Advances in Education 教育进展, 2026, 16(11), 234-243
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ae
https://doi.org/10.12677/ae.2026.16112379

Hans汉斯

糖类化合物旋光度测定实验的教学设计与实践

涂　杰，陈树强，董国强，刘　娜，盛春泉，黄亚辉*

海军军医大学药学系，上海

收稿日期：2026年10月1日；录用日期：2026年10月29日；发布日期：2026年11月5日

摘　要

旋光度测定是表征糖类化合物立体结构、鉴别其种类并检验其纯度的重要物理化学方法，也是有机化学实验中的基础定量实训项目。本文在梳理旋光现象、比旋光度及旋光仪三分视场原理的基础上，依托WXG-4型圆盘旋光仪开展教学实践检验；同时简述自动数字旋光仪的工作机制与关键操作要点。本文对糖类化合物旋光度测定全流程提出规范化操作建议，内容涵盖仪器与试剂准备、标准溶液配制、光源预热与零点校正、旋光管装填、测定与读数、数据处理及仪器复位等关键环节；系统梳理归纳了系统误差与偶然误差的产生机制、影响规律与控制措施，建立典型异常现象的判断依据与处置方案。文中形成的标准化操作流程及配套教学设计，可为高等院校有机化学实验教学提供参考。

关键词

旋光度测定，比旋光度，糖类化合物，操作规范，实验教学，教学设计

Teaching Design and Practice of the Experiment on Determination of Optical Rotation of Carbohydrate Compounds

Jie Tu, Shuqiang Chen, Guoqiang Dong, Na Liu, Chunquan Sheng, Yahui Huang*

School of Pharmacy, Naval Medical University, Shanghai

Received: October 1, 2026; accepted: October 29, 2026; published: November 5, 2026

Abstract

Determination of optical rotation is an important physicochemical method for characterizing the

*通讯作者。

文章引用: 涂杰, 陈树强, 董国强, 刘娜, 盛春泉, 黄亚辉. 糖类化合物旋光度测定实验的教学设计与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(11): 234-243. DOI: 10.12677/ae.2026.16112379

stereostructure, identifying species, and verifying the purity of carbohydrate compounds, and also serves as a fundamental quantitative practical training item in organic chemistry experiments. On the basis of sorting out the optical rotation phenomenon, specific rotation and the three-field visual principle of polarimeters, this paper tests the aforementioned standard protocols via teaching practice using the WXG-4 disc polarimeter, and briefly discusses the working principle and critical control points of automatic digital polarimeters. Standardized operational recommendations are proposed for the whole workflow of carbohydrate optical-rotation measurement, covering instrument and reagent preparation, standard-solution preparation, light-source preheating and zero-point calibration, polarimeter-tube filling, measurement and reading, data processing, and instrument resetting. Major sources, influencing rules, and control strategies of systematic and random errors are systematically summarized, together with criteria and troubleshooting protocols for common abnormal phenomena. The standardized workflow and teaching design presented in this paper can provide direct references for organic chemistry laboratory teaching in universities.

Keywords

Determination of Optical Rotation, Specific Rotation, Carbohydrate Compounds, Operational Specifications, Experimental Teaching, Teaching Design

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

糖类化合物普遍存在手性碳原子，葡萄糖、果糖等单糖与蔗糖、麦芽糖、乳糖等二糖均具有旋光性。旋光度与比旋光度是表征分子立体结构、鉴别物质种类、检验样品纯度的重要物理常数。《中华人民共和国药典》将比旋度列为葡萄糖、蔗糖、乳糖、麦芽糖、海藻糖、三氯蔗糖等多种糖类原料药的法定检验项目[1]。旋光度测定融合溶液配制、仪器实操、原始数据记录与误差分析等多项能力训练，是本科有机化学实验重要的定量实训内容。实验操作的规范化水平，直接决定测定结果的准确度，同时帮助学生建立定量分析中“细节控制决定测量精度”的科学认知，是培养严谨实验素养的重要实训载体。

现行有机化学实验教材大多侧重原理阐述与实验步骤梗概，针对旋光管装填、零点校准判据、平行测定次数、读数规范、温度效应与溶液稳定性等关键实操细节表述不一。学生实操阶段易出现零点误判、气泡残留、读数随意、平行样本数量不足等问题，造成比旋光度测定结果离散程度偏大，甚至得到与文献参考值显著偏离的实验数据。如兰州大学编《有机化学实验》(第 4 版)，以“三分视场消失、明暗一致”判定终点，给出零点校正与样品测定基本步骤，未区分暗视场与亮视场(假零点)，易导致终点误判[2]；焦家俊《有机化学实验》(第 2 版)对旋光管装填(气泡排除、膨大端朝向)等易错环节提示不足[3]。

针对旋光度测定实验教学，国内已有多项教学改革研究。温建辉等[4]以比旋光度的测定为例，讨论了浓度、温度、溶剂、波长等因素对比旋光度的影响，并提出启发研究式教学模式；奥美珍[5]将翻转课堂引入糖类物质旋光度测定实验，通过任务书、教学视频与课堂活动改善了课前预习流于形式的状况；舒朋华等[6]以“旋光度的测定”为例，构建了基于奥尔堡 PBL 模式的有机实验教学流程；在测量手段层面，李百芳等[7]对葡萄糖溶液旋光度实验进行了改进，也有研究者借助测量平台与图像识别技术提升读数精度与效率。上述工作或侧重教学模式创新，或侧重测量手段更新，但较少从“操作环节的规范化”这一基础视角出发，系统梳理该实验的关键细节与误差控制要求。

基于上述现状，本文面向本科有机化学实验教学，阐释旋光现象、比旋光度及三分视场的核心原理，

结合 WXG-4 型圆盘旋光仪结构特征与一线教学实践经验，建立糖类旋光度测定的全流程标准化操作方案，归纳误差来源与控制策略；依托教学对照实验验证规范的实施效果，配套形成教学设计方案与教学反思，以期提升该实验的数据可靠性与课程教学质量。

2. 基本原理

2.1. 旋光现象与旋光度

平面偏振光穿过旋光性物质的溶液时，偏振光振动平面会沿光传播方向偏转一定角度，该现象定义为旋光现象，偏转角度称为旋光度，记为 α。迎着光的传播方向观察，使偏振面顺时针旋转者称为右旋，以“+”表示；使偏振面逆时针旋转者称为左旋，以“−”表示。

常见糖类在水溶液中的比旋光度(20℃，钠光 D 线)分别为：蔗糖+66.5˚、葡萄糖+52.7˚、果糖−92.0˚、麦芽糖+137.5˚、乳糖+55.3˚、半乳糖+80.2˚ [3] [4]。其中蔗糖与葡萄糖为右旋，果糖为左旋，麦芽糖的比旋光度数值最大。同一糖类的不同构型或不同晶型，其比旋光度亦可不同，这正是该参数用于结构表征与纯度检验的依据。

2.2. 比旋光度及其影响因素

旋光度 α 不仅取决于物质本身，还与溶液浓度、光程、光源波长、测定温度和溶剂等因素有关，因此不能直接用于不同测定条件之间的比较。为便于比较，引入比旋光度。按药典的定义，比旋度是指在一定波长与温度下，偏振光透过每 1 mL 含 1 g 旋光性物质的溶液、且光路长为 1 dm 时测得的旋光度。其与实测旋光度的关系为

$$[\alpha] = \alpha/(l \cdot c) \tag{1}$$

式中，α 为实测旋光度(˚)，$l = 100\alpha/(l \cdot c)$。通常以[$\alpha$]的上标标明测定温度(℃)、下标标明光源(如钠光 D 线)。比旋光度在给定条件下为定值，是旋光性物质的特征物理常数，可用于鉴别、纯度检查与含量测定。

影响比旋光度测定的主要因素有以下几个方面。

(1) 光源波长。比旋光度随波长减小而增大(旋光色散)，故测定必须使用单色光。钠光谱 D 线(589.3 nm)是最常用的光源，也是药典规定的默认波长。

(2) 温度。糖类溶液的旋光度随温度升高而略有减小。对蔗糖溶液，其相对温度系数约为-4.7×10^{-4}℃$^{-1}$，即温度在 20℃附近每升高 1℃，旋光度约减小 0.05% (相对值)；温度偏离标准温度 5℃将带来约 0.2%的相对偏差。因此测定温度宜控制在(20 ± 2)℃；若品种项下另有规定，则按规定温度恒温，并在记录中注明实际测定温度。

(3) 光程与浓度。旋光度与光程、浓度成正比，这既是比旋光度测定的基础，也是由旋光度求算溶液浓度的依据。

(4) 溶剂与溶液状态。溶剂不同，比旋光度可能显著不同；溶液应澄清、无悬浮颗粒，否则散射光将影响读数。

(5) 放置时间。蔗糖水溶液在放置过程中可因微量酸催化或微生物作用发生水解，生成葡萄糖(+52.7˚)与果糖(−92.0˚)，体系旋光度随之改变。药典规定旋光度测定一般应在溶液配制后 30 min 内完成。对葡萄糖、乳糖等还原糖，新配制的溶液还存在变旋现象，旋光度随时间变化，须放置或按品种项下方法(如加氨试液并静置规定时间)使其达到变旋平衡后再测定。

2.3. 旋光仪的三分视场原理

WXG-4 型圆盘旋光仪为目视式仪器，其光路由钠光灯、聚光镜、滤色片、起偏镜、半波片(劳伦特石

英片)、旋光管、检偏镜及物目镜组成。钠光经起偏镜后成为平面偏振光；位于视场中央的石英半波片使通过它的那部分偏振光的振动面绕其光轴旋转 2θ 角(θ 为半波片光轴与起偏镜透振方向的夹角，称为荫视角，仪器出厂时约调至 3°)，而未通过半波片的部分振动方向不变。由于两部分偏振光经检偏镜后的透射强度不同，视场被分割为亮度不一的三部分，即“三分视场”。该设计的用意在于提高人眼对亮度变化的敏感度，使终点判定更为精准。

转动检偏镜，当检偏镜的透振方向与上述两个振动方向的夹角相等时，三分视场亮度趋于一致，此时的位置即为仪器的读数基准，称为零度视场(图 1)。实际操作中还应注意：检偏镜转动一周的过程中，视场会出现两次亮度趋于一致的位置，其一是整体较暗的暗视场，其二是整体明亮的亮视场。亮视场处转动手轮时视场亮度变化不明显，位置难以判准，容易与零度视场混淆，故称为“假零点”。判定零点时应以三分视场亮度一致且整体较暗的位置为准，误取假零点将造成显著的读数错误。

WXG-4 型旋光仪的刻度盘分 360 格、最小分度 1°，配 20 格游标，最小读数为 0.05°；仪器采用双游标窗口读数，用以消除刻度盘偏心差。需要说明的是，药典规定法定检验应使用读数至 0.01°并经过检定的旋光计，因此 0.05°级的目视旋光仪不适用于药品的法定含量测定，但其结构直观、成本较低，适合实验教学与一般性测定。

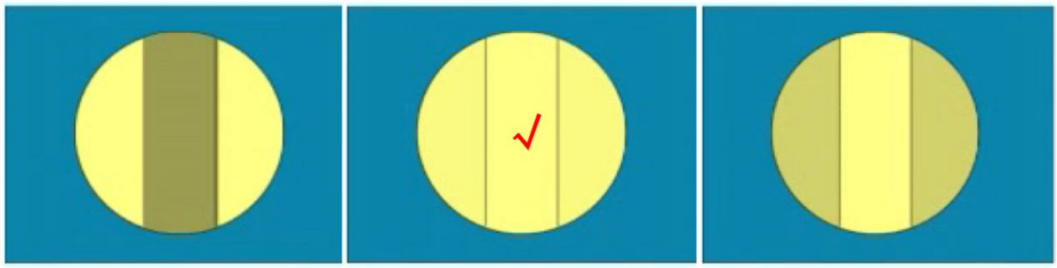


Figure 1. Three-field of view of polarimeter
图 1. 旋光仪的三分视场

3. 仪器与试剂

3.1. 仪器

WXG-4 型圆盘旋光仪(钠光灯，$\lambda = 589.3$ nm，测量范围±180°，最小读数 0.05°)；1 dm 标准旋光管(若待测溶液浓度较低、旋光度偏小，可改用 2 dm 旋光管以提高读数精度)；10 mL 单标线移液管；50 mL 容量瓶；分析天平(分度值 0.1 mg)；恒温水浴(控温精度±0.5℃)；烧杯、洗瓶、无尘软布(擦镜纸)等。用于定量的玻璃量器应经检定或校准，容量瓶与移液管宜配套使用。

3.2. 试剂

蔗糖(分析纯)；实验用水为新煮沸并冷却的超纯水或蒸馏水。蔗糖使用前应检查有无受潮、结块。

3.3. 溶液配制

蔗糖储备液的配制：称取蔗糖约 40.00 g，加水溶解后定量转入 100 mL 容量瓶中，定容、摇匀，即得浓度约为 0.4000 g/mL 的储备液。

蔗糖系列标准溶液的配制：用 10 mL 单标线移液管分别准确移取 2.50、5.00、7.50、10.00 mL 储备液，分别置于 4 只 50 mL 容量瓶中，加水稀释至刻度并摇匀，得到浓度分别为 0.02000、0.04000、0.06000、0.08000 g/mL 的蔗糖溶液，用以考察旋光度与浓度的线性关系，并由直线斜率求算比旋光度。

需要指出的是，0.4000 g/mL 的蔗糖溶液黏度较大，用移液管量取时放液缓慢、管壁挂液较多，容易引入系统误差。更为稳妥的做法是采用称量法直接配制系列溶液：精密称取蔗糖 1.0000、2.0000、3.0000、4.0000 g，分别置于 4 只 50 mL 容量瓶中溶解并定容，即可直接得到上述 4 个浓度水平的溶液；也可先将储备液浓度降至 0.1000 g/mL 后再行稀释。溶液宜现用现配，配制后应尽快测定(一般不超过 30 min)，不宜久置。

4. 旋光仪的类型与选择

除目视式旋光仪外，自动(数字)旋光仪已在教学与检验中日益普及。该类仪器以钠光(或 LED 单色光源)经起偏镜形成平面偏振光，透过样品后由检偏镜分析；与目视式仪器依靠人眼判别三分视场不同，自动旋光仪由伺服电机驱动检偏镜或采用光电检测阵列，通过检测透射光强的极小值并结合角度编码器，自动确定旋光角并直接数字显示，测量结果可自动多次平均并输出至计算机。其操作关键控制点与目视式仪器既有共通之处(光源预热至稳定、旋光管无气泡、透光面清洁、测定前后校零、记录温度)，也有差异：一是需按仪器说明以标准石英管或空白溶剂完成校准，并定期检定；二是应注意读数分辨率与示值误差(常见为 0.01˚级)，使其可满足药典对法定检验的读数要求；三是应关注样品室的温度控制或温度补偿功能是否开启；四是应规范数据记录，避免因自动出数而忽略异常值的甄别。两类仪器的对比见表 1。

Table 1. Comparison between visual WXG-4 polarimeter and automatic digital polarimeter
表 1. 目视式 WXG-4 与自动数字旋光仪对比

对比维度	WXG-4 目视旋光仪	自动数字旋光仪
读数方式	人眼判别三分视场，游标读数，最小读数 0.05˚	光电检测 + 角度编码器，数字直读，常见 0.01˚
主要误差来源	主观判读(假零点、视场判据)、刻度盘偏心差、光源漂移	仪器校准与检定状态、分辨力、样品室温度控制
共同误差来源	零点未校正或漂移、气泡与污渍、温度偏离、溶液配制不准	与左侧一致
数据记录	人工读数并手写记录，易漏记温度与平行次数	自动采集、多次平均、可导出，便于统计
适用场景	结构直观、成本低，适合教学与一般测定	测试效率高，重复性优异，适合批量样品与规范化检验
教学价值	便于学生理解偏振光与偏振仪器光路原理	适合开展误差统计、数据处理等定量能力训练

5. 教学设计

课前：发布任务单，观看仪器操作微课，查阅旋光度测定相关文献，梳理实验注意事项；实验前准备、光源预热。

课中讲授：三分钟原理串讲，针对假零点、气泡残留、零点漂移三类典型错误开展案例辨析；讲解基本原理、误差来源。

课中实操：设置对照组和实验组，对照组按现行教材步骤操作，实验组按本文规范化流程操作；分组完成零点校准、梯度溶液测定和平行实验，对照操作检查表逐项执行；完成零点校正、旋光管装填、测定与读数。

课后：数据处理与线性拟合，误差来源研讨，撰写完整实验报告。

6. 规范建议

6.1. 实验前准备

(1) 将旋光仪置于平稳、干燥、无振动的实验台上，避免强光直射和强磁场干扰，检查光源、刻度盘、样品室及电源线是否正常。

(2) 旋光管、容量瓶、移液管等玻璃仪器用蒸馏水洗净、晾干，管内不得残留水渍与杂质。

(3) 将待测溶液与旋光管置于(20 ± 2)℃环境中恒温，待溶液温度与环境温度平衡后再装管测定。

6.2. 光源预热

接通电源，开启钠光灯预热 5~10 min，待光源发光稳定、亮度不再变化后方可开始测量。光源未稳定时，波长与光强的波动会直接造成读数漂移。

6.3. 零点校正

(1) 取洁净的 1 dm 旋光管，注入新煮沸并冷却的水至管口，不得有气泡；依次装上橡皮圈与螺帽，旋至不漏水即可，不宜过紧，以免两端玻璃盖片产生应力而影响读数；用无尘软布擦净两端透光面。

(2) 将旋光管放入样品室，盖好遮光盖，调节目镜使三分视场分界线清晰。

(3) 沿同一方向缓慢转动刻度盘手轮，使三分视场呈现亮度一致且整体较暗的暗视场，即零度视场；分别读取两个游标窗口的读数并取平均值，以消除刻度盘偏心差。

(4) 转动刻度盘使视场明显偏离零度位置，再重新调至零度视场并读数；如此重复 3 次，取 3 次读数的平均值作为仪器零点 α_0。3 次读数的极差不宜大于 0.05°，否则应查明原因(如管内气泡、管壁污渍、温度未平衡、盖片受力)后重新校正。

(5) 每份样品测定结束后，应再次测定零点，以确认测定过程中零点未发生漂移；若测定前后的零点不一致，应重新测定该样品。

6.4. 旋光管装填

(1) 倒出管内的水，用待测溶液润洗旋光管 2~3 次，以消除残留水对溶液的稀释。

(2) 缓缓将待测溶液注满旋光管(可略有过量溢出)，尽量避免产生气泡。

(3) 若产生气泡，可将旋光管倾斜并轻敲管壁，使气泡上移至管身的膨大端(凸起处)，确保气泡不在光路中。

(4) 装上橡皮圈与螺帽，旋至不漏水为止，随后擦净管壁及两端玻璃片上的残液。

(5) 按浓度由低到高的顺序依次装填与测定，以减少高浓度溶液残留对低浓度样品的干扰。

6.5. 测定与读数

(1) 将装好样品的旋光管平稳放入样品室，膨大端朝上，盖好遮光盖。

(2) 调节目镜使三分视场清晰，缓慢转动刻度盘手轮，使视场重新出现零度视场(暗视场)，此时刻度盘转过的角度即为溶液的旋光度。

(3) 读数方法同游标卡尺：先读刻度盘整数部分，再由游标读取小数部分，精确至 0.05°；分别读取两个游标窗口的读数并取平均值(图 2)。

(4) 记录读数时应同时判定旋光方向，左旋物质的旋光度记作负值，其读数换算按仪器说明书规定的规则执行(WXG-4 型旋光仪规定取读数与 180°之差)。

(5) 同一溶液平行测定 3 次。每次测定前先将刻度盘转离零度位置，再重新调至零度视场，以避免读数惯性造成的主观偏差；取 3 次读数的平均值作为该溶液的旋光度。

(6) 记录测定时的温度。

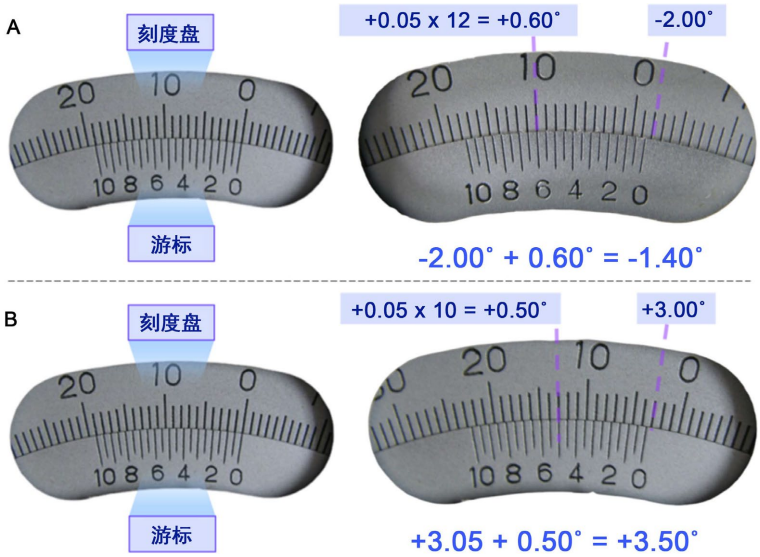


Figure 2. Reading of polarimeter
图 2. 旋光仪的读数

6.6. 数据处理

(1) 按 $\alpha = \alpha$ 测$-\alpha_0$ 扣除仪器零点，得到各浓度溶液的旋光度。

(2) 以浓度 c 为横坐标、旋光度 α 为纵坐标作线性拟合。当 $l = 1$ dm 时，由式(1)可知直线的斜率即为该温度下蔗糖的比旋光度。

(3) 由回归方程计算未知样品的浓度；应报告线性相关系数 r (一般不应低于 0.999)，并将实测比旋光度与文献值(蔗糖，20℃，水，钠光 D 线为+66.5˚)比较，分析偏差来源。

(4) 旋光度读数保留至 0.05˚，计算结果按有效数字规则取舍，比旋光度一般保留 3 位有效数字。

6.7. 仪器与台面复位

测定结束后关闭电源，将刻度盘复位；倒出旋光管内的溶液，用蒸馏水洗净、晾干后归位，管内不宜长期存放溶液；废液分类收集、集中处理；清理台面，如实整理原始数据。

6.8. 实验结果

实验组蔗糖比旋光度实测均值为+66.3˚，与文献值+66.5˚的相对标准偏差(RSD)为 0.30%；对照组的比旋光度实测均值为+67.7˚，相对偏差为 1.8%；实验组的 RSD 为 0.42%，亦小于对照组的 1.65%。经两独立样本 t 检验，两组均值差异具有统计学意义($P < 0.05$)，提示规范化流程在提高准确度的同时显著改善了测定精密度。操作失误率由对照组的 28.6%降至实验组的 7.1%，其中以“气泡未排除”“误取假零点”“零点未复校”三类失误下降最为明显。这一结果与误差分析部分相印证：规范化流程把这些易被忽视的环节明确化、可考核化，从而在源头上减少了系统误差与偶然误差。需要指出的是，本研究为单校单学期的教学实践，样本量有限，结论的推广性有待在更多院校、更多糖类样品上进一步检验。

7. 误差来源与控制

旋光度测定的准确度取决于仪器状态、溶液质量和操作规范程度。按误差性质，糖类旋光度测定中的误差可分为系统误差与偶然误差两类，其主要来源、对测定结果的影响及控制措施见表 2。

Table 2. Main error sources and control measures for the determination of specific rotation of saccharides
表 2. 糖类旋光度测定主要误差来源及控制措施

误差类型	误差来源	对结果的影响	控制措施
系统误差	钠光灯未充分预热	波长、光强波动，读数漂移，重复性差	预热 5~10 min，待光源稳定后测定，测定过程中保持通电
系统误差	零点校正不规范或仅单次读数	全部测定值引入固定偏移	平行校正 3 次取平均；测定前后各测一次零点
系统误差	玻璃仪器残留水或杂质	样品稀释、污染，旋光度偏高或偏低	仪器洗净晾干；旋光管用待测液润洗 2~3 次
系统误差	旋光管光程与标称值不符、盖片受应力形变	光程偏差，比旋光度系统性偏移	使用经检定的旋光管；螺帽旋至不漏水即可，避免过度旋紧
系统误差	环境温度偏离 20℃	比旋光度偏离标准值	溶液与旋光管在(20 ± 2)℃恒温，并记录测定温度
系统误差	溶液配制浓度不准	比旋光度计算偏差、线性关系变差	使用合格的容量器皿；黏度大的溶液采用称量法配制
偶然误差	旋光管内存在气泡	气泡遮挡光路，视场明暗不均，读数随机偏差	装填后倾斜管身使气泡移至膨大端
偶然误差	透光面残留污渍或水渍	透光率下降，读数偏低	每次装填后擦净两端透光面
偶然误差	视场判定与读数的主观偏差	平行测定偏差超标，重复性差	以暗视场为零点；多次平行读数取平均
偶然误差	溶液未摇匀、浓度不均	同一样品的重复测定数据波动大	定容后充分摇匀，静置后取样

实验中常见的异常现象及其处置方法如下。

(1) 三分视场持续明暗不均：多由光学面污染、气泡遮挡、目镜未调焦造成。清洁透光面、排除气泡，重新调节目镜焦距。

(2) 读数波动大、重复性差：依次核查光源稳定性、管内气泡、温度平衡状态、螺帽是否过紧造成玻璃盖片应力形变。

(3) 旋光度与浓度不呈线性：主要诱因包括梯度溶液配制误差(高黏度储备液移取偏差)、溶液久置水解、测定顺序混乱。重新配制溶液，按照浓度由低至高完成测定。

(4) 平行测定偏差超出 0.05°：排查零点漂移、旋光管洁净度、读数操作规范性，必要时增加平行测定次数。

(5) 无法定位零度视场：手轮转动速率过快，误将亮视场当作零点。降低手轮转动速度，以暗视场作

为判定基准。

8. 教学反思

(1) 学生高频操作失误分析：教学实践发现，学生主要问题不在于公式运算，集中体现在零点判读错误(假零点)、旋光管气泡残留、原始记录缺失温度与平行次数三个环节，与误差来源分析结论吻合。教学重心应当从公式讲解转移至操作判据的深度解析。

(2) 规范化要求可考核化：将“视场亮度均匀且整体偏暗”“三次读数极差 $\leq 0.05^{\circ}$”“测定前后两次校零”写入操作检查表，把口头提醒转化为可核查、可评价的考核条目，是本次教学改革关键举措。

(3) 分层能力培养：低年级本科教学以目视旋光仪为主，夯实原理认知与基础操作规范；高年级综合实验引入自动数字旋光仪，开展仪器校准、误差统计、数据处理训练，实现能力由“会操作”向“操作精准”递进。

(4) 局限与改进方向：本次教学实践样本与周期有限，尚未覆盖变旋效应显著的多种糖类；后续可扩大样本规模，拓展样品类型，引入过程化数据采集，精细化分析学生实操行为。

9. 注意事项

(1) 旋光仪采用 220 V 交流供电，插座接地可靠，避免在高湿环境开展操作。

(2) 旋光管属于精密光学器件，两端玻璃薄片易碎，轻拿轻放，防止磕碰跌落。

(3) 待测溶液应当澄清，存在悬浮颗粒物时，需要过滤或者离心处理后再测定。

(4) 高浓度糖溶液测试结束后，及时清洗旋光管，防止糖液干涸附着于光学玻璃表面，降低透光性能。

(5) 按需配制溶液，减少试剂浪费；废液分类收集后统一处理。

(6) 测定葡萄糖、乳糖等还原糖，需要充分关注变旋现象，待体系达到变旋平衡后再进行测定。

10. 讨论与总结

糖类化合物旋光度测定实验操作环节多，对操作细节敏感度高。本文结合 WXG-4 圆盘旋光仪结构特征与一线教学经验，建立从仪器试剂准备到数据处理、仪器复原的全流程标准化操作方案，系统梳理误差来源及控制手段。保障测定结果准确可靠有三项核心控制点：第一，零点校准，严格选用暗态均匀视场作为基准，平行校准 3 次，测定前后分别校零，规避零点漂移；第二，平行测定，单份样品至少平行测定 3 次，每次读数前重新定位零点，降低人为读数偏差；第三，温度管控，样品与旋光管置于(20 ± 2)℃，记录实际测试温度；蔗糖溶液控制放置时间，避免水解。本实验规范化建设思路与萃取洗涤、蒸馏、重结晶等有机基础操作规范建设思路一致，将容易被忽略的实操细节明确化、可考核化，以此提升基础定量实验的数据质量[8] [9]。文中提出的操作规范既可以作为高校有机化学实验教学参考，同时可为糖类药品旋光度质量控制工作提供借鉴。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 四部[M]. 2025 年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2025.

[2] 兰州大学编. 有机化学实验[M]. 第 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2017.

[3] 焦家俊. 有机化学实验[M]. 第 2 版. 上海: 上海交通大学出版社, 2010.

[4] 温建辉, 董川. 从旋光度测定谈启发研究式化学教学[J]. 大学化学, 2006, 21(3): 14-17.

[5] 奥美珍. 翻转课堂模式在旋光度测定实验教学中的应用[J]. 大学化学, 2018, 33(8): 5-9.

[6] 舒朋华, 魏夏兰, 鞠志宇, 等. 基于奥尔堡 PBL 模式的有机实验教学改革[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(2): 157-159, 173.

[7] 李百芳, 孙宝良. 对葡萄糖溶液旋光度实验的改进[J]. 物理通报, 2013, 42(9): 87-88.

[8] 熊英, 余广鳌, 吴琳, 等. 有机化合物的物理常数测定基本操作规范建议[J]. 大学化学, 2025, 40(5): 106-121.

[9] 李厚金, 刘占祥, 郑媛, 等. 基于虚拟教研开展有机化学实验基本操作规范建设的探索与实践[J]. 大学化学, 2025, 40(5): 230-237.