

# 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. 解答用紙への記入には、必ず**HB**の黒鉛筆を使用しなさい。
3. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしてはならない。採点が不可能になる。
4. 合図があったら、解答用紙の左上部の空欄に**受験番号**を記入しなさい。
5. 試験中に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。  
解答用紙の汚れ等に気づいた場合も、同様に知らせなさい。
6. 解答は解答用紙の指定された場所に記入し、その他の部分には何も書いてはならない。裏面にも何も書いてはならない。
7. 解答にあたっては、マークすることを要求された欄を  
マーク例に従ってぬりつぶしなさい。  
たとえば、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。
8. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消さねばならない。  
×をつけても消したことにはならない。
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、必ず電源を切って鞆の中にしまいなさい。
11. 不正行為に対しては厳正に対処する。不正行為を行った場合、その時点で化学の受験を停止とし、すべての解答を無効とする。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
●	● <del>×</del> ●

1 問1～問8に答えなさい。

問1 次の文の空欄 **ア** ～ **ウ** のそれぞれにあてはまる数値の組合せを a～e から一つ選びなさい。

$^2\text{H}$  と  $^{16}\text{O}$  からなる水 ( $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ , 重水) 分子1個に含まれる陽子の数は **ア** 個, 電子の数は **イ** 個, 中性子の数は **ウ** 個である。

	ア	イ	ウ
a	8	8	8
b	10	8	10
c	10	10	8
d	10	10	10
e	12	12	10

問2 第3周期から第6周期までの2族元素に関する記述 a～eのうち, 誤っているものを二つ選びなさい。

- a いずれも典型元素である。
- b 単体と水との反応性は, 原子番号の大きい元素ほど高くなる。
- c いずれも炎色反応を示す。
- d 単体は水または熱水と反応して, いずれも塩基性の水酸化物を生じる。
- e 硫酸塩はいずれも水に溶けにくい。

問3 アンモニアに関する記述 a～eのうち、正しいものを二つ選びなさい。

- a  $\text{NH}_4\text{Cl}$  を  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  とともに加熱すると、アンモニアが発生する。
- b アンモニアの乾燥には濃硫酸を用いる。
- c アンモニアは水によく溶けるため、下方置換で捕集する。
- d アンモニア水は強塩基性を示す。
- e アンモニアと二酸化炭素を反応させることにより、尿素を得ることができる。

問4 次の酸化物のうち、酸性酸化物はいくつあるか。a～eから選びなさい。

CO             $\text{SiO}_2$              $\text{Cl}_2\text{O}_7$             NO             $\text{Al}_2\text{O}_3$              $\text{CO}_2$

a 1            b 2            c 3            d 4            e 5

問5 電解質 a～eのうち、それぞれを水に溶かして同じモル濃度の水溶液をつくったとき、最も少ない体積で水酸化鉄(Ⅲ)のコロイドを凝析できる電解質を一つ選びなさい。

a  $\text{MgCl}_2$             b  $\text{Na}_2\text{SO}_4$             c  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$   
d  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$             e  $\text{KNO}_3$

問6 化学反応式 a～eのうち、下線で示した原子が酸化されているものを二つ選びなさい。

- a  $\underline{\text{Si}}\text{O}_2 + 6\text{HF} \longrightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$
- b  $\underline{\text{S}}\text{O}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$
- c  $\text{N}_2 + 3\underline{\text{H}}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3$
- d  $\text{Ca}\underline{\text{C}}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$
- e  $2\text{H}_2\text{S} + \underline{\text{S}}\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$

問7 二種類の金属イオンを含む水溶液 a～e のうち、それぞれに水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えたとき、沈殿のない溶液が得られるものを一つ選びなさい。

- a  $\text{Fe}^{3+}$  と  $\text{Pb}^{2+}$  を含む水溶液
- b  $\text{Fe}^{3+}$  と  $\text{Zn}^{2+}$  を含む水溶液
- c  $\text{Al}^{3+}$  と  $\text{Zn}^{2+}$  を含む水溶液
- d  $\text{Ag}^+$  と  $\text{Al}^{3+}$  を含む水溶液
- e  $\text{Cu}^{2+}$  と  $\text{Pb}^{2+}$  を含む水溶液

問8 体積  $1.00 \text{ cm}^3$  のドライアイスがすべて気体に変化したとき、標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) において  $0.810 \text{ L}$  となった。このドライアイスに  $\text{CO}_2$  分子は何個含まれているか。最も近い数値を a～e から選びなさい。ただし、標準状態における気体のモル体積は  $22.4 \text{ L/mol}$ 、アボガドロ定数は  $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$  とする。

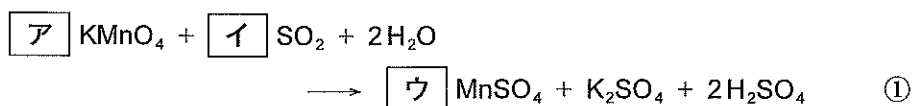
- a  $1.11 \times 10^{22}$
- b  $2.18 \times 10^{22}$
- c  $1.11 \times 10^{25}$
- d  $2.18 \times 10^{25}$
- e  $3.12 \times 10^{25}$

- 2 問1～問3に答えなさい。ただし、原子量は  $H=1.0$ ,  $C=12$ ,  $O=16$ ,  $S=32$ ,  $Cu=63.5$  とする。

問1 実験に関する(1)と(2)に答えなさい。

実験：過マンガン酸カリウム  $KMnO_4$  を水に溶かして硫酸酸性とし、質量パーセント濃度  $0.080\%$  の  $KMnO_4$  水溶液(密度  $1.00\text{ g/cm}^3$ )をつくった。この水溶液  $100\text{ mL}$  に二酸化硫黄  $SO_2$  を吹き込み、 $SO_2$  を完全に反応させたところ、 $KMnO_4$  水溶液の濃度が  $0.060\%$  になった。

- (1) この実験において、 $KMnO_4$  と  $SO_2$  は次式のように反応した。



化学反応式①の係数  $\boxed{\text{ア}}$  と  $\boxed{\text{イ}}$  にあてはまる数値を  $a \sim e$  からそれぞれ選びなさい。ただし、同じ数値を何度用いてもよい。

a 2                      b 3                      c 4                      d 5                      e 6

- (2) 反応した  $SO_2$  は何  $g$  か。最も近い数値を  $a \sim f$  から選びなさい。ただし、 $KMnO_4$  の式量は  $158$  とする。また、この実験では化学反応式①以外の反応は起こらないものとし、 $KMnO_4$  水溶液の体積変化および密度の変化はないものとする。

a  $3.2 \times 10^{-4}$                       b  $2.0 \times 10^{-3}$                       c  $3.2 \times 10^{-3}$   
d  $8.1 \times 10^{-3}$                       e  $2.0 \times 10^{-2}$                       f  $3.2 \times 10^{-2}$

問2 酢酸の電離平衡に関する(1)～(4)に答えなさい。ただし、酢酸の電離定数  $K_a$  は  $2.70 \times 10^{-5}$  mol/L,  $\log_{10} 2.7 = 0.43$ ,  $\log_{10} 3.0 = 0.48$  とする。また、水溶液の温度は一定に保たれているものとする。

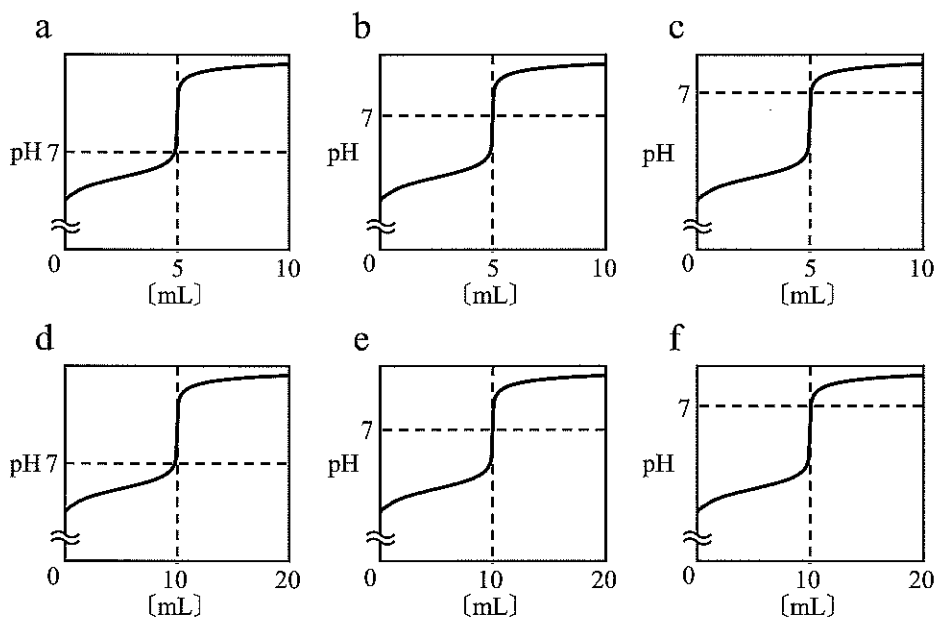
(1)  $3.00 \times 10^{-2}$  mol/L の酢酸水溶液の電離度はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- |   |                       |   |                       |   |                       |
|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
| a | $3.00 \times 10^{-4}$ | b | $9.00 \times 10^{-4}$ | c | $3.00 \times 10^{-3}$ |
| d | $9.00 \times 10^{-3}$ | e | $3.00 \times 10^{-2}$ | f | $9.00 \times 10^{-2}$ |

(2)  $3.00 \times 10^{-2}$  mol/L の酢酸水溶液の pH はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- |   |      |   |      |   |      |
|---|------|---|------|---|------|
| a | 1.52 | b | 2.48 | c | 3.04 |
| d | 3.52 | e | 4.48 | f | 4.96 |

- (3)  $3.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の酢酸水溶液 10.0 mL に、 $6.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の水酸化ナトリウム水溶液を滴下したときの滴定曲線として、最も適切なものを a ~ f から選びなさい。ただし、滴定曲線の縦軸は pH を、横軸は水酸化ナトリウム水溶液の滴下量 [mL] を表している。

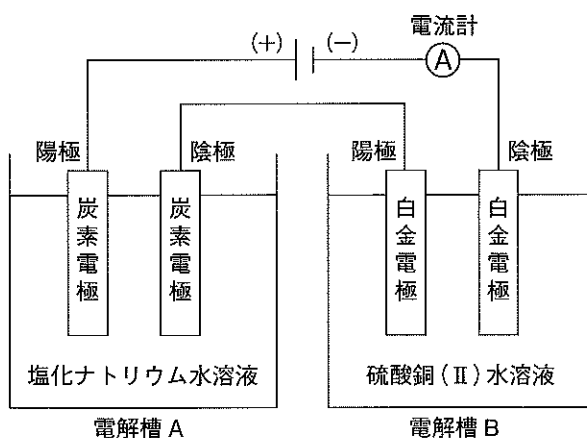


- (4)  $3.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の酢酸水溶液 30.0 mL と  $3.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の水酸化ナトリウム水溶液 15.0 mL を混ぜた後、水を加えて 100 mL とした。この水溶液の pH はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- |   |      |   |      |   |      |
|---|------|---|------|---|------|
| a | 3.47 | b | 3.83 | c | 4.43 |
| d | 4.57 | e | 5.52 | f | 6.57 |

問3 実験に関する(1)～(3)に答えなさい。ただし、標準状態(0℃,  $1.013 \times 10^5$  Pa)における気体のモル体積は  $22.4$  L/mol, ファラデー定数  $F$  は  $9.65 \times 10^4$  C/mol とし、電気エネルギーはすべて電気分解に使われたものとする。

実験：電解槽 A に  $1.00 \times 10^{-1}$  mol/L の塩化ナトリウム水溶液を、電解槽 B に  $1.00 \times 10^{-1}$  mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を入れ、図のように電解槽 A の炭素電極と電解槽 B の白金電極を直列につないで電気分解を行った。このとき、平均  $4.00$  A の電流が流れ、電解槽 B の陰極の質量は  $0.800$  g 増加した。



図

(1) 電気分解に要した時間は何秒か。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- |       |       |        |
|-------|-------|--------|
| a 228 | b 304 | c 456  |
| d 608 | e 912 | f 1216 |

(2) 電解槽 A の陰極で発生した気体は標準状態で何 L か。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、発生した気体は電解槽中の水溶液には溶けないものとする。

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| a 0.11 | b 0.14 | c 0.21 |
| d 0.28 | e 0.42 | f 0.56 |



(3) 電解槽 A の陽極で発生した気体に関する記述 a～e のうち、正しいものを一つ選びなさい。

- a 刺激臭をもつ無色の気体である。
- b 強い還元力がある。
- c 水溶液は塩基性を示す。
- d 水溶液は漂白剤として用いられる。
- e 空気より軽い。

3 問1～問3に答えなさい。

問1 次の文を読み、(1)と(2)に答えなさい。

高級飽和脂肪酸は、親水性のカルボキシ基と疎水性で鎖状のアルキル基をもつ。これをシクロヘキサンのような蒸発しやすい溶媒に溶かして純水の水面に滴下すると、溶媒が蒸発して高級飽和脂肪酸のみが水面上に広がり、図1のように、カルボキシ基を水側、アルキル基を空気側に向けて、一層にすき間なく並んだ単分子膜ができる。

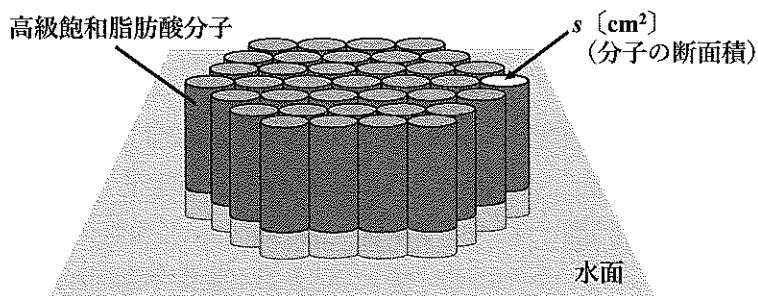


図1

- (1) モル質量  $M$  [g/mol] の高級飽和脂肪酸  $w$  [g] を蒸発しやすい溶媒に溶かして  $V$  [cm<sup>3</sup>] の溶液とした。この溶液  $v$  [cm<sup>3</sup>] を水面に滴下して高級飽和脂肪酸の単分子膜を作った。この膜の全体の面積を測定したところ、 $S$  [cm<sup>2</sup>] であった。この高級飽和脂肪酸1分子の占有する面積(断面積)を  $s$  [cm<sup>2</sup>] としたとき、アボガドロ定数を表す式として正しいものをa～fから選びなさい。

a  $\frac{V \cdot S \cdot M}{v \cdot w \cdot s}$

b  $\frac{v \cdot w \cdot s}{V \cdot S \cdot M}$

c  $\frac{V \cdot s \cdot M}{v \cdot w \cdot S}$

d  $\frac{v \cdot w \cdot S}{V \cdot s \cdot M}$

e  $\frac{v \cdot w \cdot s \cdot M}{V \cdot S}$

f  $\frac{V \cdot S}{v \cdot w \cdot s \cdot M}$

- (2) ある高級飽和脂肪酸をシクロヘキサンの溶かし、 $4.00 \times 10^{-3}$  mol/L の溶液とした。この溶液  $2.50 \times 10^{-2}$  mL を水面に滴下して、高級飽和脂肪酸の単分子膜をつくったところ、その膜の全体の面積は  $126 \text{ cm}^2$  であった。この高級飽和脂肪酸 1 分子の断面積は何  $\text{cm}^2$  か。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23}$  /mol とする。

- |   |                       |   |                       |   |                       |
|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
| a | $1.0 \times 10^{-15}$ | b | $1.4 \times 10^{-15}$ | c | $1.5 \times 10^{-15}$ |
| d | $2.1 \times 10^{-15}$ | e | $2.8 \times 10^{-15}$ | f | $3.0 \times 10^{-15}$ |

- 問 2 (1) と (2) に答えなさい。ただし、水の凝固点は  $0^\circ\text{C}$ 、水のモル凝固点降下は  $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  とする。

- (1) グルコース (分子量 180)  $1.80 \text{ g}$  を水  $500 \text{ g}$  に溶かした。このグルコース水溶液の凝固点は何  $^\circ\text{C}$  か。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- |   |        |   |        |   |        |
|---|--------|---|--------|---|--------|
| a | -0.074 | b | -0.056 | c | -0.046 |
| d | -0.037 | e | -0.025 | f | -0.019 |

- (2) (1) のグルコース水溶液に  $1.70 \text{ g}$  の硝酸ナトリウム (式量 85) を溶かした。この水溶液の凝固点は何  $^\circ\text{C}$  か。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、硝酸ナトリウムは水中ですべて電離するものとする。

- |   |       |   |       |   |        |
|---|-------|---|-------|---|--------|
| a | -0.19 | b | -0.17 | c | -0.15  |
| d | -0.13 | e | -0.11 | f | -0.013 |

### 問3

フランスの化学者ラウールは、不揮発性物質を溶かした希薄溶液の蒸気圧が溶媒のモル分率に比例することを見つけた。溶媒の物質量を  $n_A$  [mol]、溶質から生じる粒子の物質量を  $n_B$  [mol] としたとき、溶媒のモル分率  $\chi$  は次式で求められる。

$$\chi = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

このとき、純粋な溶媒の蒸気圧を  $p_0$  とすると、溶液の蒸気圧  $p$  は次式で求められる。

$$p = \chi p_0$$

これをラウールの法則という。

(1)～(3)に答えなさい。ただし、それぞれの水溶液では、ラウールの法則が成り立っているものとする。

- (1) 27℃のもとで、180.0 gの水(分子量 18)が入った容器Aに12.96 gのグルコース(分子量 180)を加えて完全に溶かした(水溶液A)。水溶液Aの27℃における飽和蒸気圧は何 Paか。最も近い数値をa～fから選びなさい。ただし、27℃における水の飽和蒸気圧は  $3.570 \times 10^3$  Pa とする。

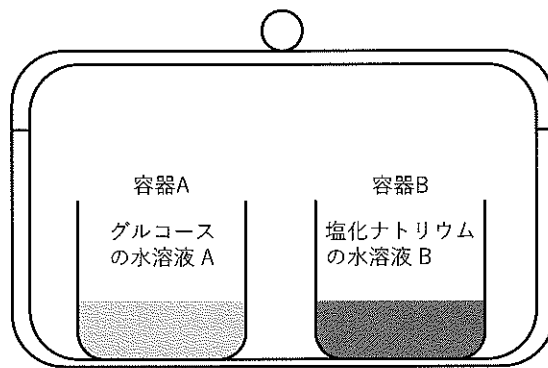
- |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| a $2.57 \times 10$   | b $2.83 \times 10$   | c $2.40 \times 10^2$ |
| d $3.33 \times 10^3$ | e $3.54 \times 10^3$ | f $4.99 \times 10^5$ |

- (2) 27℃のもとで、180.0 gの水(分子量 18)が入った容器Bに2.633 gの塩化ナトリウム(式量 58.5)を加えて完全に溶かした(水溶液B)。水溶液Bの27℃における溶媒のモル分率はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。ただし、塩化ナトリウムは水中ですべて電離するものとする。

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| a 0.792 | b 0.972 | c 0.986 |
| d 0.991 | e 0.996 | f 0.999 |

- (3) 図2に示したように密閉容器Xの中に、(1)のグルコースの水溶液Aの入った容器Aと、(2)の塩化ナトリウムの水溶液Bの入った容器Bをそれぞれ静置した。これを27℃のもとで、十分に長く放置したところ、それぞれの容器から蒸発する水分子と凝縮する水分子の数が等しくなり、気液平衡に達した。このとき、容器Aの水の蒸気圧を $P_A$ 、容器Bの水の蒸気圧を $P_B$ とすると、 $P_A = P_B$ となっていた。

下線アと下線イの状態を比べたとき、平衡に達した後の容器Aと容器B内の水溶液にどのような変化が生じたか。最も適切な記述をa~fから一つ選びなさい。ただし、密閉容器X内で水蒸気として存在する水分子の質量は、著しく小さく、無視できるものとする。



密閉容器 X

図2

- a 水溶液Aの水が0.55g増え、水溶液Bの水が0.55g減った。
- b 水溶液Aの水が10g増え、水溶液Bの水が10g減った。
- c 水溶液Aの水が20g増え、水溶液Bの水が20g減った。
- d 水溶液Aの水が0.55g減り、水溶液Bの水が0.55g増えた。
- e 水溶液Aの水が10g減り、水溶液Bの水が10g増えた。
- f 水溶液Aの水が20g減り、水溶液Bの水が20g増えた。

4 問1～問7に答えなさい。

問1 分子式が  $C_5H_{10}O$  の化合物のうち、カルボニル基をもつものは何種類あるか。a～fから一つ選びなさい。ただし、立体異性体は考えないものとする。

a 3      b 4      c 5      d 6      e 7      f 8

問2 化合物 a～fのうち、互いに同じ組成式をもつものを三つ選びなさい。

a アセチレン      b *o*-キシレン      c スチレン  
d ナフタレン      e 1,3-ブタジエン      f ベンゼン

問3 記述 a～fのうち、正しいものを三つ選びなさい。

- a 酢酸は、硫酸よりも弱い酸であるが、塩酸よりも強い酸である。
- b 無水酢酸は無色の液体で、中性を示す。
- c マレイン酸に水を一分子付加させると、酒石酸を生じる。
- d 無水マレイン酸は、すべての原子が同一平面上にある。
- e マレイン酸を加熱すると、フマル酸が生成する。
- f アセトアルデヒドは、フェーリング液と反応すると酢酸イオン ( $CH_3COO^-$ ) を生じる。

問4 化合物 A はテレフタル酸、酢酸、グリセリンがエステル結合した化合物である。化合物 A 1.5 g のエステル結合をすべて加水分解すると、テレフタル酸 0.70 g、酢酸 0.25 g、グリセリン 0.78 g だけが生成した。化合物 A として考えられる構造は何種類あるか。a～fから一つ選びなさい。ただし、原子量は  $H=1.0$ 、 $C=12$ 、 $O=16$  とし、立体異性体は考えないものとする。

a 3      b 4      c 5      d 6      e 7      f 8

問5 化合物ア～ウに関する記述a～fのうち、誤っているものを二つ選びなさい。

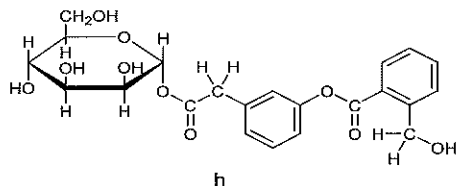
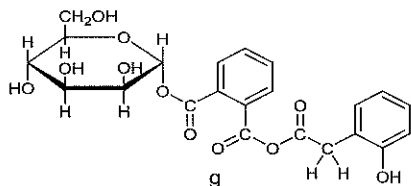
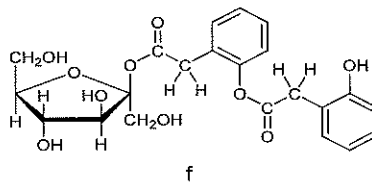
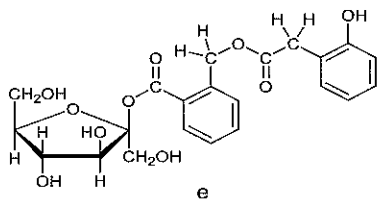
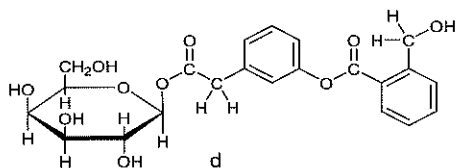
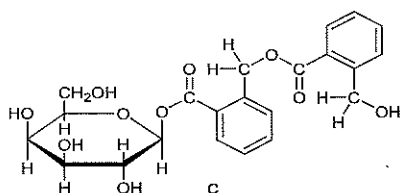
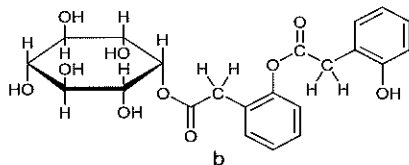
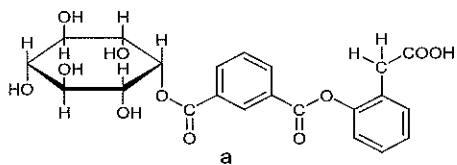
- ア サリチル酸
- イ アセチルサリチル酸
- ウ サリチル酸メチル

- a いずれも塩化鉄(Ⅲ)水溶液で呈色する。
- b 炭酸水素ナトリウム水溶液に溶けるのはアとイだけである。
- c ナトリウムフェノキシドに高温・高圧のもとで二酸化炭素を反応させると、アのナトリウム塩が生成する。
- d イとウは、いずれもエステル結合をもつ。
- e アと無水酢酸が反応すると、イと水が生成する。
- f ウは消炎鎮痛剤として用いられる。

問6 アルコールに関する記述a～eのうち、正しいものを二つ選びなさい。

- a アルコールは、いずれも水と任意の割合で混じり合う。
- b ヨードホルム反応を示すアルコールは、いずれも酸化するとケトンになる。
- c アルコールは、ナトリウムの単体と反応して水素  $H_2$  を発生する。
- d 1-ブタノールは、その構造異性体であるエーテルよりも沸点が高い。
- e アルコール発酵により、1分子のグルコースから3分子のエタノールが生成する。

問7 1 molの化合物Bを加水分解したところ、1 molの化合物Cと2 molの化合物Dが得られた。化合物Cをアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穏やかに加熱すると、銀が析出した。化合物Bの構造として考えられるものをa~hから二つ選びなさい。





(この頁は余白)

5 問1と問2に答えなさい。

問1  $\alpha$ -アミノ酸に関する記述 a～fのうち、正しいものを二つ選びなさい。

- a  $\alpha$ -アミノ酸のうち、最も炭素数の少ないものの分子式は  $\text{CH}_3\text{NO}_2$  である。
- b D-アラニン1分子と L-アラニン1分子が縮合して生成する二種類の鎖状のジペプチドは、互いに立体異性体である。
- c  $\alpha$ -アミノ酸のアミノ基の塩基としての性質は、ペプチド結合を形成すると失われる。
- d  $\alpha$ -アミノ酸の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にしたのち、少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫色になる。
- e すべての  $\alpha$ -アミノ酸の等電点は等しい。
- f グリシンはヒトの必須アミノ酸である。

問2 (1)～(3)に答えなさい。ただし、原子量は  $\text{H}=1.0$ ,  $\text{C}=12$ ,  $\text{N}=14$ ,  $\text{O}=16$  とする。

(1) 脂肪酸としてオレイン酸  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$  のみを構成成分とする油脂の分子量はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| a 356 | b 374 | c 590 |
| d 620 | e 884 | f 938 |

(2) ナイロン66を78.6 kg 合成するためには、何 mol のアジピン酸が必要か。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| a 300 | b 322 | c 348 |
| d 371 | e 397 | f 420 |

- (3) 0.050 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液 20 mL を、陽イオン交換樹脂 R-SO<sub>3</sub>H を詰めた円筒に通して完全にイオン交換し、さらに樹脂を純水で十分に洗った。こうして得られた流出液をすべて集め、0.050 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定するとき、水酸化ナトリウム水溶液は終点までに何 mL 加える必要があるか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

a 2.0

b 4.0

c 8.0

d 20

e 40

f 80