

化学

1, 2 の各問に答えよ。必要であれば、以下の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0；C = 12.0；N = 14.0；O = 16.0；Na = 23.0

問題で $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$ 、 $\boxed{\text{ウ}}$ $\times 10^{\boxed{\text{エ}}}$ のように有効数字 3 桁で答える場合、計算で $9.8765 \dots \times 10^4$ となった場合は、有効数字より 1 桁多い 4 桁目の数値の 6 を四捨五入して 9.88×10^4 と答えよ。同様に、他の桁で求める場合も解答の数値については指定された有効数字より 1 桁多い数値を四捨五入して答えよ。

解答欄にア、イ、ウなど記号がある場合は、全ての記号について解答を選ぶこと。

1 (A)、(B) の各問の解答を与えられた選択肢から一つ選べ。

(A) 酢酸ナトリウム n 水和物の n を求める以下の実験に関して各問に答えよ。ただし、酢酸ナトリウムと水和物の水の比率は一定であり、整数である。また、酸が酢酸だけの場合、中和点までは酢酸に NaOH を加えるとこの酢酸と反応した NaOH の物質量だけ酢酸ナトリウムが生成する。実験の温度での酢酸の酸の電離定数は次の値を用いよ。また、空気中の気体の溶解は無視するものとする。

$$K_a = 1.00 \times 10^{-4.57} \text{ mol/L}$$

実験 酢酸ナトリウム n 水和物 17.000 g を純水に溶かし、250 mL のメスフラスコに入れて全量を 250 mL となるまで純水を加えてよく振った。これを酢酸ナトリウム水溶液 A とする。この酢酸ナトリウム水溶液 A を 20.0 mL とりコニカルビーカーに入れた。このコニカルビーカーに 1.00 mol/L H_2SO_4 水溶液を 15.00 mL 加えた。この溶液に 1.00 mol/L NaOH を 25.00 mL 加えると溶液の pH は 4.57 であった。⁽¹⁾

問 1 下線(1)で溶液の pH が 4.57 のとき、 $[\text{CH}_3\text{COOH}] : [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1 : \boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}} \times 10^{\boxed{\text{エ}}}$ である。ア、イ、ウに適する数字をそれぞれ選べ。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| ア | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| イ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| ウ | a. -5 | b. -4 | c. -3 | d. -2 | e. -1 |
| | f. 0 | g. 1 | h. 2 | i. 3 | j. 4 |

問 2 下線(1)で H_2SO_4 と中和反応した NaOH の物質量は有効数字 3 桁で

$\boxed{\text{エ}}$ 、 $\boxed{\text{オ}}$ 、 $\boxed{\text{カ}} \times 10^{\boxed{\text{キ}}}$ mol である。エ、オ、カ、キに適する数字をそれぞれ選べ。ただし、 H_2SO_4 は一部電離したものも含めるものとする。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| エ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| オ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| カ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| キ | a. -6 | b. -5 | c. -4 | d. -3 | e. -2 |
| | f. -1 | g. 0 | h. 1 | i. 2 | j. 3 |

問 3 酢酸ナトリウム水溶液 A のモル濃度は有効数字 3 桁で $\boxed{\text{ク}}$ 、 $\boxed{\text{ケ}}$ 、 $\boxed{\text{コ}} \times 10^{\boxed{\text{サ}}}$ mol/L である。ク、ケ、コ、サに適する数字をそれぞれ選べ。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| ク | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| ケ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| コ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| サ | a. -6 | b. -5 | c. -4 | d. -3 | e. -2 |
| | f. -1 | g. 0 | h. 1 | i. 2 | j. 3 |

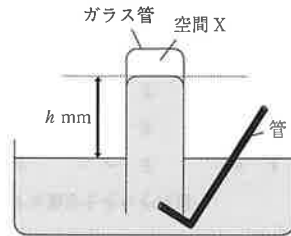
問 4 酢酸ナトリウム n 水和物の n を選べ。

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 10 |

問 5 酢酸ナトリウム水溶液 A を希釈して 0.120 mol/L 酢酸ナトリウム水溶液と同じ濃度の溶液 40.0 mL を調製したい。そのためには、酢酸ナトリウム水溶液 A を $\boxed{\text{シ}}$ 、 $\boxed{\text{ス}} \times 10^{\boxed{\text{セ}}}$ mL とり、純水を加えて全量を 40.0 mL にすればよい。シ、ス、セに適する数字をそれぞれ選べ。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| シ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| ス | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| セ | a. -8 | b. -7 | c. -6 | d. -5 | e. -4 |
| | f. -3 | g. -2 | h. -1 | i. 0 | j. 1 |

(B) 下図のように、水銀を一端の閉じられた細長いガラス管に満たし、水銀の入った水槽中に倒立させ、液面が動かなくなるまで静置すると、ガラス管の上部(底)から液面までの領域に空間 X が生じ、液面の高低差 h mm が生じる。ここで、液面の高低差 h は水銀の高低差を表す。



液面の高低差 h の液体による圧力を P 、この液体の密度を d 、重力加速度を g とする。このとき、 P は次の式で表される。

$$P = dhg$$

このガラス管の下からは、上図のような管を通して異なる液体を導入することが出来る。この装置に関する以下の実験について各問に答えよ。なお、実験中の温度における水銀の蒸気圧は無視できるものとせよ。また、ガラス管の長さは各実験の h mm より長いものとする。必要であれば以下の値を用いて答えよ。

密度(水銀) : 13.6 g/cm^3 (27°C)

飽和蒸気圧(水) : $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ (27°C)

実験 1 標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) のもとで、水銀を用いて上記の装置を組み立て 27°C で静置した時の水銀の高低差は 760 mm であった。

実験 2 実験 1 の後、その装置に、ガラス管の下から管を通して水を入れ 27°C で静置し、標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) のもとで十分に時間が経ち平衡状態になると、ガラス管内の水銀の液面の上に水の層がわずかにあった。このときの 27°C における水銀の高低差 h を測定した。⁽¹⁾

実験 3 実験 2 と同じ内容の実験を気圧 $8.104 \times 10^4 \text{ Pa}$ のもとで行い、 27°C で静置し平衡状態になると、ガラス管内の水銀の液面の上に水の層がわずかにあった。このときの 27°C における水銀の高低差 h を測定した。⁽²⁾

実験 4 標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) のもとで、水銀を用いて上記の装置を組み立て、ガラス管の下から管を通してエタノールを入れ 27°C で静置した。標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) のもとで十分に時間が経ち平衡状態になると、ガラス管内の水銀の液面の上にエタノールの層がわずかにあった。このときの 27°C における水銀の高低差 h は 694 mm であった。

問 6 実験 1, 2 について、空間 X の圧力に關与するものとして最も適切な組合せを選べ。

実験 1	実験 2
a. 真空	真空
b. 真空	大気圧
c. 真空	水の飽和蒸気圧
d. 真空	水の飽和蒸気圧と大気圧
e. 大気圧	真空
f. 大気圧	大気圧
g. 大気圧	水の飽和蒸気圧
h. 大気圧	水の飽和蒸気圧と大気圧

問 7 実験 2 の下線(1)について、水銀の高低差 h は有効数字 2 桁で $\boxed{\text{ア}}.\boxed{\text{イ}} \times 10^{\boxed{\text{ウ}}} \text{ mm}$ である。ア、イ、ウに適する数字をそれぞれ選べ。ここで、高低差 h は水銀の高低差で水を含まない。ただし、液体の水の質量は無視して計算せよ。

ア	a. 1	b. 2	c. 3	d. 4	e. 5
	f. 6	g. 7	h. 8	i. 9	
イ	a. 1	b. 2	c. 3	d. 4	e. 5
	f. 6	g. 7	h. 8	i. 9	j. 0
ウ	a. -6	b. -5	c. -4	d. -3	e. -2
	f. -1	g. 0	h. 1	i. 2	j. 3

問 8 実験 1 と実験 2 で用いた液体を水銀でなく密度 10.2 g/cm^3 (27°C) の液体 A を用いてそれ以外は実験 1, 実験 2 と同じ条件とした場合、実験 2 の下線(1)の高低差 h は有効数字 2 桁で $\boxed{\text{エ}}.\boxed{\text{オ}} \times 10^{\boxed{\text{カ}}} \text{ mm}$ である。ここで、高低差 h は液体 A の高低差で液体の水部分を含まない。エ、オ、カに適する数字をそれぞれ選べ。ただし、液体 A は水とは混じり合わず、気体の溶解もないものとする。また、実験中の温度における液体 A の蒸気圧は無視できるものとせよ。ここで、液体の水の質量は無視して計算せよ。

エ	a. 1	b. 2	c. 3	d. 4	e. 5
	f. 6	g. 7	h. 8	i. 9	
オ	a. 1	b. 2	c. 3	d. 4	e. 5
	f. 6	g. 7	h. 8	i. 9	j. 0
カ	a. -6	b. -5	c. -4	d. -3	e. -2
	f. -1	g. 0	h. 1	i. 2	j. 3

問 9 実験 3 の下線(2)について、水銀の高低差 h は有効数字 2 桁で $\boxed{\text{キ}}.\boxed{\text{ク}} \times 10^{\boxed{\text{ケ}}}$ mm である。キ、ク、ケに適する数字をそれぞれ選べ。ただし、液体の水の質量は無視して計算せよ。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| キ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| ク | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| ケ | a. -6 | b. -5 | c. -4 | d. -3 | e. -2 |
| | f. -1 | g. 0 | h. 1 | i. 2 | j. 3 |

問10 実験 4 に基づくとエタノールが 27°C で沸点となるための外圧は有効数字 2 桁で $\boxed{\text{コ}}.\boxed{\text{サ}} \times 10^{\boxed{\text{シ}}}$ Pa である。コ、サ、シに適する数字をそれぞれ選べ。ただし、液体のエタノールの質量は無視して計算せよ。

- | | | | | | |
|---|-------|------|------|------|------|
| コ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| サ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| シ | a. -1 | b. 0 | c. 1 | d. 2 | e. 3 |
| | f. 4 | g. 5 | h. 6 | i. 7 | j. 8 |

2 (A)、(B) の各問の解答を与えられた選択肢から一つ選べ。

(A) 有機化合物を構成する原子の酸化数は、価電子の数からその原子に形式的に属する電子の数を引くことで求められる。形式的に属する電子は次の方法で求められる。共有結合の場合、電気陰性度の大きな原子側に結合に関わる全ての電子が属し、同じ原子の場合は結合に関わる電子の半数がそれぞれの原子に属する。また、原子が非共有電子対を持つ場合は、この電子が全てその原子に属する。有機化合物の各炭素原子の酸化数は、同じではなく異なる場合がある。

1-プロパノールにおける位置番号は酸素原子が結合する炭素原子を 1 位とし、この 1 位の炭素原子と結合した炭素原子を 2 位として表される。2-メチル-1-プロパノールは、1-プロパノールの 2 位の炭素原子に結合した水素原子 1 つがメチル基に置き換わったものである。2-メチル-1-プロパノールの位置番号も 1-プロパノールと同様に酸素原子が結合する炭素原子を 1 位とする。2-メチル-1-プロパノールが酸化されると、有機化合物 A が生成する。この有機化合物 A がさらに酸化されると、有機化合物 B が生成する。ここで、2-メチル-1-プロパノールの 1 位であった炭素原子は有機化合物 A を構成する炭素原子の一部になる。この炭素原子の位置番号も 1 位となる。同様に、有機化合物 A の 1 位であった炭素原子は有機化合物 B を構成する炭素原子の一部になり、この炭素原子の位置番号も 1 位となる。

問 1 有機化合物 A の分子量は $\boxed{\text{ア}}.\boxed{\text{イ}}$ である。ア、イに適する数字を選べ。

- | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| ア | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| イ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |

問 2 アミド C を加水分解するとアニリンと有機化合物 B が生成する。アミド C の分子量は $\boxed{\text{ウ}}.\boxed{\text{エ}}.\boxed{\text{オ}}$ である。ウ、エ、オに適する数字を選べ。

- | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| ウ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| エ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| オ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |

問 3 2-メチル-1-プロパノールの 1 位の炭素原子の酸化数は $\triangle$ カ $\square$ キであり、有機化合物 A の 1 位の炭素原子の酸化数は $\triangle$ ク $\square$ ケである。カ、クに適する符号を、キ、ケに適する数字を選ぶ。ただし、キが 0 のときはカに c を選ぶこと。同様に、ケが 0 のときはクに c を選ぶこと。

- | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| カ | a. + | b. - | c. 0 | | |
| キ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| ク | a. + | b. - | c. 0 | | |
| ケ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |

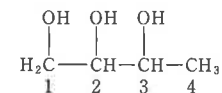
問 4 2-メチル-1-プロパノール 18.5 g が過不足なく酸化され、全て有機化合物 A になるときに放出された電子の物質量は $\square$ コ $\square$ サ $\square$ シ $\square$ ス $\times 10^{\square}$ mol である。コ、サ、シ、スに適する数字を選ぶ。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| コ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| サ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| シ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| ス | a. -6 | b. -5 | c. -4 | d. -3 | e. -2 |
| | f. -1 | g. 0 | h. 1 | i. 2 | j. 3 |

問 5 有機化合物 B の 1 位の炭素原子の酸化数は $\triangle$ セ $\square$ ソである。従って、有機化合物 A 1 mol が過不足なく酸化され、全て有機化合物 B になるときに放出された電子の物質量は $\square$ タ mol である。セに適する符号を、ソ、タに適する数字を選ぶ。ただし、ソが 0 のときはセに c を選ぶこと。

- | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| セ | a. + | b. - | c. 0 | | |
| ソ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| タ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |

(B) 3 価のアルコールである 1,2,3-ブタントリオールを下記に示す。図中の 1, 2, 3, 4 は炭素原子の位置番号であり、1 位、2 位、3 位、4 位などと表される。



1,2,3-ブタントリオールには立体異性体があり、可能な立体異性体を全て含む 1,2,3-ブタントリオールを混合物 A とする。混合物 A 中の 1,2,3-ブタントリオールと $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ が分子の数で 1 対 2 でエステル化したものをジエステル B とする。ここで、ジエステル B はこの条件で可能な全てのジエステルを含む。混合物 A 中の 1,2,3-ブタントリオールと $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ が分子の数で 1 対 1 でエステル化したものをモノエステル C とする。ここで、モノエステル C はこの条件で可能な全てのモノエステルを含む。これらのジエステル B、モノエステル C は、エステル化していない $-\text{OH}$ は $-\text{OH}$ のままである。混合物 A と CH_3COOH 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ の混合物との反応で 1 位、2 位、3 位の炭素原子に結合した $-\text{OH}$ がエステル化したエステルで、可能な全てを含むものをトリエステル D とする。すなわち、トリエステル D は同じ種類のカルボン酸が複数エステル結合するものも含む。

問 6 ジエステル B の各分子はいずれも同じ分子量であり、この分子量は $\square$ ア $\square$ イ $\square$ ウである。ア、イ、ウに適する数字を選ぶ。

- | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| ア | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| イ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| ウ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |

問 7 ジエステル B 3.27 g の全てのエステル結合を過不足なくけん化するのに必要な NaOH の質量は $\square$ エ $\square$ オ $\square$ カ $\times 10^{\square}$ g である。エ、オ、カ、キに適する数字を選ぶ。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| エ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| オ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| カ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| キ | a. -5 | b. -4 | c. -3 | d. -2 | e. -1 |
| | f. 0 | g. 1 | h. 2 | i. 3 | j. 4 |

問 8 ジエステル B で 2 位と 3 位の炭素原子に結合した -OH がエステル化されたものの中で、異性体の関係にあるのは最大 種類ある。ク、ケに適する数字を選べ。ここで、1 桁の場合はクに j を選べ。ただし、異性体には構造異性体、立体異性体を含み、それ自身も数に含めて答えよ。

- | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| ク | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| ケ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |

問 9 モノエステル C の中で、異性体の関係にあるのは最大 種類ある。コ、サに適する数字を選べ。ここで、1 桁の場合はコに j を選べ。ただし、異性体には構造異性体、立体異性体を含み、それ自身も数に含めて答えよ。

- | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| コ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| サ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |

問10 トリエステル D の中で、1 位の炭素原子に結合した -OH が $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ とエステル化し、2 位と 3 位の炭素原子に結合した -OH が CH_3COOH とエステル化した分子と異性体の関係にあるのは最大 種類ある。シ、スに適する数字を選べ。ここで、1 桁の場合はシに j を選べ。ただし、異性体には構造異性体、立体異性体を含み、それ自身も数に含めて答えよ。

- | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| シ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| ス | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |