

化 学

(注意) 解答にあたって必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量 : H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, Cl = 35.5,
K = 39, Ca = 40

標準状態における気体 1 mol の体積 : 22.4 L

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

第 1 問 次の問 1 ~ 5 の各群には、① ~ ⑤ の中に誤りを含む文が一つあるか、① ~ ⑤ の全てに誤りがないうずれかである。誤りがある場合はその文の記号 (① ~ ⑤) を、誤りがない場合は⑥ を選べ。

問 1

1

- ① 中性の原子に含まれる電子の数とその原子の原子番号は等しい。
- ② Cl^- と S^{2-} は、互いに同じ数の電子をもつ。
- ③ ネオン、アルゴン、クリプトンは希ガス元素とよばれる。いずれも最外殻電子の数は 0 個である。
- ④ 電子殻の M 殻には電子を最大 18 個収容できる。
- ⑤ 一般に、内側の電子殻に存在する電子の方が、外側の電子殻に存在する電子よりも安定な状態にある。
- ⑥ (① ~ ⑤ に誤りはない。)

問 2 2

- ① 水と過酸化水素は、互いに同素体である。
- ② 黒鉛とダイヤモンドは、互いに同素体である。
- ③ 黄リンと赤リンは、互いに同素体である。
- ④ 酸素が十分に存在する条件で硫黄の同素体 10 g を完全燃焼させると、どの同素体からも同じ物質が同じ物質生成する。
- ⑤ 天然の酸素には ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O の 3 種類の同位体が存在する。したがって、分子量を整数で表すとき、異なる分子量をもつオゾン分子が 7 種類存在する。
- ⑥ (①～⑤に誤りはない。)

問 3 3

- ① 硫化物イオン S^{2-} の半径は、塩化物イオン Cl^- のそれよりも大きい。
- ② 1 価のカリウムイオン K^+ の半径は、カリウム原子のそれよりも小さい。
- ③ 2 価のマグネシウムイオン Mg^{2+} の半径は、1 価のカリウムイオン K^+ のそれよりも小さい。
- ④ 1 価のリチウムイオン Li^+ の半径は、2 価のベリリウムイオン Be^{2+} のそれよりも大きい。
- ⑤ フッ化物イオン F^- の半径は、フッ素原子のそれよりも小さい。
- ⑥ (①～⑤に誤りはない。)

問 4 4

- ① 一般に、気体の溶解度は、一定圧力のもとでは温度を上昇させると減少する。
- ② グルコースの水溶液の蒸気圧は、同じ温度の水の蒸気圧より低い。
- ③ 飽和溶液に溶質の固体が共存するとき、溶質表面から溶質粒子が溶液中へ溶解する速度と、溶液中の溶質粒子が溶質表面へ析出する速度は等しい。
- ④ 2個の同じ大きさのビーカーにそれぞれ同じ体積の食塩水と純水を入れ、同じ条件のもとに蒸発させるとき、純水のほうがはやく体積が減る。
- ⑤ グルコースが水に溶解するのは、分子中に存在するヒドロキシ基が電離することによる。
- ⑥ (①～⑤)に誤りはない。

問 5 5

- ① ジエチルエーテルは、水にあまり溶けない有機化合物で、エタノールに濃硫酸を加え 130 °C に加熱すると合成できる。
- ② 酸触媒下でエチレンに水を付加させると、エタノールが生成する。
- ③ ギ酸は還元性を示すが、酢酸は還元性を示さない。
- ④ アルキン分子では、三重結合を形成している炭素原子とこれらの炭素原子に直接結合する二つの原子は、同一直線上にある。
- ⑤ アルデヒド、ケトンはともにカルボニル基をもつ。アルデヒドは還元性を有し、銀鏡反応を示すが、ケトンは示さない。
- ⑥ (①～⑤)に誤りはない。

(計 算 用 紙)

第2問 次の1)~6)の文章を読み、問い(問1~7)に答えよ。

- 1) 水 200 g に硝酸カルシウム 4 水和物を 118 g 溶かした。
- 2) 水 200 g に無水炭酸カリウムを 55.2 g 溶かした。
- 3) 1)の硝酸カルシウム水溶液 100 g に、2)の炭酸カリウム水溶液を徐々に加えると、白色沈殿が生成した。炭酸カリウム水溶液を g 加えたところで、白色沈殿の生成量が最大となった。
- 4) ろ過により、沈殿とろ液とに分離した。
- 5) 4)のろ液を 100 g だけ取り出した。
- 6) 5)の溶液から、水を g 蒸発させ、25℃としたところ、無色の結晶が 6.2 g 析出した。

問1 2)の炭酸カリウム水溶液中のカリウムイオンの質量モル濃度は何 mol/kg か。最も適切な数値を、次の①~⑩のうちから選べ。

mol/kg

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 1.25×10^{-1} | ② 1.90×10^{-1} | ③ 2.00×10^{-1} |
| ④ 3.79×10^{-1} | ⑤ 4.00×10^{-1} | ⑥ 1.90 |
| ⑦ 2.00 | ⑧ 3.79 | ⑨ 4.00 |
| ⑩ 8.00 | | |

問 2 3)の白色沈殿は何か。次の①～⑩から選び、解答番号7の解答欄にマークせよ。

7

- ① CaCl_2 ② KCl ③ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ④ CaCO_3
⑤ CaC_2 ⑥ K_2CO_3 ⑦ KHCO_3 ⑧ KNO_3
⑨ CaSO_4 ⑩ BaSO_4

問 3 3)で白色沈殿となった物質の水に対する溶解度を0とするとき、
に当てはまる最も適切な数値を、次の①～⑩のうちから選べ。

ア

8 g

- ① 50 ② 67 ③ 79 ④ 100 ⑤ 109
⑥ 113 ⑦ 125 ⑧ 133 ⑨ 144 ⑩ 200

問 4 4)のろ液に含まれる陽イオンのうち、質量モル濃度が最も高いものを、次の

①～⑩のうちから選べ。

9

- ① H^+ ② K^+ ③ Cr^{3+} ④ NO_3^- ⑤ Na^+
⑥ Ca^{2+} ⑦ CO_3^{2-} ⑧ Cl^- ⑨ Cs^+ ⑩ OH^-

問 5 4)のろ液に含まれる陰イオンのうち、濃度が最も高いものの質量モル濃度は何 mol/kg か。最も適切な数値を、次の①～⑩のうちから選べ。

10 mol/kg

- ① 8.10×10^{-2} ② 1.00×10^{-1} ③ 1.16×10^{-1}
④ 1.36×10^{-1} ⑤ 1.50×10^{-1} ⑥ 1.61×10^{-1}
⑦ 3.23×10^{-1} ⑧ 1.61 ⑨ 2.06
⑩ 3.23

問 6 6)の に当てはまる最も適切な数値を、次の①～⑩のうちから選べ。ただし、析出する物質は、25℃において水 100 g に 37.9 g 溶けるものとする。なお、この溶液中には析出する物質以外の溶質は含まれないものとする。また、析出する結晶は、結晶水(水和水)を含まないものとする。

11 g

- ① 5.4 ② 16.4 ③ 53.8 ④ 56.2 ⑤ 60.0
⑥ 63.0 ⑦ 75.5 ⑧ 82.1 ⑨ 85.1 ⑩ 95.3

問 7 6)で析出する物質の、25℃における飽和溶液 100 g から水を 30 g 蒸発させると、この物質は何 g 析出するか。最も適切な数値を、次の①～⑩のうちから選べ。

12 g

- ① 0.0 ② 2.6 ③ 4.0 ④ 6.9 ⑤ 11.4
⑥ 13.3 ⑦ 19.0 ⑧ 20.5 ⑨ 37.9 ⑩ 50.0

(計算用紙)

第3問 同位体に関する以下の問い(問1～3)に答えよ。

問1 ①～⑤の番号をつけた5種類の元素の、主な同位体の相対質量と天然の存在比が下表の通りであるとする。この表に従って求められる原子量が多い順に、表中の元素①～⑤を並べよ。解答番号13～17の解答欄に、当てはまる元素の番号(①～⑤)をマークせよ。

13 > 14 > 15 > 16 > 17

原子量が多い

原子量が少ない

主な同位体の存在比

元素	同位体	相対質量	存在比
① アルゴン $_{18}\text{Ar}$	^{36}Ar	36.0	0.34 %
	^{38}Ar	38.0	0.06 %
	^{40}Ar	40.0	99.60 %
② カルシウム $_{20}\text{Ca}$	^{40}Ca	40.0	96.94 %
	^{42}Ca	42.0	0.65 %
	^{43}Ca	43.0	0.13 %
	^{44}Ca	44.0	2.09 %
	^{48}Ca	48.0	0.19 %
③ 塩素 $_{17}\text{Cl}$	^{35}Cl	35.0	75.77 %
	^{37}Cl	37.0	24.23 %
④ カリウム $_{19}\text{K}$	^{39}K	39.0	93.26 %
	^{40}K	40.0	0.01 %
	^{41}K	41.0	6.73 %
⑤ 硫黄 $_{16}\text{S}$	^{32}S	32.0	95.02 %
	^{33}S	33.0	0.75 %
	^{34}S	34.0	4.21 %
	^{36}S	36.0	0.02 %

問 2 次の①～⑥の原子の中で、互いに同位体であるものを全て選び、解答番号 18 の解答欄にマークせよ。

18

- | | | |
|-------------------|-------------------|--------------------|
| ① ^{32}S | ② ^{14}N | ③ ^{36}S |
| ④ ^{14}C | ⑤ ^{18}O | ⑥ ^{36}Cl |

問 3 ある遺跡から出土した木片に含まれる炭素に占める ^{14}C の割合を測定したところ、現在大気中に含まれる二酸化炭素に占める ^{14}C の割合の $\frac{1}{16}$ であった。 ^{14}C の半減期が 5730 年であるとして、この木片の元となった樹木が伐採されたのは、現在より何年前であったと推定されるか。最も適切な数値を、次の①～⑩のうちから選べ。

19

 年前

- | | | | |
|-------------------------|-------------------------|---------|---------|
| ① 75.7 | ② 358 | ③ 5730 | ④ 5746 |
| ⑤ 17174 | ⑥ 22920 | ⑦ 28650 | ⑧ 34380 |
| ⑨ 1.88×10^{11} | ⑩ 1.08×10^{15} | | |

第4問 次の文章を読み、問い(問1～5)に答えよ。

酢酸 x mol に炭酸水素ナトリウムを反応させたところ、無色無臭の気体 A が得られた。発生した気体 A の体積は、標準状態で 6.72×10^{-2} L であった。残った反応混合物に、水酸化ナトリウムを $2x$ mol 含む水溶液を加え、完全に反応させた。次に、反応液を乾固させてから、得られた固体を強く加熱したところ、無色無臭の水に溶けにくい気体 B が得られた。得られた気体 B の体積は、標準状態で 4.48×10^{-1} L であった。気体 B を発生させた残りの反応混合物の中には有機化合物は全く残っていなかった。

問1 気体 A に関する次の①～⑧の記述のうち、正しいものを二つ選び、解答番号 20 の解答欄にマークせよ。

20

- ① 気体 A は、空気よりも重い。
- ② 気体 A は、空気よりも軽い。
- ③ 気体 A を燃焼させると、水が生成する。
- ④ 気体 A は水に溶け、その水溶液は塩基性を示す。
- ⑤ 気体 A を水酸化カリウム水溶液に通じると、白濁する。
- ⑥ 気体 A の分子の形は、直線形である。
- ⑦ 気体 A の分子の形は、三角錐形である。
- ⑧ 気体 A の分子の形は、正四面体形である。

問 2 気体 B に関する次の①～⑧の記述のうち、正しいものを二つ選び、解答番号 21 の解答欄にマークせよ。

21

- ① 気体 B は、空気よりも重い。
- ② 気体 B は、空気よりも軽い。
- ③ 気体 B は、単体である。
- ④ 気体 B は、炭化カルシウムに水を加えて発生させることができる。
- ⑤ 気体 B を水酸化カリウム水溶液に通じると、白濁する。
- ⑥ 気体 B の分子の形は、直線形である。
- ⑦ 気体 B の分子の形は、三角錐形である。
- ⑧ 気体 B の分子の形は、正四面体形である。

問 3 反応した炭酸水素ナトリウムの物質質量として最も適切な数値を、次の①～⑩のうちから選べ。

22 mol

- ① 7.50×10^{-4}
- ② 1.00×10^{-3}
- ③ 1.50×10^{-3}
- ④ 3.00×10^{-3}
- ⑤ 7.50×10^{-3}
- ⑥ 2.00×10^{-2}
- ⑦ 3.00×10^{-2}
- ⑧ 4.00×10^{-1}
- ⑨ 1.00
- ⑩ 1.50

問 4 x の値として最も適切な数値を、次の①～⑩のうちから選べ。

23 mol

- ① 7.50×10^{-3} ② 1.12×10^{-2} ③ 1.50×10^{-2}
④ 2.00×10^{-2} ⑤ 2.25×10^{-2} ⑥ 3.00×10^{-2}
⑦ 4.50×10^{-1} ⑧ 6.00×10^{-1} ⑨ 1.50
⑩ 2.25

問 5 標準状態で 11.2 L の気体 B を完全燃焼させると、水は何 mol 生成するか。

最も適切な数値を、次の①～⑩のうちから選べ。

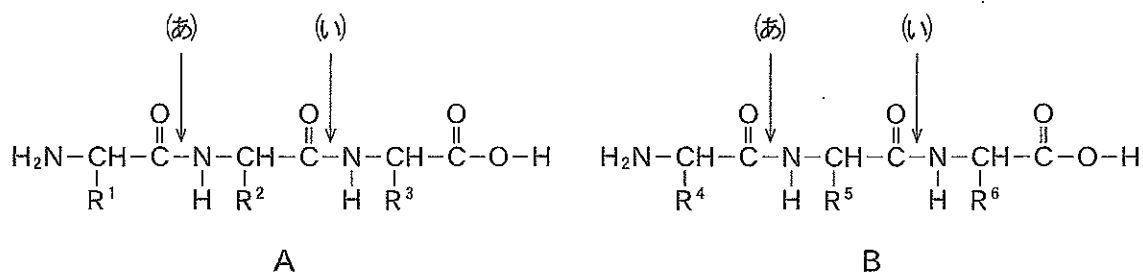
24 mol

- ① 0.25 ② 0.28 ③ 0.56 ④ 0.60 ⑤ 0.75
⑥ 1.00 ⑦ 1.16 ⑧ 2.00 ⑨ 11.2 ⑩ 22.4

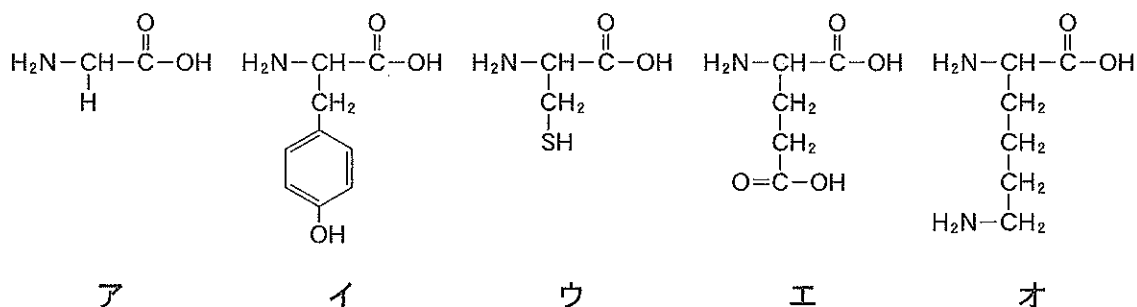
(計 算 用 紙)

第5問 次の1)~9)の文章を読み、問い(問1~3)に答えよ。

1) 二つのトリペプチド A と B の混合物がある。



2) 1)の混合物を完全に加水分解すると、ア~オの5種類のアミノ酸の混合物が得られた。



3) トリペプチド A を完全に加水分解すると、3種類のアミノ酸の混合物が得られた。それぞれを pH 6.0 の緩衝液に溶解させ、電気泳動を行うと、陰極側に向かって移動するアミノ酸が1種類だけあった。一方、トリペプチド B についても同じ実験を行ったところ、陽極の方向に移動するアミノ酸が1種類だけあった。

4) トリペプチドを(あ)の位置で加水分解する酵素を1)の混合物に作用させると、アミノ酸 C と D およびジペプチド E と F が得られた。得られたジペプチドとアミノ酸は全て、不斉炭素を一つずつ持っていた。

5) アミノ酸 C と D の混合物を pH 6.0 の緩衝液に溶解させ、電気泳動を行うと、一方は陰極側に向かって移動したが、他方はほとんど移動しなかった。

- 6) ジペプチド E を加水分解して得たアミノ酸の混合物を pH 6.0 の緩衝液に溶解させ、電気泳動を行うと、陽極側に向かって移動するアミノ酸が 1 種類だけあった。一方、ジペプチド F の加水分解生成物中には、同じ電気泳動の実験ではほとんど移動しないアミノ酸しか含まれていなかった。
- 7) トリペプチドを(i)の位置で加水分解する酵素を、1)の混合物に作用させると、アミノ酸とジペプチドがそれぞれ 2 種類ずつ得られた。得られたジペプチドとアミノ酸は全て、不斉炭素を一つずつ持っていた。
- 8) 化合物 C, D, E, F を、それぞれ濃い水酸化ナトリウム水溶液中で加熱した後、酢酸で中和し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、ジペプチド F から得られた反応混合物だけが黒色沈殿を生じた。
- 9) 化合物 C, D, E, F を、それぞれ濃硝酸中で加熱したところ、アミノ酸 D から得られた反応混合物だけが黄色に変化した。黄色に変化した溶液にアンモニア水を加え、塩基性になると、橙黄色に変化した。


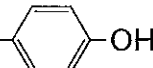
問 1 9)の反応で黄色や橙黄色に変化するものは、どのような特徴をもつアミノ酸か。最も適切なものを次の①～⑥のうちから選べ。

25

- | | |
|-------------|---------------|
| ① 硫黄原子を含む | ② 不斉炭素原子をもたない |
| ③ 水酸基をもつ | ④ ベンゼン環をもつ |
| ⑤ 酸性アミノ酸である | ⑥ 塩基性アミノ酸である |

問 2 $R^2 \sim R^4$ にあてはまる置換基を、それぞれ次の①～⑩のうちから選べ。



- | | | | |
|--|------------------------------------|-----------------------------|--|
| ① $\text{---}H$ | ② $\text{---}CH_3$ | ③ $\text{---}CH_2OH$ | ④ $\text{---}CH_2$ -  |
| ⑤ $\text{---}CH_2SH$ | ⑥ $\text{---}CH_2CH_2CH_2CH_2NH_2$ | ⑦ $\text{---}CH_2CH_2COOH$ | |
| ⑧ $\text{---}CH_2$ -  | ⑨ $\text{---}CH_2COOH$ | ⑩ $\text{---}CH_2CH_2SCH_3$ | |

問 3 R⁶をもつアミノ酸 54.3 g を十分な量の塩酸と反応させてから反応液を乾固させると、反応生成物は何 g 得られるか。最も適切な数値を次の①～⑩のうちから選べ。

g

- ① 65.2 ② 67.8 ③ 70.7 ④ 73.7 ⑤ 74.6
⑥ 75.0 ⑦ 80.0 ⑧ 80.7 ⑨ 81.4 ⑩ 88.5