

〔注意〕 解答に必要ながあれば、つぎの値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.0, Cl = 35.5, Ar = 40.0, Br = 80.0, Ba = 137,

Pb = 207

気体定数：R = 0.082 atm・l/(K・mol), アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

1

〔I〕 つぎの各文中の下線部について、正しければ解答欄の記号 a に、誤っていれば解答欄の記号 b にマークせよ。

1. 原子核に含まれている陽子の数は、それぞれの元素に固有のもので、この数をその元素の原子番号という。
2. 元素の原子量とは、その元素の同素体の原子質量に存在率を掛けて計算した原子質量の平均値である。
3. カリウム原子 ${}_{19}\text{K}$ の電子配置は、最大収容電子数が 8 である M 殻に電子が 8 個入り、N 殻に電子が 1 個入っている。
4. アンモニア分子中の水素原子がわずかに正に帯電し、別のアンモニア分子中のわずかに負に帯電した窒素原子と静電的に引き合ってできる結合を、水素結合という。
5. アンモニア分子中の窒素原子の非共有電子対が、他の陽イオンとの結合に使われて、新しい共有結合をつくる場合、この結合を配位結合という。
6. アボガドロ定数は、1 モル中に含まれる粒子の数であり、原子量の基準が変われば、それに応じて数値が変わる。
7. コロイド溶液を限外顕微鏡で観察すると、コロイド粒子がジグザグに運動していることがわかる。この現象をチンダル現象という。
8. 疎水コロイドの水溶液に少量の電解質を加えると容易に沈殿が生じる。この現象を凝縮という。
9. ボイルの法則とは、温度一定のとき、一定量の気体の体積は、圧力に正比例することである。
10. 親水コロイドは多量の電解質を加えると水和した水分子がうばわれ、電荷が中和されて沈殿が生じる。この現象を凝析という。

〔II〕 つぎの化学反応式の中の下線をつけた物質が、ブレンステッド・ローリーの定義（広い意味での酸・塩基の定義）による酸のはたらきをしているものは解答欄の記号 a に、塩基のはたらきをしているものは解答欄の記号 b に、どちらでもないものは解答欄の記号 c にマークせよ。

1. $\text{NH}_3 + \underline{\text{H}_2\text{O}} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
2. $\text{NH}_4^+ + \underline{\text{H}_2\text{O}} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NH}_3$
3. $\text{HCl} + \underline{\text{H}_2\text{O}} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
4. $\underline{\text{HSO}_3^-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_3^{2-}$
5. $\underline{[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}} + 4 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$
6. $\underline{\text{CH}_3\text{COO}^-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$

〔Ⅲ〕 27°Cにおいて、20 l の容器に水素 1.0 g、酸素 19.2 g、およびアルゴン 16 g の各気体を入れた。つぎの各問いに答えよ。ただし、気体は理想気体とし、液体の蒸気圧は無視する。

1. この容器の圧力に最も近い値を a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

a : 0.90 atm b : 1.85 atm c : 2.46 atm d : 2.70 atm e : 3.20 atm

2. この容器中の気体に点火して水素ガスを完全燃焼させ、その後冷却して 27°C にした。燃焼後のこの容器内の圧力に最も近い値を a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

a : 0.49 atm b : 0.62 atm c : 0.74 atm d : 0.92 atm e : 1.23 atm

〔Ⅳ〕 4.2 g のエチレンを完全燃焼すると 212 kJ の熱が発生する。この時生成した水は液体であるとして、つぎの各問いに答えよ。

問 1 この時生成した二酸化炭素の物質量を、解答欄に記せ。

問 2 生成した水の質量 (g) を a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

a : 1.8 g b : 2.7 g c : 4.5 g d : 5.4 g e : 7.2 g

問 3 生成したすべての二酸化炭素を飽和の水酸化バリウム水溶液に通して、炭酸バリウムとして沈殿させた。この時生成した炭酸バリウムの質量 (g) を a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

a : 29.6 g b : 44.3 g c : 59.1 g d : 78.8 g e : 115.8 g

問 4 4.2 g のエチレンを完全燃焼させるために必要な空気の標準状態における体積 (l) を a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。ただし、空気中に含まれる酸素の体積割合は 20 % とする。

a : 3.36 l b : 10.8 l c : 33.6 l d : 45.2 l e : 50.4 l

問 5 水 (液体) の生成熱、および二酸化炭素 (気体) の生成熱がそれぞれ 286 kJ/mol、394 kJ/mol である場合、エチレンの生成熱 (kJ/mol) を a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

a : - 339 kJ/mol b : - 228 kJ/mol c : - 53 kJ/mol d : 83.8 kJ/mol e : 105 kJ/mol

2

つぎの各問いに答えよ。

問1 水の性質に関する記述のうち、誤りを含むものを a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

- a : 電解質を良く溶かし、有機物の一部も溶かす
- b : 凍ると体積が膨張する
- c : 酸として働くことも、塩基として働くこともある
- d : 0°Cから100°Cへ温度を上げていくと、密度は連続的に減少する
- e : 酸化剤として働くこともある

問2 鉛蓄電池に関する記述のうち、正しいものを a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

- a : 電解液は硝酸である
- b : 充電すると一方の電極に硫酸鉛、他方の極に鉛が析出する
- c : 放電すると正極は酸化される
- d : 放電すると負極の質量は増加する
- e : 充電により多量の水素が発生するので、注意が必要である

問3 鉛蓄電池を電源として、白金電極を用いて水の電気分解を行った。27°C、1気圧の条件下においてある時間放電したところ、陽極に3 lの酸素が発生した。このとき、鉛蓄電池の正極の質量変化に関する最も適切な記述を a～e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

- a : 変化しない b : 約 16 g 減少する c : 約 16 g 増加する d : 約 30 g 減少する e : 約 30 g 増加する

問4 1.0 mol/l の過酸化水素水 10 cm³ に二酸化マンガン粉末の少量を加えると、過酸化水素は分解し、酸素が発生した。反応開始から 60 秒間に発生した酸素の体積は 27°C、1気圧下において 36.9 cm³ であった。

(1) 60 秒の反応時間内に発生した酸素の物質量を a～f から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

- a : 1.5×10^{-3} mol b : 3.0×10^{-3} mol c : 1.5×10^{-2} mol
 d : 3.0×10^{-2} mol e : 1.5×10^{-1} mol f : 3.0×10^{-1} mol

(2) 反応開始から 60 秒後の過酸化水素水のモル濃度 (mol/l) に最も近い値を a～f から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

- a : 0.15 mol/l b : 0.30 mol/l c : 0.45 mol/l
 d : 0.60 mol/l e : 0.70 mol/l f : 0.85 mol/l

(3) 反応開始から 60 秒までの間における過酸化水素の平均分解速度 (mol/l・s) を解答欄に記せ。ただし、数字の有効桁数は二桁とする。

3

つぎの文を読み、各問いに答えよ。

アミノ酸は、1つの分子中にアミノ基とカルボキシル基をもつ化合物である。あるアミノ酸 A の元素分析を行った結果、その質量割合は C = 46.6 (%), H = 8.7 (%), N = 13.6 (%), および O = 31.1 (%) であった。このアミノ酸 A を無水酢酸と反応させてアセチル化し、得られた生成物 B の分子量を測定したところ、145 であった。

問1 アミノ酸 A の分子式を解答欄に記せ。

問2 アミノ酸 A の分子式から考えられるアミノ酸にはいくつかの構造異性体がある。その構造異性体の数を解答欄に記せ。ただし、光学異性体は考慮しなくてよいものとする。

問3 アミノ酸 A は同一炭素上にカルボキシル基とアミノ基をもち、光学活性を有する。アミノ酸 A の構造式 (示性式) を解答欄に記せ。ただし、光学異性体は考慮しなくてよいものとする。

問4 アミノ酸 A をアセチル化して得られた生成物 B の構造式 (示性式) を解答欄に記せ。ただし、光学異性体について考慮する必要はない。

問5 アミノ酸 A を水に溶かすと、溶液はどのような液性を示すか。a ~ c の中から最も適切な記述を一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

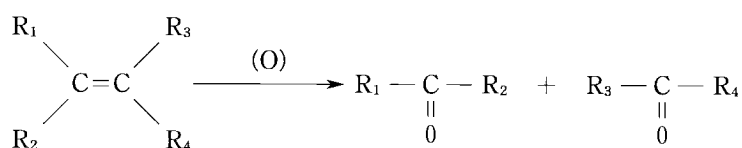
a : 強い酸性を示す b : ほぼ中性を示す c : 強い塩基性を示す

問6 アミノ酸 A を希塩酸に溶かし、電気泳動をおこなった。このとき、アミノ酸 A は陽極、陰極いずれの極に移動するか。理由を含めて 35 字以内で述べよ。

4

つぎの文を読み、各問いに答えよ。

化合物 A および B は、アルケン (エチレン系炭化水素) に属する化合物である。化合物 A, B を燃焼させて元素分析したところ、いずれもその質量割合は C = 85.7 (%) と H = 14.3 (%) であった。化合物 A, および B それぞれに臭素水を加えて振ると付加反応が起り、直ちに臭素水の褐色が消えて透明に変化し、その付加物の分子量はいずれも 216 であった。化合物 A と B の混合物 1.0 mol をある酸化剤を用いて酸化すると、アルデヒドとケトンが生成した。得られたアルデヒドの総生成量は 1.5 mol であり、そのうちの 1.0 mol はホルムアルデヒドであり、残りのアルデヒドは 0.5 mol であった。一方、ケトンの生成量は 0.5 mol であり、このケトンに水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱したところ、黄色結晶の沈殿物が得られた。なお、本実験で用いた酸化剤によるアルケンの酸化反応式を下記に示す。式中の R₁, R₂, R₃, および R₄ は、水素、またはアルキル基である。



問 1 化合物 A, および B の分子式を解答欄に記せ。

問 2 下線部 ① の酸化反応で得られるケトンの構造式 (示性式) を解答欄に記せ。

問 3 本実験で用いた混合物 1.0 mol 中に含まれるアルケン化合物 A と B の物質量の比 (A : B) を a ~ e の中から一つ選び、解答欄の記号にマークせよ。

a) 1 : 2 b) 2 : 3 c) 1 : 1 d) 3 : 2 e) 2 : 1

問 4 ホルムアルデヒドの他に本実験で生成したアルデヒドの構造式 (示性式) を解答欄に示せ。

問 5 下線部 ② で示した黄色の結晶沈殿物の分子式を解答欄に記せ。

5 つぎの文を読み、各問いに答えよ。ただし、 $\log 1.5 = 0.18$, $\log 1.8 = 0.26$, $\log 2.0 = 0.30$ および $\log 2.8 = 0.45$ とし
て計算せよ。

純水に強酸や強塩基を少量加えると、その pH は大きく変化する。しかし、酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液に強酸や強塩基を少量加えても、混合溶液の pH 変化は小さい。このような溶液を緩衝溶液とよび、pH を一定に保つために利用される。一般に、弱酸とその塩、あるいは とその塩の混合物水溶液は緩衝溶液となる。

酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液が、一定の水素イオン濃度を保つ仕組みを考えてみよう。この混合溶液中の酢酸ナトリウムは が大きく、①式のようにほぼ完全に電離している。



一方、酢酸は弱酸であり、②式の平衡が成り立っている。



この混合溶液中における酢酸イオンの濃度は、酢酸が単独で溶けている場合よりも大きくなっている。すなわち、①式のように、電離によって酢酸イオンが酢酸ナトリウムから多量に生じているため、②式の平衡は に移動して水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は する。

この混合溶液に強酸を加えると、強酸から生じる水素イオンが多量に存在する酢酸イオンと結合して②式の平衡は に移動するため、水素イオン濃度の変化は少ない。

一方、少量の強塩基を加えると、強塩基から生じた水酸化物イオンが酢酸分子と反応して中和されるので、②式の平衡は に移動するため、水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ の変化は少ない。

ところで、水溶液中の酢酸の濃度を $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、電離した酢酸イオンの濃度を $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ とすると、酢酸の電離定数 (K_a) は、つぎの③式で表される。

$$K_a = [\text{CH}_3\text{COO}^-] [\text{H}^+] / [\text{CH}_3\text{COOH}] \quad \cdots\cdots\text{③}$$

③式を $[\text{H}^+]$ について解くと

$$[\text{H}^+] = K_a \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}] / [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

となる。ここで両辺の対数をとると、

$$-\log [\text{H}^+] = -\log (K_a \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}] / [\text{CH}_3\text{COO}^-])$$

となり、pH はつぎの④式で表される。

$$\text{pH} = -\log K_a + \log ([\text{CH}_3\text{COO}^-] / [\text{CH}_3\text{COOH}]) \quad \cdots\cdots\text{④}$$

酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液では、酢酸はごくわずかししか電離していないので、④式の $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ は加えた酢酸の濃度、また $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ は加えた酢酸ナトリウム濃度に等しいと考えることができる。

問1 文中の空欄 ~ に入る適切な語句を解答欄に記せ。

問2 20 ml の 0.10 mol/l 酢酸と 30 ml の 0.10 mol/l の酢酸ナトリウム水溶液を混合して得られる緩衝溶液の pH を有効数字 2 桁で解答欄に記せ。ただし、酢酸の電離定数 (K_a) を 2.8×10^{-5} mol/l とする。