

“化学平衡的移动”一课两种教学方式的评析*

王正兵**

(江苏省大港中学, 江苏镇江 212028)

摘要:以2016年江苏省高中化学优质课评比为背景,针对教师在“化学平衡的移动”课题中运用启发式与探究式开展教学活动,将两种教学方式与课堂教学案例进行对比、分析,从中提炼出“学生为本”、“立德树人”的教育理念指导教学的认识和感悟,为教师提高专业水平,更好地服务教育教学提供借鉴与参考。

关键词:启发式教学;探究式教学;证据素材;化学平衡

文章编号:1005-6629(2018)2-0040-06

中图分类号:G633.8

文献标识码:B

2016年江苏省高中化学优质课评选暨观摩活动已经落下帷幕,笔者有幸作为观众参加了本次活动,并观摩多节“化学平衡的移动”评优课,受益匪浅。在这些优质课中有两种类型的课比较有代表性,给人留下深刻的印象。第一种类型以启发、引导为主线,教师通过问题,引导学生思考、讨论,最终解答问题。第二种类型以实验探究为主线,教师提供丰富的实验素材,学生通过实验获得现象,在交流、研讨中验证假设或完善结论。前一种类型称为启发式,后一种类型属于探究式。启发式教学是我国传统教学思想的瑰宝,被广泛应用于教学实践,探究式教学是我国理科新课程倡导的重要教学方式,近年来被大力提倡^[1]。通过观摩学习,笔者对两节课所采用的教学方式进行比较、分析,进一步理解了启发式与探究式教学的精神,教学理念得到提升,借此文和同行交流、切磋。

1 简单介绍两种教学方式

1.1 启发式教学

《论语·述而》:“不愤不启,不悱不发,举一

隅不以三隅反,则不复也。”启发既是一种教学指导思想,又是一个教学原则。在启发式教学中,教学过程由教师控制与引领,教学活动考虑学生在知识建构过程中“人之为人”所面临的共同问题^[2],在学生“最近发展区”搭建支架,通过连贯、逻辑性强的问题引导学生思考交流,获得结论的同时学会举一反三。启发式教学是一种创设问题情境、启发学生思维,培养能力的教学方法,其特点是教师在讲读前精心设计足以启发学生思考的问题,让学生在生疑、质疑、释疑的过程中接受知识,得到能力、智力的培养训练^[3]。启发式教学是我国传统的课堂教学方式,因为教师易于实施、便于操作且适合大班制的课堂教学,所以在学科教学中应用广泛。

1.2 探究式教学

20世纪初,杜威提出了将科学探究的方法借鉴于教育教学,经过布鲁纳、施瓦布等人的研究和发 展,至今经历了100多年的时间。探究既是一种课程理念,又是一种教学方式,还是一种教学内容。探究教学通常采用观察、实验、讨论等探究方

* 本文是江苏省教育科学“十三五”规划2016年度规划课题阶段性研究成果(批准号为D/2016/02/129)。

** 通信联系人, E-mail: 729872436@qq.com。

[4] 田成良. 遵循“知识形成原过程”的教学[J]. 物理教学, 2015, (11): 50~53.

[5] 李锋. 基于课程标准的教学设计研究——以上海市初中信息科技课程为例[D]. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2010.

[6] 浙江省普通高中新课程实验工作专业指导委员会.

浙江省普通高中化学学科教学指导意见(2014版)[M]. 杭州: 浙江教育出版社, 2014.

[7] 蒋宛莉, 张照维. 初论中国古代对晶体的认识[J]. 人工晶体学报, 2008, (6): 769~775.

[8] 吴国庆等. 普通高中课程标准实验教科书·物质结构与性质(选修3)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2009.

法,运用概念、判断、推理等思维形式,对问题展开研究,以达到证实或证伪、获得结论、建构知识目的的过程^[4]。探究式教学,是一种学生主动对知识进行探索,亲身体验知识形成过程的教学方法,其特点一般是探究前确立主题,学生围绕主题通过假设、佐证、实验以及讨论等一系列活动去解决问题,培养学生的创造能力^[5]。实验探究是一种基于实验的探究活动,它将化学实验与主动探究有机结合,还原知识获取的本源,贴近化学作为一门实验科学的学科特点。

2 两种教学方式在课题中的应用

2.1 教材分析

“化学平衡的移动”是苏教版选修《化学反应原理》专题2第三单元的内容,是中学化学热力学研究的重要理论之一,也是中学化学概念、原理教学的重难点,分布于化学2“化学反应与能量转化”和选修4“化学反应速率和化学平衡”、“水溶液中的离子平衡”等主题中,对于促进学生对可逆反应的认识具有重要的教育功能。《普通高中化学课程标准(实验)》对本课题的教学要求是:探究外界条件对化学平衡的影响,理解、掌握和运用勒夏特列原理;培养学生合作意识,热爱科学、勇于探索的精神,培养学生观察现象,总结问题的能力。

化学平衡是众多平衡系列的基础,对很多知识的学习起着指导作用,因此,从浓度、压强、温度等因素推导化学平衡移动的规律(勒夏特列原理)是本节课的教学重点,也是教学的难点。尽管之前学生已经学习了外界条件对速率的影响,也知道了平衡状态的基本特征,但推导、概括、总结规律的过程依然复杂、抽象,学生的理解存在难度,再加上教材提供的教学素材不多,因此教师要根据实际情况,对教材进行科学的再加工,补充优化实验素材,选用合适的教学方式、合理的教学手段,引导和帮助学生理解和掌握勒夏特列原理。

2.2 教师甲(启发式)教学片段及案例分析

教师甲:化学平衡状态有五大特征,分别是逆、等、动、定、变。等是 $v_{正} = v_{逆} \neq 0$,变是外部条件变化, $v_{正}$ 和 $v_{逆}$ 大小改变,化学平衡发生移动,那么如何通过 $v_{正}$ 和 $v_{逆}$ 大小关系判断平衡移动的方向呢?

学生:若 $v_{正} > v_{逆}$,平衡向正反应方向移动;

若 $v_{正} = v_{逆}$,平衡不移动;若 $v_{正} < v_{逆}$,平衡向逆反应方向移动。

教师甲:影响 $v_{正}$ 和 $v_{逆}$ 的外部条件有哪些?

学生:浓度、压强、温度等。

教师甲:我们先讨论浓度对平衡的影响,已知铬酸根和重铬酸根离子间存在以下平衡: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (橙色) + $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-}$ (黄色) + 2H^+ ,提供0.1 mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液、1 mol/L NaOH溶液和1 mol/L HNO_3 溶液,如何让上述平衡发生移动呢?

学生:加酸或加碱溶液,能让平衡发生移动。

教师甲:我们通过滴管、点滴板等仪器进行实验演示(略),加碱黄色加深,加酸橙色加深,平衡移动与 $v_{正}$ 、 $v_{逆}$ 有什么关系?能得出怎样的结论?

学生:前者 $v_{正} > v_{逆}$,后者 $v_{正} < v_{逆}$ 。增大反应物的浓度或减小生成物的浓度,平衡向正反应方向移动;减小反应物的浓度或增大生成物的浓度,平衡向逆反应方向移动。

教师甲:我们再讨论压强对平衡的影响,已知 NO_2 与 N_2O_4 间存在以下平衡: 2NO_2 (红棕色) $\rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ (无色),提供针筒,如何让平衡发生移动呢?

学生:通过针筒活塞的推、拉看颜色的深浅。

教师甲:向里推针筒活塞颜色本身就会加深,向外拉针筒活塞颜色本身就会变浅,如何判断平衡移动呢?

学生:深与浅之后如果还有后续的颜色变化,这就能判断平衡朝什么方向移动。

教师甲:颜色的深浅变化不太明显,我们借助压强传感器进行实验演示(略)。

教师甲:实验图像告诉我们,压强大了之后有减小的变化,压强小了之后有增大的变化。这些能告诉我们什么结论?如果换成气体参与或生成的不同可逆反应,结论又该如何述说?

学生:加压 $v_{正} > v_{逆}$,平衡正向移动,减压 $v_{正} < v_{逆}$,平衡逆向移动。增大压强,平衡向化学计量数小的方向移动;减小压强,平衡朝着化学计量数大的方向移动。

教师甲:最后研究浓度对平衡的影响, $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ (粉红色) + $4\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CoCl}_4^{2-}$ (蓝色) + $6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H > 0$,提供热水和冰水,如何

让平衡发生移动呢?

学生:取三支试管,加入少许紫色的氯化钴溶液,分别置于冰水、热水和室温下,比较三支试管中溶液颜色的变化。

教师甲:我们通过烧杯、试管等仪器进行实验演示(略)。室温下溶液呈紫色,热水中溶液呈蓝色,冰水中溶液呈粉红色,这些现象说明平衡是如何移动的?

学生:升高温度平衡向正反应方向移动,降低温度平衡向逆反应方向移动。

教师甲:如果换成其他可逆反应,结论是不是一样?又该如何表述?

学生:肯定不一样,应该和可逆反应的吸、放热有关。升高温度,平衡向吸热方向移动,降低温度,平衡向放热反应方向移动。

教师甲采用了启发式教学的方法,具体教学思路:明确问题→启发讲授→实验证明→分析结果→获得结论。在课堂上,教师甲不断设置问题情境,引导、启发学生回答问题,通过实验演示获得现象,再由现象分析得出结论。教师甲在教学过程中提出的问题有:“外部条件改变,如何通过 $v_{正}$ 和 $v_{逆}$ 判断平衡移动的方向”、“影响 $v_{正}$ 和 $v_{逆}$ 的外部条件有哪些”、“如何通过实验手段验证浓度、压强与温度对平衡的影响”、“如何从实验现象中得出化学平衡移动的方向”、“如何用结论性的话概括平衡移动的原理”等,这些问题层层递进、环环相扣,形成完整的问题链,学生完成思考和答题的同时,知识也在潜移默化中得到生长。由于教师在学生“最近发展区”搭建支架进行提问,学生认真思考,积极讨论,课堂存在观点交锋、思维辨析和智慧碰撞,实现了学生认知过程的不断深入,提升了解决问题的能力。

2.3 教师乙(探究式)教学片段及案例分析

教师乙:测定废水中COD时通常需要用一种橙红色的固体,它的名称叫重铬酸钾,在它的水溶液中存在着可逆反应: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (橙色) $+\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-}$ (黄色) $+2\text{H}^+$ 。大家想想此时可逆反应处于一种什么状态?它有哪些特征?

学生:化学平衡状态。它有五大特征,分别是逆、等、动、定、变。

教师乙:变就是外界条件改变,原有的平衡状态会发生改变,即平衡会发生移动,请预测浓度、

压强、温度对化学平衡可能会造成怎样的移动?

学生:讨论不同条件下化学平衡移动的方向,并将小组预测的结论写在学案上。

教师乙:同学们可以通过实验加以探究,看看我们预测的结论是否正确,通过小组间的交流,能否得出浓度、压强和温度对平衡移动影响的规律。

实验探究一(浓度的影响):已知重铬酸根和铬酸根离子间存在以下平衡: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (橙色) $+\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-}$ (黄色) $+2\text{H}^+$,向点滴板两圆孔内加入2~3滴0.1 mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液,在其中1孔内滴加2~3滴NaOH溶液,对比两圆孔内溶液的颜色,将变色后的溶液分成两份,向其中一孔内滴加1 mol/L HNO_3 溶液,观察现象。根据实验现象你能得出什么结论?

教师乙要求学生实验前戴手套,四人一组合作完成实验,每个小组说出观察到的实验现象,分析出现象的原因,验证预测的结果是否正确。

实验探究二(压强的影响): NO_2 与 N_2O_4 间存在平衡 2NO_2 (红棕色) $\rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ (无色),将装有20 mL NO_2 气体的针筒在 t_1 时刻迅速压缩至10 mL处并保持不动。根据实验现象能得出什么结论?

针对部分小组实验现象不太明显的情况,教师乙将其中一个实验小组的针筒一端连接一个压强传感器,并把传感器与数据采集器相连,邀请小组同学作为观察员,将实验得出数据图像放大投影,见图1,与学生分析该图像中小尖角蕴含的信息,验证预测的结果是否正确,引导学生掌握压强对化学平衡移动的影响。

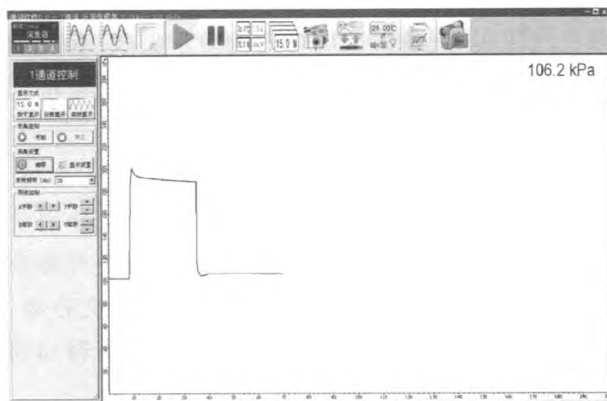


图1 压强传感器测定的数据图

实验探究三(温度的影响):已知氯化钴溶液中存在以下平衡: $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ (粉红色) + $4\text{Cl}^- (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CoCl}_4^{2-}$ (蓝色) + $6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H > 0$, 各取少量紫色氯化钴溶液于三支试管中,将三支试管分别置于冰水、热水和室温下,比较试管中溶液颜色的变化。根据实验现象你能得出什么结论?

教师乙将其中一个小组的实验装置在投影上展出,装置见图2,引导学生围绕实验现象展开讨论,完善之前预测的结论,得出温度对化学平衡移动影响的规律。

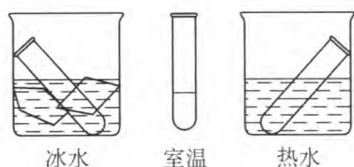


图2 温度变化影响平衡移动示意图

教师乙采用实验探究法,具体教学思路:提出问题→实验探究→得出规律→反思提高→实践应用。本节课,教师乙提出“化学平衡的移动”的课题,通过点拨引导,让学生猜想浓度、压强、温度对平衡移动的影响,鼓励学生通过实验进行探究,借助交流平台进行讨论,完善不同外部条件对化学平衡移动的影响规律,学生在学习反思中逐步理解勒夏特列原理。教学中,教师尽量创设条件,提供探究的实验素材,为了让学生真正理解增大或减小压强对平衡移动的影响,教师乙借助压强传感器和学生一同实验,获得数据,并帮助学生进行图像分析,剖析难点。其实,真正的科学探究充满着开放性和不确定性,教师乙充分考虑课堂教学实际和学生的认知水平,没有完全放开探究活动,但是他组织与监控到位,要求每个小组动手操作,观察和记录现象,获取证据,然后通过交流讨论,获得结论。精简后的活动探究,学生热情依然高涨、乐此不疲,这是本节课的一大亮点。

3 认识反思

两节课虽然教学方式不同,但课堂教学却精彩纷呈,都不失为一节好课。究其原因,两位教师的教学设计、教学策略以及师生活动都紧紧围绕各自的教学方式展开。具体分析如下:

(1) 两位教师的教学设计都很精巧。两节课

都是在复习化学平衡状态的基础上让学生建立化学平衡移动的概念。在此基础上,设法让学生明确条件的改变会影响化学平衡的移动,然后紧紧围绕浓度、压强和温度等条件,挖掘实验素材,通过启发或探究的教学方式,得到不同条件对平衡移动的影响结果,最后将勒夏特列原理应用于合成氨工艺中对条件的调控。案例中,教师甲通过一连串的问题,引领学生思考,通过实验事实,得出结论。教师乙借助交流平台,预测结论,通过实验探究,完善结论。尽管教学方式不同,但教学设计都能很好地体会教材编写者的真实意图,即突出化学与社会、生活以及工农业生产的密切联系;重视对可逆反应的平衡状态研究,逐步揭示外界条件的变化引发平衡移动的规律与原理。

(2) 两位教师的教学策略运用得当。教师甲根据启发式的教学特点,注重情境的创设,通过问题来“启”,学生通过实验来“发”,突出新旧知识间的联系,重视学生逻辑思维能力的培养。当学生遇到思维障碍时,教师再搭建支架,帮助学生“解惑”。案例中,当学生明白针筒活塞推、拉后,如果平衡不移动颜色依然会出现深、浅变化时,学生非常困惑,教师甲提醒学生要关注实验的细节,颜色深了之后会不会有变浅的趋势,颜色浅了之后会不会有变深的趋势,并且借助压强传感器得出数据,帮助学生进行分析。教师乙依据探究式教学的特点,注重探究动机的激发,引导学生通过实验来“探”,围绕结果来“究”,突出知识的学习,重视学生科学思维能力的培养。案例中,教师乙在实验前进行启发,实验中进行点拨,实验后进行反思和总结,这样的教学策略无疑是围绕着“提出问题,证据收集,规律解释,结论得出”等探究要素进行教学。

(3) 两位教师充分发挥自身教学特点,注重师生互动,提高学生的课堂参与度。教师甲善于搜集相关背景材料,创设问题情境,拓展问题空间,通过思维缜密的问题链,不断启发学生思考,并通过实验验证结果,加深学生对结论的理解和掌握。通过教师的精心设计、循循善诱,教会学生思维的同时,充分调动学生参与课堂的积极性。教师乙善于整合实验素材,引导学生进行科学猜想、实验探究,从而避免单纯的学科知识讲授。在

活动过程中,学生模仿科学家去探究,教师适时向学生提供支持和帮助,让学生在动态的探究中找到合适的起点和落脚点,学生在快乐中学习,不断收获成功,自信心和个体尊严得到很好的满足,不但课堂参与度高,而且能从实验活动中感悟科学探究的过程、方法和价值,有利于学生化学学科核心素养的养成。

针对“化学平衡的移动”这样的课题,到底选择探究式教学还是启发式教学?两种教学法哪个更优?笔者觉得仁者见仁、智者见智,孰优孰劣不能妄下定论,但两节课的成功,让我们看到,在选择教学方式时,应充分考虑教学目标、教学内容、学生学习需求以及教师教学特点等因素,本着“适应性、可行性、有效性”的原则来选择^[5]。要做好这些,教师应力争做到:

(1) 认真做好上课前的准备工作。教师要深入学习课程标准和教材,熟悉教学目标和教学内容,梳理知识结构,搜集相关信息,挖掘有价值的化学素材等,为选择合适的教学方式提供参考;教师要听取其他教师的建议,集思广益,选择适合自己的教学风格,发挥自己教学特长的教学方法;教师要能够走近学生,听听学生的需求和想法,根据学生的现状,选择课堂活动和学习模式。教师一旦确定教学方式,所有的教学活动都要围绕这个中心展开,要做好问题或情境构思,为学生提供生活化的问题情境,呈现富含“证据素材”的知识内容,让学生真正参与课堂,在“启”和“发”、“探”和“究”中体验化学的独特魅力。

(2) 精心组织化学实验教学。化学实验在课堂教学中占据非常重要的地位,是学生获取知识、发展能力的方法和途径。一个精心设计的化学实验包括了丰富的化学知识、熟练的化学基本操作以及模拟科学家进行科学发现的探索过程,有着巨大的教育价值。无论选择哪种教学方式,教师都要用心准备、精心组织,服务课堂教学。例如,在参赛现场,有的教师通过黑枸杞水加酸会出现颜色的变化,来说明浓度对化学平衡的影响;有的教师引入压强传感器,来说明压强对化学平衡的影响;有的教师将冰水、温水和热水同时作用紫色的氯化钴溶液,通过实验对比的手段,来说明温度对化学平衡的影响。这些实验的引入,不仅为课堂教学带来生机与活力,而且提供给学生

观察、想象与思维的空间,大大增强课堂教学效果。

(3) 课堂要以“生”为本,教学活动要紧紧围绕学生开展。党的十八大报告提出,把“立德树人”作为教育的根本任务,而培养学生的“核心素养”,是落实“立德树人”目标的重要内容和抓手,也是深化课程改革的必然之路。启发式教学与探究式教学都能很好地围绕学生的学习开展活动,在培养学生化学学科核心素养方面有着共同点和各自的侧重点。

启发式与探究式都是以问题作为引发,通过指导、引导与帮助以及鼓励、激励和认可,调动学生学习的积极性,提高学生行为、认知与情感参与,有利于知识与技能、过程与方法的形成。但由于教学目标不同,启发式教学很难发展情感态度与价值观中的批判和合作精神,而探究式教学能较好地达成三维目标。

两种教学方式围绕实验开展教学,都强调学生的积极参与,通过现象的观察,获得结论或证明结论。因此两种教学法都能丰富学生的体验,易于培养学生的民主意识、合作意识与参与意识。但由于实验的目的不同,启发式教学要求学生观察实验获得现象,通过分析得出结论,学生很难发现有探究价值的化学问题和提出改进实验探究方案的设想,而探究式教学则是提出预测,设计改进实验,用以验证或完善结论,容易培养学生的探究意识与创新精神。

两种教学方式都强调学生主动建构知识体系,反对教师“灌输式”教学,反对学生依靠死记硬背获取知识,有利于引发学生思维,使他们真正理解知识,达到迁移和应用知识的目的。由于探究需要学生搜集已有知识,对物质的性质及其变化提出可能的假设,通过实验结论进行分析推理,因此探究式教学更能体现对学生进行科学精神、变化观念、证据推理等诸多化学学科核心素养的培养。

随着《中国学生发展核心素养》总体框架正式发布,核心素养跃升为我国基础教育界的新热点,基于学科核心素养的课堂教学研究,将成为教师关注的焦点。通过对两节课的比较、评析,我们了解了探究式和启发式两种教学方式的概念、特点,以及在“化学平衡的移动”一课中的应用。对

基于学科核心素养的初中化学教学设计*

——以“质量守恒定律”为例

胡巢生

(宿迁市钟吾国际学校, 江苏宿迁 223800)

摘要: 尝试基于高中化学“核心素养”视角,对比、分析并整合3个版本教科书的内容,设计了“质量守恒定律”教学活动,从解读质量守恒定律发现史、创新实验设计、评价实验体系,分析实验结果、三重表征与定性定量相结合等方面培育并落实学生发展核心素养的目标。

关键词: 核心素养; 初中化学; 质量守恒定律; 实验探究; 教学设计

文章编号: 1005-6629(2018)2-0045-05

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

1 问题的提出

高中化学核心素养包括宏观辨识与微观探析、变化观念与平衡思想、证据推理与模型认知、科学探究与创新意识、科学精神与社会责任。是学生在接受相应学段的教育过程中,逐步形成的适应个人终生发展和社会发展需要的必备品格和关键能力^[1]。这些核心素养,既适合高中化学,又涵盖初中化学。质量守恒定律基于元素守恒,原子种类、数目不变,能定量计算参加反应的各物质间的质量比,在生产实践中,能有意识地控制投料、产出;是化学反应中质量关系问题解决的理论依据,也是培养学生化学学科核心素养的重要载体。

针对质量守恒定律主题,已有一些相关研究,如钱海如、赵华归纳了初中阶段5个层次的“进阶模型”,提出教学中注意的4个问题^[2]。郭建虹将

对比教学法运用于史料知识、实验探究、数据分析中,构建物质变化观^[3]。还有老师从不同的角度进行了不同的教学设计,不过,较少从发展学生化学学科核心素养的角度进行思考。

笔者对比、分析3个版本教科书^{[4][5][6]}中“质量守恒定律”的内容设计,尝试基于高中化学“核心素养”视角,借助化学史料、科技发展、实验设计等情境和真实问题的解决,通过小组讨论、合作探究,实现学生对宏微结合、定性定量结合、以实验为基础等化学学科思想的理解和知识的意义建构,设计出以“问题链、环节、探究”为抓手,化学史资源为支撑的教学设计,以充分挖掘质量守恒定律内容中包含的基本观念和方法,着力探索学生在初中化学课程学习中形成的关键能力和必备品格(图1)。

* 江苏省教育科学“十二五”规划立项课题“三个版本初中化学新教材的比较与应用研究”(D/2015/02/222)阶段性成果;江苏省教研室第11期立项课题“比较视阈下的鲁教版初中化学教材的二次开发与应用研究”(2015JK11-L220)阶段性成果。

于如何更好地驾驭两种教学方式,如何将两种教学方式有效结合,提升化学教学的胜任力以及如何集两者之长,多种教法并行,创造出适合我国国情,更好地培养学生学科核心素养的教学模式等问题,都是广大教育工作者共同关注的课题,我们有责任、有义务去探索,去研究,去实践。

参考文献:

[1] 许应华. 启发式教学与探究式教学辨析[J]. 化学教

育, 2016, (5): 13~17.

[2] 张霄. 我国科学教育为何缺少“人情味”[J]. 化学教学, 2016, (10): 7~11.

[3] 赵湖, 郭振旺. 谈启发式教学[J]. 语文学刊, 1997, (6): 47~49.

[4] 潘洪建. 知识形式: 基本蕴涵、教育价值与教学策略[J]. 课程·教材·教法, 2014, (11): 40~45.

[5] 裴新宁. 化学课程与教学论[M]. 杭州: 浙江教育出版社, 2003: 186.