

令和7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)全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. Ca（原子番号：20）、Cr（原子番号：24）、Cu（原子番号：29）の電子配置を示せ。
（例）Ne（原子番号：10） $1s^2 2s^2 2p^6$
2. 物質のバンド構造（バンド理論）について、「半導体」と「絶縁体」のバンド構造の違いを図も用いて説明せよ。
3. 絶縁体及び半導体の電気伝導度は温度とともに増加するのに対し、金属の電気伝導度は温度とともに減少する。それぞれ理由を簡単に説明せよ。
4. 化学反応（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$ ）において電子の授受が起こっている変化を、（例）に従ってイオン反応式で示せ。
（例） $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
 $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
5. 単純な光化学反応式は、以下のように示すことができる。
$$\text{A} + h\nu \rightarrow \text{A}^*$$
$$\text{A}^* \rightarrow \text{P}$$

A は光を吸収する物質、 $h\nu$ は光のエネルギー、 A^* は A の光励起状態、
P は反応生成物

（1）上記の単純な光化学反応と異なり、物質 A が光を吸収せずに、他の物質 C が光を吸収し光励起して、物質 A から反応生成物 P が得られる光化学反応式を示せ。

（2）その光化学反応式では、物質 C のことを何と呼ぶか。

1. 有機化合物に関する以下の問いに答えよ。

（1）以下に示すアルカン誘導体の官能基をそれぞれ答えよ。

＜アルコール、チオール、エーテル、アルデヒド、ケトン、
カルボン酸無水物、エステル、アゾ化合物、ニトロ化合物、ニトリル＞

（2）エチレンの炭素原子とアミンの窒素原子の混成軌道はどのような形態をとるか答えよ。また、各原子の電子配置を答えよ。さらに、この電子配置において、エチレンの π 結合に関わる電子とアミンの非共有電子対の部分を○印でそれぞれ記せ。

2. アルデヒドに関する以下の問いに答えよ。

（1）アルデヒドやケトンは同じ炭素数のアルカンと比べて沸点が高い理由を説明せよ。

（2）アルデヒド (R^1CHO) とアルコール (R^2OH) が酸触媒の存在下で1分子反応して起こる反応について、反応式と得られる化合物名を書け。また、酸触媒を必要とする理由を説明せよ。

3. 芳香族化合物に関する以下の問いに答えよ。

（1）以下の一置換ベンゼンはニトロ化反応によって二置換ベンゼンの構造となるが、これらは全て異なる位置異性体となる。なぜニトロ基が置換する場所が異なるか、それぞれの化合物ごとに説明せよ。

＜トルエン、ニトロベンゼン、フェノール＞

（2）ニトロベンゼンのニトロ化反応における主生成物となる中間体の共鳴構造式を書け。また、主生成物の名称を答えよ。

1. ラウールの法則について以下の問いに答えよ。298 Kにおける純粋な液体 A の蒸気圧は 1.00×10^4 Pa であり、純粋な液体 B の蒸気圧は 1.00×10^3 Pa であるとする。この液体 A と液体 B の混合溶液にラウールの法則が成立するとする。
 - (1) 液相中の液体 A のモル分率が 0.200 のとき、気相中の気体 A の分圧 P_A を求めよ。
 - (2) 上記組成での気相の全圧 P を求めよ。
 - (3) 気相中の気体 A のモル分率を求めよ。
2. 体積一定の断熱容器に入った気体に熱量 10.0 kJ を与えて加熱したところ、気体の温度が 5.00 K だけ上昇した。この気体の定積熱容量 C_V を求めよ。
3. 次のような化学反応があるとする。



A の初濃度が 1.00 mol dm^{-3} であり、600 秒後の A の濃度が $0.200 \text{ mol dm}^{-3}$ であった。この化学反応の速度式は 1 次反応であるとして、この反応の速度定数を求めよ。

1. 濃度が C_A の酢酸水溶液と濃度が C_B の酢酸ナトリウム水溶液がある。これらの混合水溶液の pH を求める式を導出せよ。酢酸の酸解離定数を K_a 、水のイオン積を K_w とする。
2. 吸光光度法について以下の問いに答えよ。強度 I_0 の単色光が物質層を透過して、強度 I になったとする。
 - (1) 透過度 (t) を I 及び I_0 を用いて表示せよ。
 - (2) 透過率 (%T) を t を用いて表示せよ。
 - (3) 吸光度 (A) を t を用いて表示せよ。
 - (4) 透過率 30 % の溶液の吸光度を求めよ。
3. 昇温過程及び降温過程における物質の発熱と吸熱を測定する熱分析に、「示差熱分析 (DTA)」と呼ばれるものがある。その測定原理を、「測定試料」、「基準物質」、「熱電対」、「熱物性変化」の語句を用いて簡単に説明せよ。（「熱物性変化」とは、融解、ガラス転移、結晶化などの転移現象や、分解、酸化、硬化などの反応を指す。）

1. 以下に 0 °Cにおける酸素の物性値を示す。これを単位換算せよ。ただし、1 P = 1 g/(cm·s)とする。

(1) 密度 $1.43 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ = () kg/m^3

(2) 粘度 $1.92 \times 10^{-2} \text{ cP}$ = () $\text{kg/(m}\cdot\text{s)}$

2. 内径 80 mm、長さ 5.0 m の円管内に水を 2.0 m/s で流しているときの摩擦損失を求めよ。ただし、摩擦係数はブラジウスの式 $f = 0.0791 Re^{-0.25}$ で与えられ、水の密度と粘度はそれぞれ $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $1.0 \times 10^{-3} \text{ kg/(m}\cdot\text{s)}$ とする。

3. 厚さ 2.0 mm の大きなガラスで窓をつくる。室内側と室外側の表面温度がそれぞれ 28 °Cと 5 °Cに保たれているとして、次の問いに答えよ。ただし、ガラスと空気の熱伝導度はそれぞれ $0.80 \text{ J/(m}\cdot\text{K}\cdot\text{s)}$ 、 $0.025 \text{ J/(m}\cdot\text{K}\cdot\text{s)}$ とする。

(1) ガラス一枚で窓をつくった場合の熱流束（単位面積当たりの伝熱速度）を求めよ。

(2) ガラス二枚の間に 4.0 mm の空気の層を入れて窓をつくった場合の熱流束を求めよ。

1. 代謝について述べた文章を読み、以下の問いに答えよ。

代謝には無機物質や有機化合物からより複雑な化合物を合成して生体成分をつくりだす（①）と有機化合物を低分子の物質に分解してエネルギーを生成する（②）がある。

酵母でグルコースを基質として好気呼吸を行った場合（③）、（④）、（⑤）の過程に分けられる。（③）はグルコース 1 分子から 2 分子の（⑥）が生成する経路で、（⑥）は CoA と反応してアセチル CoA になる。アセチル CoA はオキサロ酢酸と反応して（⑦）となり（④）に入る。（④）では何段階かの反応を経て再びオキサロ酢酸を生成する。この過程で生成した NADH、FADH₂ は、（⑤）のタンパク質複合体に電子を渡し、最終的には（⑧）に電子を渡して、（⑨）になる。（⑤）の過程では、（⑩）内膜の内外にて発生する（⑪）の濃度勾配を利用して（⑫）が生産される。

（1）文中の①～⑫に入る適当な語句を下の語群より選べ。

<語群>

水素イオン、水酸化物イオン、ATP、ADP、AMP、電子伝達系、グリオキシル酸回路、コハク酸、TCA 回路、ペントースリン酸回路、解糖系、細胞質基質、リボソーム、ミトコンドリア、異化、分化、同化、光合成、化学合成、乳酸、グリセルアルデヒド 3-リン酸、ピルビン酸、リンゴ酸、クエン酸、酸素、窒素、エタノール、細胞壁、二酸化炭素、水

（2）酵母は酸素が存在しない条件ではグルコース（C₆H₁₂O₆）からエタノールと二酸化炭素に分解するアルコール発酵を行う。一方、酸素のあるところでは好気呼吸を行うことができる。ある条件下において、酵母を培養したところ 48 g の酸素を吸収し、132 g の二酸化炭素を放出した。好気呼吸とアルコール発酵で消費されたグルコースはそれぞれ何 g か答えよ。 原子量は、H=1、C=12、O=16 とする。

2. 核酸について述べた文章を読み、以下の問いに答えよ。

核酸は塩基、糖、（①）という 3 つの部分からなる基本単位から構成されている。DNA の糖は（②）で、RNA の糖は（③）である。

（1）文中の①～③に入る適当な語句を答えよ。

（2）文中の基本単位のことを何と言うか。

（3）DNA の塩基を 4 つ答えよ。（一文字の略号ではなく、化合物名で答えること。）

（4）RNA に主に存在し、DNA にほとんど存在しない塩基を答えよ。（一文字の略号ではなく、化合物名で答えること。）