

手持技术在高中化学探究实验中的应用

——基于 Fe^{2+} -邻二氮菲显色法

测定市售饮料中的 $\text{Vc}^{\text{①}}$

张小丹¹, 马 婧², 朱朝娟³, 孔 玲¹

1. 西南大学 化学化工学院, 重庆 400715; 2. 循化县高级中学, 青海 海东 811100;

3. 西南大学 附属中学, 重庆 400715

摘要:以高中化学选修六课题二“身边化学问题的探究之饮料的研究”为例,利用 Fe^{2+} -邻二氮菲(phen)显色反应,设计了基于手持技术测定饮料中维生素 C(Vc)的探究型实验,考察了体系最佳反应条件,并进一步用于市售饮料中 Vc 质量浓度的测定.该实验设计贴近生活,原理简单易懂,能极大激发和培养学生的学习兴趣 and 科学探究精神,为手持技术和高中化学实验教学的结合提供了参考.

关键词:探究实验;手持技术;维生素 C

中图分类号: G642.423

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2018)05-0171-05

《高中化学课程标准》明确提出“探究学习是学生学习化学的一种重要方式,是培养学生探究意识和提高探究能力的重要途径”^[1],要高度重视提高学生的科学素养,培养学生的创新意识,提高学生的动手能力,这就要求教师在教学中从传统式、接受式教学转变为探究型教学,因为后者更具主动性、实践性、探讨性、参与性和开放性^[2].同时,新课程的改革目标之一要求用信息化来推动教育的发展,而“手持技术”作为一种新型实验技术,适用于定量及多变量关系的研究,在高中化学教学中显得尤为重要,已在国内外中学化学教学中得到有效应用^[3-9].

手持技术设备简单,可广泛用于理科实验中,结合使用不同的传感器能迅速收集各类化学、物理、生物、环境等数据,如压强、色度、pH 值、温度、溶解氧、电导率、光强度、电流、电压等^[10].将新型手持技术引入课堂,其操作方便简单,分析实时、快速、准确,一方面可以用于设计和实施中学化学实验的部分实验,进行定量的探究性实验,另一方面,可以用于解决教科书中“传统疑难实验”,探究社会热点现象,降低认知难点,研究身边日常生活和生态环境中的问题^[11],以及用于青少年科技创新大赛中^[12].总的说来,将手持技术应用到中学实验教学中,能有效激发学生对知识的好奇心和对科学研究的热情,实现研究性、探究式以及合作式学习.本文选题结合生活中的化学,以高中化学选修六课题二“身边化学问题的探究之饮料的研究”为背景,利用新型手持技术方法结合色度传感器,基于 Fe^{2+} -邻二氮菲(phen)显色反应,设计了基于手持技术的探究型实验——手持技术测定市售饮料中维生素 C(Vc)的质量浓度,考察了体系最佳反应条件,成功构建了手持技术测定 Vc 的方法.其实验原理简单易懂,且分析方法简单、快速、准确、显色稳定,对新型手持技术用于中学课堂的探究性实验的开展提供了参考.

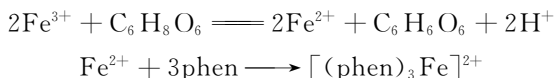
① 收稿日期: 2017-05-02

作者简介: 张小丹(1986-),女,四川彭州人,中级实验师,硕士,主要从事发光分析化学研究.

1 实验部分

1.1 实验原理

维生素 C(Vc)的分子式为 $C_6H_8O_6$, 分子中的烯二醇基在弱酸性介质中可以将 Fe^{3+} 定量还原成 Fe^{2+} , Fe^{2+} 进一步与邻二氮菲(phen)发生显色反应生成橙红色络合物, 该橙红色络合物在波长 510 nm 处有最大吸收, 在一定范围内, 颜色的深浅与 Vc 的质量浓度成正比^[13]. 反应式为:



1.2 试剂与仪器

1.2.1 实验试剂

Vc 标准溶液(100 $\mu\text{g/mL}$): 准确称取 0.025 0 g 抗坏血酸(重庆川东化工有限公司)溶于 250 mL 水中; 铁标准溶液(0.1 $\mu\text{g/mL}$): 准确称取 0.215 3 g 硫酸铁铵(成都市科龙化工试剂厂)于小烧杯中, 加入 5 mL 盐酸溶液(6 mol/L)溶解, 定量转移至 250 mL 容量瓶中, 加水稀释定容, 摇匀备用; 邻二氮菲溶液(0.15%): 称取 1.5 g 邻二氮菲, 加入 10 mL 95%乙醇溶解, 再用水稀释到 1 L. 醋酸钠缓冲(HAc-NaAc)溶液(pH=5.0). 所有试剂均为分析纯, 实验中所用水均为去离子水.

1.2.2 主要仪器

“探世界”数据采集器与色度计(广州市好雨教育科技有限公司)见图 1. 该色度计中包含 3 种滤光片, 蓝色(470 nm), 绿色(565 nm), 以及红色(635 nm)滤光片. 根据待测物质的最大吸收波长选择滤光片, 即选择与之最接近波长的滤光片. 本实验选择蓝色滤光片.

1.3 实验方法

1.3.1 标准曲线的绘制

分别移取一定体积的 Vc 标准溶液于 8 支 50 mL 容量瓶中, 依次加入 HAc-NaAc 缓冲溶液 2.0 mL, 铁标液 3.0 mL, phen 2.0 mL 至 50 mL 容量瓶中, 用去离子水稀释至刻度, 摇匀, 放置 20 min. 将蓝色滤光片插入色度计中, 与数据采集器连接, 设置采样率为“10/S”, 采样数为“连续”, 显示方式为“数字”. 然后利用去离子水对仪器进行校准, 调节透射比, 使数据采集器示数显示为 100%, 待仪器校准结束后, 用色度计分别测各溶液的透射比(T), 所有溶液均平行测定 3 次, 取其平均 T 值, 再换算成吸光度(A , $A = \lg(1/T)$), 制作吸光度 A -Vc 含量的标准曲线. 由于该实验最终拟用于高中课堂实验, 因此, 本实验的进行均在室温下进行.

1.3.2 市售饮料中 Vc 质量浓度的测定

样品选择三种市售饮料, 分别为脉动、好锌态和水溶 C(均购于本地超市), 编号为 1, 2, 3. 分别移取 2.5 mL 市售饮料于 50 mL 容量瓶中, 依次加入 HAc-NaAc 缓冲溶液 2.0 mL、铁标液 3.0 mL、phen 2.0 mL, 用去离子水稀释至刻度, 摇匀, 放置 20 min 后, 测定样品溶液的透射比, 换算成吸光度 A . 根据上述标准曲线计算得出试样中 Vc 的质量浓度, 并与饮料标示 Vc 质量浓度值进行比较.

2 结果与讨论

2.1 实验条件的优化

2.1.1 反应时间的优化

分别移取 Vc 标准液 2.0 mL, HAc-NaAc 缓冲溶液 2.0 mL, 铁标液 3.0 mL, phen 2.0 mL 至 50 mL 容量瓶中, 用去离子水稀释至刻度, 摇匀. 然后依次测量放置不同时间后, 测定溶液的透射比, 换算成吸光



图 1 “探世界”数据采集器与色度计

度 A . 显色反应需要一定时间才能达到平衡, 因此, 实验中考察了 0~30 min 范围的显色情况. 结果见图 2, 在 20 min 以内, 随着反应时间的增加, 吸光度 A 值呈现急剧上升趋势, 15 min 以后基本趋于平稳, 故最终选择室温下反应 20 min 作为反应的显色时间.

2.1.2 体系 pH 的优化

Fe^{2+} 与 phen 的显色反应在较宽 pH 值范围内均能进行, 因此, 研究探究了 pH=2~14 范围内吸光度值的变化. 分别移取 Vc 标准液 2.0 mL, 铁标液 3.0 mL, phen 2.0 mL 至 50 mL 容量瓶, 用去离子水稀释至刻度, 使用 HCl、NaAc-HAc 缓冲以及 NaOH 溶液调节混合液的 pH 值, 摇匀, 放置 20 min 后, 测定各溶液的透射比, 换算成吸光度 A . 结果见图 3, 在 pH 值为 3~9 范围内吸光度值变化相对较小, 在 pH 值为 4~6 范围内达到最大且趋于平稳, 强碱性条件下吸光度值开始下降, 可能由于在强碱性条件下 Vc 易分解, 显色反应过慢, 而在强碱性条件下, Fe^{2+} 易发生水解, 影响显色反应^[13], 因此, 后续实验使用 HAc-NaAc 缓冲溶液调节溶液的 pH 值为 5.0.

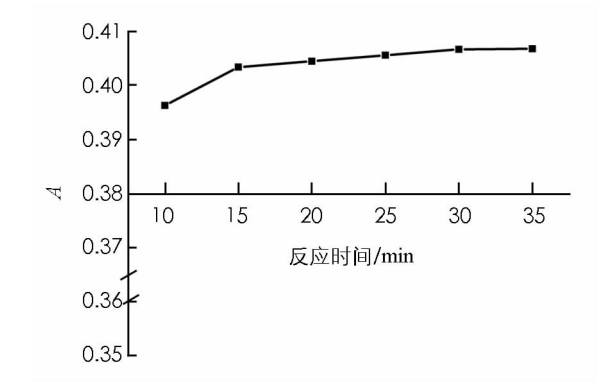


图 2 反应时间的优化

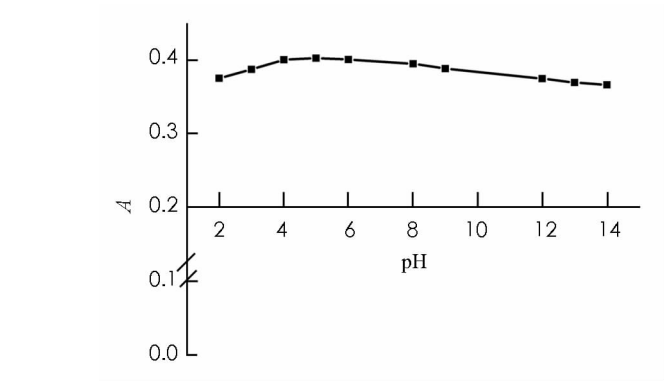


图 3 体系 pH 值的优化

2.1.3 显色剂邻二氮菲用量的优化

分别移取 Vc 标准液 2.0 mL, HAc-NaAc 缓冲溶液 2.0 mL, 铁标液 3.0 mL 至 8 个 50 mL 容量瓶中, 再分别加入 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 mL 0.15% phen 溶液, 用去离子水稀释至刻度, 摇匀, 放置 20 min 后, 测定各溶液的透射比, 换算成吸光度 A . 作为显色反应物之一, 在一定范围内, 显色剂 phen 的用量对反应有着显著影响, 结果见图 4, 当 phen 溶液在 0.2~2.0 mL 范围内, 随着 phen 用量增加, 吸光度值呈上升趋势, 随后继续增加 phen 用量, 吸光度值趋于稳定, 故本实验选择显色剂用量为 2.0 mL.

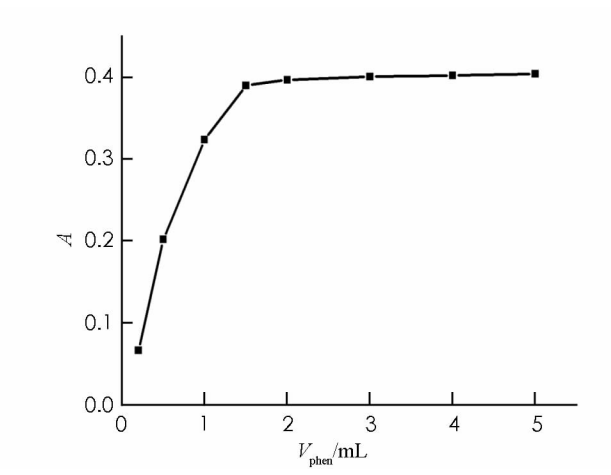


图 4 邻二氮菲用量的优化

2.1.4 硫酸铁铵用量的优化

分别移取 Vc 标准液 2.0 mL, HAc-NaAc 缓冲溶液 2.0 mL, 铁标液 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 mL 至 6 个 50 mL 容量瓶中, 再加入 2.0 mL phen 溶液, 用去离子水稀释至刻度, 摇匀, 放置 20 min 后, 测定各溶液的透射比, 换算成吸光度 A . 测定结果见图 5, 随着铁标液用量的增加, 吸光度值也随之增加, 因此, 为了节约试剂, 在灵敏度允许范围内, 故选择硫酸铁铵用量为 3.0 mL.

2.2 标准曲线的绘制

在最优条件下, 根据实验部分描述的绘制标准曲线的测定方法, 得到测定结果(图 6), 发现 Vc 质量浓度在 1~12 $\mu\text{g/mL}$ 范围内, 吸光度值 A 与 Vc 标准溶液质量浓度呈良好的线性关系, 回归方程为 $A=0.099\ 7C-0.012\ 2$ (C 为 Vc 质量浓度, 单位是 $\mu\text{g/mL}$), 相关系数为 $R^2=0.999\ 2$. 因此, 可以根据此

标准曲线, 计算得到待测物质中 Vc 的质量浓度.

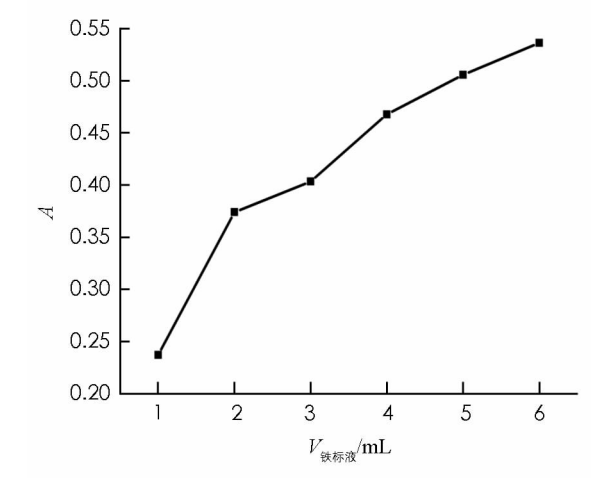


图 5 硫酸铁铵用量的优化

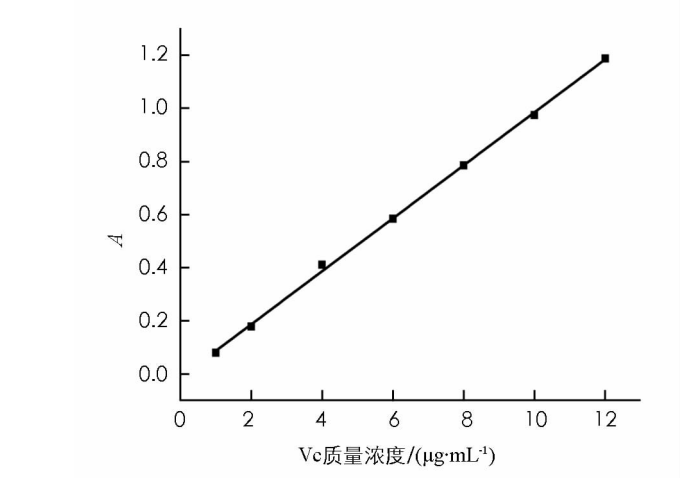


图 6 标准曲线

2.3 市售饮料中 Vc 质量浓度的测定

本实验以高中化学选修六课题二“身边化学问题的探究之饮料的研究”为背景, 因此, 本文选择具有 Vc 质量浓度标识的、溶液澄清透明的饮料作为实例, 直接用于样品中 Vc 质量浓度的测定, 结果列于表 1. 从表中得出, 手持技术法测得的样品中 Vc 质量浓度与标识质量浓度相近, 但均低于标识值, 可能是由于市售饮料样品的长期存放, 导致其中部分 Vc 被空气中的氧气氧化, 从而实测值低于标识值.

表 1 饮料中 Vc 含量的测定 ($n=3$)

样品编号	吸光度 A	测得 Vc 质量浓度 $/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	标识 Vc 质量浓度 $/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	相对标准偏差 $/\%$
1	0.898	182.6	200	1.8
2	1.155	234.1	250	2.1
3	1.043	211.8	225	1.6

3 结 论

根据 Vc 与 Fe^{3+} 反应生成 Fe^{2+} , Fe^{2+} 进一步与 phen 发生显色反应的原理, 结合新型手持技术, 设计了测定市售饮料中 Vc 质量浓度的手持技术方法, 可用于高中化学探究性实验中. 本法实验原理简单易懂、反应快速稳定、操作简便, 有利于中学生掌握相关知识和基本技能, 还能有效激发学生的学习兴趣 and 培养学生的科学素养.

参考文献:

[1] 化学课程标准研制组. 普通高中化学课程标准 [S]. 北京: 人民教育出版社, 2003.

[2] 王静. 对高中化学课程标准的理解 [J]. 考试周刊, 2016(49): 147—147

[3] GORDON J, CHANCEY K. The Determination of the Percent of Oxygen in Air Using a Gas Pressure Sensor [J]. Journal of Chemical Education, 2005, 82(2): 286—287.

[4] CORTES-FIGUEROA J E, MOORE-RUSSO D A. Using a CBL Unit, A Temperature Sensor, and a Graphing Calculator to Model the Kinetics of Consecutive First-Order Reaction as Safe in-Class Demonstrations [J]. Journal of Chemical Education, 2006, 83(1): 64—68.

[5] 魏 锐, 包 明, 王 磊, 等. 利用 pH 传感器研究中和反应过程中 pH 的突变 [J]. 化学教育, 2007, 28(4): 59—61.

[6] 朱鹏飞, 马宏佳, 杜 静. 利用传感技术对硫酸铜与氢氧化钠反应的实验研究 [J]. 中学化学教学参考, 2008(9): 34—36.

[7] 任红艳, 洪湘琼. 利用手持技术改进测定乙醇分子结构实验 [J]. 化学教育, 2010, 31(4): 71—73.

[8] 张汝丽, 耿淑玲. 手持技术下基于 SOLO 分类理论的化学“四重表征”教学研究——以中和反应热的测定为例 [J]. 中学化学, 2016(11): 1—4.

[9] 黄毓展, 钱扬义, 林建芬. 运用数字化手持技术探究“蜡烛非常规熄灭”的原因——通过测量二氧化碳浓度和温度的变化进行验证 [J]. 化学教育, 2017, 38(1): 63—69.

[10] 钱扬义. 手持技术在理科实验中的应用研究 [M]. 北京: 高等出版社, 2003.

[11] 卢一卉, 刘光影. 手持技术在《化学实验教学研究》课程中的应用——基于补钙药片中钙含量测定实验的研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(5): 185—188.

[12] 钱扬义. 手持技术应用于研究性学习及其心理学基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[13] 魏 玲, 吕晓琴, 李学琴. 邻二氮菲分光光度法间接测定药片中维生素 C 的含量 [J]. 昌吉学院学报, 2008(2): 110—112.

On Application of Hand-held Technology
in High School Chemistry Inquiry Experiment
——Determination of Vc in Commercial Beverages Based
on Fe^{2+} -phen Chromogenic Method

ZHANG Xiao-dan¹, MA Jing², ZHU Chao-juan³, KONG Ling¹

1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest University, Chongqing 400715, China ;
2. Xunhua Senior Middle School, Haidong Qinghai 811100, China ;
3. High School Affiliated to Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: With the development of basic education curriculum reform, the traditionally authenticating and qualitative chemistry experiments are gradually turned to be heuristic and quantitative, which is the new experimental type. As a novel approach, hand-held technology has been applied in the quantitative and multivariable research and used in the chemistry teaching of middle school. In the paper, the issue of research on beverage in our life locates in the optional six-subject two of senior high school chemistry textbook, which was chosen as an example for the application of the hand-held technology in the middle school chemistry education. Based on the chromogenic reaction of ferrous ion and phenanthroline, an inquiry experiment has been designed for the measurement of Vitamin C(Vc) in the beverage using the hand-held method, and investigated the influencing factors of the reaction system. The experimental design is appropriate to life, the principle is simple and easy to understand, which greatly stimulates students' interest in learning and cultivates their science inquiry spirits. Thus, we provide a reference for the application of hand-held technology in high school chemistry experimental education.

Key words: inquiry experiment; hand-held technology; Vitamin C

责任编辑 潘春燕