

# 押新高考卷第 7-8 题

## 元素化合物的转化、物质的检验与鉴别、物质结构与性质的应用和推理

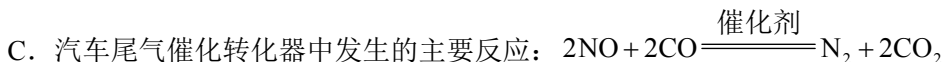
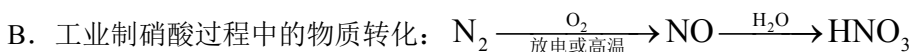
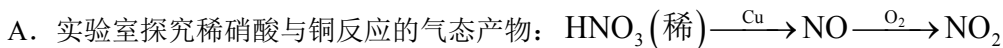
### 命题探究

| 核心考点          | 考情统计                                                                                                    | 考向预测                                                        |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 元素化合物的转化      | 2023·辽宁卷, 3<br>2023·湖北卷, 3<br>2023·湖南卷, 7<br>2023·北京卷, 7<br>2023·北京卷, 13<br>2023·广东卷, 7<br>2023·广东卷, 12 | 物质制备反应的过程分析与方程式判断; 常见物质间的反应与转化关系; 化学事实涉及的物质性质与变化; 物质的甲类而我图; |
| 物质的检验与鉴别      | 2023·辽宁卷, 4<br>2023·山东卷, 6<br>2023·天津卷, 3<br>2023·天津卷, 12                                               | 物质分离和提纯方法的选择、试剂的选择; 有机混合物的分离; 物质的鉴别与检验试剂的选择、添加顺序的判断等;       |
| 物质结构与性质的应用和推理 | 2023·湖南卷, 5<br>2023·湖北卷, 9<br>2023·北京卷, 10<br>2023·重庆卷, 6<br>2023·河北卷, 7<br>2023·天津卷, 6                 | “两大理论”与微粒构型; 分子性质与微粒间作用; 手性碳原子                              |

## 真题回顾

### 考点一 元素化合物的转化

1. (2023·江苏卷) 氮及其化合物的转化具有重要应用。下列说法不正确的是

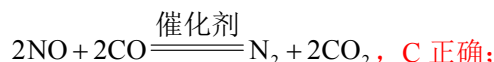


【答案】B

【解析】A. Cu 与稀硝酸的反应产物之一为 NO, NO 与氧气发生反应  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$  生成  $\text{NO}_2$ , A 正确;

B. 氮气与氧气在高温条件下生成 NO, 但 NO 无法与水发生化学反应, B 错误;

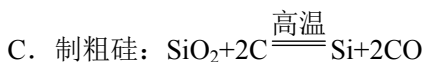
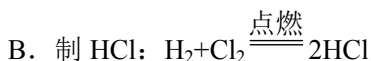
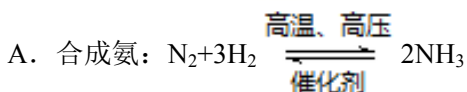
C. 汽车尾气催化转化器主要将污染气体 NO、CO 转化为无污染的气体, 故该反应方程式为



D 正确。

故选 B。

2. (2023·辽宁卷) 下列有关物质的工业制备反应错误的是



【答案】D

【解析】A. 工业合成氨是利用氮气和氢气在催化剂的条件下反应生成的, 反应方程式为  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$ , A 正确;

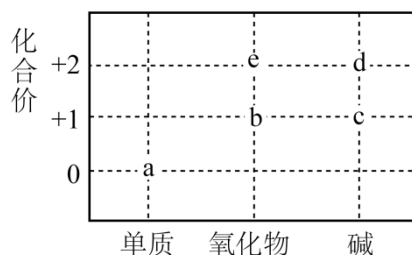


C. 工业制粗硅是将  $\text{SiO}_2$  与 C 在高温下反应生成粗硅，反应方程式为  $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO}$ ，C 正确；

D. 冶炼金属镁是电解熔融氯化镁，反应方程式为  $\text{MgCl}_2(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2\uparrow$ ，D 错误；

故答案选 D。

3. (2023·广东卷) 部分含 Na 或含 Cu 物质的分类与相应化合价关系如图所示。下列推断不合理的是



A. 可存在  $c \rightarrow d \rightarrow e$  的转化

B. 能与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成 c 的物质只有 b

C. 新制的 d 可用于检验葡萄糖中的醛基

D. 若 b 能与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{O}_2$ ，则 b 中含共价键

【答案】B

【解析】由图可知 a、b、c 对应物质分别为：钠、氧化钠（过氧化钠）、氢氧化钠或 a、b、e、d 对应物质分别为：铜、氧化亚铜、氧化铜、氢氧化铜。

A. 由分析可知氢氧化钠和硫酸铜反应生成氢氧化铜，氢氧化铜受热分解生成氧化铜所以存在  $c \rightarrow d \rightarrow e$  的转化，A 合理；

B. 钠和氧化钠（过氧化钠）都能与  $\text{H}_2\text{O}$  反应都能生成氢氧化钠，B 不合理；

C. 新制氢氧化铜可用于检验葡萄糖中的醛基，C 合理；

D. 若 b 能与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{O}_2$ ，则 b 为过氧化钠，结构中含共价键和离子键，D 合理；

故选 B。

## 考点二 物质的检验与鉴别

4. (2023·辽宁卷) 下列鉴别或检验不能达到实验目的的是

A. 用石灰水鉴别  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{NaHCO}_3$

B. 用 KSCN 溶液检验  $\text{FeSO}_4$  是否变质

C. 用盐酸酸化的  $\text{BaCl}_2$  溶液检验  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  是否被氧化

D. 加热条件下用银氨溶液检验乙醇中是否混有乙醛

【答案】A

【解析】A. 石灰水的主要成分为  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  能与碳酸钠和碳酸氢钠反应生成碳酸钙，二者均生成白色沉淀，不能达到鉴别的目的，A 错误；

B.  $\text{Fe}^{2+}$  变质后会生成  $\text{Fe}^{3+}$ ，可以利用 KSCN 溶液鉴别，现象为溶液变成血红色，可以达到检验的目的，B 正确；

C.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  被氧化后会变成  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ，加入盐酸酸化的  $\text{BaCl}_2$  后可以产生白色沉淀，可以用来检验  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  是否被氧化，C 正确；

D. 含有醛基的物质可以与银氨溶液反应生成银单质，可以用来检验乙醇中混有的乙醛，D 正确；

故答案选 A。

5. (2023·天津卷) 下列方法(试剂)中，无法鉴别  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{BaCl}_2$  两种物质的是

- A. 焰色试验      B. pH 试纸      C. 稀氨水      D.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

【答案】C

【解析】A. 钠元素、钡元素的焰色不同，可以用焰色试验鉴别碳酸钠和氯化钡，A 不符合；

B.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液显碱性， $\text{BaCl}_2$  溶液显中性，故可以用 pH 试纸检验  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{BaCl}_2$ ，B 不符合；

C.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液和  $\text{BaCl}_2$  溶液与氨水都不反应，都无现象，C 符合；

D.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液与  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液不反应， $\text{BaCl}_2$  溶液与  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  反应生成白色沉淀硫酸钡，D 不符合；

故答案为：C。

### 考点三 物质结构与性质的应用和推理

6. (2023·湖北卷) 价层电子对互斥理论可以预测某些微粒的空间结构。下列说法正确的是

- A.  $\text{CH}_4$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的 VSEPR 模型均为四面体  
B.  $\text{SO}_3^{2-}$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  的空间构型均为平面三角形  
C.  $\text{CF}_4$  和  $\text{SF}_4$  均为非极性分子  
D.  $\text{XeF}_2$  与  $\text{XeO}_2$  的键角相等

【答案】A

【解析】A. 甲烷分子的中心原子的价层电子对为 4，水分子的中心原子价层电子对也为 4，所以他们的 VSEPR 模型都是四面体，A 正确；

B.  $\text{SO}_3^{2-}$  的孤电子对为 1， $\text{CO}_3^{2-}$  的孤电子对为 0，所以  $\text{SO}_3^{2-}$  的空间构型为三角锥形， $\text{CO}_3^{2-}$  的空间构型为平面三角形，B 错误；

C.  $\text{CH}_4$  为正四面体结构，为非极性分子， $\text{SF}_4$  中心原子有孤电子对，为极性分子，C 错误；

D.  $\text{XeF}_2$  和  $\text{XeO}_2$  分子中，孤电子对不相等，孤电子对越多，排斥力越大，所以键角不等，D 错误；

故选 A。

7. (2023·湖北卷) 物质结构决定物质性质。下列性质差异与结构因素匹配错误的是

| 选项 | 性质差异                                                                                                                         | 结构因素   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| A  | 沸点：正戊烷(36.1℃)高于新戊烷(9.5℃)                                                                                                     | 分子间作用力 |
| B  | 熔点： $\text{AlF}_3$ (1040℃)远高于 $\text{AlCl}_3$ (178℃升华)                                                                       | 晶体类型   |
| C  | 酸性： $\text{CF}_3\text{COOH}$ ( $\text{p}K_{\text{a}} = 0.23$ )远强于 $\text{CH}_3\text{COOH}$ ( $\text{p}K_{\text{a}} = 4.76$ ) | 羟基极性   |

|   |                                                                   |       |
|---|-------------------------------------------------------------------|-------|
| D | 溶解度(20℃): $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (29g) 大于 $\text{NaHCO}_3$ (8g) | 阴离子电荷 |
|---|-------------------------------------------------------------------|-------|

【答案】D

【解析】A. 正戊烷和新戊烷形成的晶体都是分子晶体，由于新戊烷支链多，对称性好，分子间作用力小，所以沸点较低，故 A 正确；

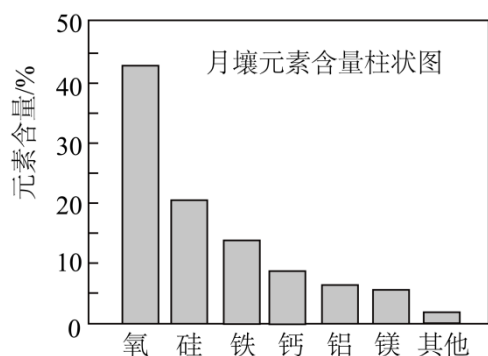
B.  $\text{AlF}_3$  为离子化合物，形成的晶体为离子晶体，熔点较高， $\text{AlCl}_3$  为共价化合物，形成的晶体为分子晶体，熔点较低，则  $\text{AlF}_3$  熔点远高于  $\text{AlCl}_3$ ，故 B 正确；

C. 由于电负性  $\text{F} > \text{H}$ ，C-F 键极性大于 C-H 键，使得羧基上的羟基极性增强，氢原子更容易电离，酸性增强，故 C 正确；

D. 碳酸氢钠在水中的溶解度比碳酸钠小的原因是碳酸氢钠晶体中  $\text{HCO}_3^-$  间存在氢键，与晶格能大小无关，即与阴离子电荷无关，故 D 错误；

答案选 D。

8. (2022·天津卷) 嫦娥 5 号月球探测器带回的月壤样品的元素分析结果如图，下列有关含量前六位元素的说法正确的是



A. 原子半径:  $\text{Al} < \text{Si}$

B. 第一电离能:  $\text{Mg} < \text{Ca}$

C. Fe 位于元素周期表的 p 区

D. 这六种元素中，电负性最大的是 O

【答案】D

【解析】A. Al、Si 同周期，Al 的核电荷数小于 Si，原子半径:  $\text{Al} > \text{Si}$ ，故 A 错误；

B. Mg、Ca 同主族，同主族从上到下第一电离能减小，故 B 错误；

C. Fe 位于元素周期表的 d 区，故 C 错误；

D. 同周期元素从左到右电负性增大，同主族元素从上到下电负性减弱，则由此可知六种元素中电负性最大的为 O，故 D 正确；

故选: D。

9. (2022·天津卷) 利用反应  $2\text{NH}_3 + \text{NaClO} = \text{N}_2\text{H}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  可制备  $\text{N}_2\text{H}_4$ 。下列叙述正确的是

A.  $\text{NH}_3$  分子有孤电子对，可做配体

B. NaCl 晶体可以导电

C. 一个  $\text{N}_2\text{H}_4$  分子中有 4 个  $\sigma$  键

D. NaClO 和 NaCl 均为离子化合物，他们所含的化学键类型相同

【答案】A

【解析】A.  $\text{NH}_3$  中 N 原子的孤电子对数  $= \frac{5-3 \times 1}{2} = 1$ ，可以提供 1 对孤电子对，可以做配体，A 正确；

B. 导电需要物质中有可自由移动的离子或电子，NaCl 晶体中没有自由移动的电子或者离子，故不能导电，B 错误；

C. 单键属于  $\sigma$  键，双键中含有 1 个  $\sigma$  键和 1 个  $\pi$  键，三键中含有 1 个  $\sigma$  键和 2 个  $\pi$  键； $\text{N}_2\text{H}_4$  的结构式为

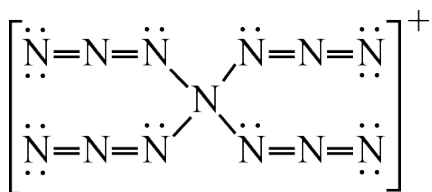
$$\begin{array}{c} \text{H}-\text{N}-\text{N}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$

，分子中含有 5 个  $\sigma$  键，C 错误；

D. NaClO 含有离子键和共价键，NaCl 只含有离子键，都是离子化合物，但所含的化学键类型不同，D 错误；

故选 A。

10. (2022·辽宁卷) 理论化学模拟得到一种  $\text{N}_{13}^+$  离子，结构如图。下列关于该离子的说法错误的是



A. 所有原子均满足 8 电子结构

B. N 原子的杂化方式有 2 种

C. 空间结构为四面体形

D. 常温下不稳定

【答案】B

【解析】A. 由  $\text{N}_{13}^+$  的结构式可知，所有 N 原子均满足 8 电子稳定结构，A 正确；

B. 中心 N 原子为  $\text{sp}^3$  杂化，与中心 N 原子直接相连的 N 原子为  $\text{sp}^2$  杂化，与端位 N 原子直接相连的 N 原子为  $\text{sp}$  杂化，端位 N 原子为  $\text{sp}^2$  杂化，则 N 原子的杂化方式有 3 种，B 错误；

C. 中心 N 原子为  $\text{sp}^3$  杂化，则其空间结构为四面体形，C 正确；

D.  $\text{N}_{13}^+$  中含叠氮结构 ( $-\text{N}=\text{N}=\text{N}:$ )，常温下不稳定，D 正确；

故答案选 B。

## 解题秘籍

### 一、掌握常见物质检验与鉴别的方法

#### 1. 常见气体的检验

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| $\text{CO}_2$ | 无色无味气体通入澄清石灰水，澄清石灰水变浑浊      |
| $\text{SO}_2$ | 通入品红溶液，红色褪去，再加热又变红色         |
| HCl           | ①可使湿润的蓝色石蕊试纸(或湿润的 pH 试纸)变红； |

|                         |                                                           |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                         | ②可使蘸有浓氨水的玻璃棒产生白烟；<br>③通入用硝酸酸化的硝酸银溶液产生白色沉淀                 |
| $\text{NH}_3$<br>(碱性气体) | ①可使蘸有浓盐酸的玻璃棒产生白烟；<br>②可使湿润的红色石蕊试纸变蓝。                      |
| $\text{H}_2$            | 通过灼热氧化铜，固体由黑色变为红色，气体通过无水硫酸铜，粉末变蓝                          |
| $\text{CO}$             | 通过灼热氧化铜，固体由黑色变为红色，气体通过澄清石灰水，溶液变浑浊                         |
| $\text{NO}$             | 与 $\text{O}_2$ (或空气)反应，气体由无色变为红棕色                         |
| $\text{O}_2$            | 可使带火星的木条复燃                                                |
| $\text{Cl}_2$           | ①黄绿色、有刺激性气味；<br>②可使湿润的有色布条褪色；<br>③可使湿润的淀粉-KI 试纸变蓝         |
| $\text{NO}_2$           | ①红棕色、有刺激性气味；<br>②溶于水，溶液无色但能使紫色石蕊溶液变红；<br>③可使湿润的淀粉-KI 试纸变蓝 |

## 2. 常见有机物的检验

- (1) 含碳碳双(三)键的有机物：能使少量溴水或酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色。
- (2) 乙醇：将螺旋状铜丝加热至表面有黑色物质生成，迅速插入待测溶液，反复多次，可见铜丝被还原成光亮的红色，并有刺激性气味物质产生。
- (3) 乙醛或葡萄糖：加入银氨溶液中，水浴加热，产生银镜；或加入新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  中，加热，有砖红色沉淀生成。
- (4) 乙酸：使石蕊溶液变红；或与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  或  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应有气泡生成；或使新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  溶解得到蓝色溶液。
- (5) 乙酸乙酯：加入滴有酚酞的  $\text{NaOH}$  溶液，加热，红色变浅或褪去。
- (6) 淀粉：滴加碘水，呈蓝色。
- (7) 蛋白质：灼烧，有烧焦羽毛的气味；或加入浓硝酸微热，出现黄色沉淀，以此来检验含苯环的蛋白质。

## 3. 物质鉴别的常用方法

|      | 鉴别方法  | 适用范围            | 举例                                                                                     |
|------|-------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 物理方法 | 观察法   | 被鉴别物质的状态、颜色等不同  | 如 $\text{CuCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$ 与 $\text{NaCl}$ 溶液； $\text{O}_2$ 与 $\text{Cl}_2$ 等 |
|      | 水溶法   | 被鉴别物质在水中的溶解情况不同 | 如 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 与 $\text{CaCO}_3$                                           |
|      | 焰色试验法 | 某些金属或金属离子       | 如钾盐、钠盐的鉴别                                                                              |
| 化学方法 | 加热法   | 易分解的物质          | 如含 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$                                                  |

|  |       |                  |                                                                             |
|--|-------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|  |       |                  | 的盐类；结晶水合物失水等                                                                |
|  | 显色法   | 某些离子在特定试剂中显示特殊颜色 | 如用石蕊、酚酞、pH 试纸检验 $H^+$ 或 $OH^-$ ；利用 $Fe^{3+}$ 遇 $SCN^-$ 呈红色等                 |
|  | 水溶法   | 被鉴别物质加水后有特殊现象    | 如无水 $CuSO_4$ 加水变蓝， $CaC_2$ 加水产生气体                                           |
|  | 点燃法   | 可燃物的燃烧现象、产物不同    | 如 $H_2$ 在 $Cl_2$ 中燃烧呈苍白色火焰                                                  |
|  | 指定试剂法 | 待鉴别物质性质存在差异性     | 如 $(NH_4)_2SO_4$ 、 $Na_2SO_4$ 、 $NH_4Cl$ 、 $NaCl$ 四种无色溶液，可选择 $Ba(OH)_2$ 来鉴别 |

#### 限用一种试剂的物质鉴别方法：

- (1) 先分析被鉴别物质的水溶性、密度、溶液的酸碱性，确定能否选用水或指示剂进行鉴别。
- (2) 在鉴别多种酸、碱、盐的溶液时，可依据“相反原理”确定试剂进行鉴别。即被鉴别的溶液多数呈酸性时，可选用碱或水解呈碱性的盐溶液作试剂；若被鉴别的溶液多数呈碱性时，可选用酸或水解呈酸性的盐溶液作试剂。
- (3) 常用溴水、新制氢氧化铜等作试剂鉴别多种有机物。

#### 不另加试剂鉴别物质的一般分析思路：

- (1) 先依据外观特征，鉴别出其中的一种或几种。
- (2) 若均无明显外观特征，可考虑能否用加热或焰色试验的方法区别开来。
- (3) 若以上两种方法都不能鉴别时，可考虑两两混合或相互滴加，记录混合后的反应现象，分析确定。
- (4) 若被鉴别物质两两滴加时，可考虑因试剂加入的顺序不同、现象不同而进行鉴别。如  $Al^{3+}$  与  $OH^-$ ， $CO_3^{2-}$  与  $H^+$  等。
- (5) 若采用上述方法鉴别出一种物质后，可用它作试剂鉴别余下的其他物质。
- (6) 若两液体互不相溶，可利用密度不同确定两液体。

#### 【易错提醒】阳离子检验的注意事项

$NaOH$  溶液可以同时鉴别出若干种阳离子，包括  $Al^{3+}$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $NH_4^+$ 、 $Mg^{2+}$  等多种离子，在阳离子鉴别中， $NaOH$  溶液是一种应用较广的试剂。若先使用  $NaOH$  溶液(必要时可加热)检验出几种离子，再用其他方法鉴别用  $NaOH$  溶液鉴别不出来的离子，整个问题可以较快解决。

#### 阴离子检验的注意事项

- ①  $AgNO_3$  溶液与稀硝酸、 $BaCl_2$  溶液与稀盐酸这两组试剂，可以鉴别出若干种阴离子，是阴离子鉴别最常用的试剂组合。一般说来，若待检的若干种离子中有  $SO_4^{2-}$ ，最好先用  $BaCl_2$  溶液和盐酸这组试剂，检出包括  $SO_4^{2-}$  在内的一些离子，其他离子再用  $AgNO_3$  溶液与稀硝酸等去鉴别。
- ② 为了检验某盐中含  $SO_3^{2-}$  或  $CO_3^{2-}$ ，可以直接加酸(非氧化性酸，如盐酸)，根据放出气体的气味等特征现象判断气体是  $CO_2$  或  $SO_2$ ，进而确定物质中含  $CO_3^{2-}$  或  $SO_3^{2-}$ 。



③灵活运用阴离子检验的知识，有时可以解决某些阳离子的鉴别问题。例如，在一定条件下，可考虑用卤素离子(如  $\text{Cl}^-$ )检出  $\text{Ag}^+$ ，用  $\text{SO}_4^{2-}$  检出  $\text{Ba}^{2+}$ 。

## 二、利用物质结构理论判断问题

### 1.根据价层电子对互斥模型判断分子或离子的空间结构

#### (1) 方法 I

根据上述方法 I 计算出  $\sigma$  键电子对数和中心原子上的孤电子对数，在确定了  $\sigma$  键电子对数和中心原子上的孤电子对数后，可以依据下面的方法确定相应的较稳定的分子或离子的空间结构：

$\sigma$  键电子对数+孤电子对数=价层电子对数  $\xrightarrow{\text{价层电子对相互排斥}}$  VSEPR 模型  $\xrightarrow{\text{略去孤电子对}}$  分子的空间结构

以  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NF}_3$  为例：

① $\text{CO}_2$ ：中心 C 原子的价电子为 4，配位原子为氧原子，配位原子数为 2，即有 2 对  $\sigma$  键电子对数，中心 C 原子上的孤电子对数= $[4-2 \times (8-6)]/2=0$ ，即中心 C 原子无孤电子对，VSEPR 模型就是分子的实际构型，价层电子对数为 2 的 VSEPR 模型为直线形，则  $\text{CO}_2$  的实际构型为直线形。

② $\text{NH}_4^+$ ：中心 N 原子的价电子为 5，配位原子为氢原子，配位原子数为 4， $\text{NH}_4^+$  带 1 个正电荷，中心 N 原子上的孤电子对数= $[5-1-4 \times (2-1)]/2=0$ ，即中心 N 原子无孤电子对，VSEPR 模型就是分子的实际构型，价层电子对数为 4 的 VSEPR 模型为四面体形，则  $\text{NH}_4^+$  的实际构型为正四面体形。

③ $\text{NF}_3$ ：中心 N 原子的价电子为 5，配位原子为氟原子，配位原子数为 3，不带电荷，中心 N 原子上的孤电子对数= $[5-3 \times (8-7)]/2=1$ ，即中心 N 原子有 1 孤电子对，VSEPR 模型略去 1 孤电子对才是分子的实际构型，价层电子对数为 4 的 VSEPR 模型为四面体形，则  $\text{NF}_3$  的实际构型为三角锥形。

#### (2) 方法 II

根据上述方法 II 计算出价层电子对总数和中心原子上的孤电子对数，根据价层电子对总数得出 VSEPR 模型，由 VSEPR 模型略去孤电子对就可以得出分子的实际构型。

价层电子对数  $\xrightarrow{\text{价层电子对相互排斥}}$  VSEPR 模型  $\xrightarrow{\text{略去孤电子对}}$  分子的空间结构

以  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NF}_3$  为例：

① $\text{CO}_2$ ：中心 C 原子的价电子为 4，配位原子为氧原子，不计算配位原子数，中心 C 原子的价层电子对数= $4/2=2$ ，中心碳原子与两个氧原子结合，故  $\text{CO}_2$  中 C 原子孤电子对数= $2-2=0$ ，即中心 C 原子无孤电子对，VSEPR 模型就是分子的实际构型，价层电子对数为 2 的 VSEPR 模型为直线形，则  $\text{CO}_2$  的实际构型为直线形。

② $\text{NH}_4^+$ ：中心 N 原子的价电子为 5，配位原子为氢原子，配位原子数为 4， $\text{NH}_4^+$  带 1 个正电荷，中心 N 原子的价层电子对数= $(5+4-1)/2=4$ ，中心 N 原子与 4 个氢原子结合，故  $\text{NH}_4^+$  中 N 原子孤电子对数= $4-4=0$ ，即中心 N 原子无孤电子对，VSEPR 模型就是分子的实际构型，价层电子对数为 4 的 VSEPR 模型为四面体形，则  $\text{NH}_4^+$  的实际构型为正四面体形。

③ $\text{NF}_3$ ：中心 N 原子的价电子为 5，配位原子为氟原子，配位原子数为 3，不带电荷，中心 N 原子的价层电子对数= $(5+3)/2=4$ ，中心 N 原子与 3 个氟原子结合，故  $\text{NF}_3$  中 N 原子孤电子对数= $4-3=1$ ，即中心 N 原子有 1 孤电子对，VSEPR 模型略去 1 孤电子对才是分子的实际构型，价层电子对数为 4 的 VSEPR 模型为四面体

形，则  $\text{NF}_3$  的实际构型为三角锥形。

## 2.杂化轨道类型的判断方法

(1) 根据价层电子对互斥模型判断中心原子的杂化类型、空间结构

在确定了分子或离子的中心原子上的成键电子对数和孤电子对数后，可以依据下面的方法确定其中心原子的杂化轨道类型： $\sigma$  键电子对数(成键电子对数)+孤电子对数=价电子对数=杂化轨道数

$$\begin{cases} 2 \rightarrow sp \\ 3 \rightarrow sp^2 \\ 4 \rightarrow sp^3 \end{cases}$$

根据杂化类型及孤电子对数即可判断分子或离子的空间结构，列表如下：

| 价层电子对数 | 杂化轨道类型 | 成键电子对数 | 孤电子对数 | 杂化轨道数 | 分子空间结构 | 实例                                                     |
|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------------------------------------------------------|
| 2      | $sp$   | 2      | 0     | 2     | 直线形    | $\text{BeCl}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCN}$         |
| 3      | $sp^2$ | 3      | 0     | 3     | 平面三角形  | $\text{BF}_3$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$     |
|        |        | 2      | 1     |       | V 形    | $\text{SnBr}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2^-$      |
| 4      | $sp^3$ | 4      | 0     | 4     | 四面体形   | $\text{CHCl}_3$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ |
|        |        | 3      | 1     |       | 三角锥形   | $\text{NH}_3$ 、 $\text{PCl}_3$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$    |
|        |        | 2      | 2     |       | V 形    | $\text{OF}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_2^-$ |

(2) 根据杂化轨道间的夹角判断

| 杂化轨道间的夹角       | 杂化轨道类型 |
|----------------|--------|
| $109^\circ28'$ | $sp^3$ |
| $120^\circ$    | $sp^2$ |
| $180^\circ$    | $sp$   |

(3) 根据分子或离子的空间结构判断

| 分子或离子的空间结构 | 杂化轨道类型 |
|------------|--------|
| 正四面体形      | $sp^3$ |
| 平面三角形      | $sp^2$ |
| 直线形        | $sp$   |

(4) 根据共价键类型判断

由杂化轨道理论可知，原子之间成键时，未参与杂化的轨道用于形成  $\pi$  键，杂化轨道用于形成  $\sigma$  键或用来容纳未参与成键的孤电子对。对于能明确结构式的分子、离子，其中心原子的杂化轨道数  $n$ =中心原子形成的  $\sigma$  键数+中心原子上的孤电子对数，即可将结构式和电子式相结合，从而判断中心原子形成的  $\sigma$  键数和中心原子上的孤电子对数，进而判断杂化轨道数。例如：

①在  $\text{SiF}_4$  分子中，基态硅原子有 4 个价电子，与 4 个氟原子形成 4 个  $\sigma$  键，没有孤电子对， $n=4$ ，则  $\text{SiF}_4$  分子中硅原子采用  $sp^3$  杂化。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/008100030062006127>