

理 科

物 理： 1 ～ 10 ページ

化 学： 11 ～ 26 ページ

生 物： 27 ～ 38 ページ

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答時間は2科目で120分間です。
3. 解答は、物理、化学、生物のうちから2科目を選び、選択した科目の解答用紙を使用して解答しなさい。解答用紙は物理（緑色）、化学（茶色）、生物（青色）です。
4. 解答用紙の記入にあたっては、解答用紙の注意事項を参照し、HBの鉛筆を使用して丁寧にマークしなさい。
5. 受験番号、氏名、フリガナを物理、化学、生物すべての解答用紙に記入しなさい。受験番号は記入例を参照して、正しくマークしなさい。
6. 選択しない科目の解答用紙には、記入例を参照して、非選択科目マーク欄にマークしなさい。
7. マークの訂正には、消しゴムを用い、消しくずは丁寧に取り除きなさい。
8. 試験開始後、ただちにページ数を確認し、落丁や印刷の不鮮明なものがあれば申し出なさい。
9. 試験終了後、物理、化学、生物すべての解答用紙を提出しなさい。問題冊子は持ち帰りなさい。
10. 解答用紙は折り曲げないようにしなさい。

解答用紙の受験番号記入例と非選択科目記入例

数字の位置	受 験 番 号				
	万	千	百	十	一
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9

物理を選択しないで、解答する場合

非選択科目マーク欄

（物理を選択しない
場合のみマーク
してください。） ➡ ●

化 学

次の 1 ～ 44 の解答として最も適切なものをそれぞれの解答群の中から1つ選び、解答欄にマークしなさい。

1 以下の文章を読んで、空欄をうめなさい。ただし、数値を答える場合、同じ記号を何度使ってもよい。

バリウムイオン、ストロンチウムイオンおよびカルシウムイオンをそれぞれ 2.0×10^{-2} mol/L 含む混合水溶液がある。この水溶液には、クロム酸 (H_2CrO_4) が濃度 5.0×10^{-1} mol/L となるように加えられている。バリウムイオンのみを99.9%以上沈殿させたい場合に、混合水溶液のpHをどのように調整すればよいか考えてみよう。ただし、pHの変化または沈殿の生成による体積変化と、二クロム酸の生成は考えないものとする。

なお、 BaCrO_4 、 SrCrO_4 、 CaCrO_4 の溶解度積 (単位: mol^2/L^2) は次の値である。

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = 10^{-9.9}, [\text{Sr}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = 10^{-4.7}, [\text{Ca}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = 10^{-3.1}$$

クロム酸は2価の酸であり、1段階目の水素イオンの電離度は100%である。2段階目の水素イオンの電離平衡に対して、



が成立する。ここで、 HCrO_4^- の電離定数 K_a は $10^{-6.5}$ mol/L とする。したがって、溶液中のクロム酸イオンの濃度は、pHによって変化することが分かる。クロムを含むすべてのイオンに対するクロム酸イオンの割合 α を導入すると、

$$\alpha = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{CrO}_4^{2-}] + [\text{HCrO}_4^-]} \quad (2)$$

と表せるので、式(1)を使って変形すると、最終的に

$$\alpha = \boxed{2} \quad (3)$$

と書くことができる。

一方、問題文の条件を満たすためには、3 条件を探せばよい。この条件で、沈殿後のバリウムイオンの濃度は、 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 以下となる。よって題意を満たすようなクロム酸イオンの濃度範囲 (mol/L) は、

$$5.0 \times 10^{-x} \leq [\text{CrO}_4^{2-}] < 5.0 \times 10^{-y} \quad (4)$$

と表すことができ、このような濃度範囲をもつように pH を調整すればよい。 H_2CrO_4 の初濃度が $5.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ なので、式 (2)、式 (3)、式 (4) を考慮すると、

$$5.0 \times 10^{-x} \leq \alpha \times 5.0 \times 10^{-1} < 5.0 \times 10^{-y}$$

となる。 x と y の値を求めて、さらに計算を進めると、

$$K_a \times \underline{(10^{\underline{4}.\underline{5}} - 1)} < [\text{H}^+] \leq K_a \times \underline{(10^{\underline{6}.\underline{7}} - 1)} \quad (5)$$

となる。ここで、式 (5) の下線部に対して -1 を無視する近似を行うと、最終的な pH の範囲は、

$$\underline{8}.\underline{9} \leq \text{pH} < \underline{10}.\underline{11}$$

となる。

< 1 の解答群 >

$$\begin{array}{lll} \textcircled{1} \frac{[\text{H}^+][\text{HCrO}_4^-]}{[\text{CrO}_4^{2-}]} & \textcircled{2} \frac{[\text{HCrO}_4^-][\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{H}^+]} & \textcircled{3} \frac{[\text{H}^+][\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{HCrO}_4^-]} \\ \textcircled{4} \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{H}^+][\text{HCrO}_4^-]} & \textcircled{5} \frac{[\text{H}^+]}{[\text{HCrO}_4^-][\text{CrO}_4^{2-}]} & \textcircled{6} \frac{[\text{HCrO}_4^-]}{[\text{H}^+][\text{CrO}_4^{2-}]} \end{array}$$

< 2 の解答群 >

$$\begin{array}{lll} \textcircled{1} \frac{K_a[\text{H}^+]}{[\text{HCrO}_4^-]} & \textcircled{2} \frac{[\text{HCrO}_4^-]}{K_a[\text{H}^+]} & \textcircled{3} \frac{K_a}{[\text{H}^+][\text{CrO}_4^{2-}]} \\ \textcircled{4} \frac{[\text{H}^+][\text{CrO}_4^{2-}]}{K_a} & \textcircled{5} \frac{K_a}{[\text{H}^+] + K_a} & \textcircled{6} \frac{[\text{H}^+] + K_a}{K_a} \end{array}$$

< 3 の解答群 >

- ① Ba^{2+} が沈殿し, Ca^{2+} が沈殿しない ② Ba^{2+} が沈殿し, Sr^{2+} が沈殿しない
 ③ Ca^{2+} が沈殿し, Ba^{2+} が沈殿しない ④ Ca^{2+} が沈殿し, Sr^{2+} が沈殿しない
 ⑤ Sr^{2+} が沈殿し, Ba^{2+} が沈殿しない ⑥ Sr^{2+} が沈殿し, Ca^{2+} が沈殿しない

< 4 ~ 11 の解答群 >

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7
 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

 [計算用余白]

2 以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

分子式 $C_5H_{12}O$ で表されるアルコールには数種類の構造異性体が存在する。そのうち6種類の構造異性体A, B, C, D, E, Fを選び、その特徴を調べたところ、以下のことが分かった。A, Bは直鎖状の炭素骨格をもち、C, D, E, Fは枝分かれをした炭素骨格をもつ。B, C, Dには不斉炭素原子が存在する。A, B, C, D, E, Fと二クロム酸カリウムを穏やかに反応させたところ、A, B, Cからはケトンが生じ、D, Eからはアルデヒドが生じたが、Fは変化しなかった。また、A, B, C, D, E, Fが脱水反応したところ、E以外からは C_5H_{10} で表される化合物 G_c , G_t , H, I, J, Kが表2-1に示されるように生じた。 G_c , G_t は、互いにシス・トランス異性体の関係にあり、 G_c はシス形構造、 G_t はトランス形構造をもっていた。

表2-1

アルコール	二クロム酸カリウムとの反応生成物	脱水反応による生成物 C_5H_{10}
A	ケトン	G_c , G_t
B	ケトン	G_c , G_t , H
C	ケトン	I, J
D	アルデヒド	K
E	アルデヒド	生成しない
F	変化なし	J, K

問1 A, B, C, D, Eのうちで、ヨードホルム反応が陽性になるのは 12 と 13 である。ただし、解答の順序は問わない。

< 12 ~ 13 の解答群 >

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E

問2 G_c , G_t , H, I, J, Kの分子模型を組んだとき、すべての炭素原子が常に同一平面上にあるのは、14 の分子模型である。

< 14 の解答群 >

- ① G_c , G_t ② H ③ I ④ J ⑤ K
 ⑥ H, I ⑦ H, J ⑧ I, J ⑨ J, K ⑩ I, K

問3 アルケンをオゾン分解すると、炭素間の二重結合が切断されて炭素と酸素の二重結合に変わり、2分子のカルボニル化合物が生成する。 G_c , G_t , H, I, J, Kのうち、15, 16, 17をオゾン分解したときに生成物としてアセトアルデヒドが含まれ、18, 19, 20をオゾン分解するとホルムアルデヒドが生じる。さらに、アセトンを生成物とするのは21である。ただし、同じ記号を何度選んでもよい。また、15～17の解答の順序と18～20の解答の順序は問わない。

< 15 ～ 21 の解答群 >

- ① G_c ② G_t ③ H ④ I ⑤ J ⑥ K

問4 HとJの混合物に、臭素、あるいは臭化水素を付加反応させることにより得られた生成物の分子式、構造異性体の数、および不斉炭素原子をもつ構造異性体の数は、表2-2のように示される。22～24に適した数を記しなさい。

表 2-2

	生成物の分子式	構造異性体の数	不斉炭素原子をもつ構造異性体の数
臭素付加	$C_5H_{10}Br_2$	22	23
臭化水素付加	$C_5H_{11}Br$	4	24

< 22 ～ 24 の解答群 >

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

問5 Eが脱水反応すると、表2-1に示したように化合物 C_5H_{10} は生成しなかったが、Eよりも分子量の大きな化合物25が生じた。

< 25 の解答群 >

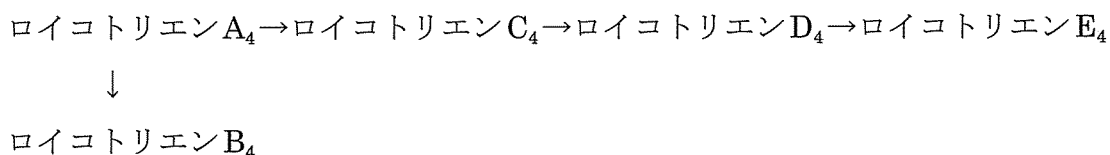
- ① $C_{10}H_{20}$ ② $C_{10}H_{20}O$ ③ $C_{10}H_{20}O_2$
④ $C_{10}H_{22}$ ⑤ $C_{10}H_{22}O$ ⑥ $C_{10}H_{22}O_2$

3 以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

ロイコトリエン類は、炭素原子数20の不飽和脂肪酸から合成される一群の生体シグナル分子であり、3つの二重結合と単結合が交互に繰り返される構造をもつ。ロイコトリエン類の生理作用の例として、たとえば硫黄原子を含むロイコトリエン類が過剰に生じるとぜん息症状がおこることが知られている。したがって、このようなロイコトリエン類の生合成を阻害する薬剤を投与することで、症状を緩和することができると期待される。

ロイコトリエン A_4 とロイコトリエン E_4 は、それぞれ図3-1、図3-2に示す分子である。見やすくするため、炭素原子の元素記号を省略し、炭素原子に結合した水素原子を省いている。また、くさび形の結合は紙面から手前に、破線の結合は紙面から奥に向かっている。

ロイコトリエン類は、生体内で、一連の酵素反応によって



のように順次変換されていく。

この過程で作用する酵素E1～E4は、次のような反応を触媒する。

E1, E2:

アミド結合を加水分解する。

E3:

エーテル結合を切断してヒドロキシ基に変換し、二重結合した炭素原子のひとつにヒドロキシ基を付加する。

E4:

エーテル結合を切断し、酸素原子と水素原子の結合、および炭素原子と硫黄原子の結合に変換する。

ロイコトリエン類について、以下の実験を行った。

実験1.

ロイコトリエン A_4 に、反応に必要な化合物と酵素E1, E2, E3, E4を加えた。反応が完了したあとの反応溶液中には、ロイコトリエン B_4 とロイコトリエン E_4 のみが存在した。

実験2.

ロイコトリエンA₄に、反応に必要な化合物と酵素反応の阻害剤Xを加えたのち、酵素E1, E2, E3, E4を加え、反応を完了させた。反応溶液中に存在するロイコトリエン類は、ロイコトリエンB₄とロイコトリエンD₄のみだった。

実験3.

ロイコトリエンA₄に、反応に必要な化合物と酵素反応の阻害剤Yを加えたのち、酵素E1, E2, E3, E4を加え、反応を完了させた。反応溶液中に存在するロイコトリエン類は、ロイコトリエンB₄のみだった。

実験4.

ロイコトリエンA₄に、反応に必要な化合物と酵素反応の阻害剤Zを加えたのち、酵素E1, E2, E3, E4を加え、反応を完了させた。反応溶液中には、ロイコトリエンB₄とロイコトリエンC₄以外のロイコトリエン類は存在しなかった。

ロイコトリエン類に関する以上の記述と実験1～4の結果をもとに、以下の問いに答えなさい。ただし、それぞれの酵素は1種類の基質にだけ作用し、逆反応は起こさないものとする。また、X, Y, Zはそれぞれ1種類の酵素反応のみを阻害するものとする。

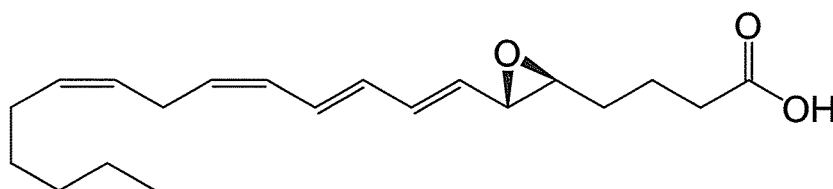


図3-1：ロイコトリエンA₄

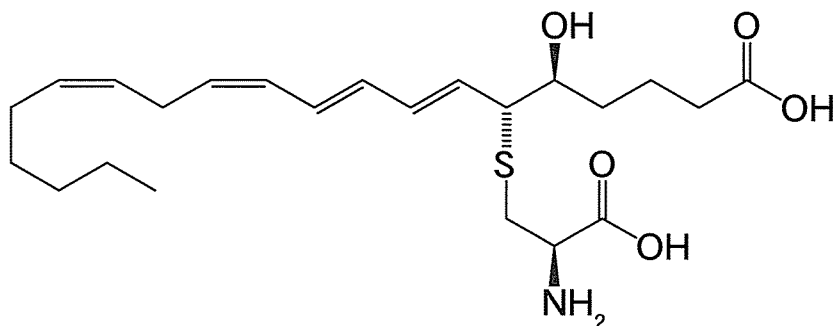


図3-2：ロイコトリエンE₄

問 1 図3-3に示した分子の中から、ロイコトリエン B_4 とロイコトリエン C_4 の構造を選び、正しい組み合わせを解答群から選んで解答欄 26 にマークしなさい。

< 26 の解答群 >

選択肢	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
ロイコトリエン B_4	(a)	(a)	(a)	(b)	(b)	(b)	(c)	(c)	(c)
ロイコトリエン C_4	(d)	(e)	(f)	(d)	(e)	(f)	(d)	(e)	(f)

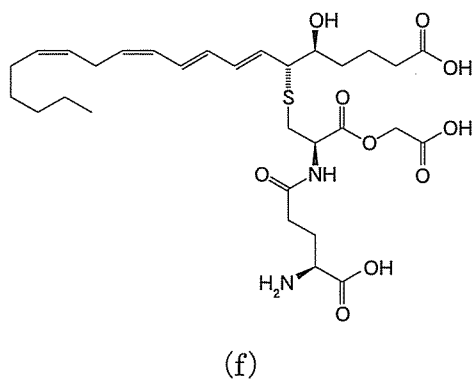
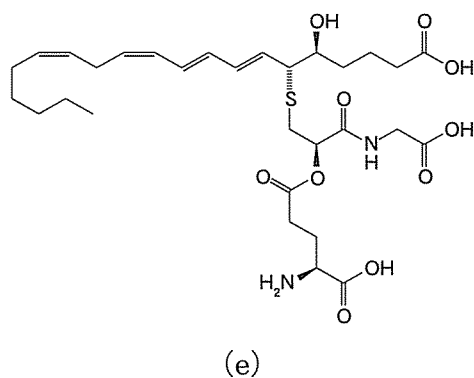
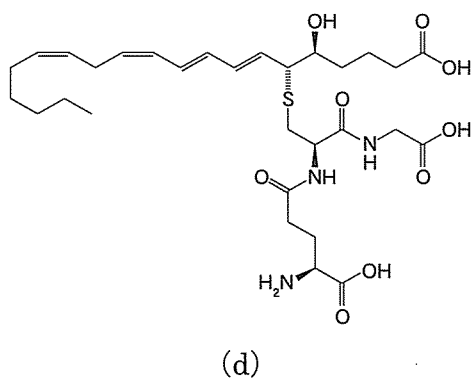
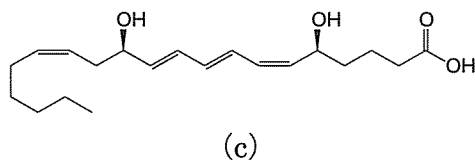
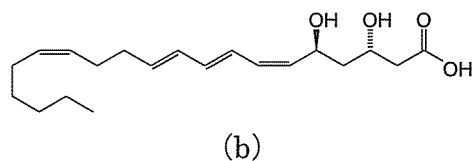
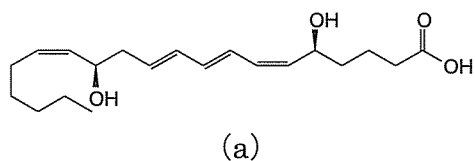


図 3-3

問 2 Xが阻害すると考えられる酵素として，最も適切な選択肢を解答群から選び，解答欄 にマークしなさい。

問 3 Yが阻害すると考えられる酵素として，最も適切な選択肢を解答群から選び，解答欄 にマークしなさい。

問 4 Zが阻害すると考えられる酵素として，最も適切な選択肢を解答群から選び，解答欄 にマークしなさい。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|------|
| ① E1 | ② E2 | ③ E3 | ④ E4 |
| ⑤ E1またはE2 | ⑥ E1またはE3 | ⑦ E1またはE4 | |
| ⑧ E2またはE3 | ⑨ E2またはE4 | ⑩ E3またはE4 | |

[計算用余白]

問5 硫黄原子を含むロイコトリエン類は、いずれも同じ程度のぜん息症状をひきおこす効果があるとする。実験結果から考えて、各阻害剤に期待されるぜん息症状の緩和効果について、最も適切な選択肢を解答群から選び、解答欄 30 にマークしなさい。

< 30 の解答群 >

選択肢	X	Y	Z
①	効果なし	効果なし	効果なし
②	効果あり	効果なし	効果なし
③	効果なし	効果あり	効果なし
④	効果なし	効果なし	効果あり
⑤	効果あり	効果あり	効果なし
⑥	効果あり	効果なし	効果あり
⑦	効果なし	効果あり	効果あり
⑧	効果あり	効果あり	効果あり

[計算用余白]

4 以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

炭素原子が飽和結合している場合、図4-1に示すように、炭素原子が四面体の中心に位置し、炭素原子に結合している原子は四面体の頂点を占める。このような立体構造を表現するために、図4-2のような表記を用いる。図4-2において、紙面に平行な結合は細線で、紙面から手前に出ている結合はくさび形で、紙面から奥に向かう結合は破線で描いている。

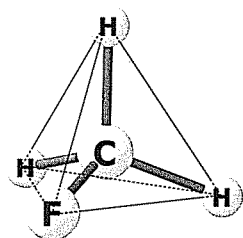


図4-1

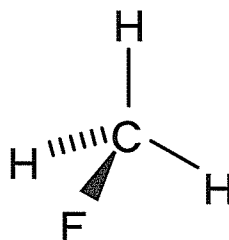


図4-2

一般に、炭素原子に結合している原子団がすべて異なる場合、鏡像異性体が生じる。例として、図4-3に示すようなアミノ酸（以下(a)とする）が挙げられる。アミノ酸や糖には鏡像異性体が存在しうが、ほとんどの生物は一方の異性体のみを利用している。

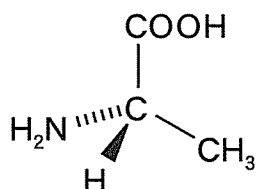


図4-3

(a) に関して、以下の問いに答えなさい。

問1 (a) の名称を解答群から選び、解答欄 31 にマークしなさい。

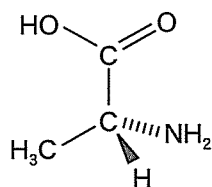
< 31 の解答群 >

- | | | | |
|------------|---------|---------|-------|
| ① グリシン | ② アラニン | ③ セリン | ④ リシン |
| ⑤ チロシン | ⑥ システイン | ⑦ メチオニン | |
| ⑧ フェニルアラニン | | | |

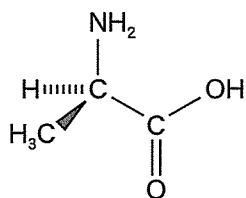
問2 立体構造も含めて、(a)と同じ構造の分子を選び、該当する選択肢を解答欄 32 にマークしなさい。

< 32 の解答群 >

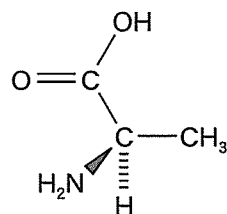
①



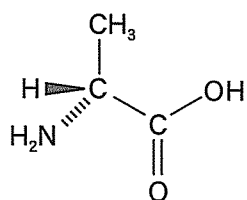
②



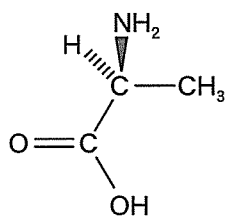
③



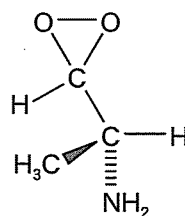
④



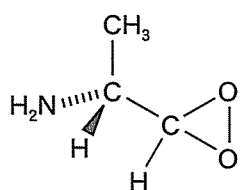
⑤



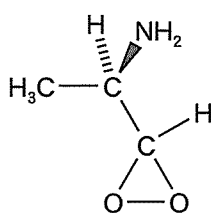
⑥



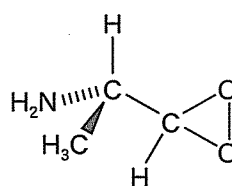
⑦



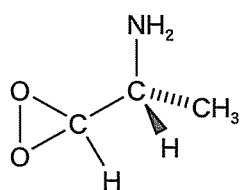
⑧



⑨



⑩



5 以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

ある 1 価の弱酸 HB の水溶液 20.00 mL を、濃度 1.564 mmol/L の NaOH 水溶液で滴定したところ、NaOH 水溶液の滴下量 V に対して表 5-1 のような結果が得られた。結果をもとに、以下の問いに答えなさい。

表 5-1 HB の酸塩基滴定結果

V (mL)	pH	滴定曲線の傾き (mL^{-1})
0.00	2.854	0.040
10.00	3.255	0.075
20.00	4.000	0.245
22.00	4.491	0.596
22.50	4.789	0.941
22.60	4.883	1.197
22.70	5.003	1.649
22.80	5.168	2.674
22.90	5.435	13.562
23.02	7.034	17.547
23.10	8.475	3.445
23.20	8.819	1.890
23.30	9.008	1.308
23.40	9.139	1.000
23.50	9.239	0.608
24.00	9.543	0.232
26.00	10.006	0.102
28.00	10.210	0.064
30.00	10.339	0.046

問 1 中和点から、HB の水溶液の濃度を求め、解答欄 33 にマークしなさい。

< 33 の解答群 >

- | | | |
|------------------|------------------|-------------------|
| ① 3.600 mol/L | ② 1.800 mol/L | ③ 0.9000 mol/L |
| ④ 0.03600 mol/L | ⑤ 0.01800 mol/L | ⑥ 0.009000 mol/L |
| ⑦ 0.003600 mol/L | ⑧ 0.001800 mol/L | ⑨ 0.0009000 mol/L |

[計算用余白]

問2 以下に従って、HBの電離定数と電離度を求め、該当する数字を解答群から選んでマークしなさい。必要であれば、以下の数値を用いなさい。

$$\text{水のイオン積 } K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.000 \times 10^{-14} \quad [\text{mol}^2/\text{L}^2]$$

$$\sqrt{2} = 1.414, \sqrt{3} = 1.732, \sqrt{5} = 2.236, \sqrt{7} = 2.646, \sqrt{11} = 3.317$$

電離しているHBを B^- と書くことにすると、HBの電離定数 K_a は次式で表される。

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{B}^-]}{[\text{HB}]}$$

また、溶液全体としての電荷は0なので、

$$[\text{Na}^+] + [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{B}^-]$$

が成り立つ。以上の関係から、滴下量が20.00 mLのときの各イオンの濃度を用いて計算すると、有効数字2桁で K_a は次のように求められる。

$$K_a = \boxed{34}.\boxed{35} \times 10^{-\boxed{36}} \text{mol/L}$$

また、このときのHBの電離度 α は以下の値になる。

$$\alpha = \boxed{37}.\boxed{38}\boxed{39}$$

ただし、 $\boxed{34}$ と $\boxed{37}$ は一の位を、 $\boxed{35}$ と $\boxed{38}$ は小数第一位を、 $\boxed{39}$ は小数第二位をそれぞれ表す。同じ記号を何度選んでもよい。

< $\boxed{34}$ ~ $\boxed{39}$ の解答群 >

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

さらに，滴定開始前のHBの電離度 α_0 は，濃度と K_a を用いて以下のように求められる。

$$\alpha_0 = \boxed{40}$$

< $\boxed{40}$ の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|--------|--------|
| ① 0.019 | ② 0.028 | ③ 0.45 | ④ 0.58 |
| ⑤ 0.65 | ⑥ 0.78 | ⑦ 1.45 | ⑧ 1.58 |
| ⑨ 1.65 | ⑩ 1.78 | | |

[計算用余白]

問3 NaOH水溶液の滴下量に対する、それぞれの化学種の濃度変化を表すグラフを選び、解答欄 41 ～ 44 にマークしなさい。

[HB] : 41 [B⁻] : 42 [Na⁺] : 43 [OH⁻] : 44

< 41 ～ 44 の解答群 >

