

例谈巧用数学方法速解化学问题

周凤羽

(绍兴市柯桥区柯桥中学, 浙江绍兴 312030)

摘要: 结合若干实例解析, 介绍了利用几何、数列、排列组合等基本数学原理和方法, 解决化学教学和竞赛中的相关计算问题, 可供优化中学化学教学参考。

关键词: 数学方法; 化学计算; 中学化学教学

文章编号: 1005-6629(2015)2-0074-04

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

解决晶体晶胞、有机物通式、有机同分异构体数目等化学问题时, 若能恰当利用几何、数列、排列组合等数学思想, 可以使问题化难为易, 化繁为简, 从而达到优化解题过程, 培养学生思维能力的目的^[1]。以下结合实例解析, 介绍巧用数学方法解答化学问题。

1 运用几何原理巧解晶体类问题

晶体中相邻粒子间的距离、晶胞的边长、晶体密度等的运算, 在中学阶段涉及的练习比较多, 学生掌握得比较扎实, 而对于二维平面的分析及非立方晶胞类试题的解答反而有一定的难度。二维平面涉及平面几何, 立方晶胞涉及立体几何, 若学生能从几何的原理出发, 另辟蹊径, 对晶体类问题的判断定能达到事半功倍的效果。

1.1 运用二维平面求晶体的化学式

例 1 如图 1 所示为二维平面晶体示意图, 所表示的化学式为 AX_3 的是_____。

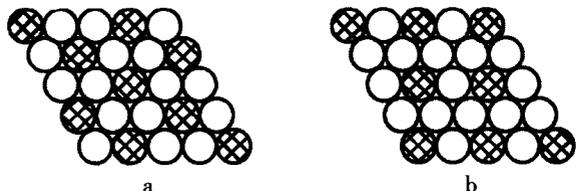


图 1 二维平面晶体示意图

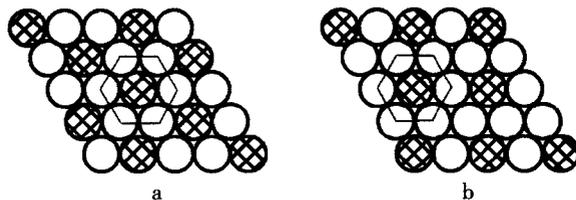


图 2 取六边形后的二维平面晶体示意图

解析: 上述两图中, 如果我们能选择合适的二

维图形如图 2, 再根据晶体结构的计算法则, 可以从容地解题。两图的二维图形可以这样选择:

在 a 和 b 图中各取一个正六边形, 在 a 图中每三个正六边形共用一个白球, 则一个正六边形有白球的个数: $6 \times \frac{1}{3} = 2$, 而黑球在正六边形内部, 刚好一个, 所以 a 图中黑球与白球的个数比为 1:2。在 b 图中每两个正六边形共用一个白球, 则一个正六边形有白球的个数: $6 \times \frac{1}{2} = 3$, 而黑球还是一个, 所以 b 图中黑球与白球的个数比为 1:3, 所以答案是 b。

1.2 运用二维平面求原子间的距离

例 2 (1) 石墨能与熔融金属钾作用, 形成兰色的 $C_{24}K$, 灰色的 $C_{48}K$ 、 $C_{60}K$ 等, 有一种青铜色的 C_xK 中 K (用 o 表示) 的分布如图 3 所示, 则 $x =$ _____;

(2) 另有一种石墨化合物 $C_{32}K$, 其分布也类似图 3 中的中心六边形, 则最近两个 K 原子之间的距离为石墨键长的_____倍。

解析: (1) 取一个小正三角形, 如图 4 所示, 每个 K 原子为 6 个三角形所共有, K 原子的个数为: $3 \times \frac{1}{6} = \frac{1}{2}$; 而每个小正三角形中含有 4 个碳原子, 则 $n(K):n(C) = \frac{1}{2}:4 = 1:8$, 即 C_xK 中 $x = 8$ 。

(2) 若是化合物 $C_{32}K$, 则在 K 不变的情况下, 碳原子是原来的 4 倍, 可以取这样的二维平面, 如图 5 所示, 每个 K 原子为 6 个三角形所共有, K 原子的个数为: $3 \times \frac{1}{6} = \frac{1}{2}$; 而每个小正三角形中含有 4 个碳原子, 现在有 4 个小正三角形, 共有 16 个碳

原子, 则 $n(\text{K}):n(\text{C})=\frac{1}{2}:16=1:32$, 满足题目要求, 最近两个 K 原子之间的距离即为大正三角形边长, 通过计算为 $4\sqrt{3}$ 倍。

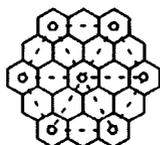
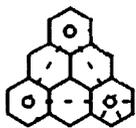
图3 C_xK 的平面图

图4 小正三角形

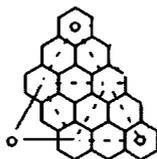


图5 大正三角形

1.3 运用立体几何原理求密度

例3 石墨晶体的层状结构如图6所示: 假设石墨晶体中碳碳键长为 r ($r=142\text{pm}$)、层与层间的距离为 h ($h=335\text{pm}$)^[2], 求石墨的密度?

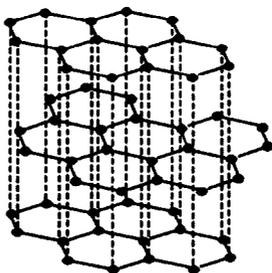


图6 石墨晶体的层状结构

解析: 晶体结构剖析, 晶体中每个 C 原子与周围的三个 C 原子以共价键结合形成一个个平面正六边形, 这些平面正六边形向空间发展形成平面网状结构, 层与层之间以范德华力结合。晶体可看成由一个个正六棱柱组成, 平均一个正六棱柱含 2 个 C 原子。

$$\text{平均一个正六棱柱的质量: } m = \frac{2}{N_A} \times 12\text{g},$$

$$\text{体积: } V = 6 \times \frac{1}{2} r^2 \sin 60^\circ \times h$$

$$\text{所以密度 } \rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{2}{N_A} \times 12}{6 \times \frac{1}{2} r^2 \sin 60^\circ \times h} = \frac{8}{N_A r^2 \sin 60^\circ \times h}$$

$$= \frac{8}{6.02 \times 10^{23} \times (142 \times 10^{-10})^2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times (335 \times 10^{-10})}$$

$$= 2.27 \text{ g/cm}^3$$

晶胞是晶体中最小的重复结构单元, 晶体是由无数个晶胞通过共点、共面、共棱并置堆砌而成的, 它能全面正确地表示晶体中各微粒的几何空间关系。晶体类问题若不用数学几何原理巧解, 其他方法根本无从下手。

2 运用数列原理巧解有机物通式问题

有机化合物存在着许多同系列以及类似于同系列的情况, 这一系列有序的有机物有着共同的通式^[3]。分子式中 C、H 数目按一定的公差规律性地变化, 这与数学中数列的变化非常相似。因此若能用数学中的数列思想对有机结构进行分析, 则能准确、快速、巧妙地求解有机物通式, 从而降低化学问题的难度。

例4 人们对烷烃分子空间结构的研究中发现某一系列的烷烃分子只有一种一卤代物。如图7所示:

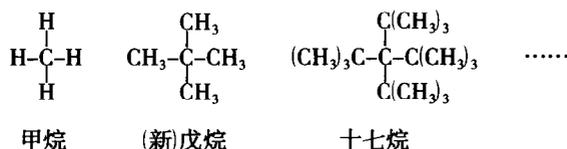


图7 一系列烷烃结构简式

这一系列烷烃具有一定的规律性, 当一种烃分子中的 $-\text{H}$ 全部被 $-\text{CH}_3$ 取代后, 它的一卤代物异构体数目不变。

①请写出这一系列烷烃分子式的通式_____。

②人们在研究中发现另一系列烷烃分子也只有一种一卤取代物, 请写出它们分子式的通式_____。

解析: 该题是典型的用数学中的数列知识解决化学问题。

①已知首项为 a_1 , 公比为 q 的等比数列通项公式为: $a_n = a_1 \times q^{n-1}$,

第一个符合条件的烷烃为甲烷, 一分子含一个 C, 4 个 H,

设第 n 个符合条件的烷烃一分子含 a_n 个 C, b_n 个 H。

由题给消息, 可得出: $b_{n+1} = 3b_n$, 即上一个烷烃中所有的 $-\text{H}$ 被取代为 $-\text{CH}_3$, H 数变为原来的 3 倍。

可见氢原子数 b_n 关于 n 成等比数列, 首项为 4, 公比为 3,

$\therefore b_n = 4 \times 3^{n-1}$, 由烷烃通式 $C_n H_{2n+2}$ 可得 $a_n = (b_n - 2) / 2 = 2 \times 3^{n-1} - 1$;

\therefore 这一系列烷烃分子式通式为: $C_{2 \times 3^{n-1}-1} H_{4 \times 3^{n-1}}$ ($n \geq 1$)。

② 另一系列烷烃分子中最小的是乙烷 CH_3CH_3 ,

设第 n 个符合条件的烷烃一分子含 c_n 个 C, d_n 个 H, 则同样有 $d_{n+1} = 3d_n$,

$\therefore d_n$ 为等比数列, 首项为 6, 公比为 3,

$d_n = 2 \times 3^n$ $c_n = (d_n - 2) / 2 = 3^n - 1$

\therefore 这一系列烷烃分子式通式为: $C_{3^n-1} H_{2 \times 3^n}$ ($n \geq 1$)。

3 运用排列组合原理解有机同分异构体数目

例 5 某油脂样品跟氢氧化钠共热后共生成了 5 种有机物, 原样品最多可能含有的三羧酸甘油酯种数有多少?

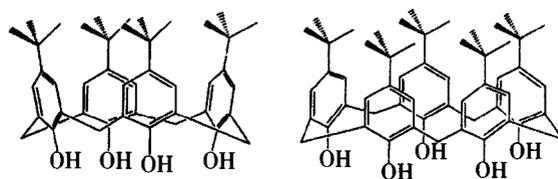
此题若使用单纯由分子式来书写结构简式的方式, 不但费时费力, 而且易遗漏个别同分异构体。数学中基本概念排列组合的中心问题就是研究给定要求的排列和组合可能出现的情况总数, 而同分异构的本质是原子排列组合, 因此, 转化思维, 利用排列组合的知识, 把问题抽象成数学模型, 会使原本复杂的问题变得简单易行。

解析一: 根据题意, 该油脂水解得到 4 种酸, 只有 1 种酸反应生成的酯有 C_4^1 种; 有 2 种酸反应生成的酯有 $C_4^2 C_3^1$ 种, 考虑 AAB 与 ABA 组合的不同, 故有 $2C_4^2 C_3^1$ 种; 有 3 种不同酸反应生成的酯有 C_4^3 种, 要考虑 ABC、CAB、ACB 组合的不同, 因此有 $3C_4^3$ 种, 即: $S = C_4^1 + 2C_4^2 C_3^1 + 3C_4^3 = 40$ 种;

解析二: 根据甘油的对称结构, 中间仲碳上的羟基与 4 种酸酯化有 C_4^1 种, 而 2 个伯碳上的羟基酯化按同种酸酯化有 C_4^1 种, 异种酸酯化有 C_4^2 种, 即 2 端伯碳上的羟基的酯化有 10 种, 按乘法原理仲碳上的羟基与伯碳上的羟基与 4 种不同酸酯化的组合共有: $S = C_4^1 (C_4^2 + C_4^1) = 40$ 种。

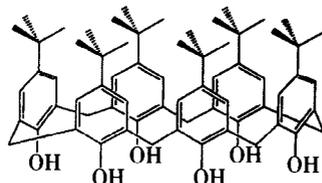
例 6 杯芳烃是烃的衍生物, 以“杯 [n] 芳烃”的形式命名, n 是芳环的数目。

图 8 所示的是叔丁基取代的杯 [n] 芳烃的结构简式。



叔丁基取代的杯 [4] 芳烃

叔丁基取代的杯 [5] 芳烃



叔丁基取代的杯 [6] 芳烃

图 8 杯 [n] 芳烃的结构简式

回答下列问题:

若叔丁基取代的杯 [n] 芳烃在光照情况下和氯气反应时不取代苯环上的氢和酚羟基上的氢, 则其一氯代物有 _____ 种; 若存在叔丁基取代的杯 [2013] 芳烃则光照情况下, 其二氯代物有 _____ 种。

解析: 叔丁基取代的杯 [n] 芳烃若不考虑取代苯环上的氢和酚羟基上的氢, 则其结构中还有两种氢: 即甲基 ($-CH_3$) 和亚甲基 ($-CH_2-$) 上的 H, 其一氯代物有 2 种。二氯代物的情况较为复杂, 用排列组合原理求解如下: 因为叔丁基取代的杯 [n] 芳烃, 其所有的甲基 ($-CH_3$) 和亚甲基 ($-CH_2-$) 上的 H 均是等价的。故两个氯均取代同一个甲基上的 H, 只有一种; 两个氯均取代同一个亚甲基上的 H, 也只有一种; 两个氯取代在同一个叔丁基上的两个碳原子上, 也是一种; 一个氯取代亚甲基上的 H, 另一个氯取代其他亚甲基上的 H 有 $\frac{2013-1}{2} = 1006$ 种; 一个氯取代亚甲基上的 H, 另一个氯取代叔丁基碳原子上的 H, 这样有 $1006+1=1007$ 种; 一个氯取代叔丁基碳原子上的 H, 另一个氯取代另外的叔丁基碳原子上的 H, 这样也是 1006 种, 把以上六种情况相加即为总的二氯代物: $1+1+1+1006+1007+1006=3022$ 种。

数学方法内容非常丰富, 只要我们能理解这些方法的内涵, 把握本质, 结合化学问题的具体情境, 将化学问题抽象成数学问题, 巧妙应用数学方法给予解决。这样既能降低化学学习的难度, 又能提高学生应用理论分析和解决实际问题的能力, 对化学与数学的学习是互利的。

在提倡创新教育的今天, 在日常的化学教学

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.