

中和反应与“可计量”计算融合的中考命题策略*

毛 明

(苏州市教育科学研究院, 江苏苏州 215004)

摘要:以2012~2014年苏州市中考化学卷“中和反应”试题为案例,从化学计量角度阐述了以化学实验有效数据与计算的有机融合,考查初中学生“可计量的单一化学反应的简单计算”的核心能力等的命题策略。从初中化学计算教学层面贯彻落实课程标准出发,让学生从不可计量的、凭空臆想的、情景虚假的、脱离科研实验和生产实际的无谓的“题海”中解放出来,以期达到“减负”目的。

关键词:中和反应;“可计量”计算;化学计量学;中考化学;命题策略

文章编号:1005-6629(2015)2-0077-04

中图分类号:G633.8

文献标识码:B

1 问题的提出

2011年9月我国义务教育化学课程标准(以下简称“新版课标”)颁布并开始实施。自2012年9月起,在认真贯彻新版课程标准里的8个“基础学生实验^[1]”过程中,为切实减轻初中学生在化学计算上的课业负担,苏州市初中化学教学研究的主题定为“可计量”化学计算,即开展化学实验与化学计算在“可计量”基础上有机融合的教学实践研究^[2]。

“计量”从词源意义上被解释为:“①把一个暂时未知的量与一个已知的量做比较,如用尺量布,用体温计量体温;②计算。^[3]”显然“计量”离不开相应的量测工具;“计量”与计算又密不可分。

“计量”还要科学选择计量单位和科学控制影响计量的各种外界因素^[4]。

再从化学计量学的角度来看“计量”与化学的关系。“化学计量学是化学中所有数学计算的基础”。而化学计量学与初中阶段化学有密切关系的应用通常包含下列内容:(1)化合物组成的计算;

(2)化学反应的计量关系的计算;(3)溶液中各组分的浓度和数量的计算^[5]。又“化学计量学运用数学、统计学、计算机科学以及其他相关学科的理论和方法,优化化学量测过程,并从化学量测数据中最大限度地获取有用的化学信息,是一门化学量测的基础理论与方法学”^[6]。它现已被欧盟分析化学专业委员会列为分析化学的四大支柱学科之一^[7]。

从初中化学教学角度,何谓“可计量”?笔者以为从“可计量实验”的仪器角度,有托盘天平(精度0.1g或0.2g不等)、电子天平(精度0.1g或0.01g或0.001g不等),各种规格和精度不同的量筒、滴管、温度计、广泛pH试纸、数字化传感仪等。科学家通过大量精密的量测实验得出的可查阅的数据,如相对原子质量、溶解度等。再从“可计量计算”的角度,就是教师按照初中化学现有的实验器材以及教材提供的可查阅的数据,设计情景真实的量测实验,并合理有效地引导学生进行有关元素质量分数、混合物中某一纯净物纯度、溶液中某

* 江苏省教育科学“十二五”规划2013年度课题(D/2013/02/458)研究成果。

中,注重培养学生有意识地利用其他学科的知识和方法来解决化学问题,本身就是一种创新,这有助于学生创新思维的培养。

参考文献:

[1] 李文福. 解化学问题常用的数学思想 [J]. 高中数理化,

2012, (7): 56~58.

[2] 宋心琦主编. 普通高中课程标准实验教科书·物质结构与性质 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2009: 60~80.

[3] 麻莉莉. 数列知识在求有机物通式中的应用 [J]. 数理化学习(高中版), 2007, (23): 59~61.

溶质质量分数和单一化学反应的简单计算。或者说,初中阶段化学计算题中提供的数据必须真实可信、有据可查,具有“可计量”性和可操作性。

中和反应是复分解反应的典型,又是离子反应中可靠的、真实的“可恰好完全反应”的典型,且是高中化学中和滴定实验及其定量计算的基础^[8],是大学分析化学中使用计算机编程技术实现中和反应滴定曲线复现的经典案例。怎样在义务教育阶段夯实中和反应及其计算的基础是初、高中化学教学衔接的重要课题之一。苏州市中考化学命题组近三年连续围绕“中和反应”这一核心知识,考查了学生对于“可计量的单一化学反应的简单计算”的核心能力。

以下笔者以近三年苏州市中考化学中和反应的化学方程式计算为案例,阐述“可计量”化学计算的命题策略。

2 由指示剂的变色到溶质质量计算

2.1 2012年题例

试题以指示剂的概念和作用为背景,从洗气装置吸收和半定量分析的角度考查物质检验和检测的关系,再根据指示剂在中和反应中用于判断“滴定终点”的依据,引出根据化学方程式计算反应物的质量,进而考查反应后生成物作为溶质的量以及配制饱和溶液的实验操作与对应的计算。

第36题(7分) 为判断某物质的存在或某物质恰好完全反应,通常以特定物质的显色达到目的,能显色的物质就称“指示剂”。如:用蓝色的石蕊试纸变红判断待测液显酸性;用淀粉溶液变蓝判断单质碘(I_2)的存在。

已知: $SO_2+I_2+2H_2O=H_2SO_4+2HI$ (无色溶液);常温下,碘微溶于水; $5SO_2+2H_2O+2KMnO_4=K_2SO_4+2H_2SO_4+2MnSO_4$ (无色溶液)。

(1)工业上测量 SO_2 、 N_2 、 O_2 混合气体中的 SO_2 含量用下图所示吸收装置(量气装置省略)。



混合气体通过图示吸收装置一定时间后,当溶液颜色由蓝色变为_____色时即可停止通气,此法适宜测 SO_2 含量较_____ (选填“低”或“高”)

的混合气体。

②吸收装置内的 I_2 -淀粉溶液也可以用_____溶液代替作为指示剂,因为_____。

(2)若用10.0%的氢氧化钠溶液16.0g滴加到20.0g盐酸中(含2滴酚酞试液),混合液刚好由无色变为粉红色时,可认为恰好完全反应。

①原盐酸中溶质的质量分数为_____。

②试列式计算说明将该反应后的溶液转化为20℃时饱和溶液的一种简单方法(计算结果精确到0.1g)。已知:20℃时氯化钠的溶解度为36.0g。

[参考答案和评分建议](1)①无(1分),低(1分)。②高锰酸钾或 $KMnO_4$ (1分),高锰酸钾溶液吸收一定量的 SO_2 可由紫红色变为无色(1分)。

(2)①7.3%(1分)。②中和反应得到氯化钠2.34g(1分);再加入氯化钠9.8g,溶液达到饱和(1分)。

2.2 回避量器计量因素,反思蒸发与添加固体准确称量的可行性

简短的题干给出“蓝色的石蕊试纸变红判断待测液显酸性,用淀粉溶液变蓝判断单质碘(I_2)的存在”,即指示剂的简单定性作用。随后列出3个“已知”信息,说明二氧化硫和单质碘的某些性质及相应的化学方程式,为量化测定作准备。接下来试题给出的第一个应用案例就是“工业上测量某混合气体中的二氧化硫含量”,这里并未要求考生进行准确的定量计算,也不要求氧化还原反应方程式的配平,只要求半定量地回答指示剂的变色情况和在二氧化硫含量大小不同情况下选择恰当指示剂的原因,并为中和反应滴定选用指示剂做好铺垫。在此案例中省略量气装置是符合初中化学课程标准的,因为有关量气装置的知识要求太高,因此题干仅仅给了一个简单的洗气装置。

第二个应用的案例是酚酞作为中和反应的指示剂。当酚酞试液变色的瞬间,“可认为恰好完全反应”,即可精确定量计算。因为对于盐酸或氢氧化钠溶液来说,其中钠离子、氯离子、氢离子和氢氧根离子均以自由移动的离子形式存在,酚酞试液的变色可以显示后两种离子间完全反应的关系,因此第①空是比较容易计算出正确结果的。但是第②空,有些学生不从实验操作角度考虑,仅从

纯理论计算角度以为“蒸发一定量的水即能成为饱和溶液”而失分。因为蒸发水的操作其实比较繁琐：选择的仪器比只称量氯化钠多，至少多了酒精灯、烧杯、固定支架等；还有蒸发时需监控水的蒸发量，每称量一次就得冷却至室温，再加热蒸发……如此循环操作很费时费力，万一水蒸发过量了还得补加一定量的水……由此可知理论计算出蒸发水的质量与初中阶段量测的可操作性是脱节的。因此一次性地加入一定质量的氯化钠固体，是配制中和反应后饱和盐水的更为简单的操作方法。

这就是本题给予我们的启示：化学计算教学要考虑怎样做到“真实的实验情景与化学计算”的有机融合？怎样把握计算数据的合理性、真实性？如何回避初中生尚未掌握和了解的量器测量？在初中阶段理应让学生扎实掌握天平的称量方法，以及对蒸发溶剂与添加固体对准确计量可行性的理解与把握，达到使实验操作与化学计算融合的目的。

3 由滴定终点判断到溶液浓度计算

3.1 2013 年题例

为了进一步检验 2012 年中考第 36 题的导向作用，2013 年仍以中和反应为背景，用加入溶质的方法由不饱和溶液配制饱和溶液，并且考查用托盘天平称取所需质量固体的操作，最后求出“当时”室温条件下硝酸钾的溶解度。

第 35 题(5 分) 用胶头滴管向盛有 20.0g 稀硝酸的烧杯中滴加 2 滴酚酞试液，再向其中缓缓加入 20.0g 5.6% 的氢氧化钾溶液；边滴加边用玻璃棒搅拌，待滴入最后 1 滴碱液时，混合液刚好由无色变为粉红色，且 30s 内颜色不变，即可认为恰好完全反应。

(1) 请列式计算反应后溶液中溶质的质量分数。

(2) 将反应后的溶液冷却到室温，若要配制室温时的饱和溶液，还需向其中加入 10.0g 硝酸钾固体。按规范操作用托盘天平称取 10.0g 硝酸钾时，若指针略向左偏转，要使指针居中的恰当操作是：_____。

(3) 根据上述情境，列式计算此时硝酸钾的溶解度(计算结果保留小数点后一位)。

[参考答案和评分建议](1) 5% (2 分)。(2)

用药匙从左盘取下少许硝酸钾固体(1 分)。(3) 31.6g (2 分)。

3.2 详细描述中和滴定终点过程，考查添剂称量的准确性操作

本题题干情景本身就是初中化学利用胶头滴管进行的不算十分精确的中和反应滴定过程(较为精确的中和滴定应该用滴定管，但初中不作要求)。题干所给数据既考虑了 3 位有效数字，又考虑了托盘天平的 0.1g 精度。

第 35(1) 题就是根据中和反应计算产物硝酸钾质量；第 35(2) 题是考查加入 10.0g 硝酸钾的规范称量操作，多数考生用笼统地“减少固体”来代替减量操作的规范化解答；第 35(3) 题再根据常温时刚加入的 10.0g 硝酸钾使溶液达到饱和，计算常温时的硝酸钾溶解度。以此印证了 2012 年试题中将溶液转化为饱和的最简单的方法就是加入固体溶质，而不是费时、费力又不易计量的蒸发水分的方法。但是从学生解答本题的统计数据来看，整道题的得分率仅为 0.304；前 2 小题的得分率为 0.327，最后 1 小题的得分率只有 0.27。因此这道题是整卷中相对最难的一道题。

由此可知，尽管依据化学方程式的计算，只是完全反应的一步计算，涉及的溶解度计算也仅仅是单一情形的，但是由于数据运算时不可整除，仍然有相当一部分考生计算失误或不知如何运算。再由第一年考查了蒸发与添剂的实验操作哪一种更为准确的反思，到来年紧接着考查如何准确称量已知质量固体的具体操作方法，得分率却较低，说明这样递进式即“追问式”的命题策略还是有效的。

4 由中和后的“返滴”现象到微量计算

4.1 2014 年题例

为了继续跟踪分析平时“中和反应”教学的情况，又因为我市中考化学已经连续两年与中和反应的计算和溶解度关联，所以第三次与中和反应计算有关的内容将溶解度计算剥离并置前，这次采用教材上“活动与探究”里中和反应后的“返滴”实验，再设计计算情景来说明返滴现象与原溶液浓度的关系。

第 36 题(5 分) 现有两种稀溶液：标记为 A 的 0.0400% 的氢氧化钠溶液；标记为 B 的 0.365% 的盐酸。假设本题所涉及到的各种稀溶液的密度

均近似为 $1.00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 且每滴溶液的体积近似为 0.05 mL , 试解答下列各小题。

(1) 恰好完全中和 20.0 g A 溶液, 需加入 B 溶液多少克?

(2) 在盛有 20.0 mL A 溶液的锥形瓶中滴加 2 滴酚酞试液, 再向瓶中缓缓倒入 10.0 mL B 溶液, 边倒边振荡, 充分混合后溶液呈无色。若取该无色混合液 3.00 mL 于一支试管内, 再向试管内滴加 1 滴 A 溶液, 试通过计算说明此时试管内溶液呈现的颜色。

[参考答案和评分建议] (1) 2.00 g (2 分, 其中列式正确给 1 分)。 (2) 因为 3 mL 中多余的盐酸是 $(3 \text{ mL} / 30 \text{ mL}) \times (10 \text{ mL} - 2 \text{ mL}) = 0.8 \text{ mL}$ (1 分); 而 2 mL 盐酸可中和 20 mL A 溶液, 所以 0.8 mL 盐酸应中和 8 mL A 溶液; 因此 1 滴 A 溶液远远小于 8 mL A 溶液 (1 分), 不能中和 0.8 mL 盐酸; 所以此时溶液呈酸性, 显无色 (1 分)。

4.2 先设置恰好反应的宏量计算, 再思考微量“返滴”与溶液浓度的关系

第 36 题第 (1) 小题均分 1.26, 得分率 0.63, 中难题, 属于根据单一化学反应, 按化学方程式求某一反应物的基本计算。现在凡涉及到数字运算的最基本化学计算题, 对于部分考生来说已经是中等难度了。

第 36 题第 (2) 小题均分 0.84, 得分率仅 0.28, 是本试卷中最难的一道题。根据阅卷情况显示, 考生中有 15 种解题方法, 此题达到了解题方法开放性的目的, 有利于拓展学生的创造性思维。由于教材中的实验没有定义和给出酸、碱的浓、稀及其具体浓度, 而“基础实验 8 酸、碱的化学性质”中仅仅告知用稀盐酸、稀氢氧化钠溶液^[9]。因此最后一步用氢氧化钠溶液“返滴”中和后的溶液时, 是否会变红是不确定的。鉴于此, 命题者给出了两种浓度差异较大的稀溶液的浓度值, 而且考虑到学生数字计算的简便, 给出与其相对分子质量数值相同的浓度值, 从高中化学角度来看其实与物质的量浓度是非常接近的。其次本题给出的浓度数值三位有效数字的精度保证其密度^[10]可以近似为 $1.00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 而每滴溶液的体积近似为 0.05 mL 也是根据滴定管的体积以毫升为单位的精度可读到小数点后第 2 位来近似确定的。即仪器的精度决

定读数的有效位数, 有效数字也保证了所给密度的近似程度。

当然题干所给的数据只是决定题干内容的科学性, 而不是针对考生解题要求的。再者针对考生有关微量物质的化学计算要求, 以及数字运算过程中的科学计数表达法^[11], 这对于初三学生没有超出“新版课标”和苏州市中考考试说明的要求。

5 结语

新版课标对于纸笔检测要求“编制联系实际考查学生能力的试题时, 情景要真实, 避免出现科学性错误; 编制联系实际的化学计算题时, 要根据内容标准控制试题难度, 不要超越学生的知识基础”^[12]。本文枚举的三个试题案例就是在初中化学计算教学中把握“可计量、可操作”的原则, 符合“真实、简捷”和“不越位”的典型。

参考文献:

- [1][12] 中华人民共和国教育部制定. 义务教育化学课程标准(2011年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2011: 12~13.
- [2] 毛明. 初中化学“可计量”实验与计算相融合的题例评析[J]. 化学教与学, 2014, (10): 67~69.
- [3] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室. 现代汉语大词典[S]. 北京: 商务印书馆, 1996: 596.
- [4] 毕华林, 卢巍. 义务教育教科书·化学(九年级上册)[M]. 济南: 山东教育出版社, 2014: 40.
- [5] 周公度. 化学辞典[S]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 292.
- [6] 卢小泉等. 化学计量学研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 前言.
- [7] 梁逸曾, 易伦朝. 化学计量学基础[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 2010: 前言 2.
- [8] 王祖浩主编. 普通高中课程标准实验教科书·化学反应原理[M]. 南京: 江苏教育出版社, 2009: 73~77.
- [9][11] 王祖浩主编. 义务教育教科书·化学(九年级下册)[M]. 上海: 上海教育出版社, 2013: 48~64, 116.
- [10] 编写组编. 中学教师化学手册[S]. 北京: 科学普及出版社, 1981: 308, 328.