

显微镜

李嘉轩

1600011628

北京大学物理学院天文学系, 100871

jiaxuan.li@pku.edu.cn

2017年9月30日

1 实验情况与数据处理

本实验要求我们通过实际操作, 了解显微镜的原理, 掌握使用显微镜测量微小长度的方法。本次实验用到的仪器有:

- 生物显微镜、目镜(10X)、物镜(标称值为10X)、测微目镜。
- 读数显微镜。
- 标准样品(相邻两条线间距为0.100 mm)、光栅1、光栅2。

1.1 测量生物显微镜物镜放大率

生物显微镜的物镜放大率可以由下式表达:

$$\beta_o \approx \frac{\Delta}{f_o}. \quad (1)$$

式中 Δ 是显微镜的光学距离, f_o 是物镜焦距。在实际实验时, 由于不同测量者调焦情况、目镜放置位置都不同, 即 Δ 不同, 导致物镜放大率也不同。因此在每次测量待测物体之前, 都应该重新测量物镜放大率, 而不应该直接采用标称值。

对于标准样品, 设样品刻线间距为 y_1 , 我们可以通过测微目镜测量标准样品在目镜焦点之前成的实像的刻线间距 y'_1 , 从而推出物镜放大率为:

$$\beta_o = \frac{y'_1}{y_1}.$$

对于刻线真实间距为 $y_1 = 0.100$ mm的标准样品, 测量数据如表1所示。在测量中, 直接测量六条刻线的间距(也就是五倍刻线间距), 然后除以5, 就得到刻线间距的测量值, 这样测量可以减小相对误差。



表 1: 生物显微镜物镜放大倍数的测定, 单位: mm

序号	起始 x_1	终止 x_2	ny'_1	y'_1
1	1.360	7.185	5.825	1.165
2	1.200	7.015	5.815	1.163
3	1.630	7.457	5.827	1.165

测量时为了避免场曲、畸变等因素造成误差, 我尽可能选择位于视场中心的刻线进行测量。

根据实验结果, 我得到 $\bar{y}'_1 = 1.164$ mm。由此可以得到:

$$\beta_o = \frac{\bar{y}'_1}{y_1} = 11.64.$$

即在本次实验中, 物镜放大倍数为11.64倍。

1.2 使用生物显微镜测量光栅的空间频率

在测量过用测微目镜改装后的生物显微镜的物镜放大倍数之后, 我们用这套仪器可以测量光栅1的空间频率了, 但要注意, 测量过程中不准移动测微目镜的位置与方向, 否则之前测量的放大倍数就前功尽弃。实验测量11条暗线之间的距离(也就是10个间距), 以减小相对误差。测量数据如表2所示。

表 2: 使用生物显微镜测量光栅刻线间距, 单位: mm

序号	起始 x_1	终止 x_2	ny'	y'	$y = \frac{y'}{\beta_o}$
1	0.839	6.750	5.911	0.5911	0.0508
2	0.870	6.805	5.935	0.5935	0.0510
3	1.423	7.333	5.910	0.5910	0.0508

该光栅平均刻线间距为 $\bar{y} = 0.0509$ mm。由此, 我们可以算出该光栅的空间频率:

$$f = \frac{1}{\bar{y}} = 19.6 \text{ mm}^{-1}.$$

1.3 使用读数显微镜测量光栅的空间频率

读数显微镜依靠主尺和手轮上的副尺进行测量, 放大作用只是为了让测量者将待测物体看得更清楚。使用读数显微镜测量第二个光栅时, 我测量21条暗线的间距(即20个刻线间距), 这样可以减小测量的相对误差。测量数据见表3。

该光栅平均刻线间距为 $\bar{y} = 0.08315$ mm, 由此, 我们可以算出该光栅的空间频率:

$$f = \frac{1}{\bar{y}} = 12.0 \text{ mm}^{-1}.$$



表 3: 使用读数显微镜测量光栅刻线间距, 单位: mm

序号	起始 x_1	终止 x_2	ny'	y'
1	31.125	32.780	1.655	0.08275
2	34.122	35.796	1.674	0.08370
3	37.623	39.283	1.660	0.08300

2 思考题

1. 两种显微镜测量的异同是什么?

答: 用测微目镜改装过的生物显微镜的测量依赖于光学系统的参数, 使用生物显微镜进行测量之前, 必须要对物镜的放大倍数进行测定, 才能得到准确的测量结果; 而读数显微镜的测量不依赖于光学系统, 直接从主尺和手轮上的副尺读数即可得到结果。读数显微镜的放大倍数约30倍, 适用范围较广, 使用方便。两种显微镜都是将待测物体成一个放大的像之后进行测量的。

2. 实验中测量误差的来源分析。

答:

- 视场的场曲和畸变。如果测量物镜放大倍数时, 刻线位于视场边缘, 则场曲和畸变都会给测量带来较大的误差。因此在测量时, 我尽可能选择视场中心的刻线。
- 回程差。由于齿轮机械结构的特性, 在拧齿轮方向突然反向时, 会出现一段“空转”的情况, 也就是回程差。为了避免回程差, 实验时我保证了只向一个方向拧手轮。
- 待测光栅摆放方向。如果光栅刻线的方向与测微目镜或者读数显微镜目镜中细丝的夹角为 θ 、实验测得的光栅刻线间距为 y , 则实际光栅刻线间距为 $y \cos \theta$ 。 θ 的存在导致了测量结果与实际值相比偏大。
- 视差。如果从不同方向观察测微目镜的细丝, 发现物体与细丝的相对位置有偏移, 那么视差就存在。每次测量的观察方向都不完全相同, 视差的存在会影响测量的精度。在实验中, 我调整了目镜的焦距, 消除了刻线与目镜中的标尺的视差。

3 分析讨论与感想

本次实验教会了我做实验的一些基本规则, 如在使用转动测量仪器时要注意回程差的问题、光学实验中调节目镜焦距消除视差。其次, 我感觉到有了完整的实验方案之后再再进行实验, 就会轻松许多, 这也体现出了预习的重要性。最后感谢刘开辉老师在每个小环节都检查了我的实验结果, 并纠正了我的错误, 提出了富有建设性的意见。

参考文献

- [1] 吕斯骅, 段家祗, 张朝晖. 新编基础物理实验. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2013.