

# 化 学 問 題

(この問題は5題からなっている)

## 受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 試験中に問題冊子のページの脱落等に気づいた場合は、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙の記入には、必ず**HBの黒鉛筆**または**シャープペンシル(HB, 0.5 mm 芯以上)**を用いること。
4. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしないこと。
5. 合図があったら**解答用紙に受験番号**を記入し、マーク欄に**マーク**すること。  
また、**氏名とふりがな**を記入すること。
6. マーク式の解答にあたっては、解答用紙の該当する箇所を**マーク例**に従ってぬりつぶしなさい。一度記入したマークを消す場合は、消しゴムできれいに消しなさい。×をつけても消したことはない。例えば a にマークするときは、 $\overset{a}{\bullet}\overset{b}{\circ}\overset{c}{\circ}$  のようにマークする。
7. 解答がマーク式でないものについては、指定の場所に解答を記入すること。
8. 解答用紙の指定された場所以外には何も書いてはならない。
9. 計算や下書きは、問題冊子の余白を利用しなさい。
10. 計算機を使用してはならない。また、**携帯電話やスマートフォンなどの通信機器は必ず電源を切り、鞆の中にしまいなさい。**
11. 不正行為には厳正に対処する。不正行為を行った場合は、その時点で受験を停止とする。
12. 試験終了後、この問題冊子を持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
	

1 問1～問8に答えなさい。

問1 原子a～eのうち、最外殻電子の数が酸素原子の最外殻電子の数と同じものを1つ選びなさい。

- a 硫黄                      b ケイ素                      c ホウ素  
d 窒素                      e リン

問2 同位体に関する記述a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a 同じ元素の同位体の原子どうしは、ほぼ同じ化学的性質を示す。  
b 自然界のすべての元素には、複数の安定な同位体が存在する。  
c 水素には放射性同位体の $^3\text{H}$ がある。  
d  $^{12}\text{C}$ と $^{14}\text{C}$ の電子数は等しい。  
e 天然における $^{35}\text{Cl}$ と $^{37}\text{Cl}$ の存在比は、ほぼ3：1である。

問3 イオンa～eのうち、配位結合を含まないものを1つ選びなさい。

- a  $\text{NH}_4^+$                       b  $\text{H}_3\text{O}^+$                       c  $\text{CH}_3\text{COO}^-$   
d  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$               e  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$

問4 記述a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a 原子の最外電子殻から電子1個を取り去って、1価の陽イオンにするのに必要な最小のエネルギーを第一イオン化エネルギーという。  
b 原子が最外電子殻に電子1個を受け取って、1価の陰イオンになるときに放出するエネルギーを電子親和力という。  
c 一般に、電子親和力が大きい原子ほど陰イオンになりやすい。  
d 貴ガス(希ガス)原子は、同じ周期に属する原子の中で第一イオン化エネルギーが最も小さい。  
e 一般に、電子親和力は、貴ガス(希ガス)を除き、周期表の右上の元素の原子ほどその値は大きくなる。

問5 気体 a～e のうち、発生させた気体を下方置換により捕集し、濃硫酸で乾燥するものを1つ選びなさい。

- a アンモニア                      b 一酸化窒素                      c 一酸化炭素  
d 二酸化炭素                      e 硫化水素

問6 実験操作 a～e のうち、発生した気体が空気中で容易に酸化されるものを1つ選びなさい。

- a 炭化カルシウムに水を加える。  
b 銅の単体に希硝酸を加える。  
c 銅の単体に熱濃硫酸を加える。  
d ギ酸に濃硫酸を加えて加熱する。  
e 炭酸カルシウムを強熱する。

問7 化学反応式 ① と ② に関する記述のうち、正しいものを a～e から1つ選びなさい。



- a 下線部アの硫黄原子の酸化数は+2である。  
b 下線部イは酸化剤としてはたらいっている。  
c 下線部ウのヨウ素原子の酸化数は-1である。  
d 下線部エは還元剤としてはたらいっている。  
e 下線部オの硫黄原子の酸化数は+4である。

問8 ある金属イオンを含む水溶液 (A 液) にアンモニア水を少量加えると沈殿が生じた。この沈殿は、水酸化ナトリウム水溶液を過剰量加えても溶けなかった。A 液に含まれていた金属イオンを a～e から1つ選びなさい。

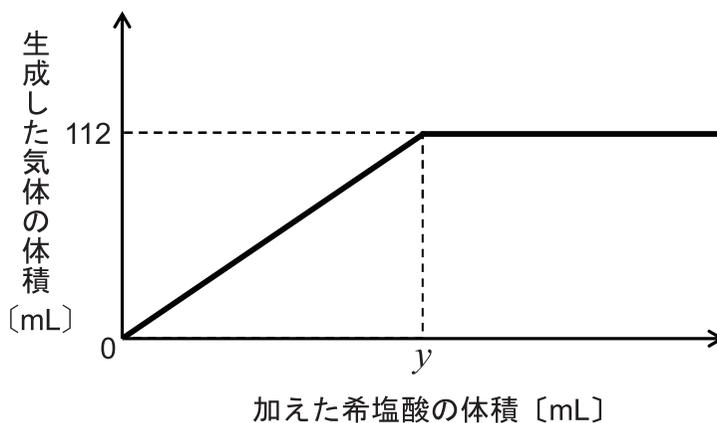
- a  $\text{Ca}^{2+}$                               b  $\text{Al}^{3+}$                               c  $\text{Cu}^{2+}$   
d  $\text{Pb}^{2+}$                               e  $\text{Zn}^{2+}$

2 問1～問4に答えなさい。

問1 質量パーセント濃度が20%の水酸化ナトリウム水溶液(密度 $1.2\text{ g/cm}^3$ ) $10\text{ mL}$ に水 $40\text{ mL}$ を加えてよく混ぜた(A液)。A液の水酸化ナトリウムの質量パーセント濃度[%]はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。ただし、水の密度は $1.0\text{ g/cm}^3$ とする。

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| a 4.0 | b 4.6 | c 4.8 |
| d 5.0 | e 5.6 | f 5.8 |

問2 マグネシウム $x\text{ [g]}$ に $0.50\text{ mol/L}$ の希塩酸を加えて反応させた。このとき、加えた希塩酸の体積と生成した気体の $0\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ における体積の関係は図のようになった。(1)～(3)に答えなさい。ただし、 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ における気体のモル体積は $22.4\text{ L/mol}$ とする。



図

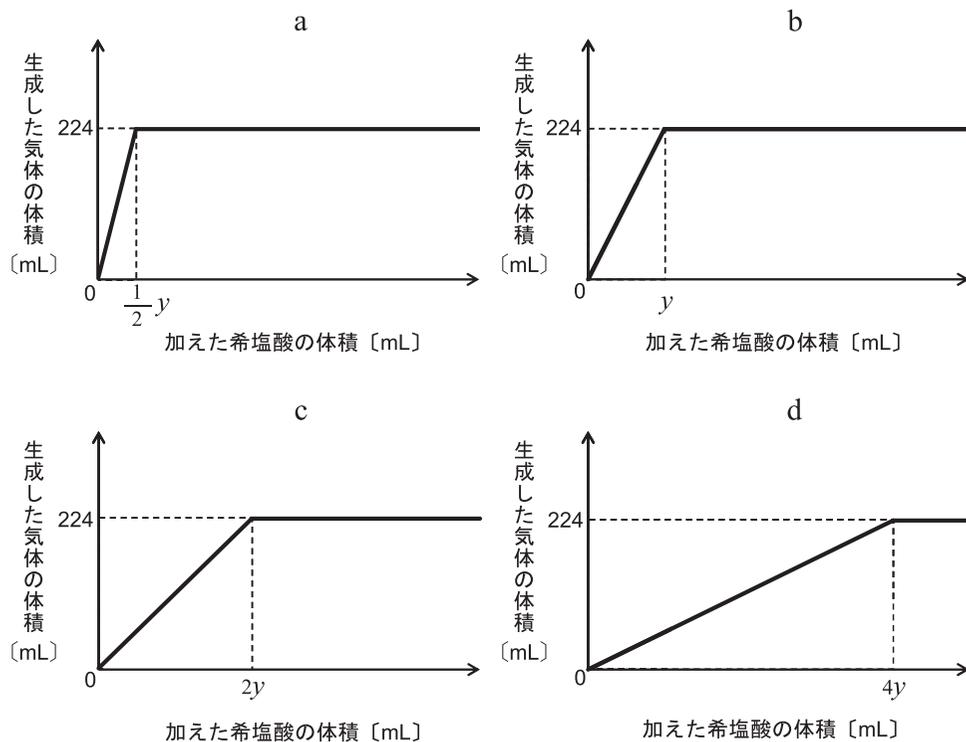
(1) 図の希塩酸の体積 $y\text{ [mL]}$ はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- |       |      |      |
|-------|------|------|
| a 5.0 | b 10 | c 15 |
| d 20  | e 30 | f 40 |

(2)  $x$  [g] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、原子量は  $\text{Mg} = 24$  とする。

- |   |                      |   |                      |   |                      |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | $4.8 \times 10^{-3}$ | b | $1.2 \times 10^{-2}$ | c | $2.4 \times 10^{-2}$ |
| d | $4.8 \times 10^{-2}$ | e | $1.2 \times 10^{-1}$ | f | $2.4 \times 10^{-1}$ |

(3) マグネシウムの質量を  $2x$  [g]、希塩酸の濃度を  $0.25 \text{ mol/L}$  に変えて、同様の反応を行った。このとき、加えた希塩酸の体積と生成した気体の  $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  における体積の関係を正しく表したグラフを a ~ d から選びなさい。



問3 (1) ~ (4) に答えなさい。ただし、 $\log_{10}2.0 = 0.3$ 、 $10^{0.7} = 5.0$ とする。また、強酸と強塩基は水溶液中で完全に電離しているものとする。

(1) pH が 1.7 の希塩酸(B 液)の水素イオンのモル濃度[mol/L]はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- |   |                      |   |                      |   |                      |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | $1.3 \times 10^{-2}$ | b | $1.7 \times 10^{-2}$ | c | $2.0 \times 10^{-2}$ |
| d | $2.3 \times 10^{-2}$ | e | $3.0 \times 10^{-2}$ | f | $5.0 \times 10^{-2}$ |

(2) B 液 10 mL に水を加えてよく混ぜて、全量 50 mL の水溶液をつくった(C 液)。C 液の pH はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- |   |     |   |     |   |     |
|---|-----|---|-----|---|-----|
| a | 2.0 | b | 2.3 | c | 2.4 |
| d | 2.6 | e | 2.7 | f | 3.0 |

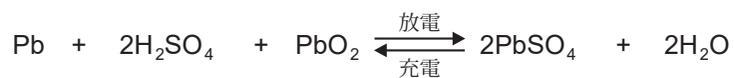
(3) C 液の水酸化物イオンのモル濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、水のイオン積  $K_w$  は  $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$  とする。

- |   |                       |   |                       |   |                       |
|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
| a | $2.0 \times 10^{-12}$ | b | $2.5 \times 10^{-12}$ | c | $5.0 \times 10^{-12}$ |
| d | $1.0 \times 10^{-11}$ | e | $2.0 \times 10^{-11}$ | f | $2.5 \times 10^{-11}$ |

(4) B 液 30 mL を過不足なく中和するのに必要な  $1.0 \times 10^{-2}$  mol/L の水酸化バリウム水溶液の体積[mL]はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- |   |    |   |    |   |    |
|---|----|---|----|---|----|
| a | 10 | b | 15 | c | 20 |
| d | 25 | e | 30 | f | 45 |

問4 鉛蓄電池を 5.00 A の一定電流で ア 秒間放電させたところ、正極の質量が 3.20 g 増加した。ア はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、原子量は H=1.0, O=16, S=32, Pb=207, ファラデー定数  $F$  は  $9.65 \times 10^4$  C/mol とする。また、鉛蓄電池の放電と充電における反応は、次のようにまとめられる。



- |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| a $4.08 \times 10^2$ | b $8.16 \times 10^2$ | c $9.65 \times 10^2$ |
| d $1.63 \times 10^3$ | e $1.93 \times 10^3$ | f $3.86 \times 10^3$ |

3 問1～問3に答えなさい。

問1 スクロース ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) をある濃度の塩酸中で加熱すると、以下の①式で表される加水分解反応が進行し、グルコース ( $C_6H_{12}O_6$ ) とフルクトース ( $C_6H_{12}O_6$ ) が生成する。



次のスクロースの加水分解実験(実験1および実験2)に関する文を読み、(1)～(4)に答えなさい。ただし、スクロースの加水分解反応は一次反応であるものとする。

実験1：0.30 mol/L のスクロース水溶液を用いて、塩酸酸性条件下、異なる3つの温度のもとで加水分解反応を行い、反応の経過に伴って変化するスクロース濃度を測定した。そのときの反応時間[分]と反応液中のスクロース濃度[mol/L]の関係をグラフとして図1に表した。ただし、(ア)～(ウ)における塩酸の濃度は同一であるものとする。

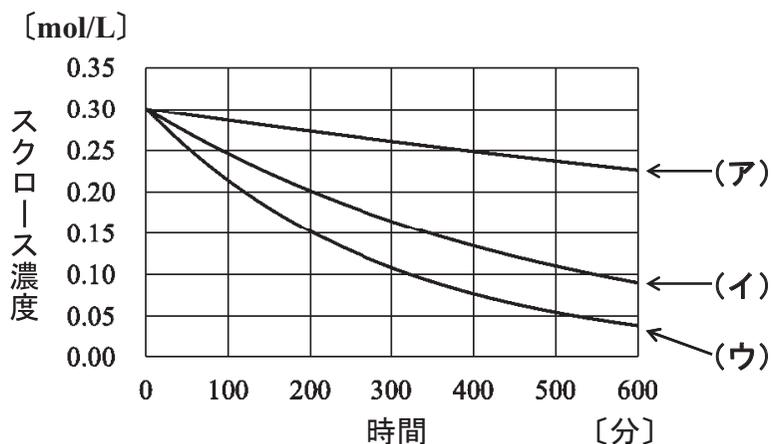
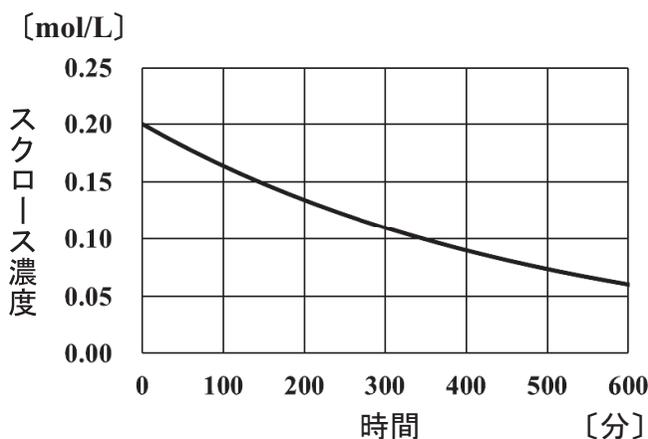


図1

**実験2**：0.20 mol/L のスクロース水溶液を用いて、**実験1**と同一の塩酸酸性条件下、ある温度のもとで加水分解反応を行い、反応の経過に伴って変化するスクロース濃度を測定した。そのときの反応時間〔分〕と反応液中のスクロース濃度〔mol/L〕の関係をグラフとして**図2**に表した。



**図2**

- (1) **図1**のグラフ**(ア)**～**(ウ)**のうち、反応温度が最も高いと考えられるのはどれか。a～cから選びなさい。

a **(ア)**

b **(イ)**

c **(ウ)**

- (2) **図1**のグラフ**(ア)**において、反応開始後400分における反応液のグルコース濃度〔mol/L〕はいくらか。最も近い数値をa～eから選びなさい。ただし、スクロースの加水分解によって生じたグルコースとフルクトースは、いずれも反応液中で他の物質とは反応せず安定に存在するものとする。また、反応前後において水溶液の体積変化は無視できるものとする。

a  $1 \times 10^{-3}$

b  $5 \times 10^{-3}$

c  $1 \times 10^{-2}$

d  $5 \times 10^{-2}$

e  $1 \times 10^{-1}$

- (3) 一般に、反応物 A のモル濃度 [A] が、反応時間の経過 ( $\Delta t$ ) に伴って半分の濃度になったとき、この時間経過のうちに A が減少する平均反応速度  $\bar{v}_{\frac{1}{2}}$  は、次のように表される。

$$\bar{v}_{\frac{1}{2}} = \frac{[A]}{2 \Delta t}$$

図 1 のグラフ (イ) とグラフ (ウ) において、反応開始時のスクロースのモル濃度が半分の濃度に減少するまでの平均分解速度をそれぞれ  $\bar{v}_{\frac{1}{2}(\text{イ})}$  と  $\bar{v}_{\frac{1}{2}(\text{ウ})}$  としたとき、 $\bar{v}_{\frac{1}{2}(\text{ウ})}$  の値は  $\bar{v}_{\frac{1}{2}(\text{イ})}$  の値の何倍になるか。最も近い数値を a ~ e から選びなさい。

- a 0.29                      b 0.57                      c 0.90  
d 1.1                         e 1.8

- (4) 実験 2 における反応温度は、実験 1、図 1 のグラフ (ア) ~ (ウ) の反応温度のどれと一致すると考えられるか。a ~ c から選びなさい。

- a (ア) の反応温度      b (イ) の反応温度      c (ウ) の反応温度

問2 実験ⅠとⅡに関する文を読み、(1)と(2)に答えなさい。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとする。

実験Ⅰ：容積が自由に変えられる真空の密閉容器に圧力 $1.0 \times 10^5$  Pa、温度 $27^\circ\text{C}$ のもとで、空気を $0.63$  L封入した。この密閉容器を持ってM岳の山頂に移動し、そこで密閉容器内の温度を $27^\circ\text{C}$ に保ちながら放置したところ、容積は $1.0$  Lとなった。

実験Ⅱ：実験Ⅰの後すぐに、M岳山頂で図3に示したようにビーカーに純水を入れて加熱したところ、 $87^\circ\text{C}$ で沸騰した。このとき、純水の中で発生して水面近くまで上昇したある気泡の体積を測定したところ $3.6 \times 10^{-4}$  Lであった。

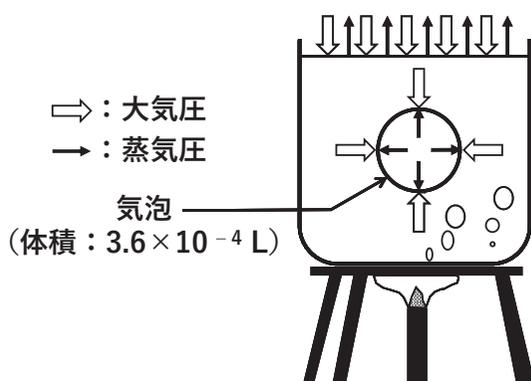


図3

(1) 実験Ⅰにおいて、M岳山頂の大気圧[Pa]はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- |   |                   |   |                   |   |                   |
|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|
| a | $1.6 \times 10^4$ | b | $3.7 \times 10^4$ | c | $6.3 \times 10^4$ |
| d | $1.6 \times 10^5$ | e | $3.7 \times 10^5$ | f | $6.3 \times 10^5$ |

(2) 実験Ⅱにおいて、体積を測定したある気泡中の水蒸気の物質質量[mol]はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。ただし、気体定数 $R$ は $8.3 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol)とする。

- |   |                      |   |                      |   |                      |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | $3.1 \times 10^{-6}$ | b | $7.6 \times 10^{-6}$ | c | $9.1 \times 10^{-6}$ |
| d | $3.1 \times 10^{-5}$ | e | $7.6 \times 10^{-5}$ | f | $9.1 \times 10^{-5}$ |

問3 次の文を読み、(1)と(2)に答えなさい。

同位体のなかには、原子核が不安定で、放射線と呼ばれる粒子や電磁波を自発的に出して壊れ、より安定な原子に変わるものがある。この現象は壊変と呼ばれており、壊変を起こす同位体を放射性同位体という。粒子を放出する代表的な壊変には、 $\alpha$ 壊変と $\beta$ 壊変がある。

$\alpha$ 壊変では、陽子2個、中性子2個からなる ${}^4_2\text{He}$ の原子核が放出される( $\alpha$ 線)。

$\beta$ 壊変では、原子核の中で中性子1個が陽子1個と電子1個に変換され、陽子は原子核にとどまるが、電子が放出される( $\beta$ 線)。

- (1) 壊変前の原子の原子番号を $Z$ 、質量数を $A$ とすると、 $\alpha$ 壊変や $\beta$ 壊変後の原子の原子番号と質量数を表す数式の組合せとして正しいものをa～fから選びなさい。

	$\alpha$ 壊変		$\beta$ 壊変	
	原子番号	質量数	原子番号	質量数
a	$Z - 2$	$A - 2$	$Z - 1$	$A - 1$
b	$Z - 2$	$A - 2$	$Z - 1$	$A$
c	$Z - 4$	$A - 2$	$Z$	$A - 1$
d	$Z - 4$	$A - 2$	$Z$	$A$
e	$Z - 2$	$A - 4$	$Z + 1$	$A - 1$
f	$Z - 2$	$A - 4$	$Z + 1$	$A$

- (2) 原子番号89のアクチニウムの放射性同位体である ${}^{225}_{89}\text{Ac}$ は、 $\alpha$ 壊変を $X$ 回、 $\beta$ 壊変を $Y$ 回起こし、最終的に原子番号81のタリウムの安定同位体である ${}^{205}_{81}\text{Tl}$ に変化する。 $X$ と $Y$ にあてはまる数値の組合せとして正しいものをa～fから選びなさい。

	$X$	$Y$
a	3	2
b	3	3
c	4	4
d	4	3
e	5	2
f	5	1

(この頁は余白)

4 問1～問5に答えなさい。

問1 分子式  $C_4H_7O_2Cl$  で表されるカルボン酸に関する(1)と(2)に答えなさい。

(1) 何種類の構造異性体があるか。a～fから選びなさい。ただし、立体異性体については考えないものとする。

a 2	b 3	c 4
d 5	e 6	f 7

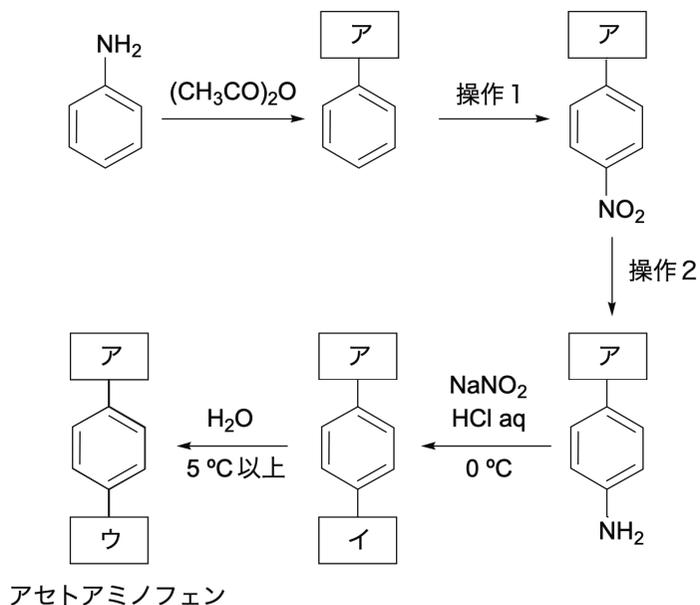
(2) (1)の構造異性体のうち、不斉炭素原子をもつものは何種類あるか。a～fから選びなさい。

a 1	b 2	c 3
d 4	e 5	f 6

問2 化合物 a～e のうち、構成するすべての原子が同一平面上にあるものを1つ選びなさい。

a アセトン	b クメン	c シクロヘキセン
d プロペン	e ホルムアルデヒド	

問3 次のアニリンからアセトアミノフェンを合成する反応経路について、(1)と(2)に答えなさい。



(1) 構造式中の ア ~ ウ を占める部分として適切なものを a ~ f からそれぞれ選びなさい。

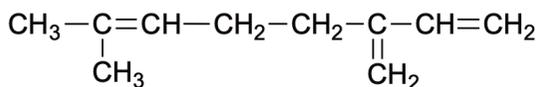
- |                       |                        |                                     |
|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|
| a -OH                 | b -OCH <sub>3</sub>    | c -N <sup>+</sup> ≡NCI <sup>-</sup> |
| d -COOCH <sub>3</sub> | e -NHCOCH <sub>3</sub> | f -NHCOOCH <sub>3</sub>             |

(2) 操作1と2にあてはまる操作を a ~ e からそれぞれ選びなさい。

- a 濃硫酸を加えて加熱する。
- b 鉄粉を触媒として塩素を作用させる。
- c 濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させる。
- d ニッケルを触媒として水素と反応させる。
- e メタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱する。

問4 図はミルセンの構造式である。ミルセンを用いて以下のような実験を行った。  
 (1)と(2)に答えなさい。

ただし、原子量はH=1.0, C=12とし、0℃, 1.013 × 10<sup>5</sup> Paにおける気体の  
 モル体積は22.4 L/molとする。



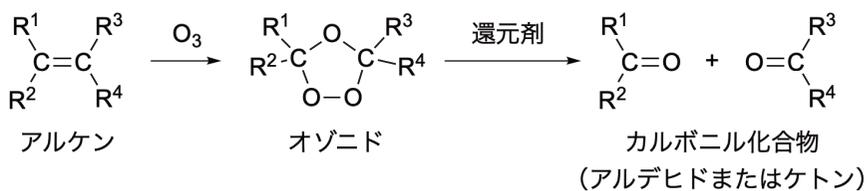
図

実験Ⅰ：27.2 mg のミルセンに水素を完全に付加させたところ、0℃, 1.013 × 10<sup>5</sup> Pa で

ア mL の水素が付加し、飽和炭化水素を生成した。

実験Ⅱ：ミルセンをオゾン分解\*したところ、3種類のカルボニル化合物 A, B, C が  
 得られた。フェーリング液に A の水溶液を加えて加熱すると、赤色の沈殿を  
 生じた。A は白金や銅を触媒として、メタノールを空气中で酸化すると得ら  
 れる有機化合物であった。また、B は酢酸カルシウムの熱分解(乾留)によっ  
 て得られる有機化合物であった。

次に示すように、オゾン O<sub>3</sub> をアルケンに作用させ亜鉛などの還元剤で  
 処理すると、オゾニドを経てアルデヒドまたはケトンなどのカルボニル  
 化合物が生成する。この一連の反応をオゾン分解\*という。



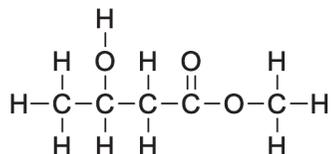
R<sup>1</sup>~R<sup>4</sup>は水素またはアルキル基

(1) ア にあてはまる数値として最も近いものを a ~ f から選びなさい。

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| a 2.24 | b 4.48 | c 8.96 |
| d 13.4 | e 17.9 | f 22.4 |

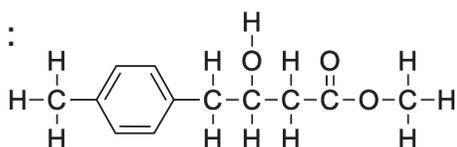
- (2) A, B, C の構造式を書きなさい。ただし、構造式は、例にならってすべての原子および価標(共有結合を表す線)を略さずに書きなさい。

例：



- 問5 化合物 X は、分子式  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$  で表されるベンゼンの一置換体である。X は銀鏡反応を示し、不斉炭素原子をもっている。X の構造式を書きなさい。ただし、構造式は、例にならってすべての原子および価標(共有結合を表す線)を略さずに書きなさい。なお、ベンゼン環を構成する炭素原子およびそれに結合した水素原子は省略してよい。

例：



5 問1～問3に答えなさい。

問1 次の文の空欄 **ア** ～ **エ** にあてはまる語の組合せ a～hのうち、正しいものを選びなさい。

天然ゴムは **ア** が付加重合したものと同一構造である。天然ゴムのポリ **ア** 分子の炭素原子間二重結合は **イ** 形であるため、特有の弾性(ゴム弾性)を示す。炭素原子間二重結合が光や空気中の酸素などによって徐々に酸化されると、分子の構造が変化し、次第にゴム弾性を失って劣化する。天然ゴムに **ウ** を数%加えて加熱すると、高分子鎖間に **エ** 構造をつくり、弾性が大きくなり、化学的にも物理的にも強くなる。

	ア	イ	ウ	エ
a	スチレン	トランス	硫黄	らせん
b	スチレン	トランス	炭素	らせん
c	スチレン	シス	硫黄	架橋
d	スチレン	シス	炭素	らせん
e	イソプレン	トランス	硫黄	架橋
f	イソプレン	トランス	炭素	架橋
g	イソプレン	シス	硫黄	架橋
h	イソプレン	シス	炭素	らせん

問2 セルロースに関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a 多数のグルコースが1位と4位の炭素原子に結合した-OH どうしで脱水縮合しており、すべてβ-グルコース構造で構成される高分子化合物である。
- b 有機溶媒に溶けにくい、水にはよく溶ける。
- c 直鎖状の分子どうしが水素結合で強く結びついているため、繊維として利用される。
- d ヨウ素デンプン反応を示さない。
- e 酵素セルラーゼで加水分解すると、セロビオースになる。

問3 表はタンパク質の検出方法を示したものである。空欄 **ア** ~ **ウ** にあてはまる語の組合せ a ~ h のうち、正しいものを選びなさい。

表

検出方法	操作	結果 (呈色)	検出できるもの
キサント プロテイン反応	濃硝酸を加えて加熱後、アンモニア水を加えて塩基性にする。	<b>ア</b>	ベンゼン環をもつアミノ酸
ビウレット反応	水酸化ナトリウム水溶液を加え塩基性にした後、 <b>イ</b> 水溶液を加える。	赤紫色	2個以上のペプチド結合
酢酸鉛(Ⅱ) との反応	水酸化ナトリウムを加えて加熱後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加える。	黒色沈殿	<b>ウ</b>

	<b>ア</b>	<b>イ</b>	<b>ウ</b>
a	橙黄色	硫酸銅(Ⅱ)	窒素 N
b	橙黄色	ニンヒドリン	窒素 N
c	橙黄色	硫酸銅(Ⅱ)	硫黄 S
d	橙黄色	ニンヒドリン	硫黄 S
e	青色	硫酸銅(Ⅱ)	窒素 N
f	青色	ニンヒドリン	窒素 N
g	青色	硫酸銅(Ⅱ)	硫黄 S
h	青色	ニンヒドリン	硫黄 S

