

引导学生运用元素化合物认识模型解决实际问题的教学研究*

——以“菠菜补铁是真的吗”探究教学为例

张俊华¹ 王 澜² 王 磊^{2**}

(1. 北京 101 中学 100091; 2. 北京师范大学化学教育研究所 北京 100875)

摘要 针对常规元素化合物教学中的问题和学生学习的现状,设计了基于元素化合物认识模型的金属及其化合物单元复习教学。以“评估菠菜补铁是真的吗”为核心任务,突出了研究元素化合物的认识角度——化合价和物质类别;以探究实验为手段,将铁元素的定性检测和定量测定相结合,用模型拆解了一个真实、复杂的生活问题。结果表明,模型的应用有利于学生建立系统性思维,有利于学生用化学知识解决实际问题,有利于突破学生认知的障碍点,从而提高学生解决问题的能力。

关键词 元素化合物认识模型 金属及其化合物 单元复习 教学研究 菠菜补铁

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2014100166

1 问题的提出

元素化合物知识属于事实性知识或陈述性知识,知识本身具有庞杂、琐碎的特点,需要记忆的内容较多,而且容易混淆,是教和学的难点之一。

在课程体系中元素化合物知识处于基础和核心地位,是基本概念和基本理论的生长点。元素化合物知识为学生的迁移能力奠定基础,是培养学生化学学科能力的重要途径;基于元素化合物知识的教学,是事实性知识向学生学科能力转化的关键过程^[1]。

元素化合物知识的常规教学思路是抓住某一具体的物质,引导学生从物质的组成、性质、制备、用途等方面进行全面学习。这让学生对元素化合物知识基本上是靠记忆和类比的方法,对单一物质掌握得比较好,而在面临大量的元素化合物知识的系统学习时,则感到非常困难,面对陌生物质的时候,缺乏认识角度。

“化学 1”模块中物质分类和氧化还原反应等概念原理知识,让学生有了物质类别和化合价意识,能分析、解释、预测一些简单物质的性质。例如,预测 Fe_3O_4 的性质时,学生有意识地从物质类别去分析:该物质是一种金属氧化物,能和盐酸反应生成相应价态的盐和水;从化合价的视角解释“为什么 Fe_3O_4 在空气中加热易转化为 Fe_2O_3 ”。但学生在解决“难题”时也表现出,面对陌生物质,不能很好地预测该物质所具有的性质,根据性质设计实验去实现物质的转化也就成了“缘木求鱼”。

由于学生存储的知识是单个物质孤立输入的,当需要用化学的知识去解决复杂问题时,学生的拓展能力和迁移能力比较薄弱;由于学生在学习元素化合物知识没有掌握一个核心方法,当需要用化学的知识去解决陌生问题时,学生很难形成一个系统的思维过程和方法,用知识解决问题也就会出现“独木难支”的现象。

布鲁纳曾指出:“知识如果没有完满的结构把它连接在一起,那是一种多半会被遗忘的知识。”元素化合物知识对学生来说多数是“见叶不见枝,见木不见林”的感觉。金属及其化合物是“化学 1”的教学内容,是学生第一次系统地学习的元素化合物知识;是学生第一次用化学理论(氧化还原、分类方法)来认识元素化合物的性质;是学生第一次学习一类物质的性质,通过实验和分析,来体会它们的共性和差异。因此,金属及其化合物的复习显得至关重要。

据此,北师大高端备课组王磊提出了由研究对象、认识视角、解决问题、任务类型 4 个维度^[2]组成的元素化合物的认识模型(见图 1)。基于该模型,从物质类别的角度,学生可以掌握物质的通性;从化合价的视角,学生可以分析物质的氧化性和还原性。主要是根据物质的性质和物质之间的转化解决一系列问题,从而促使学生在解决问题中建立一个系统性思维。

2 教学素材的选取与利用

《普通高中化学课程标准(实验)》教学建议

* 北京师范大学化学教育研究所“高端备课”项目成果;国家社科基金“十二五规划”教育科学重点课题“中小学生学习能力表现研究”成果

** 通信联系人, E-mail: wangleibnu@126.com

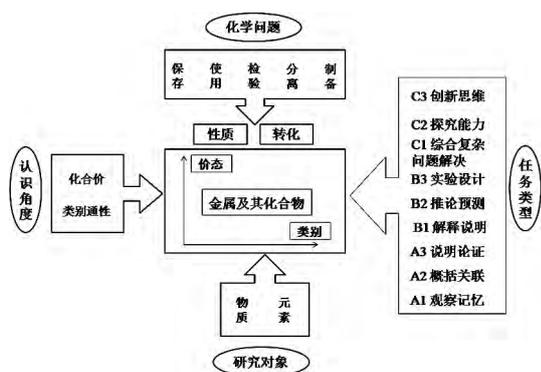


图1 金属及其化合物认识模型

中,指明教学应“联系生产、生活实际,拓宽学生的视野”“突出化学学科特征,更好地发挥实验的教育功能”“重视探究学习活动,发展学生的科学探究能力”。为落实上述理念,选择恰当的教学素材是非常必要的。具体到本节教学内容,教学素材还应体现“金属及其化合物”的学科思想,能够发挥认识模型在解决问题时的功能价值。

基于上述考虑,选取“吃菠菜能否补铁”作为教学素材。“吃菠菜能补铁”是多年来生活中很常见的一种说法,但也有人认为吃菠菜并不能补铁,因为菠菜中还含有大量的草酸,草酸可以与 Fe^{2+} 等多种金属离子结合,影响 $\text{Fe}(\text{II})$ 元素吸收。经过大量前期调研及实验验证,开发了一套以“吃菠菜能否补铁”为核心驱动型任务的系列教学活动。

第一轮探究:让学生设计并动手实验,直接检测鲜菠菜中的铁元素。前期实验发现用鲜菠菜为原料直接检测铁元素的存在,现象不明显。

“菠菜中含有铁元素,但却检验不出”这一实验事实,能够很好地激发学生的学习兴趣,并引出基于认识模型对陌生复杂体系的系统分析。

第二轮探究:查阅资料发现,由于草酸的存在,菠菜中铁元素可能以 FeC_2O_4 等形式存在。于是让学生基于认识模型预测并动手实验探究 FeC_2O_4 性质。

FeC_2O_4 对于学生来说是陌生物质,通过对 FeC_2O_4 的性质预测及实验设计,可以让学生进一步完善运用认识模型研究物质性质的基本思路。其中对于 FeC_2O_4 中碳元素的价态分析及性质预测,能够有效启发学生多角度、全面地认识物质性质。

第三轮探究:利用灼烧法定性检验菠菜中确实含有铁元素。这一过程涉及铁及其化合物的多步转化,能够让学生熟悉在复杂问题中利用认识模型分析物质转化的基本思路。并且进一步认识到实际问题的复杂性,体会复杂体系中对干扰因素的排除。

第四轮探究:在菠菜中铁元素的定量检测中,

由于铁元素的含量少,实验步骤多,元素的损失率高,沉淀法只适于理论分析,可操作性很小。因此,利用 Fe^{3+} 和 KSCN 的显色反应,引导学生使用一种新的定量方法——比色法。让学生创造性地体会将溶液颜色与离子浓度建立关系,建立知识间的远联系。

“吃菠菜能否补铁”的4轮探究活动由浅入深、逐层深入,涉及类型丰富的学生活动(具体任务类型见图1)。整个环节以元素化合物认识模型为工具,凸显认识角度的功能价值,将物质性质和转化规律、定性和定量任务与学生实验、演示实验有机地融合在一起,从而形成一个综合的教学体系。

3 教学策略及主要的教学过程

本课时教学共6个教学环节,除【引言】和【总结】外,4个教学环节分别对应4轮探究任务。具体教学过程如下:

【引言】

教师播放视频,提出教学任务:评估“菠菜补铁是真的吗”。学生观看、聆听,思考、评估需要完成的任务,提出可以进行定性检测和定量测定。

本环节教学意图:把一个实际的问题转化为化学问题,培养学生“学以致用”的科学素养。

【环节1】菠菜中铁元素的检验

提出问题1:菠菜中铁元素有哪些存在形式?教师借助类别-价态二维图外显学生的思考过程(如图2)。

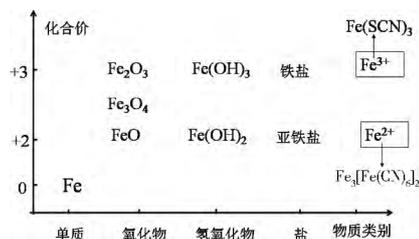


图2 含铁物质二维图

提出问题2:如何检验菠菜中的铁元素?学生进行【实验】——检验鲜菠菜中的铁元素,没成功,分析原因,提出假设:①菠菜中不含铁元素;②铁元素含量特别少;③铁元素不是以 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 的形式存在的(沉淀或络合物);④颜色干扰,现象无法观察。教师引导学生阅读资料卡片“每100克菠菜中的营养成分表”,找到答案:铁元素可能以 FeC_2O_4 的形式存在。

本环节教学意图:引导学生自主用模型分析熟悉的物质,进而解决问题,进行实验设计。首先确定任务,然后明确研究对象为铁元素,回忆写出含铁物质时凸显化合价和物质类别的认识角度。用鲜菠菜做实验的目的是使学生产生认知冲突,形成探

究的愿望。提供资料卡，培养学生提取信息的能力。

【环节 2】草酸亚铁中铁元素的检验

提出问题 1：如何设计实验检验 FeC_2O_4 的铁元素？教师引导学生在模型中标出陌生的 FeC_2O_4 的位置如图 3。

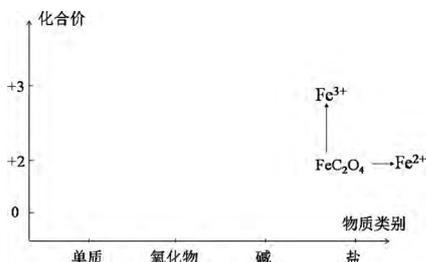


图 3 FeC_2O_4 在二维图中的位置

要求学生预测 FeC_2O_4 性质，再根据性质来设计转化途径，然后汇报。教师在此环节特别关注对学生不同的认识角度进行追问和评价（如表 1）。

表 1 学生不同的认识角度

认识角度	检验过程	评价
亚铁盐（类别）	直接检验 Fe^{2+}	1 分
草酸盐（难溶）	加硫酸后，检验 Fe^{2+}	2 分
亚铁盐（价态）	$\text{KMnO}_4 (\text{H}^+)$ ，检验 Fe^{3+}	3 分

追问：在样品中滴加酸性的 KMnO_4 溶液，紫色褪色，能否证明二价铁元素？引导学生在此应用二维图进行思考（如图 4），并提供【对比实验】“草酸钠溶液中，滴加酸性高锰酸钾溶液，紫色褪去”。

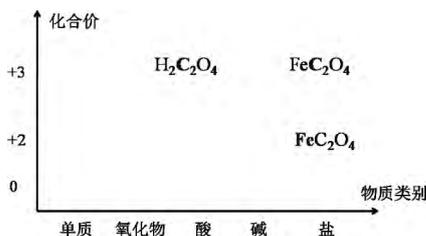


图 4 利用二维图分析草酸亚铁

本环节教学意图：引导学生用模型研究陌生物质，内化模型。用模型突破学生的障碍点，引导学生将 FeC_2O_4 在模型中再定位，让学生利用模型发现草酸根可能存在还原性，并认识到其对实验过程的干扰。采用追问和评价策略使学生的思路外显，进而能自主运用模型解决问题。培养学生的系统探究和发现远联系的创新思维。

【环节 3】菠菜中铁元素的再检验

【播放实验片段】鲜菠菜烧成灰，然后用酸浸泡，过滤后的浸泡液用来检验铁元素。

提出问题 1：实验中含铁元素的物质是如何转化的？问题 2：浸泡液中能否检验出铁元素？

要求学生【分析解释】灼烧的目的，以及酸浸

泡的目的。

学生 1：认为 FeC_2O_4 直接分解为 FeO ；

学生 2：认为 FeC_2O_4 分解的 FeO 不稳定，易被氧化为 Fe_3O_4 ；

学生 3：认为 FeC_2O_4 在加热的过程直接被氧化为 Fe_2O_3 ；

学生 4：无论发生上述的哪个过程，用酸浸泡液来检验铁元素都行。在模型中画出转化关系（如图 5）。

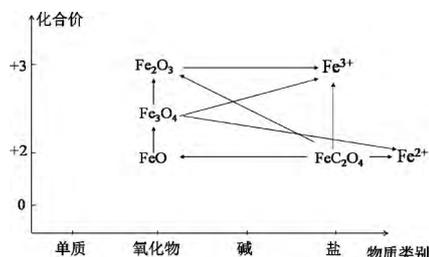


图 5 菠菜处理时物质转化关系

学生进行【实验】检验出浸泡液中含有 Fe^{2+} ，没有 Fe^{3+} 。

本环节教学意图：回应【环节 1】灼烧的目的是排除检验铁元素的干扰因素：水、有机物等。应用模型分析物质转化的过程，使学生体会将实际问题转化为一个简单的化学问题的过程和方法。促进学生建立系统、有序地解决问题的思维过程，提高学生综合复杂问题的解决能力。

【环节 4】菠菜中铁元素的含量的测定^[3]

提出问题 1：如何测定铁元素的含量？

学生 1：沉淀法—在浸泡液中加入足量的 NaOH 溶液确定 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的质量。

学生 2： $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 不稳定，烘干易分解为 Fe_2O_3 ，应测定 Fe_2O_3 的质量。

【追问】：评价沉淀法好不好？

学生：铁元素的含量少，步骤太多，实验精确度低。

【追问】基于溶液的颜色，用一个步骤最少、最精确的方法测定 Fe^{3+} 的量？

学生：可以根据溶液的颜色深浅初步判断。

【观察】菠菜灰的浸泡液和 5 个已知浓度的 Fe^{3+} 的溶液中分别加了同浓度、同体积的 KSCN 溶液，比对溶液的颜色，粗略估计浓度即半定量。

采用追问的策略让学生大胆思考一种新的定量实验的方法——比色法。

根据原有认知，培养学生创造性思考的过程，完成模型中任务类型的创新思维（创造性体会）。学生自主用模型来评价沉淀法是否合理。给出量的参考依据——一系列含不同铁离子浓度溶液的比

色。把物质的表观现象、物质性质和溶液中离子行为用创造性的思维联系起来。

【总结】吃菠菜补铁靠谱吗？

【分析计算】一个成人需要铁元素的质量为 20 mg/天，如果每 100 g 菠菜含铁元素 2 mg^[4]，吸收率为 5%，每天得吃多少斤菠菜？

回应：吃菠菜补铁是真的吗？让学生体会化学的魅力，培养学生批判性思考能力。

4 教学感悟

4.1 教学策略提高课堂教学实效性

策略 1：基于元素化合物认识模型的教学，发挥认识模型的功能价值。抓住学习元素化合物的 2 个视角^[5]——物质的类别和化合价，促进学生自主、主动地用模型解决实际问题。含 Fe 元素的物质组—陌生的物质 (FeC_2O_4)—物质性质的预测和转化，使学生将复杂体系简单化；将陌生物质熟悉化；将综合体系有序化。

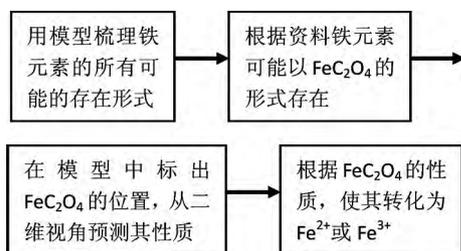
策略 2：基于探究实验的教学，采取走一步探一步的教学策略。让学生初步认识为什么存在探究实验，体会探究的一般过程和方法。

策略 3：采取“追问”的教学策略，将学生的思考不断引向深入；将一部分学生的模糊思路不断外显，使学生认识到怎样思考、怎样解决问题，发现自己的不足。

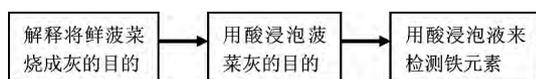
策略 4：基于学习活动过程中的自我评价策略^[6]。

4.2 模型的应用有利于学生解决实际问题

面对“评估菠菜补铁是真的吗”这一真实问题，学生首先将这个生活问题转化为 2 个化学问题——铁元素的定性检测和定量测定。在定性检测中，学生将问题进行拆解：



通过上述的流程，学生顺理成章地检测到了 FeC_2O_4 的铁元素，但是将 FeC_2O_4 放入菠菜的真实情境如何检测到铁元素呢？利用模型对实验进行分析解释，在分析过程中学生抓住认识角度很容易分析出物质转化的途径是类别转化还是化合价转化。用模型拆解实验分析的过程：



4.3 模型的应用有利于学生建立系统性思维

系统是一种逻辑能力，也可以称为整体观、全局观。系统思维，简单来说就是对事情全面思考，不只就事论事。是把想要达到的结果、实现该结果的过程、过程优化以及对未来的影响等一系列问题作为一个整体系统进行研究。元素化合物的认识模型高度概括了用元素化合物知识要解决的化学问题、研究物质的认识角度，明确了研究对象和学生发展的能力任务，学生在用模型解决问题时，就是从全局出发，熟练地从元素化合物的二维视角出发去预测物质的性质，设计实验，实现物质转化，进而打通模型中 4 个维度之间的关系，这样有利于学生提高分析问题、解决问题的能力。

4.4 模型的应用有利于学生突破认知的障碍点

在【环节 2】 FeC_2O_4 中铁元素的检测时，学生在实施实验，没有考虑到草酸根的还原性，在教学的过程中让他们汇报实验成果，设计自我评价，采用追问的策略让学生的思路清晰，引导学生以碳元素的化合价为视角将 FeC_2O_4 在模型中再次定位，然后用实验的手段进行对比分析：①草酸亚铁加入酸性高锰酸钾溶液中，紫色褪去；②取草酸钠溶液，加入酸性的高锰酸钾溶液中，紫色也褪去，因而说明，单用高锰酸钾溶液的紫色褪去是不能说明亚铁元素的存在。使学生学会分析某个物质性质时，要从元素的角度全面分析，形成认识元素化合物的基本观念——元素观。

综上所述，基于元素化合物认识模型的教学，教学的内容综合度大，要突破原有认知，打通学生的能力关节，用模型解决实际问题的教学是学生从生活出发，用化学方法解决实际问题，最后再回归生活，符合提高学生科学素养的要求。用元素化合物认识模型来解决的问题应该具有以下特点：①教学情境具有真实性；②研究体系具有复杂性；③实验过程具有探究性；④研究的物质具有陌生性；⑤教学的内容具有综合性；⑥学生思考的过程具有创新性；⑦学生活动的过程具有评价性。根据上述载体的特点，设计符合学生实际的活动。

参 考 文 献

- [1] 姜言霞, 王磊, 支瑶. 课程·教材·教法, 2012 (9): 106-112
- [2] 王维臻, 王磊, 支瑶, 等. 化学教育, 2014, 35 (1): 34-40
- [3] 魏锐, 王磊, 刘强, 等. 化学教育, 2006, 27 (7): 50-51, 54
- [4] 顾中一. “菠菜富含铁”源于点错小数点? [EB/OL]. (2011-04-28) [2015-01-22]. <http://www.guokr.com/article/22543>
- [5] 何彩霞. 化学教学, 2013 (9): 27-29
- [6] 魏现州. 化学教育, 2013, 34 (10): 23-29