

問1～問25の解答を、指定された解答欄にマークせよ。

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：H=1.0, C=12, N=14, O=16, Na=23, S=32,  
Cl=35.5, Fe=56

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  または  $8.2 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C} / \text{mol}$

セルシウス温度目盛りのゼロ点  $0 \text{ }^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$

『余 白』

**1**

次の問い（問1～問4）に答えよ。

(13点)

**問1** 次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。マーク式解答欄 **1**

- (a) ネオン原子の価電子数は **8** である。
- (b) 窒素原子を電子式でかくと **3** 個の対電子がある。
- (c) 水素原子はナトリウム原子よりも陽イオンになりやすい。
- (d) ナトリウム原子にそのイオン化エネルギーに相当するエネルギーを与えると、**1** 価の陽イオンとなり、ネオン原子と同じ電子配置となる。

- |                 |                |                |
|-----------------|----------------|----------------|
| (1) [(a)]       | (2) [(b)]      | (3) [(c)]      |
| (4) [(d)]       | (5) [(a), (b)] | (6) [(a), (c)] |
| (7) [(a), (d)]  | (8) [(b), (c)] | (9) [(b), (d)] |
| (10) [(c), (d)] |                |                |

**問2** 次の4種の分子に関する記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。マーク式解答欄 **2**

[ 水, アンモニア, メタン, テトラクロロメタン ]  
(四塩化炭素)

- (a) いずれの分子も非共有電子対をもっている。
- (b) メタンのみが無極性分子である。
- (c) テトラクロロメタン分子中の隣りあう二つの結合のなす角度（結合角）は、メタン分子中の結合角と等しい。
- (d) アンモニア分子は三角すい形構造をとる。

- |                 |                |                |
|-----------------|----------------|----------------|
| (1) [(a)]       | (2) [(b)]      | (3) [(c)]      |
| (4) [(d)]       | (5) [(a), (b)] | (6) [(a), (c)] |
| (7) [(a), (d)]  | (8) [(b), (c)] | (9) [(b), (d)] |
| (10) [(c), (d)] |                |                |

問3 次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 3

- (a) オキソニウムイオン  $\text{H}_3\text{O}^+$  は、水分子と水素イオンが配位結合してできる。
- (b) 錯イオンの中心になる金属イオンには、典型元素のイオンも存在する。
- (c) 錯イオンの中心イオンが遷移元素の場合、特有の色を示すものが多い。
- (d) 銅イオン  $\text{Cu}^{2+}$  を含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えてできた沈殿に、さらに過剰な水酸化ナトリウム水溶液を加えると、錯イオンを形成して溶解する。

- (1) [(a), (b)]                      (2) [(a), (c)]                      (3) [(a), (d)]
- (4) [(b), (c)]                      (5) [(b), (d)]                      (6) [(c), (d)]
- (7) [(a), (b), (c)]                (8) [(a), (b), (d)]                (9) [(a), (c), (d)]
- (10) [(b), (c), (d)]

問4 理想気体では、圧力  $P$  [Pa]、体積  $V$  [L]、気体の物質量  $n$  [mol]、絶対温度  $T$  [K] について、下に示す式が成り立つ。

$$PV/nRT=1 \quad (R;\text{気体定数})$$

しかし、実在気体ではこの方程式が必ずしも成立しないことも知られている。理想気体と実在気体に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 4

- (a) 理想気体とは分子間力が存在せず、分子自身に体積がないと考えた仮想の気体である。
- (b) 理想気体は凝縮しない。
- (c) 実在気体でも、高温、低圧の条件になるほど、 $PV/nRT$  の値が 1 に近づく。

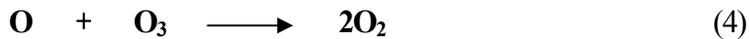
- (1) [(a)]                                (2) [(b)]                                (3) [(c)]
- (4) [(a), (b)]                        (5) [(a), (c)]                        (6) [(b), (c)]
- (7) [(a), (b), (c)]

**2**

次の記述を読んで、問い（問5～問6）に答えよ。

（8点）

成層圏の上部では、酸素分子が酸素原子になる反応 (1) と、酸素原子と酸素分子からオゾン分子が生成する反応 (2) が主に起こっている。また、成層圏の下部では、オゾン分子が酸素分子と酸素原子に分解する反応 (3) と、酸素原子とオゾン分子から酸素分子が生成する反応 (4) が主に起こっている。



**問5** 次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄	5
---------	---

- (a) 酸素  $\text{O}_2$  とオゾン  $\text{O}_3$  はたがいに同素体である。
- (b) オゾンは特異臭をもつ無色の気体である。
- (c) オゾンは水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙を青紫色に変える。
- (d) オゾンは強い酸化作用を示す。

- |                      |                     |                     |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| (1) [(a), (b)]       | (2) [(a), (c)]      | (3) [(a), (d)]      |
| (4) [(b), (c)]       | (5) [(b), (d)]      | (6) [(c), (d)]      |
| (7) [(a), (b), (c)]  | (8) [(a), (b), (d)] | (9) [(a), (c), (d)] |
| (10) [(b), (c), (d)] |                     |                     |

『余 白』

**問6** 酸素原子 **1.0 mol** と酸素分子 **1.0 mol** からオゾン分子 **1.0 mol** が生成するときに **100 kJ** の熱が放出され、酸素原子 **2.0 mol** から酸素分子 **1.0 mol** が生成するときに **492 kJ** の熱が放出される。酸素分子 **1.5 mol** からオゾン分子 **1.0 mol** が生成するときの反応熱 **[kJ]** はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、すべての原子や分子は気体状のものとする。

マーク式解答欄 **6**

- |      |       |     |       |     |       |
|------|-------|-----|-------|-----|-------|
| (1)  | 100   | (2) | 146   | (3) | 392   |
| (4)  | 492   | (5) | 592   | (6) | - 100 |
| (7)  | - 146 | (8) | - 392 | (9) | - 492 |
| (10) | - 592 |     |       |     |       |

『余 白』

**3**

次の問い（問7～問9）に答えよ。

(14点)

問7 (a) と (b) に示した水酸化ナトリウム水溶液の濃度として、最も近い値の組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 7

- (a) 質量パーセント濃度 **7.3%** の水酸化ナトリウム水溶液（密度 **1.1 g/cm<sup>3</sup>**）のモル濃度 [mol/L]
- (b) **0.55 mol/L** の水酸化ナトリウム水溶液（密度 **1.1 g/cm<sup>3</sup>**）の質量パーセント濃度 [%]

[ (a) [mol/L]                      (b) [%] ]

- |     |     |     |
|-----|-----|-----|
| (1) | 1.0 | 1.5 |
| (2) | 1.0 | 2.0 |
| (3) | 1.5 | 1.5 |
| (4) | 1.5 | 2.5 |
| (5) | 2.0 | 2.0 |
| (6) | 2.0 | 2.5 |

『余 白』

**問8**  $\text{H}_2\text{A}$  で表されるある 2 価の弱酸は、水に溶けて二段階に電離する。第一段階の電離定数  $K_1$  は  $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、第二段階の電離定数  $K_2$  は  $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$  である。電離していない  $\text{H}_2\text{A}$  の濃度  $[\text{H}_2\text{A}]$  と第二段階の電離によって生じる  $\text{A}^{2-}$  イオンの濃度  $[\text{A}^{2-}]$  の比が  $[\text{H}_2\text{A}] : [\text{A}^{2-}] = 2 : 1$  のとき、この水溶液の pH はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 **8**

- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| (1) 2.0 | (2) 2.5 | (3) 3.0 | (4) 3.5 |
| (5) 4.0 | (6) 4.5 | (7) 5.0 | (8) 6.0 |

『余 白』

**問9** 温度  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、圧力  $1.3 \times 10^5\text{ Pa}$  のもとで  $1.5\text{ L}$  のアルゴンがピストン付きのシリンダー容器の中に入っている。これにエタノール  $0.10\text{ mol}$  を加えた後、温度を  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、容積を  $6.4\text{ L}$  に保ったまま平衡状態に達するまで放置した。このとき、気体として存在するエタノールの物質量〔mol〕はアルゴンの物質量〔mol〕の何倍になるか。最も近い値を選べ。ただし、 $47\text{ }^{\circ}\text{C}$  におけるエタノールの飽和蒸気圧は  $2.6 \times 10^4\text{ Pa}$  とし、気体はすべて理想気体とする。また、液体の体積は無視できるものとする。

マーク式解答欄 9

- |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| (1) 0.10 | (2) 0.20 | (3) 0.50 | (4) 0.80 |
| (5) 1.0  | (6) 1.2  | (7) 1.5  | (8) 2.0  |

『余 白』

**4**

硫化鉄(II)と塩酸を反応させ、発生した気体を捕集した。

問い(問10~問12)に答えよ。

(12点)

問10 発生した気体とその気体の捕集法の正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 10

	[ 気体 ]	捕集法 ]
(1)	水素	水上置換
(2)	水素	上方置換
(3)	塩素	水上置換
(4)	塩素	下方置換
(5)	塩化水素	上方置換
(6)	塩化水素	下方置換
(7)	硫化水素	水上置換
(8)	硫化水素	下方置換

問11 発生した気体を<sub>(i)</sub>  $\text{Ag}^+$  と  $\text{Zn}^{2+}$  を含む混合水溶液に、弱酸性を示すまで十分に通じた。生じた沈殿をろ過後、ろ液を煮沸して通じた気体を完全に追い出した。その後<sub>(ii)</sub>この溶液に水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えて塩基性にした。この一連の実験に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 11

- (a) 下線部 (i) の操作により、白色の沈殿が生じた。  
 (b) 下線部 (i) の操作により、黒色の沈殿が生じた。  
 (c) 下線部 (ii) の操作により、白色の沈殿が生じ、その沈殿は消えなかった。  
 (d) 下線部 (ii) の操作により、褐色の沈殿が生じ、その沈殿は消えた。

- (1) [(a)]                      (2) [(b)]                      (3) [(c)]  
 (4) [(d)]                      (5) [(a), (c)]                (6) [(a), (d)]  
 (7) [(b), (c)]                (8) [(b), (d)]

**問 1 2** 発生した気体をすべて過酸化水素水に通じたところ、**0.16 g** のうすい黄色の沈殿が生じた。発生した気体の物質質量 [mol] はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、反応は完全に進行したものとする。

マーク式解答欄 1 2

- (1)  $1.0 \times 10^{-3}$     (2)  $2.0 \times 10^{-3}$     (3)  $3.0 \times 10^{-3}$     (4)  $4.0 \times 10^{-3}$   
(5)  $5.0 \times 10^{-3}$     (6)  $6.0 \times 10^{-3}$     (7)  $8.0 \times 10^{-3}$     (8)  $1.0 \times 10^{-2}$

『余 白』

**5**

次の記述を読んで、問い（問13～問14）に答えよ。

(9点)

容積 **2.0 L** の密閉容器に気体 **A** を導入して **300 K** に保つと、しばらくして ① の平衡状態に達した。このとき気体 **A**, **B**, **C** の物質量はそれぞれ **4.0 mol**, **2.0 mol**, **2.0 mol** であった。



**問13** **300 K** における平衡定数として、最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 **13****(1) 0.10****(2) 0.25****(3) 0.50****(4) 1.0****(5) 2.0****(6) 4.0**

『余 白』

**問14** ①の平衡状態に達した容器に、さらに気体 **B** を **2.0 mol** 加えてその濃度を増加させると、①の平衡が移動し、新たな平衡状態に達した。このとき、容器内に含まれる気体 **A**, **B**, **C** の物質量 [mol] の正しい組み合わせはどれか。ただし、反応容器は **300 K** に保たれたものとする。

マーク式解答欄 14

	[ 気体 <b>A</b> [mol]	気体 <b>B</b> [mol]	気体 <b>C</b> [mol] ]
(1)	4.4	3.4	2.2
(2)	4.4	3.6	1.6
(3)	4.4	3.8	1.8
(4)	4.8	3.2	1.2
(5)	4.8	3.4	1.8
(6)	4.8	3.6	1.6
(7)	5.0	3.5	1.5
(8)	5.0	3.8	1.2
(9)	5.0	3.8	1.8

『余 白』

**6**

次の問い（問15～問17）に答えよ。

(12点)

**問15**  $\alpha$ -グルコース ( $C_6H_{12}O_6$ ) 3.6 g を無水酢酸と反応させたところ、 $\alpha$ -グルコースに存在するすべてのヒドロキシ基がアセチル化された化合物が得られた。この化合物の質量 [g] はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、反応は完全に進行したものとする。

マーク式解答欄 15

- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| (1) 4.4 | (2) 4.8 | (3) 5.3 | (4) 6.1 |
| (5) 7.0 | (6) 7.8 | (7) 8.4 | (8) 9.6 |

**問16** 乳酸とアラニンに関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 16

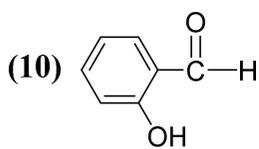
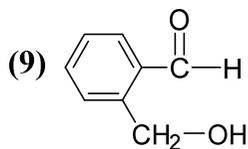
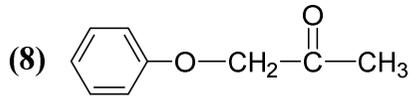
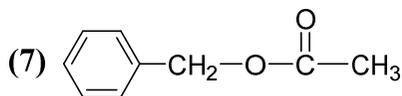
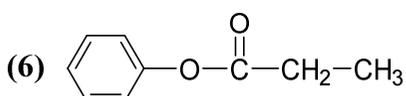
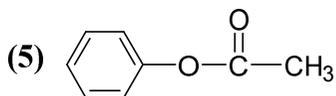
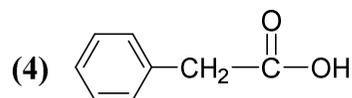
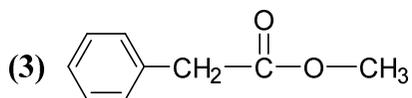
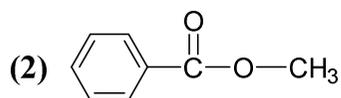
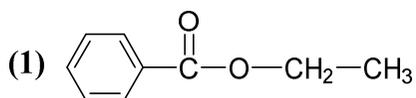
- (a) いずれの化合物にも光学異性体が存在する。  
(b) 水溶液中では、いずれの化合物も双性イオンとして存在する。  
(c) 乳酸にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、黄色結晶を生じる。  
(d) アラニンにニンヒドリン水溶液を加えて温めると、赤紫～青紫色を呈する。

- |                      |                     |                     |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| (1) [(a), (b)]       | (2) [(a), (c)]      | (3) [(a), (d)]      |
| (4) [(b), (c)]       | (5) [(b), (d)]      | (6) [(c), (d)]      |
| (7) [(a), (b), (c)]  | (8) [(a), (b), (d)] | (9) [(a), (c), (d)] |
| (10) [(b), (c), (d)] |                     |                     |

問17 化合物 **A** の構造式は下記に示した (1)~(10) のいずれかである。次の記述を読んで、化合物 **A** の構造式を選べ。

マーク式解答欄 17

1. **A** は炭酸水素ナトリウム水溶液には溶けにくい。
2. **A** にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温めても、銀は析出しない。
3. **A** に水と触媒量の硫酸を加えて加熱すると、化合物 **B** および化合物 **C** が生成する。
4. **B** は、エタノールを酸化すると得られる酸である。
5. **C** に臭素水を加えると、白色沈殿を生じる。



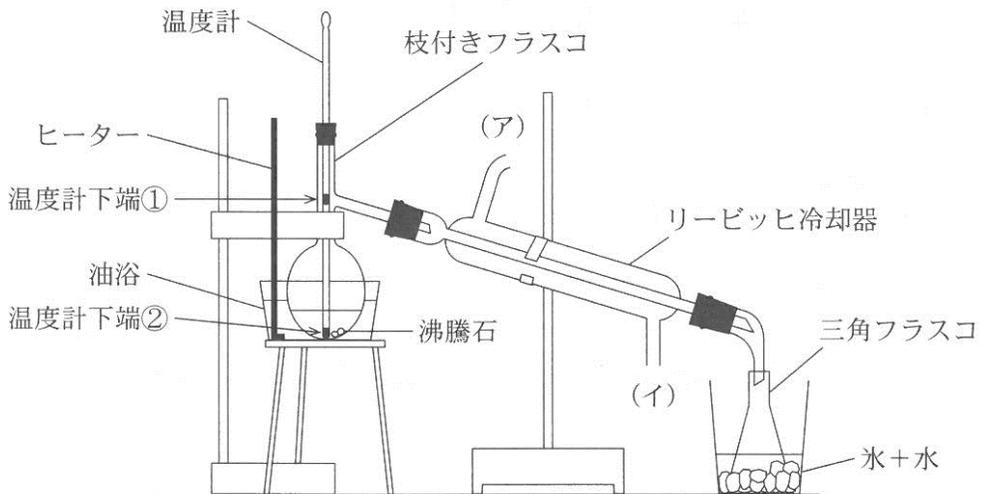
7

次の記述を読んで、問い（問18～問19）に答えよ。

（8点）

下図の装置を用いて、枝付きフラスコに濃硫酸とエタノールを入れ、 $130^{\circ}\text{C}$  に加熱しながら反応させ、リービッヒ冷却器から流出した化合物 **A**、**B** および **C** の混合溶液を三角フラスコに集めた。

この混合溶液に酸化カルシウムを加えると、**C** だけがすべて反応して除去された。次に、得られた化合物 **A** と **B** の混合溶液を分留（分別蒸留）することにより、**B** より沸点の低い化合物 **A** を得た。



問18 上図の装置に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 18

- (a) 沸騰石は急激な沸騰（突沸）を防ぐために用いる。
- (b) リービッヒ冷却器に流す冷却水は、(ア) から入れ (イ) へ流す。
- (c) 温度計下端の球部の位置は、① がよい。
- (d) 温度計下端の球部の位置は、② がよい。

- |                     |                     |                |
|---------------------|---------------------|----------------|
| (1) [(c)]           | (2) [(d)]           | (3) [(a), (c)] |
| (4) [(a), (d)]      | (5) [(b), (c)]      | (6) [(b), (d)] |
| (7) [(a), (b), (c)] | (8) [(a), (b), (d)] |                |

**問19** 設問のうち，記述内容に不備があるため問題を削除

『余 白』

8

次の記述を読んで、問い（問20～問22）に答えよ。（12点）

示性式  $C_mH_nOH$  で表される 1 価の鎖式飽和アルコール 3.7 g を金属ナトリウムと完全に反応させると、標準状態で水素が 0.56 L 発生した。ただし、この気体は理想気体とする。

問20 このアルコールの分子量として、最も近い値はどれか。

マーク式解答欄 20

- (1) 37    (2) 46    (3) 60    (4) 74    (5) 88  
(6) 102    (7) 116    (8) 130    (9) 148

問21 このアルコール  $C_mH_nOH$  の  $m$  と  $n$  の正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 21

- |     | [ $m$ | $n$ ] |
|-----|-------|-------|
| (1) | 3     | 5     |
| (2) | 3     | 7     |
| (3) | 4     | 7     |
| (4) | 4     | 9     |
| (5) | 5     | 9     |
| (6) | 5     | 11    |
| (7) | 6     | 11    |
| (8) | 6     | 13    |

**問22** このアルコールの構造異性体のうち、エーテル結合をもつ異性体の数はいくつか。正しいものを選べ。ただし、光学異性体は **2** と数える。

マーク式解答欄 **22**

- |       |       |       |       |         |
|-------|-------|-------|-------|---------|
| (1) 1 | (2) 2 | (3) 3 | (4) 4 | (5) 5   |
| (6) 6 | (7) 7 | (8) 8 | (9) 9 | (10) 10 |

『余 白』

**9**

次の記述を読んで、問い（問23～問25）に答えよ。

(12点)

- 鎖状構造をもつ化合物 **A**, **B**, **C**, **D** は、いずれも炭素、水素、酸素のみからなる分子量 **110** 以下の化合物であり、互いに構造異性体である。これらはいずれも、エノール形の異性体  $\left[ \begin{array}{c} >C=C < \\ & \text{OH} \end{array} \right]$  ではない。また、いずれの化合物にも幾何異性体は存在しない。
- 化合物 **A** **87.0 mg** を完全燃焼させたところ、二酸化炭素が **198 mg**、水が **81.0 mg** 生じた。
- 化合物 **A**～**D** に適切な触媒を用いて水素を完全に付加させたところ、**A** と **B** からは同一の化合物 **E** が、**C** からは化合物 **F** が、また、**D** からは化合物 **G** がそれぞれ生成した。
- 化合物 **A**, **E**, **G** にそれぞれ無水酢酸を作用させたところ、いずれもエステルを生成した。

問23 **A** の分子式は次のうちどれか。

マーク式解答欄 23

(1)  $C_3H_4O$ (2)  $C_3H_6O$ (3)  $C_3H_6O_2$ (4)  $C_4H_6O$ (5)  $C_4H_8O$ (6)  $C_4H_8O_2$ (7)  $C_5H_8O$ (8)  $C_5H_{10}O$ (9)  $C_5H_{10}O_2$ 

『余 白』

問24 A~D に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 24

- (a) A に臭素を付加させた化合物には、不斉炭素原子が存在する。
- (b) B を適切な酸化剤を用いて酸化すると、酸性物質が得られる。
- (c) C にはエーテル結合が存在する。
- (d) D に水を加えると、二層に分離する。

- (1) [(a), (b)]      (2) [(a), (c)]      (3) [(a), (d)]
- (4) [(b), (c)]      (5) [(b), (d)]      (6) [(c), (d)]
- (7) [(a), (b), (c)]      (8) [(a), (b), (d)]      (9) [(a), (c), (d)]
- (10) [(b), (c), (d)]

問25 A~G に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 25

- (a) いずれの化合物にも、不斉炭素原子が存在しない。
- (b) これらはすべて中性物質である。
- (c) フェーリング反応を示す化合物は B のみである。
- (d) ヨードホルム反応を示す化合物は D のみである。

- (1) [(a), (b)]      (2) [(a), (c)]      (3) [(a), (d)]
- (4) [(b), (c)]      (5) [(b), (d)]      (6) [(c), (d)]
- (7) [(a), (b), (c)]      (8) [(a), (b), (d)]      (9) [(a), (c), (d)]
- (10) [(b), (c), (d)]

『以上』