等电子体的判断方法归纳

文/贺永林

摘　要：讨论了人教版高中化学选修3《物质结构与性质》中一个易错考点问题的解决方法，结合实例进行了方法归纳。

关键词：等电子体；判断方法；电荷互换法

《四川省普通高中新课程教学基本要求（化学学科）》中对于“等电子体和等电子原理”有如下描述：（1）了解等电子原理；（2）结合实例说明“等电子体”具有相似的结构和性质。《2013年四川省普通高考考试说明（理科综合·化学）》中对“等电子原理”考点是这样描述的：了解“等电子原理”的含义。

围绕这个考点设计的问题应该是很容易作答的，但学生实际作答时错误率极高，经分析发现关键在于对等电子体确定上缺乏方法，对等电子原理的理解不够深入，现就此类问题的分析方法作如下归纳。

原子总数和价电子总数都相同的分子或离子（即等电子体）具有相似的化学键特征，它们的许多性质是相近的，这一原理称为等电子原理。如果仅从概念字面意义上出发去判断与A粒子互为等电子体的B粒子的化学式，往往感觉无从下手，或东拼西凑地试着写，也往往只注意从“价电子总数”或“原子总数”相同某一方面而错写。如，写 CH_4 分子的等电子体时许多学生错写成 NH_3（忽略原子总数不同）、CCl_4（忽略价电子总数不同）等，至于再稍复杂一些的，错的更多，实际体现为解决问题的方法上的欠缺。等电子体的判断一般可采取以下几种方法：

一、同族元素互换法

即将既定粒子中的某元素换成它的同族元素。如：

1.CCl_4 的等电子体确定

将C换成与它同族的IVA族元素有 $SiCl_4$、$GeCl_4$ 等；将Cl换与它同族的VIIA族元素有 CF_4、CBr_4、CI_4、$CFCl_3$……同时将C和Cl换成其同族元素可有 SiF_4、$SiFCl_3$……

2.CO_2 的等电子体确定

将O换成与之同族的ⅥA族元素S有COS、CS_2，注意不能将C原子换成与之同族的Si原子，因为 SiO_2 为原子晶体，晶体中无单个 SiO_2 分子。同理，不能将 $BeCl_2$ 的等电子体确定为 $MgCl_2$ 或 BeF_2，$MgCl_2$ 和 BeF_2 为离子晶体，晶体中无单个 $MgCl_2$ 和 BeF_2 分子。

3.SO_4^{2-} 的等电子体确定

将一个O原子换成与之同族的S原子得 $S_2O_3^{2-}$。

4.对于原子晶体类也可作类似推导

含相同原子数的金刚石（Cn）与晶体硅（Si_n）互为等电子体。

二、价电子迁移法

即将原粒子中的某元素原子的价电子逐一转移给组成中的另一种元素的原子，相应原子的质子数也随之减少或增加，变换为具有相应质子数的元素。

1.CO_2 的等电子体确定

除了上述结果以外，还可以采用价电子迁移法：C、O原子的价电子数分别为4、6，而N原子价电子数为5，一个O原子拿一个电子给C原子，在电性不变的条件下，价电子数同时变为5，质子数同时变为7，则可换为两个N原子得 N_2O；如果将一个C原子的两个价电子转移给两个O原子，则一个C原子和两个Cl原子分别转换成为一个Be原子和两个Cl原子，就可以得到 CO_2 的另一种等电子体 $BeCl_2$。

同样可以判断：金刚石（C_{2n}）与晶体硅（Si_{2n}）的等电子体还可以为金刚砂（$(SiC)_n$）、CaAs、AlP等；石墨（C_{2n}）的等电子体可为白石墨（$(BN)_n$）；无机苯 $B_3N_3H_6$ 的等电子体可为有机苯 C_6H_6。

2.离子之间的等电子体的确定

与 N_3^- 的等电子体查找方法相同，可将两个N原子换为一个C原子和一个O原子可得 CNO^-。

三、电子——电荷互换法

即将既定粒子中的某原子的价电子转化为粒子所带的电荷。这种方法可实现分子与离子等电子体的互判。如，CN^- 的等电子体查找可用N原子一个电子换作一个负电荷，则N原子换为C原子，离子带两个负电荷，其等电子体即为 C_2^{2-}；反之，将 CN^- 的电荷转化为一个电子，该电子给C原子，即得 N_2，若给N原子即得CO。同样可判断 HNO_3 的等电子体为 HCO_3^-，ICl_4^- 的等电子体为 $XeCl_4$。

在具体问题分析时，通常几种方法同时应用，才能快速准确地做出判断和回答问题。现以几例说明（文中所用题目为高考或各地质量检测题，原题中与本文无关的内容均略去）。

例题1.（2013江苏21）（12分）【选做题】A.［物质结构与性质］

元素X位于第四周期，其基态原子的内层轨道全部排满电子，且最外层电子数为2。元素Y基态原子的3p轨道上有4个电子。元素Z的原子最外层电子数是其内层的3倍。

（4）Y与Z可形成 YZ_4^{2-}

②写出一种与 YZ_4^{2-} 互为等电子体的分子的化学式______。

分析：由题意知，Y为S，Z为O，YZ_4^{2-} 为 SO_4^{2-}。至于 SO_4^{2-} 的等电子体的确定可采用上述电子——电荷互换法，即将2个负电荷去掉少了2个价电子，将4个O原子换成4个Cl原子多了4个价电子，再将那1个S原子换成1个C原子少2个价电子，这样成为 CCl_4 就保持了原子总数和价电子总数不变，CCl_4 就是 SO_4^{2-} 的等电子体；再用上述的同族元素互换法将C换成Si得 $SiCl_4$，将Cl换成F成 CF_4 或换成Br成 CBr_4，因此，$SiCl_4$、CF_4、CBr_4 也是 SO_4^{2-} 的等电子体。

答案：CCl_4、$SiCl_4$、CF_4、CBr_4 等任填一种。

例题2.（2009年江苏化学·21A）（12分）生物质能是一种洁净、可再生的能源。生物质气（主要成分为CO、CO_2、H_2 等）与 H_2 混合，催化合成甲醇是生物质能利用的方法之一。

（2）根据等电子原理，写出CO分子结构式__________。

分析：根据等电子原理，等电子体具有相同的结构特征，要写CO分子的结构式，首先要找到CO的等电子体中已知结构式的物质，按照上述价电子迁移法，将C原子换成N原子多1个价电子，O原子换成N原子少1个价电子，能保持原子总数和价电子总数不变，CO的等电子体可为 N_2，而 N_2 分子的结构式是我们熟悉的，仿照 N_2 的结构式写出CO的结构式为 $\mathrm{C}\equiv\mathrm{O}$（或 $\mathrm{C}\overset{\longleftarrow}{=}\mathrm{O}$）

答案：$\mathrm{C}\equiv\mathrm{O}$（或 $\mathrm{C}\overset{\longleftarrow}{=}\mathrm{O}$）

解析几何中对称问题的解法探析

文/陈则候

一、关于点的对称问题

1.点关于点的对称

解决点点对称问题的关键是利用中点坐标公式，点 $P(a,b)$ 关于点 $Q(m,n)$ 的对称点为 $P'(2m-a,2n-b)$，中点问题也是其他对称问题的基础.

2.直线关于点的对称

例 1.求直线 l:$2x-3y+1=0$ 关于点 $A(1,2)$ 对称的直线 l' 的方程.

解法一：在直线 l:$2x-3y+1=0$ 上任取两点，如，$M(1,1)$，$N(-2,-1)$，则 M、N 关于点 A 的对称点 M'，N' 均在直线 l' 上，易知由两点式可得 l' 的方程为 $2x-3y+7=0$.

解法二：$\because l/\!/l'$，　$\therefore$ 可设 l' 的方程为 $2x-3y+c=0(c\neq1)$

$\because$ 点 A 到两直线的距离相等

$\therefore$ 由点到直线的距离公式得 $\dfrac{|2-6+c|}{\sqrt{2^2+3^2}}=\dfrac{|2-6+1|}{\sqrt{2^2+3^2}}$　$\therefore c=7$

$\therefore l'$ 的方程为 $2x-3y+7=0$.

评析：解法一是取特殊点法；解法二是两直线关于点对称成平行直线，对称点到两直线的距离相等的几何性质.

二、关于直线的对称

1.点关于直线的对称

一般的点关于直线的对称问题

例 2.求点 $P(4,0)$ 关于直线 l:$5x+4y+21=0$ 的对称点 P'.

解法：设 $P(4,0)$ 关于直线 l 的对称点为 $P'(x',y')$，显然 $x'\neq4$，则 $PP'\perp l$，线段 PP 的中点在直线 l 上.

$$\therefore\begin{cases}5\times\dfrac{x'+4}{2}+4\dfrac{y'+0}{2}+21=0\\ \dfrac{y'-0}{x'-4}=\dfrac{4}{5}\end{cases}\qquad\therefore\begin{cases}x'=-6\\ y'=-8\end{cases}$$

$\therefore P'(-6,-8)$ 即为所求的点.

2.直线关于直线的轴对称

一般的直线关于直线的对称问题

例 3.求直线 l_1:$x-y-2=0$ 关于直线 l:$x+2y+1=0$ 对称的直线 l_2 的方程.

解析：解法一：在直线 l_1 上取一点 $(2,0)$，运用题 1 介绍的方法，可求得点 $P(2,0)$ 关于 l 的对称点 $P'(\dfrac{4}{5},-\dfrac{12}{5})$，由方程组 $\begin{cases}x-y-2=0\\ x+2y+1=0\end{cases}$，得直线 l_1 与 l 的交点 $Q(1,-1)$.

直线 l_2 过点 P' 与 Q，由“两点式”得直线 l_2 的方程：$7x-y-8=0$.

解法二：由解法一知，直线 l_1 与 l 的交点为 $Q(1,-1)$，设 l_2 上任一异于 Q 点的动点 $P(x,y)$ 关于直线 l 的对称点为 $P'(x',y')$，则

$$\begin{cases}\dfrac{x'+x}{2}+2\cdot\dfrac{y'+y}{2}+1=0\\ \dfrac{y'-y}{x'-x}=2\end{cases}\quad\text{所以}\quad\begin{cases}x'=\dfrac{1}{5}(3x-4y-2)\\ y'=\dfrac{1}{5}(4x+3y+4)\end{cases}$$

又点 $P'(x',y')$ 在直线 l_1 上

$\therefore\dfrac{1}{5}(3x-4y-2)+\dfrac{1}{5}(4x+3y+4)-2=0$

整理，得 $7x-y-8=0$，将点 $Q(1,-1)$ 代入上式仍成立.

$\therefore$ 直线 l_2:$7x-y-8=0$.

评析：此类型是直线与对称轴相交.四种解法都是常用方法，都注意利用几何性质.解法一是抓住了对称关系的转化（线关于线对称转化为点关于线对称）；解法二抓住 P 与 P' 是一对“相关点”，利用“相关点”的性质求出直线 l_2 上的动点的轨迹，这是求曲线关于直线对称方程的常用方法.

3.圆锥曲线关于直线的对称

例 4.求圆 C:$(x-2)^2+(y+3)^2=1$ 关于直线 l:$2x-y-1=0$ 的对称圆方程.

评析：此题其实就是求圆心 $(2,-3)$ 关于直线 l:$2x-y-1=0$ 的对称点问题.

例 5.求抛物线 $y^2=2x$ 关于直线 $2x-y-1=0$ 的对称抛物线方程.

评析：此题用相关点法来求.在所求抛物线上任取一点 $P(x,y)$，则它关于直线 $2x-y-1=0$ 的对称点为 $Q(\dfrac{-3x+4y+4}{5},\dfrac{4x+3y-2}{5})$，因为 Q 点在原抛物线上，所以把 Q 点坐标代入原抛物线方程，便得所求抛物线方程为 $16x^2+9y^2+24xy+14x-52y-36=0$.

总之，求对称问题归根结底都是点的对称，我们通常采用变量替换、数形结合等思想。求对称问题的通法是：(1)求对称点一般采用，先设对称点 $P(x,y)$，再利用中点坐标公式或垂直、平分等条件，列出 x,y 的方程组，解方程组所得的解就是对称点的坐标；(2)求对称直线一般是：先设对称曲线上任一点 $P(x,y)$，再利用求对称点的方程求出 P 点的对称点 Q 点坐标，将 Q 点坐标代入已知曲线方程中，所得的关于 x,y 的关系式，就是所求对称曲线的方程.

（作者单位　浙江省永嘉县上塘中学）

●编辑　王团兰

例题 3.（2008 年江苏化学·21A）（12 分）已知 A、B、C、D、E 都是周期表中前四周期的元素，它们的核电荷数 A<B<C<D<E。其中 A、B、C 是同一周期的非金属元素。化合物 DC 的晶体为离子晶体，D 的二价阳离子与 C 的阴离子具有相同的电子层结构。AC_2 为非极性分子。B、C 的氢化物的沸点比它们同族相邻周期元素氢化物的沸点高。E 的原子序数为 24，ECl_3 能与 B、C 的氢化物形成六配位的配合物，且两种配体的物质的量之比为 2:1，三个氯离子位于外界。请根据以上情况，回答下列问题：（答题时，A、B、C、D、E 用所对应的元素符号表示）

(3)写出化合物 AC_2 的电子式＿＿＿＿＿＿；一种由 B、C 组成的化合物与 AC_2 互为等电子体，其化学式为＿＿＿＿＿＿。

分析：据推断 A 为 C，B 为 N，C 为 O，AC_2 是 CO_2，其等电子体的推断见上述“二、价电子迁移法 1.CO_2 的等电子体确定”。

答案：$:\ddot{O}::C::\ddot{O}:$　　N_2O

（作者单位　四川省广安中学）

●编辑　王团兰