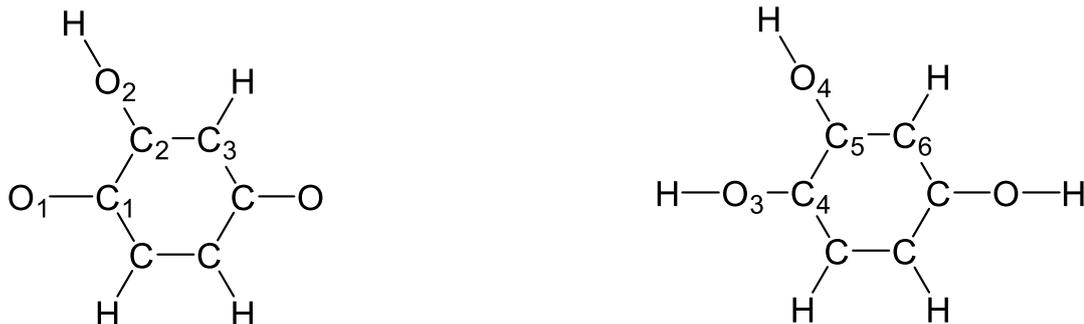


基礎無機化学 2018 年度期末試験 (45 点満点)

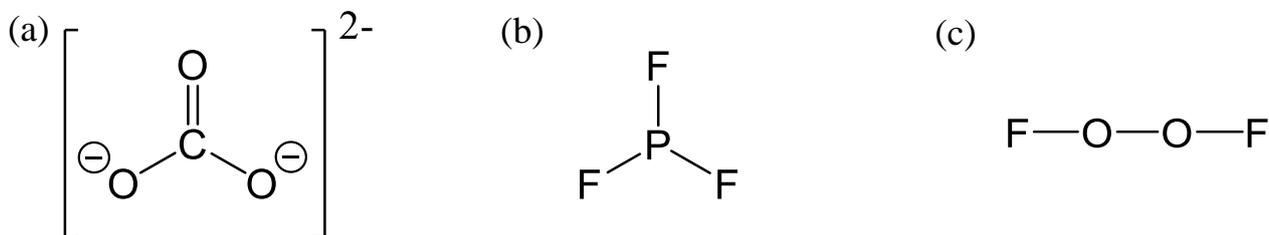
※念のため解答用紙の全ページに学籍番号と名前を書いてください。解答用紙は両面使用してかまいません。解答の順序はお好きにどうぞ。問題用紙は各自持ち帰って適当に捨ててください。

問 1. 次の図は 2 つの分子の骨格構造である。これらに関し下の(1)~(3)に答えよ。ただし、これら 2 つの分子はどちらも電気的に中性である。また、 $O_1 \sim O_4$, $C_1 \sim C_6$ の右下の添え字は原子を区別するために付けただけであり、分子全体の形 (結合の角度など) も実物とは異なるように書いてある場合がある。(計 12 点)



- (1) これら二つの分子それぞれについて、8 電子則を満たすルイス構造を記せ (原子右下の添え字は不要)。非共有電子対は省略せずに全て記すこと。(2 点×2, 計 4 点)
- (2) 左の分子の $C_1 \sim C_3$ と $O_1 \sim O_2$, 右の分子の $C_4 \sim C_6$ と $O_3 \sim O_4$ の計 10 個の原子に関し、「形式電荷」を全て答えよ。(一つの分子に関して全て正解で 2 点, 計 4 点)
- (3) 左の分子の $C_1 \sim C_3$ と $O_1 \sim O_2$, 右の分子の $C_4 \sim C_6$ と $O_3 \sim O_4$ の計 10 個の原子に関し、「酸化数」を全て答えよ。(一つの分子に関して全て正解で 2 点, 計 4 点)

問 2. 次の(a)~(c)の 3 つの分子に関する以下の問いに答えよ。ただし、非共有電子対は省略してあり、分子全体の形 (結合の角度など) も実物とは異なるように書いてある場合がある。また、(b) と (c) は電気的に中性な分子である。(計 6 点)



- (1) VSEPR に基づき、これら 3 つの分子の立体構造を予測し、図や文章でわかりやすく (誤解を招かないように) 説明せよ。(1 点×3, 計 3 点)
- (2) 予測した立体構造に基づき、(a)の C 原子, (b)の P 原子, (c)の O 原子がどのような混成軌道になっているのかを予想せよ (1 点×3, 計 3 点)

問 3. 教科書のオールレッド・ロコウの電気陰性度の値 (第 4 版なら 42 ページ, 第 6 版なら 33 ページ) と, ケテラーの三角形の図 (第 4 版なら 63 ページ, 第 6 版なら 69 ページ) を用い, 以下の(a)~(d)の元素の組み合わせから出来る物質に関し「電気陰性度の平均値」「電気陰性度の差」「結合の種類 (共有結合, イオン結合, 金属結合のどれか) の予測」「より負になっている原子」を全て答えよ (1 組について全て合っていて 1 点, 計 4 点) .

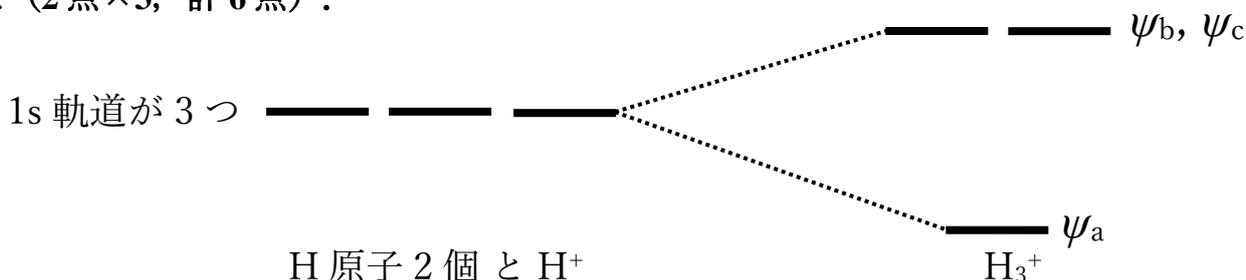
(a) Si—Ge (b) Xe—F (c) H—Br (d) Cs—N

問 4. C=N 二重結合, C-H 単結合, N-O 単結合, Si-H 単結合について考える. (計 6 点)

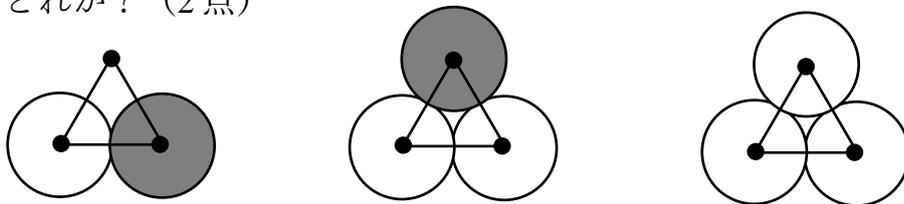
(1) 教科書の平均結合エンタルピーの値 (第 4 版なら p67, 第 6 版なら p59) をもとに, これらの結合を「強い順」に並べよ. (結合の強いものを左側に書くこと!) (2 点)

(2) そのような順序になる原因を説明せよ (4 点)

問 5. 宇宙空間には, 水素分子 (H_2) に 1 つのプロトン (H^+) が結合して正三角形型となった H_3^+ という分子が多数存在する. 水素原子 2 つと H^+ からこの H_3^+ が出来るときの軌道の準位図は下記の通りである (電子は省略している). この H_3^+ イオンに関し, 下の(1)~(3)に答えよ (2 点×3, 計 6 点) .



(1) 水素原子の 1s 軌道 3 つが組み合わさって出来あがる H_3^+ の分子軌道は, 以下の 3 つである (白と黒は位相の正負に対応する). この 3 つのうち, H_3^+ の最もエネルギーの低い分子軌道である ψ_a に対応するのはどれか? (2 点)



(2) H_3^+ に電子を一つ追加した電氣的に中性な H_3 分子の結合は, H_3^+ に比べ弱くなるか, 強くなるか, それともほとんど変わらないか? 理由も簡単に答えよ. (2 点)

(3) H_3^+ から電子を一つ抜き取った H_3^{2+} 分子の結合は, H_3^+ に比べ弱くなるか, 強くなるか, それともほとんど変わらないか? 理由も簡単に答えよ. (2 点)

問 6. 二酸化炭素 (CO_2) に水素 (H_2) を加え, そこから一酸化炭素 (CO) と水 (H_2O) が生じる以下の反応を考える.



この反応に関し, 以下の問い (1), (2) に答えよ. (計 5 点)

(1) この反応で 1 mol の二酸化炭素が 1 mol の一酸化炭素に変換されたとすると, 何 mol 本の $\text{C}=\text{O}$ 二重結合と何 mol 本の $\text{H}-\text{H}$ 単結合が切断され, 何 mol 本の $\text{C}\equiv\text{O}$ 三重結合と何 mol 本の $\text{O}-\text{H}$ 単結合が生成することになるか? (2 点)

(2) この反応により 1 mol の二酸化炭素が 1 mol の一酸化炭素に変換された際の反応熱を求めよ. ただし反応熱は結合エネルギーのみで決まるとしてよい. 発熱反応のときは熱量を正, 吸熱反応のときは熱量を負で書くこと. また, 各結合の結合解離エンタルピーは以下の値を使用すること. (3 点)

$$\text{C}=\text{O} : 804 \text{ kJ/mol}, \text{H}-\text{H} : 436 \text{ kJ/mol}, \text{C}\equiv\text{O} : 1072 \text{ kJ/mol}, \text{O}-\text{H} : 463 \text{ kJ/mol}$$

問 7. 硫黄原子が, 次に示すような環状構造 (S_8) と二原子分子構造 ($\text{S}=\text{S}$) を作った場合を比較しよう. 下の(1)~(3)に答えよ. (計 6 点)



(1) 1 mol 個の硫黄原子全てが, 環状構造を作ったとする. このとき, $\text{S}-\text{S}$ 単結合は何 mol 本存在するか? (1 点)

(2) 1 mol 個の硫黄原子全てが, 二原子分子構造を作ったとする. このとき, $\text{S}=\text{S}$ 二重結合は何 mol 本存在するか? (1 点)

(3) $\text{S}-\text{S}$ 単結合の結合エネルギーが 226 kJ/mol , $\text{S}=\text{S}$ 二重結合の結合エネルギーが 425 kJ/mol であるとする. 1 mol 個の硫黄原子が全て環状構造となった場合と, 全てが二原子分子構造となった場合では「どちらがどれだけ安定になるか」を計算し答えよ. (4 点)