

令和4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A
------	----------------------------	------	-----

問1. 以下の間に答えよ。

- (1) 摩擦のないピストンの付いたシリンダー中が1.00 atmで一定の外圧を受けているとする。このシリンダー内に一定量の気体を入れ、570 Jの熱を加えたとき、この気体が1.00 dm³から6.00 dm³まで膨張した。この気体のした仕事および内部エネルギー変化はそれぞれ何 Jか求めよ。ただし、1.00 atm = 1.01 × 10⁵ Paとする。
- (2) 1.00 atmのもとで、373 Kから403 Kまで水蒸気の温度が上がったとき、エントロピーの変化を求めよ。ただし、水蒸気の定圧モル熱容量 C_p [J K⁻¹ mol⁻¹]は、 $C_p = 3.05 \times 10^1 + 1.03 \times 10^{-2}T$ で与えられるものとする。

問2. 以下の間に答えよ。

- (1) 気圧が0.900 atm の場合、水が沸騰する温度を計算せよ。ただし、気体定数 $R = 8.31$ J K⁻¹ mol⁻¹、0 °C = 273 Kとし、1.00 atm, 100°Cの水の蒸発エンタルピーは41.5 kJ mol⁻¹で計算する温度範囲で一定とせよ。
- (2) 次の各系について可変度（自由度の数）を求めよ。
- ①水蒸気、水、氷が容器中で平衡状態にある系
 - ②二酸化炭素（気体）、炭素（固体）、一酸化炭素（気体）が平衡状態にある系

令和 4 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 A
------	----------------------------	------	------

問 3. 以下の問に答えよ。

- (1) 「触媒」とはなにか、100字以内で述べよ。
- (2) 塩酸に鉄を加えると、水素を発生する。この反応は、触媒反応であるかどうかを、化学反応式を用いて説明せよ。
- (3) 「均一系触媒」とはなにか、100字以内で述べよ。
- (4) 「光触媒」とはなにか、100字以内で述べよ。

問 4. 以下の問に答えよ。

水素原子のエネルギー準位 E_n は、電子の質量を m_e 、電子の電荷を e 、真空の誘電率を ϵ_0 、プランク定数を h 、主量子数を n とすると、

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

とあらわされる。

- (1) 主量子数 $n=2$ から $n=1$ の準位へと変化するとき水素原子から放出されるエネルギーは、主量子数 $n=4$ から $n=2$ の準位へと変化するとき水素原子から放出されるエネルギーの何倍か。
- (2) 水素のイオン化エネルギー ΔE_{ion} を、(1)式を用いて式で表せ。
- (3) 水素のイオン化エネルギーが、13.60 eV と計測された。これより、電子の質量 m_e を計算せよ。ただし、電気素量を 1.602×10^{-19} C、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ F m⁻¹、 $h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s とする。

令和4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. 1/3

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. TiO_2 (ルチル構造・正方晶)の結晶構造に関する問いに答えよ。

- (1) TiO_2 の主な用途や特徴等を述べよ。
- (2) TiO_2 の単位格子を図1に示す。この単位格子内に含まれる Ti^{4+} の個数、 O^{2-} の個数、 Ti^{4+} に配位する O^{2-} の数を答えよ。
- (3) 図2を参照し、 TiO_2 の格子面(100)、(110)、(111)を図示せよ。
- (4) TiO_2 の密度を計算せよ。ただし、TiとOの原子量はそれぞれ47.87と16.00、格子定数はa軸で0.4592 nm、c軸で0.2959 nmである。アボガドロ数は $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。
- (5) TiO_2 粉末に波長0.1541 nmのCu K α 線を照射すると、(100)面由来の回折ピークはどの回折角に現れるか求めよ。

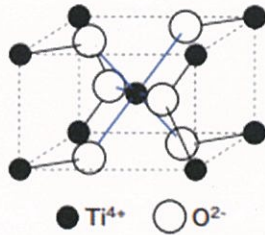


図1 TiO_2 (ルチル構造・正方晶)の結晶構造

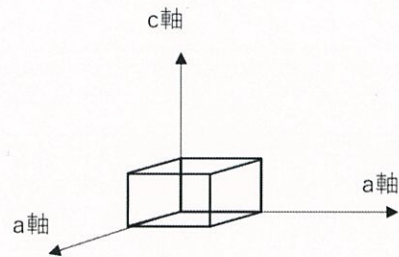


図2 TiO_2 の単位格子

令和 4 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 2/3

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2. 金属、半導体の電子構造に関する問いに答えよ。

- (1) 半導体材料の抵抗の温度依存性をグラフ (x 軸を温度、y 軸を抵抗とする) にて模式的に示せ。また、その抵抗の温度依存性が発現する理由について、バンドモデルをもとに説明せよ。
- (2) 半導体には p 型と n 型がある。それぞれの主な伝導キャリアは何か説明せよ。さらに、絶対零度におけるそれぞれの電子構造 (価電子帯、伝導帯、不純物準位、フェルミレベル等)を図示せよ。
- (3) 波長 λ の光がバンドギャップ(E_g)をもつ半導体に照射した際、大きな吸収が現れた。 E_g と λ の関係を示せ。なお、光速を c 、プランク定数を h とする。
- (4) TiO_2 の紫外・可視スペクトルを測定したところ、波長 $\lambda=390\text{nm}$ にて大きな吸収が現れた。 TiO_2 のバンドギャップ(E_g)を求めよ。なお、光速を $c=2.998\times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 、プランク定数を $h=6.626\times 10^{-34} \text{ J s}$ 、電気素量を $e=1.602\times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

令和4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. 3/3

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3. NH_4OH 水溶液に関する次の問に答えよ。

- (1) イオン独立移動の法則について説明し、この法則を用いて NH_4OH 水溶液の極限モル伝導率を求めよ。ただし、 NH_4Cl 、 NaCl および NaOH 水溶液の極限モル伝導率はそれぞれ 0.0150 、 0.0126 および $0.0248 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$ である。
- (2) 0.001 M NH_4OH 水溶液の比伝導率は 0.00340 S m^{-1} である。 0.001 M NH_4OH 水溶液のモル伝導率、解離度および解離平衡定数を計算せよ。

問4. 反応式 $\text{Mn (s)} + \text{Ni}^{2+} (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + \text{Ni (s)}$ を利用した電池について次の問に答えよ。

ただし、温度は $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$ 、 $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ を用いよ。

- (1) この電池の電池式、カソード反応およびアノード反応を記せ。また、この電池反応の標準反応ギブズエネルギー ΔG° を求めよ。ただし、電極 $\text{Mn} | \text{Mn}^{2+}$ および $\text{Ni} | \text{Ni}^{2+}$ の標準電極電位はそれぞれ -1.180 V および -0.275 V とする。
- (2) Mn^{2+} および Ni^{2+} の活量をそれぞれ 0.1 および 0.8 としたとき、この電池の起電力を求めよ。