

# 高中奥林匹克化学初级竞赛示例

郑胤飞 编著

复旦大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

高中奥林匹克化学初级竞赛示例/郑胤飞编著. —上海: 复旦大学出版社, 1999. 6

ISBN 7-309-02262-9

I. 高… II. 郑… III. 化学课—高中—教学参考资料  
IV. G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 13384 号

---

出版发行 复旦大学出版社

上海市国权路 579 号 200433

86-21-65102941 (发行部) 86-21-65642892 (编辑部)

fupnet @ fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

经 销 新华书店上海发行所

印 刷 复旦大学印刷厂

开 本 850×1168 1/32

印 张 8.5

字 数 214 千

版 次 1999 年 6 月第一版 1999 年 6 月第一次印刷

印 数 1—00 000

定 价 00.00 元

---

如有印装质量问题, 请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

## 内 容 提 要

本书围绕高考和奥林匹克化学竞赛的综合能力训练,以题例解析形式叙述了高中化学课程所要求的知识范围。全书共分 37 节,内容包括:物质的组成与结构、元素周期律、气体、化学实验、离子反应、分散系、氧化还原反应、勒沙特列原理、有机化学、化学计算、综合试题等。

# 前 言

一、本书适用：广大高中学生和化学教师。

1. 省市级化学竞赛训练，地区或基层选拔赛参考和训练。
2. 化学高考训练。
3. 理科思维训练。

二、知识范围：本书大部分内容在高中化学课程要求范围之内，略有扩展和延伸，但属自然延伸。基本不选入不给出提示（或无内在逻辑）而突兀于高中课程之上的内容。

三、体例：文字叙述围绕题例展开。大部分给出解析，少部分只给出答案。解析或详或略，有的给出详细解法，有的属关键点的提示。解析文字尽可能照顾知识点的整理和提示，因此不采用游离于实例的知识点罗列。

四、难度：对思维的灵活性、综合能力、迁移能力有较高要求。部分例题难度并不高，但对能力训练和开拓思路有典型意义或警示作用。

五、题例编选原则：

1. 如二所述的知识范围；如四所述的难度。
2. 对能力训练有典型意义，对知识掌握有助于开拓思路。
3. 适应教材改革和试题变化趋势。

六、本书作者：特级教师，现任教于复旦大学附中。长期从事化学高考和奥林匹克化学竞赛活动的指导工作，多次参与高考和省市化学竞赛的命题，两方面都有深入研究和实践经验。

因读者要求，本次重印在最新资料的基础上增加了两套综合试题。

2000年8月

# 目 录

一、元素 原子 元素周期律 .....	1
二、分子 .....	8
三、化学键 .....	16
四、晶体结构 .....	21
五、气体的发生 .....	26
六、气体的推断 .....	32
七、气体的反应 .....	37
八、实验室气体反应装置 .....	43
九、物质检验 .....	57
十、物质的分离、提纯和制备 .....	63
十一、定量实验 .....	66
十二、溶液浓度 .....	74
十三、离子反应与离子方程式 .....	81
十四、酸式盐 .....	86
十五、沉淀 离子共存 .....	93
十六、氧化还原反应理论 .....	97
十七、氧化还原反应方程式 .....	101
十八、氯、硫、氮、铁等元素的氧化还原反应 .....	105
十九、化学工业与氧化还原反应 .....	112
二十、电化学 .....	114
二十一、化学反应速度 .....	120

二十二、化学平衡 .....	123
二十三、水的电离和溶液的 pH 值 .....	135
二十四、电离平衡 .....	139
二十五、盐类水解平衡 .....	146
二十六、有机反应基本类型 .....	151
二十七、烃 .....	157
二十八、烃的衍生物 .....	165
二十九、糖类和含氮化合物 .....	176
三十、有机反应中提示或信息的运用 .....	180
三十一、有机合成 .....	194
三十二、关于混合物的计算 .....	208
三十三、氧化还原反应中物质的量递推 .....	214
三十四、由关键元素入手进行计算 .....	223
三十五、利用差量进行计算 .....	232
三十六、多答案的计算题 .....	240
三十七、“缺条件”计算 .....	254
三十八、综合试题 .....	262

## 一、元素 原子 元素周期律

1. 某元素的相对原子质量为 101.1, 其原子的核电荷数为 44, 下列说法中正确的是\_\_\_\_\_。

- (A) 此元素原子质量数为 101
- (B) 此元素原子有 44 个电子
- (C) 此元素原子核内有 57 个中子
- (D) 1 摩尔此元素质量为 101.1 克

[解析] 101.1 是各同位素的平均原子量, 质量数和中子数对各同位素原子各不相同, A 和 C 因此错误。

答: B、D。

2. 硼有两种天然同位素  $^{10}_5\text{B}$ 、 $^{11}_5\text{B}$ , 硼的相对原子质量为 10.80, 则对硼元素中  $^{10}_5\text{B}$  质量分数的判断正确的是\_\_\_\_\_。

- (A) 20%
- (B) 略大于 20%
- (C) 略小于 20%
- (D) 80%

[解析] 若问的是同位素丰度(原子百分数), 应是 A。 $^{10}_5\text{B}$  质量小于  $^{11}_5\text{B}$ , 丰度为 20%, 质量分数自然就小于 20%。

答: C。

3. 组成一个原子的质子、中子和电子的质量之和与实测的原子质量相比, 前者比后者\_\_\_\_\_。

- (A) 大
- (B) 小
- (C) 相等
- (D) 不可确定

[解析] 质子、中子等微粒构成原子时, 存在“质量亏损”现象。

答: A。

4. 零族元素难以形成化合物的原因是\_\_\_\_\_。

- (A) 它们都是惰性元素
- (B) 它们的化学性质不活泼
- (C) 它们都以单原子分子形式存在
- (D) 通常情况下, 它们的电子层结构为饱和结构

[解析] 结构决定性质, 结构是原因, 性质是结果。这里 D 是原因, A、B、C 都是它的结果(所表述的都是性质)。

答: D。

5. 某元素 X 构成的气态  $X_2$  分子有 3 种, 其相对分子质量分别为 70、72、74, 气体中此 3 种分子物质的量之比为 9 : 6 : 1, 则\_\_\_\_\_。

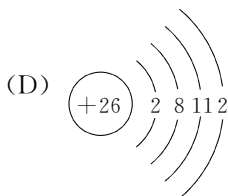
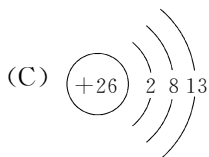
- (A) X 有 3 种同位素
- (B) 其中一种同位素原子质量数为 36
- (C) 气体中质量数为 35 的 X 原子, 其原子百分含量为 75%
- (D)  $X_2$  的平均相对分子质量为 72

[解析] 据所给出的相对分子质量, X 原子的质量数只有 35 和 37 两种。不可能有质量数为 36 的同位素, 因为  $^{35}\text{X}$  和  $^{36}\text{X}$  两种原子结合而成的分子的相对分子质量是 71。因此相对分子质量为 70 的  $X_2$  由两个  $^{35}\text{X}$  原子构成, 相对分子质量为 72 的  $X_2$  由一个  $^{35}\text{X}$  原子和一个  $^{37}\text{X}$  原子构成, 相对分子质量为 74 的  $X_2$  由两个  $^{37}\text{X}$  原子构成。据 3 种分子物质的量之比,  $^{35}\text{X}$  的原子百分数为:  $(9 \times 2 + 6) / [2 \times (9 + 6 + 1)] = 75\%$ 。

答: C。

6. 下列关于  $\text{Fe}^{3+}$  的结构表示式正确的是\_\_\_\_\_。

- (A)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$
- (B)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$



[解析] Fe 原子的价电子层结构为  $3d^64s^2$ ,  $Fe^{3+}$  失去的首先是  $s$  电子, 其结构为  $3d^5$ 。

答: C。

7. 第二主族元素 R 的单质及其相应氧化物的混合物 12 克, 加足量水经完全反应后蒸干, 得固体 16 克, 推测该元素可能为\_\_\_\_\_。

(A) Mg      (B) Ca      (C) Sr      (D) Ba

答: B、C。

8. X 和 Y 属短周期元素, X 原子的最外层电子数是次外层电子数的一半, Y 位于 X 的前一周期, 且最外层只有一个电子, 则 X 和 Y 形成的化合物的化学式可表示为\_\_\_\_\_。

(A) XY      (B)  $XY_2$       (C)  $XY_3$       (D)  $X_2Y_3$

[解析] 据最外层电子数是次外层电子数的一半, X 要么是锂 (Y 是氢), 要么是硅 (Y 是锂)。前者合理, 化合物为 LiH。

答: A。

9. 下列关于硼元素的叙述正确的是\_\_\_\_\_。

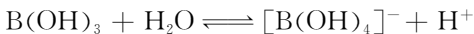
(A) 原子半径小于铝

(B) 在气态氢化物中呈 -5 价

(C) 氧化物的水化物  $B(OH)_3$  溶于水易形成  $[B(OH)_4]^-$ , 故其水溶液呈碱性

(D) 原子半径大于铍

[解析] 硼的最外层只有 3 个电子、4 个轨道 (1 个  $2s$  轨道和 3 个  $2p$  轨道), 不可能接受 5 个 H 原子的 5 个电子形成 5 个共价键。铝、磷的最外层由于有  $3d$  轨道,  $Al^{3+}$  就能提供 6 个轨道形成络离子  $[AlF_6]^{3-}$ , P 就能提供 5 个轨道形成共价化合物  $PCl_5$ 。 $B(OH)_3$  溶于水形成  $[B(OH)_4]^-$  是由于接受了  $H_2O$  电离的  $OH^-$ , 使溶液中多余  $H^+$ , 其溶液应呈酸性, 这个过程可表示为:



答：A。

10. 下列阳离子最易被氧化的是\_\_\_\_\_。

(A)  $\text{Sn}^{2+}$       (B)  $\text{Tl}^+$       (C)  $\text{Pb}^{2+}$       (D)  $\text{Bi}^{3+}$

[解析] IVA族元素中大部分是+4价比+2价稳定,只有Pb是+2价比+4价稳定,即 $\text{Sn}^{2+}$ 比 $\text{Pb}^{2+}$ 易氧化,这是熟知的。 $\text{Tl}^+$ 、 $\text{Bi}^{3+}$ 与 $\text{Pb}^{2+}$ 同为第六周期元素,最外层电子结构都是 $6s^2$ ,化学稳定性也是相同的。

答：A。

11. R为短周期元素,其原子所具有的电子层数为最外层电子数的 $1/2$ ,可能形成的含氧酸根离子有:① $\text{RO}_4^{2-}$ ; ② $\text{RO}_3^{2-}$ ; ③ $\text{R}_2\text{O}_3^{2-}$ ; ④ $\text{R}_2\text{O}_4^{2-}$ 。写出这些离子的具体化学式。

[解析] 符合条件的R有碳和硫。答:① $\text{SO}_4^{2-}$ ; ② $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ ; ③ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ; ④ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、 $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ (连二亚硫酸根)。

12. X、Y是非金属元素,它们间能以物质的量之比1:1和1:2形成化合物。若X和Y的原子序数之和为15,X和Y的元素符号分别是\_\_\_\_\_;若X和Y的原子序数之和为7,X和Y的元素符号分别是\_\_\_\_\_。

[解析] 前者指N、O( $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ ),后者指H、C( $\text{C}_2\text{H}_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$ )。

13. 核内中子数为N的 $\text{R}^+$ 离子,质量数为A,M克它的氧化物中所含质子的物质的量是\_\_\_\_\_摩尔。

[解析] R的氧化物为 $\text{R}_2\text{O}$ , $\text{R}_2\text{O}$ 的近似摩尔质量为 $(2A + 16)$ ,物质的量为 $M/(2A + 16)$ 。R的质子数为 $A - N$ ,O的质子数为8。所含质子的物质的量是 $\frac{M}{2A + 16} \times [2(A - N) + 8] = \frac{M(A - N + 4)}{A + 8}$  摩尔。

14. R 原子的质量数为  $Y$ ,  $M$  克  $R^{2-}$  离子共含电子  $X$  摩尔。求原子核内中子数。

[解析]  $M$  克  $R^{2-}$  离子的近似物质的量为  $M/Y$ 。每摩尔  $R^{2-}$  离子所含电子数为  $XY/M$ , 每摩尔 R 原子所含电子数或质子数为  $\frac{XY}{M} - 2$ , 中子数为  $Y - \left(\frac{XY}{M} - 2\right) = Y + 2 - \frac{XY}{M}$ 。

15. 某短周期元素的一种原子的质量数是其质子数的 2 倍多 2, 又是其最外层电子数的 3 倍。写出这种原子的符号。

答:  $^{18}\text{O}$ 。

16. 请简述溴单质、溴元素、溴分子、溴原子四者间的关系。

答: 溴单质是溴元素的游离态; 溴元素是所有质子数为 35 的原子的总称; 许多个溴分子集合成为溴单质; 每个溴分子由两个溴原子构成。

17. 112 号元素的一种原子是用  $^{70}_{30}\text{Zn}$  高能原子轰击  $^{208}_{82}\text{Pb}$ , 使锌核和铅核融合而得。该原子每次衰变都放出一个高能  $\alpha$  粒子, 最后得到比较稳定的  $^{253}_{100}\text{Fm}$ 。

(1) 112 号元素是第几周期第几族元素?

(2) 写出合成 112 号元素的反应式(112 号元素的符号用 M 表示)。

[解析] (1) 第三周期元素至 18 号止, 第四、五周期元素分别为 18 种, 第六、七周期元素分别为 32 种(若第七周期元素已完整), 则第七周期最后一个元素的序号为 118。可推得 112 号元素处在第七周期 IIB 族。

(2)  $\alpha$  粒子就是氦核, 从 112 号元素变为 100 号, 应经过 6 次衰变, 故  $^{253}_{100}\text{Fm}$  的前身应是  $^{277}_{112}\text{M}$ 。

答:  $^{70}_{30}\text{Zn} + ^{208}_{82}\text{Pb} \longrightarrow ^{277}_{112}\text{M} + ^1_0\text{n}$

18. 钙的化学活动性比钠强, 但钙与水的反应远不及钠剧烈, 合理的解释是\_\_\_\_\_。

[解析] 反应生成的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶解度小, 阻碍反应继续进行。注意到实验室不用硫酸和大理石制  $\text{CO}_2$  是由于所生成的  $\text{CaSO}_4$  溶解度小, 情况类似。

19. 从\_\_\_\_\_这个事实可以看出 N 是非金属性很强的元素。但  $\text{N}_2$  的化学性质很不活泼, 原因是\_\_\_\_\_。

[解析] 判断元素的非金属性依据有三: 元素最高价氧化物对应水化物的酸性; 与氢气化合的容易程度及对应气态氢化物的稳定性; 单质从另一种非金属的化合物中置换出另一种单质的能力。由于  $\text{N}_2$  分子的特殊结构, 后两条对氮元素不适合。

答: 氮的最高氧化物的水化物  $\text{HNO}_3$  是强酸;  $\text{N}_2$  分子由共价三键构成。

20. X、Y 分属第二、三周期, 彼此能形成  $\text{XY}_2$  型共价化合物, 一个 X 与两个 Y 原子共有 16 个价电子。若此化合物是分子晶体, 其电子式为\_\_\_\_\_; 若为原子晶体, 其分子式为\_\_\_\_\_。

答:  $:\ddot{\text{S}}::\text{C}::\ddot{\text{S}}:$   $\text{SiO}_2$ 。

21. A、B、C、D、E 均为短周期元素, 它们的原子序数依次增大, B、C、D 属同一周期, A、E 属同一族。已知 A 与 B、B 与 C 均能形成非极性分子, D 与 E 能生成离子化合物。

(1) E 离子的电子排布式为\_\_\_\_\_。

(2) A 与 D 形成化合物的电子式为\_\_\_\_\_。

(3) B 与 C 形成化合物的分子式为\_\_\_\_\_。

(4) X 与 Y 均为由上述元素中的四种组成的化合物, X 与盐酸反应生成一种气体, Y 与  $\text{NaOH}$  反应也生成一种气体。试用化学方程式表示有关反应。

答: (1)  $1s^2 2s^2 2p^6$  (2)  $\text{H}:\ddot{\text{F}}:$  (3)  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$

(4)  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$



答:  $\text{HClO}$ 。

24. 下列各组元素中,除一种外其余均可按某种共性归属一类。请选出各组的例外,并将该组的其他元素的可能归属按所给六种类别的编号填入表内。

元素组	例外元素	其余元素所属类别
S B Si Mg		
Si Ge Sb Sn		
Rb Be Te Fe		
In Tl Bi Se		

归属类别:(1)主族元素 (2)过渡元素 (3)同周期元素  
(4)同族元素 (5)金属元素 (6)非金属元素

答: B(3)(或 Mg(6)) Sb(4)(或 Si(5)) Fe(1)(或 Te(5))  
Se(5)。

## 二、分子

1. 下列分子中,\_\_\_\_\_是极性分子。

- (A)  $\text{P}_4$       (B)  $\text{PCl}_3$       (C)  $\text{NH}_3$       (D)  $\text{PCl}_5$   
(E)  $\text{CCl}_4$

[解析] 一个共价单键也是一对电子,但孤对电子的电子云伸展毕竟与一般共价键有区别。 $\text{PCl}_3$  和  $\text{NH}_3$  的中心原子各有一对孤对电子,与其他三个共价键相比是特殊的。

答：B、C。

2. 以下分子或离子中，几何构型为非三角锥形的是\_\_\_\_\_。

(A)  $\text{NF}_3$       (B)  $\text{CH}_3^-$       (C)  $\text{SO}_3$       (D)  $\text{H}_3\text{O}^+$

[解析]  $\text{NF}_3$ 、 $\text{CH}_3^-$ 、 $\text{H}_3\text{O}^+$ 与熟知的  $\text{NH}_3$  分子一样为三角锥形，其原因之一是分子中中心原子上都有一对孤对电子。S 在这里只能是 6 电子构型，没有孤对电子， $\text{SO}_3$  为平面三角形。

答：C。

3.  $\text{CO}_2$ 、 $\text{BF}_3$ 、 $\text{CCl}_4$  均为非极性分子， $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  都是极性分子。由此推断  $\text{AB}_N$  型分子为非极性分子的经验规律是\_\_\_\_\_。

- (A) 分子中不含 H 原子  
(B) 分子中所有原子都在同一平面内  
(C) A 的相对原子质量小于 B 的相对原子质量  
(D)  $\text{AB}_N$  分子中 A 原子最外电子层没有孤对电子

[解析] 孤对电子云在空间也占据一个伸展方向，这是使分子不对称的重要原因。

答：D。

4. 用带静电的有机玻璃棒靠近下列液体的细流，细流偏转的是\_\_\_\_\_。

- (A) 2-氯戊烷      (B) 二硫化碳  
(C) 溴水      (D) 四氯化碳

[解析] 使细流偏转的是极性分子。

答：A、C。

5. 已知化合物 A、B 化学式相似，化合物 A 中含钾  $a\%$ ，含硫  $b\%$ ，其余为氧。化合物 B 中含钾  $d\%$ ，含硒  $c\%$ ，其余为氧。若硫的相对原子质量为 32，则硒的相对原子质量是\_\_\_\_\_。

- (A)  $bd/32ac$       (B)  $32bd/ac$   
(C)  $32ac/bd$       (D)  $ac/32bd$

[解析] 设 Se 的相对原子质量为  $X$ 。若 A 的分子式为

$K_eS_fO_g$ , B 的分子式就是  $K_eSe_fO_g$ , 前者的相对分子质量应是  $32f/b\% = eK/a\%$ , 后者的相对分子质量是  $Xf/c\% = eK/d\%$ , 两式合并得答案为 C。

6. 碳碳双键不能自由转动, 所以  $R-CH=CH-R'$  可有  $R-C=C-R'$  和  $R-C=C-H$  两种空间结构。这种异构现象叫做顺反异构。由此判断下列烯烃中有顺反异构体的是\_\_\_\_\_。

- (A)  $CH_2=CHCH_3$                       (B)  $CH_3CH=CHC_2H_5$   
 (C)  $(CH_3)_2C=CHCH_3$               (D)  $C_2H_5CH=CHC_2H_5$

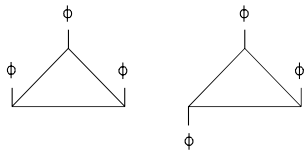
[解析] 假定某烯烃的结构是  $a-C=C-c$ , 只要  $a = b$  或  $c = d$ , 此分子就没有顺反异构。

答: B、D。

7. 下列化合物中有顺反异构体的是\_\_\_\_\_。

- (A)  $C_6H_5CH=CH_2$                       (B)  $C_6H_5-NH-OH$   
 (C)  $C_6H_5CH=N-OH$                       (D)  $C_6H_5-NH-NH_2$

[解析] 顺反异构对烯烃或环状化合物而言, 本题答案为 C。注意 N 原子上有一对孤电子, 它的电子云在空间位置上相当于一个价键。



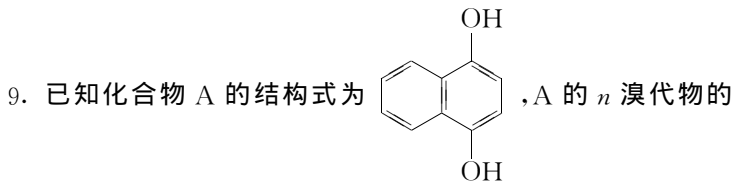
8. 1, 2, 3-三苯基环丙烷的 3 个苯基可以分布在环丙烷平面的上下, 因此有如左图 2 个异构体。据此, 可判断 1, 2, 3, 4, 5-五氯环戊烷

(假定五个碳原子也处在同一平面上) 的异构体数是\_\_\_\_\_。

- (A) 4                      (B) 5                      (C) 6                      (D) 7

[解析] 答案为 A。一种是五个氯全在平面之上, 一种是一个氯在平面之下, 还有两种均为两个氯在平面之下(二氯或相邻或相

间)。三氯、四氯在平面之下的情况都已包括在前。



异构体数目和  $m$  溴代物的异构体数目相等,  $n$  与  $m$  间的关系一定正确的是\_\_\_\_\_。

(A)  $n = m$

(B)  $2n = m$

(C)  $n + m = 6$

(D)  $n + m = 8$

[解析] 注意到苯环上共有 6 个取代位置。苯环上有  $n$  个 Br, 同时有  $6 - n$  个 H,  $n$  个 Br 与  $6 - n$  个 H 具有相同的排列数, 据题意,  $m = 6 - n$ 。

答: C。

10. 某元素的醋酸盐的相对分子质量为  $m$ , 相同价态该元素的硝酸盐的相对分子质量为  $n$ , 该元素的此种化合价为\_\_\_\_\_。

(A)  $(n - m)/3$

(B)  $(n - m)/(n + m)$

(C)  $(m - n)/6$

(D)  $(m - n)/3$

[解析] 设醋酸盐的分子式为  $\text{MAc}_x$ , 硝酸盐的分子式为  $\text{M}(\text{NO}_3)_x$ , 前者的相对分子质量为  $M + 59x = m$ , 后者的相对分子质量为  $M + 62x = n$ 。解得  $x = (n - m)/3$ 。

答: A。

11. 描述  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHC}\equiv\text{CCF}_3$  分子结构的下列叙述中正确的是\_\_\_\_\_。

(A) 6 个碳原子有可能都在一条直线上

(B) 6 个碳原子不可能都在一条直线上

(C) 6 个碳原子有可能都在同一平面上

(D) 6 个碳原子不可能都在同一平面上