

※最後に、問題用紙と解答用紙を全てまとめてホチキス(ステープラー)で固定し、回収します。

学籍番号

氏名

問 1. 以下の記号で示される原子やイオンに含まれる中性子, 陽子, 電子の数をそれぞれ答えよ.

(配点: 中性子・陽子・電子全て合っていて正解, 1 点×4, 全問正解でさらに+2 点, 計 6 点)



問 2. 原子軌道のエネルギーに関し, 以下の問い(1)~(3)に答えよ. (配点: 計 8 点)

- (1) 同じ原子の 1s 軌道, 2s 軌道, 3s 軌道のうち, 原子核から一番遠くなるのはどの軌道か? (配点: 2 点)
- (2) 水素原子の 1s 軌道と, 酸素原子の 1s 軌道を比べると, エネルギーはどちらが低いか? (それとも同じになるか?) 理由も付けて答えよ. (配点: 理由まで合っていて 3 点)
- (3) 酸素原子の 2s 軌道と, 同じく酸素原子の 2p 軌道では, どちらのエネルギーが低いか? (それとも同じエネルギーになるか?) 理由も付けて答えよ. (配点: 理由まで合っていて 3 点)

問 3. スレーター規則を用い, 以下の問い(1)~(3)に答えよ. ただしここでは, スレーター規則は以下の(a)~(d)のようなものとする. (配点: 計 7 点)

- (a) 自分(=注目している電子)より主量子数が大きい電子は自分より外側に居るので, 遮蔽効果はゼロ.
- (b) 自分と同じ主量子数の電子による遮蔽効果は, 1 電子につき 0.35.
(本来は, 1s 電子同士の反発の係数は特別に 0.30 だが, その差はここでは無視しておく)
- (c) 自分より主量子数が 1 小さい電子 1 つによる遮蔽は 0.85.
- (d) 自分より 2 以上主量子数が小さい電子は, 自分に比べてものすごく原子核に近いところに居るので, 遮蔽効果は 1 電子につき 1 (つまり, 1 つの電子で, 原子核の電荷 1 をちょうど打ち消せる).

(1) Ne の最外殻電子から見た有効核電荷を計算せよ. なお, Ne の電子配置は $(1s)^2(2s)^2(2p)^6$ である.

(配点: 2 点)

(2) Ne より一つ原子番号の大きい, Na の最外殻電子から見た有効核電荷を計算せよ. なお, Na の電子配置は $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^1$ である. (配点: 2 点)

(3) Na から電子が一つ抜けた状態の Na^+ を考える. この状態での最外殻電子から見た有効核電荷を計算し, それを元に Na が +2 価のイオンにはなりにくいことを示せ. その際, Ne はイオン化しにくい(+1 価になりにくい)という事実を利用して良い. (配点: 3 点)

問 4. 電気陰性度に関し、以下の問い(1)~(3)に答えよ。なお、希ガス元素は無視する。(配点:計 6 点)

(1) 周期表の同じ周期の左側と右側を比べると(例えば Li のあたりと F のあたり), どちらの方が電気陰性度が大きい傾向があるか? そのようになる理由も説明せよ。(配点:理由まで合っていて 2 点)

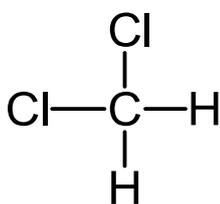
(2) 同じ族の元素を縦で比べると(例えばハロゲン族の F, Cl, Br, I), 周期表の上と下でどちらの方が電気陰性度が大きい傾向があるか? 理由も付けて答えよ。(配点:理由まで合っていて 2 点)

(3) 以下の 4 つの元素を、「電気陰性度の大きい順」に並べ替えよ。(配点:2 点)

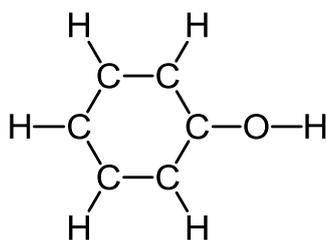
酸素(O), フッ素(F), アルミニウム(Al), カルシウム(Ca)

問 5. 非共有電子対や多重結合を追加し、以下の分子の 8 電子則を満たすルイス構造を完成させよ。共鳴構造がある場合は、そのうち一つを書けば良い。(配点:2 点×3, 計 6 点)

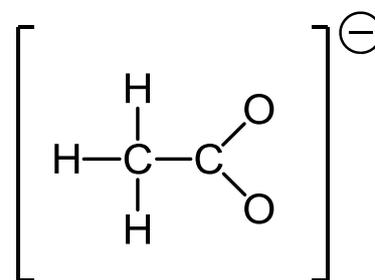
(1) ジクロロメタン



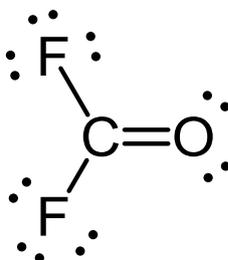
(2) フェノール



(3) 酢酸イオン



問 6. 以下のルイス構造を持つ分子において、フッ素原子, 炭素原子, 酸素原子それぞれの形式電荷と, 酸化数を求めよ。(配点:形式電荷が全て正解で 3 点, 酸化数が全て正解で 3 点, 計 6 点)



問 7. メタン(CH₄)が酸素(O₂)中で燃焼した時に出てくる熱を大雑把に求めてみよう(正確では無いが, ある程度近い値が求まる)。以下の(1)~(3)に答えよ。ただし結合エネルギー(平均結合エンタルピー)は, C-H 結合: 412 kJ/mol, C=O 二重結合: 804 kJ/mol (CO₂ の場合の値), O-H 結合: 499 kJ/mol (H₂O の場合の値), O=O 二重結合: 497 kJ/mol とする。(配点:2+2+3, 計 7 点)

(1) メタンが酸素中で完全燃焼して, 水と二酸化炭素になる時の反応式を書け。(配点:2)

(2) メタン 1 mol が酸素中で完全燃焼する際には, いくつ(何 mol 個)の C-H 結合が切れ, いくつ(何 mol 個)の O=O 二重結合が切れ, いくつ(何 mol 個)の O-H 単結合が生じ, いくつ(何 mol 個)の C=O 二重結合が生じるか? 全て答えよ。(配点:完全正解で 2 点)

(3) メタン 1 mol が酸素中で完全燃焼した際に出てくる熱を計算せよ。(配点:3 点)

問 8. アンモニア分子(NH_3)の構造を, VSEPR 則と原子価結合理論から考えてみよう. 以下の問い(1)~(3)に答えよ. (配点:2 点×3, 計 6 点)

(1) アンモニア分子のルイス構造を書け. (配点:2 点)

(2) 得られたルイス構造に対し VSEPR 則を適用し, アンモニア分子の構造を予想せよ. (配点:2 点)

(3) その立体構造をもとに, 原子価結合理論に基づいて考えると, アンモニア分子中の窒素原子の軌道はどのような混成軌道だと考えられるか? (配点:2 点)

問 9. 一番単純な分子である水素分子(H_2)を, 分子軌道法を使って考えてみよう. 以下の問い(1)~(3)に答えよ. (配点:2 点×3, 計 6 点)

(1) 水素原子二つが近づいて水素分子を作ると, エネルギーが下がって安定化する事を分子軌道法にもとづき説明せよ. (配点:2 点)

(2) 水素分子から電子を一つ引き抜くと(H_2^+), 水素分子の結合の強さは強くなるか, 弱くなるか, それともあまり変わらないか? 分子軌道法にもとづき, 理由も含めて述べよ(配点:理由まで合っていて 2 点)

(3) 逆に, 水素分子に電子を一つ追加すると(H_2^-), 水素分子の結合の強さは強くなるか, 弱くなるか, それともあまり変わらないか? 分子軌道法にもとづき, 理由も含めて述べよ(配点:理由まで合っていて 2 点)

問 10. 希ガスである He 原子は, ほとんどの場合で分子を作らない. He_2 という分子が存在しないことを

(1) 「原子価結合方」にもとづき説明せよ(配点:2 点)

(2) 「分子軌道法」にもとづき説明せよ(配点:5 点)