

## 令和3年度 専攻科学生選抜学力試験問題用紙 専門科目⑦物理化学・分析化学・無機化学

1. さまざまな単位に関する以下の問題に答えよ。

- (1) 「モル濃度勾配」の単位を、SI基本単位molおよびmを用いて表すことを考える。モル濃度とは、「単位体積1m<sup>3</sup>あたりに含まれる着目物質の物質量」のことである。そして、モル濃度勾配とは、「単位移動距離1mあたりのモル濃度の変化分」のことである。上記のことから、モル濃度勾配の単位はどのように表されるか。解答欄中の正しい選択肢を囲むこと。
- (2) 「モル流束」の単位を、SI基本単位mol, mおよびsを用いて表すことを考える。モル流束とは、「単位断面積1m<sup>2</sup>を単位時間1sあたりに通過する着目物質の物質量」のことである。モル流束の単位はどのように表されるか。解答欄中の正しい選択肢を囲むこと。
- (3) 「モル濃度勾配に拡散係数を乗じた値がモル流束である」という等値関係は、フィックの第一法則と呼ばれる。このことから、拡散係数の単位をSI基本単位mおよびsを用いて表せ。解答欄中の正しい選択肢を囲むこと。
- (4) 電流密度のSI単位を考える。電流密度とは、「単位断面積1m<sup>2</sup>を通過している電流」のことである。電流のSI単位はAである。電流密度の単位を基本SI単位m, kgおよびAのうちの必要なものを用いて表すとどのようになるか。解答欄中の正しい選択肢を囲むこと。
- (5)(4)の答えは、電荷の流束の単位と同等であるか否かを答えよ。電荷の流束とは、「単位断面積1m<sup>2</sup>を単位時間1sあたりに通過する電荷（電荷の単位はC）」のことである。また、1Aの電流が1s流れたとき、電荷の移動量は1Cである。よって、A, s, Cの間の関係は、(1A)(1s)=1Cとなる。解答欄中の正しい選択肢を囲め。
- (6) 「電位の勾配」の単位をVとmを用いて答えよ。Vは電位の単位である。また、電位の勾配とは、「単位移動距離1mあたりの電位の変化分」のことである。解答欄中の正しい選択肢を囲め。
- (7)(6)の答えを、SI基本単位m, kg, sおよびAを用いて書き換えよ。ここで、C, VおよびJの間の関係は(1C)(1V)=1Jで示されることを手がかりにせよ。また、1Jは、1Nの力を1mの距離だけ作用させたときにその力によりなされる仕事なので、1J=(1kg m s<sup>-2</sup>)(1m)が成り立つ。解答欄中の正しい選択肢を囲め。

- (8) 電位の勾配に電気伝導率を乗ずると電流密度が得られる。このことから、電気伝導率の単位を SI 基本単位 m, kg, s および A を用いて答えよ。解答欄中の正しい選択肢を囲め。
- (9) 圧力の単位を SI 基本単位 m, kg および s を用いて答えよ。一般的に、圧力の SI 単位は Pa であり、 $\text{Pa} = \text{N m}^{-2}$  であることを手がかりにせよ。解答欄中の正しい選択肢を囲め。
- (10) (9)の答は運動量の流束の単位と同等であるか否かを答えよ。ここで運動量の流束とは、「単位断面積  $1 \text{ m}^2$  を単位時間  $1 \text{ s}$  あたりに通過する運動量」のことである。解答欄中の正しい選択肢を囲め。

2. 物質量が  $n$  (mol) である理想気体が、一定の温度下  $T$  (K) で準静的に体積  $V_0$  ( $\text{m}^3$ ) から  $\alpha V_0$  ( $\text{m}^3$ ) (ただし  $\alpha > 1$ ) まで膨張したときに、この理想気体が外界へ対してなす力学的仕事は、この気体の膨張前の初期体積  $V_0$  に依存するか否かを答えよ。解答欄中の正しい選択肢を囲め。また、なぜそうなるかを、上記の準静的膨張過程による力学的仕事を表す積分表式を交え、簡潔に説明せよ。

3. 体心立方格子、面心立方格子の、原子による空間占有率はそれぞれ何%か答えよ。原子は真球状で、なおかつ隣接する原子は互いに接しているものとする。有効数字二桁で答えよ。必要であれば、 $2$  の平方根、 $3$  の平方根、円周率の値としてそれぞれ  $1.41$ ,  $1.73$ ,  $3.14$  を用いよ。

4. シアン化カリウムは危険な毒物としてよく知られているが、実は工業的に重要な無機化合物である。それは、シアン化カリウムには、金や銀などの元来は化学反応に関与しづらい貴金属種と化合し、錯イオンおよび錯塩を形成する顕著な傾向があるからである。ここでは、シアン化カリウムが関与するいくつかの典型的な化学反応に関する以下の問い合わせよ。

- (1) シアン化カリウムは、水蒸気を含む空気中に放置しておくと、空气中に含まれる二酸化炭素および水と反応し、シアン化水素の気体となって消散する。そしてあとには炭酸カリウムが残される。この化学反応に対応する反応式を答えよ。
- (2) シアン化カリウム水溶液中へ水に難溶な硫化銀（I）の固体を加えると、化学反応が生じ、錯イオン $[Ag(CN)_2]^-$ のカリウム塩が生じる。この化学反応に対応する反応式を答えよ。
- (3) 上問(2)中の錯イオン $[Ag(CN)_2]^-$ の名称を答えよ。（解答欄中の正しい選択肢を囲め。）
- (4) 錯生成滴定法はシアン化カリウムの定量に用いられる。この手法の原理は以下のとおりである。

シアン化カリウム水溶液に既知濃度の硝酸銀水溶液を滴下すると、最初沈殿として生成したシアン化銀が、残っているシアン化カリウムと化合し、易溶性の錯塩  $K[Ag(CN)_2]$ となる<sub>①</sub>。この結果、シアン化銀の沈殿は消失する。しかし、シアン化カリウムがすべて消費されると、今度はさらに滴下された硝酸銀と上記の錯塩  $K[Ag(CN)_2]$ が反応し、不溶性の  $Ag[Ag(CN)_2]$ が沈殿し始める<sub>②</sub>。この  $Ag[Ag(CN)_2]$ の沈殿生成の開始までに滴下された硝酸銀の物質量から、溶解していたシアン化カリウムの物質量が求められる。

- (a) 下線部①に対応する化学反応式を答えよ。
- (b) 下線部②に対応する化学反応式を答えよ。
- (c) 当初水溶液中に溶解していたシアン化カリウムの何倍の物質量の硝酸銀が滴下により加えられた時点で、不溶性沈殿  $Ag[Ag(CN)_2]$ の生成が始まるか。なお、上記の両下線部のシアン化銀沈殿生成反応および錯塩生成反応は、いずれも完全に進行すると考えてよい。（解答欄中の正しい選択肢を囲め。）