

初中化学“盐”复习课探究式教学*

——以“探究豆腐制作中的点卤剂”为例

宋 伟

(江苏省江阴市教师发展中心, 江苏无锡 214400)

摘要: 以制作豆腐为真实情境设计并实施“豆腐制作中的点卤剂”探究式教学。通过设置“探究课堂中点卤用的盐类凝固剂成分”“设计制取氯化镁的方案并完善海水中提取氯化镁的方案”和“分析不同盐类凝固剂制作的豆腐应用价值”三项学习任务,完成盐类章节的复习,建构“盐的化学性质”乃至“酸、碱、盐”的知识体系。

关键词: 探究式教学; 真实情境; 盐; 复分解反应

文章编号: 1005-6629(2024)01-0058-07 **中图分类号:** G633.8 **文献标识码:** B

1 教学背景

1.1 知识结构化的需要

“盐”复习课选自人教版九年级化学下册第十一单元“盐 化肥”,在新授课中学生已认识盐的概念,了解氯化钠、碳酸钙、碳酸钠等常见的盐在日常生产生活中的应用,以及化肥在农业生产中的作用。作为一节复习课,不仅需要让学生掌握盐的化学性质,更应该将碎片化的知识建立关联,通过“复分解反应”这一桥梁,建立起结构化的“酸、碱、盐”知识体系。

1.2 学段衔接的需要

《义务教育化学课程标准(2022年版)》(下文简称“化学新课标”)提出“要加强学段衔接”“合理安排不同学段内容,体现学习目标的连续性和进阶性”“了解高中阶段学科特色,为学生进一步学习做好准备”^[1]。初中化学对于“复分解反应能否发生”局限于两种化合物互相交换成分生成水、气体或沉淀,而高中阶段的复分解反应实际上是两种电解质互相交换离子的反应。复分解反应能否发生,进行到什么程度,要通过平衡常数定量分析。因此在复习课中对复分解反应的概念可作适当的延伸,有助于衔接高中教学。

2 设计思路

本课题对应化学新课标中“物质的性质与应用”和

“物质的化学变化”两大学习主题,利用化学变化围绕盐类物质进行检验、制取、应用,真正理解盐的化学性质和复分解反应的实质,学会调控化学反应实现物质转化,认识到物质性质和应用之间的关系。选取生活中常见的黄豆制作豆腐为教学情境,“点卤”操作中选择不同凝固剂可制成不同的豆腐,其中常用的盐类凝固剂有 CaSO_4 和 MgCl_2 。学生在自制豆腐时会对所用盐类凝固剂成分产生好奇,通过物质鉴别与实验探究得出选用的盐类凝固剂为 MgCl_2 ,该过程复习了盐的化学性质,更深入理解复分解反应,并归纳得出物质检验的一般思路与方法。在此基础上,学生根据所学知识,设计多种制取凝固剂 MgCl_2 的方案,涵盖了盐的化学性质复习。实际工业生产中利用海水提取氯化镁的方法较多,如有氢氧化钠法和氢氧化钙法等^[2],教师适时提供文献资料,引导学生打破思维定势,多角度发散,从离子角度理解复分解反应,利用盐的化学性质对不同的工艺方案进行探究、反思、评价。在对文献具体实验数据的分析归纳中选择最佳反应条件,得到最佳实验方案,形成证据意识,提升思维能力。学生在真实情境中对知识重组、应用和升华,感受盐在生产生活中的应用价值,体会化学学科的魅力。

* 江苏省中小学教学研究第十四期重点自筹课题“区域推进中学化学大单元教学的实践研究”(编号 2021JY14-ZB19)的阶段性研究成果。

3 教学目标

(1) 能根据盐的性质对盐类凝固剂成分进行实验探究,建立混合物体系中物质鉴别的方法模型,并建构盐的化学性质的知识结构。

(2) 能够利用盐的化学性质和复分解反应等相关知识,分析解决工业生产中的问题,初步形成工程意识

和条件控制意识。

(3) 能将化学知识与生产生活相联系,动手实践,感悟化学学科在资源利用和创造美好生活中的价值。

4 学习任务及教学流程

学习任务及教学流程见表 1。

表 1 学习任务及流程

学习任务	学生活动	教师支持	设计意图
任务 1: 探究课堂中点卤用的盐类凝固剂成分。	(1) 学生利用凝固剂进行点卤操作,并设计实验方案探究使用的盐类凝固剂成分。 (2) 交流讨论实验方案可行性,并进行实验验证,根据实验现象得出结论。	(1) 提供资料:①制作豆腐的过程方法;②常用盐类凝固剂是 CaSO_4 和 MgCl_2 ;③ 20°C 时 CaSO_4 和 MgCl_2 的溶解度。 (2) 提供实验仪器及药品:配制的卤水、1% NaOH 溶液、 AgNO_3 溶液、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液、水、玻璃棒、烧杯、井穴板、胶头滴管、塑料碗、筷子和豆浆。 (3) 提供理论指导和支持。	(1) 复习盐的化学性质,并学会利用这些性质进行物质检验与实验探究。 (2) 培养交流表达能力和实验操作能力。 (3) 初步认识利用溶解度差异,两种可溶性物质在溶液中可通过离子结合成溶解度更小的物质而析出,更深入理解复分解反应,并为高中化学的沉淀溶解平衡作铺垫。
任务 2: 设计制取氯化镁的方案;完善海水中提取氯化镁的方案。	(1) 根据所学化学知识,尽可能选用不同类别的反应物,制取 MgCl_2 。 (2) 完善海水中提取 MgCl_2 的方案。 (3) 探究利用氢氧化钠提取海水中镁离子过程中,选取 Na_2CO_3 尽可能除钙时,探究选择哪组反应条件更优。	(1) 提供资料:① 20°C 时几种含镁化合物的溶解度;②氢氧化钙和氢氧化钠的最新价格;③分别利用氢氧化钙和氢氧化钠从海水中提取镁时的优缺点;④氢氧化钠法中用 Na_2CO_3 做脱钙剂,控制不同反应条件得到钙离子去除率和镁离子损失率数据表。 (2) 提供理论指导和支持。	(1) 设计和完善不同实验方案,培养探究能力和思维能力。 (2) 能从离子角度认识复分解反应,归纳总结盐的化学性质,并能进行迁移应用,培养自觉以化学角度去观察、思考和解决生产生活中的化学相关问题的能力。 (3) 在工艺流程选择中培养证据意识和条件意识。
任务 3: 分析不同盐类凝固剂制作的豆腐的应用价值。	(1) 感受选用不同盐类凝固剂制成的豆腐的区别,并思考摄取更多蛋白质或更多钙元素应食用的豆腐种类。 (2) 归纳总结盐的知识框架。	(1) 提供资料:南北豆腐的区别、适合烹饪方式以及营养含量。 (2) 提供理论指导和支持。	(1) 能体会盐类物质在生活中的应用价值。 (2) 培养归纳、总结和概括能力。

5 实施过程及学习成果

[播放视频] 课前播放视频《舌尖上的中国(第一季)》第三集:转化的灵感(部分)。

[创设情境] 黄豆是我们生活中常见的豆类,视频中在石膏凝固剂的作用下,让黄豆得到了升华成为美味的豆腐。石膏的成分是硫酸钙,同学们,硫酸钙在化学上属于什么物质类别呢?

[学生回答] 盐。

[引入课题] 今天我们就一起利用盐作凝固剂来制作豆腐,感受其中的奥秘。

5.1 固“豆”有盐:探究点卤用凝固剂的成分

[展示制作过程] 老师自己在家用新鲜黄豆制作了一份豆腐,我们一起来看看一下制作流程(见图 1)。

①泡豆,使豆泡发;②磨浆,制豆浆;③滤渣,豆渣不要扔,用来做饼;④过滤出来的豆浆放入锅中加热煮沸 5 分钟左右,转小火再煮 5 分钟后关火,除去浮渣;⑤等豆浆冷却至 80°C 左右,进行点卤,这一步至关重要。凝固剂有不同种类,选择想要的凝固剂,将其加入到豆浆中,使蛋白质凝聚沉降;⑥最后将其放入模具制成豆腐。



泡豆 → 磨浆 → 滤渣 → 煮浆 → 点卤 → 成型

图 1 豆腐制作流程图

[互动]今天,老师想邀请同学们一起完成最重要的一步——点卤。同学们的桌子上有配好的卤水,要边用筷子搅拌边加入卤水,搅拌速度要慢,不要有水花。当豆浆内出现一半的豆花时,就停止加卤水,停止搅拌,盖上盖子,静置 15~20 分钟。

[学生活动]用事先煮好的热豆浆进行点卤操作。

[提问]同学们,我们刚刚所加的卤水,是老师用这包凝固剂配制而成的。常用的盐类凝固剂除了课前视频中的石膏粉(CaSO_4),还有盐卤(MgCl_2)。我们怎样才能知道刚刚用的是哪一种凝固剂呢?请同学们小组讨论,如何设计实验检验?

[学生活动]展示实验方案:

A 小组提出滴加 AgNO_3 溶液,如果有氯化镁,就会发生复分解反应: $\text{MgCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = 2\text{AgCl} \downarrow + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$,产生白色沉淀。

B 小组提出滴加 NaOH 溶液,如果有氯化镁,就会发生复分解反应: $\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$,产生白色沉淀。

C 小组提出滴加 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液,如果有硫酸钙,就会发生复分解反应: $\text{CaSO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$,产生白色沉淀。

[对各方案的评价]师生逐一研讨 A、B、C 三个小组的方案是否可行。

A 小组方案:有学生认为不可行,因为硫酸银微溶于水,浓度大了也是沉淀。

B 小组方案:有学生认为不可行,因为 CaSO_4 和 NaOH 溶液也可以生成溶解度更低的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,浓度高时 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 便会析出。但也有学生结合澄清石灰水的经验,认为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 仍然有一定的溶解度,当它浓度较低时未必会析出。因此他们完成了如图 2 所示的实验,向室温下等量饱和 CaSO_4 溶液滴加 20 滴不同浓度的 NaOH 溶液,通过实验发现,1% 的 NaOH 溶液遇 CaSO_4 无明显现象,不干扰实验。

C 小组方案:利用 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液的不会有干扰现象,这个方法最好。

[小结]可用多种方法解决同一个问题。利用 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液最没有争议,但若是改变 NaOH 溶液和 AgNO_3 溶液的浓度,同样也可以防止干扰实验现象。

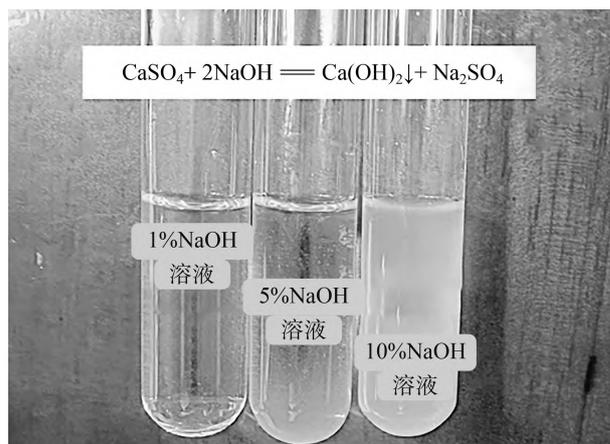


图 2 等量饱和 CaSO_4 溶液与不同浓度的 NaOH 溶液反应现象

[学生实验]将用凝固剂配制的卤水分别加入并穴板三个卡槽内,分别滴入 1% NaOH 溶液、 AgNO_3 溶液、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液,观察实验现象。

[观察现象]滴入 1% NaOH 溶液和 AgNO_3 溶液后的卡槽内均有白色沉淀产生,滴入 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液的卡槽内无白色沉淀产生。

[得出结论]用的凝固剂是 MgCl_2 。

[整理归纳]上述实验,可以归纳出盐的主要性质:盐+盐→新盐+新盐(A、C组);盐+碱→新盐+新碱(B组)。

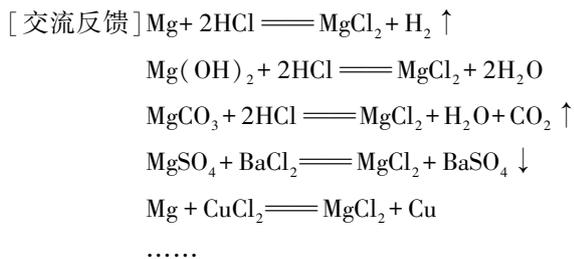
[拓展]同学们用自己想出的方案解决了问题,现在老师再补充一个信息:20℃ 时 CaSO_4 溶解度是 0.255 g, MgCl_2 溶解度是 54.6 g。你还能设计出其他的实验方案吗?

[学生活动]学生用溶解度差异,加水鉴别物质种类。教师强调体现控制变量思想和明确加入水的量,并引导学生动手实验探究。

[总结升华]同学们最先提出了用化学方法进行定性的检验,现在我们又尝试了用物理方法进行定量的检验,这说明定性和定量的方法、不同学科的视角都能帮助我们解决问题,即使是同一个问题也可以用不同的思路去解决。

5.2 制盐有“术”:设计制取和从海水中提取氯化镁的方案

[回顾旧知]在我们之前所学的化学知识中,又可以通过哪些方法制取 MgCl_2 呢?请同学们尽可能选用不同类别的反应物制取 MgCl_2 。



(学生说出方案的时候,让学生说出反应物的物质类别)

[提问]同学们怎么想到这么多方案的?

[学生回答1]想到复分解反应的特点是两个化合物互相交换成分,而且反应前后元素种类不变,所以就在思考,哪些物质含镁元素,哪些物质含氯元素,可以满足条件发生反应。

[学生回答2]氯化镁属于盐,盐和盐反应能生成盐,盐和碱反应能生成盐。然后根据物质类别猜想具体哪些物质可以发生反应。

[小结]盐的化学性质:盐能与酸、碱、盐和金属发生反应(见图3)。

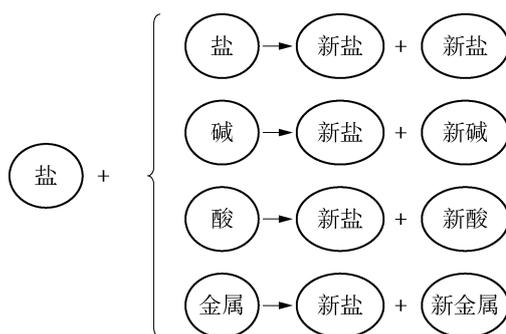


图3 盐与盐、酸、碱和金属发生反应

[过渡]我们写出了那么多方案,其实在实际工业中要节约成本,如果反应物(原料)的价格超过了生成物(产品)的价格,就不会有人愿意去生产了。从原料看,金属镁价格最高,碳酸镁、硫酸镁等的价格较低,但仍然比氯化镁贵。但是,我们参考表2的资料,海水晒盐的过程中,一部分以氯化钠形式析出,剩下的母液,我们称之为苦卤,其中含有丰富的 MgCl_2 ,可以进一步利用。你能完善海水中提取 MgCl_2 的方案(见图4)吗?

表2 海水浓缩过程中各物质的含量

浓缩程度	密度(g/mL)	CaSO_4 (%)	NaCl (%)	MgCl_2 (%)	MgSO_4 (%)	NaBr (%)
小 ↓ 大	1.21	0.05	3.26	0.04	0.008	/
	1.22	0.015	9.65	0.01	0.04	/
	1.26	0.01	2.64	0.02	0.02	0.04
	1.31(苦卤)	/	1.40	0.54	0.03	0.06

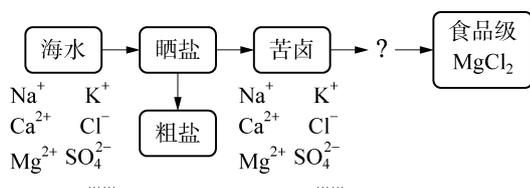


图4 完善海水中提取 MgCl_2 的方案

[学生活动]学生以小组为单位进行交流讨论。首先讨论了除杂的方式,钠离子和钾离子难以沉淀形式除去,所以可以将所需离子沉淀出来。学生提出将苦卤中的镁离子转化为碳酸镁或氢氧化镁。

[资料展示]20℃时,不同含镁化合物的溶解度:
 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 溶解度 0.00064 g, MgCO_3 溶解度 0.01 g, MgSO_4

溶解度 33.7 g, MgCl_2 溶解度 54.6 g。

[学生回答]将苦卤中的镁离子转化为氢氧化镁更合适,可以加氢氧化钠或氢氧化钙。

[追问]本质上是利用碱溶液中的什么与苦卤中的 Mg^{2+} 反应生成沉淀?

[学生回答] OH^- 。

[过渡]本质上就是离子之间的相互作用。

[资料展示]氢氧化钠和氢氧化钙的最新价格(在相关网站上查阅两种物质的最新价格)。

[追问]同学们,从成本角度考虑,你们会选择氢氧化钠还是氢氧化钙?

[学生回答]氢氧化钙。

[追问]由于氢氧化钙微溶于水,溶液中氢氧化钙

含量较少,所以工业上一般不选用澄清石灰水,而是选择含氢氧化钙较多的什么物质?如何制得?

[学生回答]石灰乳。可用生石灰和水反应。

[追问]生石灰如何制得?

[学生回答]可以高温煅烧石灰石或贝壳,海边贝壳很多,用贝壳成本更低。学生画出了图5所示的流程图:用贝壳煅烧制得生石灰,进一步制得熟石灰。随后将镁离子进行沉淀过滤,后加盐酸,结晶析出,制得氯化镁。

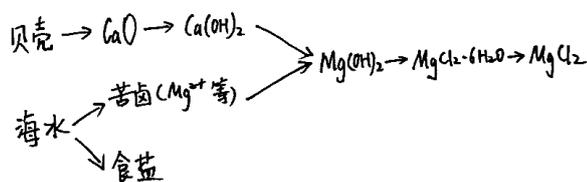


图5 学生绘制的从海水中提取镁的流程图

[提问]实际工业生产中,在沉淀池中获取氢氧化镁的同时也会引入氢氧化钙,在过滤工序中工艺动力和材料消耗较大,需消耗一定的成本。老师通过查阅资料,发现有工厂依旧选择价格较高的氢氧化钠,但却可以尽量避免后续杂质进入沉淀池(见表3)。

表3 从海水中提取镁的两种方法优缺点比较

方法	优点	缺点
氢氧化钙法 ^[3]	原料廉价易得	产品杂质如Ca(OH) ₂ 含量高,过滤时动力、材料消耗大
氢氧化钠法 ^[4]	过滤不引入新杂质	原料价格较氢氧化钙略高

[提问]氢氧化钠法中为了防止后续有氢氧化钙的生成,加入碳酸钠除去钙离子,你觉得不可行?

[学生回答]碳酸钠中的碳酸根可以同时与钙离子和镁离子反应。

[过渡]工业生产有窍门的!其实该工艺通过改变反应条件,尽可能除尽钙离子,同时减少镁离子的损耗。请同学们看看下列哪组实验中脱钙条件更优(见表4)?

[提问]面对这么多数据,眼花缭乱,你最想关注哪组数据?

表4 利用Na₂CO₃做脱钙剂,控制不同反应条件的正交实验设计及结果分析表^[5]

实验号	A	B/°C	C/min	D/min	Ca ²⁺ 去除率/%	Mg ²⁺ 损失率/%
实验1	1.0:1	25	2	30	65.8	7.4
实验2	1.0:1	30	4	60	77.6	9.4
实验3	1.0:1	35	6	90	88.6	10.2
实验4	1.2:1	25	4	90	82.4	14.0
实验5	1.2:1	30	6	30	90.5	12.6
实验6	1.2:1	35	2	60	78.5	13.0
实验7	1.4:1	25	6	60	93.4	15.9
实验8	1.4:1	30	2	90	83.4	16.4
实验9	1.4:1	35	4	30	87.5	15.6

注:A、B、C、D分别为Na₂CO₃的加入量与溶液中Ca²⁺的物质的量之比、温度、反应时间、静置时间。

[学生回答]钙离子去除率和镁离子损失率。

[追问]哪几组数据较好?

[学生回答]第五组和第七组。

[追问]这两组数据,同学们通过对比分析,关注其他变量,每组的优点各是什么?

[学生回答]第5组的优点是:①消耗Na₂CO₃少,成本低;②静置时间短;③Mg²⁺损失率更低。第7组的优点是:①温度略低;②Ca²⁺去除率略高。

[追问]以去除钙离子为核心,综合考虑多方面因素,哪个方案更好呢?

[学生回答]第5组。

[提问]此工艺在实验5方案基础上进一步优化,将反应温度从原来的30°C改为25°C,请问下列哪个反应时间作为脱钙条件更优(见图6)?

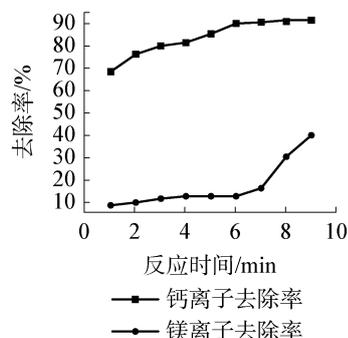


图6 反应时间与溶液中Ca²⁺和Mg²⁺去除率关系^[6]

[学生回答]6分钟。

[教师归纳]在上述反应条件下利用 Na_2CO_3 中 CO_3^{2-} 尽可能除钙离子,再利用 NaOH 中 OH^- 提取镁离子,通过一系列反应最终制得 MgCl_2 (见图7)。

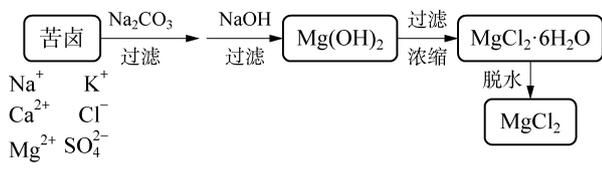


图7 氢氧化钠法从海水中提取镁

我们可以发现,改变或控制条件,可以使反应向更有利方向进行。生产生活中的工艺流程是复杂的,需要考虑的因素有很多,我们需要用变化的眼光去分析、解决问题,这也是我们学习化学的意义之一。

5.3 选盐有“悟”:分析不同盐类凝固剂制作的豆腐应用价值

[师生互动]现在静置时间结束,请同学们打开盖子,看看你们点卤成功了没?这其实就是我们平时吃的豆腐花。请同学们把点卤后的成品拿到讲台上来,感兴趣的同学可以课后与老师一起压制豆腐,需要1~2小时,后续我会将成品豆腐再交给同学们。

[豆腐展示]同学们,选择不同的盐,可以制成不同种类的豆腐,老师今天早上也利用氯化镁凝固剂做了豆腐,同学们看一看。以氯化镁为凝固剂制成的豆腐,在我们生活中叫北豆腐,也就是老豆腐,适合煎、焖、炒。而以硫酸钙为凝固剂制成的豆腐,在我们生活中叫南豆腐,软嫩细腻,适合烧着吃,做豆腐汤等。

[提问]我们可以通过豆腐摄取蛋白质,但是不同豆腐中蛋白质含量是不一样的,如果要摄取更多蛋白质应食用哪种豆腐?如果要摄取更多钙元素呢(见表5)?

表5 南北豆腐中的营养含量区分^[7]

每100g 营养含量	碳水化合物 (g)	蛋白质 (g)	脂肪 (g)	钙 (mg)	镁 (mg)
北豆腐	1.5	12.2	4.8	138	63
南豆腐	2.4	6.2	2.5	116	36

其实现在市场上的豆腐种类,远不止这两种,同学们课后可以去了解更多的知识。

[提问]今天,我们围绕盐讨论了很多化学变化,你能否总结归纳盐的化学性质呢?

[学生活动]学生讨论回答,结合 MgCl_2 鉴别和制取方案交流反馈。

[小结]盐与酸、碱、盐和金属发生反应。盐的性质多样,所以在生活中具有很多广泛的用途,比如卤水、化肥等。普通的黄豆,脱去坚硬的外壳,粉碎成渣,稀成了汁,竟然能以豆渣、豆浆、豆腐等多种方式出现在我们的生活中,再经历了蒸炒煎炸尝酸甜苦辣咸后,便成了一道道可口的美食,发挥了它的大作为,而我们要在不同的环境中不断磨练自己,带着这份持之以恒和吃苦耐劳的精神,也定能成就自己的大作为!

6 教学反思

初中化学中有关“海水制盐”的学习通常只限于食盐(氯化钠),而对于剩下母液(氯化镁等)的学习要在高中“从海水中提取镁工艺”时才会展开。初中化学新课标提出要重视初、高中化学知识的衔接,本节课即是从豆腐凝固剂中的成分氯化镁引出从海水中提取氯化镁,实现了初中知识的拓展延伸,为高中学段的学习预设线索。

整个探究式学习中,学生利用酸、碱、盐、金属等不同种类物质进行反应来检验和制备凝固剂氯化镁,从而培养学生能从元素层面细化物质分类,从元素守恒角度实现含镁物质和含氯物质反应转化为氯化镁,促进学生形成元素观和物质转化观。培养学生从离子角度理解复分解反应的实质、酸和碱具有共同化学性质的原因,也能更好地搭建盐的化学性质知识体系。此外,以氢氧化钠与硫酸钙反应为载体,补充复分解反应发生的其他情况,为高中沉淀溶解平衡的学习作好铺垫。本节课还帮助学生培养“宏观-微观-符号”化学思维方式,提高了化学复习课的有效性和发展性。

任务2是重要环节,学生设计了多种制取氯化镁的方案,不仅唤起对盐的化学性质知识的回忆,更是深层次实现对盐的化学性质的应用。利用评价制取方案

优缺点的课堂活动,培养学生的证据推理意识,学会多角度认识和理解物质变化,加深认识反应条件对物质变化的影响,从化学角度去思考 and 解决真实复杂情境中的实际问题,进一步认识到化学学科对生产生活的价值和作用。未来还可以拓展其他更多的工业情境问题,如非沿海地区如何制取氯化镁、氯化钠等,进一步培养学生知识迁移和问题解决能力。

参考文献:

[1] 中华人民共和国教育部制定. 义务教育化学课程标准

(上接第 57 页)

[展望]今后,面对合成新物质时,你准备采用怎样的思路分析其可能性并综合优化条件?比如 CO₂ 与氢源合成乙烯、乙醇和二甲醚等化工产品。

4 教学反思

科学活动重在发现和理解客观世界,工程活动指向改造客观世界。将科学思维和工程思维整合,实质是理论性思维和实践性思维的融合。以科工整合思维的视野设置教学内容的丰富性远大于单纯的化学课程,目的是培养创新实践人才。科工整合要从规划、设计、选择、优化、调整、反馈等全盘考虑,师生通过对应的决策、设计、实践和评价等工程活动,培养学生的筹划思维、系统思维和创新思维等。

参考文献:

[1][7] 邢国文,孙根班,李会峰等. 中学化学教学中的科学思维与逻辑辨析[J]. 化学教育(中英文), 2022, (16): 44~48.
 [2] 邹国华,刘帅,蔡小蔓等. 化学教学中培养工程思维: 内涵、必要性及实现途径[J]. 化学教学, 2020, (8): 3~6, 11.
 [3] 现代汉语词典(第6版)[K]. 北京: 商务印书馆,

(2022年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022.

[2] 李朝章,全梅山,何文慧等. “海水提镁”项目式教学设计与实践[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(9): 43~51.
 [3] 刘玉胜,刘翠,马培华. 利用盐湖卤水制取氢氧化镁的技术探索[J]. 盐湖研究, 2004, (2): 51~55.
 [4] 宋彦梅,衣守志. 氢氧化镁的生产及应用技术进展[J]. 海湖盐与化工, 2006, (2): 15~20.
 [5][6] 王倩,林冠豪,孙明明等. 氢氧化钠法提取镁元素的资源化利用研究[J]. 山西建筑, 2018, 44(11): 120~122.
 [7] 云无心. 豆腐, 糙点儿的更营养[J]. 决策探索(上), 2018, (4): 87.

2015.

[4][9] 李伯聪. 工程思维的性质和认识史及其对工程教育改革的启示——工程教育哲学笔记之三[J]. 高等工程教育研究, 2018, (4): 45~54.
 [5][8] 任艳. 高中化学教学中“科学思维方法”培养的策略研究[D]. 新乡: 河南师范大学硕士学位论文, 2013.
 [6] 中华人民共和国教育部制定. 义务教育化学课程标准(2022年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022.
 [10][11] 陆庭鑫. 化学教学中工程思维的内涵及培养[J]. 教学与管理, 2022, (7): 62~65.
 [12] 宋蕊. 促进初中生工程思维发展的科学课程整合工程实践的实证研究[D]. 上海: 华东师范大学硕士学位论文, 2019.
 [13] 周业虹. 研究新课标情境素材, 培养学生科学思维[J]. 化学教学, 2023, (4): 23~27.
 [14] Qian-Lin Tang, Wen-Tian Zou, Run-Kun Huang, etc.. Effect of the components' interface on the synthesis of methanol over Cu/ZnO from CO₂/H₂: a microkinetic analysis based on DFT+U calculations [J]. Phys. Chem. Chem. Phys., 2015, (17): 7317~7333.
 [15][16][17][18][19] 王磊, 陈光巨主编. 普通高中教科书·选择性必修1·化学反应原理[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2019: 82~86.
 [20] 周紫璇, 杨海艳, 孙予罕等. 二氧化碳加氢制甲醇多相催化剂研究进展[J]. 高等学校化学学报, 2022, 43(7): 7.