

[問題 1] 次の文章を読み、以下の設問 1～8 中の空欄 (1) ～ (11) 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。

周期表において、第 2 周期と第 3 周期に属する元素はすべて (ア) 元素に属し、そのうち縦の列に配置された同族元素の原子は、互いに化学的性質が似ている。例えば、第 2 周期に属する 18 族元素の (イ) 原子と第 3 周期に属する 18 族元素の (ウ) 原子は、それぞれの最外殻である (エ) 殻と (オ) 殻に (カ) 個の電子が入っているため安定であり、イオンになったり他の原子と結びついたりしにくい。それに対して、1 族元素のリチウム Li 原子とナトリウム Na 原子は、価電子を 1 個もち、その価電子を失う反応を起こして、それぞれ 1 価の陽イオンである Li^+ と Na^+ になりやすい。また、17 族元素のフッ素 F 原子と塩素 Cl 原子は、価電子を (キ) 個もち、他の原子から電子を 1 個取り込んで、それぞれ 1 価の陰イオンである F^- と Cl^- になりやすい。一般に、(ア) 元素の原子から生じる単原子イオンの電子配置は、原子番号が最も近い 18 族元素の原子の電子配置と同じになることが多い。したがって、(A) フッ素 F, ナトリウム Na, マグネシウム Mg の各原子から生じる安定なイオンの電子配置は、(ク) 原子の電子配置と同じになっている。

設問 1. (ア) に入る語句として、最も適切なのは (1) である。

- ① 金属 ② 非金属 ③ 遷移 ④ 典型

設問 2. (イ) に入る元素は (2), (ウ) に入る元素は (3) である。

- ① アルゴン Ar ② アルミニウム Al ③ 硫黄 S
④ クリプトン Kr ⑤ 酸素 O ⑥ 窒素 N
⑦ ネオン Ne ⑧ ヘリウム He ⑨ ホウ素 B

設問 3. (エ) に入る文字は (4), (オ) に入る文字は (5) である。

- ① K ② L ③ M ④ N ⑤ O

設問 4. (カ) に入る数値は (6), (キ) に入る数値は (7) である。

設問 5. (ク) に入る元素は (8) である。

- ① アルゴン Ar ② アルミニウム Al ③ 硫黄 S
④ クリプトン Kr ⑤ 酸素 O ⑥ 窒素 N
⑦ ネオン Ne ⑧ ヘリウム He ⑨ ホウ素 B

設問 6. 下線部(A)に関連して、フッ素 F, ナトリウム Na, マグネシウム Mg の各原子から生じるそれぞれ 3 つのイオン F^- , Na^+ , Mg^{2+} のイオン半径の順番を正しく表しているのは である。

- ① $F^- > Na^+ > Mg^{2+}$ ② $F^- > Mg^{2+} > Na^+$ ③ $Na^+ > Mg^{2+} > F^-$
④ $Na^+ > F^- > Mg^{2+}$ ⑤ $Mg^{2+} > Na^+ > F^-$ ⑥ $Mg^{2+} > F^- > Na^+$

設問 7. 第 2 周期と第 3 周期に属する元素の中で、イオン化エネルギー（第一イオン化エネルギー）が最も大きな原子は である。

- ① アルゴン Ar ② アルミニウム Al ③ 塩素 Cl
④ 酸素 O ⑤ ナトリウム Na ⑥ ネオン Ne
⑦ フッ素 F ⑧ マグネシウム Mg ⑨ リチウム Li

設問 8. 第 2 周期と第 3 周期に属する元素の中で、最も陰性が強い原子は である。

- ① アルゴン Ar ② アルミニウム Al ③ 塩素 Cl
④ 酸素 O ⑤ ナトリウム Na ⑥ ネオン Ne
⑦ フッ素 F ⑧ マグネシウム Mg ⑨ リチウム Li

[問題2] 次の文章を読み、以下の設問1～7中の空欄 (12) ～ (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。ただし、すべての気体は理想気体としてふるまうものとする。

窒素 N_2 と水素 H_2 からアンモニア NH_3 を合成する方法において、その化学反応式は、式(1)のように表される。



この可逆反応の平衡定数 K は、(A)ある一定温度で平衡状態に達したときの N_2 と H_2 と NH_3 のモル濃度をそれぞれ $[N_2]$ と $[H_2]$ と $[NH_3]$ とすると、式(2)のように表される。

$$K = (\text{ア}) \quad \dots (2)$$

NH_3 の生成反応は、分子の総数が (イ) する反応であり、また、発熱反応なので、(B) NH_3 の生成率を大きくするためには、圧力を (ウ) しくし、温度を (エ) くして反応させるのがよい。工業的には、反応速度を大きくするために、(C)鉄 Fe を含む触媒を用いて NH_3 が合成されている。

設問 1. 式(1)の反応において、下線部(A)の状態を表す記述として、最も適切なのは (12) である。

- ① H_2 と N_2 が反応しなくなり、 NH_3 の分解も起こらず、化学反応は完全に停止している状態である。
- ② NH_3 が生成する正反応の速さと NH_3 が分解する逆反応の速さが等しくなっている状態である。
- ③ $[H_2]$ と $[N_2]$ と $[NH_3]$ の比が、1 : 3 : 2 になっている状態である。
- ④ $[H_2]$ と $[N_2]$ の和が、 $[NH_3]$ の2倍と等しくなっている状態である。

設問 2. (ア) に入る式として、最も適切なのは (13) である。

- | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| ① $\frac{[NH_3]}{[N_2][H_2]}$ | ② $\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]}$ | ③ $\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ |
| ④ $\frac{[N_2][H_2]}{[NH_3]}$ | ⑤ $\frac{[N_2][H_2]}{[NH_3]^2}$ | ⑥ $\frac{[N_2][H_2]^3}{[NH_3]^2}$ |

設問 3. ある一定温度で、 X [mol] の N_2 と、 $3X$ [mol] の H_2 を、体積 V [L] の容器中で反応させたところ、 X [mol] の NH_3 が生成して平衡状態に達した。このときの N_2 のモル濃度 [mol/L] として、最も適切なのは (14) である。

- ① $\frac{X}{V}$ ② $\frac{2X}{V}$ ③ $\frac{X^3}{V}$ ④ $\frac{X}{2V}$ ⑤ $\frac{3X}{2V}$ ⑥ $\frac{X^3}{2V}$

設問 4. 設問 3. と同じ反応条件のとき、平衡定数 K [(mol/L)⁻²] として、最も適切なのは (15) である。

- ① $\frac{4V^2}{27X^2}$ ② $\frac{16V^2}{27X^2}$ ③ $\frac{32V^2}{27X^2}$ ④ $\frac{4X^2}{27V^2}$ ⑤ $\frac{16X^2}{27V^2}$ ⑥ $\frac{32X^2}{27V^2}$

設問 5. (イ) ~ (エ) に入る語句の組み合わせとして、最も適切なのは (16) である。

	(イ)	(ウ)	(エ)
①	増加	高	高
②	増加	高	低
③	増加	低	高
④	増加	低	低
⑤	減少	高	高
⑥	減少	高	低
⑦	減少	低	高
⑧	減少	低	低

設問 6. 下線部(B)に関する最も適切な用語は (17) である。

- ① アボガドロの法則 ② 気体反応の法則 ③ 質量保存の法則
 ④ ドルトンの分圧の法則 ⑤ 倍数比例の法則 ⑥ ファントホッフの法則
 ⑦ ヘスの法則 ⑧ ボイル・シャルルの法則 ⑨ ルシャトリエの原理

設問 7. 下線部(C)のアンモニア合成法の名称として、最も適切なのは (18) である。

- ① アンモニアソーダ法 ② オストワルト法 ③ クメン法
 ④ 接触法 ⑤ ソルベー法 ⑥ ハーバー・ボッシュ法

[問題3] 次の文章を読み、以下の設問1～7中の空欄 (19) ～ (30) 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、水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$, $\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$ とし、数値を $a \times 10^n$ の形で指数表記する場合、 a の値は $1 \leq a < 10$ とする。また、水溶液中の塩化水素 HCl と水酸化ナトリウム NaOH は完全解離し、混合後の水溶液の体積は、混合前の水溶液の体積の和とする。

水溶液中には、必ず水素イオン H^+ と水酸化物イオン OH^- の両方が存在しており、水溶液の酸性や塩基性の強さは、水素イオンの濃度 $[\text{H}^+]$ や水酸化物イオンの濃度 $[\text{OH}^-]$ で決まる。温度が一定ならば、 $[\text{H}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ の (ア) は一定なので、 $[\text{H}^+]$ が決まれば $[\text{OH}^-]$ も決まる。このため、水溶液の酸性や塩基性の程度は、 $[\text{H}^+]$ だけで表すことができる。中性の水溶液の $[\text{H}^+]$ は (イ) mol/L であり、 $[\text{H}^+]$ が (イ) mol/L より大きい水溶液は (ウ), $[\text{H}^+]$ が (イ) mol/L より小さい水溶液は (エ) である。

$[\text{H}^+]$ は非常に広い範囲で変化するので、酸性・塩基性の度合いは、一般に、常用対数を用いた pH (水素イオン指数) で表す。式で表すと、 $\text{pH} = (\text{オ})$ である。0.01 mol/L 塩酸を 100 倍に希釈すると、 $[\text{H}^+]$ は (カ) 倍になり、pH は希釈前と比べて (キ) なる。0.01 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を 100 倍に希釈すると、pH は希釈前と比べて (ク) なる。

塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えてよくかき混ぜると、中和反応が起こり、pH が変化する。例えば、0.10 mol/L 塩酸の pH は (ケ) であるが、この溶液 10 mL に 0.040 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 10 mL を加えて十分にかき混ぜると、 $[\text{H}^+] = (\text{コ})$ mol/L となり、 $\text{pH} = (\text{サ})$ となる。

酸や塩基の水溶液の濃度は、中和反応を利用した中和滴定により決定することができる。例えば、濃度のわからない希硫酸 H_2SO_4 10 mL を、0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定するとき、水酸化ナトリウム水溶液を 9.6 mL 加えたところで過不足なく中和したとすると、希硫酸の濃度は (シ) mol/L と決定できる。

設問 1. (ア) ～ (エ) に入る語句および数値の組み合わせとして、最も適切なのは (19) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	和	1.0×10^{-7}	酸性	塩基性
②	和	1.0×10^{-7}	塩基性	酸性
③	和	1.0×10^{-14}	酸性	塩基性
④	和	1.0×10^{-14}	塩基性	酸性
⑤	積	1.0×10^{-7}	酸性	塩基性
⑥	積	1.0×10^{-7}	塩基性	酸性
⑦	積	1.0×10^{-14}	酸性	塩基性
⑧	積	1.0×10^{-14}	塩基性	酸性

設問 2. (オ) に入る式として、適切なのは である。

- ① $\log_{10}[\text{H}^+]$ ② $-\log_{10}[\text{H}^+]$ ③ $\frac{1}{\log_{10}[\text{H}^+]}$
- ④ $-\frac{1}{\log_{10}[\text{H}^+]}$ ⑤ $14 + \log_{10}[\text{H}^+]$ ⑥ $14 - \log_{10}[\text{H}^+]$

設問 3. (カ) ~ (ク) に入る語句および数値の組み合わせとして、最も適切なのは である。

	(カ)	(キ)	(ク)
①	$\frac{1}{2}$	2 小さく	2 小さく
②	$\frac{1}{2}$	2 小さく	2 大きく
③	$\frac{1}{2}$	2 大きく	2 小さく
④	$\frac{1}{2}$	2 大きく	2 大きく
⑤	$\frac{1}{100}$	2 小さく	2 小さく
⑥	$\frac{1}{100}$	2 小さく	2 大きく
⑦	$\frac{1}{100}$	2 大きく	2 小さく
⑧	$\frac{1}{100}$	2 大きく	2 大きく

設問 4. (ケ) に入る数値は . である。

設問 5. (コ) に入る数値は . $\times 10^{-\text{$ である。

設問 6. (サ) に入る数値として、最も近いのは である。

- ① 1.0 ② 1.3 ③ 1.5 ④ 1.7
- ⑤ 2.0 ⑥ 2.3 ⑦ 2.5 ⑧ 2.7

設問 7. (シ) に入る数値は . $\times 10^{-\text{$ である。

[問題 4] 次の文章 I～III を読み、以下の設問 1～8 中の空欄 (31) ～ (39) 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、硝酸ナトリウム NaNO_3 の式量は 85、硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 の式量は 160、硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の式量は 250 とする。

I. 物質が液体に溶けて全体が均一になる現象を (ア) という。塩化ナトリウム NaCl の水への (ア) を考える。水に塩化ナトリウムの結晶を加えると、結晶表面の Na^+ に、水分子中の (イ) 原子が静電的な引力によって引きつけられ、水分子と結びつく。一方、結晶表面の Cl^- には、水分子中の (ウ) 原子が引きつけられ、水分子と結びつく。このように、(A) それぞれのイオンが水分子と結びつくことによって、結晶中の Na^+ と Cl^- 間の (エ) 結合が弱まり、その結果、 Na^+ と Cl^- は水分子に囲まれ、水中に拡散していく。

非電解質の中にも、水に溶けやすいものがある。例えば、エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ は水に溶けやすい。これは、分子中に極性の大きい (オ) 基があり、水分子との間に (カ) 結合を形成して結びつくからである。この (オ) 基のように、水と結びつきやすい原子団を (キ) 基という。

II. 少量の不純物を含む物質を溶媒に溶かし、温度による溶解度 (表 1) の差などを利用して、溶液から再びその物質を析出させて精製する操作を (ク) という。

硝酸ナトリウム NaNO_3 の (ク) を行った。硝酸ナトリウムを 80°C の水 100g に飽和するまで溶かした後、この水溶液を徐々に冷却していき、 20°C とすると、純粋な硝酸ナトリウムの結晶が (ケ) g 析出した。析出した結晶を除いて得られる水溶液の質量モル濃度は、(コ) mol/kg である。

表 1 固体の水への溶解度 (g/100 g 水)

溶質 \ 温度 ($^\circ\text{C}$)	20	40	60	80
硝酸ナトリウム NaNO_3	88	105	124	148
硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4	20	29	40	56

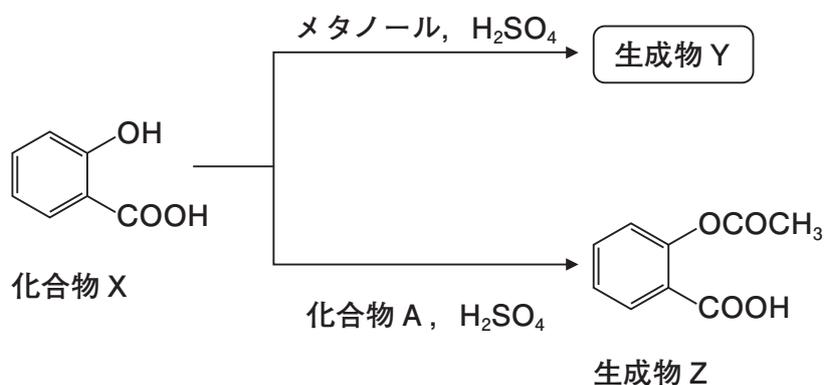
III. 60°C の硫酸銅(Ⅱ)の飽和水溶液 140g を 20°C まで冷却すると、硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ が (サ) g 析出した。

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 (31) である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	凝縮	水素	酸素
②	昇華	水素	酸素
③	浸透	水素	酸素
④	溶解	水素	酸素
⑤	凝縮	酸素	水素
⑥	昇華	酸素	水素
⑦	浸透	酸素	水素
⑧	溶解	酸素	水素

[問題5] 次の文章を読み、以下の設問1～6中の空欄(40)～(45)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。

下図に示すように、化合物Xにメタノールと少量の濃硫酸を反応させると生成物Yが生成する。また、化合物Xに化合物Aと少量の濃硫酸を反応させると生成物Zが生成する。生成物YおよびZは、いずれも医薬品として使用される化合物である。



設問1. 化合物Xおよび生成物Zの名称の組み合わせとして、最も適切なのは(40)である。

	化合物X	生成物Z
①	フタル酸	アセチルサリチル酸
②	フタル酸	サリチル酸メチル
③	フタル酸	サリチル酸
④	サリチル酸	フタル酸
⑤	サリチル酸	サリチル酸メチル
⑥	サリチル酸	アセチルサリチル酸
⑦	アセチルサリチル酸	サリチル酸メチル
⑧	アセチルサリチル酸	フタル酸
⑨	アセチルサリチル酸	サリチル酸

設問2. 化合物Aにあてはまる化合物の構造式として、最も適切なのは(41)である。

