

智能手机与手持技术融合探究浓度、温度对化学平衡的影响及其拓展应用

李佳怡

(北海市第七中学, 广西北海 536000)

摘要: 利用重铬酸钾溶液的可逆反应, 在手持技术和智能手机颜色识别器 APP 的辅助下, 探究浓度、温度对化学平衡的影响。实验仪器简单, 现象明显, 实时记录, 达到了更准确地量化实验结果的目的, 能够作为课堂演示实验或学生实验, 为课堂教学提供便利, 同时, 化学实验与智能手机的结合, 可激发学生的兴趣。

关键词: 手持技术; 化学平衡; 重铬酸钾; 化学实验教学; 颜色识别器

一、实验背景

“化学平衡”内容是基于《普通高中化学课程标准(2017年版)》编写的人教版教材《化学(必修第2册)》和选择性必修1《化学反应原理》中的内容, 其中在《化学(必修第2册)》中只是了解, 而选择性必修1《化学反应原理》中有更高的要求, 要求学生在开展实验探究的过程中, 能推测化学平衡的移动方向并将化学平衡的知识运用于解决实际问题中。化学平衡对发展学生“平衡思想”具有不可替代的作用。

浓度、温度对化学平衡的影响实验是通过控制变量观察实验现象变化来探究化学平衡的定性实验。新课标提出“变化观念与平衡思想”这一学科素养, 要求学生能动态地、多角度地分析化学变化。对于可逆反应, 传统实验用 FeCl_3 溶液与 KSCN 溶液反应探究浓度对化学平衡的影响, 继而用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液再次探究浓度因素的影响, 最后用 CuCl_2 溶液探究温度对化学平衡的影响, 此设计在学生实验探究课上对学生自主探究有所裨益, 但不便于教师课堂演示并高效推进, 探究浓度、温度两个因素对化学平衡的影响过程中切换溶液太多, 学生思维易发生混乱, 此外, 传统实验难以做到动态地监测反应过程中各物质的浓度及反应温度, 难以从定量的角度认识化学平衡的过程, 有的反应若浓度控制不好, 其颜色梯度变化不明显。为弥补上述不足, 本实验采用智能手机技术, 联合化学中常用的温控仪器、pH计、电导率仪等, 实现实时、准确、直观地记录实验过程, 帮助学生理解化学平衡, 为后续学生进行自主探究打下基础。

二、实验设计

(一) 实验原理

1. 重铬酸钾的变色原理

重铬酸根与铬酸根之间存在如下平衡:



该反应在不同的 pH 环境下及不同的温度下会发生平衡移动, 溶液可随之呈现不同的颜色。

2. 颜色识别器 APP

本实验是通过颜色变化来判断化学平衡及其移动, 但肉眼对颜色变化的判断在时间上会有所延迟, 在辨色上也会稍有偏颇, 容易导致不同学生的描述不尽相同。为了客观描述反应系统的颜色, 本实验运用智能手机中的颜色识别器 APP 进行客观且实时的描述。

颜色识别器 APP 是一款利用手机摄像头来实时获得色彩参数的手机应用软件。该软件的颜色识别结果以 RGB 色值直接反应, 色值越小, 颜色越深, 色值越大, 颜色越浅, 本实验采用 RGB 色值总和和去量化颜色深浅, 同时也可直接读取颜色的色号及名称, 因此利用该软件可以得到重铬酸钾溶液在不同的 pH 环境、不同

的温度环境下的颜色变化。具体操作如图 1 所示界面, 打开手机录像功能, 可得到实时记录颜色变化的全过程, 后期处理数据时, 打开录像视频进行截屏, 将准星对准溶液, 一一记录数据即可。由于颜色识别器软件在使用时易受到外界光源的干扰, 因此在实验过程中, 应使用稳定的白光光源, 并固定好手机, 保证拍摄角度是相同的, 选择截图进行颜色辨识, 化动态视频为静态图片, 减低外界因素对实验的影响。



图 1 重铬酸钾溶液在不同的 pH 环境下的颜色变化

3. 85-2 数显恒温磁力搅拌器

85-2 数显恒温磁力搅拌器具有可自动匀速搅拌、可即时升温、可随时监测溶液温度三重功能, 在进行温度对平衡移动影响的探究实验时, 将该磁力搅拌器与智能手机有机结合, 可方便快捷的同时记录温度变化及溶液颜色变化, 避开了人工记录由于反应速度的局限造成的数据误差。

(二) 实验仪器与药品

实验仪器: 烧杯、玻璃棒、量筒、培养皿、电子天平、85-2 数显恒温磁力搅拌器、搅拌子、量筒、智能手机(安卓系统)、pH计、电导率仪。

实验药品: 蒸馏水、0.05 mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液、0.001 mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液、6 mol/L 硫酸溶液、6 mol/L NaOH 溶液、冰块。

(三) 实验过程

1. 溶液的配制

(1) 使用电子天平称取 0.74 g 重铬酸钾粉末, 加入蒸馏水配成 50 mL 0.05 mol/L 的重铬酸钾溶液。

(2) 使用电子天平称取 0.01 g 重铬酸钾粉末, 加入蒸馏水配成 40 mL 0.001 mol/L 的重铬酸钾溶液。

(3) 使用电子天平称取 4.8 g 氢氧化钠粉末, 加入蒸馏水配

成 20 mL 6mol/L 的氢氧化钠溶液。

2. 实验探究

(1) pH 对 K₂Cr₂O₇ 溶液平衡移动的影响

a. 取 20 ml 0.05 mol/L K₂Cr₂O₇ 溶液于烧杯中，将烧杯置于磁力搅拌器上，加入搅拌子，安装上 pH 计（如图 2），启动搅拌按钮，将智能手机对准溶液，开启录像，逐滴加入硫酸溶液至溶液 pH=2，停止实验，处理视频及截图，将图片导入颜色识别器 APP

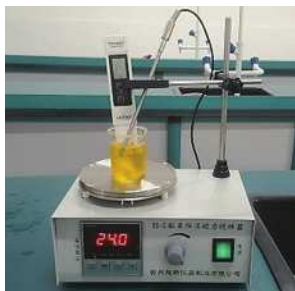


图 2 pH 对 K₂Cr₂O₇ 溶液平衡移动的影响

(2) 温度对 K₂Cr₂O₇ 溶液平衡移动的影响

取 20 ml 0.001 mol/L K₂Cr₂O₇ 溶液于烧杯中，将烧杯置于盛有冰块的培养皿中冰浴，10 分钟后取出烧杯置于磁力搅拌器上，加入搅拌子，放入测温器，启动搅拌按钮，安装上电导率仪（如图 3），将智能手机对准溶液，开启录像。设定温度为 50℃，使

进行颜色记录。

b. 取 20 ml 0.05 mol/L K₂Cr₂O₇ 溶液于烧杯中，将烧杯置于磁力搅拌器上，加入搅拌子，安装上 pH 计（如图 2），启动搅拌按钮，将智能手机对准溶液，开启录像，逐滴加入氢氧化钠溶液至溶液 pH=13，停止实验，处理视频及截图，将图片导入颜色识别器 APP 进行颜色记录。



图 3 温度对 K₂Cr₂O₇ 溶液平衡移动的影响

重铬酸钾溶液在颜色识别及录像监控中逐步升温至 50℃，实验结束后进行数据处理。

(四) 数据处理

1. pH 对 K₂Cr₂O₇ 溶液平衡移动的影响，如表 1 和表 2 所示：

表 1 加酸过程中的 RGB 色值

加入 H ₂ SO ₄ 溶液后的 pH		6.5	6.0	5.5	5.0	3.5	2.0
重铬酸钾溶液的颜色	R	189	189	189	189	181	181
	G	85	77	73	69	69	65
	B	8	16	8	8	8	8
	总和	282	282	270	266	258	254
	色号	#bd5508	#bd4910	#bd4908	#bd4508	#b54508	#b54108
	名称	巧克力色					

表 2 加碱过程中的 RGB 色值

加入 NaOH 溶液后的 pH		6.5	7.0	7.6	8.0	8.7	9.1	9.6	10.5
重铬酸钾溶液的颜色	R	189	189	189	189	189	189	189	189
	G	85	113	121	134	138	146	154	154
	B	8	0	0	0	0	0	0	8
	总和	282	302	310	323	327	335	343	351
	色号	#bd5508	#bd7100	#bd7900	#bd8600	#bd8a00	#bd9200	#bd9a00	#bd9a08
	名称	巧克力色			暗金黄色			金麒麟色	



图 4 加酸过程中的 RGB 色值总和变化



图 5 加碱过程中的 RGB 色值总和变化

2. 温度对 $K_2Cr_2O_7$ 溶液平衡移动的影响, 如表 3 所示:

表 3 升温过程中的电导率

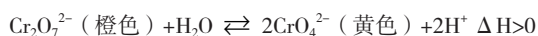
温度 / $^{\circ}C$	20 $^{\circ}C$	25 $^{\circ}C$	30 $^{\circ}C$	35 $^{\circ}C$	40 $^{\circ}C$	45 $^{\circ}C$	50 $^{\circ}C$
重铬酸钾溶液的电导率 / ($\mu s/cm$)	3424	3836	4444	5112	5466	5956	6900



图 6 重铬酸钾溶液的电导率随温度的变化曲线

(五) 实验结论

在 pH 对 $K_2Cr_2O_7$ 溶液平衡移动的影响实验中:



根据勒夏特列原理, 增大 H^+ 浓度, 此平衡逆向移动, 溶液颜色由黄色变为橙色, 呈现颜色逐渐变深的实验现象。对此实验实时记录的数据进行分析后发现: 增大 H^+ 浓度, 溶液颜色由黄色变为橙色, 说明此平衡逆向移动, 因此得出结论: 增大生成物浓度, 平衡向逆反应方向移动。而增大 OH^- 浓度, 溶液颜色由橙色变为黄色, 说明此平衡正向移动, 因此得出结论: 减小生成物浓度, 平衡向正反应方向移动。以上结论与勒夏特列原理结论相符。

在温度对 $K_2Cr_2O_7$ 溶液平衡移动的影响实验中, 升高温度, 溶液电导率增大, 说明此平衡正向移动, 因此得出结论: 升温使平衡向吸热反应方向移动。此实验结论与勒夏特列原理结论相符。

三、拓展应用

本实验运用了智能手机、pH 计、电导率仪等较为先进的科技产品, 一定程度上激发了学生的实验探究的兴趣, 接下来趁热打铁, 鼓励学生拓展探究重铬酸钾与乙醇、过氧化氢的反应产物。设计如下:

已知(如表 4):

表 4 铬元素的常见形态

铬元素的常见形态							
物质	CrO_3	$Cr_2O_7^{2-}$	CrO_4^{2-}	Cr^{2+}	Cr_2O_3	Cr^{3+}	$Cr_2(SO_4)_3$ 溶液
名称	三氧化铬	重铬酸根	铬酸根	二价铬离子	三氧化二铬	三价铬离子	硫酸铬溶液
颜色	暗红色固体	橙红色离子	黄色离子	天蓝色离子	绿色固体	紫色离子	绿色溶液

探究:

1. 酸性重铬酸钾溶液与乙醇的反应: (附加思考: 此原理在交通安全方面有什么应用呢?)



2. 酸性重铬酸钾溶液与 H_2O_2 的反应:



图 7 酸性重铬酸钾溶液与乙醇的反应结果



图 8 酸性重铬酸钾溶液与过氧化氢的反应结果

参考文献:

[1] 庄严, 郑长龙. 基于化学学科理解的“化学平衡常数”教学设计与实施研究[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(19): 42-48

[2] 李林森, 钱扬义. 应用手持技术数字化实验测定化学平衡常数[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(19): 87-91

[3] 赖瑶, 黄萍. 利用离子交换树脂探究浓度对化学平衡的影响[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(3): 116-119