

$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 和 KI 反应级数测定实验的改进

沈家国¹, 张敏², 吴思展¹

(1. 铜仁学院 生物科学与化学系, 贵州 铜仁 554300; 2. 石阡县第二中学, 贵州 石阡 555100)

摘要: 对 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 和 KI 反应级数测定的失败原因进行了分析, 主要为长期存放的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 试剂部分变质, 可以通过添加适量的 Na_2SO_3 , 除去过硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 分解产生的活性氧化物质, 处理后的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液用于反应级数测定实验, 可以获得反应物浓度与反应速率的良好线性关系, 同时优化了本实验测速剂 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 在不同室温下的“842”比例方案, 改善了实验教学效果。

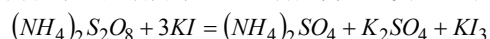
关键词: 反应级数; 实验改进; 实验技能训练

中图分类号: O6-33

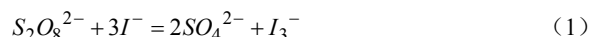
文献标识码: A

文章编号: 1673-9639 (2010) 04-0135-05

测定 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 与 KI 的反应速率, 是一个经典的碘钟反应^[1], 设计较好, 对学生的实验技能训练合适, 被大多数高校无机化学基础实验课采用^[2], 可以引导学生从实践上初步理解化学反应动力学。以下首先简述该实验的原理:



写成离子反应式:

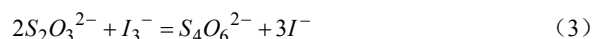


该化学反应的速率可表示为:

$$-\frac{\Delta C_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-}}}{\Delta t} = k \cdot C_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-}}^m \cdot C_{\text{I}^-}^n \quad (2)$$

为了能够测定一定时间 (Δt) 内 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 浓度的变化量,

在混合过二硫酸铵、碘化钾溶液的同时加入一定体积已知浓度并含有淀粉 (指示剂) 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液, 在式 (1) 进行的同时, 有下列反应进行:



反应 (3) 进行得非常快, 而反应 (1) 却缓慢得多, 故反应

(1) 生成的 I_3^- 立即与 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 作用生成无色的 $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 和 I^- , 因此反应开始一段时间内溶液无颜色变化, 但当 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 耗尽, 反应 (1) 生成的微量碘很快与淀粉作用, 而使溶液呈现特征性的蓝色。由于此时 (即 Δt) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 全部耗

尽, 所以 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 的浓度变化相当于全部用于消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$,

即 $\Delta C_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-}} = C_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} / 2$, 由此可得反应 (1) 的反应速率常数表示式:

$$k = -\frac{C_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-}}}{2\Delta t \cdot C_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}^m \cdot C_{\text{I}^-}^n}$$

使用不同的起始浓度 $C_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-}}$ 、 C_{I^-} , 可测得变色所需的

时间 Δt , 由此计算出反应 (1) 的级数 m 和 n 。再用不同温度的速率常数 k , 作 $\lg k$ 和 $1/T$ 的关系图^[3], 求出斜率, 运用阿仑尼乌斯公式即可求出反应的活化能。该实验主要内容为测定反应级数、速率常数、及活化能, 其中反应级数的准确测定是整个实验成功的前提, 它直接关系到后面两个重要反应动力学参数的测定。

我院开设该实验近二十年, 实验效果一直不错, 但近几年的实验效果均不理想, 每次实验所需经费较大, 占整个无机化学实验药品费用的 10%。本系实验教师曾对该实验作过调整, 如全部使用新配的溶液, 实验用水由去离子水改为蒸馏水, 但收效甚微, 故深入研究该实验很有必要。本文通过调整原有的实验方案, 并在此基础上寻找有效的改进方法。

1. 试剂与仪器

硫酸铵: 分析纯, 天津市博迪化工有限公司, 2009 年产。

碘化钾: 分析纯, 天津市博迪化工有限公司, 2009 年产。

过硫酸铵: 分析纯, 天津市博迪化工, 2003 年产。

过硫酸铵: 分析纯, 天津市博迪化工, 2009 年产。

硝酸钾: 分析纯, 湖南省邵阳市化学试剂厂, 2003 年产。

收稿日期: 2010-06-20

作者简介: 沈家国 (1971-) 男, 贵州思南人, 硕士毕业, 铜仁学院生化系讲师, 主要从事物理无机化学研究。

硫代硫酸钠：分析纯，天津市福晨化学试剂厂，2005 年产。
可溶性淀粉：分析纯，天津市福晨化学试剂厂，2005 年产。
实验用水：为 Human Power II 纯水器生产的去离子水。
实验仪器：锥形瓶、小烧杯、移液管、精密温度计、秒表、酸式滴定管、碘量瓶、滴管。

2. 实验内容

2. 1. 失败原因分析

北师大化学教研室编的《无机化学实验》教材引入了这个实验，本文对该实验的具体操作进行了调整，横向上增设不同浓度的配比，纵向上增加了 $Na_2S_2O_3$ 的添加次数（2~3 次）。调整后的操作如下：洗净实验仪器，试剂用量按表 1 要求，用吸量管量取 $(NH_4)_2S_2O_8$ 溶液、 KNO_3 溶液、 $(NH_4)_2SO_4$ 溶液于锥形瓶中， KI 溶液、 $Na_2S_2O_3$ 溶液、淀粉溶液用吸量管另外量取到小烧杯中，迅速振荡，充分混合，混合的同时按下秒表记录时间，直至有蓝色出现。第一次肉眼观察到轻微蓝色时，即迅速加入 $Na_2S_2O_3$ 溶液，混合振荡，测定第二次蓝色出现的时间；第三、第四次重复第二次的操

作。经过多次实验，发现第二次添加 $Na_2S_2O_3$ 溶液后，各组反应体系的变色时间开始有规律变化，表 1 是其中一组典型的数据。

从表中的数据可以看出，第一次添加 $Na_2S_2O_3$ 溶液所测得的变色时间，与 $S_2O_8^{2-}$ 、 I^- 的浓度没有线性关系，但第二次以后的数据，各组的变色时间开始呈现较好的线性关系。这说明 $Na_2S_2O_3$ 和 KI 的变质不会对本实验造成影响，因为 $Na_2S_2O_3$ 即使有部分变质，它不会影响各组变色时间的比例关系，只可能使测得的时间缩短， KI 有部分失效也同样如此。

主反应（1）一开始， KI 中的 I_2 就会被 $Na_2S_2O_3$ 还原为 I^- ，但第二次加入 $Na_2S_2O_3$ 时，已经不会影响到各组时间的比例关系，大量文献表明 $Na_2S_2O_3$ 和 KI 溶液可存放较长时间，基本上没有分解或氧化^[4]，故很有可能是 $(NH_4)_2S_2O_8$ 发生了部分分解的现象。

表 1 过二硫酸铵与碘化钾反应的级数确定

实验时间：2010.01.19 溶液温度：10.9℃

实验编号		I	II	III (a)	IV	V	VI	b	c	d	e	f
试剂用量 (ml)	0.2mol·L ⁻¹ (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	20.0	15.0	10.0	7.5	5.0	2.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	0.2mol·L ⁻¹ (NH ₄) ₂ SO ₄	0	5.0	10.0	12.5	15.0	17.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	0.2mol·L ⁻¹ KNO ₃	0	0	0	0	0	0	5.0	10.0	12.5	15.0	17.5
	0.2mol·L ⁻¹ KI	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	15.0	10.0	7.5	5.0	2.5
反应时间 (s)	加第一次 2ml Na ₂ S ₂ O ₃	未测	12	30	50	89	201	36	56	70	105	207
	加第二次 2ml Na ₂ S ₂ O ₃	未测	42	64	89	123	244	74	111	154	241	465
	加第三次 2ml Na ₂ S ₂ O ₃	未测	46	67	93	127	269	79	125	162	250	473
	加第四次 2ml Na ₂ S ₂ O ₃	未测	47	72	96	141	301	83	131	175	273	497

注： $Na_2S_2O_3$ 浓度为 0.02 mol·L⁻¹，0.4%的淀粉溶液每组加入 2 滴。

一般认为 $(NH_4)_2S_2O_8$ 分解的产物不仅有硫酸和硝酸^[3]，还可能有一些复杂的、氧化能力强的物质，主要为 H_2SO_5 ，

瞬间就可将 I^- 氧化为单质碘。该反应产生的 I_2 与淀粉结合形成复合物的显色速度非常快，当 $(NH_4)_2S_2O_8$ 分解率较大

时, 加入的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 不足以还原此部分的 I_2 , 将会掩盖主反应(1)中的 I_2 与淀粉的显色作用, 从而无法测出 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 缓慢氧化 I^- 的变色时间, 其结果是溶液混合时即显蓝色, 导致整个实验失败。如果 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 分解较小或加入的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的量稍大一些, 则可看到混合液瞬间出现蓝色而后又立即消失^[6], 说明反应(2)不能在瞬间消耗完 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 。尽管可以测得一个时间 Δt , 虽然也有浓度越大, 变色时间越短的趋势, 但各组的变色时间却呈现非线性变化, 这正是该实验失败的关键因素。

其次, 连续添加相同体积的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液所测得的时间非常接近, 说明在反应的一个小阶段内, 该反应基本是匀速进行, 因为消耗等量的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 需要大致相等的时间。但由于后续加入的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 本身具有一定的体积, 实质上起了稀释 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 的作用, 同时 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 由于反应不断消耗, 浓度也要降低, 使得反应速率稍稍降低, 因此测得的变色时间逐渐增大。

2. 2. $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 分解率的测定

$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 分解的中间氧化性物质与 I^- 反应的速度

很快, 而 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 与 I^- 反应则慢得多, 依据两者显著的速率差异, 经过多次实验, 本文找到了测定 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的分解率的具体方法:

取 5ml $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液于锥形瓶中, 加水稀释至 200ml, 取 1~2ml $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 KI 、4ml 0.2%淀粉溶液于小烧杯中, 两者迅速混合, 搅拌, 并立即用 $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 快速滴定至蓝色褪去, 得 V_1 。

取 5ml $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液于锥形瓶中, 加入 20ml $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 KI 、4ml 0.2%淀粉溶液, 放置 12 小时以上, 用 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定至蓝色褪去, 得 V_2 。

由 V_1 可计算出相当于 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 氧化能力的中间氧化性物质的量, 由 V_2 可获得溶液中总的氧化物, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 及其中间氧化物的总量。两者的比值 V_1/V_2 即为 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的分解率。

本文具体分析了天津市博迪化工 2003 年和 2009 年产生的过硫酸铵, 测定分解率的有关实验数据如表 2、表 3 所示。

完成上述滴定, 主要应有效控制滴定中有关反应的速率, 测定 V_1 时要保证 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 与 I^- 反应的速度尽量慢, 加入的 KI 的量应足以测出分解率, 但不宜过大, 并加水稀释或加入抑制剂抑制主反应(1)的速率, 保证中间氧化性物质氧化 I^- 的反应与 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 氧化 I^- 的反应尽量分开。两个反应

产生的 I_2 与淀粉结合的显色作用不能发生重叠, 测定 V_2 时则应使 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 与 I^- 反应的速度尽量快, 能够在短暂的时间内完成滴定较为合适。故通常应采用较浓的溶液进行反应, 如能加入少量不影响滴定的催化剂更好。 V_1 、 V_2 经测定多次后, 取其平均值, 即为该药品的分解率, 实验测得 2003 年产 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的分解率为 1.6%, 说明长期放置的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的确有一部分发生了解, 已经不适合直接用于该实验(理论上分解率不大于万分之五时线性关系较好), 必须更换药品或进行相关的校正处理。

表 2 2003 年产过硫酸铵分解率测定

实验时间: 2010.05.17 溶液温度: 19.0°C

序号	I	II	III	平均值
V_1 (ml)	3.20	3.10	3.04	3.11
V_2 (ml)	19.50	19.6	19.80	19.63

根据表 2 的有关实验数据, 分解率=1.6%。

表 3 2009 年产过硫酸铵分解率测定

实验时间: 2010.05.17 溶液温度: 19.0°C

序号	I	II	III	平均值
V_1 (ml)	0.52	0.35	0.39	0.41
V_2 (ml)	18.20	18.15	18.20	18.18

根据表 3 的有关实验数据, 分解率=0.2%。

2. 3. 变质的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 校正措施

对部分变质的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 人们采取了多种处理措施, 如调整溶液 pH , 加入 Na_2SO_3 , 也有文献提到有效浓度的修正法^[3]。本文探讨了后两种方法, 并比较了这两种方法的优劣。

有效浓度法虽可解得正确的反应级数, 也有它的不足之处: (1) 当 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 试剂的分解率大于 1% 时, 溶液混合即产生了蓝色, $\Delta t \rightarrow 0$, 由于测不出变色的时间, 该法不适用; (2) 处理方式稍复杂, 大一学生不容易理解, 该组数据即使能测出, 也没有良好的线性关系, 非常不直观; (3) 该法只考虑了 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 分解, 而没有考虑 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 KI 的失效, 可能是不合理的, 至少也是不全面的。

Na_2SO_3 校正法是大多数文献提到的改进方法^[6], 本文对操作方法进行了改进: 对部分分解的固体 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 试剂, 配制溶液时要适当过量一些, 然后加入相当于分解部分的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 摩尔数的无水 Na_2SO_3 , 并滴加几滴 KI 溶液, 放置 24 小时后进行速率测定实验。处理后的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶

液应呈现出微量碘的浅褐色,表明 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液中分解产生的氧化性物质已基本处理完毕,且无残留的 Na_2SO_3 。相关的实验数据如表 4 所示。

从表中可以看出,各组反应体系的速率与反应物浓度有良

好的线性关系,非常直观,使用比例法或对数图解法处理数据^[7],则可得到 $m=1$, $n=1$,即该反应是一个二级反应,表明化学处理后的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液可使反应级数测定得到满意的结果,后续的速率常数和活化能测定由此可以顺畅进行。

表 4 加入 Na_2SO_3 校正后的实验数据

实验时间: 2010.02.02 溶液温度: 9.5℃

实验编号		I	II	III	IV	V
试剂用量(ml)	$0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	20.0	10.0	5.0	20.0	20.0
	$0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	10.0	15.0	0	0
	$0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KNO}_3$	0	0	0	10.0	15.0
	$0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KI}$	20.0	20.0	20.0	10.0	5.0
	$0.02\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	4	4	4	4	4
变色时间(s)	第一次	79	156	316	155	314
	第二次	84	175	372	172	339
	第三次	78	155	318	153	315
	第四次	84	176	372	172	339

注: 0.4%的淀粉溶液每组加入 2ml。

2. 4. 温度对测速剂用量的影响

温度对反应速率有较大影响,在不同的温度下,同样浓度的反应体系测量出的变色时间不同,温度越高,时间越短,温度越低,测得时间则越长,若要获得较好的级数关系,必须使各组反应体系的温度一致。一般情况下本实验在冬天进行,室温在 10℃左右(铜仁地区),采纳北师大化学教研室编的《无机化学实验》教材,基本上能达到该实验的教学要求,得到的结果也比较好,但若该实验在夏天或春秋季节进行,个别体系测定的变色时间会显著缩短,组间误差有增大的趋势,这就必须调整测速剂 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的用量。

本文仔细分析了该实验教材,发现反应速率最快的为第 I 组反应体系,其他各组的变色时间均大于该组,通过大量实验,本文调整了第 I 组反应体系中测速剂 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的用量(其他试剂用量不变),将变色时间控制在 50~70s 之间,可以使得学生在规定的实验学时内获得较好的观测效果,若该组的变色时间过长或过短,组间的误差都将发生增大的情况。实验结果如表 5 所示。

实验结果说明,该实验若在冬天进行,室温为 5~15℃时,第 I 组反应体系可使用的测速剂 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 用量为 8ml,能得到很好的实验效果。室温更高时,应增加测速剂 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的用量,如 25℃时使用的测速剂 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 至少应为 14ml。实验时教师可指导学生直接查阅上表进行实验,更好地联系教材所授的理论知识、专注于实验基本操作的训练,这样可以改善教学效果。

2. 5. “842”比例方案

为了进一步优化该实验,本文对测速剂的用量进行了研究,发现各组反应体系都采用同等用量的测速剂 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 时, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的浓度变化对反应速率的线性关系并不是很理想,不如 KI 的浓度变化对反应速率的线性关系好。其原因在于,该碘钟反应从溶液混合到蓝色出现时,两者的浓度变化规律不同: $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的浓度一直在发生变化,浓度与时间的关系符合一级反应的变化规律,而 KI 的浓度则基本恒定,使用等量测速剂对各组反应速率的线性化影响较小。 KI 浓度改变对反应速率的影响,主要反映在该一级反应的速率常数中,可将此速率常数进行分离,即获得 I^- 的浓度项,即 $k_t = k \cdot [\text{C}_{\text{I}^-}]^n$ 。

表 5 温度对 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的用量的影响

实验时间: 2010.05.18 室温: 19.2℃

溶液温度(℃)	$0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)	变色时间(s)
5	5	64
10	7	62
15	9	59
20	11	52
25	14	50

理论分析指出: 使用平均速率代替反应开始的瞬时速率, 有一定的近似性。对每一组反应体系, 可使用不同量的测速剂, 作出时间—浓度曲线, 求出极限值, 即为该组反应的初始速率。

理论上 $C_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-}}$ 越小, Δt 越小, 测得的 \bar{v} 越接近反应的初始速率^[3], 但操作的误差也将增大, 甚至难以操作, 变色时间的变化也不够直观。实验时可将测得的平均速率乘以一反应进程系数, 即得到反应的初始速率(反应进程系数校正法另行介绍), 考虑这一因素后, 实验时可以让各组反应体系 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的反应程度

尽量一致, 为此设计“842”方案^[8]: 即 I、II、III 组加入的测速剂 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 分别为 8mL、4mL、2mL, 总体积不足则需加水进行补充。由于该方案 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 与 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的同比例变化, 蓝色出现时各组间 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的反应程度相同, 具有相同的反应进程系数, 这时反应进程系数可以合并到速率常数中, 有效地消除了各组反应体系由于 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 反应进程不同带来的非线性变化的系统误差, 从而简化了实验数据的处理过程。表 6 是该方案测定的结果。

表 6 “842” 方案实验效果

实验时间: 2010.05.20 溶液温度: 19.3℃

实验编号		I	II	III	IV	V
试剂用量 (ml)	$0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	20.0	10.0	5.0	20.0	20.0
	$0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	10.0	15.0	0	0
	$0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{KNO}_3$	0	0	0	10.0	15.0
	$0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{KI}$	20.0	20.0	20.0	10.0	5.0
	$0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	8	4 另加水 4mL	2 另加水 6mL	8	8
变色时间 (s)	第一次	37	38	40	75	150
	第二次	37	38	39	74	149
	第三次	38	40	39	74	146
	第四次	38	40	39	74	145

注: 0.4% 的淀粉溶液每组加入 2ml。

上述实验结果表明: 该实验各组反应体系的速率与浓度有较好的线性关系, 将其运用到反应级数的测定, 可以得到较好的结果, 提高了该实验的教学效率。

3. 结论分析与展望

本文详细探讨了无机化学实验教学中的碘钟反应, 主要结论有以下几点:

(1) 实验教学前, 应首先检测 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液的分解率。若发现其分解率较高, 应加入 Na_2SO_3 进行处理, 处理后的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液可以直接用于教学, 但不宜长期存放, 本实验中除了淀粉和 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液, 其他溶液可以存放较长时间, 无须临时配制。

(2) 实验教学时, 教师可根据当天的室温, 帮助学生选择一个较佳的“842”比例方案, 实验结果表明反应速率与浓

度的线性关系良好。获得了正确的反应级数, 测定该反应的速率常数和活化能容易得多。

(3) 该碘钟反应有丰富的内涵, 国内外许多学者进行大量研究, 但也还有很多空白, 如 pH 的影响、反应机理、催化作用, 进一步加强对该反应的深层次研究将是人们努力的方向。

参考文献:

- [1] 顾学成. 无机化学反应机理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009 年: 390-420.
- [2] 北京师范大学无机化学教研室. 无机化学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001 (5): 117-121.
- [3] 曹锡章, 宋天佑. 无机化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999 (4): 279-301.

(下转 144 页)

参考文献:

- [1] 阎金铎等. 物理教学论[M]. 南宁: 广西教育出版社, 1996. [3] 刘定霞. 关于“问题解决”的数学教学的实践与研究[D]. (CNKI) 中国优秀博士学位论文全文数据库, 2003.
- [2] 樊丽娟等. 物理问题解决教学的思维模式[J]. 铜仁学院学报, 2008, (2).

Experimental Study of "Physical Problem Solving" Teaching

FAN Li-juan¹, ZHANG Li², TAN De-bing¹, YANG Mei³

(1. Department of Physics and Electronics, Tongren Normal University, Tongren, Guizhou 554300, China;

2. Tongren No.2 Middle School, Tongren, Guizhou 554300, China;

3. Bureau of Education of Tongren , Tongren, Guizhou 554300, China)

Abstract: this thesis mainly discusses a new teaching method, "physical problem solving" teaching which can adapt to the new curriculum. Further experimental study based on the theory of "physical problem solving" teaching is carried out and aims to combine teaching practice and consideration

Key words: physical problem solving; experimental research; teaching strategies; teaching methods; acceptance test

(责任编辑 毛志)

(上接 139 页)

- [4] 耿洪彬, 车林静. 硫代硫酸钠溶液稳定性研究[J]. 山东环境, 1998 (6): 21. [6] 赵晓东, 栗松涛, 贾朝霞. $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 和 KI 反应动力学实验的改进 [J]. 化学研究与应用, 2000 年 4 月: 231-233.
- [5] 郭俊明, 黄兆龙. 部分失效过二硫酸铵测定反应速率的实验研究[J]. 蒙自师范高等专科学校学报, 2000 年 4 月: 1-4. [7] 傅献彩, 沈文霞. 物理化学[M]. 北京: 高等教育出版社.
- [8] 许绍权. 化学反应速度测定的改进[J]. 大学化学, 1990 年 4 月: 49.

Improvement of Experimental Reaction Order Testing on $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ and KI

SHEN Jia-guo¹, ZHANG Min², WU Si-zhan¹

(1. Department of Biology and Chemistry, Tongren University, Tongren, Guizhou 554300, China;

2. No.2 Middle School of Shiqian County, Shiqian, Guizhou 555100, China)

Abstract: This paper mainly deal with the failure reasons for the reaction order testing of $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ and KI , which is mainly because long-term storage of $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ makes the reagent partly deteriorated. The deterioration by adding the right amount of Na_2SO_3 can remove reactive oxygen species of decomposed production of ammonium per sulfate. Using the treated solution of $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ for the reaction order testing experiments can obtain good linear relationship between the concentration of reactants and reaction rate, meanwhile it optimizes the "842" scale program of the speed testing agent under different room temperatures and improves the experiment teaching effect.

Key words: reaction order; experimental improvement; experimental skill training

(责任编辑 毛志)