

用激光测量蔗糖溶液的旋光率及其浓度

刘竹琴, 徐 红

(延安大学 物理与电子信息学院, 陕西 延安 716000)

摘要:采用激光测量了蔗糖溶液的旋光率及其浓度, 利用计算机实时采集数据并输出图形, 使实验具有直观、准确度高、操作简便等特点.

关键词:旋光度; 旋光率; 偏振; 激光

中图分类号: O 435.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-0712(2007)10-0038-02

偏振是物理光学教学中的一个重要部分, 为了加深对偏振概念的理解, 目前各高等院校普遍开设“用旋光计测定糖溶液的浓度”这一实验, 采用的仪器是旋光计^[1,2]. 该方法虽然操作简单, 但在教学中却存在以下不足: 1) 旋光计中的起偏器和检偏器被封装在金属圆筒中, 不利于学生对偏振概念和偏振光测量系统的理解. 2) 测量旋光度的读数位置是靠人眼判断视场两区域的弱照度是否相等来实现的, 由于人眼的局限性以及个体差异的影响, 尽管测量前经过了一定的适应性训练, 但判断仍然不很准确. 为了提高测量准确度, 提高实验课教学效果, 在教学中, 我们改进了原有的实验设备, 利用激光, 采用计算机实时采集数据, 测定了蔗糖溶液的旋光率及未知蔗糖溶液的浓度, 下面介绍测量装置及测量方法.

1 测量装置与测量原理

1.1 测量装置

将激光光源(具有偏振输出)、待用支架、检偏器、信号接收器等按图 1 所示的顺序摆放在光学实验平台上, 将控制检偏器转动的步进电机的专用线与电控箱相连, 信号接收器也与电控箱相连, 且电控箱与微机相连.

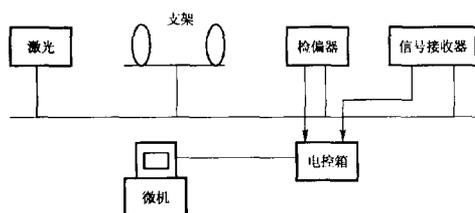


图 1 测量装置图

1.2 测量原理

1) 旋光度的测量

在图 1 中, 若激光光源输出的线偏振光的电场振幅为 A , 线偏振光的振动方向与检偏器的透振方向互成 θ 角, 那么沿检偏器的透振方向振幅分量为 $A \cos \theta$, 透射光强为^[3] $I_{\theta} = A^2 \cos^2 \theta$; 当 $\theta = 90^\circ$ 时, $I_{\theta} = 0$. 因此, 当转动检偏器时, 在光电探测器中会出现消光现象. 用计算机采集数据得到如图 2 所示中的曲线 I. 在检偏器前加入蔗糖溶液后, 由于蔗糖溶液具有旋光性, 再次转动检偏器时, 用计算机采集数据得到如图 2 所示中的曲线 II, 可见光强达到最小值的位置发生了平移, 平移的角度就是该蔗糖溶液的旋光度 φ .

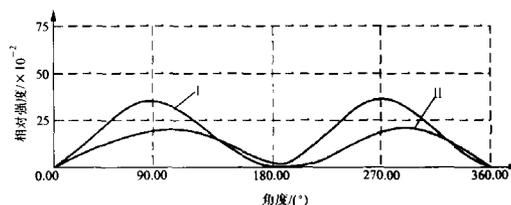


图 2 透射光强曲线

2) 旋光率及未知蔗糖溶液浓度的计算

由文献[3]知, 旋光度 φ 与所通过旋光性物质的厚度 l 成正比, 与溶液的质量浓度 c 成正比, 即

$$\varphi = \rho l c \quad (1)$$

式中 ρ 为蔗糖溶液的旋光率. 由式(1)得

$$\rho = \frac{\varphi}{l c} \quad (2)$$

由式(2)可知, 若蔗糖溶液的旋光率已测出, 只要再

收稿日期: 2006-09-21; 修回日期: 2007-04-16

基金项目: 陕西省延安大学面向 21 世纪教改资助项目(YDJG05-01)

作者简介: 刘竹琴(1968—), 女, 陕西佳县人, 陕西延安大学物理与电子信息学院副教授, 主要从事实验物理的教学和科研工作.

测出未知蔗糖溶液的旋光度和液柱长,即可算出未知蔗糖溶液的质量浓度 c 。

2 测量方法与举例

2.1 蔗糖溶液旋光率的测量

仪器采用天津市港东科技发展有限公司生产的 GSZF-3 型偏振光实验系统。

1) 配制蔗糖溶液. 在室温 ($T = 21.00^\circ\text{C}$) 下, 用光电分析天平配制质量浓度 $c = 0.10 \text{ g/cm}^3$ 的蔗糖溶液, 装入长 $l = 20 \text{ cm}$ 的标准玻璃试管中。

2) 将激光光源(偏振输出, 波长为 632.8 nm 的 He-Ne 激光)、待用支架、检偏器、光电探测器、电控箱和微机按图 1 所示位置摆放在光学平台上, 调节各光学元件共轴等高, 使光线垂直入射各器件。

3) 打开偏振光实验系统界面, 选择步进电机的步进角为 0.05° , 未放样品时, 采用步进电机控制检偏器旋转 $0^\circ \sim 360^\circ$, 得此时的透射光强曲线, 如图 2 中的曲线 I。

4) 保持各光学元件不动, 在检偏器前加入已配制好的蔗糖溶液, 重新采集数据, 再次得到透射光强曲线, 如图 2 中的曲线 II。

5) 读取数据. 选择偏振光实验系统中的读取数据菜单, 用游标分别读取曲线 I 中的消光位置 φ_1 和曲线 II 中的消光位置 φ_2 . 在实验曲线的峰值部分常会出现许多毛刺, 这是由于光源的不稳定性引起的, 在光强较大时尤为突出, 这不利用数据的采集和测量, 为了提高实验的准确度, 应取极小值的平移量。

6) 计算旋光度 $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ 。

7) 按上述方法重复测量 6 次, 取平均值, 测量结果见表 1. 在本例中, 检偏器与入射光的透振方向的初始夹角为 90° , 二者之间的初始夹角也可以取任意值。

表 1 蔗糖溶液旋光度测量数据表

序号	1	2	3	4	5	6
$\varphi_1/(\circ)$	180.60	180.90	180.80	180.40	180.50	180.60
$\varphi_2/(\circ)$	193.10	193.50	193.90	193.20	193.50	193.40
$\varphi/(\circ)$	12.50	12.60	13.10	12.80	13.00	12.80

8) 数据处理

由表 1 得 $\bar{\varphi} = 12.80^\circ$. 将 $\bar{\varphi}$ 、 l 及 c 的值代入式 (2) 得: $\rho = 64.0^\circ \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

因 $u_A(\varphi) = 0.09^\circ$, $u_B(\varphi) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058^\circ$,

$u(\varphi) = \sqrt{u_A^2(\varphi) + u_B^2(\varphi)} = 0.11^\circ$, $u(\rho) = \frac{1}{lc} u(\varphi)$

$= 0.6^\circ \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 所以

$$\rho = (64.0 \pm 0.6)^\circ \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$$

2.2 蔗糖溶液浓度的测量

测量方法同上, 测量数据见表 2。

表 2 未知浓度的蔗糖溶液旋光度测量数据表

序号	1	2	3	4	5	6
$\varphi_{x1}/(\circ)$	180.10	180.50	180.20	180.60	180.50	180.40
$\varphi_{x2}/(\circ)$	199.20	199.80	199.10	199.40	199.50	199.40
$\varphi_x/(\circ)$	19.10	19.30	18.90	18.80	19.00	19.00

由表 2 得 $\bar{\varphi}_x = 19.02^\circ$. 将 $\bar{\varphi}_x$ 、 l 及 ρ 的值代入式 (2) 得 $c_x = 0.149 \text{ g/cm}^3$ 。

算得 $u_A(\varphi_x) = 0.07^\circ$, $u_B(\varphi_x) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058^\circ$, $u(\varphi_x) = 0.09^\circ$, 则

$$u(c_x) = \sqrt{\left(\frac{\partial c_x}{\partial \varphi_x}\right)^2 u^2(\varphi_x) + \left(\frac{\partial c_x}{\partial \rho}\right)^2 u^2(\rho)} = 0.002 \text{ g/cm}^3$$

所以测量结果表示为

$$c_x = (0.149 \pm 0.002) \text{ g/cm}^3$$

测量结果与所配蔗糖溶液浓度的标准值 $c_{\text{标}} = 0.15 \text{ g/cm}^3$ 相比, 其相对误差为 0.7% , 说明该测量方案确实可行。

3 结束语

本文利用激光, 采用偏振光实验系统测量了蔗糖溶液的旋光率及其浓度, 该方法与传统测量方法相比有以下优点:

1) 实验原理简单, 光路便于调节, 测量准确度较高。

2) 用图示法直观而形象地描绘了蔗糖溶液的旋光性, 在图像上用游标截取法使旋光度的测量更准确、更科学。

3) 该方法对固体、液体等各类物质的旋光特性测量都适用, 因此具有较大的推广价值。

参考文献:

- [1] 杨述武. 普通物理实验(三、光学部分)[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2000: 131-135.
- [2] 白泽生, 王立. 大学物理实验[M], 西安: 陕西人民出版社, 2006: 71-74.
- [3] 姚启钧. 光学教程[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 1989: 310-311, 358-359.

(下转 59 页)

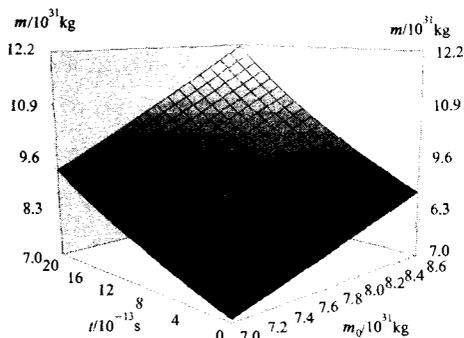


图 4 大质量黑洞的质量演化曲面

从上面的模拟中可以看出,图像更直观地反映了方程的性质.图中显示的演化曲面和预期的讨论符合得相当好.总之,数值模拟很直观地反映了前面关于 Schwarzschild 黑洞的讨论.

4 结论及意义

由于在热力学的教学过程中许多同学对负热容量及其不稳定性感到很难理解,并且对负比热容带来的热力学效应感到不是很清楚,因此本文从另一个角度对此进行了讨论,并且对讨论结果进行了数值模拟,使黑洞质量随时间的演化过程十分直观.这

将有利于广大学生理解和接受负热容量物质的物理过程.

参考文献:

- [1] 赵凯华,罗蔚茵.新概念物理教程·力学[M].北京:高等教育出版社,1995:376.
- [2] 赵凯华,罗蔚茵.新概念物理教程·热学[M].北京:高等教育出版社,1998:309.
- [3] 杨晓荣,管靖.负热容量系统的热平衡[J].大学物理,2006,25(7):20-21.
- [4] Kerr R P. Gravitational Field of a Spinning Mass as an Example of Algebraically Special Metrics [J]. Phys Rev Lett, 1963, 11: 237-238.
- [5] Newman E T. Metric of a rotating charged mass [J]. J Math Phys, 1965, 6: 918-919.
- [6] Bekenstein J D. Black Holes and Entropy [J]. Phys Rev D, 1973, 7: 2 333-2 346.
- [7] Hawking S W. Black hole explosions? [J]. Nature, 1974, 248: 30.
- [8] Hawking S W. Particle creation by black holes [J]. Commun Math Phys, 1975, 43: 199.
- [9] 赵峰. 黑洞与弯曲的时空 [M]. 2 版. 太原: 山西科学技术出版社, 2001: 130-132, 178, 202-207.

The mass evolvement of system with negative heat capacity in background radiation and the numerical simulation using Runge - Kutta method

XIONG Hao

(Department of Physics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: A differential equation of the mass of system with negative heat capacity in background radiation, for example Schwarzschild black hole, is obtained ignoring an underlying unitary theory. A necessary study and discussion on the equation, mentioned in《Mechanics of new concept physics》, and《Heat of new concept physics》 are made. At the end a numerical simulation of the mass evolvement is carried out using Runge - Kutta method. It helps students understand the system with negative heat capacity more easily.

Key words: black hole; background radiation; heat radiation; Runge - Kutta method; numerical simulation.

(上接 39 页)

Measuring specific rotation and concentration of the sucrose with laser

LIU Zhu-qin, Xu-Hong

(College of Physics and Electronic Infomation, Yanan University, Yanan 716000, China)

Abstract: The specific rotation and concentration of the sucrose are measured with laser, It can collect the data and out put the curve real - timely by computer, it has the advantages of easy clarity and high accuracy.

Key words: rotation; specific rotation; polarization; laser