

电导法测定水溶性表面活性剂CMC实验条件的优化

赵婷婷, 王亚琴, 董金龙

太原师范学院化学系, 山西 晋中

Email: zhaotingting86@163.com

收稿日期: 2021年1月18日; 录用日期: 2021年3月8日; 发布日期: 2021年3月15日

摘要

电导法测定水溶性表面活性剂的临界胶束浓度是本科化学及化工类专业物理化学实验课程中的基础性实验, 针对实验过程中操作繁琐、实验数据误差较大等问题对该实验内容进行了改进; 利用恒温水浴锅测定了不同温度时的临界胶束浓度, 改变了溶液的配制方法等。以上改进减少了实验药品的用量, 简化了实验操作, 使实验测定的结果更加准确, 同时使得学生对该实验的原理和方法有了更深的理解, 培养了学生的实验技能, 从而提高了教学效果。

关键词

表面活性剂, 临界胶束浓度, 实验改进

Optimization of Experimental Conditions for Determination of Critical Micelle Concentration of Soluble Surfactant by Conductivity Method

Tingting Zhao, Yaqin Wang, Jinlong Dong

Department of Chemistry, Taiyuan Normal University, Jinzhong Shanxi

Email: zhaotingting86@163.com

Received: Jan. 18th, 2021; accepted: Mar. 8th, 2021; published: Mar. 15th, 2021

Abstract

The determination of the critical micelle concentration of soluble surfactants by conductivity method is a basic experiment in the physical chemistry experiment course of chemistry and chemical engineering majors. The experiment contents are improved in view of the complicated operation and large error of the experimental data in the experiment process. The critical micelle concentration at different temperatures was determined by constant temperature water bath pot, and the preparation method of solution was changed. The above improvements reduce the dosage of experimental drugs, simplify the experimental operation, make the experimental results more accurate, at the same time, make the students have a deeper understanding of the principle and method of the experiment, and cultivate the students' experimental skills. Thus, the teaching effect is improved.

Keywords

Surfactant, Critical Micelle Concentration, Experimental Improvement

Copyright © 2021 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

表面活性剂分子是由非极性部分和极性部分组成的,即含有足够长的烃基(大于 10~12 个碳原子)的憎水性基团和亲水的极性基团(通常是离子化的)组成的有机化合物,具有明显的“两亲”性质。表面活性剂易溶于水,当它在水中的浓度较低时以离子或分子状态存在,为了使体系中的表面吉布斯自由能较低,一部分表面活性剂分子会自动聚集在表面层,亲水的极性基团向着水,亲油的非极性基团向着油相或空气,减少水和空气之间的接触面,另一部分表面活性剂分散在水中,以单分子或简单的聚集体的形态存在。当溶液达到一定浓度值时,表面活性剂离子或分子不但在表面聚集而形成单分子层,而且在溶液内部也以亲油基相互靠拢,聚集成胶束,形成胶束时的最低浓度被称为临界胶束浓度(Critical Micelle Concentration, CMC)。表面活性剂溶液的一些物理化学性质会随着胶团的出现而发生突变,而只有溶液的浓度稍大于 CMC 时,才能使表面活性剂的作用充分发挥,如润湿、发泡、乳化、洗涤、增溶等重要作用[1]。表面活性剂随浓度变化的物理化学性质都可以用于测定 CMC,常用的方法有表面张力法、电导法、染料法、紫外分光光度法等[2] [3] [4] [5]。

十二烷基硫酸钠(Sodium dodecyl sulfate)是一种典型的阴离子型表面活性剂,当浓度小于 CMC 时,十二烷基硫酸钠在水中以离子形式存在,导电能力较强;当浓度大于 CMC 时,阴离子形成了胶束,由于胶束的体积较大,其导电能力与自由阴离子相比有所下降,曲线的斜率降低,因此,通过测定不同浓度的十二烷基硫酸钠水溶液的电导率,从电导率随浓度变化关系曲线的转折点可得十二烷基硫酸钠的 CMC 值[6] [7] [8] [9]。

电导法测定表面活性剂的临界胶束浓度是物理化学实验教学中的一个基础实验,在实验过程中可以使认识表面活性剂的一些基本性质,了解测定表面活性剂临界胶束浓度的实验方法,但在物理化学实验教材中该实验方法存在一些问题。例如,实验的设计过于简单,只测定了室温下十二烷基硫酸钠的

临界胶束浓度；实验中溶液的配制要使用大量的容量瓶使得实验过程较为繁琐且十二烷基硫酸钠水溶液会产生大量的泡沫，容易影响溶液的移取和容量瓶的定容，对体系浓度造成误差，并最终影响实验结果，教学效果有待提高。因此，针对上述实验的不足之处，结合实验的原理、内容、步骤和特点，对本实验进行了简单改进。

2. 实验部分

2.1. 主要实验药品和仪器

十二烷基硫酸钠(SDS 分析纯)，天津市凯通化学试剂有限公司；DDSJ-308A 型电导率仪，上仪电科学仪器股份有限公司。

2.2. 实验方法

1) 配制溶液

方案一

稀释法配制溶液：用分析天平准确称量 5.7676 g 十二烷基硫酸钠，在 100 mL 的容量瓶中配置浓度为 0.2 mol/L 的十二烷基硫酸钠水溶液，用移液管依次量取十二烷基硫酸钠母液 1、2、3、4、5、6、7、8、9 mL 于 9 个 100 mL 的容量瓶中定容后，配置成浓度为 0.002、0.004、0.006、0.008、0.01、0.012、0.014、0.016、0.018 mol/L 的十二烷基硫酸钠水溶液。

方案二：

加入法配制溶液：用分析天平准确称量 1.1535 g 十二烷基硫酸钠，在 100 mL 的容量瓶中配置浓度为 0.04 mol/L 的十二烷基硫酸钠水溶液，用移液管移取 30 mL 蒸馏水于烧杯中，再依次加入 1、2、2、2、2、3、3、3、4、3 和 5 mL 的十二烷基硫酸钠母液，配置成浓度为 0.0013、0.0036、0.0057、0.0076、0.0092、0.0114、0.0133、0.0150、0.0169、0.0182、0.02 mol/L 的十二烷基硫酸钠水溶液。

2) 打开恒温水浴锅调节温度至 25℃，将上述配制好的溶液放入恒温水浴锅里预热 10 min。

3) 打开电导率仪开关，预热 15 min。用电导率仪由低到浓的顺序依次测定样品的电导率。

注意在测定每个样品之前必须用滤纸把电极擦干，然后把每次的测量结果记录下来，每个溶液的电导率读数 3 次，然后取平均值(调节恒温水浴锅温度为 33℃，重复上述实验步骤)。

稀释法所配溶液的电导率见表 1，加入法所配溶液的电导率见表 2。

Table 1. Conductivity of sodium dodecyl sulfate at different temperatures

表 1. 不同温度时十二烷基硫酸钠的电导率

浓度/mol/L	电导率(25℃)/ $\mu\text{s}/\text{cm}$	电导率(33℃)/ $\mu\text{s}/\text{cm}$
0.002	153.5	175.1
0.004	306	373
0.006	421.3	520
0.008	525	653.3
0.010	609	752.3
0.012	690	856.7
0.014	775.3	957.7
0.016	847.3	1035
0.018	925	1132

Table 2. Conductivity of sodium dodecyl sulfate at different temperatures
表 2. 不同温度时十二烷基硫酸钠的电导率

浓度/mol/L	电导率(25°C)/ $\mu\text{s}/\text{cm}$	电导率(33°C)/ $\mu\text{s}/\text{cm}$
0.0013	106.6	144.2
0.0036	203.0	369.0
0.0057	404.3	527.3
0.0076	503.4	643.1
0.0092	612.3	730.3
0.0114	694.2	871.2
0.0133	763.3	969.1
0.0150	836.7	1038.3
0.0169	886.7	1143.1
0.0182	956.0	1193.4
0.02	974.7	1296.3

3. 结果与讨论

3.1. 不同温度时十二烷基硫酸钠的临界胶束浓度分析

- 1) 稀释法配制溶液
- 2) 滴加法配制溶液

由图 1 和图 2 可以看出：随着温度的增大，CMC 值也增大，这可能是因为温度的升高使离子型表面活性剂分子不容易聚集成胶束，胶束的稳定性减小，使得表面活性剂难以进入胶束，致使 CMC 增大。另外可能是温度的升高，可以使憎水基周围的水结构破坏，使胶束的形成受到阻碍，也使 CMC 的值增加[10]。

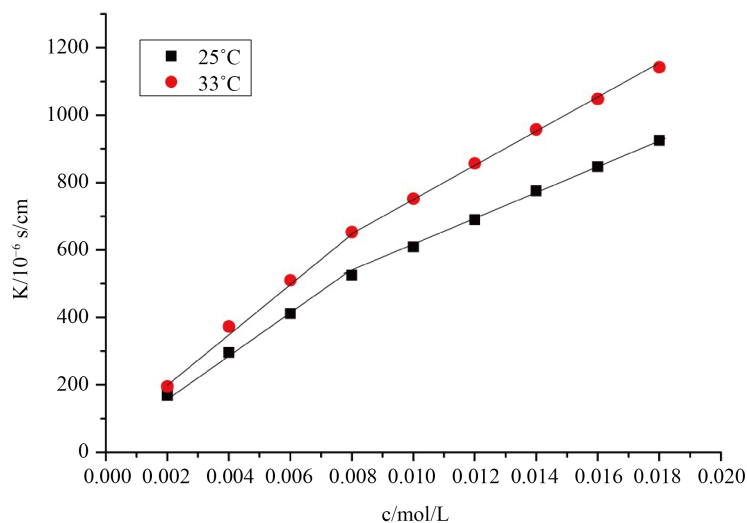


Figure 1. Electrical conductivity versus temperature of sodium dodecyl sulfate at different temperatures

图 1. 不同温度十二烷基硫酸钠的电导率随温度的变化图

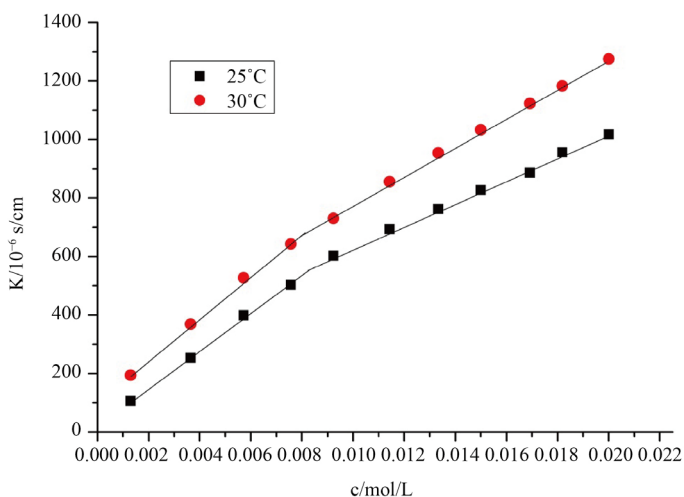


Figure 2. Electrical conductivity versus temperature of sodium dodecyl sulfate at different temperatures

图 2. 不同温度十二烷基硫酸钠的电导率随温度的变化图

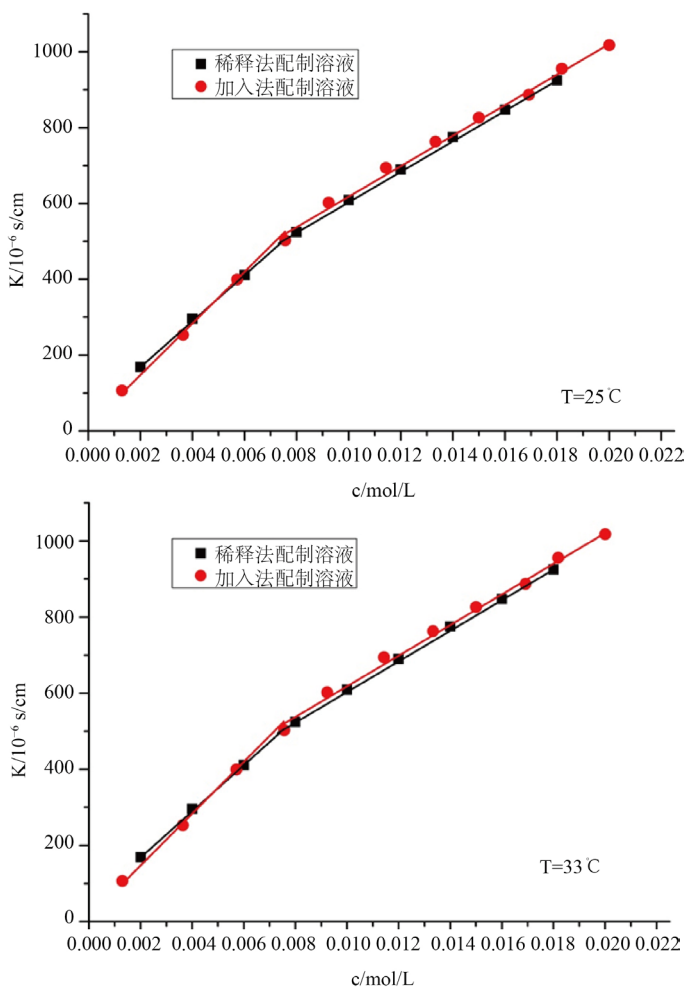


Figure 3. Electrical conductivity versus concentration of sodium dodecyl sulfate

图 3. 十二烷基硫酸钠的电导率随浓度的变化图

3.2. 溶液配制方法不同时十二烷基硫酸钠的临界胶束浓度分析

25℃和33℃时用不同方法配制溶液十二烷基硫酸钠电导率随浓度变化曲线。

由图3可得,采用稀释法配置溶液,在25℃和33℃时十二烷基硫酸钠的CMC值分别为 7.9048×10^{-3} 和 8.237×10^{-3} mol/L,而采用加入法配置溶液,在25℃和33℃时十二烷基硫酸钠的CMC值分别为 7.832×10^{-3} 和 8.139×10^{-3} mol/L,查询文献[11]可得,在25℃和33℃时十二烷基硫酸钠的CMC值分别为 7.8×10^{-3} 和 8.1×10^{-3} mol/L因此,与原来的稀释法相比,稀释法药品用量为5.7676 g,加入法药品用量为1.1535 g,可见采用加入法配置溶液所用药品少操作简便,所得数据也更接近文献值,准确度更高。

4. 结论

通过对电导法测定十二烷基硫酸钠CMC实验的改进,采用加入法减少了实验药品的用量,降低了实验成本;原来所用的稀释法配制溶液,实验过程中产生大量的泡沫,难以定容,而用加入法配制溶液避免了实验操作中大量容量瓶的清洗及润洗以及定容过程存在的误差,简化了实验操作;使实验测定的结果更加准确、可靠,同时使得学生对该实验的原理和方法有了更深的理解,并指引学生在遇到问题时能用灵活的思维方式去探索更加简便可行的解决问题的方法。培养学生的实验技能,提高了学生实验能力和创新能力等科研素养,从而提高了教学效果。

基金项目

山西自然科学基金(201801D121064),山西省大学生创新创业项目(2020491)。

参考文献

- [1] 苏育志,陈爽,徐常威.基础化学实验(III)——物理化学实验[M].北京:化学工业出版社,2010:115-116.
- [2] 庄继华.物理化学实验[M].北京:高等学校教育出版社,2016:131.
- [3] 邹耀洪.电导率法测定表面活性剂的临界胶束浓度[J].大学化学,1997,12(6):46.
- [4] 武丽艳,尚贞锋,赵鸿.电导法测定水溶性表面活性剂临界胶束浓度实验的改进[J].实验技术与管理,2006,23(2):29-30.
- [5] 张建,邱宇,于道永.同步荧光光谱法测定十二烷基苯磺酸钠的临界胶束浓度[J].应用化学,2009,26(12):1480-1483.
- [6] 王新红,戴兢陶,顾云兰.分光光度法研究十二烷基硫酸钠的临界胶束浓度[J].化工科技,2011,19(2):10-13.
- [7] 王新红,戴兢陶,顾云兰.SDS和SDBS在N,N-二甲基甲酰胺中的临界胶束浓度测定及热力学分析[J].实验技术与管理,2011,28(3):39-41.
- [8] 王岩,王晶,卢方正,等.十二烷基硫酸钠临界胶束浓度测定实验的探讨[J].实验室科学,2012,15(3):70-72.
- [9] 于道永,邱宇,张建.无探针荧光光谱法测定十二烷基硫酸钠的临界胶束浓度[J].分析试验室,2010,29(5):13-15.
- [10] 张志庆,王芳,任超.电导法与最大压差法测表面活性剂临界胶束浓度实验比较[J].实验技术与管理,2013,30(1):44-45.
- [11] 陈宗淇,王果庭,徐桂英.胶体与界面化学[M].北京:高等教育出版社,2001:231-233.