

2021年度 総合化学院修士課程

入学試験問題

## 総合基礎科目（総合基礎化学）

（専門基礎科目も解答しなさい）

2020年8月20日（木） 9:30～12:00

（専門基礎科目の試験時間も含む）

### 注意事項

- (1) 全設問に解答しなさい。
- (2) 配点は100点である。
- (3) 解答は設問毎に所定の答案用紙に記入しなさい。
- (4) 答案用紙の所定の欄に受験番号を必ず記入しなさい。
- (5) 答案用紙は全部で4枚ある。4枚ともすべて提出しなさい。
- (6) 草案用紙は2枚ある。
- (7) 問題紙、草案用紙は提出する必要はない。

総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (1/4)
------	--------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

設問1 以下の文章を読み、問(1)～(3)に答えなさい。

必要であれば、以下の定数を用いなさい。

電子の質量： $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$  kg, 光の速さ： $c = 3.0 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>, アボガドロ定数：  
 $N_A = 6.0 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>, プランク定数： $h = 6.6 \times 10^{-34}$  J s,  $\hbar = h/2\pi = 1.1 \times 10^{-34}$  J s

- (1) 光はその振動数 $\nu$ に比例するエネルギー $E$ をもつ光子として振る舞う。波長 200 nm の紫外線の光子 1 mol あたりのエネルギーを kJ mol<sup>-1</sup> 単位で答えなさい。
- (2) 質量  $m_e$  を持つ電子は速度  $v$  で運動する粒子として振る舞うとともに波長  $\lambda$  の波としての性質ももつ。この波長  $\lambda$  を表すド・ブローイの式を  $m_e$  と  $v$  を用いて記しなさい。
- (3) 質量  $m_e$  を持つ電子が  $x$  軸上を束縛を受けることなく自由に運動している。この電子の状態を表すシュレーディンガー方程式は

$$-\frac{\hbar^2}{2m_e} \frac{d^2}{dx^2} \Psi(x) = E\Psi(x)$$

で表され、波動関数は

$$\Psi(x) = A \cdot \exp\left(i\frac{2\pi}{\lambda}x\right) + B \cdot \exp\left(-i\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

で表される。ここで  $A, B$  は定数,  $i$  は虚数単位,  $\lambda$  は波長である。次の (ア), (イ) に答えなさい。

- (ア) この電子の全エネルギー  $E$  を表す式を記しなさい。  
 (イ) この電子の直線運動量  $p$  を表す式を記しなさい。

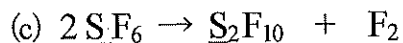
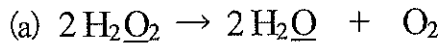
総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (2/4)
------	--------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙4枚)。

設問2 以下の問 (1) ~ (3) に答えなさい。

(1) 次の反応式(a)~(c)において、下線で示した原子の平均酸化数を左辺、右辺とも答えなさい。



(2)  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{SF}_6$ の立体構造を表す言葉として最もふさわしいものを下記から選び、それぞれ記号で答えなさい。

- (ア) 平面三角形 (イ) 四面体 (ウ) 長方形 (エ) 折れ線 (オ) 五角錐  
 (カ) 三方両錘 (キ) 直線 (ク) 正八面体 (ケ) 立方体 (コ) 平面五角形

(3) ケイ素は、単体において室温でダイヤモンド型構造をとる。結晶の格子定数は  $5.43 \text{ \AA}$ である。以下の (a) ~ (d) に答えなさい。ただしケイ素の原子量は  $28.1$  とし、アボガドロ定数は  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  とする。

(a) ケイ素の配位数を答えなさい。

(b) ケイ素の密度を  $\text{g cm}^{-3}$  の単位で有効数字3桁で答えなさい。

(c) Si-Si の結合長を有効数字3桁で答えなさい。

(d) ケイ素は、高温で液体になると固体のときよりも密度が大きくなる。その理由を答えなさい。

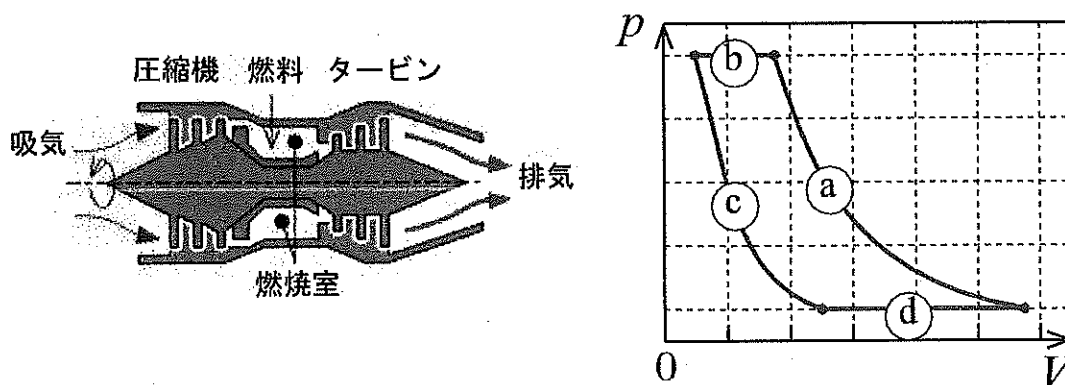
総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (3 / 4)
------	----------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙4枚)。

設問3 以下の文章を読み、問(1)～(5)に答えなさい。

ジェットエンジン (下図左) や発電用ガスタービンでは、吸気された気体は圧縮機で圧縮されたあと、燃焼室で燃料が注入され燃焼することで温度が上昇し、その膨張する力で出口側のタービンを回転させたあと排気される。吸気側の圧縮機は排気側のタービン軸で駆動されるため、連続運転ができる。吸気から排気に至る気体の状態変化を、気体の物質量を一定として扱い、(ア) (i)断熱圧縮, (ii)等圧加熱, (iii)断熱膨張, (iv)等圧冷却 に分け、圧力-体積曲線 ( $p$ - $V$ 線図) として表現したものが下図右に示すブレイトンサイクルである。ここで (イ) ジェットエンジンの効率 (投入熱量  $q$  に対する取り出すことのできる仕事  $w$  の割合) は (ウ)  $\eta = w/q = 1 - 1/\varepsilon^{\kappa-1}$  で表される。(エ)  $\kappa$  は定圧熱容量と定積熱容量の比  $\kappa = C_p/C_v$ ,  $\varepsilon$  は(イ)における気体の圧縮比  $\varepsilon = V_1/V_2$  である。



- (1) 下線部(ア)の(i)～(iv)に対応する右図の線(a)～(d)をそれぞれ選びなさい。
- (2) 右図で下線部(イ)の  $w$  に対応する部分を、答案用紙の図中に斜線で記入しなさい。
- (3) 下線部(エ)について、吸気気体を理想気体の窒素と仮定したとき、 $C_p$  と  $C_v$  を、気体定数  $R$  を用いて表しなさい。ただし、原子数  $N$  の直線分子の振動運動の自由度は  $3N - 5$  である。
- (4) 下線部(ウ)について、右図のグラフから数値を読み取ってこのエンジンの効率  $\eta$  を推定し、有効数字2桁で答えなさい。
- (5) ジェットエンジンの効率を高める方法を二つあげなさい。

総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (4 / 4)
------	----------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

設問4 次の文章を読み、以下の問(1)～(5)に答えなさい。

(E)-2-ブテンと(Z)-2-ブテンは互いに (ア) 異性体(幾何異性体)の関係にあり、二重結合をはさんで向かい合う置換基の高さのため、両者を比較すると (i)-2-ブテンのほうがより不安定である。(E)-および(Z)-2-ブテンは、両者とも接触水素化によりブタンとなるが、その反応で外部に放出される熱(水素化熱)は、(ii)-2-ブテンのほうが小さい。また、両者に対してHBrの求 (イ) 付加反応を行うと、同一のカルボカチオンを経由して化合物Aを与える。いずれの場合も、その二段階反応では (iii) 段階の活性化エネルギーがより大きい。

- (1) 空欄(ア)および(イ)にそれぞれあてはまる語を書きなさい。
- (2) 空欄(i)～(iii)にあてはまる語の組み合わせとして正しいものを、以下の選択肢(あ)～(く)から一つ選び、記号で答えなさい。

	(i)	(ii)	(iii)
(あ)	E	E	第一
(い)	E	E	第二
(う)	E	Z	第一
(え)	E	Z	第二
(お)	Z	E	第一
(か)	Z	E	第二
(き)	Z	Z	第一
(く)	Z	Z	第二

- (3) 化合物Aは不斉炭素を持ち、一对の鏡像異性体が存在する。Rの立体配置を持つ化合物Aの構造を書きなさい。
- (4) Rの立体配置を持つ化合物Aをメトキシドイオンと反応させると、2-ブテン以外に二種類の生成物(炭化水素Bおよび光学的に純粋なエーテルC)が得られた。それらのIUPAC名を書きなさい。
- (5) 下線部の反応に用いられる触媒の例を一つ書きなさい。