

平成31年度  
山梨大学 大学院医工農学総合教育部 修士課程 工学専攻

## 入 学 試 験 問 題

No. 1/4

コース等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試験科目	化学A
------	----------------------------	------	-----

問1. 以下の問題に答えよ。

- (1) 容積  $4.00\text{ l}$  の密閉容器内に、温度  $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、質量  $3.00\text{ g}$  の気体  $\text{O}_2$  が含まれている。この容器内の圧力を  $\text{kPa}$  で求めよ。  
ただし、摂氏  $0$  度は絶対温度で  $273$  度、酸素の気体定数  $R=8.31\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$ 、酸素の原子量  $16.0$ 、アボガドロ定数  $6.02 \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$  とする。
- (2) 気体の  $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  の定圧熱容量は、それぞれ  $28.84$ 、 $29.37$ 、 $33.58\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$  であり、温度に依存しないとする。 $25.0\text{ }^\circ\text{C}$  における気体  $\text{H}_2\text{O}$  の生成エンタルピーが  $-241.82\text{ kJ mol}^{-1}$  であるとき、 $60.0\text{ }^\circ\text{C}$  での生成エンタルピーはいくらと計算されるか。
- (3)  $\text{H}_2\text{O}$  の状態図をかけ。ただし、横軸は温度 ( $^\circ\text{C}$ )、縦軸は圧力 ( $\text{atm}$ ) とし、軸のスケールはわかりやすく設定してよい。  
なお、以下の情報を状態図に反映させること： $1\text{ atm}$  において、 $0\text{ }^\circ\text{C}$  で固体状態と液体状態が共存し、 $100\text{ }^\circ\text{C}$  で液体状態と気体状態が共存する。三重点は、 $0.01\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $0.006\text{ atm}$ 、臨界点は、 $374\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $217\text{ atm}$ 。

平成31年度  
山梨大学 大学院医工農学総合教育部 修士課程 工学専攻

入 学 試 験 問 題

No. 2/4

コース等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試 験 科 目	化学 A
------	----------------------------	---------	------

問2. 2段階の1次反応  $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$  を考える。ただし反応速度定数を  $k_1, k_2$  とする。  
1) A, B, Cの濃度を  $[A], [B], [C]$ 、時間を  $t$  として以下の①～⑭を埋めよ。

A, Bの反応速度式は、

$$-\frac{d[A]}{dt} = \text{①} \quad \cdots (1)$$

$$-\frac{d[B]}{dt} = \text{②} + \text{③} \quad \cdots (2)$$

$t = 0$ において  $[A] = [A_0], [B] = 0$  として、(1), (2)式を解く。(1)式は、

$$[A] = \text{④} \quad \cdots (3)$$

(3)式を(2)式に代入して

$$-\frac{d[B]}{dt} = \text{③} + \text{⑤} \quad \cdots (4)$$

(4)式を変形して

$$\frac{d[B]}{dt} + \text{③} = -\text{⑤} \quad \cdots (5)$$

(5)式を定数変化法により解く。まず、

$$\frac{d[B]}{dt} + \text{③} = 0 \quad \cdots (6)$$

とし、(6)式の解は積分定数を  $b$  として

$$[B] = \text{⑥} \quad \cdots (7)$$

積分定数  $b$  を  $t$  の関数  $u(t)$  と置きなおす (定数変化)。置きなおすと(7)式は

$$[B] = \text{⑦} \quad \cdots (8)$$

(8)式を  $t$  で微分して、

$$\frac{d[B]}{dt} = \text{⑧} + \text{⑨} \quad \cdots (9)$$

(9)式を(5)式に代入して整理すると、

$$\frac{du(t)}{dt} = \text{⑩} \quad \cdots (10)$$

(i)  $k_1 \neq k_2$  のとき、積分定数を  $u_1$  として(10)式は、

$$u(t) = \text{⑪} + u_1 \quad \cdots (11)$$

(11)式を(8)式に代入して

$$[B] = (\text{⑪} + u_1) \times \text{⑫} \quad \cdots (12)$$

$t = 0$ において  $[B] = 0$  なので

$$u_1 = \text{⑬} \quad \cdots (13)$$

(13)式を(12)式に代入して

$$[B] = \text{⑭} \quad \cdots (14)$$

(ii)  $k_1 = k_2$  のとき、(10)式より

平成31年度  
山梨大学 大学院医工農学総合教育部 修士課程 工学専攻

入 学 試 験 問 題

No. 3/4

コース等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試験科目	化学A
------	----------------------------	------	-----

$$\frac{du(t)}{dt} = \text{⑮} \quad \dots (15)$$

積分定数を $u_2$ として

$$u(t) = \text{⑯} + u_2 \quad \dots (16)$$

(16)式を(8)式に代入して

$$[B] = (\text{⑯} + u_2) \times \text{⑫} \quad \dots (17)$$

$t = 0$ において $[B] = 0$ なので

$$u_2 = \text{⑰} \quad \dots (18)$$

(18)式を(17)式に代入して

$$[B] = \text{⑱} \quad \dots (19)$$

以上、(3)式から[A]が、(14), (19)式から[B]が求まった。[A], [B]が求まったので[C]が求まり、

$$[C] = \text{㉑} \quad \dots (20)$$

となる。

2) (14), (19)式で表される[B]は極大値をもつ。[B]が極大値をもつ時間 $t_m$ を求めよ。

平成31年度  
山梨大学 大学院医工農学総合教育部 修士課程 工学専攻

入 学 試 験 問 題

No. 4/4

コース等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試験科目	化学A
------	----------------------------	------	-----

問3. 粒子（質量 $m$ ）が半径 $a$ の円周上を自由に運動し、その他には存在できないとする。すなわち、ポテンシャルエネルギー $U$ は、円周上（ $r = a$ ）のとき $U = 0$ 、円周上でない（ $r \neq a$ ）とき $U = \infty$ である。

1) この2次元の円周上の円運動について以下の①～④を埋めよ。

円周上に存在しない（ $r \neq a$ ）場合に対する波動関数の解は①である。次に粒子が半径 $a$ の円周上（ $r = a$ ）を自由に運動する場合、波動関数 $\varphi$ 、粒子のエネルギー固有値 $E$ 、ハミルトニアン $H$ を用いて、時間に依存しない波動方程式は②と表される。極座標系でのハミルトニアン $H$ は $-\frac{h^2}{8\pi^2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial \theta^2}\right)$ で与えられる。円周上では $r = a$ で一定のため、ハミルトニアン演算子は $-\frac{h^2}{8\pi^2m}\left(\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial \theta^2}\right)$ となり、結局②の波動方程式は③と書き換えることができる。波動方程式③の求めるべき波動関数を $\varphi(\theta) = A \exp(ik\theta)$ とおく。ここで $k$ は正でも負でもよいとする。 $\varphi(\theta) = A \exp(ik\theta)$ を波動方程式③に代入すれば、エネルギー固有値 $E$  [J]は④と求まる。

2) 境界条件からエネルギー固有値④の $k$ が満たすべき条件を求めよ。必要があればオイラーの公式 $\exp(i\theta) = \cos \phi + i \sin \phi$ を用いよ。

3) 規格化条件を用いて $\varphi(\theta) = A \exp(ik\theta)$ の係数 $A$ を求めよ。

4) ベンゼンの $\pi$ 電子を、円周上を自由に運動する粒子として近似し、その半径を $0.140 \text{ nm}$ とする。ベンゼンの $\pi$ 電子が $k = 1$ の状態から $k = 2$ の状態への遷移に必要なエネルギー [J]を求めよ。またそのエネルギーをもつ光の波長[nm]を求めよ。ただし、プランク定数 $h = 6.63 \times 10^{-34}$  [J s]、光速 $c = 3.00 \times 10^8$  [m s $^{-1}$ ]、 $m = 9.11 \times 10^{-31}$  [kg]として計算せよ。

平成31年度  
山梨大学 大学院医工農学総合教育部 修士課程 工学専攻

入 学 試 験 問 題

No. 1/2

コース等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試験科目	化学B
------	----------------------------	------	-----

問1 次の問いに答えよ。

- NiO の結晶構造は NaCl 型に分類される。その単位格子を図示せよ。
- 右表を参考に NiO の格子定数を求めよ。
- NiO の密度を計算せよ。ただし、Ni と O の原子量はそれぞれ 58.69、16.00 とし、アボガドロ数は  $6.022 \times 10^{23}$  とする。
- NiO の(111)面の面間隔を求めよ。
- NiO 粉末に波長 0.154 nm の Cu K $\alpha$ 線を照射すると、(111)面由来の回折ピークは何度に現れるか求めよ。

表 各配位数の Ni<sup>2+</sup>と O<sup>2-</sup>の  
イオン半径

イオン	配位数	イオン半径 (pm)
Ni <sup>2+</sup>	4	55
Ni <sup>2+</sup>	5	63
Ni <sup>2+</sup>	6	69
O <sup>2-</sup>	2	135
O <sup>2-</sup>	3	136
O <sup>2-</sup>	4	138
O <sup>2-</sup>	6	140
O <sup>2-</sup>	8	142

問2 次の問いに答えよ。

- 分子の吸収スペクトルは一般的にピーク形状を示すのに対し、半導体は特定の波長以下の光を一様に吸収する吸収スペクトルを示す。このような違いが現れる理由を説明せよ。
- 真性半導体 (i 型半導体)、n 型半導体、p 型半導体のバンド図をそれぞれ図示せよ。ただし、図中には伝導帯下端  $E_C$ 、価電子帯上端  $E_V$ 、フェルミ準位  $E_F$ を明示すること。
- ケイ素 (Si : [Ne](3s)<sup>2</sup>(3p)<sup>2</sup>) の結晶中に異なる元素を少量ドーピングすると、ドーピングされる元素に応じて n 型半導体あるいは p 型半導体となる。ヒ素 (As : [Ar](3d)<sup>10</sup>(4s)<sup>2</sup>(4p)<sup>3</sup>) をドーピングした場合には n 型と p 型のどちらになるか理由とともに答えよ。

平成31年度  
山梨大学 大学院医工農学総合教育部 修士課程 工学専攻

## 入 学 試 験 問 題

No. 2/2

コース等	グリーンエネルギー変換工学 特別教育プログラム	試験科目	化学B
------	----------------------------	------	-----

温度は全て  $25^{\circ}\text{C}$  とし、必要に応じて、気体定数  $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、Faraday 定数  $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$  を用いよ。

問3 次の問に答えよ。

(1) 塩酸水溶液と酢酸水溶液のモル伝導率  $\Lambda_m$  の  $c^{1/2}$  (濃度の平方根) 依存性の概略をグラフに書き、そのような依存性を示す理由を説明せよ。 ( $\Lambda_m$  の数値自体は必要としない)

(2) 無限希釈における  $\text{MgCl}_2$  水溶液のモル伝導率は  $25.8 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$  で、 $\text{Mg}^{2+}$  イオンの輸率は  $0.411$  であった。無限希釈における  $\text{Mg}^{2+}$  と  $\text{Cl}^-$  のモルイオン伝導率と、 $\text{Mg}^{2+}$  の移動度を求めよ。解答には単位を明確に示すこと。

問4  $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$  と  $\text{Ag}^+ | \text{Ag}$  の標準電極電位はそれぞれ  $0.34 \text{ V}$ ,  $0.80 \text{ V}$  である。次の問に答えよ。

(1) 電池  $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$  のカソード反応、アノード反応と電池反応を記せ。また、標準起電力と電池反応の標準自由エネルギー変化を求めよ。

(2) この電池のカソードとアノードの電位の活量依存性 (Nernst 式) を記せ。