

令和 8 年度 専攻科入学者選抜 学力検査問題【模範解答】

専攻	物質創成工学専攻	科目名	無機化学	受験番号	模範解答	得点	
----	----------	-----	------	------	------	----	--

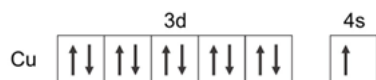
【1】 次の問いに答えなさい。

- 第 2 周期元素の第一イオン化エネルギーは、原子番号の増加に伴い、概ね増大する傾向がある。この主な理由を説明しなさい。
- 第一イオン化エネルギーについて、第 2 周期元素では N から O へ原子番号が増加する際に例外的に値が低下する。この理由を電子配置に基づいて説明しなさい。
- 3d 遷移元素 (Sc から Zn まで) において、Sc から Cu の範囲では第一イオン化エネルギーの値があまり大きく変化しない。その理由を、原子核電荷の増加と電子による遮蔽効果を考慮して説明しなさい。
- 3d 遷移元素の一つである Cu の基底状態における電子配置を、4s 軌道と 3d 軌道について、右に示す N の電子配置を参考にして、原子軌道を示す箱 (□) と電子 (↑, ↓) を用いて図示しなさい。各軌道のラベル (4s, 3d) も記入すること。(ヒント: Cu は 4s 軌道と 3d 軌道に合わせて 11 個の電子を持つ。)
- Zn の第一イオン化エネルギーは、他の 3d 遷移元素 (Sc から Cu) と比較して大きな値を示す。この理由を電子配置の安定性と関連付けて説明しなさい。



解答

- 原子核からの引力が強くなるほど、電子を取り除くためにより大きなエネルギーが必要となるため、第 2 周期元素の第一イオン化エネルギーは、原子番号の増加に伴って概ね増大する傾向を示す。(10 点)
- O では、一つの 2p 軌道内で電子対の反発力が生じているため、その反発している電子の一つを取り除くのに必要なエネルギーは、N の安定な半充填状態の p 軌道から電子を取り除くのに必要なエネルギーよりも小さくなる。したがって、N から O へ原子番号が増加する際に、第一イオン化エネルギーは例外的に低下する。(10 点)
- Sc から Cu の範囲においては、原子核電荷の増加による「イオン化エネルギーを増大させる効果」と、主に 3d 電子の増加による遮蔽効果の増大をもたらす「イオン化エネルギーの増大を抑制する効果」が、互いにかなり打ち消し合う。その結果、最外殻の 4s 電子を引き抜くために必要なエネルギーである第一イオン化エネルギーの値は、この範囲であまり大きく変化しない傾向になる。(10 点)
-



(10 点)

- Zn の電子配置の特徴は、内殻の 3d 軌道が 10 個の電子で完全に満たされている (全充填、または閉殻)。さらに、最外殻の 4s 軌道も 2 個の電子で完全に満たされている ($4s^2$)。このように、主要な価電子殻 (この場合は $n=3$ の 3d 軌道と $n=4$ の 4s 軌道) がすべて全充填された電子配置は、化学的に非常に安定な状態である。他の 3d 遷移元素 (Sc から Cu) では、3d 軌道が完全に満たされていないか、Cu のように 4s 軌道が半充填 ($4s^1$) であったりする。これらの電子配置と比較して、Zn の $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2$ という電子配置は特に安定性が高い。安定な電子配置から電子を 1 つ取り除くためには、より大きなエネルギーが必要となる。そのため、Zn の第一イオン化エネルギーは、3d 軌道や 4s 軌道が全充填されていない他の 3d 遷移元素 (Sc から Cu) と比較して、例外的に大きな値を示す。(10 点)

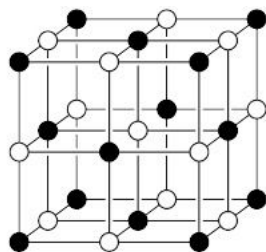
専攻	物質創成工学専攻	科目名	無機化学	受験番号	模範解答	得点	
----	----------	-----	------	------	------	----	--

【2】 次の問いに答えなさい。

- (1) 金属結晶において、面心立方格子の単位格子中に含まれる原子の個数を答えなさい。
- (2) 面心立方格子の単位格子の一边の長さを a 、構成原子の半径を r とした場合、 a と r の関係を数式で表しなさい。
- (3) 面心立方格子において原子を球とみなす場合、単位格子中の原子の充填率[%]を計算しなさい。(計算過程も記述すること。)
- (4) 陽イオンが面心立方格子を形成し、そのすべての八面体間隙に陰イオンが配置されたイオン結晶について、単位格子を図示しなさい。陽イオンと陰イオンの位置が区別できるように示すこと。(例：陽イオンを○、陰イオンを●で示すなど)。
- (5) (4) で図示した結晶構造を持つイオン結晶の化学式を一つ挙げなさい。

解答

- (1) 4 個 (10 点)
- (2) $a\sqrt{2} = 4r$ (10 点)
- (3) 充填率 = $\{ 4 \times (4/3) \pi r^3 \} / \{ 16\sqrt{2} r^3 \} \times 100 = 74.06 \%$ (10 点)
- (4)



(10 点)

- (5) NaCl (10 点)