



(第二版)

高中

奥林匹克化学
初级竞赛示例

OLYMPIC

郑胤飞 编著

复旦大学出版社

前 言

一、本书适用范围: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。

七、第二版在第一版的基础上增加了部分新题型、综合试题和部分讲义。

目 录

一、元素 原子 元素周期律	1
二、分子	10
三、化学键	18
四、晶体结构	25
五、气体的发生	30
六、气体的推断	35
七、气体的反应	38
八、实验室气体反应装置	45
九、物质检验	56
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	83
十四、酸式盐	88
十五、沉淀 离子共存	96
十六、氧化还原反应理论	101
十七、氧化还原反应方程式	106
十八、氯、硫、氮、铁等元素的氧化还原反应	110
十九、化学工业与氧化还原反应	118
二十、电化学	121
二十一、化学反应速度	125

二十二、化学平衡	128
二十三、水的电离和溶液的 pH 值	141
二十四、电离平衡	147
二十五、盐类水解平衡	153
二十六、有机反应基本类型	158
二十七、烃	165
二十八、烃的衍生物	174
二十九、糖类和含氮化合物	187
三十、有机反应中提示或信息的运用	193
三十一、有机合成	212
三十二、关于混合物的计算	226
三十三、氧化还原反应中物质的量递推	231
三十四、由关键元素入手进行计算	241
三十五、利用差量进行计算	251
三十六、多答案的计算题	258
三十七、“缺条件”计算	272
三十八、综合试题	279

附

化学平衡和酸碱电离平衡(讲义一)	303
过渡元素 络合物(讲义二)	330
电化学 氧化还原反应(讲义三)	365

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 是各同位素的平均相对原子质量, 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. 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。

3. 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。

4. 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

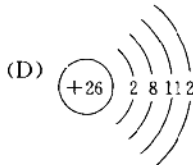
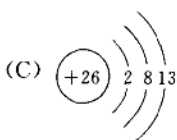
[解析] 据所给出的相对分子质量，X 原子的质量数只有 35 和 37 两种。不可能有质量数为 36 的同位素，因为 ^{35}X 和 ^{36}X 两种原子结合而成的分子的相对分子质量是 71。因此相对分子质量为 70 的 X_2 由两个 ^{35}X 原子构成，相对分子质量为 72 的 X_2 由一个 ^{35}X 原子和一个 ^{37}X 原子构成，相对分子质量为 74 的 X_2 由两个 ^{37}X 原子构成。据 3 种分子物质的量之比， ^{35}X 的原子百分数为： $(9 \times 2 + 6) / [2 \times (9 + 6 + 1)] = 75\%$ 。

答：C。

5. 下列关于 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) $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$



[解析] Fe 原子的价电子层结构为 $3d^6 4s^2$ ，失去的首先是 s 电子， Fe^{3+} 结构为 $3d^5$ 。

答：C。

6. 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，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) XY₂ (C) XY₃ (D) X₂Y₃

[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。

7. 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, Al³⁺ 就能提供 6 个轨道形成络离子[AlF₆]³⁻, P 就能提供 5 个轨道形成共价化合物 PCl₅。B(OH)₃ 溶于水形成[B(OH)₄]⁻ 是由于接受了 H₂O 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。

8. 下列阳离子最易被氧化的是_____。

(A) Sn²⁺ (B) Tl⁺ (C) Pb²⁺ (D) Bi³⁺

[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 Sn²⁺ 比 Pb²⁺ 易氧化, 这是熟知的。Tl⁺、Bi³⁺ 与 Pb²⁺ 同为第六周期元素, 最外层电子结构都是 6s², 化学稳定性也是相同的。

答: A。

9. 核裂变与化学反应相比较, 二者不同的是_____。

(A) 质量守恒

(B) 电荷守恒

(C) 有新物质产生 (D) 原子核发生变化

答: A、D。

10. 农用化肥和城市粪便任意排放会使地下水中含氮量增高,其中对人体有害的含氮污染物主要是_____。

(A) NO_3^- (B) NO_2^- (C) NH_4^+ (D) 有机氮

答: B。

11. 判断古生物的年代常用 ^{14}C 定年法。若干万年前,始祖鸟通过摄食吸收了动植物体中含有放射性 ^{14}C 的营养物质(死亡后不再吸收)。随着年代的推移,始祖鸟中 ^{14}C 含量逐步衰变减少。古生物学家在对始祖鸟化石的测定中发现 ^{14}C 含量为现代鸟的 $(1/2)^N$ 倍。已知地表 ^{14}C 的含量基本不变, ^{14}C 的半衰期为 T 年。推测始祖鸟距今已有_____年。

(A) $(NT)^2$ (B) $NT/2$ (C) NT (D) $2NT$

答: C。

12. 某元素E的相对原子质量近似为 M ,有质量数分别为 m 和 n 的两种原子,则 ^mE 和 ^nE 在自然界中的原子数比约为_____。

(A) $\frac{M-n}{m-M}$ (B) $\frac{M-n}{m-n}$

(C) $\frac{M-m}{M-n}$ (D) $\frac{m-n}{M-n}$

答: A。

13. 假定把 ^{12}C 的相对原子质量定为24,下列说法中不正确的是_____。

(A) ^{16}O 的相对原子质量为32

(B) 阿佛加德罗个氧分子与阿佛加德罗个氢分子的质量比为16:1

(C) 24克 ^{12}C 的原子数约为 6.02×10^{23} 个

(D) CO_2 的摩尔质量为88克/摩尔,所以44克 CO_2 的体积约

是 11.2 升(标准状况)

答: C、D。

14. 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 RO_4^{2-} ; ② RO_3^{-} ; 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 SO_4^{2-} ; ② CO_3^{-} 、 SO_3^{-} ; 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)。

15. 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 (NO 、 NO_2), 后者指 H、C (C_2H_2 、 C_2H_4)。

16. 核内中子数为 N 的 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 R_2O , R_2O 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。

17. 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 $Y - \left(\frac{XY}{M} - 2\right) = Y + 2 - \frac{XY}{M}$ 。

18. 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}O 。

19. 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。

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

21. 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 CO_2 是由于所生成的 CaSO_4 溶解度小，情况类似。

22. 从_____这个事实可以看出 N 是非金属性很强的元素。但 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 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 HNO_3 是强酸; N_2 分子由共价三键构成。

23. X、Y 分属第二、三周期,彼此能形成 AB_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: $:\ddot{S}::C::\ddot{S}: \quad SiO_2$ 。

24. 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 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) $1s^2 2s^2 2p^5$ (2) $H:\ddot{F}: \quad (3) CO、CO_2$

(4) $NaHCO_3 + HCl = NaCl + CO_2 \uparrow + H_2O$

$CH_3COONa + NaOH \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_4 \uparrow + Na_2CO_3$

25. A、B、C、D、E 为原子序数由小到大的五种短周期元素,后四种为同一周期,A 与 D 同一族。B、C、E 三种元素的原子最外层均有 1 个未成对电子。向由 A、B、D 三种元素组成的离子化合物 F 的浓溶液中加入 C、E 两元素组成的化合物 G 的水溶液

后产生沉淀和气体 H, 将沉淀过滤后, 向沉淀中加入稍过量的稀 NaOH 溶液, 沉淀部分溶解, 未溶部分可溶于 CS₂, 若将它点燃可产生气体 H。

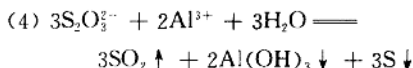
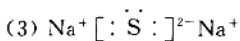
(1) 五种元素符号依次是_____。

(2) A 的单质能形成_____晶体。

(3) B 和 -2 价 D 元素所形成的化合物的电子式是_____。

(4) 写出 F、G 两物质的水溶液混合后发生反应的离子方程式。

[解析] (1) O、Na、Al、S、Cl (2) 分子



原子最外层有一个未成对电子的主族元素是 IA、IIIA 和 VIIA 族, 易确定 B、C、E 三种元素分别是 Na、Al、Cl。(4) 式中 Al³⁺ 实际起酸的作用, 可理解为它先水解:



26. A、B、C 是三种互不同族也不同周期的短周期元素, 原子序数总和为 26, 它们可以结合成一种三原子化合物, 这种化合物的分子式为_____。

[解析] A 是 H, 这是首先被确定的。

答: HClO。

27. 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)。

28. 放射性同位素的蜕变反应速率可表示为 $2.3 \lg \frac{c_0}{c} = kt$ 。

式中 c_0 为物体内存射性物质的初始浓度, c 为某时的浓度, t 为反应所经历的时间, k 为蜕变速率常数。在蜕变反应中, 反应物消耗一半所需要的时间称为半衰期。利用速率常数和半衰期可以确定岩石、古代动植物化石的“年龄”。

碳的放射性同位素 ^{14}C 在自然界树木中的分布基本保持总碳量的 $1.10 \times 10^{-13}\%$ 。某考古队在一山洞内发现一些古代的木头灰烬, 其 ^{14}C 的含量为总碳量的 $9.9 \times 10^{-15}\%$ 。已知 ^{14}C 的半衰期为 5700 年。计算: 该灰烬距今已约有多少年?

[解析] $k = 2.3 \lg 2 / t_{1/2}$

$$t = \frac{2.3 \lg \frac{c_0}{c}}{k} = \frac{\lg \frac{1.1 \times 10^{-13}}{9.9 \times 10^{-15}}}{\frac{\lg 2}{5700}} = 19800 \text{ 年}$$

二、分子

1. 下列分子中, _____ 是极性分子。

- (A) P_4 (B) PCl_3 (C) NH_3 (D) PCl_5
(E) 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。 PCl_3 和 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) NF_3 (B) CH_3^- (C) SO_3 (D) H_3O^+

[解析] NF_3 、 CH_3^- 、 H_3O^+ 与熟知的 NH_3 分子一样为三角锥型,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, SO_3 为平面三角形。

答: C。

3. CO_2 、 BF_3 、 CCl_4 均为非极性分子, NH_3 、 H_2O 、 H_2S 都是极性分子。由此推断 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) 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 $K_xS_yO_z$ ，B 的分子式就是 $K_xSe_yO_z$ ，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

$$\begin{array}{ccc} R-C=C-R' & \text{和} & R-C=C-H \\ | \quad | & & | \quad | \\ H \quad H & & H \quad R' \end{array}$$

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

$$\begin{array}{ccc} & | & | \\ & b & d \end{array}$$

$c = d$ ，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) $C_6H_5CH=CH_2$

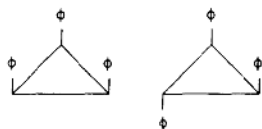
(B) $C_6H_5-NH-OH$

(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也相当于一个价键。

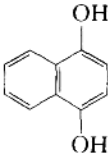


8. 1, 2, 3-三苯基环丙烷的 3 个苯基可以分布在环丙烷平面的上下, 因此有如左图 2 个异构体。据此, 可判断 1, 2, 3, 4, 5-五氯环戊

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。

9. 已知化合物 A 的结构式为 , A 的 n 溴代物的

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 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

[解析] 左数第二、三个 C 均采用 sp^2 杂化轨道成键, 分别与三个原子相连, 三键间的夹角是 120° , 故 6 个 C 原子不可能在同一直线上。但由于单键的旋转, 它们有可能瞬间处在同一平面上。

答: B、C。

12. 一种录像带磁粉中含有物质 $\text{CoFe}_{3-x}\text{O}_{3+x}$, 其中钴和铁的化合价要么是+2, 要么是+3。下列选项中正确的是_____。

- ① $x=1$ ② $x=2$ ③ Fe 为+3 价
- ④ Fe 为+2 价 ⑤ Co 为+3 价 ⑥ Co 为+2 价
- (A) ①③⑤ (B) ②③⑥ (C) ②④⑤ (D) ①③⑥

答: D。

13. 在 120°C 时分别进行如下四个反应:

- (A) $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$
- (B) $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$
- (C) $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$
- (D) $\text{C}_4\text{H}_8 + 6\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$

(1) 若反应在容积固定的容器内进行, 反应前后气体密度(d)和气体总压强(p)分别符合 $d_{\text{前}}=d_{\text{后}}$ 和 $p_{\text{前}}>p_{\text{后}}$ 的是_____; 符合 $d_{\text{前}}=d_{\text{后}}$ 和 $p_{\text{前}}=p_{\text{后}}$ 的是_____。