

大学物理实验

光的等厚干涉及应用

引言

实验目的

实验原理

实验仪器

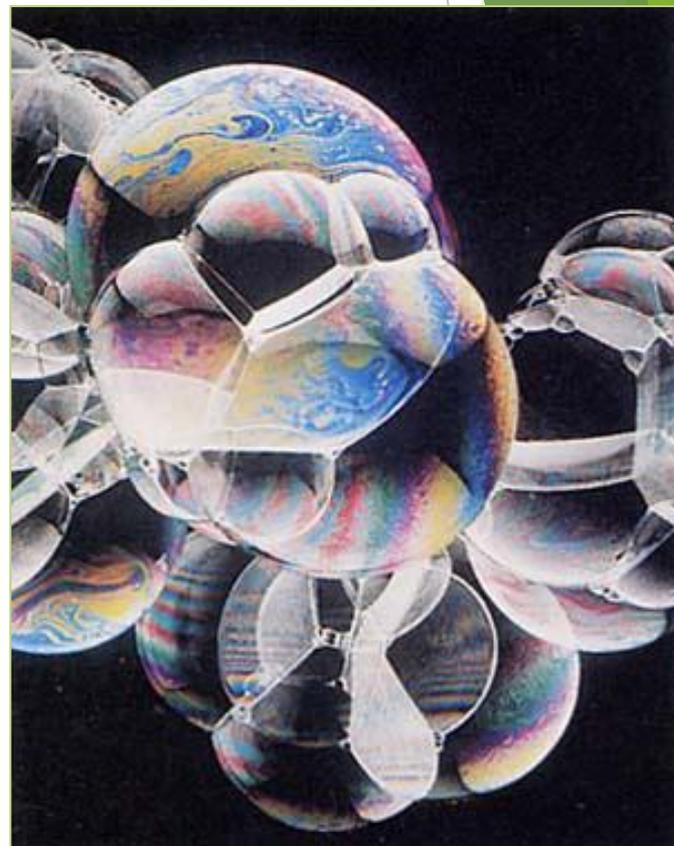
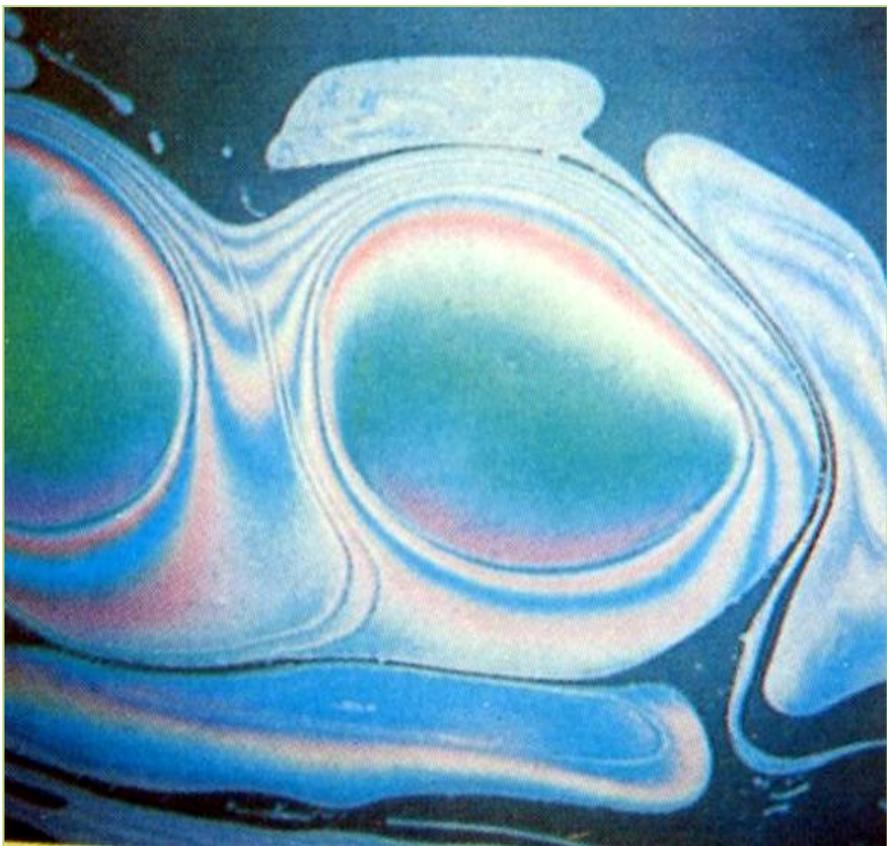
实验内容

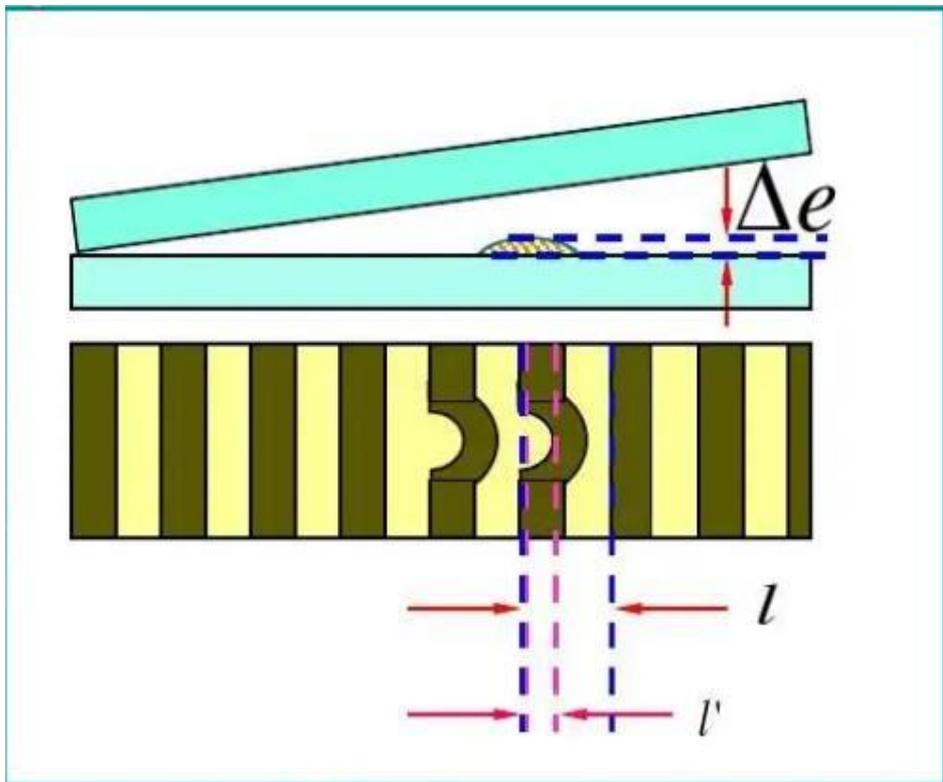
引言

等厚干涉简介

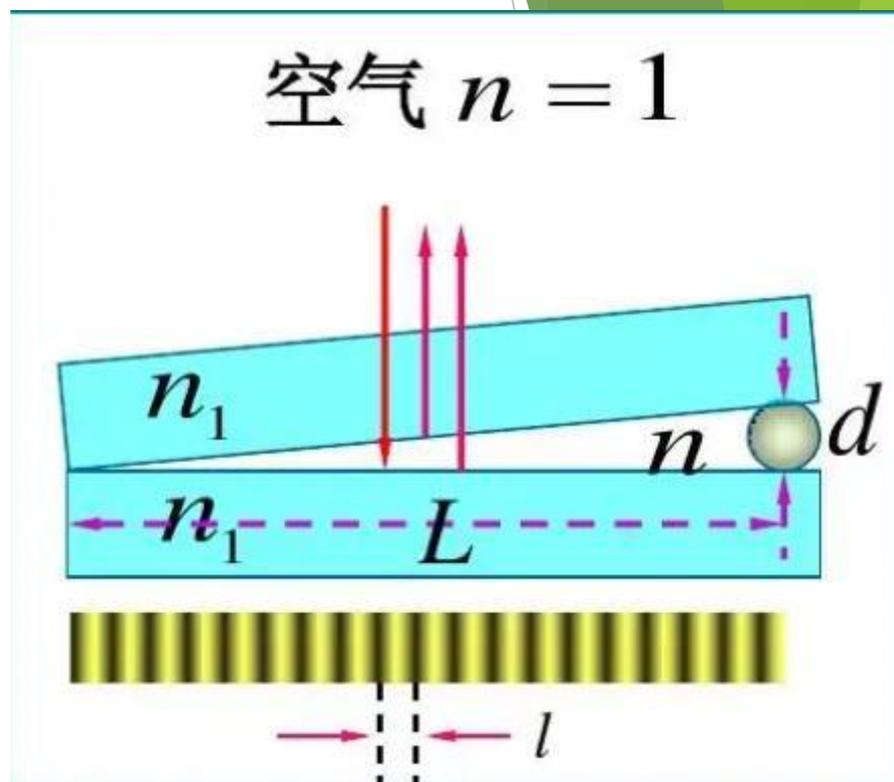
- ▶ 在物理学中，干涉是指满足一定条件的两列相干光波相遇叠加，在叠加区域某些点的光振动始终加强，某些点的光振动始终减弱，即在干涉区域内振动强度有稳定的空间分布。
- ▶ 第一个干涉现象，即薄膜产生的彩色，是由玻意耳（R.Boyle, 1627—1691）和胡克（R.Hooke, 1635—1703）各自独立发现。
- ▶ 等厚干涉在生产生活实践中有很大的应用，例如测量光波波长、精确地测量微小物体的长度、厚度以及角度、检测工件表面的光洁度和平整度（牛顿环）等。

薄膜干涉





检验光学表面的平整度



测细丝的直径

牛顿环

- ▶ 牛顿环又称“牛顿圈”，是光的一种干涉图样，是牛顿在1675年首先观察到的。
- ▶ 牛顿环装置常用来检验光学元件表面的准确度。如果改变凸透镜和平板玻璃间的压力，能使其间空气薄膜的厚度发生微小变化，条纹就会移动。用此原理可以精密地测定压力或长度的微小变化。
- ▶ 牛顿环实验成为光的波动说的有力证据之一。并且在19世纪初，英国科学家托马斯·杨用光的波动说完满地解释了牛顿环实验。

牛顿环发现过程

牛顿环是牛顿在1675年制作天文望远镜时，偶然将一个望远镜的物镜放在平板玻璃上发现的。牛顿环是一种典型的等厚干涉，是**分振幅法**产生的定域干涉。

牛顿环的应用

- ▶ 利用牛顿环测量光反射位相差
- ▶ 用钠光灯测量平凸透镜曲率半径
- ▶ 测量钠光波长
- ▶ 光的干涉测定脉冲激光溅射产物的角分布

实 验 目 的

- ✦ 观察光的等厚干涉现象。
- ✦ 学习用牛顿环测量球面曲率半径。
- ✦ 学会使用钠光灯及读数显微镜。



实验原理

利用透明薄膜上下两表面对入射光的依次反射，入射光的振幅将被分解成有一定光程差的几个部分。若两束反射光相遇时的光程差取决于产生反射光的透明薄膜厚度，则同一干涉条纹所对应的薄膜厚度相同，这就是等厚干涉。

1. 牛顿环

将一块平凸透镜的凸面放在一块光学平板玻璃上，因而在它们之间形成以接触点 O 为中心向四周逐渐增厚的空气薄膜，离 O 点等距离处厚度相同。如图1(a)所示。当光垂直入射时，其中有一部分光线在空气膜的上表面反射，一部分在空气膜的下表面反射，因此产生两束具有一定光程差的相干光，当它们相遇后就产生干涉现象。由于空气膜厚度相等处是以接触点为圆心的同心圆，即以接触点为圆心的同一圆周上各点的光程差相等，故干涉条纹是一系列以接触点为圆心的明暗相间的同心圆，如图1(b)所示。这种干涉现象称为牛顿环。

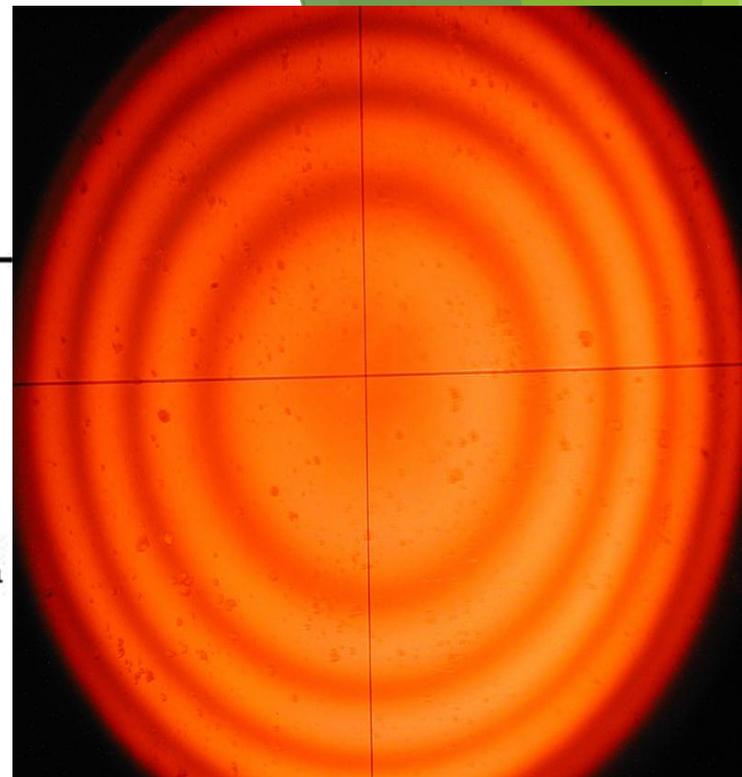
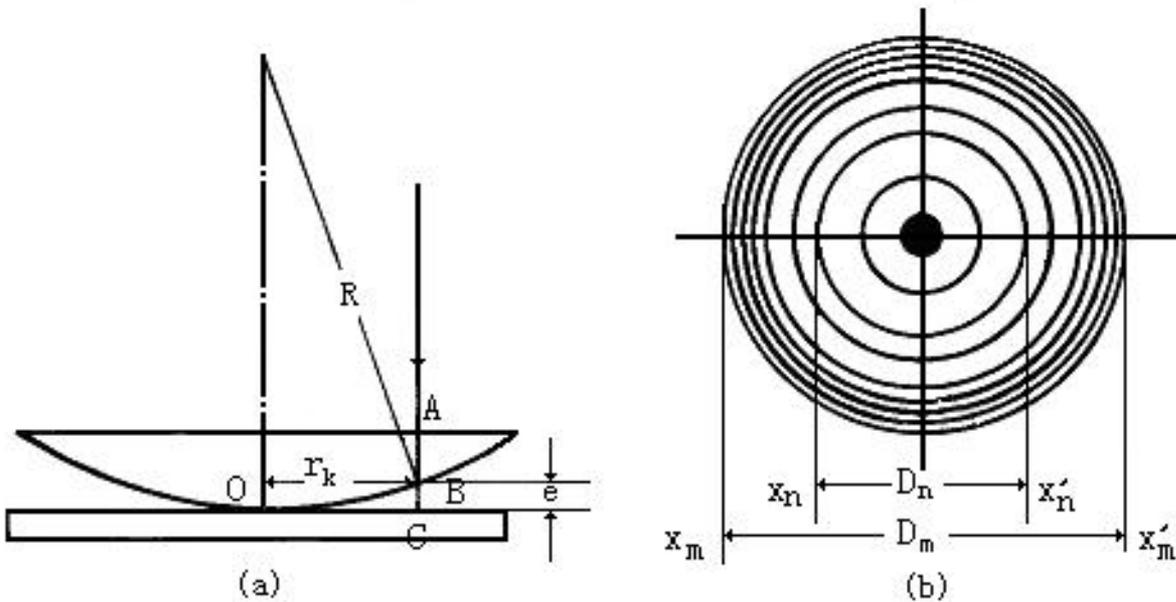


图1 牛顿环及其形成的光路示意图

由光路分析可知，第k级条纹对应的两束相干光的光程差为

$$\delta_k = 2e + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

由图1可知

$$R^2 = r^2 + (R - e)^2$$

简化上式，并由于 $e \ll R$ ，略去二级小量 e^2 得

$$e = \frac{r^2}{2R} \quad (2)$$

将(2)式代入(1)式得

$$\delta_k = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

由干涉条件可知，当干涉条纹是暗条纹时

$$\delta_k = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

于是得 $r^2 = kR\lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (4)$

由(4)式可知，若入射光波长 λ 已知，测出各级暗环的半径，则可算出曲率半径R。

但实际观察牛顿环时发现，牛顿环的中心不是理想的一个接触点，而是一个不甚清晰的暗或亮的圆斑。其原因是透镜与平玻璃板接触处，由于接触压力引起形变，使接触处为一圆面；又因镜面上可能有尘埃存在，从而引起附加的光程差。设由以上引入的附加厚度为 a ，则 $r^2 = kR\lambda \pm 2Ra$ 因此用两个暗环的半径 r_m 和 r_n 的平方差来计算 R ，则可消除附加程差引入的误差。由上式可得：

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

又因为暗环圆心不易确定，故可用暗环的直径代替半径，得：

$$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda} \quad (5)$$

实验仪器

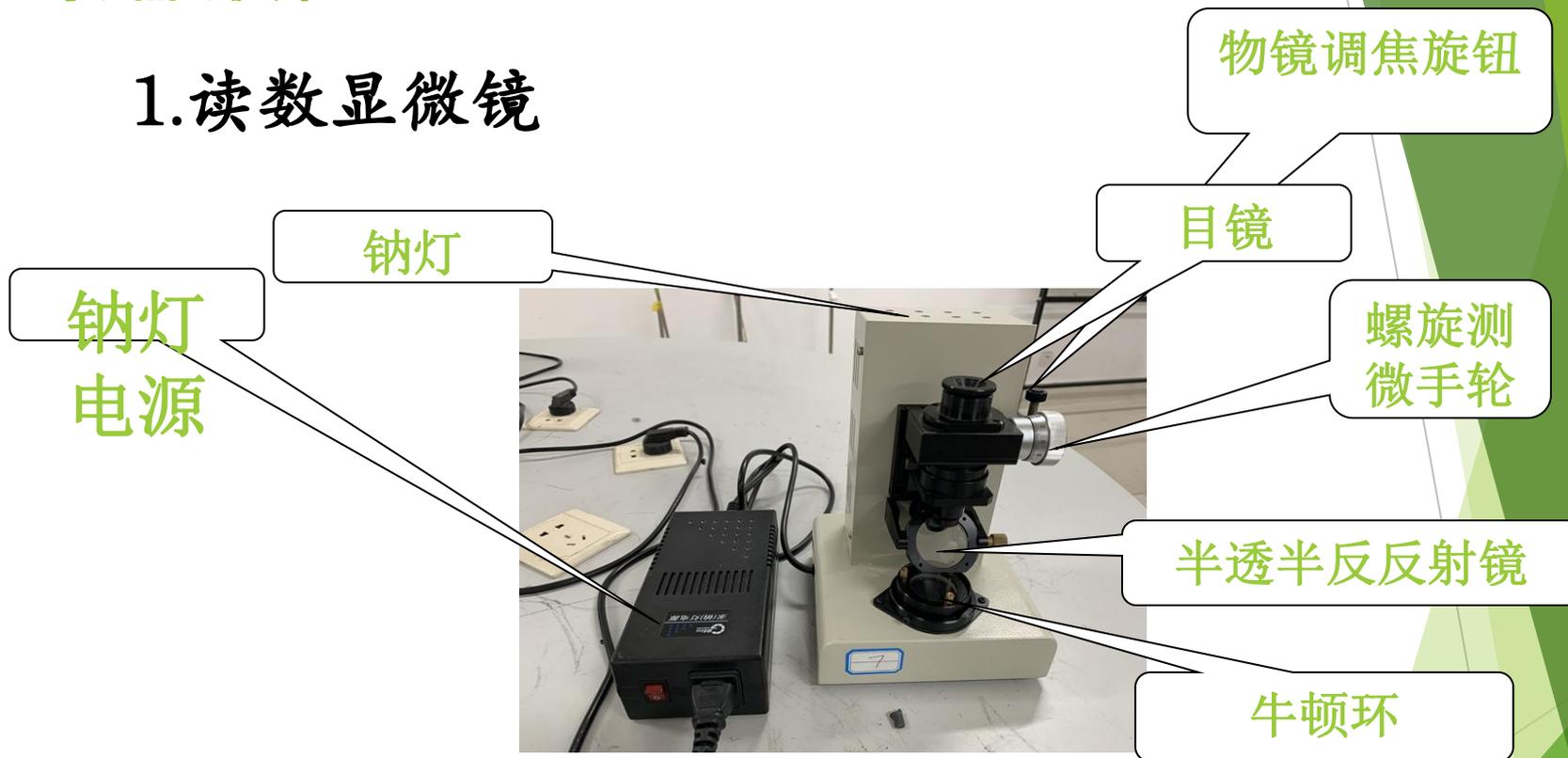
读数显微镜

牛顿环装置

钠光灯

仪器简介

1. 读数显微镜



2. 牛顿环装置

牛顿环装置是由平凸透镜L和磨光的平玻璃板P叠合装在金属框架F中构成（图3）。框架边上三个螺旋H，用以调节L和P之间的接触，以改变干涉环纹的形状和位置。调节H时，螺旋不可旋得过紧，以免接触压力过大引起透镜弹性形变，甚至损坏透镜。

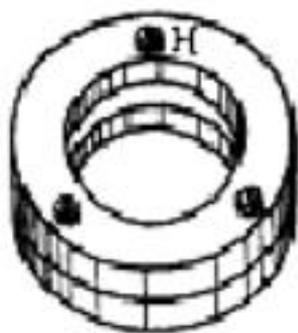
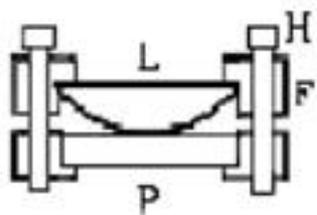


图3 牛顿环装置

实验内容

1. 根据牛顿环测量透镜的曲率半径

(1) 按图4安放实验仪器。

(2) 调节牛顿环仪边框上三个螺旋，使在牛顿环仪中心出现一组同心干涉环。将牛顿环仪放在显微镜的平台上，调节 45° 玻璃板，以便获得最大的照度。

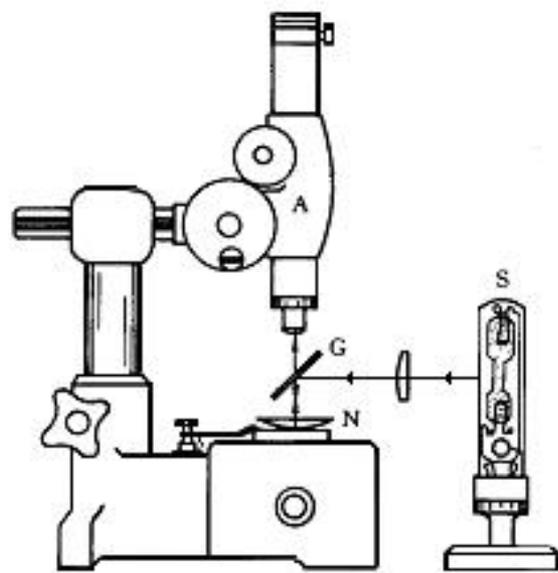


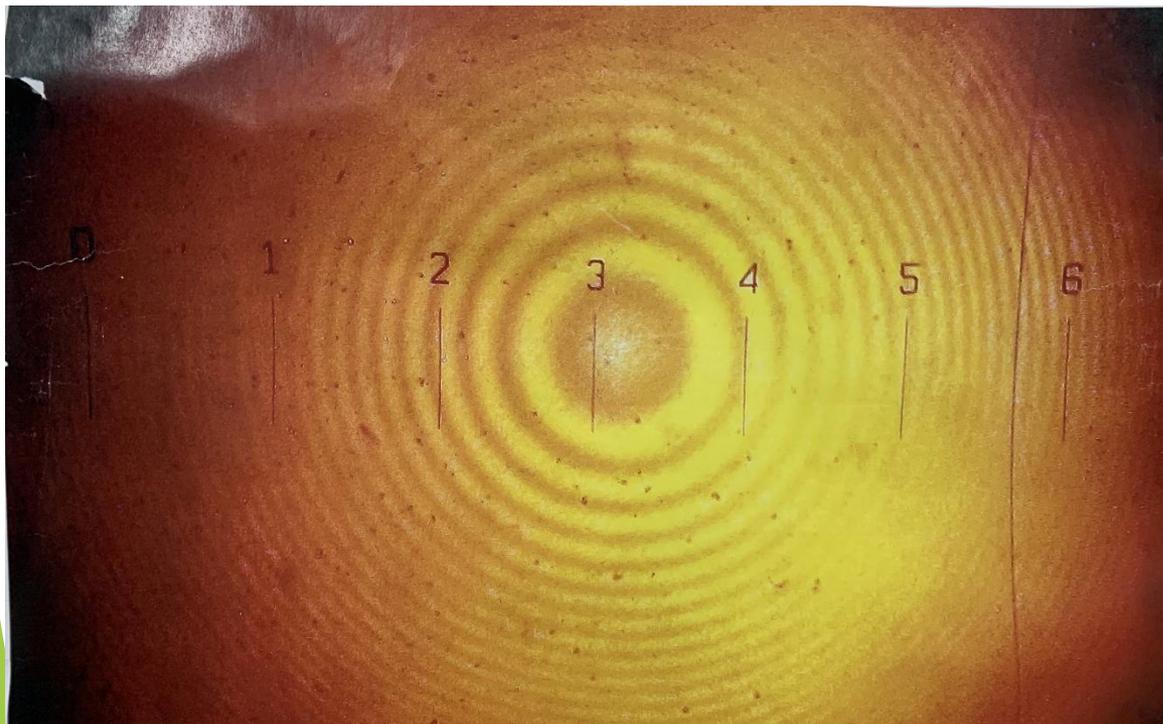
图4 实验装置图

(3) 调节读数显微镜调焦手轮，使显微镜筒自下而上缓慢地上升，直至在显微镜内能看到清晰的干涉条纹的像。适当移动牛顿环位置，使干涉条纹的中央暗区在显微镜叉丝的正下方，观察干涉条纹是否在显微镜的读数范围内，以便测量。

(4) 转动测微鼓轮，先使镜筒由牛顿环中心向左移动，顺序数到第31暗环，再反向至第30暗环并使竖直叉丝对准暗环中间，依次测量各暗环左右两侧的位置，将数据填入表中。在整个测量过程中，鼓轮只能沿同一个方向旋转，中途不能倒转。显然，某环左右位置读数之差即为该环的直径。用逐差法求出 R ，并计算误差。

读数显微镜的读数方法

主尺的分度值为1mm，测微鼓轮共有100个刻度，其份度值为0.01mm，可估读到0.001mm。



主尺

5mm



测微鼓轮

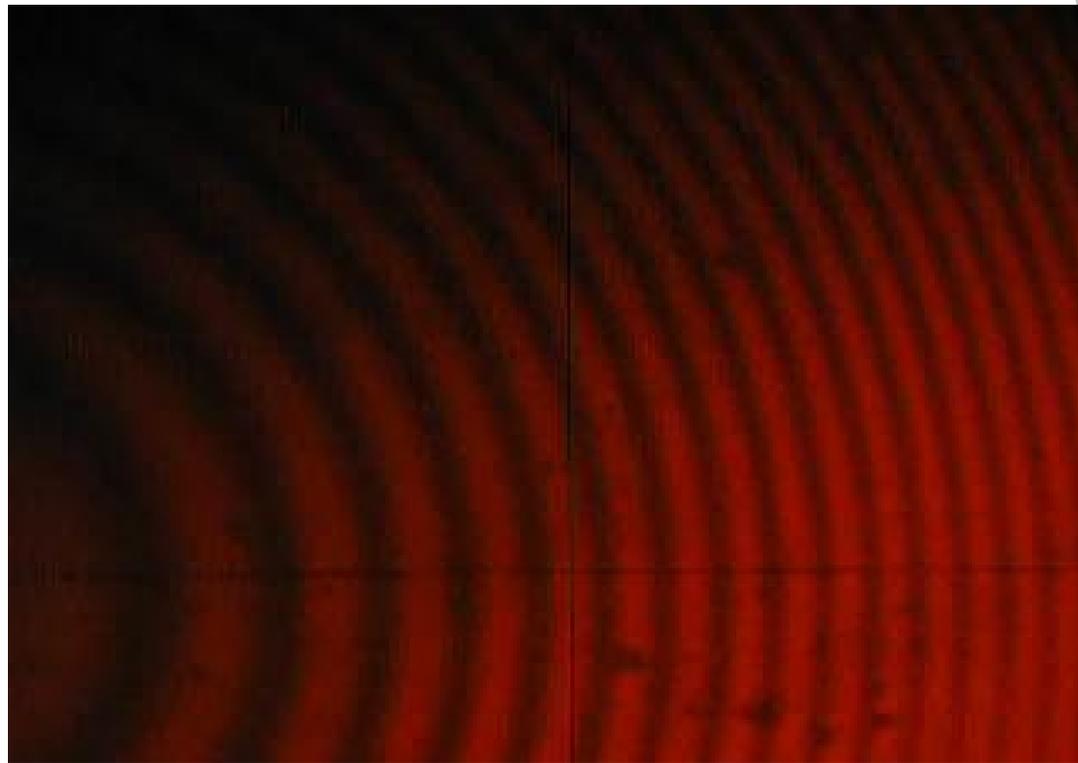
0.506mm

最后读数为：5.506mm



注意事项

1.在测量时，读数显微镜的测微鼓轮应沿一个方向转动，中途不可倒转。



2.环数不可数错，在数的过程中发现环数有变化时，必须重测。

3.测量中，应保持桌面稳定，不受振动，不得触动牛顿环装置，否则重测。



数据记录表

环数	m	30	29	28	27	26
环的位置/mm	左					
	右					
大环直径/mm	D _m					
环数	n	25	24	23	22	21
环的位置/mm	左					
	右					
小环直径/mm	D _n					
大环直径平方	D _m ²					
小环直径平方	D _n ²					
$R_i = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda}$						

$$u_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n(n-1)}}$$