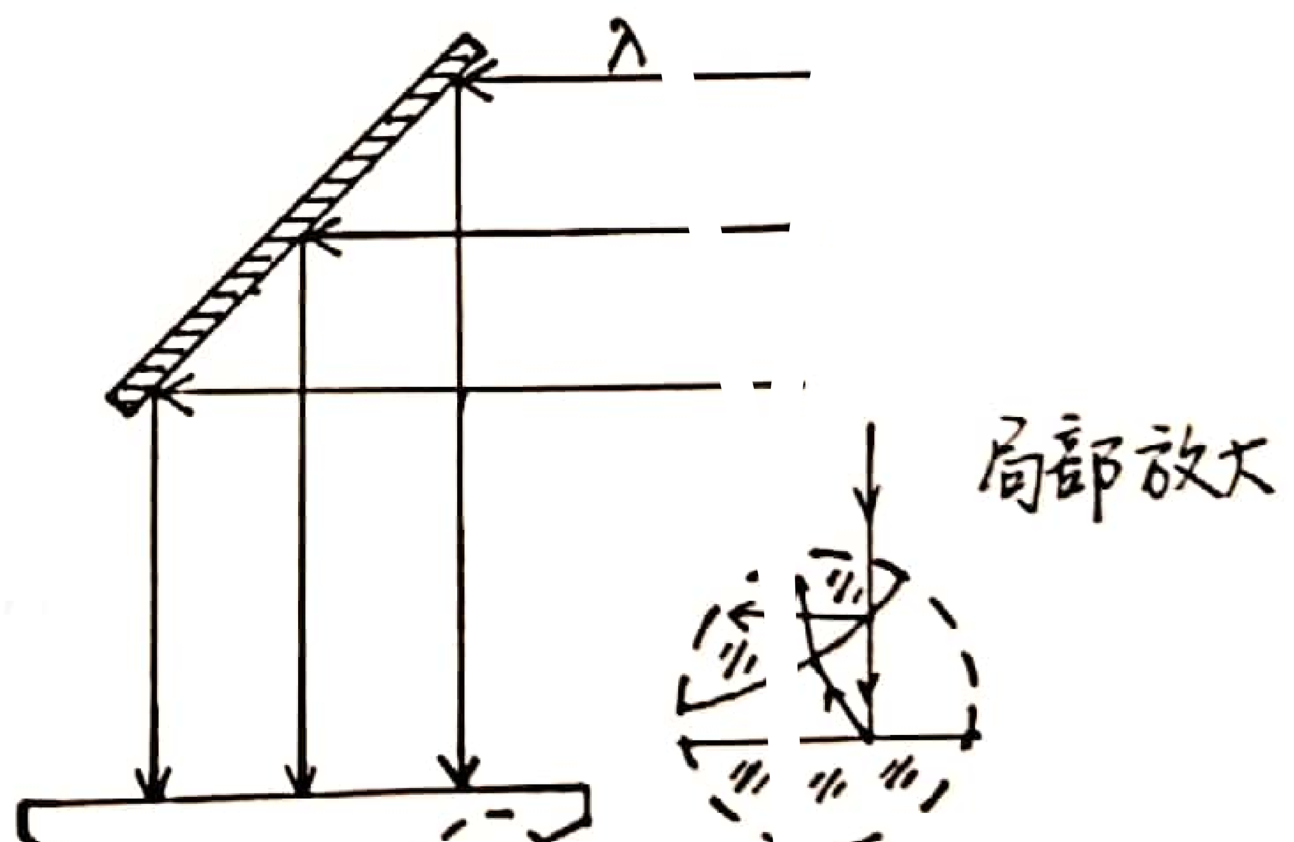
1. 掌握用牛顿环测定透镜曲率半径的方法
2. 通过实验加深对等厚干涉原理的理解

【实验原理】

牛顿环仪，是将一曲率半径很大的平凸透镜放在一磨光的平玻璃板上面，四周用金属框架固定。因此在透镜的凸面与平玻璃之间形成一个厚度随直径变化的空气薄膜，薄膜中心的厚度为零，愈向边缘愈厚，离中心点等距离的地方膜的厚度相同。

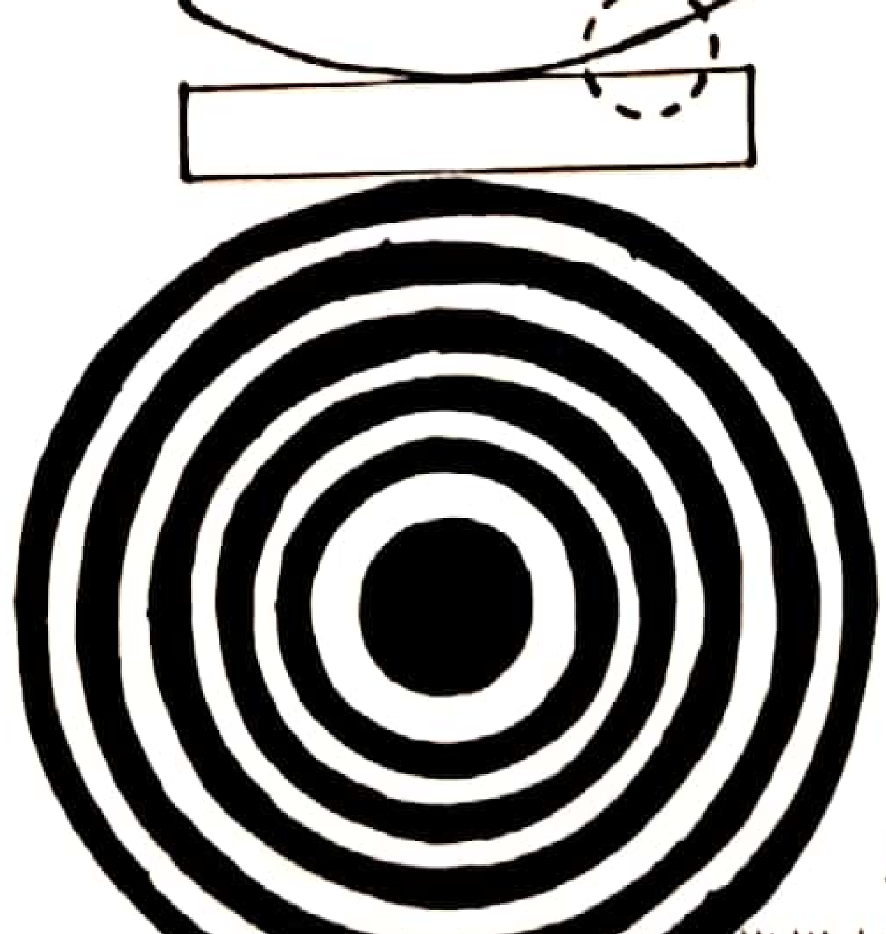


牛顿环仪剖面图



若用波长为λ的单色光投射到该装置上，则空气膜上下表面反射的光波将在空气膜附近相互干涉，形成干涉条纹。因光程差随空气膜厚度的变化而变化，所以是一种等厚干涉。

由于空气膜的厚度厚度自中心向外逐渐增大且旋转对称，因此干涉条纹是一组明暗相间的同心圆环。该干涉现象是牛顿最早发现的，因此称为牛顿环。



牛顿环

牛顿环干涉原理数学表达：

根据几何原理，m级干涉环的半径r_m为：

$r_m^2 = R^2 - (R-h)^2 = 2Rh - \underbrace{h^2}_{小量,略去}$

得到：$h = r_m^2/2R$

$\Delta = 2h + \underbrace{\frac{\lambda}{2}}_{上表面反射光的光波损失} = \begin{cases} m\lambda & 亮纹 \\ (m+\frac{1}{2})\lambda & 暗纹 \end{cases}$

由上式可知，干涉环的直径r_m与$\sqrt{m}$成正比，因此m越大条纹的半径差就越小，即条纹越来越密，是非线性等厚干涉。

因此，m级干涉环暗条纹的半径为：

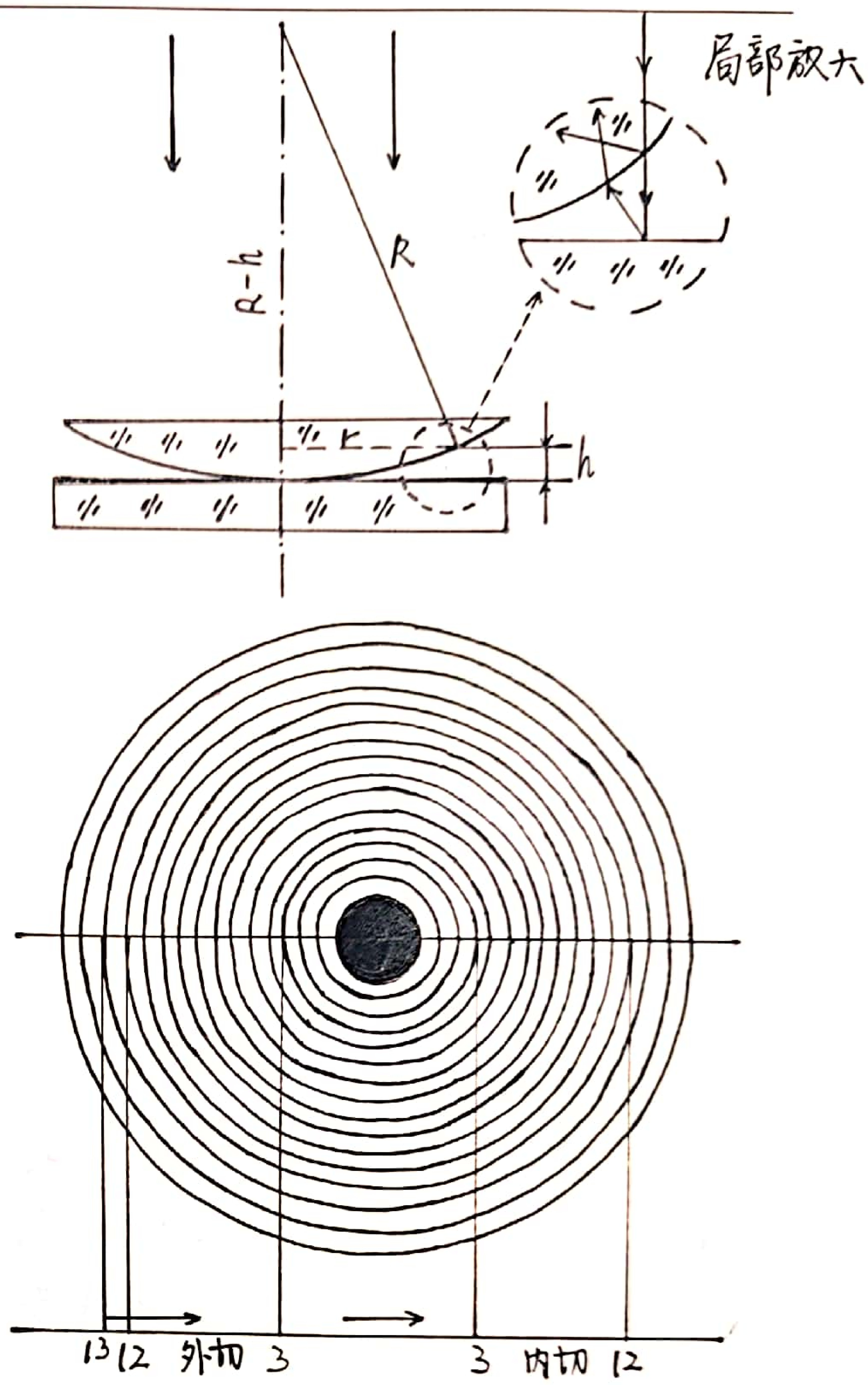
$r_m^2 = mR\lambda$

$\Rightarrow r_m^2 - r_n^2 = (m-n)R\lambda$

$\Rightarrow R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda} = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda}$

$m-n=5$. $\lambda = 589.3nm$

实验中连续测量10个暗环的直径，然后用逐差法计算透镜的曲率半径



【实验仪器】

牛顿环仪、读数显微镜、低压钠灯、垫台

大学物理实验报告

第二部分（实验记录）

学部（院）电子信息学院 姓名乔洪煜寒 学号2028410073 专业电科

实验日期 ______ 成绩 ______

【原始实验数据及实验现象记录】

	d_1(mm)	d_2(mm)	d(mm)	$d_m^2-d_n^2$(mm^2)	R(m)
1	26.050	20.838	5.212	10.339	
2	25.948	20.946	5.002	10.338	
3	25.832	21.048	4.784	10.170	
4	25.725	21.160	4.565	10.342	
5	25.610	21.274	4.336	10.402	
6	25.488	21.386	4.102	$\bar{R}$ = ____ m	
7	25.358	21.526	3.832		
8	25.228	21.662	3.566	$R=\frac{d_m^2-d_n^2}{4(m-n)\lambda}$	
9	25.075	21.835	3.240	$m-n=5$	
10	24.908	22.010	2.898	$\lambda=589.3nm$	

大学物理实验报告

第三部分（实验方法与结果讨论）

学部（院）电子信息学院 姓名乔洪煜寒 学号2028410073 专业电科

实验日期 ________ 成绩 ________

【实验方法及步骤】

1.打开钠光灯电源开关，调整牛顿环。

①移开仪器罩，打开钠光灯电源开关，预热几分钟使之正常发光。

②借助室内灯光，用手拿着牛顿环仪的边框，并均匀调节牛顿环仪的3个螺丝，用眼睛直接观察，直至干涉条纹为圆环形且位于透镜的中心。

2.在读数显微镜中调节出清晰的牛顿环干涉条纹。

①调节显微镜的读数手轮，使镜筒大致位于读数标尺中央，并调节目镜，在目镜中看到清晰的十字叉丝像，无视差。

②将牛顿环仪放在显微镜镜筒下方工作台的毛玻璃上，使干涉圆环位于镜筒下端物镜的正中心。

③适当移动钠光灯的位置，在目镜中观察视场的亮度使整个视场均匀且较亮，颜色呈黄色。（物镜上的反射玻璃片角度已调好，不可随意调节）

④转动显微镜的调焦手轮，对牛顿环仪的干涉圆环聚焦。先将镜筒下降，玻璃片接近牛顿环装置但不能碰上，然后缓缓上升，直至在目镜中看到清晰的十字叉丝和明暗相间的干涉圆环。

3.测量干涉圆环的直径。（以测量十个暗条纹为例）

①适当微微移动牛顿环仪，如右图所示，使牛顿环的圆心位于十字叉丝的交点上。

②松开目镜紧固螺丝，转动目镜使叉丝的横丝与标尺平行，即与镜筒移动方向平行并消除视差。

③转动读数手轮，使镜筒向左移动，同时数环的级数，一直移动到第13暗环为止。

④倒转读数手轮，使十字叉丝依次与第12,11,…,3级暗环相外切，分别记录下对应的镜筒所在位置的读数。

⑤继续转动读数手轮，使十字叉丝越过圆心，再依次与3,4,…,12级暗环相内切，分别记录下对应的镜筒所在位置的读数。

⑥计算各环的直径，分别求透镜的曲率半径，并计算其平均值。

【实验数据处理及实验结果】

	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d (mm)	$d_m^2-d_n^2$ (mm^2)	R (m)
1	26.050	20.838	5.212	10.339	0.877
2	25.948	20.946	5.002	10.338	0.877
3	25.832	21.048	4.784	10.170	0.863
4	25.725	21.160	4.565	10.342	0.877
5	25.610	21.274	4.336	10.402	0.883
6	25.488	21.386	4.102	$\bar{R}=0.875$ m	
7	25.358	21.526	3.832		
8	25.228	21.662	3.566	$R=\frac{d_m^2-d_n^2}{4(m-n)\lambda}$ $m-n=5$ $\lambda=589.3$ nm	
9	25.075	21.835	3.240		
10	24.908	22.010	2.898		

A类：$S_{\bar{R}}=\sqrt{\frac{\Sigma(R_i-\bar{R})^2}{n(n-1)}}=3.317\times10^{-3}$ m

B类：$\sigma_R=\frac{\Delta_{R.仪}}{\sqrt{3}}=\frac{0.004\,mm}{\sqrt{3}}=2.309\times10^{-6}$ m

$u_{c,R}=\sqrt{S_{\bar{R}}^2+\sigma_R^2}=3.317\times10^{-3}$ m

$\frac{u(R)}{R}=\sqrt{\left(\frac{u_{c,R}}{R}\right)^2}=3.790\times10^{-3}$

$u(R)=4\times10^{-3}$ m

$R=\bar{R}\pm u(R)=(0.875\pm0.004)$ m

【问题讨论】

(1) 在测量牛顿环各干涉环的直径时，若叉丝交点不是准确地通过圆环的中心，则测量的是弦长而非真正的直径。这对实验结果是否有影响？为什么？

答：无影响。设弦长为L，弦心距为d_0，则$\left(\frac{L}{2}\right)^2=R^2-d_0^2$，$L_m^2-L_n^2=4R_m^2-4R_n^2=d_m^2-d_n^2$，故$d_m^2-d_n^2$的值不受影响，又$R=\frac{d_m^2-d_n^2}{4(m-n)\lambda}$，所以$R$值不受影响

(2) 为什么相邻两暗环（或亮环）的间距，靠近中心的要比边缘的大？

答：$r(k)^2=k\lambda R$．$r(k+1)^2=(k+1)\lambda R$．

两式相减得 $r(k+1)^2-r(k)^2=\lambda R$

条纹间距：$\Delta r=r(k+1)-r(k)=\frac{\lambda R}{r(k)+r(k+1)}$

故Δr随r的增大而减小