

化学学科核心素养为本的高三化学深度复习^{*}

——以沉淀滴定为例

陈新华^{1,2**}

(1. 漳州市教育科学研究院 福建漳州 363000; 2. 福建教育学院化学教育研究所 福建福州 350025)

摘要 以沉淀滴定为例阐述在高三教学中进行化学学科核心素养为本的高三化学深度复习。分析了教学背景和复习目标,详细呈现了教学过程,并对教学效果进行了检测和反思。素养为本的高三化学深度复习关键是:创设真实情境,激发学习欲望;解决真实的问题,发展高阶思维;教、学、评一体化,促进素养提升。

关键词 素养为本 高三化学 深度复习 高阶思维 教学评一体化

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2019040034

1 背景分析

在高三化学课堂中进行化学学科核心素养为本的深度复习,可以实现知识与能力的整合提升,发展学生的核心素养^[1]。所谓素养为本的深度复习是指围绕核心素养复习目标,选择化学核心知识、概念等,设置复习专题或者探究学习主题,通过创设

真实的情境^[2],将化学知识融入其中,提出挑战性问题,引导学生全身心参与投入,融入即时性评价,在问题解决的过程中进一步深入理解化学知识;通过微观分析、实验操作、模型构建、曲线表征等,增加认识的角度,提升综合思维能力,在复习中取得知识升华和素养发展的双重效果,教学流程见图1。

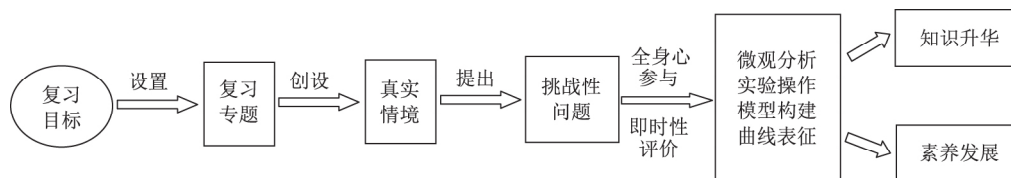


Fig 1 Literacy-based in-depth review process for senior three chemistry

图1 素养为本的高三化学深度复习流程

经过前期的学习和复习,学生基本掌握了酸碱中和滴定的相关知识,也建立起沉淀溶解平衡的概念等基础知识。高考中常以滴定原理考查氧化还原滴定、沉淀滴定等。历次的考试证明,学生在这方面的考查中得分率相当低,说明学生对这些知识并未深刻理解,更谈不上迁移运用。通过分析考试暴露的问题以及对学生的访谈发现,沉淀溶解平衡的相关知识,学生感到最难的是有关溶度积的计算以及溶解平衡的图像等。因此,在复习过程中创设真实情境,让学生应用已有知识解决实际问题,加强探究、穿插实验、构建模型、曲线表征等帮助学生理解提升。以沉淀滴定中的银量法为素材进行素养为本的深度复习,关注学生的知识基础和和能力基础,复习滴定原理和沉淀溶解平衡的知识,让学生了解不同滴定方法,培养对中和滴定知识灵活迁移

应用的能力,建构滴定实验思维模型,在学生进一步感受化学学习价值的基础上,帮助学生深入理解知识,形成思维,实现知识、能力、素养的全面提升。

2 复习目标

(1) 通过沉淀滴定指示剂的选择,复习滴定分析法指示剂选择的原理、分步沉淀以及根据溶度积的计算等知识,提升学生微观探析、证据推理等素养。

(2) 通过沉淀滴定实验的演示,复习滴定实验操作,培养知识的迁移应用能力,提升学生的实验能力、科学态度和创新意识。

(3) 总结梳理滴定分析法的原理、关键操作等知识,构建滴定实验思维模型,培养归纳总结对比分析能力,提升模型认知素养。

(4) 通过对沉淀滴定曲线的分析,复习滴定终点、滴定曲线等概念以及根据溶度积的计算等知

^{*} 全国教育科学规划教育部重点课题“指向核心素养的高中化学课堂‘教—学—评一致性’研究”(课题批准号:DHA180418)

^{**} 通信联系人, E-mail: 15960659688@163.com

识,培养学生的曲线分析能力以及定量思维能力。

3 教学过程

【环节1】选择沉淀滴定指示剂,提升探究推理的思维能力

【问】酱油是一种常用的调味品,如何测定酱油中NaCl的含量?国标的检测方法是用硝酸银标准溶液进行滴定。这节课我们以AgNO₃标准溶液滴定NaCl溶液为例来研究沉淀滴定法。大家思考AgNO₃溶液滴定NaCl溶液关键要解决什么问题呢?

【生】实验原理是等量的Ag⁺和Cl⁻结合生成AgCl沉淀。

【生】要选择合适的指示剂。

表1 部分含银化合物的颜色及溶度积数值^[3]

Table 1 Colour and solubility product of some Silver-containing compounds

难溶物(颜色)	AgCl(白)	AgBr(淡黄)	AgI(黄)	Ag ₂ S(黑)	Ag ₂ CrO ₄ (砖红)
溶度积数值	1.8×10^{-10}	5.0×10^{-13}	9.3×10^{-17}	2.0×10^{-49}	2.0×10^{-12}

【生】沉淀颜色不是白色的应该都可以吧?

【生】溶度积越小,越容易生成沉淀,因此溶度积比氯化银小的应该都不行吧?

【生】同种类型的沉淀,才能直接用溶度积数据比较。

【评价】根据沉淀的颜色,KBr, KI与AgNO₃溶液反应生成的AgBr, AgI沉淀颜色较浅,与AgCl沉淀颜色差别不大,因此KBr, KI不适合作为本滴定的指示剂。根据分步沉淀的原理,同种类型的沉淀,溶度积小的先沉淀。从这个角度分析,AgBr, AgI比AgCl先沉淀,因此KBr, KI不适合作为本滴定的指示剂。

【问】Ag₂S, Ag₂CrO₄与AgCl是不同类型的沉淀,怎么判断哪种物质先沉淀?先探究能否用K₂S作为指示剂。如何确定Ag₂S, AgCl哪种物质先沉淀?

【生】可利用溶度积分别计算出Cl⁻, S²⁻开始沉淀时所需Ag⁺的浓度。

【投影】请以0.100 0 mol·L⁻¹ AgNO₃滴定25.00 mL 0.100 0 mol·L⁻¹ NaCl溶液为例,通过计算说明Ag₂S, AgCl哪种物质先沉淀。假设往25.00 mL 0.100 0 mol·L⁻¹ NaCl溶液中滴入2滴0.100 0 mol·L⁻¹ K₂S作为指示剂(忽略溶液体积变化,1滴溶液约为0.05 mL)。

【生】思考、计算。

【评价】溶液中 $c(S^{2-}) = \frac{0.10 \text{ mL} \times 0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{25.00 \text{ mL}}$
 $= 4.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

【讲】和酸碱中和滴定类似的,沉淀滴定法需要选择合适的指示剂指示终点的到达。沉淀滴定是利用过量的滴定剂与指示剂反应形成另一种不同颜色的沉淀来指示滴定终点的到达。即过量的1滴AgNO₃溶液与指示剂反应形成与AgCl颜色不同的沉淀,帮助判断滴定终点。根据这个原理,利用提供的信息,请讨论KBr, KI, K₂S, K₂CrO₄这4种物质,哪种能作为本滴定终点的指示剂。

【信息提示】(1) Ag₂CrO₄为砖红色沉淀,可由K₂CrO₄和AgNO₃溶液反应制得。

(2) 部分含银化合物的颜色及溶度积数据,见表1。

若生成Ag₂S沉淀,所需银离子浓度为:

$$c(\text{Ag}^+) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{S})}{c(\text{S}^{2-})}} = \sqrt{\frac{2.0 \times 10^{-49}}{4.0 \times 10^{-4}}} \\ = 2.2 \times 10^{-23} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

若生成AgCl沉淀,所需银离子浓度为:

$$c(\text{Ag}^+) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{c(\text{Cl}^-)} = \frac{1.8 \times 10^{-10}}{0.100 0} = \\ 1.8 \times 10^{-9} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

$$1.8 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} > 2.2 \times 10^{-23} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

【结论】形成Ag₂S沉淀所需银离子的浓度小得多,先析出Ag₂S沉淀,K₂S不适合作为指示剂。

【投影】根据上面的计算方法,你能通过计算判断能否用K₂CrO₄作为指示剂吗?往25.00 mL 0.100 0 mol·L⁻¹ NaCl溶液中滴入2滴0.100 0 mol·L⁻¹ K₂CrO₄作为指示剂(忽略溶液体积变化,1滴溶液约为0.05 mL)。

$$\text{【生】 } c(\text{CrO}_4^{2-}) = \frac{0.10 \text{ mL} \times 0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{25.00 \text{ mL}} = \\ 4.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

若生成Ag₂CrO₄沉淀,所需银离子浓度为:

$$c(\text{Ag}^+) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{c(\text{CrO}_4^{2-})}} = \\ \sqrt{\frac{2.0 \times 10^{-12}}{4.0 \times 10^{-4}}} \approx 7.1 \times 10^{-5} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

若生成AgCl沉淀,所需银离子浓度为:

$$c(\text{Ag}^+) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{c(\text{Cl}^-)} = \frac{1.8 \times 10^{-10}}{0.100 0} =$$

$$1.8 \times 10^{-9} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

$$7.1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} > 1.8 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

【结论】先析出 AgCl 沉淀。

【追问】当有 Ag_2CrO_4 沉淀生成时，氯离子的浓度是多少呢？

$$\text{【生】 } c(\text{Cl}^-) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{c(\text{Ag}^+)} = \frac{1.8 \times 10^{-10}}{7.1 \times 10^{-5}} \approx$$

$$2.5 \times 10^{-6} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

【评价】即终点时 Cl^- 浓度已很小（一般，离子浓度小于等于 $1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 就认为沉淀完全了），所以 K_2CrO_4 可作为指示剂。首先发生 $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ （白色）的滴定反应。当 Cl^- 沉淀完毕，发生 $2\text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-} = \text{Ag}_2\text{CrO}_4 \downarrow$ （砖红色）的指示剂反应，指示终点到达。这种方法可用于测定溶液中 Cl^- 的含量，此法方便、准确，应用很广。

【环节 2】演示沉淀滴定实验，培养学生实验能力

【问】接下来我们进行 AgNO_3 溶液滴定 NaCl 溶液的实验。需要用到哪些仪器呢？

【生】滴定管、锥形瓶……

【问】根据大家知道的硝酸银的性质，应该选择什么样的滴定管？

【生】应该选择酸式滴定管。

【生】硝酸银见光易分解，其溶液装在棕色试剂瓶中，有没有棕色酸式滴定管？

【评价】考虑很周到，有棕色滴定管。见光易分解的溶液，如硝酸银、高锰酸钾等溶液，应选用棕色滴定管。

【讲解】将 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硝酸银标准溶液装在棕色酸式滴定管中。为了防止沉淀吸附指示剂，在滴定过程中用磁力搅拌器进行搅拌。

【展示】棕色酸式滴定管、磁力搅拌器等相关实验仪器并简要介绍使用方法。

【演示】用滴定管量取 25.00 mL 待测 NaCl 溶液于 250 mL 烧杯中，滴入 2 滴 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ K_2CrO_4 作为指示剂。放入搅拌磁子并将烧杯置于磁力搅拌器上，烧杯下垫一张白纸，方便观察沉淀颜色的变化。实验装置如图 2 所示。控制实验前装有硝酸银标准溶液滴定管的读数为 0.00 mL 。打开磁力搅拌器，开始进行滴定实验。

【提醒】请注意观察实验过程中的操作，思考实验操作的注意事项并分析原因。

【生】观察实验。滴定一开始就生成白色的氯

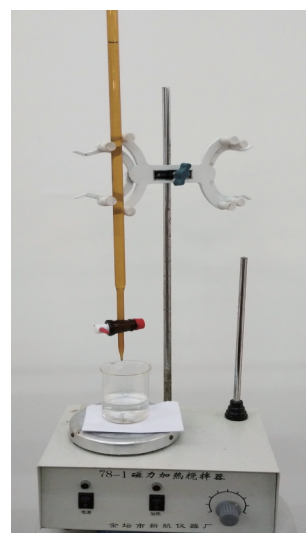


Fig 2 Experimental device for precipitation titration

图 2 沉淀滴定的实验装置

化银沉淀。经过一段时间的滴定，即将到达终点，可以看到有不同颜色沉淀生成，但很快消失。当最后一滴硝酸银滴入时，可以看到有砖红色沉淀生成，此时已达到滴定终点。

【问】此时装有硝酸银标准溶液滴定管的体积读数为 25.60 mL ，能否据此计算出溶液中 Cl^- 的浓度？

【生】根据 $c(\text{NaCl}) \cdot V(\text{NaCl}) = c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)$ 可算出待测氯化钠的浓度为 $0.1024 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

【生】应该进行平行实验，重复操作 2~3 次，取体积的平均值进行计算。

【布置任务】课后，请有兴趣的学生按照学到的沉淀滴定实验原理及操作测定酱油中氯化钠的含量。

【环节 3】梳理总结，构建滴定实验思维模型

【讲】在工农业生产、科研、检测、化验等领域常用滴定分析的方法测定溶液中离子的浓度。进行定量实验，我们应考虑实验原理、测定数据、仪器选择、实验操作、误差分析等等。根据这些核心内容，我们对滴定实验做个梳理。

【投影】酸碱中和滴定是中学阶段一个重要的定量实验。利用滴定原理也可进行氧化还原滴定、沉淀滴定等。请思考滴定实验应该考虑哪些关键问题呢？可从下列角度分组讨论并汇报结果。

- (1) 滴定实验的原理是什么？
- (2) 指示剂选择的原理是什么？
- (3) 滴定管的选择原则是什么？
- (4) 滴定操作有哪些注意事项？
- (5) 读数及计算的

有效数字是怎样的？(6) 哪些错误操作会造成误差？如何分析？分析要点是什么？

【生】滴定实验的原理是利用 2 种反应物反应的量的关系。

【生】根据 $c(\text{标准液}) \cdot V(\text{标准液}) = c(\text{待测液}) \cdot V(\text{待测液})$ ，已知标准液浓度和体积以及待测液体积，从而求出待测液的浓度。

【评价】无论什么类型的滴定反应，都是根据化学反应方程式的计量数之比，求算待测物的浓度。无论什么类型的化学反应，一般说来，只要能找到指示滴定终点的合适的指示剂，该反应就可用于滴定分析。

【生】中和滴定实验中用指示剂的变色或测量溶液 pH 的方法判断滴定终点。

【生】沉淀滴定指示剂选择的原理是利用过量的滴定剂与指示剂反应形成另一种不同颜色的沉淀而指示终点的到达。

【评价】不同的滴定，指示剂选择的原则不同，但如果根据颜色变化判断终点，颜色变化要明显。指示剂的用量一般为 2~3 滴。

【生】碱性标准溶液应该选择碱式滴定管，其余的可以选择酸式滴定管。

【生】聚四氟乙烯滴定管，既可以作为酸式滴定管又可以作为碱式滴定管。

【生】见光易分解的溶液，应选用棕色滴定管。

【评价】滴定管的选择要根据溶液的性质，此外还要考虑滴定管的规格。根据消耗溶液体积，尽量选择小规格的滴定管，这样误差较小。

【生】滴定时，眼睛要观察滴落点周围颜色的变化。

【生】刚开始时，滴定速度可稍快，接近终点时，要很慢。

【评价】学生们基本掌握了滴定操作的要领。滴定时，左手控制滴定管；右手振荡锥形瓶，或者用玻璃棒、磁力搅拌器搅拌；眼睛始终注视锥形瓶中溶液颜色的变化。速度先快后慢，接近终点时，应一滴一滴甚至是半滴半滴加入。

【生】滴定管要读至小数点后第 2 位，即要求估读到 0.01 mL。

【生】代入计算浓度时要保留 4 位有效数字。

【生】滴定管没有润洗导致标准液浓度偏小。

【生】读数时仰视（或俯视）滴定管刻度也会引起误差。

【生】仪器、操作等都会引起误差。

.....

【评价】滴定分析中能引起误差的因素较多，如滴定管使用不当或读数不正确、操作不正确或不规范等，有的导致结果偏高，有的导致结果偏低。要具体分析误差产生的原因，并根据 $c(\text{标准液}) \cdot V(\text{标准液}) = c(\text{待测液}) \cdot V(\text{待测液})$ ，找出公式中存在问题的量，比较其与真实值的大小，然后由公式判断待测结果偏高还是偏低。如滴定管没有润洗，导致标准液浓度变小，从而使实际所用标准液体积偏大，算出的待测液浓度就偏大。

【小结】滴定实验必须先明确实验原理，根据原理选择合适的指示剂。接下来分析需要测定的数据，主要是标准液和待测液的体积。实验操作有前、中、后 3 个阶段。实验前根据实际需要选择滴定管，注意滴定管使用的注意事项，如查漏、润洗、读数等，进行加液；实验过程中注意手的操作和眼睛观察的点；实验后能进行数据处理和误差分析。实验过程不管仪器、操作、计算都要严谨规范。滴定实验的思维模型见图 3。所有的滴定实验都可以从这几个角度去认识、分析。

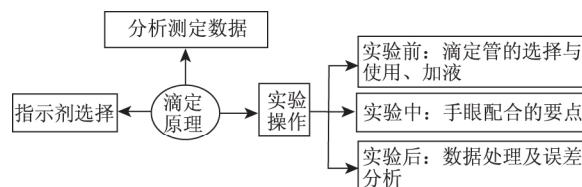


Fig 3 Thought model of titration experiments

图 3 滴定实验的思维模型

【环节 4】绘制沉淀滴定曲线，发展定量思维能力

【问】回顾酸碱中和滴定曲线，预测沉淀滴定曲线的形状大致是什么样子的？

【生】沉淀滴定曲线以 AgNO_3 溶液的体积为横坐标，以 $c(\text{Cl}^-)$ 为纵坐标。

【生】滴定过程随着 AgNO_3 溶液的滴入， Cl^- 的浓度越来越小，当溶液恰好完全反应前后，可能有个突跃。

【讲】为了数值简单方便，以 $-\lg c(\text{Cl}^-)$ 为纵坐标。当 Ag^+ 少 1 滴和过量 1 滴时（1 滴溶液约为 0.05 mL），是否存在突跃点？可以利用溶度积的计算加以说明。以 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液滴定 $25.00 \text{ mL } 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCl}$ 溶液为例，计算出当 Ag^+ 与 Cl^- 恰好完全反应时、 Ag^+ 少 1 滴和过量 1 滴时， $-\lg c(\text{Cl}^-)$ 的数值。

【师生】当 Ag^+ 与 Cl^- 恰好完全反应时:

$$c(\text{Cl}^-) = \sqrt{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})} = \sqrt{1.8 \times 10^{-10}} = 1.34 \times 10^{-5} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}), -\lg c(\text{Cl}^-) \approx 4.9$$

当 Ag^+ 少滴 1 滴时, Cl^- 有剩余。

$$c(\text{Cl}^-) = \frac{0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ mL}}{(25.00 + 24.95) \text{ mL}} \approx 1.0 \times 10^{-4} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}), -\lg c(\text{Cl}^-) = 4.0$$

当 Ag^+ 多滴 1 滴时,

$$c(\text{Ag}^+) = \frac{0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ mL}}{(25.00 + 25.05) \text{ mL}} \approx 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c(\text{Cl}^-) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{c(\text{Ag}^+)} = \frac{1.8 \times 10^{-10}}{1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 1.8 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, -\lg c(\text{Cl}^-) = 5.7$$

【问】根据计算结果, 联系滴定过程中离子浓度的变化, 能否大致画出该滴定过程的曲线?

【生】思考并画滴定过程的曲线。

【评价】滴定过程中随着 AgNO_3 溶液的滴入, Cl^- 的浓度越来越小。但由于曲线以 $-\lg c(\text{Cl}^-)$ 为纵坐标, 所以滴定过程随着 AgNO_3 溶液体积的增大, 从左到右, 纵坐标的数值反而越来越大。当 AgNO_3 溶液体积为 25.00 mL 的时候, 达到了滴定终点, 此时 $-\lg c(\text{Cl}^-) = 4.9$; 当 Ag^+ 少滴 1 滴时, Cl^- 有剩余, $-\lg c(\text{Cl}^-) = 4.0$; 当 Ag^+ 多滴 1 滴时, $-\lg c(\text{Cl}^-) = 5.7$ 。横坐标为 25.00 mL 的时候, 有个突跃, 其他时候, 曲线上升较为平缓。本实验的沉淀滴定曲线大致如图 4 所示:

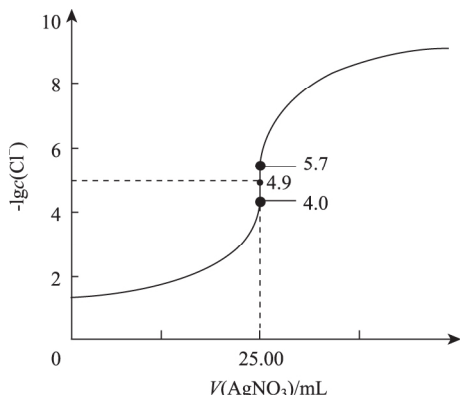


Fig. 4 The curve of titration of 25.00 mL 0.1000 mol · L⁻¹ NaCl solution with 0.1000 mol · L⁻¹ AgNO₃ solution

图 4 用 0.1000 mol · L⁻¹ AgNO₃ 溶液滴定 25.00 mL 0.1000 mol · L⁻¹ NaCl 溶液的曲线

4 教学效果与反思

4.1 对复习效果的检测

在笔者所在市的一所一级达标校选取 2 个班

(实验班和对比班) 进行实验。实验班压缩知识梳理并减少习题的讲解以节省时间进行本课例的尝试。对比班采用传统方法进行复习, 主要靠课本知识梳理和习题训练讲解。实验班、对比班级平时的上课状态、平均成绩差不多。在本课例的实施过程中, 明显感觉到实验班学生的参与度更高, 注意力更集中。即使是面对复杂的计算, 学生也能耐心投入, 进行分析推理, 得出结论。为进一步检验复习效果, 笔者利用 4 道高考试题进行检测, 分别是: (1) (2016 · 全国卷 I) 第 27 (3) 题; (2) (2017 · 全国卷 I) 第 27 (5) 题; (3) (2018 · 全国卷 III) 第 12 题; (4) (2017 · 全国卷 III) 第 13 题。实验班全班总共 50 人, 对比班有 49 人。测试结果见表 2。

表 2 实验班与对比班完成高考测试题的情况

Table 2 The completion of college entrance examination questions in the experimental class and the contrastive class

题号		(1)		(2)	(3)	(4)
		第 1 空	第 2 空			
答对人数	实验班	44	42	37	40	33
	对比班	42	36	31	29	28

分析表 2 中数据可得, 第 (1) 题、第 (3) 题均以银量法的沉淀滴定为背景, 实验班学生答得好, 说明课堂的学习效果不错。第 (1) 题的第 1 空只涉及沉淀溶解平衡的简单计算, 所以实验班与对比班的答题情况差别不大。但第 (2) 题、第 (4) 题均为陌生情境, 实验班略有优势。说明进行素养为本的深度复习, 陌生情境下分析解决问题的能力有提升, 学生在计算能力、曲线分析能力方面略有提高。

4.2 教学反思

4.2.1 创设真实情境, 激发学习欲望

本节课利用沉淀滴定的情境, 基于学生的已有知识, 衍生出有挑战性的问题进行探究, 摆脱了传统复习课低水平重复、按原来学习轨迹炒冷饭的困境。实验是化学思维的重要基础, 演示实验有利于学生深入理解知识。学生主动性增强, 在解决问题中实现对滴定、沉淀溶解平衡等基础知识的复习, 既有多块知识内容的巩固落实, 又有认识角度的拓展, 让学生体验学无止境的乐趣。

4.2.2 解决真实的问题, 发展高阶思维

提升高阶思维品质是学习活动的最终目的。是否发展了高阶思维是深度学习与浅层学习的分水岭。在沉淀滴定指示剂的选择过程中, 通过多个问

题,逐层追问,引发学生深层思考,并进行探究推理。教材上介绍了分步沉淀,但并未对原理进行详细解释,导致学生只能死记硬背,面对考试的新情境,往往不知所措。通过计算,学生真正理解了分步沉淀的原理,弥补了教材的不足,感受到计算是解决化学问题的工具之一。在曲线表征过程中,学生深入思考,由表及里层层推进,深入理解滴定过程的变化,深度复习了滴定反应原理,突破溶度积计算的教学难点,培养了定量思维和对数据的处理分析能力。在各环节中设置有思维深度的问题,让学生的思路显性化,促进学生高阶思维能力的发展。

4.2.3 教、学、评一体化,促进素养提升

在复习过程中,教师不是自导自演、满堂灌,而是布置任务,不断提问和点评,学生不断思考回应。即时性评价嵌入“教”与“学”的过程中,即教即评,即学即评,实现教、学、评一体化,提升

复习效果。如何确定 Ag_2S , AgCl 哪种物质先沉淀?预测沉淀滴定曲线的形状大致是什么样子的?请计算出当 Ag^+ 与 Cl^- 恰好完全反应时、 Ag^+ 少 1 滴和过量 1 滴时 $-\lg c(\text{Cl}^-)$ 的数值等问题和任务是相当有挑战性的,学生的思考回答完成任务的过程并非一帆风顺,需要教师不断根据学生反馈的信息后发引导示范,发挥即时性评价交流诊断、反馈矫正的功能^[4]。注重教、学、评一体化,促进了学生能力的发展。

参 考 文 献

- [1] 陈新华. 化学教育(中英文), 2019, 40 (1): 17-22
- [2] 吴海萍. 化学教育(中英文), 2018, 39 (19): 23-27
- [3] 曹锡章, 宋天佑, 王杏桥. 无机化学. 北京: 高等教育出版社, 1994: 493
- [4] 孙佳林, 郑长龙, 张诗. 化学教育(中英文), 2019, 40 (3): 1-5

Chemical Core Literacy-Based In-depth Review of Chemistry in Senior Three: Example of Precipitation Titration

CHEN Xin-Hua^{1,2**}

(1. Zhangzhou General Education Teaching and Research Office, Zhangzhou 363000, China;

2. Chemistry Education Institute, Fujian Education College, Fuzhou 350025, China)

Abstract Taking precipitation titration as an example, this paper expounds the quality-based in-depth review of chemistry in senior three in senior high school. The teaching background and review objectives are analyzed, the teaching process is presented in detail, it also tests and reflects on the teaching effect. The key to quality-based in-depth review of chemistry in senior three: creating real situations and stimulating learning desire; solving real problems and developing higher-order thinking; integration of teaching, learning and evaluation to promote literacy improvement.

Keywords literacy oriented; senior three chemistry; deep revision; higher order thinking; integration of teaching, learning and evaluation