

令和9年度専攻科入学者選抜検査

(学力二次) 検査問題

生物応用化学専攻

専 門 科 目

(検査時間 90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。

科目名 無機化学

1. 指定された原子番号を持つ元素の電子配置を記述せよ。

記述形式：

・エネルギーの低い順に電子配置を記述すること

・電子の最外殻が p 軌道である場合、その p 軌道の電子配置を分解して記述すること (例: $2p^6 \rightarrow 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2$)

(1) O (原子番号 8)

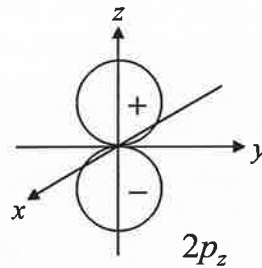
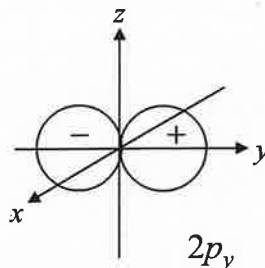
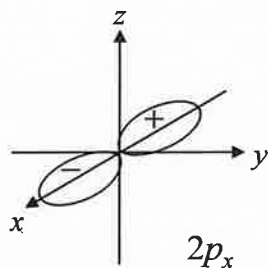
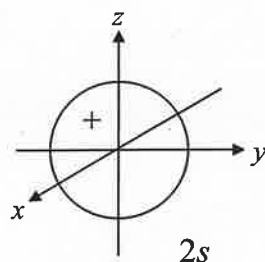
(2) Mg (原子番号 12)

2. ある加速電圧によって、電子が速度 $v = 2.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ で運動している。このとき、以下の問いに答えよ。

(1) 電子が持つド・ブローイ波の波長 $\lambda = h/(mv)$ を求めよ。ただし、プランク定数を $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、 $\text{J} = \text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ 、電子の質量を $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ とし、計算結果は有効数字 2 桁で答えよ。

(2) この原理を利用して、可視光では分解不可能な極微の構造を観察可能にする装置の名称を述べよ。省略語は用いないこと。

3. 図は炭素原子の $2s$ および $2p$ の電子軌道である。 p_x , p_y , p_z 軌道は互いに直交している。以下の問いに答えよ。



(1) xy 平面内に存在する $2p_x$ および $2p_y$ 軌道と、 $2s$ 軌道とから形成される sp^2 混成軌道により、隣り合う 2 つの炭素原子が xy 平面内で互いに 120° の角度をなす 3 本の等価な結合を形成した。この結合の種類を答えよ。

(2) 上記 (1) の混成に関与しなかった p_z 軌道が形成する結合の種類を答えよ。

(3) 上記 (1) と (2) の化学結合様式で知られる層状化合物の名称を答えよ。

(4) この化合物の構造において、層間にはどのような力が働いているか答えよ。

科目名 有機化学

1. エタン、エチレン、アセチレンについて、以下の問いに答えよ。

(1) エタン、エチレン、アセチレンの構造式を書け。

(2) 酸性度の強い順に答えよ。

(3) 上記(2)の順になる理由を、混成軌道とs性の語句を用いて説明せよ。

2. ナトリウム 1-ブトキシドと1-クロロブタンの1-ブタノール中における反応について、以下の問いに答えよ。

(1) この反応式を書け。

(2) この反応は、以下の語句のどれにあてはまるか記号で答えよ。また、以下の語句において、EとS_Nは、ある反応の英語名の略であるが、それぞれについて、日本語で答えよ。

【 (a) E1反応 (b) S_N1反応 (c) E2反応 (d) S_N2反応 】

(3) この反応の反応性を決める要因として、最も重要な因子を答えよ。

科目名 物理化学

1. ファンデルワールスの状態方程式について以下の問いに答えよ。

(1) n mol の実在気体についてファンデルワールスの状態方程式は、次のように表される。

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

ここで、 a と b はファンデルワールス定数と呼ばれる気体に固有の定数であり、 R は気体定数、 P 、 V 、 T は圧力、体積、絶対温度である。式中の an^2/V^2 と nb の項は、それぞれ実在気体のどのような性質を表したもののか。

(2) 0.250 mol の二酸化炭素を 0.500 dm³ の容器に入れ、40.0 °C に保った。

(ア) 理想気体の状態方程式を用いて、圧力を Pa 単位として有効数字 3 桁で答えよ。

(イ) ファンデルワールスの状態方程式を用いて、圧力を Pa 単位として有効数字 3 桁で答えよ。二酸化炭素のファンデルワールス定数は、 $a = 3.61 \text{ atm} \cdot \text{dm}^6/\text{mol}^2$ 、 $b = 0.0426 \text{ dm}^3/\text{mol}$ である。

1 atm = 1.01×10^5 Pa、 $R = 8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

2. 以下の文章を読み各値を求めよ。

2.00 mol のメタンガスを容器に入れ、 1.01×10^5 Pa の一定圧力において 298 K から 550 K まで加熱した。

この温度範囲におけるメタンガスの定圧モル熱容量 ($\bar{C}_p$) は、 $\bar{C}_p = 35.7 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ である。メタンガスは理想気体として、この温度変化に伴う (1) 仕事 (W)、(2) 熱量 (Q)、(3) エンタルピー変化 (ΔH)、

(4) 内部エネルギー変化 (ΔU)、(5) エントロピー変化 (ΔS) を求めよ。解答は有効数字 3 桁で答えよ。気体定数 (R) は、 $R = 8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

科目名 分析化学

1. アンモニア (NH_3) に関する以下の問いに答えよ。

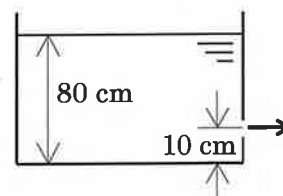
- (1) アンモニアは水に溶解して何性を示すか。溶媒である水分子との反応式を書いて示せ。
- (2) 濃度 0.10 mol/L アンモニア水溶液の pH を有効数字 2 桁で計算せよ。ただし、アンモニアの塩基解離定数を $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ 、水の解離が無視できて水溶液の濃度が十分に濃いものとして考えてよい。

2. 水溶液の溶解度に関する以下の問いに答えよ。

濃度 0.20 mol/L の塩化カリウム (KCl) 水溶液に塩化銀 (AgCl) を加えて飽和溶液を調製する。塩化銀の溶解度積を $K_{\text{sp}} = 1.8 \times 10^{-10}$ とするとき、水溶液中の銀イオンの濃度 $[\text{Ag}^+]$ を有効数字 2 桁で計算せよ。ただし、塩化銀を加えることで塩化ナトリウム水溶液の体積は変化しないとして考えること。

科目名 化学工学

1. 右図のように、底から 10 cm の位置に小孔が開いたタンクに水を入れて水面を一定の深さ 80 cm に保っている。小孔からの水の流出速度を求めよ。ただし、周囲は大気圧であり、摩擦は無視できるとする。



2. メタノール水溶液の蒸留に関する次の問いに答えよ。
- (1) 60.0 mol%メタノール水溶液を加熱すると、101.3 kPa、71.4 °Cで沸騰し、メタノール濃度 82.5 mol%の蒸気を生じて気液平衡状態になった。このときの比揮発度を求めよ。
- (2) 連続蒸留塔に 40.0 mol%メタノール水溶液を 55.0 mol/s で供給し、塔頂から 96.0 mol%メタノール水溶液、塔底から 3.00 mol%メタノール水溶液を得ている。留出液の流量を求めよ。

科目名 生物化学

1. タンパク質と酵素について、以下の問いに答えよ。

- (1) タンパク質の一次構造とは何か説明せよ。
- (2) 上記、タンパク質の一次構造が重要であるのはなぜか説明せよ。
- (3) タンパク質中におけるシステインの役割を説明せよ。
- (4) 通常、タンパク質は等電点においてもっとも溶解性が低くなるのはなぜか説明せよ。
- (5) タンパク質の変性とは何か。その要因も含めて説明せよ。
- (6) 酵素が化学反応速度の進行を促進する原理を説明せよ。
- (7) 酵素の基質特異性とは何か。
- (8) 酵素濃度が一定の場合、基質濃度を増加させると反応速度はどのように変化し、最終的にどうなるか、その理由も含めて説明せよ。

2. 代謝（呼吸・発酵・光合成）について、以下の問いに答えよ。

- (1) 解糖系でグルコース 1 分子につき ATP は正味何分子合成されるか。
- (2) クエン酸回路の役割を簡潔に説明せよ。
- (3) 電子伝達系における ATP 合成のしくみを、電子の流れとプロトンに着目して説明せよ。
- (4) 電子伝達系において、電子は最終的に①どの物質に渡され、②何が生成されるか答えよ。
- (5) 酵母のアルコール発酵はどのような環境で起こるか答えよ。
- (6) アルコール発酵において、エタノールは何のために生産されるのか、補酵素に着目して答えよ。
- (7) 光合成において酸素はどの物質から生じるか答えよ。
- (8) 光合成における暗反応のはたらきを簡潔に答えよ。