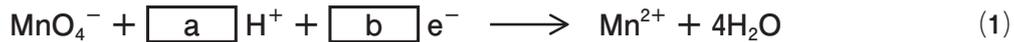
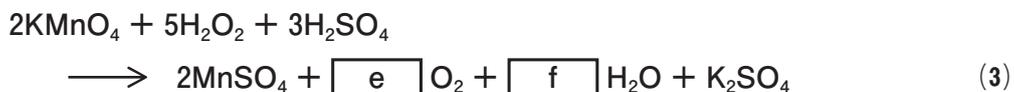
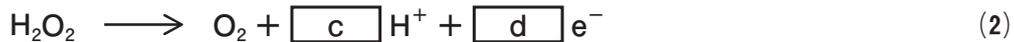


[問題 1] 次の文章を読み、以下の設問 1～7 中の空欄 (1) ～ (13) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。

物質を構成する原子が電子を失ったとき、その原子は (ア) されたといい、物質を構成する原子が電子を受け取ったとき、その原子は (イ) されたという。硫酸酸性水溶液中で、過マンガン酸カリウム KMnO_4 は式(1)のように反応するので、酸化剤とよばれる。 MnO_4^- 中のマンガン原子の酸化数は (ウ) である。



濃度が不明の過酸化水素水 10 mL を三角フラスコにとり、希硫酸で酸性とし、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液を少しずつ加えたところ、14 mL 加えた時点で^(a)三角フラスコの溶液の色が変化したので、過不足なく酸化還元反応が終了したと判断した。この結果より、この過酸化水素水中の過酸化水素の濃度は (エ) mol/L であることがわかる。この酸化還元滴定において、過酸化水素は式(2)のように反応しており、この酸化還元反応の化学反応式は式(3)である。



この反応は酸性条件下で行うが、加える酸は通常、硫酸を用い、塩酸を用いることはできない。なぜなら、塩酸では塩化物イオン Cl^- が還元剤としてはたらき、目的である過酸化水素と過マンガン酸カリウムとの反応を妨害する可能性があるからである。

設問 1. (ア) ～ (ウ) に入る語句と数値の組み合わせとして、最も適切なのは (1) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	酸化	還元	-7
②	還元	酸化	-7
③	酸化	還元	-4
④	還元	酸化	-4
⑤	酸化	還元	+4
⑥	還元	酸化	+4
⑦	酸化	還元	+7
⑧	還元	酸化	+7

設問 2. 式(1)の \boxed{a} に入る数値は $\boxed{(2)}$, \boxed{b} に入る数値は $\boxed{(3)}$ である。ただし、係数が必要ない場合は、1 をマークしなさい。

設問 3. 下線部(a)のとき、三角フラスコの溶液は無色から $\boxed{(4)}$ に変化する。

- ① 緑色 ② 赤紫色 ③ 黄色 ④ 深青色 ⑤ 白色

設問 4. 式(2)の \boxed{c} に入る数値は $\boxed{(5)}$, \boxed{d} に入る数値は $\boxed{(6)}$ である。ただし、係数が必要ない場合は、1 をマークしなさい。

設問 5. 式(3)の \boxed{e} に入る数値は $\boxed{(7)}$, \boxed{f} に入る数値は $\boxed{(8)}$ である。ただし、係数が必要ない場合は、1 をマークしなさい。

設問 6. (エ) に入る数値は $\boxed{(9)}$. $\boxed{(10)} \times 10^{-2}$ である。

設問 7. 下線を引いたハロゲンの単体あるいは化合物が、還元剤としてはたらく反応は $\boxed{(11)}$, 酸化剤としてはたらく反応は $\boxed{(12)}$ と $\boxed{(13)}$ である。

- ① $2\underline{\text{F}_2} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{HF} + \text{O}_2$
② $2\text{Na} + \underline{\text{Cl}_2} \longrightarrow 2\text{NaCl}$
③ $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\underline{\text{KI}} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$
④ $\text{AgNO}_3 + \underline{\text{NaBr}} \longrightarrow \text{AgBr} + \text{NaNO}_3$

[問題2] 次の文章を読み、以下の設問1～5中の空欄 (14) ～ (18) にあてはまる適切な選択肢を、対応する解答欄にマークしなさい。

原子1個の質量は極めて小さく、天然で最も軽い (ア) は約 1.7×10^{-24} g しかない。原子の質量をグラム単位で表すと、数値が小さくなりすぎて、そのまま取り扱うことは難しい。そこで、ある特定の原子の質量を基準として、それぞれの原子の質量が基準の原子の質量の何倍にあたるかという比の値を使って表した相対質量を使用すると便利になる。原子の相対質量の基準は、国際基準で「質量数12の炭素原子 ^{12}C の1個の質量を12とする」と定められている。

(原子1個の質量) : (^{12}C 原子1個の質量) = (原子の相対質量) : 12 より、様々な原子の相対質量を求めることができる。例えば、ある原子 X の1個の質量は 6.13×10^{-23} g、 ^{12}C 原子の1個の質量は 1.99×10^{-23} g であったとすると、(a) この原子 X の相対質量 が求められる。

天然の多くの元素には、いくつかの (イ) が存在する。それぞれの元素を構成する (イ) の相対質量と、その存在比から求めた原子の相対質量の平均値を元素の原子量という。例えば、天然の炭素原子には、 ^{12}C (相対質量12) と ^{13}C (相対質量13.003) の2種類の (イ) が、それぞれ98.9%と1.1%の割合で存在する。このことから、(b) 炭素の原子量 が求められる。また、原子量と同じように、 $^{12}\text{C} = 12$ を基準として求めた分子の相対質量を (ウ) といい、(ウ) は分子を構成している元素の原子量の総和で求められる。原子や分子の1個の質量は小さく扱いにくいので、(エ) 個の集団を一つの単位として扱う。これを1 mol とよぶ。0℃、 1.013×10^5 Pa において、多くの気体1 mol の体積は22.4 L になる。

設問1. (ア) ～ (ウ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (14) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	ヘリウム原子	同素体	分子量
②	ヘリウム原子	同素体	モル質量
③	ヘリウム原子	同位体	分子量
④	ヘリウム原子	同位体	モル質量
⑤	水素原子	同素体	分子量
⑥	水素原子	同素体	モル質量
⑦	水素原子	同位体	分子量
⑧	水素原子	同位体	モル質量

設問 2. (エ) に入る数値は である。

- ① 6.02×10^{13} ② 6.02×10^{23} ③ 6.02×10^{33}
④ 9.65×10^3 ⑤ 9.65×10^4 ⑥ 9.65×10^5

設問 3. 下線部(a)の原子 X は である。ただし、原子の相対質量は質量数にほぼ等しいものとする。

- ① ^{16}O ② ^{17}O ③ ^{18}O ④ ^{23}Na
⑤ ^{27}Al ⑥ ^{35}Cl ⑦ ^{37}Cl ⑧ ^{39}K

設問 4. 下線部(b)の炭素の原子量に、最も近いのは である。

- ① 12.01 ② 12.02 ③ 12.03 ④ 12.04
⑤ 12.05 ⑥ 12.06 ⑦ 12.07 ⑧ 12.08

設問 5. エタン 15 g を完全燃焼させたときに生成する二酸化炭素の体積は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で L である。ただし、原子量は $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{C} = 12$ とする。

- ① 5.60 ② 11.2 ③ 22.4 ④ 33.6
⑤ 44.8 ⑥ 56.0

[問題3] 次の文章を読み、以下の設問1～6中の空欄(19)～(27)にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。

塩化ナトリウム NaCl のようなイオン結晶には、水によく溶けるものが多い。固体の塩化ナトリウムを水に入れると、固体の表面から Na^+ や Cl^- がばらばらになって、水中に拡散していく。これは、 Na^+ や Cl^- が水分子にとり囲まれ、 Na^+ は水分子の(ア)側と、 Cl^- は水分子の(イ)側と(ウ)で引き合い安定化されるためである。一方、(a)スクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ は、塩化ナトリウムのように水中で電離しないが、水によく溶ける。これは、(エ)であるヒドロキシ基が存在し、水分子との間に(オ)を形成するためである。

一般に、水 100 g に溶けることができる溶質の最大限の質量 [g] を溶解度という。硝酸ナトリウム NaNO_3 の水に対する溶解度は、 40°C で 100、 60°C で 120 である。 60°C の水 200 g に硝酸ナトリウム 230 g を加えて、完全に溶かした溶液 A を準備した。この溶液 A を 40°C まで冷却すると、(カ) g の硝酸ナトリウムが析出する。また、この溶液 A を 60°C に保ったまま、水を 50 g 蒸発させると、(キ) g の硝酸ナトリウムが析出する。

設問 1. (ア)～(ウ)に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは(19)である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	水素原子	酸素原子	静電的な引力(クーロン力)
②	水素原子	酸素原子	ファンデルワールス力
③	水素原子	酸素原子	電子親和力
④	酸素原子	水素原子	静電的な引力(クーロン力)
⑤	酸素原子	水素原子	ファンデルワールス力
⑥	酸素原子	水素原子	電子親和力

設問 2. (エ)と(オ)に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは(20)である。

	(エ)	(オ)
①	親水基	共有結合
②	親水基	水素結合
③	疎水基	共有結合
④	疎水基	水素結合

設問 3. 下線部(a)のスクロース 1 分子には、(21)個のヒドロキシ基が存在する。

設問 4. 以下のうち、水によく溶けるのは(22)と(23)である。

- ① 硫酸バリウム ② 塩化水素 ③ ヨウ素
④ ベンゼン ⑤ 硫酸銅(Ⅱ) ⑥ 塩化銀

設問 5. (カ)に入る数値は(24)(25)である。

設問 6. (キ)に入る数値は(26)(27)である。

[問題4] 次の文章 (I) および (II) を読み、以下の設問 1～7 中の空欄 (28) ～ (38) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、温度は一定とし、酢酸 CH_3COOH の電離定数 $K_a = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, $\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$ とする。また、値を $a \times 10^n$ (n は整数) の形で表すとき、 a の範囲は $1 \leq a < 10$ とすること。

(I) 濃度 c [mol/L] の酢酸水溶液において、 CH_3COOH は式(1)の電離平衡に達している。また、この電離平衡における電離定数は、式(2)のように表される。



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (2)$$

CH_3COOH の電離度を α とすると、この平衡状態における CH_3COOH の濃度は (ア), CH_3COO^- および H^+ の濃度は (イ) と表されるので、 CH_3COOH の電離定数 K_a は、式(3)のように表される。

$$K_a = (\text{ウ}) \quad (3)$$

式(3)において、電離度 α が 1 より十分に小さいとすると、次の式が導かれる。

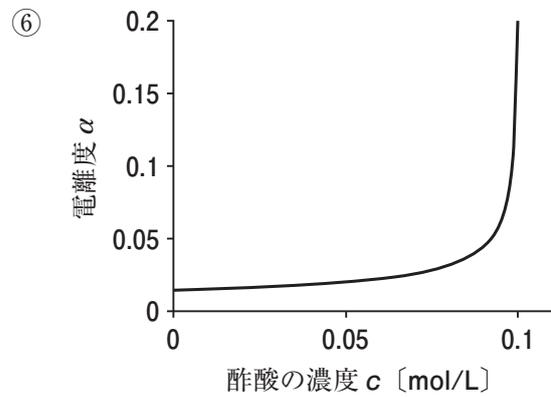
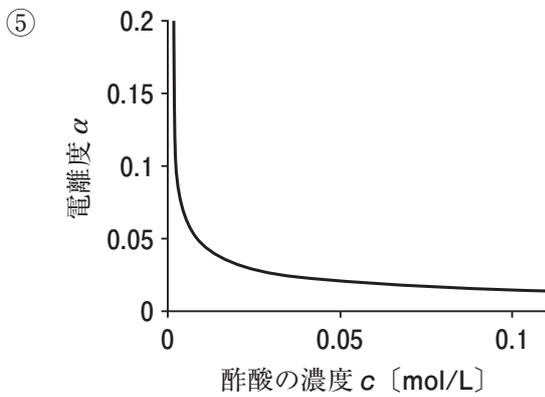
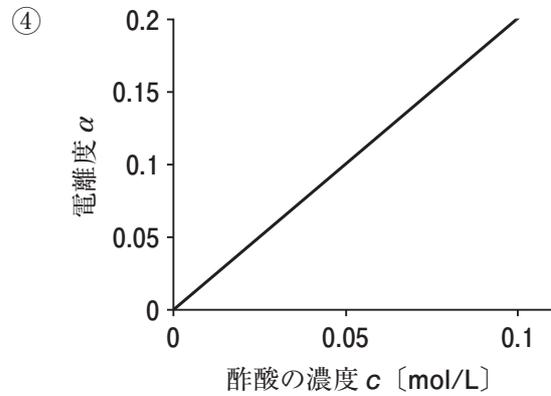
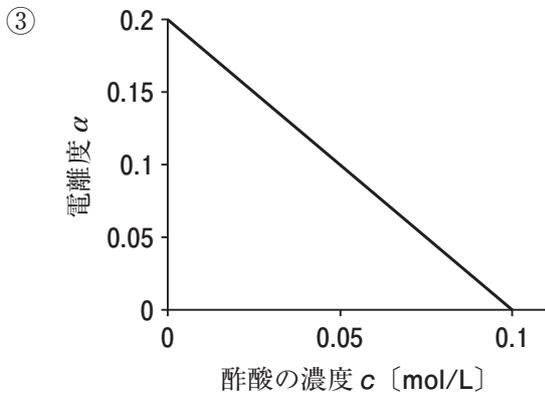
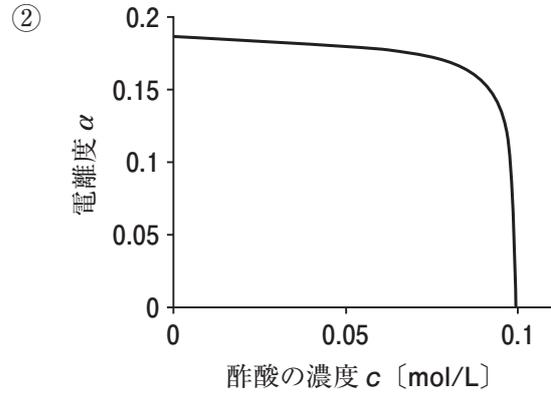
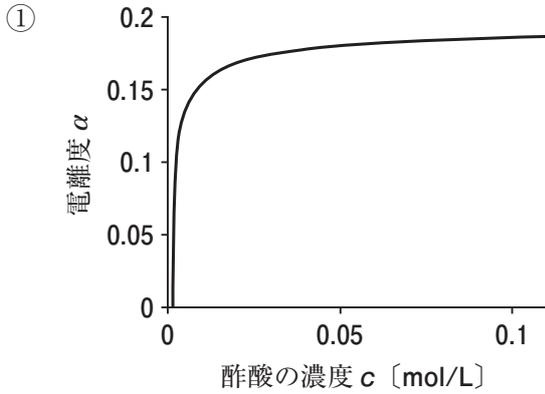
$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}} \quad (4)$$

$8.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 酢酸水溶液中の H^+ の濃度は、式(4)を利用すると、(エ) mol/L と求められるため、この溶液の pH は (オ) である。

設問 1. (ア) ～ (ウ) に入る式の組み合わせとして、最も適切なのは (28) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	$c\alpha$	$c(1-\alpha)$	$c^2(1-\alpha)$
②	$c\alpha$	$c(1-\alpha)$	$\frac{(c\alpha)^2}{1-\alpha}$
③	$c\alpha$	$c(1-\alpha)$	$\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$
④	$c\alpha$	$c(1-\alpha)$	$\frac{c\alpha}{(1-\alpha)^2}$
⑤	$c(1-\alpha)$	$c\alpha$	$c^2(1-\alpha)$
⑥	$c(1-\alpha)$	$c\alpha$	$\frac{(c\alpha)^2}{1-\alpha}$
⑦	$c(1-\alpha)$	$c\alpha$	$\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$
⑧	$c(1-\alpha)$	$c\alpha$	$\frac{c\alpha}{(1-\alpha)^2}$

設問 2. 酢酸水溶液における酢酸の濃度 c と電離度 α の関係を表したグラフとして、最も適切なものは である。



設問 3. (エ) に入る数値は . $\times 10^{-\text{(32)}}$ である。

設問 4. (オ) に入る数値として、最も適切なものは である。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 3.4 | ② 3.7 | ③ 4.0 |
| ④ 4.3 | ⑤ 4.5 | ⑥ 4.8 |

(Ⅱ) CH_3COOH と酢酸ナトリウム CH_3COONa の混合水溶液中では、 CH_3COOH はごく一部しか電離しないが、 CH_3COONa はほぼ完全に電離する。この溶液に、塩化水素 HCl のような酸を少量加えると、 H^+ と (カ) が反応するので、 H^+ の濃度はほとんど増加しない。また、水酸化ナトリウム NaOH のような塩基を少量加えると、 OH^- と (キ) が反応するので、 OH^- の濃度はほとんど増加しない。このように、 pH をほぼ一定に保つ作用を緩衝作用という。

緩衝作用は、 CH_3COOH を NaOH 水溶液で中和滴定するときにも観察される。0.10 mol/L 酢酸水溶液 10 mL を 0.10 mol/L NaOH 水溶液で滴定したときの滴定曲線を図 1 に示した。滴定を開始した時点では pH の変化が大きいが、 NaOH 水溶液を滴下するにつれて pH の変化が小さくなり、区間 A では pH の変化が緩やかとなる。すなわち、緩衝作用があらわれている。点 B において、その前後で pH の変化が最も小さく、緩衝作用が最も強い。点 B における CH_3COOH の濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ と CH_3COO^- の濃度 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ の関係式は (ク) と表されるため、式(2)を利用すると、点 B における pH は (ケ) と求められる。

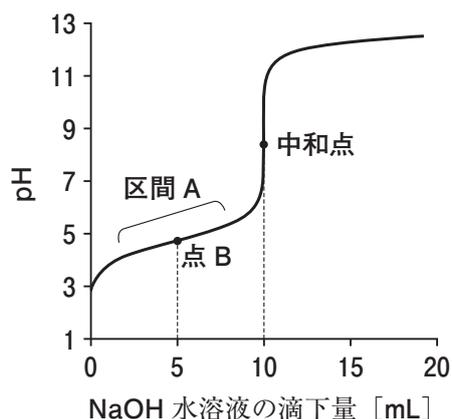


図 1 0.10 mol/L 酢酸水溶液 10 mL を
0.10 mol/L NaOH 水溶液で滴定したときの滴定曲線

設問 5. (カ) に入る化学式は (34), (キ) に入る化学式は (35) である。

- ① Na^+ ② OH^- ③ CH_3COOH ④ CH_3COO^-

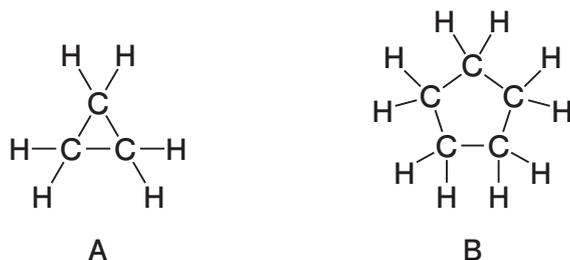
設問 6. (ク) に入る関係式として、最も適切なものは (36) である。

- ① $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$ ② $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 2[\text{CH}_3\text{COO}^-]$
③ $[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1$ ④ $[\text{CH}_3\text{COOH}] = \alpha[\text{CH}_3\text{COO}^-]$

設問 7. (ケ) に入る数値は (37) . (38) である。

[問題 5] 次の文章を読み、以下の設問 1～7 中の空欄 (39) ～ (49) にあてはまる適切な選択肢または数値を、対応する解答欄にマークしなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $Br = 80$ とする。

シクロアルカンの一般式は (ア) と表され、 $n = 3$ のシクロアルカン A は (イ), $n = 5$ のシクロアルカン B は (ウ) である。(イ) は反応性に富み、環が開く反応が起こりやすい。一方、(ウ) は化学的に安定であり、その性質は炭素数が等しいアルカンに似ている。



アルケン的一般式は (エ) と表され、(オ) 反応を起こしやすい。(a)エチレンは、常温で臭素 Br_2 と容易に反応して、(カ) が生成する。また、 $n = 4$ 以上のアルケンには、シス-トランス異性体 (幾何異性体) が存在する。

アルキン的一般式は $C_nH_{2n-2} (n \geq 2)$ と表され、(オ) 反応を起こしやすい。硫酸水銀(II) を触媒として、アセチレンに水を反応させると、(b)ビニルアルコールを経て、その異性体である (キ) が生成する。

設問 1. (ア) に入る一般式は (39), (エ) に入る一般式は (40) である。

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| ① $C_nH_{2n} (n \geq 2)$ | ② $C_nH_{2n} (n \geq 3)$ |
| ③ $C_nH_{2n+2} (n \geq 2)$ | ④ $C_nH_{2n+2} (n \geq 3)$ |

設問 2. (イ) に入る名称は (41), (ウ) に入る名称は (42) である。

- | | |
|-----------|-----------|
| ① シクロブタン | ② シクロプロパン |
| ③ シクロヘキサン | ④ シクロペンタン |

設問 3. (オ) ~ (キ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは である。

	(オ)	(カ)	(キ)
①	付加	1,1-ジブロモエタン	アセトアルデヒド
②	付加	1,1-ジブロモエタン	ホルムアルデヒド
③	付加	1,2-ジブロモエタン	アセトアルデヒド
④	付加	1,2-ジブロモエタン	ホルムアルデヒド
⑤	置換	1,1-ジブロモエタン	アセトアルデヒド
⑥	置換	1,1-ジブロモエタン	ホルムアルデヒド
⑦	置換	1,2-ジブロモエタン	アセトアルデヒド
⑧	置換	1,2-ジブロモエタン	ホルムアルデヒド

設問 4. シクロアルカン A と分子式が同じアルケンに塩化水素 HCl を付加させると、 種類の生成物が得られる。

設問 5. シクロアルカン B と分子式が同じアルケンには、 個の異性体がある。白金 Pt 触媒を用いて、これら全ての異性体を水素 H₂ と完全に反応させると、 種類のアルカンが得られる。ただし、シス-トランス異性体（幾何異性体）は区別し、別々に数えるものとする。

設問 6. 下線部(a)の反応において、5.6 g のエチレンには、臭素 Br₂ が最大で g 反応できる。

設問 7. 下線部(b)のビニルアルコールの分子式は である。

- ① C₂H₂O ② C₂H₂O₂ ③ C₂H₃O ④ C₂H₃O₂
 ⑤ C₂H₄O ⑥ C₂H₄O₂ ⑦ C₂H₅O ⑧ C₂H₅O₂