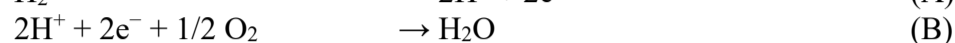
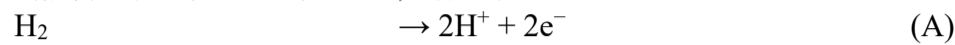


受験番号/Number \_\_\_\_\_

外国人特別選抜受験者は日本語で解答すること

Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English.

問(I) 固体高分子形燃料電池 (PEMFC) では、各電極の



反応を介して、発電することができる。以下の設問に答えよ。(25点)

(1) 電子が外部回路に10モル流れたとき、水素、酸素は何モルずつ消費されるか？また、水は何モル生成されるか？(5点)

(2) 全電池反応に対するギブスの自由エネルギー変化 $\Delta G_r^0$ を水素、酸素、水の標準生成ギブスの自由エネルギー ( $\Delta_f G_{\text{H}_2}^0$ ,  $\Delta_f G_{\text{O}_2}^0$ ,  $\Delta_f G_{\text{H}_2\text{O}}^0$ ) を使って示せ。また PEMFC の起電力  $E^0$  が

$$E^0 = \frac{-\Delta G_r^0}{2F} \quad (\text{C})$$

となることを示せ。  $F$  はファラデー定数。(5点)(3) 実際には、起電力  $E$  は水素、酸素、および水の活量 ( $a_{\text{H}_2}$ ,  $a_{\text{O}_2}$ , および  $a_{\text{H}_2\text{O}}$ ) に依存し、次のような活量の関数 (Nernst 式) になる。これを導出せよ。(5点)

$$E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln \left( \frac{a_{\text{H}_2} a_{\text{O}_2}^{1/2}}{a_{\text{H}_2\text{O}}} \right) \quad (\text{D})$$

ただし  $R$  は一般気体定数、 $T$  は温度である。

(4) 今、水素の圧力を2倍にする。あるいは酸素の圧力を2倍にする。どちらの場合がより大きな起電力上昇が望めるか。上記、Nernst 式も使って解答せよ。(10点)

In a polymer electrolyte membrane fuel cell (PEMFC), electricity can be generated through the Eqs. (A) and (B). Answer the following questions. (25 points)

(1) When 10 moles of electrons flow through the external circuit, how many moles of hydrogen gas and oxygen gas are consumed, and how many moles of water are produced? (5 points)

(2) Using the standard Gibbs free energies of formation of hydrogen gas, oxygen gas, and water ( $\Delta_f G_{\text{H}_2}^0$ ,  $\Delta_f G_{\text{O}_2}^0$ , and  $\Delta_f G_{\text{H}_2\text{O}}^0$ ), express the standard Gibbs free energy change of the overall cell reaction,  $\Delta G_r^0$ . Furthermore, show that the standard electromotive force (EMF) of the PEMFC is given by Eq. (C). (5 points)(3) In practice, the electromotive force depends on the activities of hydrogen gas, oxygen gas, and water ( $a_{\text{H}_2}$ ,  $a_{\text{O}_2}$ , and  $a_{\text{H}_2\text{O}}$ ), and is expressed as the activity-dependent function as shown in Eq. (D). Derive this equation. Here,  $R$  is the universal gas constant, and  $T$  is the absolute temperature. (5 points)

(4) Now consider doubling the pressure of hydrogen gas or, alternatively, doubling the pressure of oxygen gas. Which case results in a larger increase in the electromotive force? Answer, using the Eq. (D). (10 points)

□外国人特別選抜受験者は日本語で解答すること。紙面が足りない場合には、裏面を使ってもよい。

□Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English. You may use the reverse side, if there is not enough space.

令和 8 年度 大学院工学府修士課程外国人特別選抜試験  
Entrance Examination for International Master's Program 2026

Group B  
電気化学/Electrochemistry

受験番号/Number \_\_\_\_\_

外国人特別選抜受験者は日本語で解答すること

Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English.

問(II)次の各問に答えよ。(25点)

Answer the following questions. (25 points)

「ダニエル電池」は、亜鉛および銅でできた電極がそれぞれ硫酸亜鉛水溶液および硫酸銅水溶液に接し、二つの溶液が塩橋で接続されたものであり、以下のようにあらわされる。



この電池について以下の問いに答えよ。

- (1) 放電時に亜鉛電極および銅電極で起きる電極反応を書け (4点×2)。
- (2) 亜鉛電極における酸化還元対を「Ox/Red」の形で表せ (5点)。
- (3) この電池から 1 A の電流を 100 秒間取り出した時の亜鉛電極の質量の変化を求めよ。ただし、亜鉛の原子量を 65、ファラデー定数を 96500 C/mol として計算せよ (6点)。
- (4) この電池は、電解質溶液中の金属イオンの濃度が 1 mol/L の時、銅電極を正極として約 1.1 V の起電力を生じる。亜鉛イオンの濃度をそれよりも小さくしたとき、起電力はどのように変化するかを理由とともに答えよ (6点)。

The Daniell cell consists of zinc and copper electrodes, each in contact with an aqueous zinc sulfate solution and an aqueous copper sulfate solution, respectively, with the two solutions connected by a salt bridge. This cell is represented as follows:



Answer the following questions concerning this cell.

- (1) Write the electrode reactions that occur at the zinc electrode and at the copper electrode during discharge. (4 points × 2)
- (2) Express the redox couple at the zinc electrode in the form "Ox/Red." (5 points)
- (3) When a current of 1 A is drawn from this cell for 100 s, calculate the change in mass of the zinc electrode. Assume that the atomic weight of zinc is 65 and that the Faraday constant is 96500 C/mol. (6 points)
- (4) When the concentrations of the metal ions in the electrolyte solutions are 1 mol/L, this cell generates an electromotive force of approximately 1.1 V with the copper electrode as the positive electrode. How does the electromotive force change when the concentration of zinc ions is made smaller than this value? Answer this question and explain your reasoning. (6 points)

外国人特別選抜受験者は日本語で解答すること。紙面が足りない場合には、裏面を使ってもよい。

Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English. You may use the reverse side, if there is not enough space.