

整理番号
7

2021 年度 4 月入学 (2020 年度 10 月入学含む) 東京農工大学工学府博士前期課程

問題用紙 化学

応用化学専攻
システム化学工学専修

3 枚のうち 1

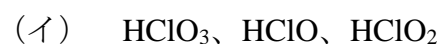
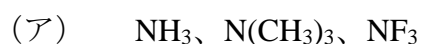
受験番号 MC-

次の 1. 無機分析化学、2. 物理化学および 3. 生物化学の 3 問の中から 2 問を選び、それぞれ所定の答案用紙を使用して解答せよ。なお、必要に応じて下書き用紙を使用してよいが、採点対象にはならない。

1. 無機分析化学

以下の問い〔1〕～〔3〕に答えよ。なお、各問いにつき 1 枚の解答用紙を用いること。

〔1〕 次の (ア) および (イ) のグループの化合物について、ブレンステッド酸あるいはルイス塩基の強さが増加する順にそれぞれを並べよ。また、その理由をそれぞれ 150 字程度で説明せよ。



〔2〕 次の分子やイオンのルイス構造 (点電子式) を書け。ルイス共鳴構造が存在する場合、すべての共鳴構造も示せ。また、原子価殻電子対反発 (VSEPR) 理論に基づいて、それぞれの分子やイオンの形がどのようになるかを、それぞれ 100 字程度で説明せよ。



〔3〕 次の問い (1)～(3) に答えよ。ただし、水溶液の温度は 25°C で一定で、酢酸の酸解離定数 K_a は 1.75×10^{-5} (25°C) である。

(1) 0.100 mol L^{-1} 酢酸ナトリウム水溶液 20.0 mL に 0.100 mol L^{-1} 酢酸水溶液 10.0 mL を加えて緩衝液を調製した。この緩衝液の pH を求めよ。

(2) 問い (1) で作製した緩衝液に $0.0200 \text{ mol L}^{-1}$ 塩酸水溶液を 1.00 mL 加えた。この溶液の pH を求めよ。

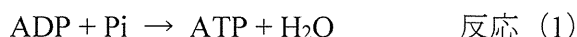
(3) 問い (1) と (2) において、塩酸水溶液を加える前後の pH や物質の濃度の変化に着目して、緩衝液による緩衝作用を 150 字程度で説明せよ。

2. 物理化学

エタノールに関する以下の問〔1〕～〔4〕に答えよ。 R は気体定数 $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 T は絶対温度[K]を表す。H、C、O の原子量はそれぞれ 1.0、12.0、16.0 とする。25 °C は 298.15 K とする。

〔1〕 エタノールを CO_2 と H_2O まで完全に酸化する反応 (完全酸化反応) の 25 °C における標準反応ギブズエネルギーを有効数字 3 桁で求めよ。但し、完全酸化に伴い発生する H_2O は液体とする。25 °C におけるエタノール、 CO_2 、 $\text{H}_2\text{O(l)}$ の標準生成エンタルピーはそれぞれ $-277.7 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、 $-393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、 $-285.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ であり、エタノール、 CO_2 、 $\text{H}_2\text{O(l)}$ 、酸素の標準モルエントロピーは $160.7 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 $213.7 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 $69.9 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 $205.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。

〔2〕 成人は一日に体重と同じオーダーの ATP を消費する。ATP を ADP とリン酸 (Pi) から合成する反応は下記の通りであり、



25 °C において反応 (1) に伴う標準反応ギブズエネルギーは 30.5 kJ mol^{-1} である。〔1〕で求めたエタノールの完全酸化反応の標準反応ギブズエネルギーを全て反応 (1) に使えたと仮定したとき、25 °C において反応 (1) で 50 kg の ATP を合成するのに必要なエタノールの質量[g]を有効数字 2 桁で答えよ。但し、ATP の分子量は 507.2 g mol^{-1} である。

〔3〕 Clausius-Clapeyron の式は蒸発エンタルピー $\Delta_{\text{vap}}H$ を用いて、

$$\frac{d \ln p}{dT} = \frac{\Delta_{\text{vap}}H}{RT^2} \quad \text{式 (2)}$$

と表される。 $\Delta_{\text{vap}}H$ が温度に依存しないと仮定し、式 (2) から蒸気圧 p の温度依存性の式を導け。但し、参照温度 T^* での蒸気圧を p^* とし、式の導出過程も示すこと。また、 H_2O 、エタノールの蒸気圧が Clausius-Clapeyron の式に従うとして、40 °C におけるそれぞれの蒸気圧[Pa]を有効数字 2 桁で求めよ。但し、 H_2O 、エタノールの $\Delta_{\text{vap}}H$ はそれぞれ温度に依らず 40.7 kJ mol^{-1} 、 38.6 kJ mol^{-1} であり、25 °C における蒸気圧はそれぞれ $3.16 \times 10^3 \text{ Pa}$ 、 $7.87 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。

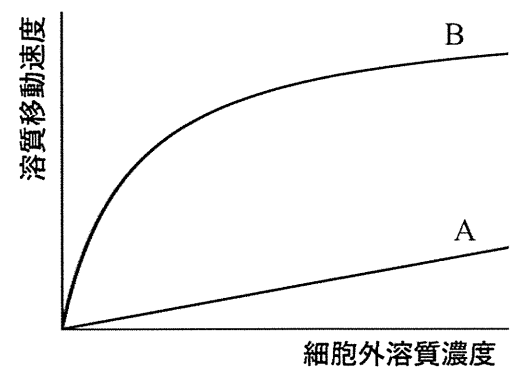
〔4〕 エタノール水溶液において、エタノールが希薄な条件でエタノール蒸気圧がラウールの法則に従うと仮定したとき、25 °C におけるエタノール 5.0 wt% 水溶液のエタノール蒸気圧[Pa]を有効数字 2 桁で求めよ。純成分の蒸気圧の値は〔3〕の値を用いよ。

3 枚のうち 3

受験番号 MC-

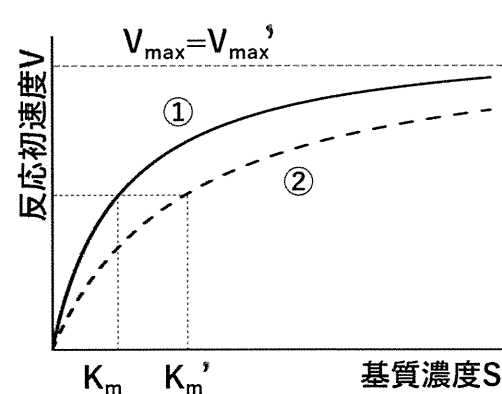
3. 生物化学 以下の問〔1〕～〔3〕に答えよ。

〔1〕右図は、受動輸送による細胞外から細胞内への溶質の移動における細胞外溶質濃度と溶質移動速度の関係である。A は (ア) 拡散、B は (イ) 拡散と呼ばれる。以下の問 (1)、(2) に答えよ。なお、A、B いずれの場合も、細胞内に移動した溶質はすぐに代謝されるため、細胞内溶質濃度は常に細胞外溶質濃度よりも低いものとする。



- (1) 空欄 (ア)、(イ) に入る適切な語句をそれぞれ漢字 2 字で書け。
 (2) B において細胞外溶質濃度が高くなると溶質移動速度が増大しにくくなる理由を 30 字以内で書け。

〔2〕右図は、Michaelis-Menten 式で表される酵素反応において、①阻害がない場合と② (ア) 阻害がある場合の基質濃度 S と反応初速度 V の関係である。 V_{max} 、 V_{max}' はそれぞれ①、②の最大反応初速度であり、 K_m 、 K_m' はそれぞれ①、②の半飽和定数である。次の問 (1)、(2) に答えよ。



- (1) 空欄 (ア) に入る阻害の種類を表す用語を漢字 3 字以内で書け。
 (2) ①および②それぞれの Lineweaver-Burk プロットの概略図を解答用紙のグラフに注意に従って示せ。

〔3〕DNA および PCR 法の説明に関する以下の文章の空欄に当てはまる適切な語句を書け。③、④、⑥および⑦には塩基の名称 (略称は不可)、⑤および⑧には数字が入る。

DNA の 2 本鎖は、互いに (①) 結合で結びついている。DNA が 1 本鎖になる温度を (②) 温度という。(②) 温度は DNA 中の (③) と (④) の含量が高いと高くなる。これは、(③) と (④) は (⑤) 個の (①) 結合で結びつき、(⑥) と (⑦) は (⑧) 個の (①) 結合で結びついているためである。

PCR 法では、まず、目的の DNA を 1 本鎖 DNA にし、1 本鎖 DNA 上に (⑨) を (①) 結合させる。次に、この 1 本鎖 DNA に (⑩) を作用させ、DNA を伸長合成させる。以上を 1 サイクルとし、これを数 10 サイクル繰り返し、目的の DNA 断片を増幅させる。