

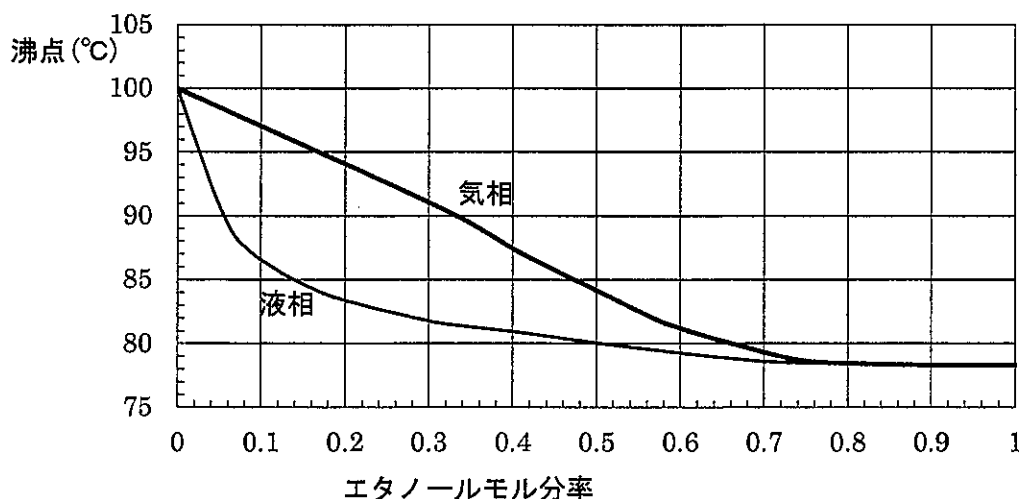
受 験 専門科目名	物理化学	この科目について (2)枚のうち(1)枚目
--------------	------	----------------------------------

注：大問ごとに1枚ずつ解答用紙を使用し、問題番号を明記すること。表面で書ききれない場合は、解答用紙の裏面を使用して構わない。必要であれば以下のパラメータを用いよ。気体定数 $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$ 、ファラデー定数 $F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$ 、アボガドロ定数 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

【問題 1】

エタノール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 水溶液は、一般に糖類を酵母により発酵した醸造エタノールを蒸留して得ることができる。アルコール度数が15度である醸造エタノールから、消毒用のアルコール度数76度のエタノール水溶液を単蒸留により作りたい。下記の水—エタノール気液平衡曲線を利用して、以下の問いに答えよ。ただしアルコール度数とはエタノールの容量(vol)%のことであり、また水の比重は 1.0 [g/ml] 、純粋エタノールの比重は 0.79 [g/ml] である。

- 1) アルコール度数15度の醸造エタノール (15vol%エタノール) のエタノールモル分率を求めよ。
- 2) 上記醸造エタノールが沸騰する温度は何度か、またこの時の気相のエタノール濃度をエタノールモル分率で答えよ。
- 3) 前述の醸造エタノールを合計何回蒸留すれば、アルコール度数76度の消毒用エタノールを作れるのか、その理由を示して答えよ。



2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験

受 験 専門科目名	物理化学	この科目について (2)枚のうち(2)枚目
--------------	------	-----------------------------

【問題 2】

ドライアイス ($\text{CO}_2(\text{s})$) 100 g が昇華温度 (-78.5°C) でピストン中に存在している。大気圧下 (1013 hPa) において、これが全て昇華し、 25.0°C の二酸化炭素の気体 ($\text{CO}_2(\text{g})$) になった。ドライアイスのモル昇華熱 $\Delta H_{\text{sub}} = 25.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、 CO_2 (気体) の定圧モル熱容量 $C_p = 37.1 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ とする。

- 1) ドライアイス 100 g が全て昇華温度 (-78.5°C) で昇華した時、二酸化炭素がする仕事を求めよ。
- 2) 1) の変化におけるドライアイス 100 g のエンタルピー変化、エントロピー変化、内部エネルギー変化を求めよ。
- 3) その後ピストン全体の温度が上昇し、 25.0°C になった。 -78.5°C から 25.0°C に温度が上昇した時の $\text{CO}_2(\text{g})$ のエンタルピー変化、エントロピー変化、内部エネルギー変化を求めよ。

【問題 3】グルタミン酸の pK_a は 2.16、4.15、9.58 である。グルタミン酸が最大限にプロトン化した状態の化学種を H_3Glu^+ とし、プロトンが順次解離して H_2Glu 、 HGlu^- 、 Glu^{2-} が生じるとする。pH 3.50 の水溶液中において、グルタミン酸の各化学種を存在比率が高い順に並べ、その根拠を述べよ。また、グルタミン酸の pI を計算せよ。

【問題 4】

- (1) 以下の用語を簡潔に解説せよ。
 (a) グロッタスの機構 (b) 半反応式 (c) アノード
- (2) 2つの銀-塩化銀電極 [$\text{AgCl}(\text{s}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$, $E^\circ = 0.22 \text{ V}$ (25°C において)] を塩橋で接続し、化学電池を構成する。各電極における Cl^- 濃度が 10 倍異なる時、この電池の 25°C における起電力はいくらか計算せよ。なお、電解質溶液は理想希薄溶液と見なすことができ、かつ塩橋の両端でイオン濃度による電位差は生じないものとする。

**2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験
解答例及び出題意図**

専門科目名	物理化学
-------	------

【問題1】 気液平衡に関する、基礎知識を問う。

- 1) エタノールモル分率：0.052
 - 2) 沸点90℃～91℃ 気相のエタノール分率：0.32
 - 3) 消毒用エタノールエタノールモル分率=0.496
- 2回蒸留するとエタノールモル分率は0.58となり上記の値を超える。したがって合計2回蒸留すれば良い。

【問題2】 相変化および気体の体積変化における、仕事、エンタルピー、エントロピーの基礎知識を問う。

- 1) 仕事 3.68 kJ
- 2) エンタルピー変化：57.3 kJ
エントロピー変化：0.294 kJ/K⁻¹
内部エネルギー変化：53.6 kJ
- 3) エンタルピー変化：8.72 kJ
エントロピー変化：0.0359 kJ/K
内部エネルギー変化：6.77 kJ

【問題3】 多プロトン酸の水溶液中における存在状態とpHの関係性を問うことで、pKaの概念を含めた酸塩基平衡に関する理解度を量る。

$$K_{a1} = [\text{H}_2\text{Glu}] \times [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{H}_3\text{Glu}^+] = 10^{-2.16}$$

$$K_{a2} = [\text{HGlu}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{H}_2\text{Glu}] = 10^{-4.15}$$

$$K_{a3} = [\text{Glu}^{2-}] \times [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{HGlu}^-] = 10^{-9.58}$$

pH3.50のとき $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3.50}$ であるので、

$$[\text{H}_2\text{Glu}] = [\text{H}_3\text{Glu}^+] \times 10^{1.34}$$

$$[\text{HGlu}^-] = [\text{H}_2\text{Glu}] \times 10^{-0.65} = [\text{H}_3\text{Glu}^+] \times 10^{0.69}$$

$$[\text{Glu}^{2-}] = [\text{HGlu}^-] \times 10^{-6.08} = [\text{H}_3\text{Glu}^+] \times 10^{-5.39}$$

よって存在比率の高い順に並べると、 H_2Glu 、 HGlu^- 、 H_3Glu^+ 、 Glu^{2-} となる。

また、グルタミン酸のpIは $(\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2}) / 2 = (2.16 + 4.15) / 2 = 3.16$ である。

なおこの時 Glu^{2-} の値は極めて小さく、その影響は無視できる。

【問題4】 用語説明およびネルンストの式を用いた計算問題の出題により、イオンや電気化学に関する総合的な理解度を量る。

1)

(a) グロッタスの機構：近傍の水分子間での連鎖的なプロトン移動。これにより、プロトンおよび水酸化物イオンの水中におけるイオン移動度が、他のイオンに比べて大きく測定される。

(b) 半反応式：ある化学種が電子を獲得して還元され、別の化学種になる過程、もしくはある化学種が電子を放出して酸化され、別の化学種になる過程を表す反応式。したがって電子を含む形で記述される。

(c) アノード：化学電池や電解槽において酸化反応が起きる側の電極。

(2) ネルンストの式より、 Cl^- 濃度が薄い (X Mとする) 電極の $E_1 = E^\circ - (RT/nF) \ln X$

Cl^- 濃度が濃い ($10X$ Mとする) 電極の $E_2 = E^\circ - (RT/nF) \ln(10X)$

よって起電力 $E = E_1 - E_2 = (RT/nF) \ln(10) = 0.059$ (V)