

化 学

計算に必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量：H 1, C 12, N 14, O 16, F 19, Na 23, Mg 24, Al 27,

Si 28, P 31, S 32, Cl 35.5, Ar 40, K 39, Ca 40, Cr 52,

Mn 55, Fe 56, Cu 63.5, Zn 65, Br 80, Ag 108, I 127, Pb 207

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

水のイオン積(25℃)： $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

対数： $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 7 = 0.85$

1 各問いに答えよ。

(1) 物質の構成に関する記述として正しいものをすべて選び、**ア** にすべてマークせよ。

- ① 「水 H_2O は水素と酸素で構成されている」という場合の酸素は単体を表している。
- ② 「空気は主として窒素と酸素で構成されている」という場合の酸素は単体を表している。
- ③ 化合物は2種類以上の元素からできている純物質である。
- ④ 純物質は単体と混合物に分類される。
- ⑤ 塩酸は純物質である。

(2) 次の①～⑤のなかで、1分子中の非共有電子対の数が最も多いものはどれか。一つ選べ。 イ

① 塩化水素

② 塩化ビニル

③ ギ酸

④ 窒素

⑤ 硫化水素

(3) 次の記述 a～c の正誤についての組合せとして、最も適当なものを①～⑧のうちから一つ選べ。 ウ

a ホールピペットは、これから使用する溶液で洗った後、加熱乾燥して用いる。

b メスフラスコで一定濃度の水溶液を調製する際、メスフラスコの内部が水で濡れていても、乾燥させずにそのまま使用してよい。

c ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液と、同じ体積のヘキサンを分液ろうとに入れて、振り混ぜた後に静置した。このとき、ヨウ素は分液ろうと内の上側の液体に抽出される。

	a	b	c
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

- (4) 元素Xから生じる単原子イオンを●, 元素Yから生じる単原子イオンを○で表す。このとき●と○で構成される結晶の単位格子は図1で表される。

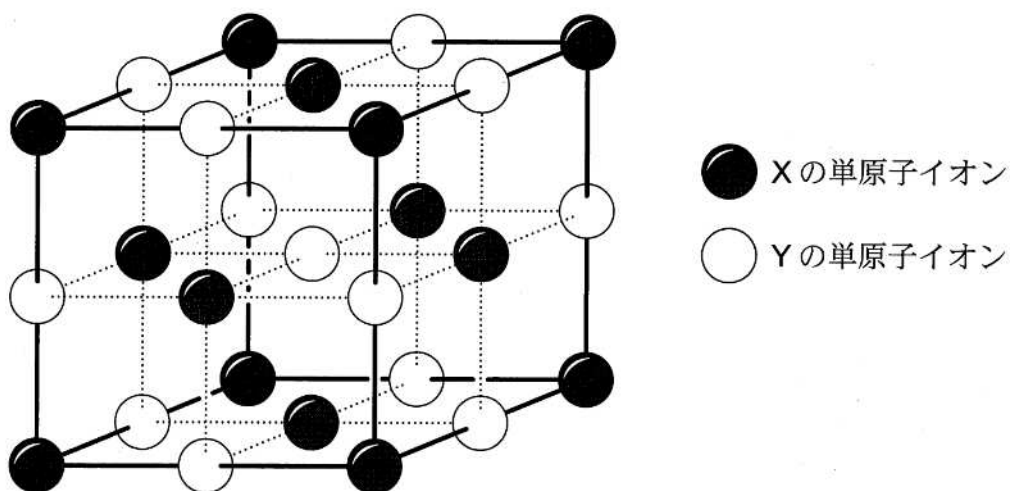


図1

この結晶にはXが質量百分率で60%含まれる。Xの原子量はYの原子量の何倍か。最も適当なものを一つ選べ。 エ

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| ① $\frac{2}{5}$ 倍 | ② $\frac{1}{2}$ 倍 | ③ $\frac{3}{5}$ 倍 |
| ④ $\frac{2}{3}$ 倍 | ⑤ 1 倍 | ⑥ $\frac{3}{2}$ 倍 |
| ⑦ $\frac{5}{3}$ 倍 | ⑧ 2 倍 | ⑨ $\frac{5}{2}$ 倍 |

- (5) 下線の物質がブレンステッド・ローリーの定義による酸としてはたらいっている反応をすべて選び、 オ にすべてマークせよ。

- ① $\text{CH}_3\text{COOH} + \underline{\text{H}_2\text{O}} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
- ② $\underline{\text{NH}_4^+} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+$
- ③ $\underline{\text{HPO}_4^{2-}} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$
- ④ $\underline{\text{CO}_3^{2-}} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
- ⑤ $\text{Na}_2\text{O} + \underline{\text{H}_2\text{O}} \longrightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^-$

(6) 3種類の金属A, B, Cがある。Aの陽イオンを含む水溶液に、B, Cの単体の小片を浸したところ、いずれもAの単体が析出した。BとCの単体の小片を、希硫酸でぬらしたろ紙の上に置き、B, Cの小片間に検流計を接続したところ、Bが正極となることがわかった。A, B, Cをイオン化傾向の大きい順に並べたものはどれか。一つ選べ。 カ

① $A > B > C$

② $A > C > B$

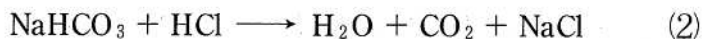
③ $B > A > C$

④ $B > C > A$

⑤ $C > A > B$

⑥ $C > B > A$

(7) 炭酸ナトリウム Na_2CO_3 と、炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 の混合水溶液に、フェノールフタレイン溶液を1滴加えた。この水溶液に 0.10 mol/L 塩酸を滴下していくと、 5.0 mL 加えたとき溶液が赤色から無色に変わった(第1中和点とする)。続けて、メチルオレンジ溶液を1滴加え、塩酸の滴下を続けると、さらに 12.0 mL 加えたときに溶液が黄色から赤色に変わった(第2中和点とする)。最初の水溶液中にあった炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムの物質量はそれぞれ何 mol か。値は四捨五入して有効数字2桁で求め、キ ~ シ に当てはまる数字を入れよ。ただし、第1中和点までは次の式(1)の反応のみが起こり、第1中和点~第2中和点は式(2)の反応のみが起こるとする。



炭酸ナトリウム： キ . ク $\times 10^{-\text{ケ}}$ mol

炭酸水素ナトリウム： コ . サ $\times 10^{-\text{シ}}$ mol

2 各問いに答えよ。

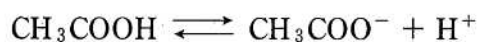
(1) 両極に白金電極を用いて硫酸ナトリウム水溶液の電気分解を行った。その結果に当てはまる記述を一つ選べ。 ア

- ① 両極で同じ物質量の気体が発生する。
- ② 陽極では硫酸イオンが酸化される。
- ③ 陰極の周囲の水溶液が塩基性を示すようになる。
- ④ 一方の電極で金属が析出する。
- ⑤ 一方の電極で発生する気体は刺激臭を持つ。

(2) 物質の三態間の変化について正しい記述をすべて選び、イ にすべてマークせよ。

- ① 水の液体から気体への変化を凝縮という。
- ② ヨウ素の固体から気体への変化を昇華という。
- ③ 一定圧力のもとで純粋な塩化ナトリウムの融点と凝固点の温度は等しい。
- ④ 固体のドライアイスから気体の二酸化炭素への変化は化学変化である。

(3) 酢酸の水溶液では、次の式で表される電離平衡が成立している。



次の①～⑤の物質を加えたとき、この電離平衡が右に移動するのはどれか。
二つ選び、ウ に二つマークせよ。

- | | |
|----------------|---------------|
| ① 塩化ナトリウム(固体) | ② 酢酸ナトリウム(固体) |
| ③ 水酸化ナトリウム(固体) | ④ 濃塩酸 |
| ⑤ 水 | |

(4) 容積 16.6 L の真空容器に水 3.6 g を入れた。各問いに答えよ。ただし、水の蒸気圧を 27 °C で 3.6×10^3 Pa, 77 °C で 4.2×10^4 Pa とし、液体の水の体積は無視できるものとする。

- 1) 容器内の温度を 27 °C に保った。容器内の圧力は何 Pa か。値は四捨五入して有効数字 2 桁で求め、 $\boxed{\text{工}} \sim \boxed{\text{力}}$ に当てはまる数字を入れよ。

$$\boxed{\text{工}}.\boxed{\text{才}} \times 10^{\boxed{\text{カ}}} \text{ Pa}$$

- 2) 次に、容器内の温度を上げて 77 °C に保った。容器内の圧力は何 Pa となるか。値は四捨五入して有効数字 2 桁で求め、 $\boxed{\text{キ}} \sim \boxed{\text{ケ}}$ に当てはまる数字を入れよ。

$$\boxed{\text{キ}}.\boxed{\text{ク}} \times 10^{\boxed{\text{ケ}}} \text{ Pa}$$

- (5) ある物質量の気体を、図2のような体積、圧力や温度を変化させることができる容器に閉じ込めた。

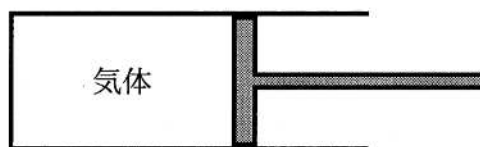


図2

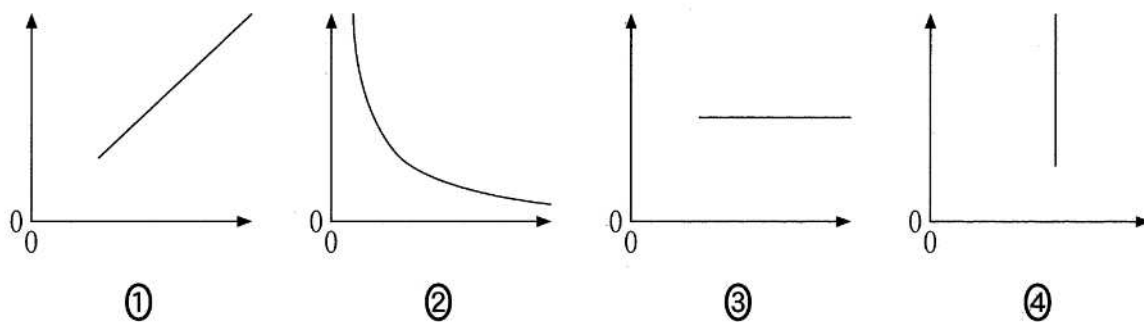
このとき、次の量の関係を表すグラフの概形として最も適当なものを、下のグラフ①～④から、それぞれ一つずつ選べ。ただし、気体は理想気体とみなすことができるものとする。

温度を一定に保って圧力を変化させたときの、
圧力(横軸) [Pa] と密度(縦軸) [g/L] の関係

コ

体積を一定に保って温度を変化させたときの、
温度(横軸) [K] と密度(縦軸) [g/L] の関係

サ



- (6) 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 44.8 L を占める、メタン CH_4 とプロパン C_3H_8 の混合気体がある。この混合気体を完全燃焼させると 3774 kJ の熱が発生した。メタンとプロパンの物質量の比はいくらか。最も適当なものを一つ選べ。ただし、 1 mol のメタン、プロパンの完全燃焼により発生する熱は、それぞれ、 891 kJ , 2219 kJ とする。また、生じる水はすべて液体とする。

メタンの物質量：プロパンの物質量 = シ

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① $4 : 1$ | ② $3 : 1$ | ③ $2 : 1$ |
| ④ $1 : 1$ | ⑤ $1 : 2$ | ⑥ $1 : 3$ |
| ⑦ $1 : 4$ | | |

3 各問いに答えよ。

- (1) 次を示す合金のうち、名称と「主な成分」・「用途の例」の組合せに誤りを含むものを二つ選び、**ア** に二つマークせよ。

	名 称	「主な成分」	「用途の例」
①	青 銅	Cu, Zn	楽器, 5 円硬貨
②	黄 銅	Cu, Sn	銅像(ブロンズ像)
③	白 銅	Cu, Ni	100 円硬貨
④	ジュラルミン	Al, Cu, Mg	航空機の機体
⑤	ニクロム	Ni, Cr	電熱線

- (2) 周期表の第 1 周期から第 5 周期までに属する元素について、正しい記述はどれか。当てはまるものをすべて選び、**イ** にすべてマークせよ。

- ① 銀と同じ族に属する元素は、すべて遷移元素である。
- ② ナトリウムと同じ族に属する元素は、すべて金属元素である。
- ③ 塩素と同じ族に属する元素のうちで、電気陰性度が最も大きいのはフッ素である。
- ④ ヘリウムと同じ族に属する元素では、ヘリウム以外の元素の原子がもつ価電子の数は 8 個である。

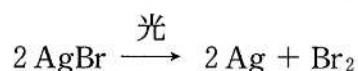
(3) エテン(エチレン)について、下線部に誤りを含む記述はどれか。当てはまるものをすべて選び、ウにすべてマークせよ。

- ① エテンの $C=C$ 結合の炭素原子と、これらの炭素原子に直結する4個の水素原子は同一平面上にある。
- ② エテンを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液と反応させると MnO_4^- の赤紫色が消えるのは、 $C=C$ 結合が還元されるためである。
- ③ エタノールと濃硫酸の混合物を $160\sim 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ に加熱すると、脱水反応によりエテンが得られる。
- ④ エテンに臭化水素を付加させると1,2-ジブロモエタンを生じる。

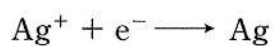
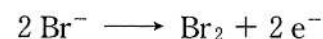
(4) 次の文章を読み、1)～3)の問いに答えよ。

写真フィルムは、ハロゲン化銀の化学反応を利用して感光、現像、定着の三つのステップを経て画像を記録する媒体である。

【感光】 写真のフィルムには感光剤としてハロゲン化銀が塗布されている。光が当たった部分には、ハロゲン化銀の感光性により、遊離した銀の微粒子ができる。例えば臭化銀 AgBr の光による分解は、次の反応式で示される。



また、この反応は、次の電子 e^- を含むイオン反応式でも示すことができる。



【現像】 感光したフィルムを還元剤に浸すと、すでに遊離した銀の微粒子を中心に臭化銀の還元が進み、銀の粒子がさらに成長する。現像は、フィルムを酢酸水溶液に浸すことで停止させることができる。

【定着】 臭化銀は、チオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液と反応し、ビス(チオスルファト)銀(I)酸ナトリウムと臭化ナトリウムを生じて、溶解する。この性質を利用して、フィルム上で感光していない臭化銀を溶かして除く。定着後のフィルムは、水洗いして乾燥させる。

1) 次の文章は感光剤として用いた臭化銀の試験管内での生成と感光性に関するものである。 A , B に当てはまる色の組合せとして最も適当なものを一つ選べ。 エ

硝酸銀水溶液を入れた試験管に臭化カリウム水溶液を加えると A 色の沈殿が生じる。この沈殿に光を当てると、沈殿は次第に B 色になる。

	A	B
①	白	赤 褐
②	白	黒
③	淡 黄	赤 褐
④	淡 黄	黒
⑤	黄	赤 褐
⑥	黄	黒

2) 次の文章は臭化銀の光による酸化還元反応に関するものである。

C , D に当てはまる語の組合せとして最も適当なものを一つ選べ。 オ

臭化物イオン Br^- は C されて、臭素 Br_2 となる。また、銀イオン Ag^+ は D されて、銀 Ag となる。

	C	D
①	酸 化	酸 化
②	酸 化	還 元
③	還 元	酸 化
④	還 元	還 元

3) 定着のステップにおいて、フィルム上で感光していない臭化銀は、チオ硫酸ナトリウム水溶液中で錯塩となり、溶解する。生じる錯塩の化学式として最も適当なものを一つ選べ。 カ

- ① $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ ② $\text{Na}_5[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$ ③ $\text{Na}_7[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_4]$
 ④ $\text{Na}_4[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ ⑤ $\text{Na}_6[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$ ⑥ $\text{Na}_8[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_4]$

- (5) 炭素、水素、酸素原子のみからなる分子量 100 以下の有機化合物 A がある。74 mg の A を完全燃焼させると二酸化炭素 176 mg と水 90 mg が生じた。また、A にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、黄色の沈殿が生じた。次の①～⑧のなかで、有機化合物 A に当てはまるものはどれか。一つ選べ。 キ

① $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$	② $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$
③ $\text{CH}_3\text{—}\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}\text{—CH}_2\text{—OH}$	④ $\text{CH}_3\text{—}\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$
⑤ $\text{CH}_3\text{—}\underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}}\text{—OH}$	⑥ $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}\underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}}\text{—OH}$
⑦ $\text{CH}_3\text{—}\underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}}\text{—OH}$	⑧ $\text{CH}_3\text{—}\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}\text{—}\underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}}\text{—OH}$

- (6) アニリン、安息香酸、フェノール、ニトロベンゼンを含むジエチルエーテル溶液がある。この混合溶液から、ジエチルエーテル以外の4種類の有機化合物を図3のように分離したい。操作1～3に当てはまる記述を下のA～Cから正しく選んだ組合せはどれか。①～⑥から一つ選べ。ただし、適切な濃度・量の溶液を用いるものとする。また、※1～※4は、水層またはエーテル層からそれぞれの有機化合物を取り出すための操作である。 **ク**

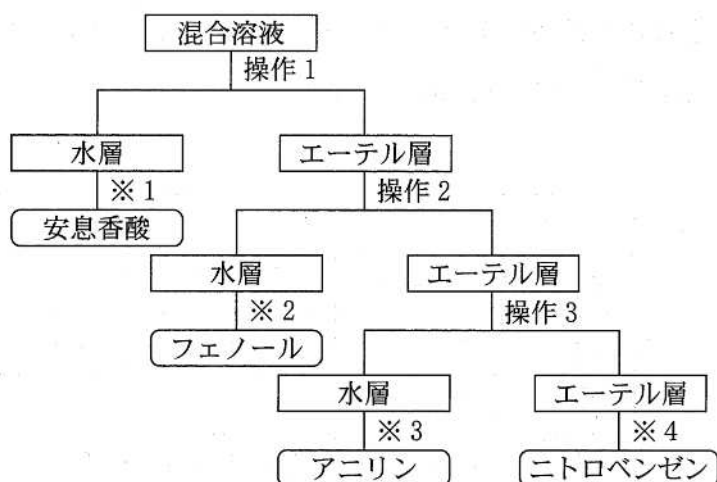


図 3

- A 分液ろうとの中で塩酸と振り混ぜる。
 B 分液ろうとの中で水酸化ナトリウム水溶液と振り混ぜる。
 C 分液ろうとの中で炭酸水素ナトリウム水溶液と振り混ぜる。

	操作 1	操作 2	操作 3
①	A	B	C
②	A	C	B
③	B	A	C
④	B	C	A
⑤	C	A	B
⑥	C	B	A

- (7) スクロース、マルトース、ラクトースのいずれかが溶けた3種類の水溶液 X～Z がある。これらについて行った実験1，2の操作と結果を下に示す。水溶液 X～Z に含まれる物質として適当な組合せを①～⑥から一つ選べ。 ケ

実験 1. それぞれの水溶液にフェーリング液を加えて加熱したところ、水溶液 X と Y で赤色沈殿を生じた。水溶液 Z では沈殿は生じなかった。

実験 2. それぞれの水溶液に希硫酸を加えて煮沸することで加水分解した。得られた生成物を調べたところ、水溶液 X では1種類の、水溶液 Y と Z ではそれぞれ2種類の単糖であった。

	X	Y	Z
①	スクロース	マルトース	ラクトース
②	スクロース	ラクトース	マルトース
③	マルトース	スクロース	ラクトース
④	マルトース	ラクトース	スクロース
⑤	ラクトース	スクロース	マルトース
⑥	ラクトース	マルトース	スクロース

- (8) ヘキサメチレンジアミン $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ (分子量 116) と、アジピン酸 $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ (分子量 146) を縮合重合させると、平均分子量が 4.52×10^4 のナイロン 66 が得られた。このとき、ナイロン 66 に含まれるアミド結合は1分子あたり平均で何個か。値は四捨五入して有効数字2桁で求め、コ～シに当てはまる数字を入れよ。

コ・サ $\times 10^{\text{シ}}$ 個