

※ ホチキスは外さないでください。

R7-選択

## 適性試験（選択問題）

10:30～12:30

### 受験上の注意

1. 試験開始の合図があるまで、問題紙は開かないでください。
2. 問題紙は12枚（表紙を含む）、解答用紙は10枚（表紙を含む）、下書き用紙は3枚あります。

試験開始後、監督者の指示に従い、速やかに枚数に不足がないことを確認してください。

3. 各問に対する解答は、それぞれ指定された解答用紙に記入してください。
4. 試験終了後、この問題紙は回収しないので、各自持ち帰ってください。

| 問題番号 | 出題内容              | 選択方法等                        |
|------|-------------------|------------------------------|
| 1    | 数学Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・<br>A・B・C | 選択問題の解答方法は、<br>解答用紙表紙に記載のとおり |
| 2    |                   |                              |
| 3    |                   |                              |
| 4    | 物理基礎・物理           |                              |
| 5    |                   |                              |
| 6    |                   |                              |
| 7    | 化学基礎・化学           |                              |
| 8    |                   |                              |
| 9    |                   |                              |

1  $xy$  座標平面において，連立不等式

$$\begin{cases} \log_3(x^2 - 2\sqrt{3}x + y^2 - 4y + 8) \leq \log_9 16 \\ \left(\frac{1}{4}\right)^{\sqrt{3}y} \leq \left(\frac{1}{2}\right)^{2x} \end{cases}$$

が表す領域を  $D$  とする。

(1) 次の連立方程式を解け。

$$\begin{cases} \log_3(x^2 - 2\sqrt{3}x + y^2 - 4y + 8) = \log_9 16 \\ \left(\frac{1}{4}\right)^{\sqrt{3}y} = \left(\frac{1}{2}\right)^{2x} \end{cases}$$

(2) 領域  $D$  の面積を求めよ。

(3) 点  $(x, y)$  が領域  $D$  を動くとき， $y - \sqrt{3}x$  のとりうる値の範囲を求めよ。

(4)  $a$  を正の実数とする。点  $(x, y)$  が領域  $D$  を動くとき， $y + a(x - \sqrt{3})^2$  の最小値を  $a$  で表せ。

#### 解答上の注意

採点時には，結果を導く過程を重視しますので，必要な計算・論証・説明等を省かずに解答しなさい。

2  $a > 1$  とする。A(1, 0, 1) と B(0, 0,  $a$ ) を  $xyz$  座標空間の 2 点とし、点 A を中心とする半径 1 の球面を  $S$  とする。 $xy$  平面上の点 P を、球面  $S$  と直線 BP がちょうど 1 つの共有点をもつように動かすとき、点 P が定める図形を  $F$  とする。

- (1) 球面  $S$  の方程式を求めよ。また、実数  $t$  と  $xy$  平面上の点  $Q(x, y, 0)$  に対し、 $\overrightarrow{OR} = \overrightarrow{OB} + t\overrightarrow{BQ}$  で点 R を定めるとき、点 R の座標を求めよ。ここで、O は原点を表すものとする。
- (2) 図形  $F$  を表す方程式を  $x, y, z$  および  $a$  を用いて表せ。
- (3) 図形  $F$  を、 $a = \frac{3}{2}$ ,  $a = 2$  および  $a = 3$  の場合に、 $xy$  平面上にそれぞれ図示せよ。
- (4) 図形  $F$  に  $x$  座標が負であるような点が存在しないための  $a$  の値の範囲を求めよ。

#### 解答上の注意

採点時には、結果を導く過程を重視しますので、必要な計算・論証・説明等を省かずに解答しなさい。

3  $m$  と  $n$  を自然数とする。 $\theta$  を実数とし、

$$x(\theta) = (m+n) \cos \theta - n \cos \left( \frac{m+n}{n} \theta \right), \quad y(\theta) = (m+n) \sin \theta - n \sin \left( \frac{m+n}{n} \theta \right)$$

とおく。 $P(\theta)$  で座標平面の点  $(x(\theta), y(\theta))$  を表す。

- (1) 点  $P(0)$  の座標を求めよ。
- (2) 点  $P(\pi)$  が  $x$  軸上にあるための  $m$  と  $n$  の条件を求めよ。
- (3) 点  $P(0)$  と点  $P(\pi)$  が原点  $O$  に関して対称の位置にあるための  $m$  と  $n$  の条件を求めよ。
- (4)  $m = 2$ ,  $n = 1$  とする。定積分

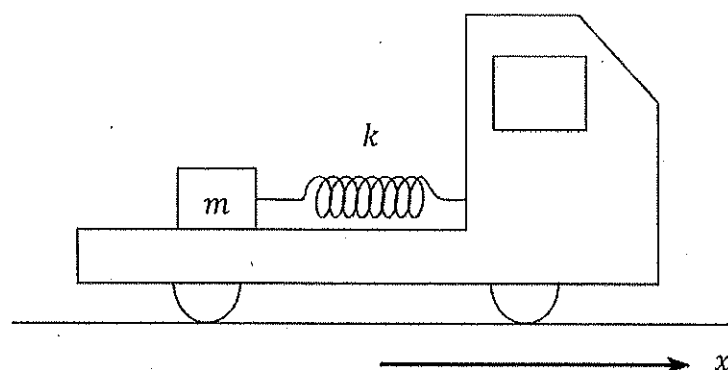
$$\int_0^\pi \sqrt{\left(\frac{dx}{d\theta}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\theta}\right)^2} d\theta$$

の値を求めよ。

- (5)  $m = 3$ ,  $n = 1$  とする。 $0 \leq \theta \leq \pi$  の範囲で  $x(\theta)$  が最大となる  $\theta$  の値を求めよ。

#### 解答上の注意

採点時には、結果を導く過程を重視しますので、必要な計算・論証・説明等を省かずに解答しなさい。

4

トラックの水平でなめらかな荷台に質量  $m$  [kg] の荷物が積んであり、進行方向に平行な軽いばね (ばね定数  $k$  [N/m]) で荷台の前方につながれている。荷物のトラックに対する相対変位を  $X$  [m] (ばねの縮む方向を正) とする。初めトラックは一定速度で  $x$  の正方向に進んでいて、荷物は  $X = 0$  の位置で荷台に対して静止している。以下の問いに導出過程も含めて答えよ。

問1 まず、運転手がブレーキを踏み、一定の加速度  $-a_0$  [m/s<sup>2</sup>] ( $a_0 > 0$ ) で減速したところ、荷物は荷台に対して単振動を始めた。この単振動の中心位置を  $X = 0$  からの変位として求めよ。

問2 次に、同じ初期状態から一定の加速度  $-a$  [m/s<sup>2</sup>] ( $a > 0$ ) で減速したところ、ばねが最初に縮みきると同時にトラックは停止した。

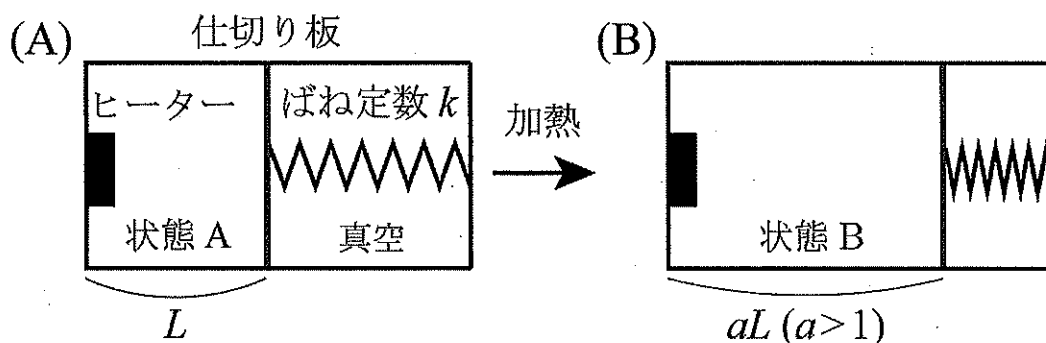
問2-1 ブレーキを踏んでからトラックが停止するまでの時間を求めよ。

問2-2 ブレーキを踏む前のトラックの速度を求めよ。

問2-3 ブレーキを踏んでからトラックが停止するまでの間に、荷物とばねがトラックに対してする仕事を求めよ。

問2-4 ブレーキを踏んだ時刻を  $t = 0$  として、 $t = 0$  からばねが2回目に縮みきるまでの  $X$  の時間変化を解答用紙のグラフに描け。ただし、トラックは荷物に対して十分重く、停止後のトラックの運動は無視できるものとする。

5



上図のように、仕切り板によって内部が分断されているシリンダーが水平に固定されており、その左側領域に  $1 \text{ mol}$  の単原子分子理想気体を封入し、右側領域を真空とする。シリンダー両端の壁と仕切り板は水平軸(図の横方向)に対して垂直で、仕切り板はばね定数  $k \text{ [N/m]}$  のばねによりシリンダー右端とつながっており、シリンダー内をなめらかに移動できる。また、左側領域には大きさと熱容量が無視できるヒーターがあり、気体を加熱できる。シリンダーと仕切り板は厚さの無視できる断熱材からできている。

はじめ、上図(A)のように、仕切り板はシリンダー左端から  $L \text{ [m]}$  の位置にあった。このときの気体の状態を状態 A とする。状態 A において、気体にゆっくりと熱を加えると、上図(B)のように、仕切り板はシリンダー左端から  $aL \text{ [m]}$  ( $a > 1$ ) の位置まで移動した。このときの気体の状態を状態 B とする。気体定数を  $R \text{ [J/(mol} \cdot \text{K)]}$  として、以下の問いに導出過程も含めて答えよ。ただし、仕切り板がシリンダー左端に位置するとき ( $L = 0$  のとき)、ばねは自然の長さにある。

問1 状態 A における気体の二乗平均速度(根平均二乗速度ともよばれる)を  $v_A \text{ [m/s]}$ 、状態 B における気体の二乗平均速度を  $v_B \text{ [m/s]}$  としたとき、これらの比  $v_B / v_A$  を求めよ。

問2 状態 A から状態 B への変化で、ヒーターがこの気体に加えた熱量を求めよ。

問3 この過程における気体のモル比熱(モル熱容量ともよばれる)を求めよ。

6

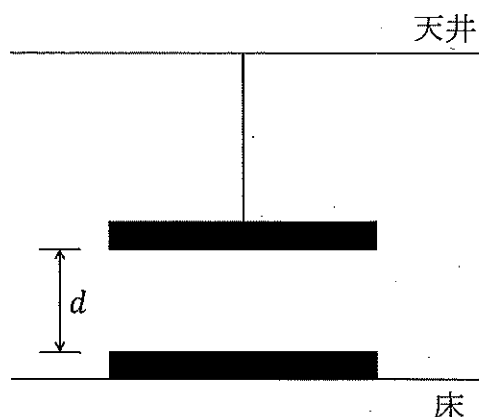


図 1

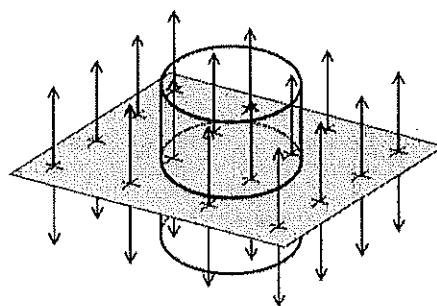


図 2

図 1 のように真空中にそれぞれ質量  $M$  [kg] で面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の 2 枚の板を平行に配置し、コンデンサーを作った。下部電極は絶縁体の水平な床に置かれ、上部電極は下部電極から距離  $d$  [m] の間隔をあけて天井から図 1 のように絶縁体の伸びない軽い糸でつるされている。コンデンサーの面積  $S$  に対して距離  $d$  が十分小さいとし、端の影響を無視する。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>]、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とし、以下の問いに導出過程も含めて答えよ。

問 1 準備として真空中で無限に広い平面に単位面積あたり  $q$  [C] の電荷が一様に分布している場合を考える。平面から出る電気力線の本数に注目して平面の両側に生じる電場の大きさ  $E$  [V/m] が、 $E = q/(2\epsilon_0)$  になることを示せ。ただし、電気力線は図 2 のように平面の両側から面と垂直に出ている。また単位電荷あたりの電気力線の本数は真空中でクーロンの法則の比例定数  $k_0$  [N・m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>] を使って  $4\pi k_0 (= 1/\epsilon_0)$  であり、ヒントとして図 2 には円柱の閉曲面を示した。

問 2 電池を図 1 のコンデンサーに接続して充電し十分に時間がたってから電池をコンデンサーからはずしたところ、下部電極の床からの垂直抗力  $N$  [N] が  $N = 0$  となった。このときのコンデンサーの電極間の電位差を求めよ。



図 3

- 問 3 充電をして  $N = 0$  となったコンデンサーに自己インダクタンス  $L$  [H] のコイルを時刻  $t = 0$  で図 3 のように接続すると、角周波数  $\omega$  [rad/s] の電気振動が観測された。このとき上部電極の電荷  $Q$  は、 $Q_0$  を定数として  $Q = Q_0 \cos \omega t$  で変化した。ここで図 1 の上部電極につなげられた糸が受ける時刻  $t$  [s] の張力  $T$  [N] を求めよ。ただし、最終的に求めた張力  $T$  の解に変数  $\omega$ ,  $Q_0$ ,  $Q$ ,  $N$  を使わないこと。また回路の抵抗や、回路から放出される電磁波の影響は無視し、コンデンサーに接続した導線はコンデンサーの電極に力を及ぼさないものとする。なお、 $\cos \omega t$  と  $\sin \omega t$  の時間変化率は、 $\Delta t$  が十分小さいとすると、それぞれ下記のように書けるものとする。

$$\frac{\Delta(\cos \omega t)}{\Delta t} = -\omega \sin \omega t$$

$$\frac{\Delta(\sin \omega t)}{\Delta t} = \omega \cos \omega t$$

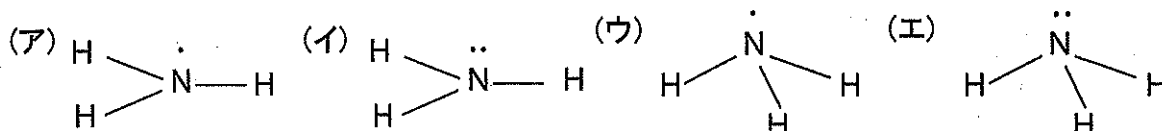
7

窒素固定反応として、窒素 ( $\text{N}_2$ ) と水素 ( $\text{H}_2$ ) からアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) を合成することができる。



以下の問 1～6 に答えなさい。

問 1 アンモニアの分子の形として最も適切なものを以下の図から選び、記号で答えなさい。N は窒素原子、H は水素原子、「 $\cdot$ 」は不対電子、「 $\cdot\cdot$ 」は電子対を表すものとする。



問 2 化学反応(i)に関与する反応エネルギーを  $\text{kJ/mol}$  単位で求めなさい。また値の正負に基づき発熱反応か、吸熱反応かを答えなさい。ただし、以下の値を用いて良い。

$\text{N}=\text{N}$  の結合エネルギー  $928 \text{ kJ/mol}$

$\text{H}-\text{H}$  の結合エネルギー  $432 \text{ kJ/mol}$

$\text{N}-\text{H}$  の結合エネルギー  $386 \text{ kJ/mol}$

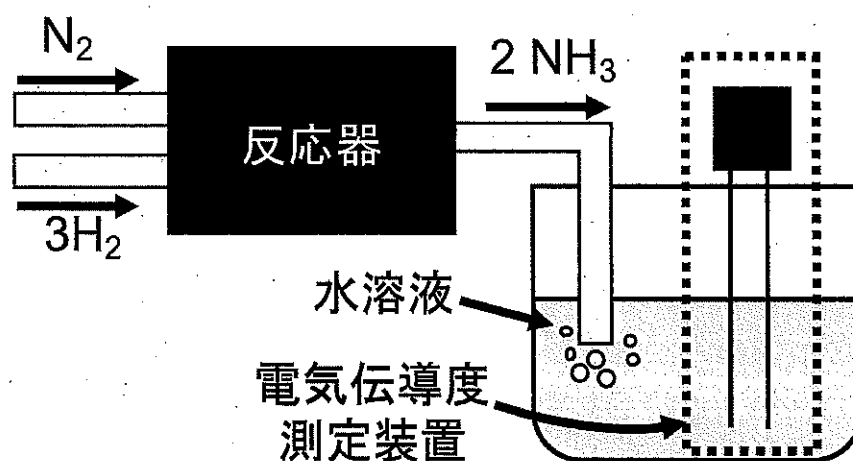
問 3 窒素、水素、アンモニアの分圧をそれぞれ  $p_{\text{N}_2}$ ,  $p_{\text{H}_2}$ ,  $p_{\text{NH}_3}$  とする。反応式(i)の圧平衡定数  $K_p$  の式を分圧を用いて示しなさい。

問 4 ルシャトリエの原理に基づき、反応式(i)の化学平衡をアンモニアが生成する方向に促進するためには、温度を高くしたほうが良いか、低くしたほうが良いか、その理由とともに答えなさい。また温度を高くしたときに化学反応速度は速くなるか、遅くなるかを答えなさい。

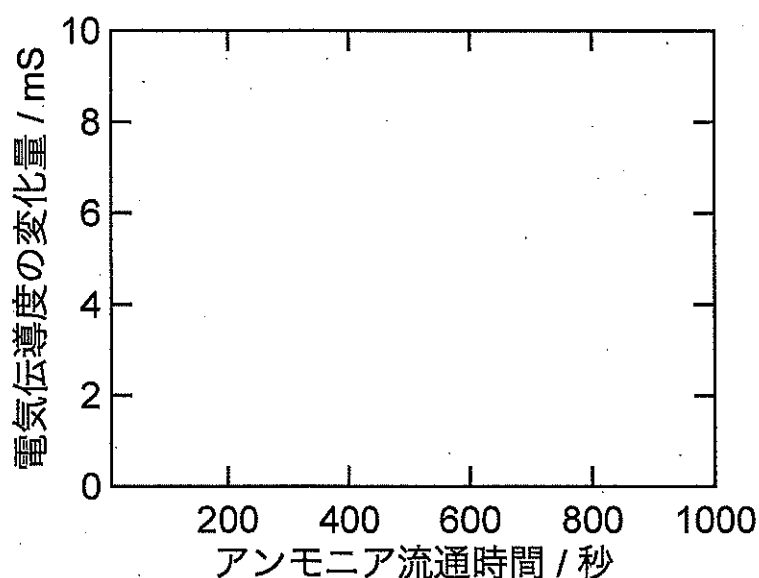
問 5 ルシャトリエの原理に基づき、反応式(i)の化学平衡をアンモニアが生成する方向に促進するためには、圧力を高くしたほうが良いか、低くしたほうが良いか、その理由とともに答えなさい。また圧力を高くしたときに化学反応速度は速くなるか、遅くなるかを答えなさい。

問 6 電解質を含む水溶液中の電気伝導度は溶解したイオンの濃度に比例する。また水溶液中のイオンの濃度は生成したアンモニアの量によって変化する。したがって水溶液の電気伝導度の測定により、生成したアンモニアの物質量を定量することができる。次のページの図の反応装置および電気伝導度測定装置を用い、水  $1 \text{ L}$  を用いて実験を行った。以下の (1) — (3) に答えなさい。

- (1) アンモニアの飽和溶解度は常温で水 1 L あたり、13.8 mol である。1 秒あたり 8.5 mg のアンモニアが反応器で生成されるとき、アンモニアの濃度が飽和溶解度に達するには何秒必要か、有効数字 2 桁で求めなさい。ただし生成されるアンモニアはすべて水に溶解するものとし、各元素の原子量は  $N = 14$ ,  $H = 1$  とする。
- (2) アンモニアは水に溶解するとアンモニウムイオンと水酸化物イオンを生じる。その反応の反応式を示しなさい。
- (3) 0.1 mol のアンモニアが 1 L の水に溶解した水溶液の電気伝導度を測定すると 1 mS であった。1 秒あたりに 8.5 mg のアンモニアを 1000 秒間流通させた際の電気伝導度の変化量を示しなさい。なお解答例を問題用紙に写して、答えなさい。



解答例



**8**

銀は古くから世界的に重宝され、宝飾品や食器、貨幣などに用いられてきた。銀に関する次の問1～3に答えなさい。

問1 銀は空気中に含まれる硫黄成分と化学反応を起こし黒く変色することが知られている。以下の(1)、(2)について答えなさい。

(1) 以下の例にならって、銀イオンと硫化物イオンが反応する反応式を答えなさい。

例)  $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{NaCl}$

(2) 黒く変色した銀はアルミホイル、重曹（炭酸水素ナトリウム）とともに熱湯に浸すことで、金属光沢を取り戻すことができる。この化学反応におけるアルミニウムの役割について説明しなさい。

問2 銀90%、銅10%の合金はコインシルバーと呼ばれ貨幣に使用されてきたが、歴史をたどると鉛が混ぜられた質の悪い貨幣も流通していた。銀、銅、鉛が混ざった金属から銀を分離したい。以下の(1)～(3)について答えなさい。

(1) 銀、銅、鉛を全て溶解させる酸として適切なものを以下からすべて選び答えなさい。

【希塩酸・希硫酸・希硝酸】

(2) 銀イオン、銅イオン、鉛イオンを含む酸性水溶液から、陽イオンとして銀イオンのみを含む沈殿物を得る方法を説明しなさい。

(3) (2) で得られた沈殿物を再溶解させる方法について説明しなさい。

問3 銀を使った電池として、酸化銀を正極、亜鉛を負極、塩基性の水溶液を電解液に用いた酸化銀電池が市販されている。以下の(1)、(2)について答えなさい。

(1) 以下の例にならって、酸化銀電池の正極における放電反応（還元反応）の電子  $e^-$  を含むイオン反応式（半反応式）を答えなさい。

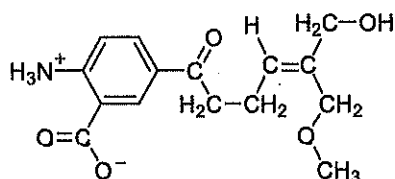
例)  $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2e^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) 実際の電池には Ah (A・hour) や Wh (W・hour) という単位が記載されている。酸化銀電池を 1.93 Ah 放電した時、正極は何 g 減少するか求めなさい。ファラデー定数を  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、各元素の原子量は  $\text{Ag} = 108$ ,  $\text{Zn} = 65$ ,  $\text{O} = 16$  とする。

9

次の文章を読み、問1～7に答えなさい。また、構造式は記入例にならって描きなさい。

（記入例）



化合物 A, B, C, D, E はいずれも分子式  $C_4H_{10}O$  で表される構造異性体である。なお、以下に示す実験操作はそれぞれの化合物に対して個別に実施した。

（実験1）化合物 A～E の沸点を調べると、①化合物 B の沸点が最も高かった。

（実験2）化合物 A～E に対してナトリウムを加えると、化合物 B～E では水素が発生した。

（実験3）化合物 A～E の水酸化ナトリウム水溶液にヨウ素を加えると化合物 D からは黄色の沈殿が生じた。

（実験4）化合物 B～E を約  $170\text{ }^{\circ}\text{C}$  に加熱した濃硫酸に加えると脱水反応が進行し、化合物 B からは化合物 F が得られた。②化合物 D からも化合物 F の生成が確認されたが、化合物 G が主生成物として得られた。 また、化合物 C および化合物 E からは化合物 H が単一の生成物として得られた。

（実験5）化合物 F～H を ③酸性の  $\text{KMnO}_4$  水溶液に加えると、水溶液の色が退色した。

- 問1 化合物 A は単一のアルコールの脱水縮合反応によって得られる。化合物 A の構造式を描きなさい。
- 問2 下線部(i)について、化合物 B の構造式を描き、他の化合物 A, C, D, E と比較して沸点が高い理由を説明しなさい。
- 問3 化合物 C および E として考えられる構造異性体を描きなさい。また、C および E を区別するにはどのような実験を追加で行う必要があるか答えなさい。
- 問4 下線部(ii)について、化合物 F および G の構造式を描きなさい。
- 問5 下線部(iii)について、化合物 G が主生成物として得られる理由を説明しなさい。
- 問6 下線部(iii)について、化合物 G からは酢酸が得られた。42 mg の化合物 G を用いて酢酸への変換が完全に進行した場合、何 mg の酢酸が得られるか求めなさい。  
各元素の原子量は  $\text{H}=1, \text{C}=12, \text{O}=16$  とする。
- 問7 化合物 F～H の生成を確認する手法として下線部(iii)とは異なるものを答えなさい。

# 問 題 訂 正

令和7年度 フロンティア入試 Type II

教科・科目名 適性試験（選択問題）

## 記

教科・科目名 適性試験（選択問題）

問題紙 10ページ 化学7（3）

化学7（3）問題文3行目

誤) なお解答例を問題用紙に写して

正) なお解答例を解答用紙に写して