

教学园地

无机化学实验“硫酸亚铁铵的制备” 教学案例的设计*

杜意恩¹, 郭少华², 兰姝宁¹, 高润凤¹, 何 婧¹

(1 晋中学院化学化工系, 山西 晋中 030619; 2 南京大学现代工程与应用科学学院, 江苏 南京 210093)

摘 要: 为进一步落实立德树人根本任务, 将“课程思政”融入无机化学实验教学实践, 提高课程育人质量, 以“硫酸亚铁铵的制备”为例进行教学设计, 通过 X-射线衍射、场发射扫描电子显微镜对不同条件下制备的硫酸亚铁铵样品的晶体结构和形貌进行表征, 培养学生的节约意识、环保意识、创新意识、职业道德、社会责任感、使命感、民族自豪感、家国情怀和勇于探索精神。

关键词: 立德树人; 课程思政; 硫酸亚铁铵; 无机化学实验; 制备

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 1001-9677(2024)01-0207-05

Design of A Teaching Case for the Inorganic Chemistry Experiment: Preparation of Ammonium Ferrous Sulfate*

DU Yi-en¹, GUO Shao-hua², LAN Shu-ning¹, GAO Run-feng¹, HE Jing¹

(1 Department of Chemistry & Chemical Engineering, Jinzhong University, Shanxi Jinzhong 030619;

2 College of Engineering and Applied Sciences, Nanjing University, Jiangsu Nanjing 210093, China)

Abstract: In order to further implement the fundamental task of moral cultivation, integrate “course thinking and politics” into the experimental teaching practice of Inorganic Chemistry and improve the quality of course education, “preparation of ammonium ferrous sulfate” was taken as an example for teaching design, and ammonium ferrous sulfate under different conditions was prepared. X-ray diffraction and field emission scanning electron microscopy were used to characterize the structure and morphology of the samples prepared to cultivate students’ awareness of conservation, environmental protection, innovation, professional ethics, social responsibility, sense of mission, national pride, national feelings and the spirit of exploration.

Key words: strengthen moral education and cultivate people; curriculum ideology and politics; ammonium ferrous sulfate; Inorganic Chemistry experiment; preparation

无机化学实验是面向化学、应用化学、环境科学与工程以及食品科学与工程等专业开设的一门必修专业核心课程, 对学生的科学思维能力、实事求是的科学态度、良好的实验素养和环境保护意识、实验操作技能以及独立工作能力的培养具有十分重要的作用。如何在无机化学实验教学过程中将课程思政与教学内容巧妙结合, 在潜移默化中将严谨、求真、务实的科学态度和“绿水青山就是金山银山”的发展理念润物细无声地融入学生的心中, 培养学生的安全意识、环保意识、节约意识、创新意识、职业道德、社会责任感、使命感、民族自豪感和家国情怀, 形成无机化学实验课程与思政课程同心同向的育人格局, 需要无机化学实验课程教师进行深入细致的研究和实践^[1-2]。

“硫酸亚铁铵的制备”是大学无机化学实验中的一个典型

设计实验, 通过本实验的教学可以使学生根据制备原理及数据, 设计并制备出复盐硫酸亚铁铵; 可以使学生进一步掌握水浴加热、溶解、过滤、蒸发、结晶、干燥等基本操作; 可以培养学生的分析能力、探究精神和严谨的科学态度以及培养学生的资源节约意识、环保意识、创新意识、团队合作意识和实践能力等^[3]。我校无机化学实验课程选用的教材是赵新华主编的《无机化学实验》^[4], 其中硫酸亚铁铵的制备教学部分主要包括: (1) 根据实验原理, 设计出制备硫酸亚铁铵复盐的方法; (2) 列出实验所需的仪器、药品及材料; (3) 制备硫酸亚铁铵; (4) 产品检验——Fe³⁺的限量分析, 以确定产品等级。

针对上述教学内容, 我们设计的教学思路为: (1) 铁屑的净化; (2) 硫酸亚铁的制备; (3) 硫酸亚铁铵的制备; (4) 产品的级别确定。该部分计划教学学时数为 3 学时, 在教学设计中科

* 基金项目: 山西省高等学校教学改革创新项目(编号: J2021640); 晋中学院博士科研经费资助项目; 中国高等教育学会理科教育专业委员会“高等理科教育研究课题项目”(编号: 21ZSKJYYB08)。

第一作者: 杜意恩(1978-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为教育教学管理。

通讯作者: 郭少华(1986-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为教育教学管理。

学合理地融入思政要素,可以更好地落实“立德树人”根本任务,构建“三全育人”工作体系,开创“思政育人”育人格局,其设计方案如图1所示。

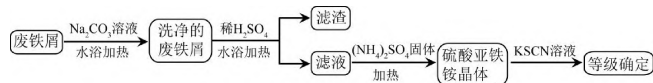


图1 “硫酸亚铁铵的制备”实验设计方案

Fig.1 Experimental design scheme of Preparation of Ammonium Ferrous Sulfate

近年来,关于硫酸亚铁铵的制备的研究很多,但鲜有关于硫酸亚铁铵晶体结构和形貌的报道。如,武警学院王永明^[5]从实验材料、药品相对使用量、反应温度和酸碱度的选择等方面对硫酸亚铁铵的制备条件进行了探讨。西南科技大学钟国清等^[6]对传统的硫酸亚铁铵制备实验内容进行了绿色化改造,利用X-射线粉末衍射、红外光谱、热重差热分析等仪器对制备的晶体进行了表征。乐山师范学院杨孝容等^[7]对不同原料配比制备的硫酸亚铁铵的稳定性进行了研究。衡阳师范学院刘洋等^[8]以还原铁粉、4 mol/L H₂SO₄和(NH₄)₂SO₄溶液固体为反应物,考查了溶液体积和加热方式对硫酸亚铁铵结晶的影响。

硫酸亚铁铵((NH₄)₂Fe(SO₄)₂·6H₂O)又称为摩尔盐(或莫尔盐),是一种易溶于水、难溶于乙醇、在空气中较稳定的浅蓝绿色晶体,常用作氧化还原反应中的滴定剂。除此之外,硫酸亚铁铵还广泛应用于印染、制革、木材、医药、农业、畜牧业等领域,是一种重要的化工原料^[9]。硫酸亚铁铵属于单斜晶系(monoclinic),空间群为P2₁/a14,晶胞参数为a=0.929 2 nm, b=1.260 1 nm, c=0.624 9 nm, α=90°, β=106.792°, γ=90°,其晶体结构如图1所示。从图1中可以看出,硫酸亚铁铵的Fe²⁺分别与来自于6个H₂O分子的O5、O6和O7原子相连接,其中Fe-O5、Fe-O6和Fe-O7的键长分别为2.155、2.087和2.135 Å, O5-Fe-O5、O6-Fe-O6和O7-Fe-O7的键角皆为180°, O5-Fe-O6、O5-Fe-O7、O6-Fe-O7的键角分别为89.31°(或90.69°)、89.11°(或90.89°)和88.80°(或91.20°),也就是说,硫酸亚铁铵的[Fe(H₂O)₆]²⁺的空间构型为稍微扭曲的正八面体。硫酸亚铁铵的2个SO₄²⁻中, S-O1、S-O2、S-O3和S-O4的键长分别为1.488、1.454、1.482和1.481 Å, O1-S-O2、O1-S-O3、O1-S-O4、O2-S-O3、O2-S-O4和O3-S-O4的键角分别为109.9°、107.9°、109.7°、109.3°、110.7°和109.7°,即,硫酸亚铁铵的SO₄²⁻的空间构型为轻微扭曲的正四面体。硫酸亚铁铵的2个NH₄⁺中, N-H1、N-H2、N-H3和N-H4的键长分别为1.05、1.10、0.91和0.88 Å, H1-N-H2、H1-N-H3、H1-N-H4、H2-N-H3、H2-N-H4和H3-N-H4的键角分别为105.7°、97.6°、116.5°、104.9°、115.6°和114.4°,即,硫酸亚铁铵的NH₄⁺的空间构型为轻微扭曲的正四面体。由于N(χ_p=3.04)和O(χ_p=3.44)的电负性较大,使得各个硫酸亚铁铵之间能够通过氢键相互连接形成三维网状结构。从上述分析可知,硫酸亚铁铵的化学式可以表示为(NH₄)₂SO₄·FeSO₄·6H₂O、(NH₄)₂Fe(SO₄)₂·6H₂O或(NH₄)₂SO₄·Fe(H₂O)₆SO₄。

基于学生在硫酸亚铁铵制备过程中出现的情况,本研究根据北京师范大学化学学院赵新华主编的《无机化学实验》(第四版)^[6]教材内容,系统探究以废铁屑、H₂SO₄和(NH₄)₂SO₄为反应原料制备(NH₄)₂SO₄·FeSO₄·6H₂O的工艺条件(反应物料配比、加热方式)对产物颜色、结构、形貌和等级的影响,激发学生的实验兴趣,从而培养学生的“绿水青山就是金山银山”的发展理念,提高学生的实验操作技能,并激发其科研创新意识。

山”的发展理念,提高学生的实验操作技能,并激发其科研创新意识。

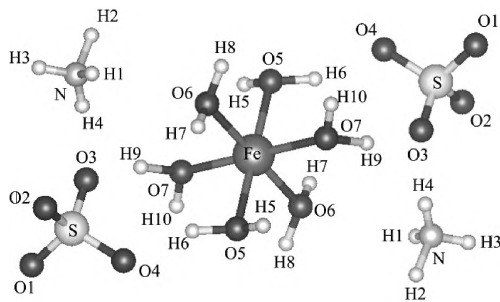


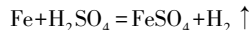
图2 硫酸亚铁铵的晶体结构

Fig.2 Crystal structure of ammonium ferrous sulfate

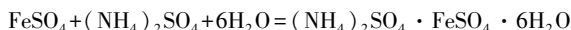
1 实验设计

1.1 实验原理

铁屑与硫酸反应生成硫酸亚铁溶液:



硫酸亚铁溶液与硫酸铵反应生成硫酸亚铁铵复合晶体:



20℃时, (NH₄)₂SO₄·FeSO₄·6H₂O在水中的溶解度(36.5 g/100 g H₂O)比组成它的组分FeSO₄(48.0 g/100 g H₂O)或(NH₄)₂SO₄(75.4 g/100 g H₂O)的溶解度都小。因此将含有FeSO₄和(NH₄)₂SO₄的溶液经加热浓缩、冷却结晶后可得到硫酸亚铁铵复盐晶体。

1.2 试剂与仪器

试剂:废铁屑,晋中学院工程训练中心;硫酸(H₂SO₄,分析纯),四川西陇化工有限公司;硫酸铵((NH₄)₂SO₄,分析纯),天津市大茂化学试剂厂;无水碳酸钠(Na₂CO₃,分析纯),天津市恒兴化学试剂制造有限公司;无水乙醇(C₂H₅OH,分析纯),天津市科密欧化学试剂有限公司;去离子水。

仪器:酒精灯(150 mL)、JYT-1架盘药物天平,上海医用激光仪器厂;烧杯(100 mL、250 mL、500 mL);锥形瓶(100 mL);玻璃漏斗;蒸发皿;铁架台、石棉网;SHZ-D(III)循环水式多用真空泵,巩义市科瑞仪器有限公司;XRD-6100X-射线衍射仪;SU8100场发射扫描电子显微镜。

1.3 实验内容

1.3.1 废铁屑的净化

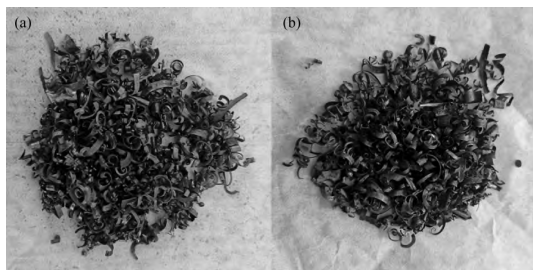


图3 净化前的废铁屑(a)和净化后的废铁屑照片(b)

Fig.3 Photos scrap iron filings before purification (a) and after purification (b)

用架盘药物天平称取2.0 g废铁屑(图3),放入100 mL锥形瓶中,加入20 mL 1 mol·L⁻¹ Na₂CO₃溶液(或氢氧化钠溶

液), 在 75 °C 下水浴加热 15 min, 以除去铁屑表面的油污。用倾析法除去碱液(倒入 250 mL 烧杯中, 作尾气吸收备用), 再用水把废铁屑上碱液冲洗干净, 以防止在加入 H_2SO_4 后产生 Na_2SO_4 晶体混入 FeSO_4 中。通过废铁屑的净化处理, 增强学生的环保意识, 培养学生有效利用废物资源、变废为宝的可持续发展理念。

1.3.2 硫酸亚铁的制备

向盛有洁净废铁屑的 100 mL 锥形瓶内加入 15 mL $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 , 用双孔胶塞塞住, 其中一个孔中插入吸有 3 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 的胶头滴管, 另一孔中插入导气管, 导气管的末端与玻璃漏斗相连, 将漏斗倒扣在盛有碱液的 250 mL 烧杯的液面上方(吸收废铁屑中硫、磷等杂质与硫酸反应时产生的 H_2S 、 PH_3 等危害师生的身体健康的刺鼻、呛人的有毒气体), 将锥形瓶放在盛有水的 500 mL 烧杯中, 水浴加热, 温度控制在 70~80 °C, 实验装置如图 4 所示。使铁屑与硫酸完全反应(约 50 min), 在反应过程中, 应不时地往锥形瓶中挤压 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液, 以补充被蒸发掉的水分和保持反应溶液的 pH 在 2 以下, 趁热减压过滤, 将浅绿色滤液转入 100 mL 蒸发皿或烧杯中。用少量热水洗涤锥形瓶及漏斗上的残渣, 抽干后称量, 从而计算出 FeSO_4 溶液中所溶解的铁屑的质量。通过硫酸亚铁铵的制备过程及尾气处理操作, 减少废物排放, 实现制备过程的绿色化, 能够增强学生的设计能力、动手操作能力和环保意识, 培养学生“绿水青山就是金山银山”可持续发展理念。

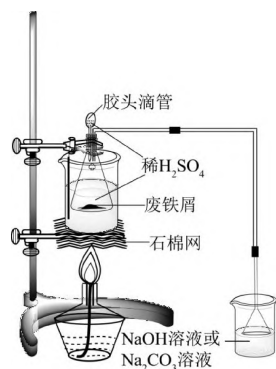


图 4 硫酸亚铁制备反应装置

Fig. 4 Preparation reaction device of ferrous sulfate

1.3.3 硫酸亚铁铵的制备

根据实际反应的废铁屑的质量, 计算出生成的 FeSO_4 溶液中溶质的理论产量, 然后根据反应 $\text{FeSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 计算所需 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体的质量。(1)称取 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体, 加入上述盛有 FeSO_4 溶液的蒸发皿或烧杯中, 搅拌使其完全溶解, 得到硫酸亚铁铵溶液, 调节其 pH 为 1~2。①将盛有硫酸亚铁铵溶液的蒸发皿放到铁圈中, 用酒精灯上加热, 蒸发浓缩至表面出现一层晶体薄膜后停止加热, 放置、自然冷却, 制得硫酸亚铁铵晶体。②将盛有硫酸亚铁铵溶液的 100 mL 烧杯, 放入盛有水的 250 mL 烧杯中, 用试管夹夹住 100 mL 烧杯, 防止倾倒, 用酒精灯加热(即水浴加热), 蒸发浓缩至表面出现一层晶体薄膜后停止加热, 放置、自然冷却, 制得硫酸亚铁铵晶体。(2)称取 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体, 配制成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 饱和溶液, 加入到上述盛有 FeSO_4 溶液的蒸发皿或烧杯中, 搅拌使其完全溶解, 得到硫酸亚铁铵溶液, 调节其 pH 为 1~2。①将盛有硫酸亚铁铵溶液的蒸发皿放到铁圈

中, 用酒精灯上加热, 蒸发浓缩至表面出现一层晶体薄膜后停止加热, 放置、自然冷却, 制得硫酸亚铁铵晶体。②将盛有硫酸亚铁铵溶液的 100 mL 烧杯, 放入盛有水的 250 mL 烧杯中, 用试管夹夹住 100 mL 烧杯, 防止倾倒, 用酒精灯加热(即水浴加热), 蒸发浓缩至表面出现一层晶体薄膜后停止加热, 放置、自然冷却, 制得硫酸亚铁铵晶体。用减压过滤法除去母液(用无水乙醇冲洗烧杯或蒸发皿中的晶体), 将晶体转移到表面皿上晾干, 观察晶体的颜色和形状, 最后称量, 计算产率。

1.3.4 产品的检验

(1) Fe^{3+} 标准溶液的配制

用分析天平称量 0.086 3 g 铁铵矾 $(\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})$, $M=482.192 \text{ g/mol}$, 加入盛有少量去离子水的 100 mL 烧杯中, 用吸量管移取 2.5 mL 浓 H_2SO_4 溶液加入到上述烧杯中, 用玻璃棒搅拌均匀后, 转移到容量为 1 000 mL 的容量瓶中, 用去离子水洗涤烧杯 2~3 次, 洗涤液一并转入到容量瓶中, 然后用去离子水稀释至刻度, 摇匀^[4]。此溶液含 Fe^{3+} 为 0.01 g/L, 即 0.01 mg/mL。

(2) 标准色阶的配制

用移液管吸取 5.00 mL Fe^{3+} 标准溶液于 25.00 mL 比色管中, 向其中加入 2.00 mL 2.0 mol/L HCl 溶液和 0.50 mL 1.0 mol/L KSCN 溶液, 然后向其中加入含氧较少的去离子水(取略多于所需量的去离子水于锥形瓶中, 在石棉网上小心加热煮沸 10~20 min, 冷却后即可使用)稀释至刻度, 配制相当于 I 级试剂的标准液(含 Fe^{3+} 0.05 mg/g, 即质量分数 w 为 0.005%)^[4]。

同样, 分别取 10.00 mL 和 20.00 mL Fe^{3+} 标准溶液配制成相当于 II 级和 III 级试剂的标准液(含 Fe^{3+} 分别为 0.10 mg/g, 0.20 mg/g, 即质量分数 w 分别为 0.01% 和 0.02%)^[4]。

(3) 产品级别的确定

称 1.00 g 样品置于 25.00 mL 比色管中, 加入 15.00 mL 含氧较少的去离子水溶解, 待其全部溶解后, 再加入 2.00 mL 3.0 mol/L HCl 溶液和 0.50 mL 1.0 mol/L KSCN 溶液, 继续加入含氧较少的去离子水至 25.00 mL 刻度线, 摇匀, 与标准溶液进行目视比色, 确定产品等级。

1.4 晶体表征

采用 X-射线衍射仪(XRD)和场发射扫描电子显微镜(FESEM)分析样品的结构和形貌。

2 结果和讨论

2.1 XRD 表征

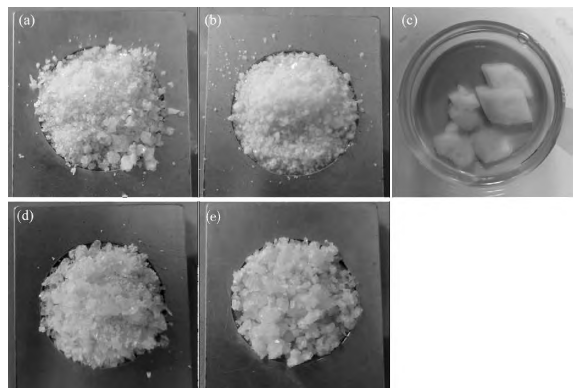


图 5 不同条件下所制备的硫酸亚铁铵的晶体照片

Fig. 5 Crystal photos of ammonium ferrous sulfate prepared under different conditions

反应物的状态和加热方式对所制备的产物的结构和形貌有较大的影响。图 5 为不同条件下制备的硫酸亚铁铵晶体，所得产物的颜色、质量和产率列于表 1。图 5(a)和(b)是将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体直接加入到 FeSO_4 溶液中，分别通过常规加热和水浴加热所制备的样品。图 5(c~d)和图 5(e)是将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 饱和溶液加入到 FeSO_4 溶液中，分别通过水浴加热和常规加热所制备的样品。

由图 5 和表 1 可知，在不同条件下所制备的硫酸亚铁铵均为淡蓝色晶体。当与 FeSO_4 溶液反应制备硫酸亚铁铵时，采用 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 饱和溶液为反应物制备的晶体的质量大，产率高(如①和④相比，④的产率高；②和③相比，③的产率高)。与常规加热法相比，水浴加热时制备的硫酸亚铁铵晶体的质量大，产率高(如①和②相比，②的产率高；③和④相比，③的产率高)。此外，不同条件下所制备的硫酸亚铁铵的产品级别均符合要求。

表 1 不同条件下所制备的硫酸亚铁铵晶体
Table 1 Ammonium ferric sulfate crystals prepared under different conditions

实验编号	废铁屑 质量/g	H_2SO_4 溶液体积/mL	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体质量/g	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液体积/mL	加热方式	产物颜色	理论产量	实际产量	产率/%	产品级别
①	2.0	18.0	4.7	—	常规加热	浅蓝色	14.0	12.1	86.4	I 级
②	2.0	18.0	4.7	—	水浴加热	浅蓝色	14.0	12.5	89.3	优于 I 级
③	2.0	18.0	4.7	4.0	水浴加热	浅蓝色	14.0	13.4	95.7	I 级
④	2.0	18.0	4.7	4.0	常规加热	浅蓝色	14.0	12.7	90.7	I 级

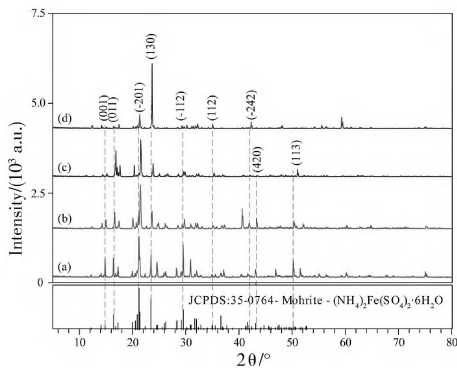


图 6 不同条件下所制备的硫酸亚铁铵的 XRD 图
Fig. 6 XRD patterns of ammonium ferrous sulfate prepared under different conditions

图 6 为在不同条件下所制备晶体的 XRD 图。图 6(a)和(b)是将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体直接加入到 FeSO_4 溶液中，分别通过常规加热和水浴加热所制备的样品。图 6(c)和(d)是将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 饱和溶液加入到 FeSO_4 溶液中，分别通过水浴加热和常规加热所制备的样品。从图 6 中可以看出，在 2θ 为 14.84° 、 16.44° 、 21.20° 、 23.46° 、 29.51° 、 35.07° 、 42.30° 、 43.12° 和 50.23° 处的衍射峰分别对应于 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (JCPDS 卡: 35-0764) 的 (001) 、 (011) 、 (-201) 、 (130) 、 (-112) 、 (112) 、 (-242) 、 (420) 和 (113) 晶面，表明所合成的晶体都是纯相。从图 6 中还可以看出， (-201) 晶面对应的衍射峰强度增加的顺序为 $(d)<(c)<(b)<(a)$ ，表明将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体直接加入到 FeSO_4 溶液中，通过常规加热法制备的硫酸亚铁铵晶体的颗粒最大。通过对制备的样品进行 XRD 表征，可以使同学们懂得 XRD 表征是确定晶体结构的一种重要表征手段，根据 XRD 衍射图谱可以获得所测样品的晶型、平均颗粒尺寸、结晶度、物相的含量等信息，有利于激发学生进行科学探索的兴趣，从而培养学生严谨的科学思维。

2.2 扫描电镜表征

图 7 为不同条件下所得产物的 FESEM 图。从图 7(a~b)中可以看出，当将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体直接加入到 FeSO_4 溶液中，通过常规加热法所得产物硫酸亚铁铵的形貌为不规则的微米颗粒，且颗粒团聚在一起。从图 7(b~d)中可以看出，当将

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体直接加入到 FeSO_4 溶液中，通过水浴加热法所得产物硫酸亚铁铵的形貌大都为棒状，除此之外，还存在一些不规则形貌的纳米粒子。从图 7(f~g)中可以看出，当将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 饱和溶液加入到 FeSO_4 溶液中，通过水浴加热法所得产物硫酸亚铁铵的形貌为六方柱状和一些不规则的形貌。从图 7(h~i)中可以看出，当将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 饱和溶液加入到 FeSO_4 溶液中，通过常规加热法所得产物硫酸亚铁铵为不规则颗粒，且发生了严重的团聚，这可能是由于硫酸亚铁铵分子间存在氢键造成的。通过对所制备的样品进行扫描电镜表征，可以获得物质表面的微观形貌，以此引导学生从宏观辨识过渡到微观探析，有利于激发学生的科研兴趣，培养学生的科学思维。

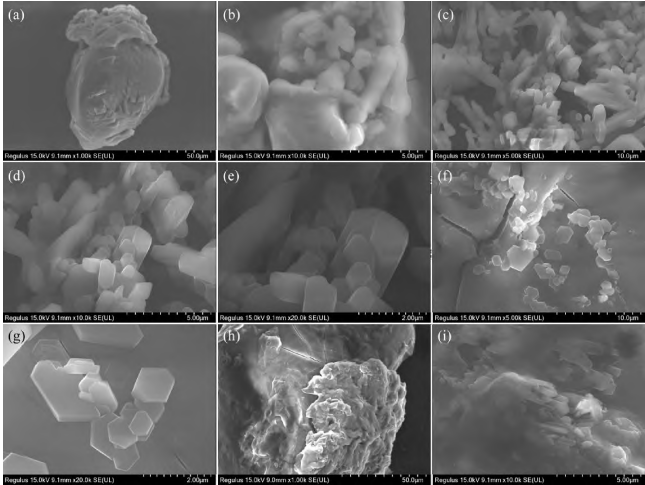


图 7 不同条件下所制备的硫酸亚铁铵的 FESEM 图
Fig. 7 FESEM images of ammonium ferrous sulfate prepared under different conditions

3 结 语

在无机化学实验教学中融入“课程思政”元素，有助于学生对实验内容的深入理解和掌握，有助于学生动手操作能力和设计创新能力的提高，有助于学生的责任担当意识和科技强国

(下转第 216 页)

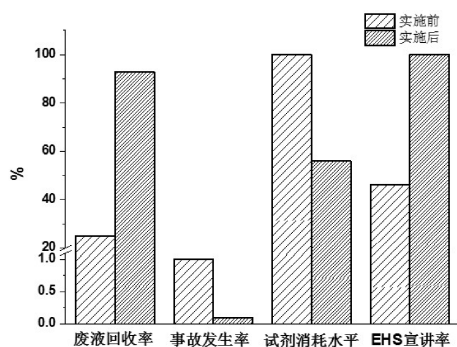


图1 实施前和实施后多项指标比较

Fig. 1 Comparison of relevant indexes related before and after the reform

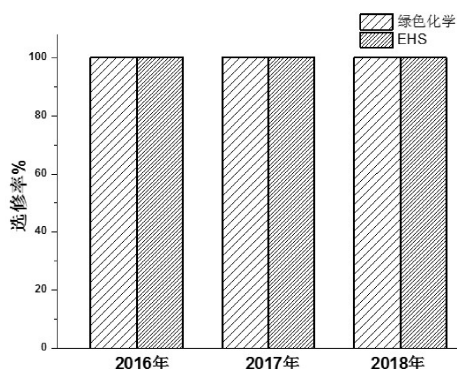


图2 EHS相关课程的选修率

Fig. 2 Optional probability of EHS course

(6) 学生对专业改革与建设的认可度

在完成整个在校的教学之后,以不记名方式让学生参与专业改革与建设的问卷调查。100%的学生认为EHS知识和理念不仅是制药企业也是整个国家乃至全球人类可持续发展的保障;100%的学生认为掌握EHS知识和树立EHS理念让自己在今后的工作中自身安全和健康有了更好的保障;99%的学生认

为制药行业可以通过发展新理论、新技术、新工艺可以更好的实现EHS理念;98%的学生认为本专业的课程设置符合EHS理念。由此可见,基于EHS的制药工程专业改革与建设是深入人心的,对学生今后的职业发展有很好的引领和示范作用。

5 结语

高校最重要的职责是培养高质量的人才,专业建设和改革必须与学科、行业的发展紧密关联,将学科、行业发展的新理念、新技术、新方法融入专业建设中,这样才能培养出具有前瞻性的高质量人才。本项目,我们在专业建设中积极探索推进“EHS理念”,对我校制药工程专业通过点面相结合、理论和实践相结合、知识和素质相结合、经典和前沿互相结合的方式进行了全方位、多角度的改革和建设,实践表明这是培养具有EHS理念和EHS知识的高素质原料药生产技能型人才的重要举措和手段。

参考文献

- [1] 李靖,包存宽. 工业园区内构建EHS管理体系框架研究[J]. 环境科学与管理, 2007, 32(8): 10-12.
- [2] 孙家军. 对壳牌HSE作用机理的系统思考[J]. 中国安全生产科学技术, 2008, 4(4): 168-170.
- [3] 荆文娜. 绿色转型与产业升级并重助推我国成为原料药生产强国[J]. 中国经济导报, 2021, 21(5): 1-3.
- [4] 张自然. 我国原料药行业迈向高质量发展[J]. 中国医药报, 2021, 24(6): 1-2.
- [5] 陈蕾, 张阳洋, 郑爱萍, 等. 我国药用辅料产业高质量发展的思考[J]. 中国药事, 2021, 35(9): 972-977.
- [6] 徐蓓华, 周子牛, 周惠燕. 在高职药物化学教学中融入绿色化学理念[J]. 化学教育(中英文), 2016, 37(16): 52-55.
- [7] 查贵勇. 保税研发业务创新助推产业结构升级和区域经济发展[J]. 产业创新研究, 2020, 32(1): 11-13.
- [8] 赵秀梅. 厌氧—好氧与同步脱硫脱氮工艺处理链霉素废水研究[J]. 环境工程学报, 2020, 14(9): 2 277-2 283.
- [9] 周惠燕, 计竹娃, 李卫宏, 等. 高职院校药物化学融入课程思政的探索与实践[J]. 化学教育(中英文), 2020, 41(18): 43-49.
- [10] 周惠燕, 彭昕, 徐倍华, 等. 基于AL的学业评价新体系在高职药物化学中的构建与实践[J]. 化学教育(中英文), 2018, 39(4): 44-47.

(上接第210页)

使命感的增强,有助于“绿水青山就是金山银山”理念和可持续发展意识的树立,有助于学生不畏挫折、勇攀高峰的科研品质和家国情怀的培养。

参考文献

- [1] 朱文娟. 《无机化学》教学中课程思政案例分析[J]. 云南化工, 2022, 49(1): 148-150.
- [2] 胡芳东, 夏其英, 李琳, 等. 践行立德树人 聚焦课程思政——以无机化学为例[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(16): 43-48.
- [3] 杜意恩, 牛宪军, 刘毓芳, 等. 利用富媒体技术开展无机化学实验教学的实践与思考——以“硫酸亚铁铵的制备”为例[J]. 山东化工, 2021, 50(9): 190-192.

- [4] 北京师范大学, 东北师范大学, 华中师范大学, 等. 无机化学实验. 第4版[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 253-254.
- [5] 王永明. 硫酸亚铁铵制备实验条件探讨[J]. 实验室科学, 2014, 17(3): 11-12, 15.
- [6] 钟国清, 吴治先, 白进伟. 硫酸亚铁铵的绿色化制备与表征[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(2): 46-49.
- [7] 杨孝容, 王应红, 袁明倩, 等. 不同原料配比制备硫酸亚铁铵的稳定性研究[J]. 实验室科学, 2015, 18(5): 17-19.
- [8] 刘洋, 易正戟, 毛芳芳, 等. 硫酸亚铁铵实验不同结晶条件的探讨[J]. 广州化学, 2019, 44(3): 55-57.
- [9] 谢建梅, 汤婷茜, 高红燕, 等. 硫酸亚铁铵制备的最佳工艺研究[J]. 农产品加工, 2019(6): 44-46.