

第 I 問 (50 点満点)

問題 1 と問題 2 については、1 つまたは 2 つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。問題 3、問題 4 と問題 5 については、所定の枠の中に、0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。

1 典型元素 A~E に関するつぎの記述ア~オを読み、下の問に答えよ。

- ア. A~E の原子は、すべて正の整数の価電子をもつ。
- イ. A~E の単体は、0 °C、1 気圧ですべて気体である。
- ウ. A と C は同族元素であり、単体の沸点は A が C より高い。
- エ. D と E の単体は 0 °C、1 気圧で空気より密度が小さい。
- オ. D の単体の結合エネルギーは、E の単体の結合エネルギーより大きい。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. A~E の単体は、すべて二原子分子である。
2. A とカルシウムだけからなる化合物は、水への溶解度が大きく、潮解する。
3. B は、質量パーセントで地殻中でも人体内でも最も多く存在する。
4. A~E の単体すべてを分子量が小さい順から並べたとき、4 番目は C の単体である。
5. 原子番号が D と E の間の金属元素の数は 1 つである。
6. E より原子番号が大きい E の同族元素は、すべて金属元素である。

2 つぎの実験操作ア～オに関する下の問に答えよ。

- ア. クロム酸カリウムの水溶液に硫酸を加え，酸性にした。
- イ. 二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液に過酸化水素水を加えた。
- ウ. 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加え，加熱した。
- エ. 過マンガン酸カリウムの硫酸酸性水溶液にシュウ酸水溶液を加えた。
- オ. 酸化鉄(III)の粉末とアルミニウムの粉末を混合して点火した。

問 つぎの記述のうち，誤っているものはどれか。

1. 下線の原子の酸化数が3減少した実験操作は2つである。
2. 下線の原子を含む化合物が触媒として作用した実験操作は1つである。
3. 気体が発生した実験操作は3つである。
4. 下方置換での捕集に適する気体が発生した実験操作は2つである。
5. 水が生成した実験操作は3つである。

3 濃度 $2C$ [mol/L] のギ酸水溶液に、同じ体積の 2.20×10^{-4} mol/L の酢酸水溶液を混合した。この水溶液の水素イオン濃度は 2.80×10^{-4} mol/L であった。下の問に答えよ。

ただし、すべての水溶液の温度は 25°C であり、ギ酸と酢酸の電離定数はそれぞれ 2.80×10^{-4} mol/L, 2.80×10^{-5} mol/L とする。また、混合後の水溶液のギ酸イオンと酢酸イオンの濃度の和は水素イオン濃度に等しいものとする。

問 i 混合後の酢酸イオンの濃度はいくらか。最も適切なものをつぎの 1 ~ 6 から選び、番号で答えよ。

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. 2.8×10^{-6} mol/L | 2. 1.0×10^{-5} mol/L | 3. 1.1×10^{-5} mol/L |
| 4. 2.8×10^{-5} mol/L | 5. 1.0×10^{-4} mol/L | 6. 1.1×10^{-4} mol/L |

問 ii C はいくらか。最も適切なものをつぎの 1 ~ 6 から選び、番号で答えよ。

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. 2.5×10^{-4} mol/L | 2. 2.7×10^{-4} mol/L | 3. 5.4×10^{-4} mol/L |
| 4. 2.5×10^{-3} mol/L | 5. 2.7×10^{-3} mol/L | 6. 5.4×10^{-3} mol/L |

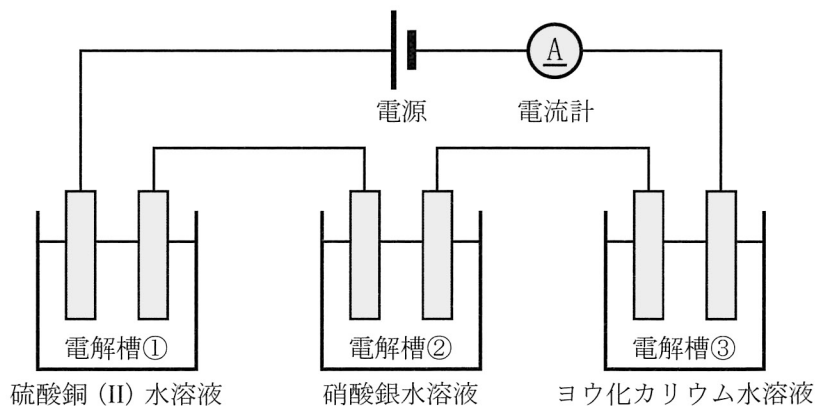
4 電解槽①, ②, ③には, それぞれ硫酸銅(II)水溶液, 硝酸銀水溶液, ヨウ化カリウム水溶液が, 電気分解によって侵されない電極とともに入れられている。これらの電解槽を下図のように接続し, 1.93 A の一定電流で電気分解を行った。電気分解後, 電解槽①と電解槽②の電極上に析出した金属の総量は 55.9 g であった。また, この電気分解において, 電解槽①の陰極と電解槽②の陰極, および電解槽③の陽極では気体の発生がなかった。この電気分解に関するつぎの問に答えよ。ただし, 各元素の原子量は, $\text{Cu} = 63.5$, $\text{Ag} = 108$, ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

問 i 電気分解した時間はいくらか。解答は有効数字 3 桁目を四捨五入して, 下の形式により示せ。

. $\times 10^4$ 秒

問 ii 電気分解によって発生した気体の物質量の総和はいくらか。解答は小数点以下第 3 位を四捨五入して, 下の形式により示せ。

0. mol



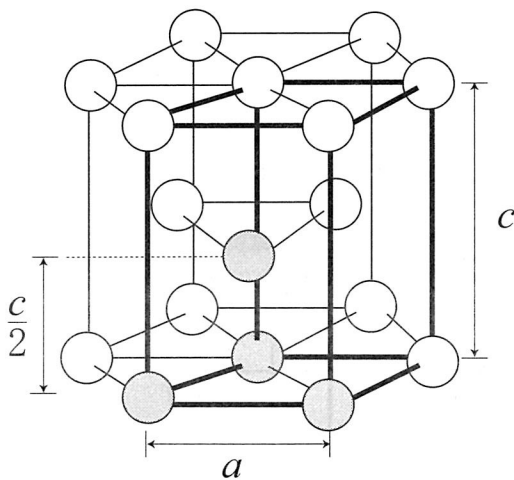
5 下図に示す六方最密構造をもつ金属結晶に関するつぎの問に答えよ。ただし、図中の丸印は原子位置を示し、太線は単位格子を示している。また、結晶中の原子を球とみなし、最も近い原子は互いに接しているものとする。 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{6} = 2.45$ とし、アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

問 i 図中の灰色で表されている 4 個の原子で形成される正四面体の高さは、単位格子の高さ c の半分である。 c は最近接原子間距離 a の何倍か。解答は小数点以下第 2 位を四捨五入して、下の形式により示せ。

倍

問 ii 原子量が 60.2, $a^3 = 3.24 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$ のとき、この金属結晶の密度はいくらか。解答は小数点以下第 2 位を四捨五入して、下の形式により示せ。

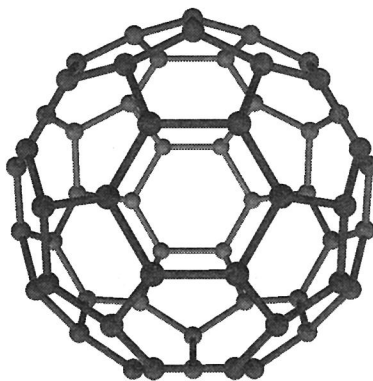
g/cm^3



第Ⅱ問 (50点満点)

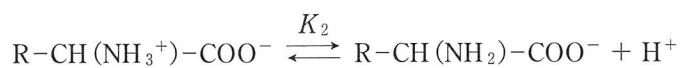
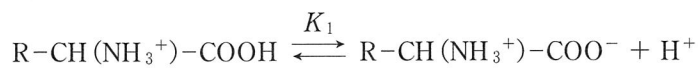
問題8と問題9については、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。問題6と問題7については、所定の枠の中に、0から9までの適当な数字を1枠に1つ記入せよ。問題10については、指示にしたがって所定の枠の中に適切な数値または式を記せ。

- 6 C_{60} は、60個の炭素原子おのおのが、となりあう3つの炭素原子と結合した、図のような構造をもつ分子である。 C_{60} 中の炭素原子間の結合エネルギーはいくらか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して、下の形式により示せ。ただし、 C_{60} 中の炭素原子間の結合エネルギーはすべて等しいものとし、 C_{60} の燃焼熱は 25500 kJ/mol 、 O_2 分子中の $O=O$ 結合の結合エネルギーは 500 kJ/mol 、 CO_2 分子中の $C=O$ 結合1つあたりの結合エネルギーは 800 kJ/mol とする。



$$\boxed{} \cdot \boxed{} \times 10^2 \text{ kJ/mol}$$

7 中性アミノ酸では、水溶液中でつぎの2つの電離平衡が成り立ち、それぞれの電離定数は K_1 , K_2 で表される。



等電点が 5.70, $K_1 = 1.00 \times 10^{-2.10}$ mol/L である中性アミノ酸の電離定数 K_2 [mol/L] の対数 $\log_{10} K_2$ はいくらか。解答は小数点以下第2位を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$\log_{10} K_2 = - \square . \square$$

8 つぎの記述のうち，誤っているものはどれか。

1. 一次電池と二次電池はどちらも，放電するときに正極で還元反応が起こる。
2. リチウム電池とマンガン乾電池はどちらも一次電池である。
3. 二次電池を充電するとき，外部電源の負極を電池の負極側，外部電源の正極を電池の正極側に接続する。
4. ダニエル電池を放電するとき，陰イオンは，溶液を仕切っている素焼き板を正極側から負極側に向かって通過する。
5. 鉛蓄電池を放電するとき，負極の質量は減少し，正極の質量は増加する。
6. 電解液にリン酸水溶液を用いた燃料電池を放電するとき，正極では水が生成する。

9 つぎの文を読み、下の問に答えよ。

少量の酸化マンガン(IV)に 0.90 mol/L の H_2O_2 水溶液を 10 mL 加え、 20°C に保ちながら H_2O_2 の分解反応を行った。発生した気体の体積を 1.0 分ごとに量り、平均の分解速度 v [mol/(L·min)] を求めた。 v はつぎの反応速度式で表された。

$$v = kc$$

ここで、 c [mol/L] は H_2O_2 の平均のモル濃度、 k [/min] は速度定数である。反応を開始してから 1.0 分間に発生した気体の物質量は 1.0×10^{-3} mol だった。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 一般に、化学反応式から反応速度式を導くことはできない。
2. H_2O_2 がすべて分解すると、 4.5×10^{-3} mol の気体が発生する。
3. 反応開始から 1.0 分後の H_2O_2 の濃度は 0.70 mol/L である。
4. 反応開始から 2.0 分後の H_2O_2 の濃度は 0.50 mol/L である。
5. H_2O_2 水溶液の濃度を半分にして同じ実験を行うと、反応を開始してから 2.0 分間に 1.0×10^{-3} mol の気体が発生する。

10 断熱容器に、いずれも温度が 0°C である水 $M[\text{g}]$ 、氷 $99M/100[\text{g}]$ 、食塩 $M/100[\text{g}]$ を入れた。一定時間後、食塩はすべて溶解して完全に電離し、氷は一部融解して全体の温度が $-T[^{\circ}\text{C}]$ (ただし $T > 0$) となり平衡に達した。

食塩のモル質量を $A[\text{g/mol}]$ 、水のモル凝固点降下を $K[\text{K}\cdot\text{kg/mol}]$ 、実験に用いた物質の比熱をすべて $C[\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$ とすると、氷が 1g 融解するのに必要な熱量 $L[\text{J/g}]$ を求めよ。解答は A, C, K, M, T のうち必要なものを用いて示せ。ただし、水溶液は希薄溶液とみなし、食塩の溶解熱は無視する。

第Ⅲ問 (50点満点)

問題 11, 問題 13 と問題 14 については, 1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に, 正解の番号を記入せよ。問題 12 については, 所定の枠の中に, 0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。問題 15 については, 指示にしたがって所定の枠の中に適切な構造を記せ。

11 つぎの記述のうち, 誤っているものはどれか。

1. エタンを構成する原子のうち, 同一平面上に位置することができるのは最大 4 個である。
2. プロパンを構成する原子のうち, 同一平面上に位置することができるのは最大 5 個である。
3. プロペンを構成する原子のうち, 同一平面上に位置することができるのは最大 6 個である。
4. 1,3-ブタジエンを構成する原子は, すべて同一平面上に位置することができる。
5. トルエンを構成する原子のうち, 同一平面上に位置することができるのは最大 13 個である。
6. プロピンを構成する原子のうち, 同一直線上に位置することができるのは最大 5 個である。

- 12 化合物 A は、環構造を含まない不飽和炭化水素である。0.0100 mol の A を完全燃焼させると 13.2 g の二酸化炭素と 4.50 g の水が生成した。また、触媒を用いて A に水素を付加させると、飽和炭化水素 B が得られた。A から 233 g の B を得るために必要な水素の物質量はいくらか。解答は小数点以下第 2 位を四捨五入して、下の形式により示せ。ただし、各元素の原子量は、H = 1, C = 12, O = 16 とする。

mol

13 有機化合物 a~f および高分子化合物 A~G に関するつぎの記述ア~エを読み、下の問に答えよ。

ア. 化合物 a は、白金や銅を触媒として用い、メタノールを空气中で酸化すると得られる。芳香族化合物 b はイソプロピルベンゼンを酸素で酸化した後、希硫酸で処理することで得られる。化合物 a と化合物 b を塩基触媒を用いて反応させた後、その生成物を加熱すると高分子 A が得られる。

イ. 化合物 c はアセチレンに酢酸を付加させることで得られる。化合物 c を重合させると高分子 B が得られる。高分子 B をけん化すると高分子 C が得られる。

ウ. 化合物 d は分子式 C_8H_8 をもつ一置換ベンゼンである。化合物 e は分子式 $C_{10}H_{10}$ をもち、同一の置換基がパラ (*p*-) の位置で結合した二置換ベンゼンである。化合物 d と化合物 e を共重合させると高分子 D が得られる。高分子 D を濃硫酸と反応させると高分子 E が得られる。

エ. 化合物 f は分子式 C_4H_6 をもち、二重結合を 2 つ含む。化合物 f を重合させると高分子 F が得られる。化合物 d と化合物 f を共重合させると高分子 G が得られる。高分子 F と高分子 G はどちらも合成ゴムとして用いられる。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 高分子 A~G のうち、三次元の網目状構造をもつものは 2 つである。
2. 高分子 C を化合物 a の水溶液で処理すると、アセタール化された高分子が得られる。
3. 水酸化ナトリウム水溶液に高分子 E を作用させると、pH の値が小さくなる。
4. 高分子 F と高分子 G は、どちらも空气中で次第に酸化されて弾性を失う。
5. 同じ平均分子量をもつ高分子 B と高分子 F では、B のほうが平均重合度が大きい。
6. 高分子 A~G のうち、水溶性を示すものは 1 つである。

14 つぎの文を読み、下の問に答えよ。

セルロースは自然界に最も多量に存在する有機化合物である。希酸で処理すると、セルロースは徐々に加水分解され最終的に単糖 X になり、セルラーゼによる処理では、主に二糖 Y に加水分解される。また、セルロースの誘導体は有用物質として広く使用されている。例えば、アセテート繊維は適度な吸湿性と絹に似た風合いをもつ。

問 i つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. アミロースやアミロペクチンを単糖に加水分解すると、いずれも X のみが得られる。
2. Y と同じ二糖であるスクロース、マルトース、ラクトースを単糖に加水分解すると、いずれも X のみが得られる。
3. Y はフェーリング液を還元する。
4. スクロース、マルトース、ラクトースはいずれも Y の異性体である。
5. X は水溶液中で主に六員環の構造をとっている。
6. 酵母による発酵では、X は最終的にエタノールと水に分解される。

問 ii つぎのセルロースの誘導体に関する記述のうち、誤っているものはどれか。

1. セルロースから作られるアセテート繊維は半合成繊維に分類される。
2. セルロースからアセテート繊維を作るときに新たに生じる官能基は、油脂中にも含まれる。
3. 銅アンモニアレーヨンやビスコースレーヨンは再生繊維に分類される。
4. ビスコースから膜状にセルロースを再生させるとゼラチンとなる。
5. 火薬としても利用されるトリニトロセルロースは、セルロースに濃硝酸と濃硫酸を反応させると得られる。

15 有機化合物 A~D に関するつぎの記述ア~ウを読み、下の問に答えよ。

ア. 化合物 A は、炭素数が 6 の酸無水物であり、六員環構造をもつ。また、化合物 A は不斉炭素原子をもたない。

イ. 化合物 A とアニリンを反応させると、アミド結合をもつカルボン酸 B を与える。カルボン酸 B は不斉炭素原子をもつ。

ウ. カルボン酸 B をヨードホルム反応を示す化合物 C と脱水縮合すると、アミド結合をもつ分子式 $C_{15}H_{21}NO_3$ のエステル D を与える。

問 化合物 D の構造式を例にならって示せ。ただし、光学異性体は考慮しなくてよい。

(例)

