

令和4年度専攻科入学者選抜検査

(学力一次) 検査問題

生物応用化学専攻

専 門 科 目

(検査時間 120分)

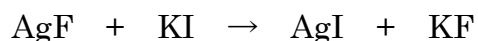
(注)

- 1 問題用紙は、表紙を含めて1～7ページです。
- 2 6科目(無機化学、有機化学、物理化学、分析化学、化学工学、生物化学)すべてに解答してください。
- 3 電卓は、所定のものを使用可能です。
- 4 解答は、全て解答用紙に記入してください。
- 5 検査終了後、検査問題は持ち帰ってください。

1. 第2イオン化エネルギーについて、Na 原子、Mg 原子、Al 原子の中で、最も大きい原子はどれか。その理由も説明せよ。

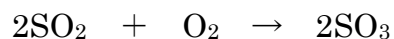
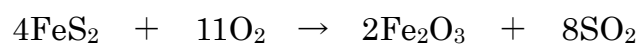
2. 6配位の正八面体構造をとる d 錯体において、中心金属の d 軌道に 7 つの電子が存在する d⁷ 錯体では低スピン錯体および高スピン錯体の電子配置はどのようなになるか示せ。電子がスピン対を形成するエネルギーより d 軌道の分裂幅が大きい場合には低スピン錯体が生成し、電子がスピン対を形成するエネルギーより d 軌道の分裂幅が小さい場合には高スピン錯体が生成する。

3. 硬い酸・塩基および軟らかい酸・塩基の概念に従い、以下の反応が右に進行する理由を説明せよ。



なお、K⁺は硬い酸に属する。

4. 以下の反応式によって、硫酸（H₂SO₄）は製造される。50%—硫酸 10kg 作るには、原料鉱石である黄銅鉱（FeS₂）何 kg が必要か。ただし、黄銅鉱の純度は 80% とする。



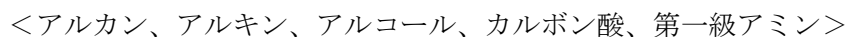
ただし、分子量は H=1、O=16、S=32、Fe=56 である。

1. 有機化合物に関する以下の問いに答えよ。

（1）次の化合物のルイス構造を書け。



（2）C2 化合物における、以下分類の化合物名と構造式を答えよ。



（3）水、メタン、アンモニアについて、酸性度が強い順に並べ、その理由を説明せよ。

2. カルボニル化合物に関する以下の問いに答えよ。

（1）カルボニル基の π 電子の立ち上がりによる分極の効果を何と呼ぶか答えよ。

（2）以下のカルボニル化合物における、カルボニル基の炭素の求核試薬（一性）に対する反応性を高い順に並べ、そのようになる理由を説明せよ。

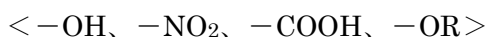


（3）以下反応によって合成される生成物の構造式を書け。また、この化合物を加熱することで得られる化合物の構造式を書け。さらに、この一連の反応の名称を書け。



3. 芳香族化合物に関する以下の問いに答えよ。

（1）モノ置換ベンゼンにおいて、以下の官能基を有する芳香族化合物はオルト・パラ配向性またはメタ配向性のどちらを示すか答えよ。



（2）上記（1）のオルト・パラ配向性とメタ配向性を決める要因として 2 つの置換基効果があるが、共鳴効果の他にもう一つの効果を書き、それぞれの効果について説明せよ。

（3）トルエンの臭素化反応において、*p*-ブロモトルエンが約 60% で最も多く得られる理由を説明せよ。

1. 気体定数 $R=8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ である。次のようなカルノーサイクルを考えるとす。ただし、作業物質として 1.00 mol の単原子理想気体を用いるとする。

Step1: 状態 1（圧力 P_1 、体積 V_1 、温度 T_h ）から状態 2（圧力 P_2 、体積 V_2 、温度 T_h ）への等温可逆膨張

Step2: 状態 2（圧力 P_2 、体積 V_2 、温度 T_h ）から状態 3（圧力 P_3 、体積 V_3 、温度 T_c ）への断熱可逆膨張

Step3: 状態 3（圧力 P_3 、体積 V_3 、温度 T_c ）から状態 4（圧力 P_4 、体積 V_4 、温度 T_c ）への等温可逆圧縮

Step4: 状態 4（圧力 P_4 、体積 V_4 、温度 T_c ）から状態 1（圧力 P_1 、体積 V_1 、温度 T_h ）への断熱可逆圧縮

$V_1 = 0.0100 \text{ m}^3$ 、 $V_2 = 0.100 \text{ m}^3$ 、 $T_h = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $T_c = 25.0 \text{ }^\circ\text{C}$ であるとき、次の問いに答えよ。

（1）Step1 の等温可逆膨張プロセスでの熱量 q_1 を求めよ。

（2）Step2 の断熱可逆膨張プロセスでの仕事 w_2 を求めよ。

（3）Step3 の等温可逆圧縮プロセスでの内部エネルギー変化 ΔU_3 を求めよ。

（4）状態 1 → 状態 2 → 状態 3 → 状態 4 → 状態 1 とカルノーサイクルを 1 巡させた時の内部エネルギー変化 ΔU を求めよ。

（5）このカルノーサイクルの効率 η を求めよ。

2. ある物質 B 10.0 g をベンゼン 500 g に溶解させたところ、ベンゼンの凝固点が 3.00 K 低下した。ベンゼンの凝固点降下定数 $K_f = 5.12 \text{ K mol}^{-1} \text{ kg}$ である。この物質 B のモル質量を求めよ。ただし、この物質 B はベンゼン中で電離や会合体形成などをしないとする。

1. 密度 0.980 g mL^{-1} の 1.7 % アンモニア水 10.0 mL を中和するのに、ある濃度の塩酸を 20.0 mL 必要とした。次の問いに答えよ。

ただし、原子量は $\text{H}=1.0$ 、 $\text{N}=14.0$ 、 $\text{O}=16.0$ 、 $\text{Cl}=35.5$ である。また、アンモニウムイオンの酸解離定数 K_a は $\text{p}K_a = 9.26$ とする。

- (1) アンモニア水のモル濃度 (mol L^{-1}) はいくらか。
- (2) 塩酸のモル濃度 (mol L^{-1}) はいくらか。
- (3) 中和点の pH はいくらか。ただし、溶液の体積の合計は、混合前と混合後で変わらないものとする。

2. 水酸化カルシウムの飽和水溶液について、次の問いに答えよ。

ただし、水酸化カルシウムの溶解度積は 5.5×10^{-6} とする。

- (1) カルシウムイオンのモル濃度 (mol L^{-1}) はいくらか。
- (2) pH はいくらか。ただし、水の解離により生じる OH^- は無視できるものとする。

1. 次の数値を単位換算せよ。ただし、 $1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$ とする。

(1) メタノールの密度 $0.792 \text{ g/cm}^3 = (\quad) \text{ kg/m}^3$

(2) メタノールの比熱 $0.591 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)} = (\quad) \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$

2. 厚さ 20 cm 、熱伝導度 $0.60 \text{ J/(m} \cdot \text{K} \cdot \text{s)}$ の「れんが」で作られた平面炉がある。炉の内面温度が 300°C 、外面温度が 80°C のとき、内面から外面への熱流束（単位面積あたりの伝熱速度）を求めよ

3. 内径 53 mm の円管内に水を 3.1 kg/s で流している。次の問いに答えよ。

ただし、水の密度は $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、水の粘度は $1.0 \times 10^{-3} \text{ kg/(m} \cdot \text{s)}$ とする。

(1) 円管内の水の平均流速を求めよ。

(2) 円管内の水の流れが層流か、乱流かを判定せよ。

1. 炭水化物に関する以下の問いに答えよ。

（1）D-グルコースは、炭素数あるいはカルボニル基による分類において該当するものを1つ選び、○印を付けよ。

（2）単糖類の分子構造を描く方法には Fischer 式と Haworth 式があるが、この2つの方式の間の相互変換において、水酸基の描く向きが決められている。上下左右の各方向を使って説明しなさい。

（3）ピラノースあるいはフラノースが環状構造を取ったときに、ヘミアセタール（またはヘミケタール）を形成する C-1 炭素が不斉炭素になることで2種類の立体異性体を発生する。この C-1 炭素を何と呼ぶか答えよ。また、2種類の立体異性体である α 形と β 形の C-1 炭素に結合している水酸基の向きを答えよ。

（4）デンプンとセルロースは同じグルコースから構成される多糖類であるが、その性質は異なる。その理由を構造の違いから説明せよ。

2. 代謝とエネルギー生産に関する以下の問いに答えよ。

（1）代謝においてみられる過程には、異化作用と同化作用があるが、それぞれについて説明せよ。この2つの作用において生化学エネルギーを放出するのはどちらか、該当する方に○印を付けよ。

（2）食物の消化において、消化されるものは大きく分けて3つに分類されるが、炭水化物以外の他の2つを書け。これら3つは消化されるとそれぞれ何に分解されるか答えよ。

（3）炭水化物の消化によって生化学エネルギーをクエン酸回路と電子伝達系で生成することになるが、クエン酸回路に入る前に重要となる化合物名を書け。

（4）このエネルギー生産を担っている真核細胞内におけるオルガネラを答えよ。また、この生化学エネルギーとなる化合物の構造を簡単に説明せよ。

3. アミノ酸について、以下の問いに答えよ。

（1）アミノ酸の酸・塩基特性における性質を2つ説明せよ。

（2）2つのカルボキシ基と1つのアミノ基を持つアスパラギン酸の構造式を書け。アスパラギン酸は pH 1 のような pH の低い条件では2つのカルボキシ基はイオン化（ $\sim\text{COO}^-$ ）していないが、pH を高くするとプロトンを放出してイオン化する。この2つのカルボキシ基のうち初めにイオン化する方に○印を付けよ。また、pH 10 以上の高い条件では、最終的にどのような構造のアスパラギン酸になるか構造式を書け。

（3）アスパラギン酸の2つのカルボキシ基のうち、上記（2）のように低 pH 領域から高 pH 領域に pH を高くしていくとカルボキシ基が順番にイオン化される理由を説明せよ。