

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 つの正答がある。答案用紙の所定の枠の中に、正答の番号を記入せよ。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 A～E は互いに異なる金属元素であり、Ag, Al, Cu, Fe, Mn, Pb のいずれかである。つぎの記述ア～オを読み、下の問に答えよ。

- ア. A と B の単体は濃硝酸に溶けない。
- イ. A の単体は水酸化ナトリウム水溶液と反応し、水素を発生させる。
- ウ. C の 2 価イオンの酸性水溶液中での色は、淡桃色(淡赤色)である。
- エ. D の単体を空气中、1100℃ で加熱すると赤色固体を生じる。
- オ. B～E は遷移元素である。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. A と D のイオンをそれぞれ別に含む水溶液にアンモニア水を少量加えるといずれも沈殿を生じるが、さらに過剰量のアンモニア水を加えると、D のイオンを含む水溶液から生じた沈殿のみ溶ける。
2. B のイオンを含む水溶液に希硝酸を加えて熱した後、過剰量のアンモニア水を加えると赤褐色の沈殿を生じる。
3. B の原子番号は C の原子番号より大きい。
4. C と D の 2 価イオンをそれぞれ別に含む水溶液に、塩基性条件で硫化水素を通じると、いずれも沈殿を生じる。
5. E のイオンを含む水溶液に希塩酸を加えて生じた白色沈殿を、アンモニア水に加えると溶ける。
6. A～E の単体のうち、室温における電気の伝導性が最も大きいのは D である。

2 つぎのア～オをすべて満たす，A～Eの組合せはどれか。1～7の番号で答えよ。

ア．元素Aの単体は，塩酸と反応して水素を発生させる。

イ．元素Bの原子の最外殻電子の数は，奇数である。

ウ．Cは極性分子である。

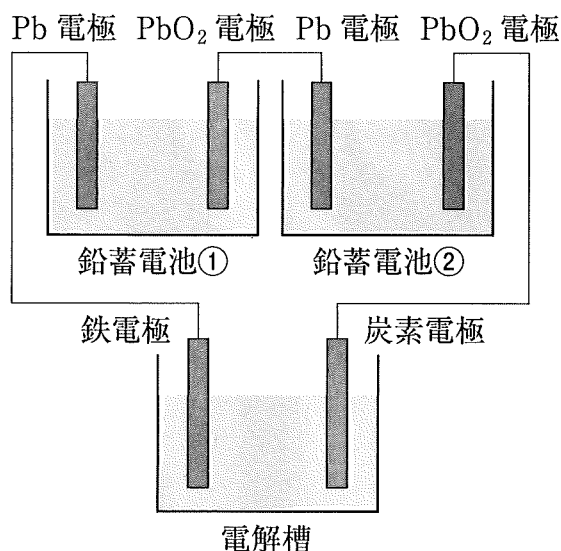
エ．Dは，常温，常圧で水によく溶ける。

オ．Eの水溶液は，弱塩基性または弱酸性のいずれかを示す。

組合せ	A	B	C	D	E
1	スズ	リン	ジクロロメタン	硝酸銀	硫化水素
2	銀	ナトリウム	メタノール	塩化カルシウム	酢酸
3	リチウム	塩素	二酸化炭素	酸化アルミニウム	アンモニア
4	ニッケル	ホウ素	ギ酸	硫酸バリウム	炭酸水素ナトリウム
5	亜鉛	酸素	フッ化水素	硫酸鉛(Ⅱ)	酢酸ナトリウム
6	カルシウム	水素	四塩化炭素	炭酸カルシウム	塩化アンモニウム
7	アルミニウム	窒素	水	水酸化ナトリウム	二酸化硫黄

3 質量パーセント濃度 40.0 % の硫酸 980 mL を電解質水溶液(電解液)とする鉛蓄電池①, 鉛蓄電池②と, 1.00 mol/L の塩化ナトリウム水溶液 1.00 L を入れた電解槽を図のように接続し, 電気分解を行ったところ塩素が発生した。電気分解後の鉛蓄電池①における硫酸の質量パーセント濃度は 38.0 % であった。下の問に答えよ。

ただし, H_2SO_4 の分子量は 98.0, ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。鉛蓄電池の放電で流れた電気量と電解槽で塩素の発生に使われた電気量は等しく, 発生した塩素は水に溶解しないものとする。また, 鉛蓄電池の硫酸の密度は 1.30 g/cm^3 で変化せず, 鉛蓄電池における電解液および電解槽における水溶液の体積変化は無視できるものとする。



問 i 電気分解で流れた電気量はいくらか。解答は有効数字の 3 桁目を四捨五入して, 下の形式により示せ。

$\times 10^4 \text{ C}$

問 ii 電気分解後の鉛蓄電池①の電解液 9.80 mL を 100 mL の水に加えて希釈した水溶液を A とし, 電気分解後の電解槽の水溶液を B とする。A の中和に要する B の体積はいくらか。解答は有効数字の 3 桁目を四捨五入して, 下の形式により示せ。

$\times 10^2 \text{ mL}$

- 4 炭酸 H_2CO_3 が含まれるある水溶液において、 H_2CO_3 がつぎの式(1)、(2)のように2段階に電離して平衡状態に達している。式(1)、(2)の電離定数はそれぞれ $7.80 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、 $1.30 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ とする。つぎの問に答えよ。



問 H_2CO_3 の濃度が $2.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 、 CO_3^{2-} の濃度が $5.07 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ であるとき、水溶液の pH 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、 $\log_{10} 2 = 0.301$ とする。

pH = .

- 5 つぎの表の番号 1 ～ 6 に示す結晶は、それぞれ NaCl 型または CsCl 型のいずれかの結晶構造をとり、結晶の密度は 2.00 g/cm^3 より大きく、 5.00 g/cm^3 より小さい。これらの結晶に関する下の問に答えよ。ただし、結晶中のイオンはすべて球とみなし、最も近い陽イオンと陰イオンは互いに接しているものとする。また、 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{11} = 3.32$ とし、アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

番号	化合物	化合物の式量	単位格子の一辺の長さ (cm)	単位格子の体積 (cm^3)
1	NaF	42.0	4.62×10^{-8}	9.86×10^{-23}
2	NaCl	58.4	5.64×10^{-8}	17.9×10^{-23}
3	NaBr	103	5.96×10^{-8}	21.2×10^{-23}
4	CsF	152	6.01×10^{-8}	21.7×10^{-23}
5	CsCl	168	4.12×10^{-8}	6.99×10^{-23}
6	CsBr	213	4.29×10^{-8}	7.89×10^{-23}

- 問 i 密度が最も小さい結晶、密度が最も大きい結晶はそれぞれどれか。表中の 1 ～ 6 の番号で答えよ。

密度が最も小さい結晶

密度が最も大きい結晶

- 問 ii 密度が最も大きい結晶中で、陽イオンの中心と陰イオンの中心の間の距離のうち、2 番目に短い距離はいくらか。有効数字 3 桁目を四捨五入して、下の形式により示せ。

. $\times 10^{-8} \text{ cm}$

第Ⅱ問 (50 点満点)

問題 6 と問題 7 については、1 つまたは 2 つの正答がある。答案用紙の所定の枠の中に、正答の番号を記入せよ。問題 8 と問題 9 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式を記せ。

6 つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. 標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) のもとで 0°C から水を加熱していくと、液体の水の密度は温度上昇とともに単調減少する。
2. 標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) は、水の三重点の圧力より高いが、二酸化炭素の三重点の圧力より低い。
3. 水と二酸化炭素のいずれにおいても、融点と沸点はともに、圧力の上昇にしたがって高くなる。
4. 標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)、 25°C の条件下では、金属元素の単体はすべて固体である。
5. ケイ素の単体の結晶は光沢をもち、結晶中の原子どうしは金属結合で結びついている。
6. アンモニア分子 NH_3 と水素イオン H^+ が結合して生じるアンモニウムイオンにおいては、4 個の N-H 結合は、どれが配位結合によってできたものかを区別できない。
7. NaCl は、固体と液体のいずれの状態でも電気をよく通す。

7 つぎの希薄溶液 A～E に関して、下の問に答えよ。ただし、A～E を互いに混合しても反応しないものとし、塩化ナトリウムの電離度は常に 1 とする。

A : 1.0×10^{-3} mol の硝酸カリウムを水 100 g に溶かした溶液

B : 1.0×10^{-3} mol のエタノールを水 100 g に溶かした溶液

C : 1.0×10^{-3} mol の塩化ナトリウムを水 100 g に溶かした溶液

D : 1.0×10^{-3} mol のスクロースを水 100 g に溶かした溶液

E : 1.0×10^{-3} mol の水をエタノール 100 g に溶かした溶液

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 圧力一定の条件下では、A の沸点は D の沸点よりも高い。
2. B, C, D の 30℃ における蒸気圧を高い順に並べると B, D, C である。
3. 1.013×10^5 Pa において、B の全量と E の全量を混合した溶液を加熱すると、沸騰がはじまっても、しばらく温度上昇が続く。
4. 30℃ において、B の全量と E の全量を混合した溶液の蒸気圧は E の蒸気圧よりも低い。
5. 圧力一定の条件下では、A の全量と C の全量を混合した溶液の沸点は C の沸点よりも高い。
6. 1.013×10^5 Pa において、C の凝固点が -0.04°C であった。このとき、C の全量と D の全量を混合した溶液の凝固点は -0.03°C である。

- 8 気体分子 A, B, C の可逆反応(1)に関するつぎの文を読み, 下の問に答えよ。ただし, 気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。



A, B, C のモル濃度をそれぞれ $[A]$, $[B]$, $[C]$ とすると, 温度 T_1 における C の生成速度 v_1 と C の分解速度 v_2 は, それぞれつぎのように表されることが実験からわかった。

$$v_1 = k_1[A][B] \quad \text{ただし } k_1 = 3.60 \times 10^{-2} \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$$

$$v_2 = k_2[C]^2 \quad \text{ただし } k_2 = 1.00 \times 10^{-3} \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$$

容積一定の空の密閉容器に 2.00 mol の C を封入し, 温度 T_1 で長時間放置したところ, 平衡状態 I に達した。その後, 容器内に新たに A を 0.500 mol 加え, 温度 T_2 で長時間放置したところ, 平衡状態 II に達した。

- 問 i 平衡状態 I における A の物質量はいくらか。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.

--	--

 mol

- 問 ii 温度 T_2 での可逆反応(1)の平衡定数が 4.00 であるとき, 平衡状態 II における A の物質量はいくらか。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.

--	--

 mol

9 容積 V [L] の容器 A と容積 $6.00V$ [L] の容器 B が、コックで連結されている。これに対して、つぎの操作 1～3 を順に行った。下の間に答えよ。ただし、 $V = 8.31$ [L] であり、連結部分の体積は無視できるものとする。また、気体は理想気体としてふるまい、液体の水の体積および窒素の水への溶解は無視できるものとする。飽和水蒸気圧は 280 K で 1.00×10^3 Pa、350 K で 4.20×10^4 Pa とし、気体定数は 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol) とする。

操作 1 コックを閉じた状態で空の容器 A に 0.400 mol の水を入れ、容器 A 内の温度を 350 K にし、その温度に保ったまま十分な時間を経過させた。

操作 2 続いて空の容器 B に 0.400 mol の窒素を入れコックを開いた。その後、容器 A および容器 B 内の温度を 350 K に保ち、十分な時間を経過させた。

操作 3 再びコックを閉じてから、容器 B 内の温度を 280 K にし、その温度に保ったまま十分な時間を経過させた。

問 i 操作 1 の後、容器 A に液体の水が存在していた。この液体の水の物質量はいくらか。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.

--	--

 mol

問 ii 操作 3 の後における容器 B 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。

--

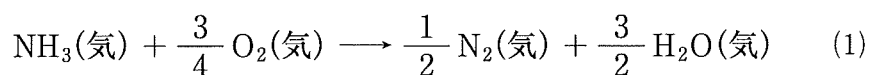
.

--

 $\times 10^4$ Pa

10 アンモニア燃焼に関するつぎの記述を読み、下の問に答えよ。

大気圧下，1000 K において，アンモニアを燃料として使用するときの燃焼反応は，つぎの式(1)で表されるとする。



式(1)におけるアンモニアの反応エンタルピーを ΔH_1 [kJ/mol] とすると，アンモニア 1 mol が燃焼する反応は $-\Delta H_1$ [kJ] の熱量が放出される発熱反応である。この放出される熱量は，同条件で水素 1 mol の燃焼により放出される熱量より x [kJ] だけ上回る。

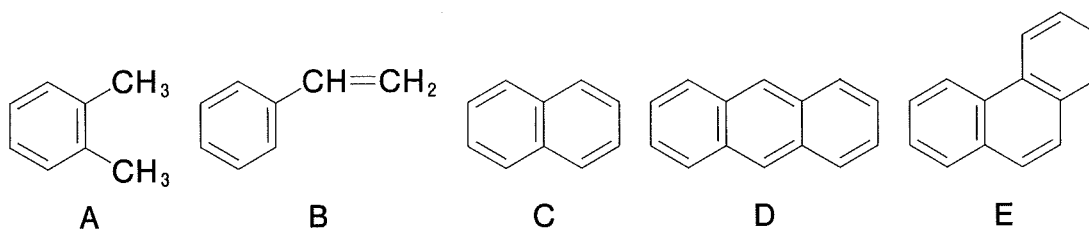
問 大気圧下，1000 K における，アンモニアの生成エンタルピーを ΔH_2 [kJ/mol] とするとき，熱量 x [kJ] を ΔH_1 と ΔH_2 を用いて示せ。ただし，アンモニア，酸素，窒素，水素，水はすべて気体とする。

$x =$

第Ⅲ問 (50 点満点)

問題 11, 問題 12 と問題 13 については, 1つまたは2つの正答がある。答案用紙の所定の枠の中に, 正答の番号を記入せよ。問題 14 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 つぎの構造をもつ化合物 A～E について, 下の記述 1～6 のうち, 誤っているものはどれか。ただし, 各元素の原子量は, $H = 1$, $C = 12$, $O = 16$ とする。



1. A～E のそれぞれ 100 mg が完全燃焼するとき, 生成する水の質量が最も大きい化合物は A である。
2. B を付加重合させると, 熱可塑性樹脂が得られる。
3. A と C をそれぞれ酸化バナジウム(V)触媒を用いて高温で酸化すると, 同じ芳香族化合物が得られる。
4. A を構成するすべての原子は, 同一平面上に位置している。
5. D と E は, 互いに構造異性体である。
6. C において, 水素原子 2 つを臭素原子に置換したとき生じうる構造異性体の数は 10 である。

12 分子式 C_8H_{16} で表されるアルケン A～C に関するつぎの記述ア～オを読み、下の問に答えよ。

- ア. A～C のいずれにおいても、二重結合をつくる炭素原子に、2つの水素原子と2つの異なるアルキル基が結合している。また、2つのアルキル基のうち、少なくとも1つは枝分かれ構造をもつ。
- イ. A～C の二重結合をつくる炭素原子に結合した水素原子1つを、ヒドロキシ基に置き換えて生じる化合物は不安定であり、ただちに銀鏡反応を示すカルボニル化合物に変化する。
- ウ. A～C のアルキル基の水素原子1つを、ヒドロキシ基に置き換えて生じうるすべてのアルコールは、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化され、アルデヒドまたはケトンに変化する。
- エ. A および B は、二重結合をつくる炭素原子に結合した CH_3 -基をもつ。
- オ. 二重結合をつくる炭素原子に結合した2つの異なるアルキル基において、一方のアルキル基に含まれる適当な CH_3 -基1つを他方のアルキル基の水素原子1つと交換すると、A を C に変換することが可能である。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. A～C にシス-トランス異性体は存在しない。
2. A～C はいずれも、不斉炭素原子をもたない。
3. A に水素を付加させて生成するアルカンは、不斉炭素原子をもつ。
4. A～C はいずれも、水素原子が結合していない炭素原子を2つもつ。
5. C の二重結合をつくる炭素原子には、 CH_3CH_2 -基が結合している。
6. A～C のうち、アルキル基の水素原子1つを CH_3 -基に置換したとき、不斉炭素原子をもつ化合物を生じうるものは2つである。

13 多糖類に関するつぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. デンプンとセルロースを加水分解して得られる単糖は、グルコースである。
2. アミロースとセルロースは、単糖が直鎖状に連なった高分子化合物である。
3. グリコーゲン、アミロペクチンより枝分かれが多い構造をもつ。
4. ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えたデンプン水溶液を色が消失するまで加熱し、冷却すると再び呈色する。
5. デンプン水溶液にフェーリング液を加えた混合液を加熱すると、赤色沈殿が生じる。
6. シュワイツァー(シュバイツァー)試薬に溶かしたセルロースを細孔から希硫酸中に押し出すと、銅アンモニアレーヨン(キュプラ)が得られる。

- 14 化合物 A～D はいずれも、炭素、水素、窒素、酸素のみからなる。つぎの記述 A～E を読み、下の問に答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$ とする。

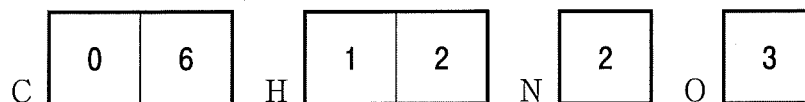
ア. A はトリペプチド、B はジペプチドであり、それらの構造式と化学式は R^1 , R^2 を原子または原子団としてそれぞれつぎのように表される。

化合物	A	B
構造式	$ \begin{array}{ccccccc} & R^1 & & H & & R^2 & & H & & R^1 \\ & & & & & & & & & \\ H_2N - & C - & C - & N - & C - & C - & N - & C - & COOH \\ & & & & & & & \\ & H & O & & H & O & & H \end{array} $	$ \begin{array}{ccccccc} & R^1 & & H & & R^2 \\ & & & & & \\ H_2N - & C - & C - & N - & C - & COOH \\ & & & & \\ & H & O & & H \end{array} $
化学式	$C_6H_8N_3O_4(R^1)_2R^2$	$C_4H_6N_2O_3R^1R^2$

- イ. A の分子量は 333 であり、A を完全に加水分解すると、2 種類の α -アミノ酸 C と D のみが得られた。
- ウ. B の分子量は 232 であり、B を加水分解すると、C と D のみが得られた。
- エ. C の元素分析を行ったところ、炭素と水素の原子の数の比が 4 : 9 と求められた。また、D の元素分析を行ったところ、炭素と水素の原子の数の比が 6 : 13 と求められた。

問 化合物 A の分子式を例にならって示せ。

(例) $C_6H_{12}N_2O_3$ の分子式：

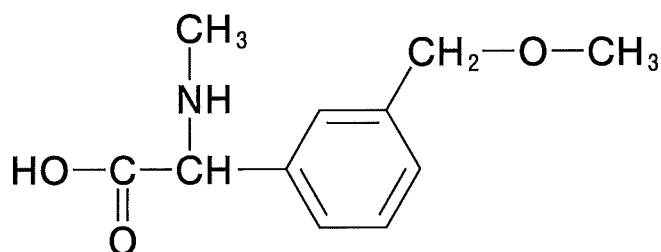


15 化合物 A～G は電荷をもたない有機化合物であり、いずれもベンゼン環をもつ。
つぎの記述ア～カを読み、下の問に答えよ。

- ア. 化合物 A, B はいずれも、炭素、水素、窒素、酸素の 4 つの元素からなる。また、A, B の炭素原子の数はいずれも 30 以下である。
- イ. 化合物 C は、ベンゼンの水素原子の 1 つがアルキル基で置き換わった構造をもつ。C を酸素で酸化した後に希硫酸で分解すると、化合物 D とアセトンが得られる。
- ウ. 化合物 E は、C と同じ分子式をもつ。E を過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、3 価カルボン酸 F が得られる。F の炭素原子に結合した水素原子 1 つを塩素原子に置き換えて生じる化合物は、1 種類である。
- エ. 化合物 A, B を完全に加水分解すると、いずれの加水分解反応においても 3 種類の化合物 D, F, G が生成し、他の化合物は生成しない。また、このとき生成する D, F, G の物質質量比は、A の加水分解反応と B の加水分解反応で異なる。
- オ. 化合物 G は、一置換ベンゼンである。
- カ. 化合物 A, B は、1 分子中の総電子数が互いに等しいが、1 分子に含まれるすべての原子の原子価の総和は A の方が B より大きい。

問 化合物 A の構造式を例にならって示せ。

(例)



化学の問題は大きな3つのグループ、第Ⅰ問(問題1～5)、第Ⅱ問(問題6～10)、第Ⅲ問(問題11～15)から構成されている。

注意Ⅰ 問題1, 問題2, 問題6, 問題7, 問題11, 問題12, 問題13については、1つまたは2つの正答がある。答案用紙の所定の枠の中に、正答の番号を記入せよ。

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

1	
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

2	
4	1

注意Ⅱ 問題10, 問題15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： 3 ベンゼン分子は何個の炭素原子で構成されているか。

3	
0	6

解答例： 4 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。

4	
i	ii
2	1
個	個