

基礎無機化学 2017 年度中間試験(36 点満点)

※解答用紙は、最後に全てまとめてホチキス(ステープラー)で固定して回収しますが、念のために解答用紙の全ページに学籍番号と名前を書いておいてください。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. 以下に示した 3 つの原子やイオンに関し、次の問に答えよ。



(1) それぞれの原子やイオンについて、「陽子数」、「中性子数」、「電子数」、「最も原子核から遠い電子の主量子数」を答えよ。(1 つの原子につき全て合っていて正解。各 1 点、計 3 点)

(2) それぞれの原子やイオンについて、電子配置を記せ。例えば Li であれば、『 $(1s)^2(2s)^1$ 』のように回答すること。内殻の電子も省略せず記入すること!(各 1 点、計 3 点)

問 2. 以下の核反応により生じる原子核 $X_1 \sim X_3$ が何なのかを、元素記号で答えよ。原子番号は書いても書かなくてもどちらでも良いが、質量数は必ず記すこと。なお、核反応では以下のような変化が起こる。

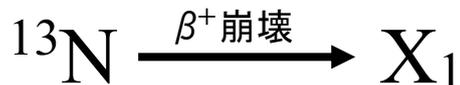
α 崩壊: 原子核から ${}^4\text{He}$ の原子核が放出される。

β^+ 崩壊: 原子核中の陽子一つが中性子に変わり、陽電子が外部に放出される。

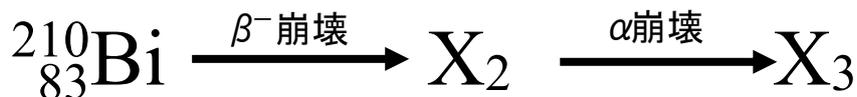
β^- 崩壊: 原子核中の中性子一つが陽子に変わり、電子が外部に放出される。

(各 1 点、計 3 点 ※核反応では、余ったエネルギーで電子は吹き飛ぶので、電子の数は気にしなくて良い。つまりイオンの価数などは考えなくて良い)

反応 1:



反応 2:



問 3. 以下の 3 つの原子軌道の形を、位相の変化がよくわかるように図で示せ。なお、p 軌道や d 軌道のように複数の軌道が存在するものに関しては、そのうち一つを書けば良い。(各 1 点、計 3 点)

(1) 4s 軌道(位相の変化がわかるように、断面図で描くこと)

(2) 5d 軌道

(3) 4p 軌道

問 4. 以下の 4 つの原子やイオンに関し、以下の問いに答えよ。



(1) 最外殻にある電子から見た有効核電荷を、スレーターの規則を用いてそれぞれ計算せよ。(全て正解で 2 点。一つ間違えると 1 点。二つ以上間違えると 0 点)

(2) これら 4 つの原子やイオンから電子 1 つを引き抜くのに必要なエネルギーをそれぞれ求めよ。ただし、ある電子の主量子数が n 、その電子から見た有効核電荷が Z_{eff} である場合、その電子を引き抜くのに必要なエネルギー E は、正の定数 E_0 を用いて $E = E_0 \times (Z_{\text{eff}} \div n)^2$ で近似できるとして良い。(各 1 点)

問 5. 原子の各種パラメータに関する以下の問いに答えよ。

(1) アルカリ金属である Li, Na, K, Rb, Cs をイオン化エネルギーの大きい順に並べ、そのような順序になる原因(理由)を答えよ。(理由まで合っていて 1 点)

(2) 第三周期の元素である Na, Al, P, Cl を電気陰性度の大きい順に並べ、そのような順序になる原因(理由)を答えよ。(理由まで合っていて 1 点)

(3) F, S, Si, Ge, K を電子親和力の大きい順に並べ、そのような順序になる原因(理由)を答えよ。(理由まで合っていて 1 点)

問 6. 原子軌道に関する以下の問いに答えよ。

(1) 水素原子の 1s 軌道と炭素原子の 1s 軌道を比べると、どちらがエネルギーが低くなるか? そのようになる原因(理由)も答えよ。(理由まで合っていて 1 点)

(2) 水素原子の 1s 軌道と炭素原子の 1s 軌道を比べると、どちらがより原子核に近いと考えられるか? そのようになる原因(理由)も答えよ。(理由まで合っていて 1 点)

(3) 炭素原子の 2s 軌道は炭素原子の 2p 軌道よりもエネルギーが低い。この原因(理由)を述べよ。(1 点)

問 7. Mg は、+2 価までは比較的容易にイオン化できるが、+3 価にすることは(不可能ではないが)非常に困難である。このことを、イオン化に必要なエネルギーを計算することで示せ。計算においては、スレーターの規則および問 4 で出てきた電子を引き抜くのに必要なエネルギーを表す式 $E = E_0 \times (Z_{\text{eff}} \div n)^2$ を用いることとし、また計算の過程も解答用紙に記すこと。(4 点。計算は、読む人にわかるように書くこと!)

問 8. 貴ガス元素である Ne に関し, 以下の問いに答えよ.

(1) Ne が正イオンになりにくい原因(理由)を, 簡単に説明せよ. ただし, 「貴ガスだから」とか「閉殻だから」というのは理由として認めない. (1 点)

(2) Ne が負イオンになりにくい原因(理由)を, 簡単に説明せよ. ただし, 「貴ガスだから」とか「閉殻だから」というのは理由として認めない. (1 点)

問 9. 水素原子の原子軌道のエネルギー E は, 軌道の主量子数を n とすると

$$E = -\frac{2.180 \times 10^{-18}}{n^2} \text{ [J]}$$

と表される. この時, 以下の問いに答えよ.

(1) 電子が 4s 軌道から 2p 軌道に移ったとする. この時, どのぐらいの大きさのエネルギーを吸収または放出することになるかを計算して答えよ. 吸収したのか放出したのか, どちらなのかも明記すること. (1 点)

(2) 電子が 1s 軌道から 4p 軌道に移ったとする. この時, どのぐらいの大きさのエネルギーを吸収または放出することになるかを計算し答えよ. 吸収したのか放出したのか, どちらなのかも明記すること. (1 点)

(3) 上記の(1)および(2)で求めたエネルギーが, 何ナノメートル(nm)の波長の光子のエネルギーに対応するのかをそれぞれ計算せよ. (各 2 点, 計 4 点. 必ずナノメートル単位で答えること!)

なお, 光子(光)の波長を λ [m]としたとき, 光子の持っているエネルギー E [J]は次の式で表される.

$$E[\text{J}] = \frac{1.986 \times 10^{-25} \text{ [J} \cdot \text{m]}}{\lambda \text{ [m]}}$$