

化 学

120 分

注 意 事 項

1. 試験開始の合図までこの問題冊子を開かないこと。
2. 本問題冊子は 24 ページ，答案用紙は 2 ページである。
3. 各答案用紙の右上枠内には，受験番号を記入し，左上段の枠内には，受験番号の下 2 桁の数字を忘れずに記入すること。
4. 解答はすべて答案用紙の所定欄に記入すること。
5. 問題冊子および答案用紙は切りはなさないこと。
6. 答案用紙に記入する受験番号および解答の数字の字体は，下記の例にならない，明瞭に記入すること。

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

7. 解答上の注意は，裏表紙に記載してあるので，この問題冊子を裏返して必ず読むこと。ただし，問題冊子を開いてはいけない。

試験問題は、つぎのページより始まります。

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 と問題 4 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 つぎの同族元素 A~D に関する記述ア~オを読み、下の問に答えよ。

- ア. A, B, C, D の原子はいずれも 1 個の電子を得て 1 価の陰イオンになりやすい。
- イ. A の単体は、標準状態で液体である。
- ウ. B の単体と C の単体は、標準状態で気体である。
- エ. C の単体は、室温で水と激しく反応して酸素を発生させる。
- オ. D の単体は、標準状態で黒紫色の固体で、水にほとんど溶けない。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. A のカリウム塩を溶かした水溶液に B の単体を溶かした水溶液を加えると、A の単体が生じる。
2. A のカリウム塩とデンプンを溶かした水溶液にオゾン吹きこむと、溶液が青紫色になる。
3. B のカリウム塩を溶かした水溶液に硝酸銀の水溶液を加えると、白色の沈殿が生じる。
4. A, B, C, D の単体は、二原子分子である。
5. D の単体と水素を 450 °C 前後で反応させて D と水素の化合物ができるときには、すべての分子が原子に解離して反応する。

(下書き用紙)

2 つぎの無機化合物 A~F に関する記述ア~オを読み、下の問に答えよ。

- ア. A は、標準状態で空気より重く、無色で無臭の気体である。また、A の分子は無極性である。
- イ. B は水によく溶け、標準状態で空気より軽く、無色で刺激臭をもつ気体である。
- ウ. C の飽和水溶液に A を通じると、D の白色沈殿が生じ、さらに過剰に A を通じると沈殿が溶解する。沈殿が溶解した水溶液をきれいな白金線の先につけ、パーナーの外炎に差し入れると橙赤色を示す。
- エ. 同じ物質量の C と E の混合物を十分に加熱すると F の無水和物、B、および水が生成する。生成する B と水の物質量は等しい。
- オ. F の半水和物の白色粉末に適量の水を加えて練ると、膨張して固化する。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 標準状態における、A の分子の平均の速さは、エタンの分子の平均の速さより大きい。
2. B は、高温・高圧下で鉄を主成分とする触媒を用い、B を構成する元素の単体から製造される。
3. C の水への溶解度は、温度を上げると大きくなる。
4. D に希塩酸を作用させると A が発生する。
5. エの反応により、1.0 mol の E から 2.0 mol の B が生成する。

(下書き用紙)

- 3 0.200 mol/L の酢酸水溶液 50.0 mL に、0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を V [mL] 加えてできる pH が 3.5~5.0 の緩衝液に関する下の問に答えよ。ただし、水溶液の温度は 25 °C で一定に保たれており、25 °C における酢酸の電離定数 K_a は 2.80×10^{-5} mol/L、酢酸ナトリウムの電離度は 1 とする。また、必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.301$ 、 $\log_{10} 3 = 0.477$ 、 $\log_{10} 7 = 0.845$ を用いよ。

問 i 緩衝液の水素イオン濃度 $[H^+]$ [mol/L] は、 V を用いてつぎの式で表される。式中の分母と分子にあてはまる最も適切なものを、それぞれ下の 1~5 より選び、番号で答えよ。

$$[H^+] = K_a \times \frac{\boxed{}}{\boxed{}}$$

- | | | |
|-------------|--------------|--------------|
| 1. $50 + V$ | 2. V | 3. $100 + V$ |
| 4. $50 - V$ | 5. $100 - V$ | |

問 ii 緩衝液に 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 10.0 mL 加えたときの pH 変化の絶対値を ΔpH_1 とし、水酸化ナトリウム水溶液の代わりに、0.100 mol/L の塩酸を 10.0 mL 加えたときの pH 変化の絶対値を ΔpH_2 とする。 ΔpH_1 と ΔpH_2 の和が最小となる緩衝液の pH とそのときの V はいくらか。それぞれ最も適切なものを下の 1~6 より選び、番号で答えよ。

- | | | | |
|------|---------|---------|---------|
| (pH) | 1. 3.95 | 2. 4.19 | 3. 4.38 |
| | 4. 4.55 | 5. 4.73 | 6. 4.98 |

- | | | | |
|---------|------------|------------|------------|
| (V) | 1. 30.0 mL | 2. 40.0 mL | 3. 50.0 mL |
| | 4. 60.0 mL | 5. 70.0 mL | 6. 80.0 mL |

(下書き用紙)

4 質量パーセント濃度 40.0 %，密度 1.30 g/cm^3 の硫酸 100 mL を電解質溶液とする全く同じ鉛蓄電池(起電力は約 2.1 V)が 10 個ある。直列に 5 個接続した鉛蓄電池 2 組を並列に接続して電源とし，白金電極を用いて硝酸銀水溶液を電気分解したところ，陰極には気体の発生はなく，8.64 g の銀が析出した。下の問に答えよ。ただし，式量および分子量は， $\text{Ag} = 108$ ， $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$ ， $\text{H}_2\text{O} = 18$ とする。

鉛蓄電池の電池式 $(-)\text{Pb} \mid \text{H}_2\text{SO}_4\text{aq} \mid \text{PbO}_2(+)$

問 i 電気分解後，鉛蓄電池 1 個の電解質溶液で増加した水の質量はいくらか。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.

--	--

 g

問 ii 電気分解後，鉛蓄電池の電解質溶液における硫酸の質量パーセント濃度はいくらか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して，下の形式により示せ。

--	--

 %

(下書き用紙)

第Ⅱ問 (50点満点)

問題5と問題6の問ii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7と問題8の問i、問ii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6の問iと問題8の問iii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。

5 つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. 0°C の氷水中の氷がすべて解けて 0°C の水になっても、温度が変わらないので氷水と外部との間のエネルギーのやり取りはない。
2. 水に食塩を溶かすと凝固点が降下するのは、食塩の溶解が吸熱反応であることが原因である。
3. 断熱容器中で、 0°C の食塩水中に 0°C の氷を入れると、氷の体積は増える。
4. 食塩水にレーザー光を通すと、食塩水中の光の通路が輝いて見える。
5. 水に対する水酸化ナトリウムの溶解熱は負である。
6. 食塩が溶けきれず沈殿している飽和食塩水では、沈殿している食塩が溶液に溶け出す速さと、溶液から食塩が析出する速さは等しい。

(下書き用紙)

6 つぎの問に答えよ。

問 i 一酸化窒素の生成熱は 91 kJ/mol の吸熱で、一酸化窒素から二酸化窒素への燃焼熱は 57 kJ/mol の発熱であるとき、二酸化窒素の生成熱はいくらか。解答は、符号をつけて表せ。

問 ii つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 物質の生成熱は温度に依存する。
2. アルミナの生成熱は酸化鉄(III)の生成熱より大きい。
3. ヘスの法則を用いると、実際に起こらない反応と起こる反応を区別できる。
4. 化学反応において、逆反応の活性化エネルギーから正反応の活性化エネルギーをひいたものは反応熱に等しい。
5. 化学反応にともなう反応熱は、反応物のもつ化学エネルギーから生成物のもつ化学エネルギーをひいたものに常に等しい。

(下書き用紙)

7 容積 16.6 L で一定の容器内に、0.880 g のプロパン(C₃H₈)と 6.40 g の酸素を導入し、C₃H₈を完全燃焼させたのち、容器内の温度を 300 K とした。このとき、容器内の気体の全圧はいくらか。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、すべての気体は理想気体としてふるまい、気体の水への溶解は無視できるものとする。また、温度 300 K での水の飽和蒸気圧は 3.60×10^3 Pa、気体定数は 8.3×10^3 Pa·L/(K·mol) とし、各分子の分子量は、H₂O = 18, O₂ = 32, CO₂ = 44, C₃H₈ = 44 とする。

. × 10⁴ Pa

(下書き用紙)

8 Na_2SO_4 水溶液を用い、つぎの実験 1～3 を行った。下の問に答えよ。ただし、水溶液中で溶質は完全に電離しているものとする。また、実験 1, 2 では水の蒸発は無視できるものとし、実験 3 では水蒸気は理想気体としてふるまうものとする。 Na_2SO_4 の式量を 142, H_2O の分子量を 18 とする。

実験 1 80℃ の飽和 Na_2SO_4 水溶液 50.0 g を 20℃ まで冷却したところ、 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ の結晶が沈殿した。この状態を A とする。

実験 2 状態 A の上ずみ液 10.0 g に水 50.0 g を加え、 -1.35°C まで冷却したところ、氷が析出した。この状態を B とする。

実験 3 容器の容積を変化させることで圧力を $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で一定に保つことのできる密閉容器内に、1.42 g の Na_2SO_4 を水 50.0 g に溶かした希薄水溶液を入れた。この容器を加熱したところ、沸騰している希薄水溶液と水蒸気が共存し、水蒸気の体積が一定の平衡状態となった。この状態を C とする。つづいて状態 C から容器内の溶液を取り除き、容器内の温度を 300℃ にしたところ、容器内の水蒸気の体積は状態 C における水蒸気の体積の a 倍となった。

問 i 状態 A において析出した $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ の質量はいくらか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して、下の形式により示せ。ただし、 Na_2SO_4 の溶解度 [g/水 100 g] は 20℃ では 20.0, 80℃ では 43.0 とする。

--	--

 g

問ii 状態Bにおいて析出した氷の質量はいくらか。解答は小数点以下第1位を四捨五入して、下の形式により示せ。ただし、状態Bにおいて Na_2SO_4 水溶液は希薄溶液としてふるまうものとする。また、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

--	--

 g

問iii 状態Cにおける希薄水溶液中の水の質量は、下の式で表される。

式中の を a を用いて表せ。ただし、水のモル沸点上昇を $K_b[\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}]$ とする。

--

 $\times K_b [\text{g}]$

第Ⅲ問 (50点満点)

問題9、問題10と問題11の問i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11の問iiと問題12の問i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12の問ii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。

9 つぎの有機化合物A~Fに関する記述ア~カを読み、下の問に答えよ。

- ア. 炭化カルシウムに水を加えると、化合物Aが得られる。
- イ. エチレンに触媒を用いて水を付加させると、化合物Bが得られる。
- ウ. 無水酢酸に水を加え加熱して反応させると、化合物Cが得られる。
- エ. 塩化パラジウム(Ⅱ)と塩化銅(Ⅱ)を触媒とし、エチレンを水および酸素存在下で酸化すると、化合物Dが得られる。化合物Dにフェーリング液を加え加熱すると赤色沈殿が生じる。
- オ. トルエンを過マンガン酸カリウム水溶液と加熱して酸化した後、酸性にすると、化合物Eが得られる。
- カ. クロロベンゼンに高温・高圧下で水酸化ナトリウム水溶液を作用させた後、酸性にすると、化合物Fが得られる。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. イソプロピルベンゼンを触媒を用いて酸素で酸化した後、希硫酸で分解して得られる生成物は、A~Fの中に1つある。
2. 炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると二酸化炭素を発生させる化合物は、A~Fの中に2つある。
3. ヨードホルム反応を示す化合物は、A~Fの中に3つある。
4. 分子を構成する炭素の数が同じ化合物は、A~Fの中に4つある。
5. A~Fの中には、硫酸水銀(Ⅱ)を触媒として水を付加させると、A~Fの中の別の化合物を生じるものがある。

(下書き用紙)

10 つぎの記述を読み、下の問に答えよ。ただし、光学異性体は考慮しないものとする。

化合物 A は、 $C_{17}H_{18}O_2$ の分子式で表されるエステルであり、ベンゼン環を 2 つもつ。化合物 A を加水分解したところ、化合物 B と化合物 C が得られた。B はヨードホルム反応を示し、その反応により生成する有機化合物の塩を塩酸で処理すると C が得られた。

問 つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. A として考えられる化合物の数は、3 つである。
2. B として考えられる化合物の中には、脱水反応を行い、アルケンにすると複数の異性体を生じるものがある。
3. B の分子量は、ナトリウムフェノキシドを高温・高圧のもとで二酸化炭素と反応させた後、酸性にして得られる有機化合物の分子量と同じである。
4. C の酸性はフェノールよりも強く、炭酸よりも弱い。
5. B と C を含むジエチルエーテル溶液に十分な量の希塩酸を加え、分液漏斗を使ってエーテル層と水層とを分けると、B と C の分離が可能である。

(下書き用紙)

11 糖類に関するつぎの問に答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$ とする。

問 i つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. フルクトースは、グルコースの構造異性体ではない。
2. 1 mol のマルトースでフェーリング液を還元すると 2 mol の Cu_2O が生じる。
3. スクロースを加水分解して得られる 2 種類の糖類は、いずれも還元性を示す。
4. アミロースやセルロースは、どちらも分子内の水素結合でらせん構造をとる。
5. 希硫酸を用いてデンプンをグルコースまで完全に加水分解する反応では、デキストリンを経由する。

問 ii デンプンを希硫酸で部分的に加水分解すると、化合物 A が得られた。

0.0100 mol の化合物 A を過剰の無水酢酸と反応させると、すべてのヒドロキシ基がアセチル化され、質量が 33.6 g 増加した。化合物 A は何個のグルコース分子が縮合してできたものか。

(下書き用紙)

12 油脂は、1分子のグリセリン(1,2,3-プロパントリオール)に3分子の脂肪酸がエステル結合した構造をもつ化合物である。つぎの油脂に関する実験1と2の記述を読み、下の問に答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$ 、 $K = 39$ とする。

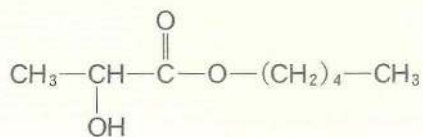
実験1 油脂Aを加水分解するとグリセリンと2種類の直鎖の飽和脂肪酸BとCが得られた。この油脂A 40.3 gを完全に加水分解するのに必要な水酸化カリウムの量は8.40 gであった。

実験2 油脂Aを触媒を用いて加水分解すると、エステル結合を1つもつ化合物Dと脂肪酸Cが得られた。化合物Dは不斉炭素原子をもたなかった。13.7 gの化合物Dを完全に燃焼させると、二酸化炭素 33.0 gと水 13.5 gが得られた。

問 i 1分子の油脂Aを構成する炭素原子の数はいくらか。

問 ii 化合物Dの構造を例にならって示せ。

例)



(下書き用紙)

化学の問題は大きな3つのグループ、第Ⅰ問(問題1, 2, 3, 4)、第Ⅱ問(問題5, 6, 7, 8)、第Ⅲ問(問題9, 10, 11, 12)から構成されている。

注意Ⅰ 問題1, 問題2, 問題5, 問題6の問ii, 問題9, 問題10, 問題11の問i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。

解答例： 1 水はどんな元素からできているか。

1. 水素と窒素
2. 炭素と酸素
3. 水素と酸素
4. 窒素と酸素

1

	3
--	---

または

3	
---	--

解答例： 2 水を構成している元素は、つぎのうちどれか。

1. 水素
2. 炭素
3. 窒素
4. 酸素

2

1	4
---	---

または

4	1
---	---

注意Ⅱ 問題6の問i, 問題8の問iii, 問題12の問iiについては、指示にしたがって答案用紙の所定の枠の中に適切な数値や式あるいは構造を記せ。

注意Ⅲ その他の問については、答案用紙の所定の枠の中に、0から9までの適当な数字を1枠に1つ記入せよ。

解答例： 5 ベンゼン分子は何個の炭素原子で構成されているか。

5

0	6
---	---

解答例： 6 つぎの問に答えよ。

問i 水分子には何個の水素原子が含まれているか。

問ii 水分子には何個の酸素原子が含まれているか。

6

i		ii
2	個	1
2	個	1