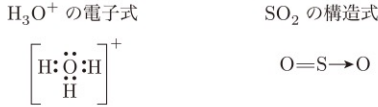


発展例題 1-1

【問題文】

分子・イオンの電子式および構造式に関する以下の設問に答えよ。ただし、電子式および構造式の表記は、以下の例にならって記せ。特に指示がない限り、電子式はオクテット則を満たす形で記すこと。また、分子・イオンの形状を答える際には、以下の選択肢の中から選び、記号で答えよ。

〔電子式・構造式の記入例〕



〔分子・イオンの形状の選択肢〕

(a) 直線形

(b) 折れ線形

(c) 正四面体

(d) 三角錐

(e) (平面) 正三角形

(f) (平面) 二等辺三角形

- (1) アンモニウムイオン NH₄⁺ の電子式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (2) 三酸化硫黄 SO₃ の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (3) オゾン O₃ の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (4) 亜硫酸イオン SO₃²⁻ の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (5) 硫酸イオン SO₄²⁻ の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (6) 炭酸イオン CO₃²⁻ の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (7) 亜硝酸イオン NO₂⁻ の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (8) 硝酸イオン NO₃⁻ の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (9) 酢酸イオン CH₃COO⁻ の電子式と構造式を記せ。
- (10) 過塩素酸イオン ClO₄⁻ の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (11) シアン化水素 HCN の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (12) ホルムアルデヒド HCHO の電子式と構造式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (13) アジ化物イオン N₃⁻ の電子式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (14) ニトロニウムイオン NO₂⁺ の電子式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (15) 麻酔効果があることから笑気ガスという俗称でも知られる一酸化二窒素（亜酸化窒素）N₂O の電子式を記せ。また、その形状の記号を答えよ。
- (16) 四酸化二窒素 N₂O₄ の電子式と構造式を記せ。
- (17) 二酸化窒素 NO₂ の電子式を記せ。ただし、ここではオクテット則は満たさなくてよいものとする。また、その形状の記号を答えよ。
- (18) 一酸化窒素 NO の電子式を記せ。ただし、ここではオクテット則は満たさなくてよいものとする。
- (19) 三フッ化ホウ素 BF₃ の電子式と構造式を記せ。ただし、ここではオクテット則は満たさなくてよいものとする。また、その形状の記号を答えよ。
- (20) BF₃ の電子式は、オクテット則を満たす形で書くこともできる。(19)で答えた BF₃ の電子式を、オクテット則を満たす形に書き直して記せ。
- (21) 一酸化炭素 CO の電子式を、オクテット則を満たす形、満たさない形の2通りで記せ。

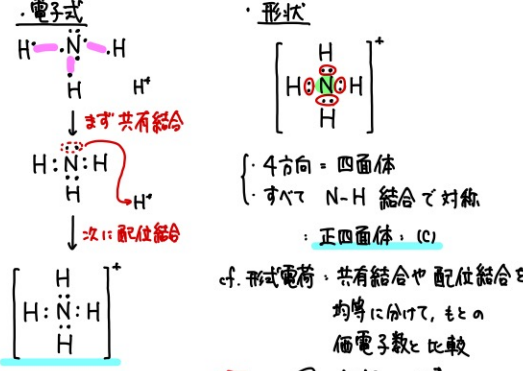
☆ 電子式の描き方 とは言え覚えてしまいうるにはやろう...

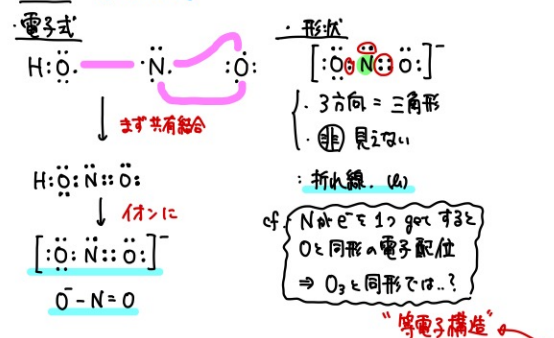
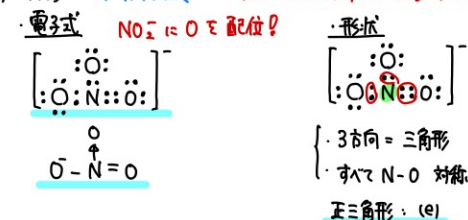
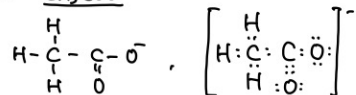
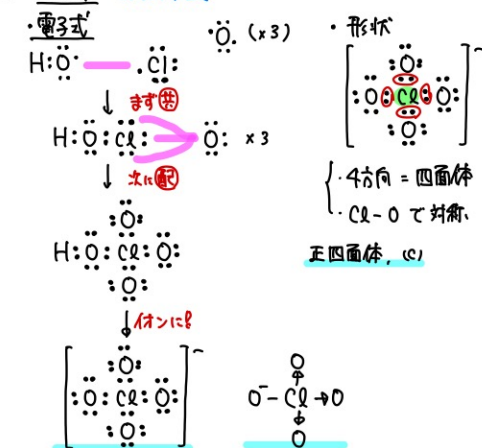
- ① まずは不対電子を、って共有結合
- ② ①のりになら 配位結合
- cf. 等電子構造も活用
- ※ オキソ酸のイオンは、H⁺を補うと分かりやすい!

☆ 分子の形状決定

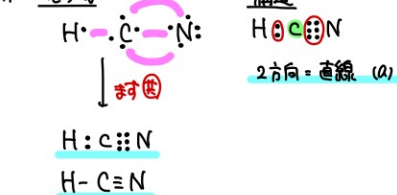
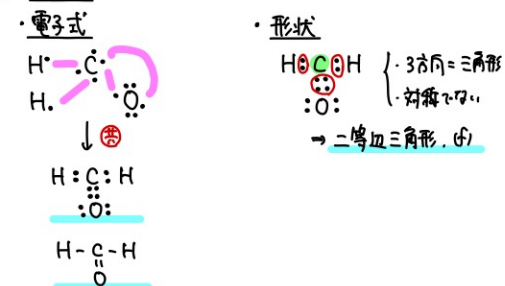
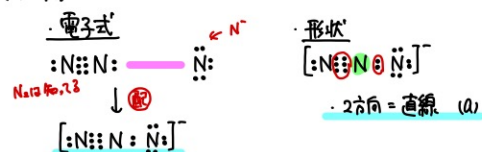
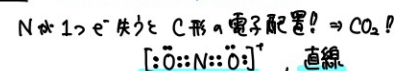
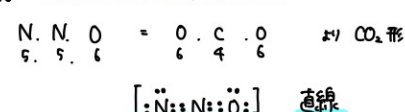
- ① 中心の原子から、電子対ペアがいくつあるかカウント
(2, 3重結合も、非共有電子対も1つカウント)
- ② ①の結果が、2…直線形、3…三角形、4…四面体の形
- ③ { 対称性ありなら“正” ← ⑤ 共有構造で対称かも...?
非共有電子対は“見えない”
2種の原子が異なる結合をしているように見える時は要注意!

(1) NH₄⁺

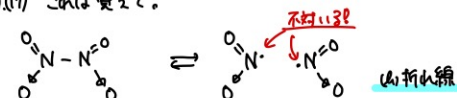
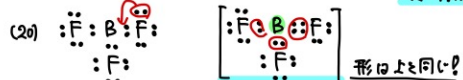
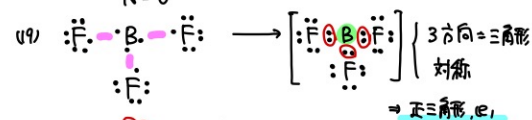


(7) NO_2^- ☆オキソ酸(8) NO_3^- ☆オキソ酸 東は (a) SO_3 / (b) CO_3^{2-} / (c) NO_3^- もこれ(9) CH_3COO^- (10) ClO_4^- ☆オキソ酸

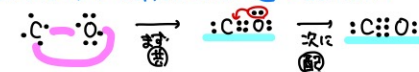
(11) ・電子式

(12) HCHO (13) N_3^- (14) NO_2^+ ☆見たことない ⇒ 等電子構造?(15) N_2O ☆見たことない ⇒ 等電子構造?

(16)(17) これは覚えて!

(18) NO_2 から O を外せばよい...!

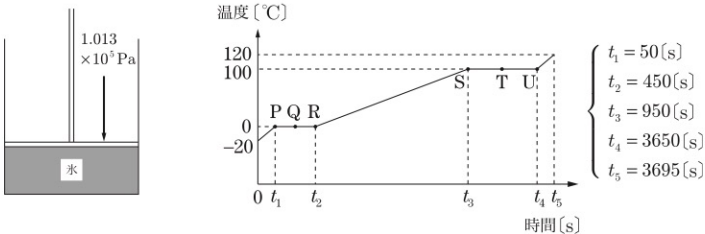
(21) ☆まずは不對で共有結合、次に (a) で配位結合



発展例題 1-2

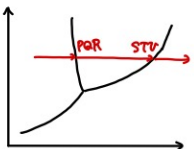
【問題文】

下図のように、自由に動けるピストンのついたシリンダ状容器に 100 g の氷のみを封入し、 -20°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。その後、圧力を $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ったまま、一定の速度で熱量を与えて加熱し、時間経過に対する温度上昇を測定する実験を行った。その結果、下図のようなグラフが得られた。(グラフの縮尺は正確ではない。) この実験に関して、以下の問に答えよ。ただし、液体の水の比熱は $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ とする。数値は有効数字 2 桁で記せ。

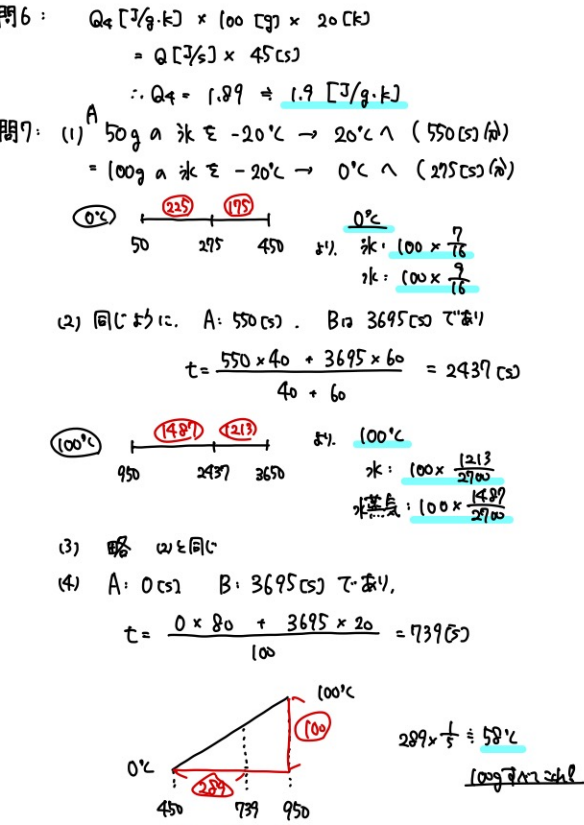


- 問 1 図中の点 P, Q, R, S, T, U のそれぞれの状態において、水は固体・液体・気体のどの状態で存在しているか。
- 問 2 この実験では 1 秒当たり何 J の熱量を与えたか。
- 問 3 氷の融解熱 $[\text{J}/\text{g}]$ を求めよ。
- 問 4 水の蒸発熱 $[\text{J}/\text{g}]$ を求めよ。
- 問 5 氷の比熱 $[\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$ を求めよ。
- 問 6 水蒸気の比熱 $[\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$ を求めよ。
- 問 7 次の(1)~(4)のそれぞれについて、A と B を $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、断熱条件下で混合すると、どのような状態になるか。平衡状態における温度と、氷・水・水蒸気のそれぞれの質量を答えよ。
- (1) A: -20°C の氷 50 g B: 20°C の水 50 g
- (2) A: 20°C の水 40 g B: 120°C の水蒸気 60 g
- (3) A: -20°C の氷 40 g B: 100°C の水蒸気 60 g
- (4) A: -20°C の氷 80 g B: 120°C の水蒸気 20 g

問 1: 状態図と比較すると...



- 問 2: $Q = 4.2 [\text{J}/\text{g}] \times (950 - 450) [\text{s}]$
 $= 4.2 [\text{J}/\text{g}] \times 500 [\text{s}]$
 $\therefore Q = 84 [\text{J}]$
- 問 3: $Q_1 [\text{J}/\text{g}] \times 100 [\text{g}] = Q_2 [\text{J}/\text{g}] \times (450 - 50)$
 $\therefore Q_1 = 336 \div 3.4 \times 10^2 [\text{J}/\text{g}]$
- 問 4: $Q_2 [\text{J}/\text{g}] \times 100 [\text{g}] = Q_3 [\text{J}/\text{g}] \times (3650 - 950)$
 $\therefore Q_2 = 2268 \div 2.3 \times 10^3 [\text{J}/\text{g}]$
- 問 5: 氷は 100°C 変化するまでに 250 秒
よ、 $4.2 [\text{J}/\text{g} \cdot \text{K}] \times \frac{250}{500} = 2.1 [\text{J}/\text{g} \cdot \text{K}]$
- 問 6: $Q_3 [\text{J}/\text{g} \cdot \text{K}] \times 100 [\text{g}] \times 20 [\text{K}]$
 $= Q_3 [\text{J}/\text{g} \cdot \text{K}] \times 50 [\text{K}]$
 $\therefore Q_3 = 2.1 [\text{J}/\text{g} \cdot \text{K}]$



発展例題 1-3

【問題文】

同位体の化学的性質は互いに等しいこと、および同位体の相対質量は質量数で代用できることを仮定した下で、以下の問に答えよ。

※厳密には異なります!

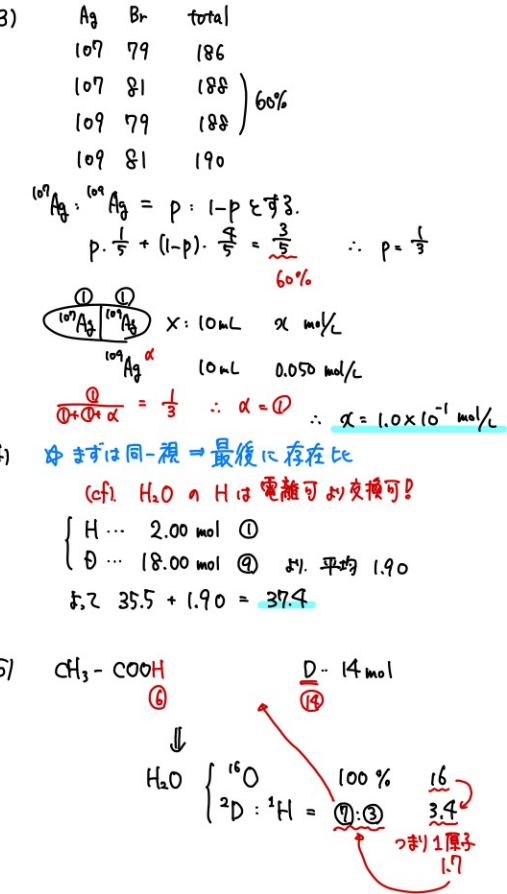
- (1) Cl には ^{35}Cl と ^{37}Cl が存在し、その原子量は 35.5 である。 Cl_2 分子における相対質量 72.0 の分子の存在率 [%] を有効数字 3 桁で求めよ。
- (2) H には ^1H と ^2H と ^3H が存在し、N には ^{14}N と ^{15}N が存在する。アンモニア分子 NH_3 の相対質量としては何通りの値が考えられるか。
- (3) 銀原子として ^{107}Ag と ^{109}Ag を 1 : 1 で含む硝酸銀水溶液 X 10.0 mL に対して、銀原子として ^{109}Ag のみを含む 0.050 mol/L の硝酸銀水溶液 10.0 mL を添加した後、臭素原子として ^{79}Br と ^{81}Br を 4 : 1 で含む臭化ナトリウム水溶液を加えたところ、臭化銀 AgBr が沈殿した。その臭化銀沈殿の中では、相対質量 188 のものが全体の 60.0 % を占めていた。水溶液 X における硝酸銀濃度 [mol/L] を有効数字 3 桁で求めよ。
- (4) 重水素 (^2H , D と書く) と ^{16}O のみからなる水 (重水 D_2O) 9.00 mol に対して、水素として軽水素 (^1H) のみを含む塩化水素 2.00 mol を溶解させた。そうして得られた塩酸を加熱して塩化水素を揮発させた。回収された塩化水素の分子量 (平均相対質量) を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、塩素原子の同位体の存在比は(1)に従うものとする。
- (5) 水素として軽水素 (^1H) のみを含む酢酸 CH_3COOH を、重水 (D_2O) 7.00 mol の中に溶解させたところ、酢酸が電離平衡に達した。この溶液を加熱して水蒸気を揮発させたところ、回収された水分子の分子量 (平均相対質量) は 19.4 であった。はじめに加えた酢酸の物質量を有効数字 3 桁で求めよ。ただし炭素は ^{12}C のみ、酸素は ^{16}O のみからなるものとする。

☆同位体の扱い

- 同位体が 1 つのみ (例 D_2O を白金電極で電解)
まずは H_2O で書くと
 $\begin{cases} \text{陽: } 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \\ \text{陰: } 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^- \end{cases}$
H \rightarrow D に
 $\begin{cases} \text{陽: } 2\text{D}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{D}^+ + 4\text{e}^- \\ \text{陰: } 2\text{D}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{D}_2 + 2\text{OD}^- \end{cases}$
- 複数の同位体 (例 $^{35}\text{Cl}:^{37}\text{Cl} = 3:1 \rightarrow 21.9:78.1$)
① 化学的性質は同じ
 \Rightarrow まずは同-視して、最後に同位体の存在率を考える
② 化学的性質がわずかに異なることがテーマ (同位体効果)
特に水素: H と D と T が質量数 1:2:3

☆同位体入りの平衡

- 同位体効果が無視できる場合
- ① まずは同位体を同-視して平衡状態
- ② 同位体を存在比率に従って配分
- 同位体効果が無視できない場合
- 別の元素として扱う



☆同位体の注意点まとめ

- いつもの反応式を書く \rightarrow H を D に直すときの忘れ
 - 同位体の表記法
② 元素全体: H H H
軽水素: H ^1H ^1H など、いじり
重水素: D ^2H ^2H
- (1) ^{35}Cl (35) $\rightarrow \frac{3}{4}$ 相対質量 72.0 は $^{35}\text{Cl}-^{37}\text{Cl}$
 ^{37}Cl (37) $\rightarrow \frac{1}{4}$ $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times 2 = \frac{3}{8}$ よ、37.5 [%]
- (2) NH_3 $2 \times 3 = 54$
正しくは、 $\begin{cases} \text{最小: } 1+1+1+14=17 \\ \text{最大: } 3+3+3+15=24 \end{cases}$ よ、8 通り