

文章编号:1005-4642(2020)05-0018-04

“分光计调整和使用”实验常见问题讨论

常相辉^{a,b}, 魏云^{a,b}, 刘其军^{a,b}, 贾欣燕^{a,b}, 樊代和^{a,b}

(西南交通大学 a. 物理国家级实验教学示范中心(西南交通大学);

b. 物理科学与技术学院, 四川 成都 611756)

摘要:结合“分光计调整和使用”实验教学实践,总结了教学中学生常遇到的、包含分光计的调整和实验数据分析过程中6方面的问题:快速调节载物盘,使盘面垂直于中心转轴;避免过度使用“各半调节法”;准直管所用狭缝宽度的选择;分光计调整至标准状态的确认;望远镜无法观察到三棱镜其中一个表面反射回的狭缝像;计算三棱镜顶角时测量数据“过零”的问题.在此基础之上,给出了这些问题出现原因及相应的解决方案.

关键词:分光计;调整;数据分析

中图分类号:O436

文献标识码:A

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2020.05.005

为了研究太阳光谱中的吸收线(暗线),1814年,德国物理学家约瑟夫·冯·夫琅禾费改进了当时的观察仪器,设计出了由准直管、三棱镜和望远镜组成的分光计,这也是目前公认的世界首台分光计^[1].由于分光计的设计思想和基本构造极其精妙,所以成为了现代光谱仪、摄谱仪等光谱分析仪器设计制造的基本依据.因分光计可以精确测量角度,故与角度相关的一些物理量,如透明介质折射率、光波波长等通过一定的数学关系式,也可以被精确地获得.因此,分光计在一些物理量的精确测定中起着重要的作用.通过对分光计的精密调整可以让学生掌握精密光学装置的系统调整方法,培养学生的动手能力.据统计,国内许多高校的大学物理实验课程中,均开设了“分光计调整和使用”实验.从2019年开始,该实验也成为了全国高等学校物理基础课程青年教师讲课比赛实验题目规范表中的20个题目之一.

目前,国内高校物理实验课程中所涉及到的分光计,均由望远镜、准直管、载物盘、刻度盘及游标盘等组成.分光计调整到标准状态的要求,总体来说有3点:1)望远镜能够接收平行光(或者说聚焦于无穷远,通常采用平面镜自准直法来进行调节),且望远镜光轴与分光计中心转轴垂直;

2)载物盘盘面与中心转轴垂直(通常使用平面镜或三棱镜,采用“各半调节”法进行调节);3)准直管能够发出平行光,且与分光计中心转轴垂直.针对“分光计的调整和使用”实验,常开展分光计的调整及在此基础上进行三棱镜顶角测量(自准直法、分光束法)、三棱镜折射率测量(最小偏向角法、掠入射法、垂直底边入射法)等实验内容^[2-3],部分高校也在此基础上开展了光栅常量测量、基于光栅衍射的光波波长测量等实验内容^[5].另外,赵伟等人介绍了分光计在基础实验与扩展实验领域中可开展的实验^[5],蔡霞等人利用激光二极管作为光源,在分光计上观察到了表面等离子体共振现象^[6],郭军进行了菲涅耳公式的验证性实验^[7],杨昌虎等人证明了在用椭圆偏振仪测量薄膜厚度和折射率的实验中,分光计的调整对实验结果的影响可忽略,等等^[8].

基于多年关于“分光计调整和使用”这一常见实验项目的教学实践,总结了针对该实验中本科生常遇到的若干问题,分析了问题出现的原因,并给出了相应的解决方案.

1 快速调节载物盘,使盘面垂直于中心转轴

首先,在调整分光计到标准状态的教学过程

收稿日期:2020-01-05;修改日期:2020-02-23

作者简介:常相辉(1980—),男,山东济宁人,西南交通大学物理科学与技术学院讲师,博士,研究方向为凝聚态物理及大学物理实验教学.

通信作者:樊代和(1981—),男,山西河曲人,西南交通大学物理科学与技术学院副教授,博士,研究方向为量子光学及大学物理实验教学.



中,学生遇到的问题多出现在调节载物盘盘面垂直于中心转轴这一步.学生可能无法在望远镜中观察到从平面镜或三棱镜表面(1个表面,甚至2个表面)反射回来的像.此问题出现的主要原因,实际上是分光计的“粗调”(即目测使分光计能达到上述调到标准状态的要求)步骤没有做好.由于望远镜中的视场范围较小,因此,若“粗调”没有调整好,从平面镜或者三棱镜表面反射回望远镜的光线,无法进入望远镜的视场范围(如图1所示),最终导致了学生遇到了该问题.

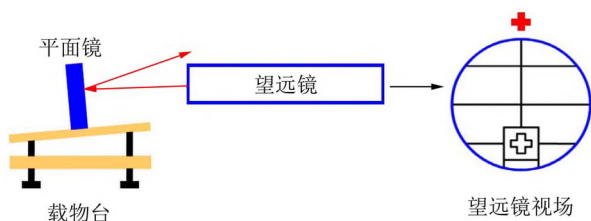


图1 望远镜发出的光线经平面镜反射时,反射线无法进入望远镜视场范围的示意图

为了解决该问题,可做2方面的工作:

1)可在距离分光计较远处目测分光计望远镜光轴、载物盘盘面是否垂直于中心转轴,特别是可通过一定的速度旋转游标盘(带动载物盘旋转),观察载物盘与载物台间的缝隙宽度是否相同,进而判断载物盘盘面是否大致垂直中心转轴,并利用载物盘下方的3个旋钮进行调整.

2)可直接在望远镜光轴附近(上方或下方,不是从望远镜目镜筒中观察)直接观察从平面镜或三棱镜表面上反射回来的像的位置,判断反射光线高于还是低于望远镜筒,并进行调节^[9].

2 避免过度使用“各半调节法”

在调节“使望远镜光轴和载物盘盘面垂直于中心转轴”这一步骤时,没有仔细分析实验现象出现的原因,而过度地使用“各半调节”法,进而导致这一步骤的调节占用较多的时间.为了克服该问题,需要学生对出现的实验现象做出进一步的物理分析.如图2(a)或(b)所示,当从望远镜中观察到从平面镜或三棱镜2个表面反射回来的像均处于偏高或偏低位置时,很可能是望远镜光轴和中心转轴不垂直造成的,因此尽管利用“各半调节”法可以调整好,但如果主要调节望远镜的俯仰旋钮,即可快速完成这一步骤调整.同理,当出现如

图2(c)所示的实验现象,即从望远镜中观察到从平面镜或三棱镜2个表面反射回来的像,一个表面的像偏低(高),而另一个表面的像偏高(低)时,应主要调节载物盘的俯仰旋钮.通过对出现的这些实验现象的物理原因分析,可加快分光计的调整到标准状态的速度.

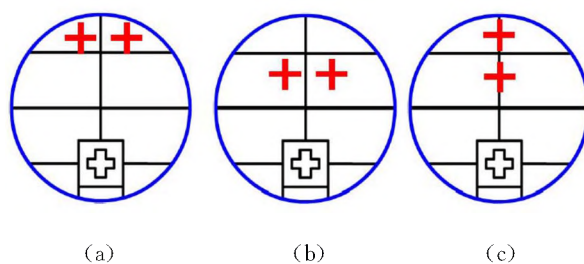


图2 望远镜中观察到的从平面镜或三棱镜2个表面反射回的像示意图

3 准直管所用狭缝宽度的选择

学生可能会提出如下问题:狭缝宽度过宽时,利用望远镜观察狭缝像,由于狭缝中心位置不好确定将导致测量精度降低;而狭缝宽度过窄时,则会导致从望远镜中观察到狭缝像的亮度较低不便进行测量.实际上,此问题是学生没有了解分光计准直管所用狭缝的结构所致.

如图3所示,一般分光计准直管所用的狭缝是由2个刀口组成的.在利用宽度调节旋钮调节狭缝的宽度过程中,1个刀口(图3所示的刀口1)位置不变,且此刀口竖线位置正好为狭缝的参考位置,而另外1个刀口(图3所示的刀口2)的左右位置,可通过狭缝宽度调节旋钮进行改变,进而改变狭缝的宽度.因此,在分光计的调整和使用过程中,应保持刀口1所在位置作为判断或读数的参考位置,而不应以狭缝像中心位置为参考位置.由于狭缝的宽度并不会影响到测量定位精度,因此在分光计调节或使用过程中,如能准确分辨出刀口1所在位置,则狭缝宽度越大,狭缝像亮度越大,越便于测量.

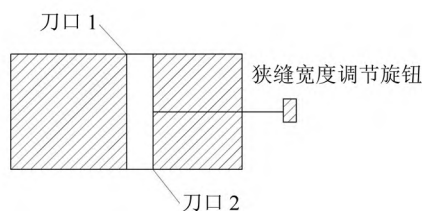


图3 准直管所用狭缝结构示意图

但是,在狭缝宽度调节过程中,应注意向学生强调,必须从望远镜中观察狭缝像的宽度后进行调节,避免狭缝宽度调为0时损坏刀口.

总之,考虑到狭缝结构的这一特点,分光计准直管调整到标准状态时,观察到的狭缝像(不论是横狭缝还是竖狭缝)应如图4所示,即保持狭缝固定刀口线为狭缝像的参考位置线.

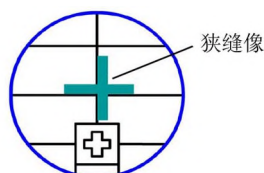


图4 分光计准直管调整到标准状态时,从望远镜中观察到的狭缝像示意图

4 分光计调整至标准状态的确认

分光计调节过程中,可能会有学生说自己的分光计已经调整到标准状态了,但是换学生检查,发现望远镜中不论从平面镜反射回来的像,还是狭缝像都是模糊的.因此,分光计是否已经调整到标准状态,就变成了一个常见问题.实际上,此问题的出现,可能主要是由于2个学生的视力差较大造成的.因此,在检查分光计是否调整到标准状态时,应该首先旋转目镜旋转滚轮,使其能清晰地看清分划板分划线,然后可进一步通过观察平面镜或三棱镜反射回的像、狭缝像是否清晰,进而检验分光计望远镜是否能够接收平行光及准直管是否发出了平行光这一调整要求.

5 望远镜无法观察到三棱镜其中一个表面反射回的狭缝像

在利用分光束法测量等边三棱镜顶角的过程中,学生可能会遇到如下实验现象:可从望远镜中观察到从三棱镜一个表面反射的狭缝像,而望远镜转到三棱镜另一个表面位置时,无法观察到狭缝像.此问题出现的原因,主要是三棱镜在载物盘的放置位置不理想而造成的.

如图5(a)所示,由于望远镜是绕着分光计中心转轴旋转的,因此从望远镜观察到的光,可看作是从载物盘中心点(中心转轴点)发出的.当目测三棱镜放置于载物盘中心位置时,如图5(b)所示,从准直管发出的光经三棱镜表面反射后,只有部分光束可进入望远镜.特别地,当三棱镜放置

于如图5(c)所示靠近准直管一端时,从三棱镜表面反射的光将无法进入望远镜,进而导致望远镜中观察不到狭缝像.因此,在该实验中,应将三棱镜放置于靠近望远镜方向的位置,如图5(d)所示,使大部分从三棱镜表面反射的光均能进入望远镜,即可避免望远镜中观察不到狭缝像的问题.

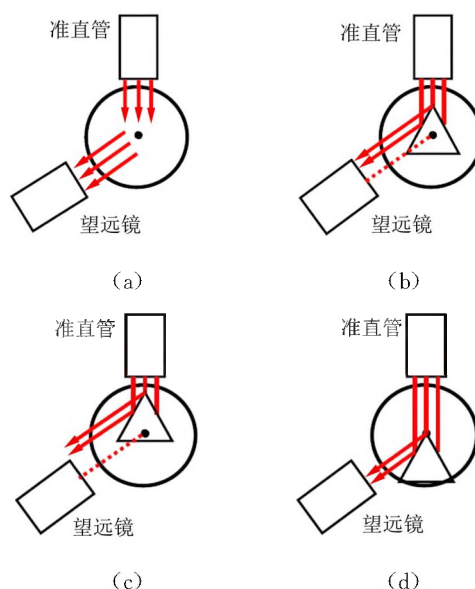


图5 能够进入望远镜中的光束宽度的示意图

另一方面,如果三棱镜被测顶角没有正对准直管放置(图6),也会出现望远镜中观察不到狭缝像的现象.但是,只要目测偏离的角度 α 不是很大,也不会出现望远镜中观察不到像的现象.

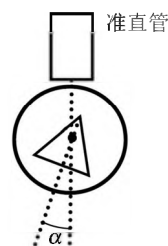


图6 三棱镜顶角没有正对准直管的示意图

6 计算三棱镜顶角时测量数据“过零”的问题

如图7所示,假设望远镜处于左方准确位置时,分光计左右2个游标盘的角位置坐标读数分别为 α_1 和 β_1 ,当望远镜处于右方准确位置时,分光计左右2个游标盘的角位置坐标读数分别为 α_2 和 β_2 .考虑到消除偏心差,则望远镜转过的角度 φ 通常采用下式计算^[10]:

$$\varphi = \frac{1}{2} (|\alpha_1 - \alpha_2| + |\beta_1 - \beta_2|), \quad (1)$$

但是,当其中一个游标(以左游标为例)的读数出现“过零”时,即望远镜转动过程中,角坐标读数 α_1 到 α_2 的变化过程中经过了刻度盘的 0° (或 360°)刻度线,则望远镜转过的角度 φ 应修正为

$$\varphi = \frac{1}{2}(360^\circ - |\alpha_1 - \alpha_2| + |\beta_1 - \beta_2|), \quad (2)$$

而不是利用式(1)进行计算. 教学中对实验数据处理检查发现,学生经常会犯上述错误. 因此,在实验数据的记录过程中,除了应掌握正确读数的方法外,还应注意是否有“过零”现象的出现,进而准确计算出望远镜的旋转角度值.

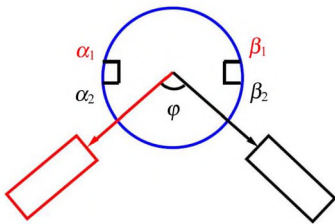


图7 分光计测量角度的“过零”问题示意图

7 结束语

本文总结了“分光计的调整和使用”实验中,学生常遇到的6个问题. 通过分析这些问题出现的原因,给出了相应的解决方案. 希望本文的分析结果,可以帮助学生更好地深入学习和掌握“分

光计调整和使用”实验,也为国内高校实验教师的教学设计提供参考.

参考文献:

- [1] 刘战存. 从普物光学实验看夫琅和费的贡献[J]. 物理实验,1999,19(3):39-41.
- [2] 何焰兰. 大学物理实验[M]. 北京:高等教育出版社,2017:124-135.
- [3] 樊代和. 大学物理实验数字化教程[M]. 北京:机械工业出版社,2020:94-101.
- [4] 郭雅慧,张亚萍,尹教建,等. 探究式教学在分光计实验教学中的应用[J]. 大学物理实验,2017,30(5):120-123.
- [5] 赵伟,张权,郑虹,等. 分光计上物理实验分级设计与教学实践[J]. 物理实验,2017,37(1):33-38.
- [6] 蔡霞,隋成华,李燕,等. 基于分光计的表面等离子体共振实验[J]. 物理实验,2009,29(5):5-8.
- [7] 郭军. 菲涅耳公式的验证性实验[J]. 物理实验,2009,29(2):37-40.
- [8] 杨昌虎,杨力君. 分光计的调整对椭圆偏振仪测量薄膜厚度和折射率的影响[J]. 实验技术与管理,2005(11):43-44,118.
- [9] 王存义. 分光计的镜外看象速调法[J]. 物理实验,1988,8(5):225-226.
- [10] 张少君,刘月明. 分光计双游标读数消除偏心差的分析[J]. 大学物理实验,1998,18(4):26-27.

Discussion on the frequently asked questions in the experiment of “spectrometer adjustment and use”

CHANG Xiang-hui^{a,b}, WEI Yun^{a,b}, LIU Qi-jun^{a,b}, JIA Xin-yan^{a,b}, FAN Dai-he^{a,b}

(a. National Demonstration Center for Experimental Physics Education (Southwest Jiaotong University);

b. School of Physical Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China)

Abstract: Based on our teaching practices in the experiment of spectrometer adjustment and using, six questions that students often involved were summarized, including the adjustment of spectrometer and the analysis of the experimental data. Specifically, the six problems were how to quickly adjust the plate surface of the load plate perpendicular to the central axis of rotation, how to avoid overuse of the “half adjustment method”, how to select the width of the slit, how to confirm that the spectrometer had been adjusted to the standard situation, the slit image reflected by one of the surfaces of the prism could not be observed in the telescope and the problem of “zero crossing” of the measurement data in the calculation of the top angle of the prism, etc. The reasons of these problems and the corresponding solutions were also given.

Key words: spectrometer; adjustment; data analysis

[责任编辑:尹冬梅]