

# 化 学

( 解答番号  ~  )

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0      C = 12      N = 14      O = 16

アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

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

※ この問題つづりに計算用紙をはさみこんでいます  
ので利用してください。

I 次の問い(問1～問4)に答えよ。(25点)

問1 原子およびイオンに関する次の記述 a～dのうち、正しいものの組み合わせを、下の①～⑥から選べ。

1

- a 水素原子の大きさは、陽子の大きさと等しい。
- b 原子番号は、原子核に含まれる陽子の数に等しい。
- c 原子では、電子の数と陽子の数が等しく、原子全体として電氣的に中性である。
- d 同じ電子配置をもつイオンでは、原子番号が大きいほどイオン半径も大きくなる。

- ① (a, b)                      ② (a, c)                      ③ (a, d)
- ④ (b, c)                      ⑤ (b, d)                      ⑥ (c, d)

問2 次の元素の組み合わせ①～⑥のうち、常温・常圧で両方とも単体が固体であるものはどれか。

2

- ① Al, Cl                      ② Br, Li                      ③ Ca, Hg
- ④ Cu, I                      ⑤ Na, He                      ⑥ Sn, F

問3 化学結合に関する次の記述 a～dのうち、正しいものの組み合わせを、下の①～⑥から選べ。

3

- a 塩化水素分子を構成する塩素原子と水素原子の間の結合は、共有結合である。
- b オキソニウムイオン  $\text{H}_3\text{O}^+$  を構成する酸素原子と水素原子の間の結合は、水素結合である。
- c 金属中では、金属原子どうしが自由電子の共有により結合しており、これを金属結合という。
- d テトラアンミン銅(Ⅱ)イオン  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  を構成する銅(Ⅱ)イオンと窒素原子の間の結合は、イオン結合である。

① (a, b)

② (a, c)

③ (a, d)

④ (b, c)

⑤ (b, d)

⑥ (c, d)

問4 塩素には  $^{35}\text{Cl}$  と  $^{37}\text{Cl}$  の2つの同位体が存在し、原子量は35.5である。次の(1)~(3)に答えよ。

(1)  $^{35}\text{Cl}$  と  $^{37}\text{Cl}$  の存在比( $^{35}\text{Cl} : ^{37}\text{Cl}$ )はいくらか。最も近いものを、次の①~⑤から選べ。

4

- ① 1:1      ② 1:2      ③ 1:3      ④ 2:1      ⑤ 3:1

(2) 塩素分子  $\text{Cl}_2$  には  $^{35}\text{Cl}-^{35}\text{Cl}$ ,  $^{35}\text{Cl}-^{37}\text{Cl}$ , および  $^{37}\text{Cl}-^{37}\text{Cl}$  の3種類が存在する。そのうち、 $^{35}\text{Cl}-^{35}\text{Cl}$  の占める割合 [%] はいくらか。最も近い数値を、次の①~⑤から選べ。

5

- ① 6      ② 16      ③ 36      ④ 56      ⑤ 76

(3)  $^{37}\text{Cl}$  の中性子の数はいくつか。最も適当な数値を、次の①~⑥から選べ。

6

- ① 17      ② 18      ③ 19      ④ 20      ⑤ 35      ⑥ 37

II 次の問い(問1～問5)に答えよ。(25点)

問1 酸素  $O_2$  と窒素  $N_2$  を物質量比 1:4 で混合した。この混合気体の  $0^\circ C$ 、 $1.013 \times 10^5 Pa$  での密度  $[g/L]$  はいくらか。最も近い数値を、次の①～⑤から選べ。

7

- ① 1.1      ② 1.3      ③ 1.4      ④ 1.5      ⑤ 1.6

問2 次の塩 a～e のうち、水溶液が酸性を示すものの組み合わせを、下の①～⑨から選べ。

8

a  $K_2SO_4$     b  $CuSO_4$     c  $CH_3COONa$     d  $NaCl$     e  $NH_4Cl$

- ① (a, b)      ② (a, c)      ③ (a, d)      ④ (a, e)  
⑤ (b, c)      ⑥ (b, d)      ⑦ (b, e)      ⑧ (c, d)  
⑨ (c, e)      ⑩ (d, e)

問3  $0.020 mol/L$  の硫酸  $H_2SO_4$  水溶液  $50 mL$  に  $0.020 mol/L$  の水酸化ナトリウム  $NaOH$  水溶液  $50 mL$  を加えたところ、 $100 mL$  の水溶液になった。この水溶液の  $pH$  はいくらか。最も近い数値を、次の①～⑦から選べ。ただし、この濃度で  $H_2SO_4$  は完全に電離するものとする。

9

- ① 1.0      ② 2.0      ③ 3.0      ④ 4.0  
⑤ 5.0      ⑥ 6.0      ⑦ 7.0

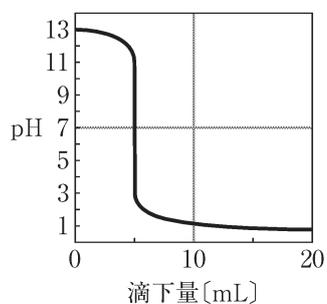
問4 次の滴定の操作アおよびイを行ったときの滴定曲線として最も適当なものを、下の①～⑥からそれぞれ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

ア 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10 mL に、0.10 mol/L の硫酸水溶液を滴下する。

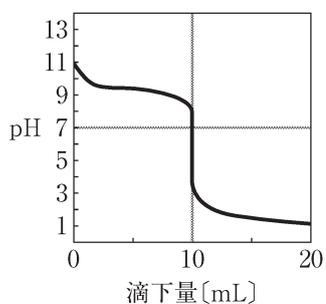
イ 0.10 mol/L のアンモニア水 10 mL に、0.10 mol/L の塩酸を滴下する。

ア：  イ：

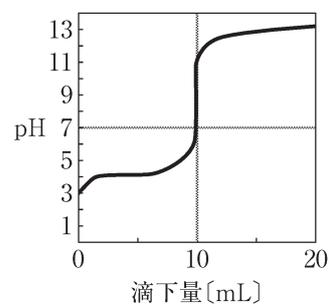
①



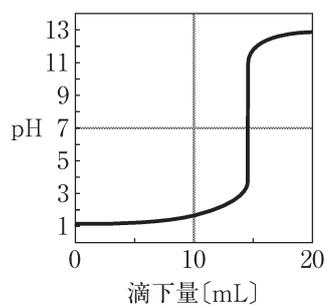
②



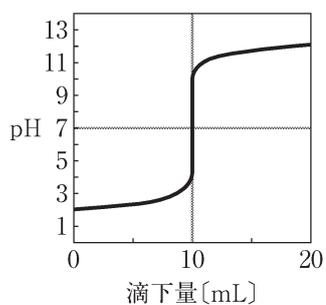
③



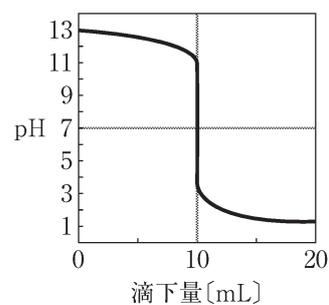
④



⑤



⑥



問5 次の記述1～3の金属A～Cに関して、イオン化傾向の大きい順を正しく表しているものを、下の①～⑥から選べ。

12

- 1 Aは希塩酸に溶けたが、Cは溶けなかった。
- 2 Bのイオンを含む水溶液にAを入れると、Bが析出した。
- 3 BとCを導線で結んで電解質の水溶液に浸すと、Cを正極、Bを負極とする電池になった。

①  $A > B > C$

②  $A > C > B$

③  $B > A > C$

④  $B > C > A$

⑤  $C > A > B$

⑥  $C > B > A$

Ⅲ 次の[イ]および[ロ]の問いに答えよ。(25点)

[イ] 次の文章を読んで、下の問い(問1～問3)に答えよ。

式(1)の反応は、ある時間が経過すると、見かけ上は止まった状態になる。このような状態を平衡状態といい、平衡状態における各物質のモル濃度[mol/L]を[A]、[B]および[C]とすると、式(2)の関係が成立する。このとき、 $K$ を式(1)の反応の平衡定数という。



$$K = \boxed{\text{ア}} \quad (2)$$

密閉容器に窒素  $\text{N}_2$  と水素  $\text{H}_2$  を入れ、ある温度に保つと、アンモニア  $\text{NH}_3$  が生じて平衡状態に達した。この反応は式(3)で表される。このとき、正反応の反応速度( $\text{NH}_3$ の生成速度)が  $v_1$  [mol/(L·s)]、逆反応の反応速度( $\text{NH}_3$ の分解速度)が  $v_2$  [mol/(L·s)]となった。



問1  $\boxed{\text{ア}}$  にあてはまる式として、最も適当なものを、次の①～⑥から選べ。

$\boxed{13}$

$$\textcircled{1} \frac{[\text{C}]}{[\text{A}] + [\text{B}]} \quad \textcircled{2} \frac{[\text{A}] + [\text{B}]}{[\text{C}]} \quad \textcircled{3} \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]}$$

$$\textcircled{4} \frac{[\text{A}][\text{B}]}{[\text{C}]} \quad \textcircled{5} \frac{[\text{B}]}{[\text{A}][\text{C}]} \quad \textcircled{6} \frac{[\text{A}][\text{C}]}{[\text{B}]}$$

問2 平衡状態における式(3)に関する次の記述 a～dのうち、正しいものの組み合わせはどれか。下の①～⑥から選べ。

14

- a 反応容器に  $\text{NH}_3$  を加えると、平衡は右向きに移動する。
- b 反応容器を冷却すると、平衡は右向きに移動する。
- c 平衡状態のとき  $v_1 = v_2 = 0$  となる。
- d  $K$  は、温度が一定であれば、一定の値となる。

- ① (a, b)                      ② (a, c)                      ③ (a, d)
- ④ (b, c)                      ⑤ (b, d)                      ⑥ (c, d)

問3 3.0 mol の  $\text{N}_2$  と 9.0 mol の  $\text{H}_2$  を 10 L の容器に入れ、ある温度に保つと、4.0 mol の  $\text{NH}_3$  を生じて式(3)に示す平衡状態に達した。このときの平衡定数  $[(\text{mol/L})^{-2}]$  の値はいくらか。最も近い数値を、次の①～⑧から選べ。ただし、この容器の容積は変化しない。

15

- ① 0.000073                      ② 0.0059                      ③ 0.017
- ④ 0.11                              ⑤ 0.73                              ⑥ 1.4
- ⑦ 8.9                                ⑧ 59

[ロ] 次の問い(問1～問3)に答えよ。

問1 緩衝液に関する次の記述 a～dのうち、正しいものの組み合わせはどれか。

下の①～⑥から選べ。

16

- a pHの値は常に7.0である。
- b 少量の酸を加えても、pHの値はあまり変化しない。
- c 強酸と強塩基の混合物の水溶液は緩衝液になる。
- d 緩衝液の例として、リン酸二水素ナトリウムとリン酸水素二ナトリウムの混合水溶液がある。

- ① (a, b)                      ② (a, c)                      ③ (a, d)
- ④ (b, c)                      ⑤ (b, d)                      ⑥ (c, d)

問2 80℃における硝酸カリウム  $\text{KNO}_3$  の飽和水溶液 100 g を、40℃に冷却すると析出する結晶の質量[g]はいくらか。最も近い数値を、次の①～⑥から選べ。ただし、80℃および40℃において、 $\text{KNO}_3$  は水 100 g に対し、それぞれ最大で 169 g および 64 g 溶ける。

17

- ① 20                              ② 39                              ③ 51
- ④ 66                              ⑤ 78                              ⑥ 85

問3 次の化合物 a～eのうち、三重結合をもつものの組み合わせを、下の①～⑩から選べ。

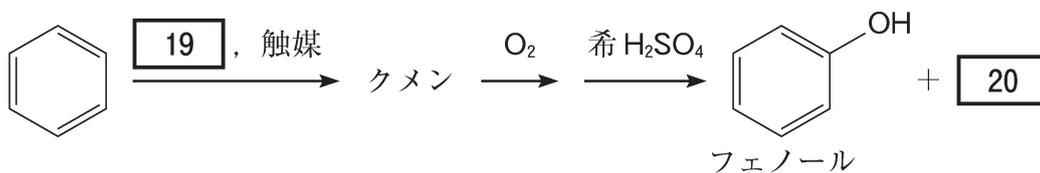
18

a アセチレン      b エチレン      c エタノール      d 窒素  
e 二酸化炭素

- ① (a, b)      ② (a, c)      ③ (a, d)      ④ (a, e)  
⑤ (b, c)      ⑥ (b, d)      ⑦ (b, e)      ⑧ (c, d)  
⑨ (c, e)      ⑩ (d, e)

IV 次の記述を読んで、下の問い(問1～問6)に答えよ。(25点)

ベンゼンからフェノールを合成するクメン法の経路は、次のとおりである。



問1  $\boxed{19}$  にあてはまる化合物として最も適当なものを、次の①～⑦から選べ。

- ①  $\text{CH}_4$                       ②  $\text{CH}_3-\text{CH}_3$                       ③  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- ④  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$                       ⑤  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$                       ⑥  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$
- ⑦  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$

問2  $\boxed{20}$  にあてはまる化合物として最も適当なものを、次の①～⑧から選べ。

- ①  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$                       ②  $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \\ || \\ \text{O} \end{array}$                       ③  $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \\ || \\ \text{O} \end{array}$
- ④  $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \\ || \\ \text{O} \end{array}$                       ⑤  $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$                       ⑥  $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ || \\ \text{O} \end{array}$
- ⑦  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$                       ⑧  $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ | \quad || \\ \text{CH}_3 \quad \text{O} \end{array}$

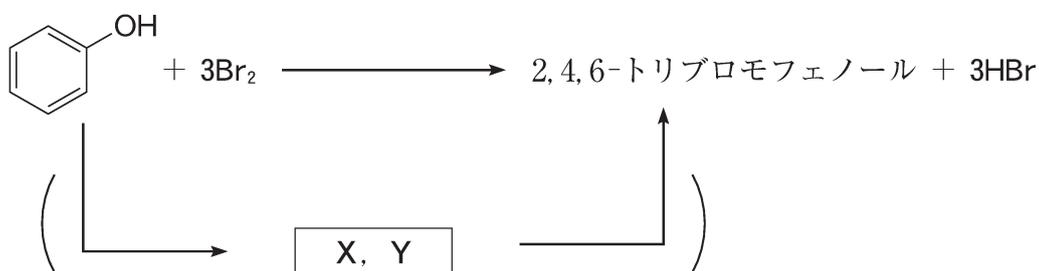
問3 フェノールに関する次の記述①～⑤のうち、誤っているものはどれか。

21

- ① 水溶液は弱酸性を示す。
- ② 塩化鉄(Ⅲ)水溶液で紫色を呈する。
- ③ 水酸化ナトリウム水溶液を加えると、塩をつくる。
- ④ 加熱して融解させたものにナトリウムを加えると、水素を発生する。
- ⑤ 芳香族炭化水素に分類される。

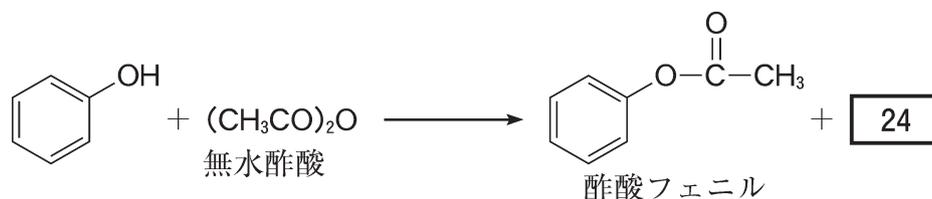
問4 次の図のように、フェノールの水溶液に臭素  $\text{Br}_2$  水を加えると、2,4,6-トリブロモフェノールを生成する。この反応では、中間体としていくつかの化合物を生成するが、そのうち分子式  $\text{C}_6\text{H}_5\text{BrO}$  で表される X と、分子式  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}_2\text{O}$  で表される Y として適当な化合物を、下の①～⑥からそれぞれ選べ。

X : 22    Y : 23



- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥

問5 次の図のように、フェノールは無水酢酸と反応して酢酸フェニルと 24 を生成する。24 にあてはまる化合物として最も適当なものを、下の①～⑥から選べ。



- |                       |                                      |                        |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|
| ① CH <sub>3</sub> OH  | ② CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH | ③ HCHO                 |
| ④ CH <sub>3</sub> CHO | ⑤ HCOOH                              | ⑥ CH <sub>3</sub> COOH |

問6 問5の反応を、4.7gのフェノールと十分量の無水酢酸を使用して行った場合、得られる酢酸フェニルの質量[g]は最大でいくらか。最も近い数値を、次の①～⑥から選べ。 25

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| ① 4.7 | ② 5.4 | ③ 6.1 |
| ④ 6.8 | ⑤ 7.5 | ⑥ 8.2 |