

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, Ag = 108, Al = 27,

Cu = 63.5, Fe = 56, Mg = 24, Na = 23, P = 31, S = 32,

Sn = 119, Pt = 195, Zn = 65

酢酸の電離定数： $K_a = 2.80 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ ； 0°C の絶対温度： $T = 273 \text{ K}$

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 1 つあるか、①～⑤の全てに誤りがないかのいずれかである。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 酢酸水溶液の濃度が 0.28 mol/L のとき、酢酸は 1% 電離している。
- ② 水の電離は吸熱反応であるので、温度が高いほど水のイオン積は大きい。
- ③ 酢酸ナトリウム水溶液中の酢酸イオンの濃度とナトリウムイオンの濃度は等しい。
- ④ 0.1 mol/L の塩酸と 0.1 mol/L の酢酸水溶液では、塩酸のほうが電気を通しやすい。
- ⑤ 25°C における純水のイオン積を $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、純水 1 L の質量を 1000 g とすると、 25°C における純水の電離度は 1.8×10^{-9} である。
- ⑥ ①～⑤に誤りはない。

問 2 2

- ① 放射性同位体の原子核は不安定であり，放射能を放出して壊れていく。
- ② 自然界には，2種類以上の安定な同位体が存在しない元素もある。
- ③ 同素体は同じ元素からなるが，互いに性質の異なる単体である。
- ④ 同素体として存在する物質を構成する元素には，炭素，酸素，リン，硫黄がある。
- ⑤ 硫化物イオンは，K殻に2個，L殻に8個，M殻に8個の電子をもつ2価の陰イオンである。
- ⑥ ①～⑤に誤りはない。

問 3 3

- ① 電気分解では，直流電源の負極につないだ電極を陰極，正極につないだ電極を陽極という。
- ② 電池では，電子が導線に流れ出る電極を正極，導線から電子が流れ込む電極を負極という。
- ③ 電気分解では，陰極で還元反応が起こり，陽極で酸化反応が起こる。
- ④ 電池は，化学エネルギーを電気エネルギーに変える装置である。
- ⑤ 電池では，電流は正極から負極に流れる。
- ⑥ ①～⑤に誤りはない。

問 4 4

- ① 十酸化四リン 14.2 g を水と完全に反応させると、 19.6 g のリン酸が得られる。
- ② 窒素分子 0.75×10^{20} 個が標準状態で占める体積は 2.8 cm^3 である。
- ③ 98% 濃硫酸 (密度 1.8 g/cm^3) を使って、 0.20 mol/L の硫酸水溶液 1.0 L を調製するには、濃硫酸 11 mL が必要である。
- ④ 炭酸ナトリウム 1 mol と炭酸水素ナトリウム 1 mol をそれぞれ塩酸と完全に反応させたときに生じる気体の物質量は等しい。
- ⑤ ある金属 M 2.8 g を酸素中で完全に酸化させ、 M_2O_3 の化学式を有する金属酸化物 4.0 g を得た。金属 M の原子量は 56 である。
- ⑥ ①～⑤に誤りはない。

問 5 5

- ① タンパク質水溶液のように、流動性のあるコロイドをゾルとよぶ。
- ② 親水コロイドを取り囲み、凝析しにくくさせる疎水コロイドを保護コロイドという。
- ③ 少量の電解質で凝析するコロイドを疎水コロイドという。
- ④ 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液に電極を浸して直流電圧をかけると、コロイド粒子は陰極に移動する。
- ⑤ 飽和溶液では、溶質が溶液中へ溶解する速さと、溶液中から溶質が析出する速さが等しい。
- ⑥ ①～⑤に誤りはない。

第2問 次の問い(問1～4)に答えよ。

問1 結晶はア、イ、ウ、エの4種類に分類できる。これら結晶に属する物質を化学式で表すとき、アに属する物質だけ分子式で表すことができる。イに属する物質は、一般に硬いがもろいものが多い。電気伝導性を示すのは一般にウに属する物質である。結晶エに属する物質の融点は、一般に極めて高い。イ、エに属する物質を、それぞれ次の①～⑧のうちからすべて選び、それぞれ解答番号6、7の解答欄にマークせよ。

イ： エ：

- ① アルミニウム ② 一酸化窒素 ③ ケイ素
④ 酸化マグネシウム ⑤ 水晶 ⑥ 炭化ケイ素
⑦ 硫化亜鉛 ⑧ 二酸化炭素

問2 次の物質が結晶として存在しているとき、粒子間に働く力として最も適当なものを、それぞれ次の①～⑧のうちから選べ。

ナフタレン： アンモニア：

- ① 水素結合 ② 金属結合 ③ 共有結合
④ 配位結合 ⑤ イオン化エネルギー ⑥ 静電気力
⑦ 電子親和力 ⑧ ファンデルワールスカ

問3 ナトリウムの結晶は体心立方格子、銅の結晶は面心立方格子の結晶構造をとる。また、ナトリウムの単位格子の体積は銅の単位格子の1.7倍である。両者の結晶の密度の比として最も適当な数値を、次の①～⑧のうちから選べ。

ナトリウムの密度：銅の密度 = 1 :

- ① 0.36 ② 1.6 ③ 2.4 ④ 3.2
⑤ 4.7 ⑥ 6.4 ⑦ 9.4 ⑧ 27

問 4 次の記述のうち誤っているものを、①～⑧のうちからすべて選び、解答番号 11 の解答欄にマークせよ。

11

- ① クロロホルムは極性分子である。
- ② 体心立方格子中の粒子の配位数は 12 である。
- ③ ベンゼンの固体の密度は、液体の密度より大きい。
- ④ 金属結合は 1 原子あたりの自由電子の数が多いほど強い。
- ⑤ 塩化ナトリウムの結晶では、1 個の Na^+ が 6 個の Cl^- に囲まれている。
- ⑥ 1 個の水分子は、最大 4 個の水分子と水素結合をつくることができる。
- ⑦ 最密構造の 4 層目が 1 層目と同じ位置にくる場合が六方最密構造である。
- ⑧ 氷の結晶は水よりすき間の少ない格子構造をとるため、氷の密度は水の密度より小さい。

第3問 次の文章を読み、問い(問1～5)に答えよ。

A～Hは次の金属元素の単体のいずれかである。

Ag, Al, Cu, Fe, Mg, Sn, Pt, Zn

AとGは空气中で加熱しても酸化されず、金属光沢を保つ。水との反応を調べると、Cは熱水と反応するが、B、D、Hは熱水と反応せず高温の水蒸気と反応する。塩酸と反応するのはB、C、D、F、Hであり、このうちB、F、Hは強塩基とも反応する。濃硝酸に溶けるのは、A、C、E、F、Hである。

問1 B、Fとして最も適当なものを、それぞれ次の①～⑧のうちから選べ。

B : F :

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① Ag | ② Al | ③ Cu | ④ Fe |
| ⑤ Mg | ⑥ Sn | ⑦ Pt | ⑧ Zn |

問2 Aと濃硝酸との反応で発生する気体として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから選べ。

- ① H₂ ② N₂ ③ NO ④ NO₂ ⑤ SO₂ ⑥ O₂

問3 Dと塩酸との反応で生じた水溶液に塩素ガスを通じた。溶液はどのようになるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから選べ。

- ① 青色に変化する。
- ② 黄褐色に変化する。
- ③ 淡緑色に変化する。
- ④ 緑白色に変化する。
- ⑤ 赤褐色に変化する。
- ⑥ 変化しない。

問 4 E と熱濃硫酸との反応で生じた E の化合物を水に溶かした。この水溶液の記述として誤っているものを、①～⑥のうちからすべて選び、解答番号 16 の解答欄にマークせよ。

16

- ① 青緑色の炎色反応を示す。
- ② 希塩酸を加えると、白色沈殿が生じる。
- ③ 硫化水素水を加えると、黒色沈殿が生じる。
- ④ 過剰のアンモニア水を加えると、暗褐色沈殿が生じる。
- ⑤ 水酸化ナトリウム水溶液を加えると、青白色沈殿が生じる。
- ⑥ 水酸化ナトリウム水溶液を加えたのち、加熱すると黒色の沈殿が生じる。

問 5 A～H の記述として誤っているものを、①～⑥のうちからすべて選び、解答番号 17 の解答欄にマークせよ。

17

- ① E と F との合金は青銅とよばれる。
- ② C, D, E, F, H は 2 価の陽イオンとなる。
- ③ 周期表 3～11 族に属している元素の単体は、A, D, E, G である。
- ④ B と C のそれぞれ 1 mol を完全燃焼させるために必要な酸素量は、C の方が多い。
- ⑤ 希硫酸中に導線で結んだ E と H の板を離して浸すと、H の板から水素が発生する。
- ⑥ A の陽イオン水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、褐色沈殿が生じる。

第4問 次の文章を読み、問い(問1～4)に答えよ。

炭化カルシウムに水を加えて発生させた気体Aに、硫酸水銀(II)を触媒として水を反応させると化合物Bが得られる。Bを酸化するとCが生成する。Aを鉄触媒存在下加熱するとDとなる。A 1 molにニッケル触媒存在下、水素を1 mol反応させるとEが生成する。Eはさらに水素と反応し、Fとなる。Eに酸触媒存在下で水蒸気を作用させるとGが生成する。Cに十酸化四リンを加えて加熱するとHが生成する。

問1 化合物あに濃硫酸を加えて加熱すると、麻酔作用のある化合物を生成した。一方、水に少量の化合物いを加えると二層になったが、しばらく放置すると均一溶液に変化した。あ、いとして最も適当な化合物を、次の①～⑧のうちから選べ。

あ： い：

- ① A ② B ③ C ④ D
 ⑤ E ⑥ F ⑦ G ⑧ H

問2 水素—炭素—炭素のなす結合角が最も小さい化合物として最も適当なものを、次の①～④のうちから選べ。

- ① A ② D ③ E ④ F

問3 化合物Aの水素付加で化合物Eが生成する反応の反応熱として最も適当な数値を、次の①～⑧のうちから選べ。ただし、A(気体)、炭素(黒鉛)、水素(気体)の燃焼熱はそれぞれ1300, 394, 286 kJ/molである。また、Eの生成熱は-53 kJ/molである。

kJ/mol

- ① -137 ② -173 ③ -226 ④ -279
 ⑤ 137 ⑥ 173 ⑦ 226 ⑧ 279

問 4 AとCとの反応で得られる化合物を重合させると、鎖状の高分子化合物アが得られる。アを加水分解すると、合成繊維の原料となる高分子化合物イが得られる。ア 50 g を部分的に加水分解すると 40 g の高分子化合物が得られた。アの何パーセントが加水分解されたか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから選べ。

- ① 15 ② 20 ③ 33 ④ 41 ⑤ 50 ⑥ 62
- %

第5問 次の文章を読み、問い(問1～5)に答えよ。

ペプチドAは、表に示した6個の α -アミノ酸から構成されている。

ペプチドA：Ala—ア—イ—ウ—エ—Lys

ある酵素を用いてペプチド

表

Aを加水分解したところ、
ペプチドB、Cが得られた。
B、Cの水溶液に水酸化ナト
リウム水溶液を加え塩基性に
した後、薄い硫酸銅(II)水溶
液を少量加えたところ、Cの

名称	略号	側鎖	分子量
アラニン	Ala	$-\text{CH}_3$	89
システイン	Cys	$-\text{CH}_2\text{SH}$	121
グリシン	Gly	$-\text{H}$	75
グルタミン酸	Glu	$-(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	147
リシン	Lys	$-(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	146
フェニルアラニン	Phe	$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$	165

み赤紫色になった。Cを部分的に加水分解したところ、3種類のジペプチドD、E、Fが得られた。A～Fの水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱し、酢酸で中和した後、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、A、Bのみ黒色沈殿が生じた。また、A～Fに濃硝酸を加えて熱した後、アンモニア水を加えて塩基性にしたところ、橙黄色になったのは、A、C、D、Fであった。また、Eには不斉炭素原子を持たないアミノ酸が含まれていた。D、E、Fの混合物をpH 6.5の緩衝溶液に溶かし、陽イオン交換樹脂を詰めたカラムに通したところ、Eのみが吸着した。その後、溶出した溶液を陰イオン交換樹脂を詰めたカラムに通したところ、Fのみが吸着した。

問1 α -アミノ酸ア、イ、ウとして最も適当なものを、それぞれ次の①～⑥のうちから選べ。

ア： イ： ウ：

① Ala ② Cys ③ Glu ④ Gly ⑤ Lys ⑥ Phe

問2 酸触媒存在下、F 14.7 gに十分な量のメタノールを反応させた。得られる生成物は何gか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから選べ。

g

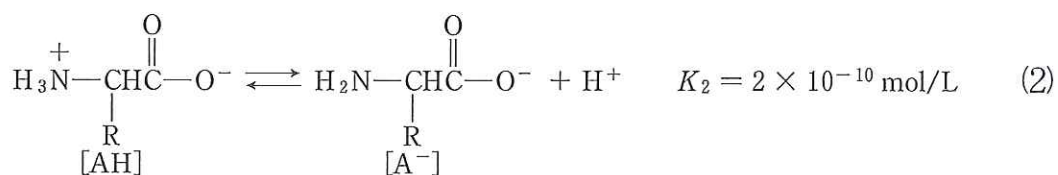
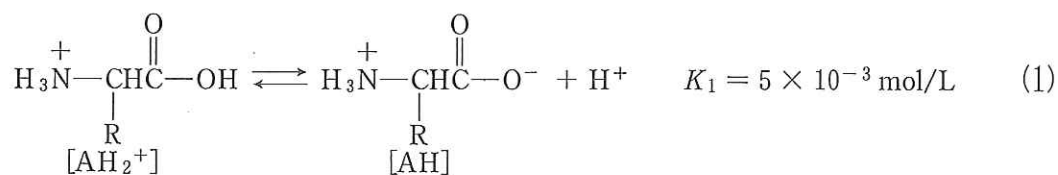
① 15.4 ② 16.1 ③ 16.6 ④ 16.9 ⑤ 17.6 ⑥ 17.9

問 3 Eに十分な量の無水酢酸を反応させて得られる化合物の分子量として最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから選べ。

27

- ① 245 ② 282 ③ 287 ④ 324 ⑤ 354 ⑥ 396

問 4 水溶液中でのアミノ酸工の電離平衡および電離定数は、次の(1)式、(2)式で表せる(Rは側鎖を示す)。



水溶液のpHを4としたときのアミノ酸工のイオン[AH₂⁺]と[A⁻]との濃度比[AH₂⁺]/[A⁻]はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑧のうちから選べ。

28

- ① 1 ② 10² ③ 10⁴ ④ 2.5 × 10⁷
 ⑤ 10⁻² ⑥ 10⁻³ ⑦ 10⁻⁴ ⑧ 4 × 10⁻⁸

問 5 アミノ酸イ、ウから構成される鎖状ポリペプチド70.8gを完全に加水分解すると、アミノ酸イ29.4g、ウ49.5gが得られた。このポリペプチドの分子量はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑧のうちから選べ。

29

- ① 512 ② 708 ③ 954 ④ 1024
 ⑤ 1416 ⑥ 1908 ⑦ 2048 ⑧ 2832