

化 学

1, 2, 3 の各問に答えよ。必要であれば、以下の数値を用いよ。

気体定数(R): $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

塩基の電離定数: $K_b(\text{アンモニア}) = 2.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}(25^\circ\text{C})$

水のイオン積: $K_w = 1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$

塩化ナトリウムの溶解度(60°C) $39.0 \text{ g/水 } 100 \text{ g}$

$\sqrt{2} = 1.41$; $\sqrt{2.3} = 1.52$; $\sqrt{3} = 1.73$; $\sqrt{4.6} = 2.14$; $\sqrt{5} = 2.24$

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 各問の解答を与えられた選択肢から一つ選べ。

問 1 塩化ナトリウムについての記述で正しいのを選べ。

- a. 塩化ナトリウム水溶液は電気を通さない。
- b. 25.0 g の塩化ナトリウムは 60°C の水 60.0 g に完全に溶ける。
- c. 塩化ナトリウムの結晶は両方ともイオンの配位数は 8 である。
- d. 塩化ナトリウム水溶液に硝酸銀水溶液を加えると赤褐色の沈殿が生じる。
- e. 飽和塩化ナトリウム水溶液に塩化水素を通じると塩化ナトリウムの固体が析出する。

問 2 アルミニウムについての記述で誤っているのを選べ。

- a. 濃硝酸にアルミニウムを加えると不動態になる。
- b. アルミニウム粉末を酸素中で加熱すると激しく燃える。
- c. アルミニウムは高温の水蒸気と反応し、水素が発生する。
- d. 水酸化ナトリウム水溶液にアルミニウムを加えると水素が発生する。
- e. 塩酸にアルミニウムを加えると激しく反応し、多量の塩素が発生する。

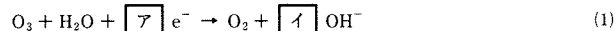
問 3 25°C における 0.100 mol/L アンモニア水溶液の水素イオン濃度は

$\boxed{\text{ア}}$. $\boxed{\text{イ}} \times 10^{\boxed{\text{エ}}}$ mol/L 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. -13 | b. -12 | c. -11 | d. -10 | e. -9 |
| | f. -8 | g. -7 | h. -5 | i. -4 | j. -3 |

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) 気体中のオゾン量を調べたい。オゾンを含む気体を KI 水溶液に通じると酸化還元反応により、ヨウ素が生成する。ここで、オゾンの酸化剤としての反応式を(1)式に示す。



生成したヨウ素を還元剤の $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液で滴定することで、生成したヨウ素の量を求めることができる。このヨウ素の量からオゾンの量を求めることができる。ここで、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ は水溶液中で $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ と 2 個の Na^+ に電離する。 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ の還元剤としての反応式を(2)式に示す。



実験 オゾンを含む空気を KI 水溶液に通じた。十分反応し、ヨウ素が生成した。この溶液全てを 0.100 mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液で滴定し、終点間際でデンプン指示薬を用いた。 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液を 4.20 mL 滴下したところで過不足なく反応が終了した。

吸収されたオゾンは全て KI と反応したものとして以下の各問に答えよ。

問 1 ア、イ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 | |

問 2 オゾン中の O の酸化数は $\boxed{\text{ウ}}$ で、 OH^- 中の O の酸化数は $\boxed{\text{エ}}$ である。ウ、エに適する数字をそれぞれ選べ。

- | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| ウ | a. -5 | b. -4 | c. -3 | d. -2 | e. -1 |
| | f. 0 | g. +1 | h. +2 | i. +3 | j. +4 |
| エ | a. -5 | b. -4 | c. -3 | d. -2 | e. -1 |
| | f. 0 | g. +1 | h. +2 | i. +3 | j. +4 |

問 3 実験で 0.100 mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液 4.20 mL が全て反応したとき、この間に $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ が放出した電子の物質量は $\boxed{\text{オ}} . \boxed{\text{カ}} \boxed{\text{キ}} \times 10^{\boxed{\text{ク}}}$ mol である。オ、カ、キ、クに適する数字をそれぞれ選べ。

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

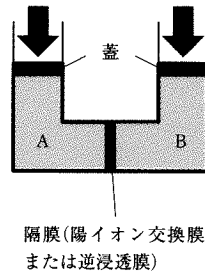
問 4 実験で KI 水溶液に吸収されたオゾンの物質量は $\boxed{\text{ケ}} . \boxed{\text{コ}} \boxed{\text{サ}} \times 10^{\boxed{\text{シ}}}$ mol である。ケ、コ、サ、シに適する数字をそれぞれ選べ。

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

問 5 実験で KI 水溶液に吸収されたオゾンの体積は 0℃、 1.013×10^5 Pa で $\boxed{\text{ス}} . \boxed{\text{セ}} \times 10^{\boxed{\text{ソ}}}$ mL である。ス、セ、ソに適する数字をそれぞれ選べ。

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

(B) 下図に示すように、陽イオン交換膜または逆浸透膜の隔膜で仕切られた左右対称のコの字型の容器を用意した。この左右には別々の溶液を満たすことができ、液面に蓋を乗せその上から適当な圧力をかけることによって両端の液面をつり合わせることができる。ここで、同じ体積の純水を容器の左側(A)と右側(B)に入れると液面の高さは同じになる。この装置を用いた以下の実験1, 2に関する各問に答えよ。なお、陽イオン交換膜は、溶媒および陽イオンは透過するが陰イオンは透過しない半透膜である。逆浸透膜は、溶媒は透過するが溶質は透過しない半透膜のことで、電離した溶質と水との分離が可能である。実験1, 2において温度は27℃で一定である。ただし、NaClとNa₂SO₄は水溶液中で完全に電離するものとせよ。



実験1 陽イオン交換膜で仕切られた容器の左側(A)に 2.00×10^{-2} mol/L Na₂SO₄ 水溶液1.00 L を、右側(B)に純水 1.00 L を入れ蓋をし、液面の移動が見られなくなるまで静置した。

実験2 逆浸透膜で仕切られた容器の左側(A)に 2.00×10^{-2} mol/L Na₂SO₄ 水溶液 1.00 L を、右側(B)に 2.50×10^{-2} mol/L NaCl 水溶液 1.00 L を入れ、蓋を乗せ、液面の移動が見られなくなるまで静置した。その後、一方の蓋の上から圧力をかけ両端の液面をつり合わせた。⁽¹⁾

問6 実験1について、正しい記述を全て選んだ組合せを選べ。

- α 陽イオン交換膜を通して移動する物質はない。
- β Bから陽イオン交換膜を通してA側へ水が移動する。
- γ Aから陽イオン交換膜を通してB側へNa⁺が移動する。
- δ Aから陽イオン交換膜を通してB側へSO₄²⁻が移動する。

- a. α
- b. β
- c. γ
- d. δ
- e. β γ
- f. β δ
- g. γ δ
- h. β γ δ

問7 2.00×10^{-2} mol/L Na₂SO₄ 水溶液 1.00 L に含まれる溶質の粒子の物質量は

. $\times 10^{\text{エ}}$ mol である。ア、イ、ウ、エに適する数字をそれぞれ選べ。ただし、粒子は電離したものを別個のものとしてよ。

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

問8 27℃における 2.00×10^{-2} mol/L Na₂SO₄ 水溶液の浸透圧は . $\times 10^{\text{キ}}$ Pa である。オ、カ、キに適する数字をそれぞれ選べ。

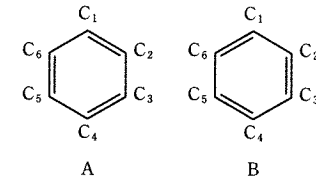
- | | | | | | |
|---|-------|------|------|------|------|
| オ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | |
| カ | a. 1 | b. 2 | c. 3 | d. 4 | e. 5 |
| | f. 6 | g. 7 | h. 8 | i. 9 | j. 0 |
| キ | a. -1 | b. 0 | c. 1 | d. 2 | e. 3 |
| | f. 4 | g. 5 | h. 6 | i. 7 | j. 8 |

問 9 実験 2 下線(1)について、容器の両端の水位をつり合わせるために \square ク にかけた圧力は 27℃で \square ケ . \square コ $\times 10^{\square}$ Pa である。クに適したことを、ケ、コ、サに適する数字をそれぞれ選べ。

ク	a. 左側(A)	b. 右側(B)			
ケ	a. 1	b. 2	c. 3	d. 4	e. 5
	f. 6	g. 7	h. 8	i. 9	
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. 0	c. 1	d. 2	e. 3
	f. 4	g. 5	h. 6	i. 7	j. 8

3 (A), (B) の各問の解答を与えられた選択肢から一つ選べ。

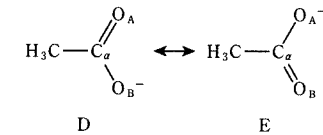
(A) ベンゼンの構造式を下に示す。C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₆ はベンゼンの各炭素原子に位置番号をつけたものを意味する。A の構造式では C₁ と C₂ の間に二重結合があるように書かれ、B の構造式では C₁ と C₂ の間に ⁽¹⁾単結合があるように書かれている。



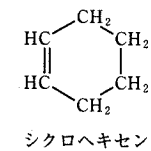
ベンゼンは A と B のいずれの構造も正しい構造ではなく、A と B の両方の性質を持つ中間的な状態が真の状態である。これを共鳴という。A と B の共鳴の関係は両方向の矢印 \leftrightarrow で表す。このとき、A、B は共鳴構造と呼ばれる。



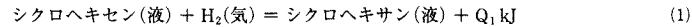
酢酸イオンについても共鳴構造がある。酢酸イオンの構造式を下に示す。共鳴構造が多いと安定である。酢酸から H⁺ が電離したものは 2 つの共鳴構造があるが、エタノールから H⁺ が電離したものは共鳴構造がない。従って、エタノールの OH から H⁺ が電離するよりも酢酸の OH から H⁺ が電離しやすい。そのため、エタノールを水に溶かしても中性だが、酢酸を水に溶かすと酸性になる。



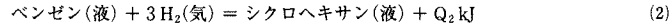
ベンゼンの水素付加とシクロヘキサンの水素付加の反応熱を比較してベンゼンの安定性を検討する。シクロヘキサンの構造式を下に示す。



シクロヘキセンに水素が付加するとシクロヘキサンになる。この熱化学方程式は(1)式で表される。



1分子のベンゼンに3分子の水素が付加するとシクロヘキサンになる。この熱化学方程式は(2)式で表される。



ベンゼンの水素付加の Q_2 の値は(1)式の3倍と予測される。これを Q_2' とする。 Q_2' と Q_2 の差がベンゼンの安定化エネルギーと考えることができる。

以下の各問に答えよ。必要であれば以下の値を用いよ。

シクロヘキセン(液)の生成熱 39 kJ/mol；シクロヘキサン(液)の生成熱 156 kJ/mol

水(液)の生成熱 286 kJ/mol；二酸化炭素(気)の生成熱 393.5 kJ/mol

ベンゼン(液)の燃焼熱 3268 kJ/mol(燃焼熱における最終生成物の水の状態は水(液)である。)

上記の生成熱と燃焼熱の正の値は発熱反応を示す。

問 1 下線(1)に関して、一般的な C-C 単結合の結合距離、一般的な C=C 二重結合の結合距離、ベンゼン A で示した C_1 と C_2 間の結合距離、ベンゼン A で示した C_1 と C_6 間の結合距離について、正しい組合せを選べ。

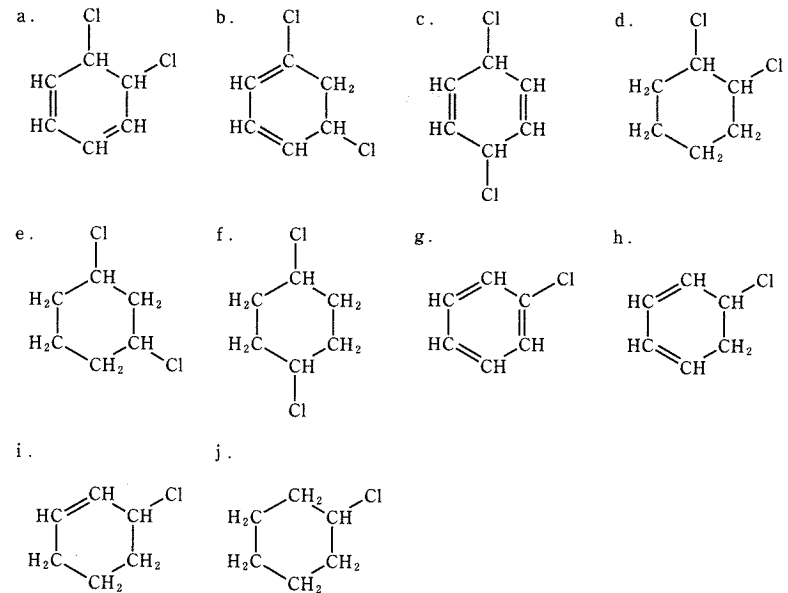
	C-C 単結合	C=C 二重結合	ベンゼン A C_1 - C_2 結合	ベンゼン A C_1 - C_6 結合
a.	0.134 nm	0.154 nm	0.134 nm	0.154 nm
b.	0.134 nm	0.154 nm	0.154 nm	0.134 nm
c.	0.134 nm	0.154 nm	0.140 nm	0.140 nm
d.	0.154 nm	0.134 nm	0.134 nm	0.154 nm
e.	0.154 nm	0.134 nm	0.154 nm	0.134 nm
f.	0.154 nm	0.134 nm	0.140 nm	0.140 nm

問 2 酢酸イオン D と E は 1 : 1 の割合で共鳴に寄与する。酢酸イオンについて、正しい記述を全て選んだ組合せを選べ。

- a 酢酸イオンで、 C_a と O_A 間の結合距離と C_a と O_B 間の結合距離は同じである。
- b 酢酸イオンで、 C_a と O_A 間の結合距離は C_a と O_B 間の結合距離に比べて長い。
- c 酢酸イオンで、 C_a と O_A 間の結合距離は C_a と O_B 間の結合距離に比べて短い。
- d マイナスの電荷は O_A または O_B のいずれか一方のみにある。
- e マイナスの電荷は O_A と O_B に均等に分布する。

- a. a δ
- b. a ϵ
- c. b δ
- d. b ϵ
- e. c δ
- f. c ϵ

問 3 FeCl_3 触媒存在下、ベンゼンと Cl_2 の反応で生じる主な生成物を選べ。ただし、ベンゼン 1 分子に Cl_2 1 分子が反応するものとする。



問 4 シクロヘキセンの水素付加の反応熱の値から予想されるベンゼンの水素付加の反応熱の予想

値 Q_2' kJ/mol は $3 \times Q_1$ kJ/mol である。与えられたデータから求められる Q_2' は \triangle である。アに適する符号を、イ、ウ、エに適する数字を選べ。

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

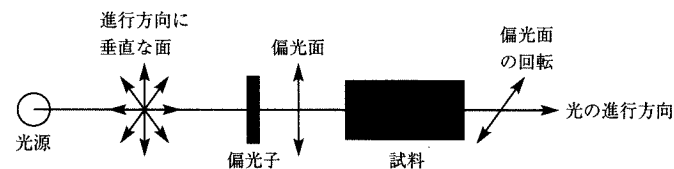
問 5 与えられたデータから求められるベンゼン(液)の生成熱は \triangle kJ/mol である。オに適する符号を、カ、キに適する数字を選べ。

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

問 6 ベンゼンの安定化エネルギーは $Q_2' - Q_2$ kJ/mol で表される。与えられたデータから求められる $Q_2' - Q_2$ は \triangle である。クに適する符号を、ケ、コ、サに適する数字を選べ。

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

(B) 下の図に示すように、光は進行方向に垂直な面で様々な方向で振動している。光が偏光子を通ると1つの面だけで振動しているものだけになる。この光を偏光という。この偏光が試料の中を通過するとき、図のように偏光面が回転する性質を旋光性という。偏光面が回転する角度を実測旋光度といい、物質間で比較できるように一定の条件で偏光面が回転する角度を比旋光度という。このとき、回転方向が右回りの場合は比旋光度に+の符号をつけ、左回りの場合は-の符号をつける。鏡像異性体を持たない物質は旋光性がなく、比旋光度が0である。鏡像異性体を持つ物質には旋光性があり、その比旋光度は物質により値が異なる。立体異性体には鏡の関係になる鏡像異性体とその関係のないものがある。旋光性がある場合、鏡像異性体の関係のない立体異性体同士では比旋光度が一般に異なる。鏡像異性体同士では比旋光度の符号の+と-が逆になる。例えば、鏡像異性体の一方の比旋光度が+90とすると、もう一方の鏡像異性体の比旋光度は-90となる。鏡像異性体がそれぞれ等量ある混合物では比旋光度が0となる。混合物では、混合物の比旋光度の値からそれぞれの割合を求めることが可能である。



グルコースは鏡像異性体があり、2つの鏡像異性体はD型とL型と呼ばれる。D型の環状 α -グルコースの比旋光度は+112で、D型の環状 β -グルコースの比旋光度は+19である。

(1) 純粋なD型の環状 β -グルコースを水に溶かして十分な時間が経つと、時間とともに比旋光度が+19から+53に変化した。この水溶液を水溶液Aとする。

D型のグルコースからL型のグルコースには互いに変化しないとす。また、鎖状構造は割合が少ないので計算では無視せよ。

問 7 L型の環状 β -グルコースとD型の環状 β -グルコースの関係を選べ。

- 同一物
- 鏡像異性体
- 構造異性体
- 分子式が異なる
- 鏡像異性体でない立体異性体

問 8 L型の環状β-グルコースの比旋光度は△ア □イ □ウ □エである。アに適する符号などを、イ、ウ、エに適する数字を選べ。ただし、二桁の場合はイにbを、一桁の場合はイにb、ウにjを、0の場合はアにc、イにb、ウとエにjを選べ。0で無い場合、アはaまたはbを選べ。

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

問 9 下線(1)の比旋光度が+53のときの水溶液Aにおける環状のグルコースの構造について正しいのを選べ。

- 全てD型の環状α-グルコースである。
- 全てD型の環状β-グルコースである。
- D型の環状α-グルコースとD型の環状β-グルコースが等量ある。
- D型の環状α-グルコースとD型の環状β-グルコースの混合でα型のほうが多い。
- D型の環状α-グルコースとD型の環状β-グルコースの混合でβ型のほうが多い。

問10 下線(1)の結果から比旋光度が+53のとき、D型の環状β-型グルコースの割合は□オ □カ □キ%である。オ、カ、キに適する数字を選べ。ただし、二桁の場合はオにbを、一桁の場合はオにb、カにjを、0の場合はオにb、カとキにjを選べ。

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