

物理化学实验操作规范建议——黏度、密度和光学性质测量

宋淑娥¹, 王晓葵², 刘永梅³, 朱万春⁴, 原弘⁵, 田福平⁶, 白云山⁷, 李运超⁸, 王立⁹, 吴忠云¹⁰, 淳远^{11,*}, 张剑荣¹¹, 张树永^{1,*}

¹ 山东大学化学与化工学院, 济南 250100

² 中国科学技术大学化学与材料科学学院, 化学国家级实验教学示范中心(中国科学技术大学), 合肥 230000

³ 复旦大学化学系, 化学国家级实验教学示范中心(复旦大学), 上海 200433

⁴ 吉林大学化学学院, 化学国家级实验教学示范中心(吉林大学), 长春 130012

⁵ 华中师范大学化学学院, 化学国家级实验教学示范中心(华中师范大学), 武汉 430079

⁶ 大连理工大学化学学院, 化学国家级实验教学示范中心(大连理工大学), 辽宁 大连 116024

⁷ 陕西师范大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(陕西师范大学), 西安 710119

⁸ 北京师范大学化学学院, 化学国家级实验教学示范中心(北京师范大学), 北京 100875

⁹ 中南民族大学化学与材料科学学院, 武汉 430074

¹⁰ 北京大学化学与分子工程学院, 化学国家级实验教学示范中心(北京大学), 北京 100871

¹¹ 南京大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(南京大学), 南京 210023

摘要: 规范的实验操作是化学实验的基本要求, 也是培养规范严谨科学态度的重要途径。本文针对物理化学实验中黏度、密度和光学性质测量提供了系统的操作规范建议, 可作为从事化学实验学习、教学和研究的教师及其他相关人员的指导和参考。

关键词: 物理化学实验; 黏度; 密度; 光学性质; 操作规范; 建议

中图分类号: G64; O6

Suggestions on Operating Specifications of Physical Chemistry Experiment: Measurement of Viscosity, Density and Optical Properties

Shu'e Song¹, Xiaokui Wang², Yongmei Liu³, Wanchun Zhu⁴, Hong Yuan⁵, Fuping Tian⁶, Yunshan Bai⁷, Yunchao Li⁸, Li Wang⁹, Zhongyun Wu¹⁰, Yuan Chun^{11,*}, Jianrong Zhang¹¹, Shuyong Zhang^{1,*}

¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China.

² National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (University of Science and Technology of China), School of Chemistry and Materials Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230000, China.

³ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Fudan University), Department of Chemistry, Fudan University, Shanghai 200433, China.

⁴ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Jilin University), College of Chemistry, Jilin University, Changchun 130012, China.

⁵ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Central China Normal University), College of Chemistry,

收稿: 2025-03-10; 录用: 2025-03-19; 网络发表: 2025-04-02

*通讯作者, Emails: ychun@nju.edu.cn (淳远); syzhang@sdu.edu.cn (张树永)

基金资助: 教育部高校教师教学组织和教学发展体系建设研究项目“利用虚拟教研室优势, 推进化学实验系列标准研制”; 教育部虚拟教研室建设试点项目“化学实验教学改革创新研究虚拟教研室”“‘101计划’基础化学实验课程虚拟教研室”

Central China Normal University, Wuhan 430079, China.

⁶ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Dalian University of Technology), School of Chemistry, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

⁷ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Shaanxi Normal University), School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China.

⁸ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Beijing Normal University), College of Chemistry, Beijing Normal University, Beijing 100875, China.

⁹ School of Chemistry and Materials Science, South-Central Minzu University, Wuhan 430074, China.

¹⁰ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Peking University), College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, China.

¹¹ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Nanjing University), School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China.

Abstract: Standardized experimental procedure is a fundamental requirement for chemical experiments, and it is also an important way to cultivate a rigorous and scientific attitude. This article provides systematic suggestions on operating specifications for measuring viscosity, density and optical properties in physical chemistry experiment, which can serve as guidance and reference for students, teachers, and other relevant personnel engaged in chemical experiment learning, teaching, and research.

Key Words: Physical chemistry experiment; Viscosity; Density; Optical Property; Operating specification; Suggestion

实验教学在化学类专业人才培养中占据不可或缺的地位。相对于其他实验,物理化学实验原理复杂综合、使用仪器设备多种多样、测量次数多周期长、数据处理和分析要求高,在培养学生实验思维和科学素养方面发挥着重要作用^[1]。2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会针对实验教学知识点列出了化学类专业化学实验教学建议内容^[2],2021年在《高等学校化学类专业物理化学实验教学内容与教学要求建议》一文中进一步明确了物理化学实验的实验能力和素质培养目标要求^[1],不过上述建议中并未涉及具体的实验操作过程。规范的实验操作是化学实验的基本要求,是保障实验安全、获得准确的实验数据、延长仪器使用寿命的前提,也是培养规范严谨科学态度的重要途径。不同高校的物理化学实验教材对实验内容的描述有所不同^[3-12],具体实验操作过程并没有一个明确的统一标准,不少学生对如何规范地进行实验操作缺乏清晰的认识,导致实验过程中出现一系列问题。针对以上情况,教育部化学实验教学改革发展研究虚拟教研室物理化学实验操作规范建设小组、“101计划”《基础化学实验》课程教材编写组经过充分调研、广泛征求意见,研制了《物理化学实验操作规范建议》,希望对同行有参考价值。本建议针对物理化学实验涉及到具体每一参数共性的测量过程来编写,以“化学类专业化学实验教学建议内容”为基础,兼顾大多数高校目前开设的物理化学实验内容,涵盖了温度测量与控制、压力测量与控制、黏度测量、密度测量、光学性质测量、电学性质测量、热学性质测量、胶体和表面化学性质测量、分子结构与性质测量等九大模块。本文为《物理化学实验操作规范建议》中黏度、密度以及光学性质测量模块部分,包括黏度测量、液体密度测量、固体密度测量、旋光度测量、折射率测量、吸光度测量等六类性质测量相关的操作规范。

1 黏度测量

1.1 仪器:乌氏黏度计

1.1.1 简单原理

乌氏黏度计属于重力型毛细管黏度计,基于相对测量法原理,依据液体在毛细管中流出的速度来测量液体的黏度,其结构示意图见图1。

1.1.2 主要操作步骤

- (1) 仪器准备。根据待测物质性质选取合适的黏度计，洗净、干燥备用。
- (2) 恒温槽温度调节。设置恒温槽温度为所需温度，启动控温。
- (3) 溶液流出时间测定。将黏度计垂直固定于恒温槽中，使恒温槽液面浸没G球一半以上。用移液管经黏度计A管加入待测溶液，恒温10 min以上，夹紧C管上连接的乳胶管，用洗耳球从B管上连接的乳胶管慢慢抽气，待液体升高至G球一半以上位置时停止抽气，松开C管处乳胶管，测定溶液流经E球上下(a, b)两条刻度线所用时间。
- (4) 溶剂流出时间测定。用蒸馏水洗净黏度计，再用溶剂润洗1–2次，同样方法测定溶剂流出的时间。

1.1.3 注意事项

- (1) 测量溶剂和溶液流出时间的顺序可以互换，若先测溶剂流出时间，需将黏度计洗净干燥后才能进行溶液测量，以免残留液体改变溶液浓度。
- (2) 黏度计规格选择时，溶剂流经毛细管的时间应大于100 s，以120 s左右为宜，以免产生湍流带来较大测量误差。
- (3) 流出时间至少重复测定3次，要求各次的时间相差不超过0.3 s，取其平均值。
- (4) 黏度计毛细管必须处于垂直状态，以免液柱所受压力差发生变化导致测量误差。
- (5) 实验过程中不要振动黏度计，以免影响液体流出速率。
- (6) 在黏度计中稀释溶液时，用洗耳球将溶液反复抽吸至G球内几次，使其混合均匀，以免浓度不准带来误差。
- (7) 测量时需要松开C管上橡皮管的夹子，使毛细管内液体和F球液体断开，以免平均液柱差发生变化对测量造成影响。
- (8) 测试溶剂流出时间前需要反复清洗黏度计的毛细管部分，以免高聚物分子残留带来影响。
- (9) 黏度计使用完毕要立即清洗干净，以免残存的高聚物与毛细管壁粘结，导致毛细管孔径改变甚至堵塞。

1.2 仪器：奥氏黏度计

1.2.1 简单原理

奥氏黏度计属于重力型毛细管黏度计，基于相对测量法原理，根据待测液体和标准液的流出时间和密度乘积之比，求算待测液体的黏度，其结构示意图见图2。

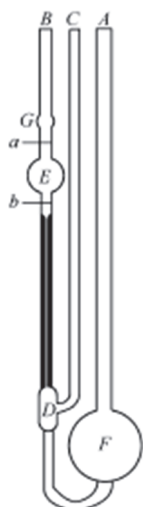


图1 乌氏黏度计示意图^[3]

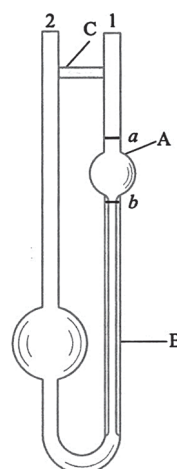


图2 奥氏黏度计示意图^[4,5]

A—测定球；B—毛细管；C—加固用的玻璃棒；a, b—环形测定线

1.2.2 主要操作步骤

- (1) 仪器准备。根据待测物质性质选取合适的黏度计，洗净干燥备用。
- (2) 恒温槽温度调节。设置恒温槽温度为所需温度，启动控温。
- (3) 待测液体流出时间测定。将黏度计垂直固定于恒温槽中，使恒温槽液面高出A球2 cm左右；用移液管取一定量待测液放入黏度计中，恒温10 min以上。用秒表测定液体流经a、b两刻度间所需的时间。
- (4) 标准液流出时间测定。将黏度计中的待测液倾入回收瓶中，洗净干燥，再用移液管取相同量的标准液放入黏度计中，测定标准液流经a、b两刻度间所需的时间。

1.2.3 注意事项

- (1) 测量待测溶液和标准溶液流出时间的顺序可以互换。
- (2) 黏度计规格选择时，液体流经毛细管的时间应大于100 s，以免产生湍流带来较大测量误差。
- (3) 黏度计毛细管必须处于垂直状态，以免液柱所受压力差发生变化导致测量误差。
- (4) 实验过程中不要振动黏度计，以免影响液体流出速率。
- (5) 流出时间至少重复测定3次，要求各次的时间相差不超过0.3 s，取其平均值。
- (6) 加入的标准液和待测液的体积必须相同，以免压差发生变化导致测量误差。
- (7) 黏度计使用完毕要立即清洗干净。

2 液体密度测量

2.1 仪器：密度瓶

2.2 简单原理

密度瓶法是测量液体密度常用的方法。密度瓶(图3)具有固定的容积，在一定温度下，用已知密度的液体标定其准确容积，再装满待测液体后称量，然后根据密度瓶的容积和样品质量，即可求出该液体样品的密度。

常用密度瓶体积规格为5 mL、10 mL、25 mL、50 mL等。

2.3 主要操作步骤

- (1) 恒温槽温度调节。设置恒温槽温度为所需温度，启动控温。
- (2) 密度瓶体积标定。精确称量洁净、干燥的空密度瓶质量，然后用已知密度的液体充满密度瓶，盖上瓶塞，置于恒温槽中恒温10 min，用滤纸迅速吸去塞子上毛细管口溢出的液体，取出密度瓶，擦干外壁，迅速称量质量。
- (3) 待测液体密度测定。洗净、干燥密度瓶或用待测溶液润洗密度瓶三次，按步骤(2)测定待测液体的质量，计算密度。
- (4) 清洗密度瓶。

2.4 注意事项

- (1) 密度瓶必须洁净、干燥，瓶体与瓶塞必须配套。
- (2) 密度瓶使用后必须冲洗干净，以免影响密度瓶的再次使用。
- (3) 测定腐蚀性样品时，可在称量时用一培养皿放在天平盘上，再放密度瓶称量，以免天平盘被腐蚀。
- (4) 测量时，应将密度瓶放在水平的台面上，以免密度瓶倾斜导致瓶内液体体积发生变化。
- (5) 样品及水装入密度瓶时，应小心沿壁倒入瓶内，避免产生气泡，如有气泡，应稍放置待气泡消失后再调温称量质量，以免气泡的存在导致液体体积改变。
- (6) 恒温过程中毛细管里要始终充满液体，如因挥发导致液面下降，需在毛细管上端滴加该溶液，以保障体积恒定。
- (7) 应戴隔热手套或用工具夹取密度瓶，以免体温较高导致液体密度变化。

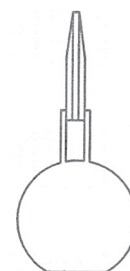


图3 密度瓶示意图^[4]

- (8) 水浴用水必须清洁无油污，以免密度瓶外壁被污染带来质量变化。
 (9) 称量质量前必须用吸水纸将密度瓶外壁擦干净，以免外壁水的存在导致质量增加。
 (10) 天平室温度不得高于实验温度，以免称量时液体膨胀溢出带来质量变化。

3 固体密度测量

3.1 仪器：密度瓶

3.2 简单原理

密度瓶法是测量固体密度常用的方法。密度瓶具有一定的容积，在一定温度下，用已知密度的液体标定其准确容积，再装入一定质量的待测固体，用该液体充满密度瓶后称量，然后根据待测固体的质量和体积，即可求出该固体样品的密度。

3.3 主要操作步骤

- (1) 恒温槽温度调节。设置恒温槽温度为所需温度，启动控温。
- (2) 密度瓶体积标定。精确称量洁净、干燥的密度瓶质量，然后用已知密度的液体充满密度瓶，盖上瓶塞，置于恒温槽中恒温10 min以上，再用滤纸迅速吸去塞子上毛细管口溢出的液体，取出密度瓶，擦干外壁，迅速称量质量。
- (3) 固体的密度测定。倒去液体，将密度瓶吹干，装入一定量研细的待测固体，称量质量；注入一定量上述已知密度的液体，使固体完全浸没，再用真空泵抽气约15 min，以除去吸附在固体表面的空气；然后注满液体，塞上瓶塞。恒温10 min以上，同法擦干称量质量。

(4) 密度瓶清洗。

3.4 注意事项

- (1) 待测固体需能被所用液体润湿，但不能被溶解或溶胀，以免固体体积发生变化。
- (2) 待测固体的放入量依瓶大小而定，不宜过多或过少，以免引起较大的测量误差。其他注意事项同2.4小节。

4 旋光度测量

4.1 仪器：旋光仪

4.2 简单原理

如图4所示，光线透过起偏镜形成的单一平面偏振光，通过具有旋光性的物质后，偏振面会发生旋转，再通过检偏镜检测偏振面旋转的角度，即可测定旋光物质的旋光度。为了便于判断，会在光路正中加入具有旋光性的石英片，形成三分视野，调节三分视野明暗度相同的暗区作为判断标准，通过游标读数。

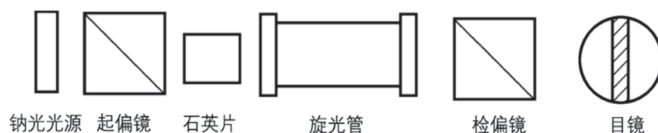


图4 旋光仪光学系统^[4]

常用旋光管长度为10 cm、20 cm和22 cm。

4.3 主要操作步骤

- (1) 预热。打开仪器电源，预热5 min。
- (2) 旋光管选择。根据待测系统的性质，选择适宜长度的旋光管。
- (3) 旋光仪零点测定。洗净旋光管，注满去离子水，旋紧管盖；擦干旋光管外壁和两端玻璃片上的水渍，粗径一端朝上放入旋光仪中；调节目镜聚焦，旋转检偏镜使三分视野呈现明暗度相同的暗

区, 读取刻度盘上的游标读数, 此角度即为旋光仪零点。

(4) 旋光度测定。将旋光管中的去离子水倒掉, 用待测液体润洗后再充满待测液, 用同样的方法进行测量, 此时刻度盘读数与旋光仪零点之差即为待测溶液的旋光度。

4.4 仪器维护

(1) 旋光管用后应洗净干燥后放置。

(2) 旋光仪应放在通风干燥和温度适宜之处, 以免受潮。

(3) 如仪器的光学系统表面出现积尘, 可用脱脂棉棒蘸少量无水乙醇或醋酸丁脂轻轻擦拭。如有霉点可用棉棒蘸酒精后再蘸少量氧化铈(红粉)或碳酸钙抛光粉轻轻擦拭。

4.5 注意事项

(1) 装填液体后, 旋光管内如有少量气泡, 需赶入粗径处才能测定, 以免气泡阻挡光路使三分视野模糊。

(2) 螺帽不能旋得太紧, 以免玻璃片因受力形成应力而产生假旋光, 影响读数的正确性。

(3) 旋光仪中的钠光灯不宜长时间开启, 如测定超过4 h, 应关闭10–15 min, 待钠光灯冷却后再重新开启, 以免损坏钠光灯管。

(4) 保持周围环境温度恒定, 必要时对待测液体进行恒温处理, 以免温度变化对旋光度产生影响。

(5) 需要调至三分视野明暗度相同的暗区而不是亮区作为标准, 因为人眼对太亮的光线强度变化不敏感, 会影响终点判断。

(6) 玻璃片上的水需用擦镜纸擦拭干净, 以免视野模糊影响终点判断。

(7) 从同一侧刻度盘读数或者同时读取两边刻度盘数据取平均, 以免由于两边刻度偏差带来影响。

(8) 加入待测溶液前, 应用该溶液反复润洗旋光管数次, 以免样品液浓度改变。

(9) 浑浊或含有小颗粒的溶液不能直接测定, 应先将溶液离心或过滤后再测定, 以免颗粒阻挡光路。

(10) 仪器金属部分切忌沾染酸碱, 以免受到腐蚀。

(11) 光学镜片部分不能接触硬物, 以免损坏镜片。

(12) 实验结束旋光管内溶液应及时倒出, 并用蒸馏水洗涤干净, 以免腐蚀金属管盖。

(13) 旋光管不可置于干燥箱中加热干燥, 以免因玻璃管与两端金属螺帽的热膨胀系数不同造成损坏。

5 折射率测量

5.1 仪器: 阿贝折射仪

5.2 简单原理

如图5所示, 单一方向白光穿过阿贝折射仪辅助棱镜, 在磨砂面上发生漫散射, 不同方向散射光通过被测物质/测量棱镜界面时发生折射, 经阿密西棱镜消除色散后, 测量临界折射角的数值, 再通过折射率定律计算得到被测物质的折射率。

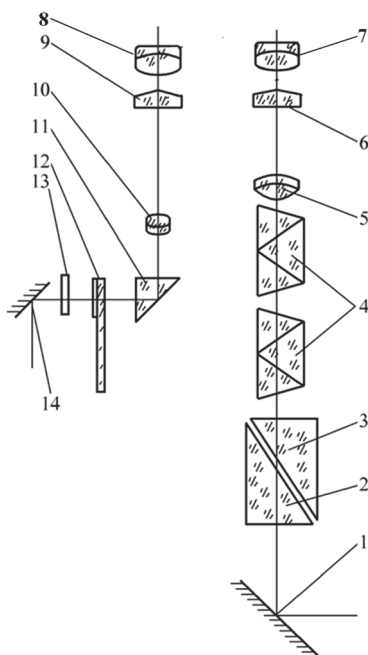
5.3 主要操作步骤

(1) 液体折射率测量

控温。连接恒温槽循环水管, 调节恒温槽的温度到所需测量温度, 稳定10 min。

加样。旋开测量棱镜和辅助棱镜的闭合旋钮, 在棱镜表面滴加少量丙酮等易挥发溶剂, 用擦镜纸吸干或用洗耳球吹干, 滴加2–3滴试样于测量棱镜表面, 迅速合上棱镜, 旋紧闭合旋钮。

测量。打开光源, 调节入射光进入棱镜, 同时调节目镜的焦距, 使目镜中十字线清晰明亮; 调节读数旋钮至视场呈现明暗分界现象, 再调节消色散旋钮使色带消失; 多次调节读数旋钮和消色散旋钮, 使明暗分界线同十字线交点重合, 读取折射率数值, 同时记录温度。

图5 阿贝折射仪光学系统示意图^[4]

1-反光镜；2-辅助棱镜；3-测量棱镜；4-消色散棱镜；5-物镜；6-分划板；7,8-目镜；
9-分划板；10-物镜；11-转向棱镜；12-照明度盘；13-毛玻璃；14-小反光镜

结束。在棱镜表面滴加少量丙酮，用擦镜纸吸干，中间垫上双层擦镜纸，合上棱镜，旋紧闭合旋钮。

(2) 固体折射率测定

被测固体上需要有一个平整的抛光面。把辅助棱镜打开，在测量棱镜的抛光面上加1滴 α -溴萘，并将被测固体的抛光面擦干净放上去，使其接触良好，其他同液体折射率测量。

5.4 仪器维护

(1) 仪器环境。仪器应置放于干燥、空气流通的室内，以免光学零件受潮发霉。

(2) 避免强烈振动或撞击。开闭棱镜要小心，以防止损伤光学零件。

(3) 仪器保养。光学零件不可用手直接接触，以免受到油污或者汗渍沾污。如果光学零件表面有灰尘，可用高级麂皮或脱脂棉轻擦后，再用洗耳球吹干。如有油污，可用脱脂棉沾少许汽油轻擦后再用乙醚擦干净。

(4) 仪器校准。仪器长期未用或者对测量数据有疑问时，需进行校准。用沾有无水乙醇与乙醚(1:4)混合溶液的脱脂棉轻擦测量棱镜的抛光面及标准试样的抛光面，在测量棱镜的抛光面加一滴 α -溴萘，再贴上标准试样的抛光面，旋转棱镜转动手轮，使读数与标准试样标注的折射率数值一致，然后用螺丝刀微调仪器镜筒上的校正螺钉，使明暗界线与十字线交点相合。也可以用蒸馏水作为标准物质($n_{\text{水}}^{25} = 1.3325$)，通过测量蒸馏水折射率进行校正。

5.5 注意事项

(1) 测试时，应将阿贝折射仪放置于明亮处，避免阳光直接照射或者靠近热源，以免液体试样温度变化或受热蒸发而影响测试精度。

(2) 清洁镜面必须使用擦镜纸，以免镜面受损，影响成像清晰度和测量精度。

(3) 不能测量强酸、强碱、氟化物等腐蚀性液体，以免损坏仪器。

(4) 样品折射率需在1.3000-1.7000范围内，以免超出仪器量程而观察不到明暗分界线。

(5) 测试固体试样时，应防止把测量棱镜表面拉毛或产生压痕，以免影响成像清晰度和测量精度。

(6) 滴管滴加样品时不能将滴管尖触及镜面，以免镜面出现划痕影响成像清晰度。

(7) 每次加样时，一般只需加2-3滴，不可加得太多，以免试样溢出；也不能太少，导致棱镜间未充满液体，读数时目镜中观察不到清晰的明暗分界线。

(8) 恒温温度变化应控制在 ± 0.1 °C范围内，以免影响测量精度。

6 吸光度测量

6.1 仪器：分光光度计

6.2 简单原理

如图6所示，光源(可见光通常使用钨灯或卤钨灯，紫外光通常使用氢灯或者氘灯)产生连续混合光，通过单色器形成特定波长的光线，透过待测试样品后，部分光线被吸收，通过检测器测量透过光强度，与入射光强度进行对比，从而获得样品的吸光度。根据Beer-Lambert定律，即样品浓度与吸光度成正比，可以计算出待测样品的浓度。

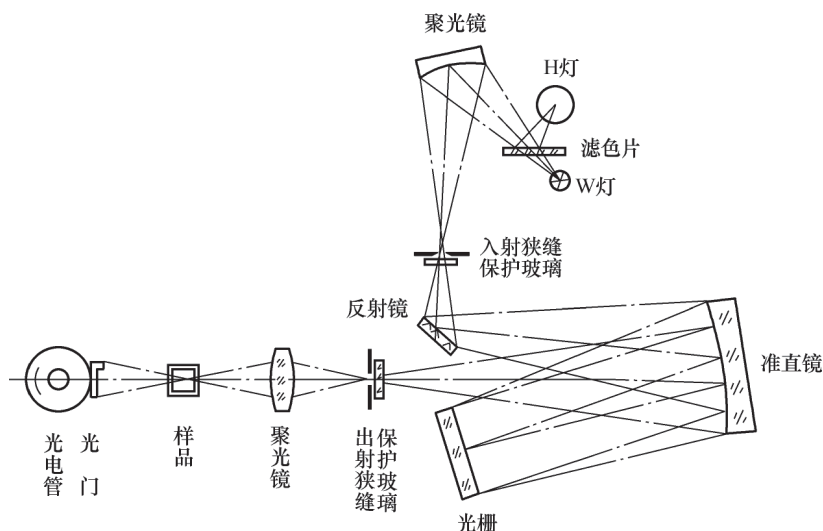


图6 分光光度计光学系统示意图^[4]

6.3 主要操作步骤

(1) 预热。启动电源开关，预热约20 min。

(2) 比色皿选择。根据所测样品性质选择配套的玻璃或者石英比色皿，用蒸馏水清洗干净。

(3) 参比溶液选择：选择合适的参比溶液(通常为蒸馏水)装入两只比色皿中(约3/4满)，用擦镜纸单向擦干光面，将两只比色皿放入比色架上，光面朝向光路方向。如样品溶液加了显色剂且呈现颜色则采用不加显色剂的空白溶液作参比溶液。

(4) 波长设置。调节波长旋钮，选择合适的波长，通常为溶液最大吸收峰波长。

(5) 比色皿空白值测试。选择透过率模式，打开样品池盖，调节“0%T”至显示为“000.0”。盖上样品池盖，将参比比色池置于光路，调节“100%T”至显示为“100.0”。切换到吸光度模式，再将第二只比色皿置于光路中，仪器显示值即为该比色皿空白的吸光度。

(6) 待测溶液吸光度测试。将第二只比色皿取出，倒掉蒸馏水，用待测溶液润洗几次，并装入约3/4满，用擦镜纸单向擦干光面，置于比色皿架中。按照步骤(5)同样方法测量待测溶液吸光度，扣除比色皿空白值后即待测样品吸光度。

(7) 清洗。测量结束后用蒸馏水清洗干净比色皿，倒置晾干存放。

6.4 仪器维护

(1) 环境要求。实验室保持一定的湿度和温度，以免分光光度计内部的反光镜片沾染灰尘，严重影响仪器的性能。

(2) 保持样品室干燥。仪器长时间不使用须定期开启仪器；关机后样品室位置须放置干燥剂。

(3) 保持仪器清洁。应尽量避免强酸、强碱性溶液滴洒在仪器表面或样品室内；如果样品溅入样品室，立即用吸水纸或软棉纱布擦拭干净。

6.5 注意事项

(1) 装样时比色皿中液体应加至约3/4满，内部不能有气泡，以免部分光线未透过样品带来误差。

(2) 测试过程中不能触摸比色皿光学镜面，以免污染镜面引起测量误差。

(3) 盛装样品前，先用待测样品润洗比色皿至少两次，以免残余液体带来浓度变化。

(4) 比色皿外壁出现液体，应用滤纸吸干再用擦镜纸顺单一方向轻擦，切忌用滤纸直接擦拭，以免比色皿出现划痕造成测量误差。

(5) 每次改变波长时，必须重新调节“0%T”和“100%T”，以免光强度发生变化带来误差。

(6) 测定强腐蚀、易挥发试样时比色皿须加盖，以免腐蚀仪器或者由于样品浓度发生变化导致测量误差。

(7) 待测样品制备好后尽快测量，以免样品分解等因素导致测量误差。

(8) 比色皿应配对使用，通常一个盛参比溶液，一个盛被测溶液，同一组测量中，两者不要互换，以免因比色皿对光吸收程度不同导致透过率发生变化。

(9) 仪器与比色皿配套使用，不能与其他仪器的比色皿单个调换，如果损坏需要增补时应校准后才能使用，以免比色皿透过率偏差太大对吸光度测量带来影响。

(10) 根据需求调整样品的浓度范围，吸光度不能过低或过高，以免读数不准带来较大误差。

(11) 部分仪器配备了“黑体”用于挡光，在进行“0%T”调节时，需要关闭样品池盖，将“黑体”置于光路中再调节为“000.0”。

参 考 文 献

- [1] 张树永, 范楼珍, 淳远, 刘永梅, 田福平, 白云山, 宋淑娥. 大学化学, 2022, 37 (6), 2108061.
- [2] 2013-2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, 2017, 32 (8), 1.
- [3] 宋淑娥. 基础化学实验(III)—物理化学实验. 第3版. 北京: 化学工业出版社, 2019.
- [4] 淳远, 邱金恒, 王喜章. 物理化学实验. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2023.
- [5] 朱万春, 张国艳, 李克昌, 徐家宁. 基础化学实验-物理化学实验分册. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [6] 北京大学化学学院物理化学实验教学组. 物理化学实验. 第4版. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [7] 孟长功, 田福平, 宿艳, 徐铁齐, 王春燕, 姜文凤, 崔淼, 戴岳, 潘玉珍, 张永策, 等. 基础化学实验. 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [8] 崔献英, 柯燕雄, 单绍纯. 物理化学实验. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000.
- [9] 袁誉洪, 王立. 物理化学实验. 第2版. 北京: 科学出版社, 2021.
- [10] 李武客, 宋丹丹. 基础化学实验教程. 第2版. 武汉: 华中师范大学出版社, 2014.
- [11] 沈伟, 刘永梅, 闫世润, 黄镇, 等. 物理化学实验. 第4版. 北京: 高等教育出版社, 2024.
- [12] 祖莉莉, 胡劲波. 化学测量实验. 第2版. 北京: 北京师范大学出版社, 2017.