

# 化学基礎・化学

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

|       |       |       |       |       |      |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| H 1.0 | C 12  | O 16  | Na 23 | Al 27 | S 32 |
| K 39  | Mn 55 | Fe 56 | Cu 64 | Zn 65 |      |

- 1 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

原子は、その中心にある原子核とその周りにある電子からなる。同じ元素の原子でも原子核にある（ア）の数は同じであるが、（イ）の数が異なるものがある。このような原子どうしを互いに同位体という。原子を質量数も含めて表す場合は元素記号の左上に質量数を書き添える。たとえば質量数2の水素原子は ${}^2\text{H}$ と表す。

原子は非常に小さく軽いため、ある特定の物質の質量を基準として他の物質の質量を相対的に表す。質量数12の炭素原子1個の質量を基準として表した原子1個の相対的な質量を原子の相対質量という。また、①自然界における同位体の存在比と原子の相対質量から求められた平均値を元素の原子量という。分子を構成している元素の原子量の総和を分子量という。たとえば、塩素分子 $\text{Cl}_2$ の分子量は（ウ）である。一方、②分子を構成している原子の質量数の総和は整数となる。たとえば、 ${}^{35}\text{Cl}$ からなる塩素分子 ${}^{35}\text{Cl}_2$ の質量数の総和は70である。

自然界における水素、炭素、塩素の同位体の存在比は次の表のとおりとする。

| 元素  | 水素             |                | 炭素                |                   | 塩素                 |                    |
|-----|----------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 同位体 | ${}^1\text{H}$ | ${}^2\text{H}$ | ${}^{12}\text{C}$ | ${}^{13}\text{C}$ | ${}^{35}\text{Cl}$ | ${}^{37}\text{Cl}$ |
| 存在比 | 99.99%         | 0.01%          | 98.9%             | 1.1%              | 75.8%              | 24.2%              |

問 1 文章中の（ ア ）と（ イ ）にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2 下線部①について、塩素の原子量を求める式を書きなさい。ただし、 $^{35}\text{Cl}$ 、 $^{37}\text{Cl}$  の相対質量はそれぞれ 35.0、37.0 である。

問 3 文章中の（ ウ ）にあてはまる数値を有効数字 3 桁で記せ。

問 4 下線部②について、エチレン分子  $\text{C}_2\text{H}_4$  を構成している原子の質量数の総和が異なるものはいくつあるか。その数を記せ。

問 5 自然界に存在する塩素分子  $\text{Cl}_2$  のうち、 $^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$  は何%含まれているか。有効数字 3 桁で答えよ。

2 次の文章を読み、問 1～問 6 に答えよ。

酢酸水溶液の濃度を求めるために、以下の実験操作①～⑤を行った。

実験操作① 固形の水酸化ナトリウム約 4 g を純水に溶かして 500 mL の水溶液をつくり、水溶液 A とした。

実験操作② シュウ酸二水和物  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  の結晶 1.26 g をはかりとり、純水に溶かし、100 mL の（ ア ）に入れて標線まで純水を加え、水溶液 B とした。

実験操作③ 水溶液 B 20.0 mL を（ イ ）で正確にとり、（ ウ ）に入れ、<sub>a</sub> 指示薬を 2～3 滴加えた。そののち、水溶液 A を（ エ ）に入れて滴下し、中和点までに 21.0 mL を要した。

実験操作④ <sub>b</sub> 酢酸水溶液 10 mL を（ イ ）で正確にとり 100 mL の（ ア ）に入れて標線まで純水を加えて薄め、水溶液 C とした。

実験操作⑤ 水溶液 C 10.0 mL を（ イ ）で正確にとり、（ ウ ）に入れ、これに指示薬を 2～3 滴加えて、水溶液 A を（ エ ）に入れて滴下すると、中和点までに 8.0 mL を要した。

問 1 （ ア ）と（ イ ）に入る適切な器具名を記せ。

問 2 （ ア ）～（ エ ）の中で、使用前に純水でぬれていてもすぐに使用できるものをすべて選び、ア～エで記せ。

問 3 実験操作①では水酸化ナトリウムを正確にはかることができない。その理由を水酸化ナトリウムの性質から 2 つ記せ。

問 4 水溶液 A のモル濃度 [mol/L] を有効数字 3 桁で記せ。

問 5 下線部 a の指示薬について、(1)(2) について答えよ。

(1) 適切な指示薬を記せ。

(2) 指示薬の色の変化を例にならって記せ。(例) 青色→緑色

問 6 下線部 b の酢酸水溶液の質量パーセント濃度 [%] を有効数字 3 桁で記せ。ただし、酢酸水溶液の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。

3 次の文章を読み、問 1 ～問 3 に答えよ。

物質 1 mol が ( a ) するときに放出する熱量を燃焼エンタルピーという。また、化合物 1 mol が、その成分元素の安定な ( b ) から生成するとき放出または吸収する熱量を、生成エンタルピーという。

次の反応エンタルピーを使って以下の問いに答えよ。

$\text{H}_2$ (気)の燃焼エンタルピー  $-286 \text{ kJ/mol}$

$\text{C}$ (黒鉛)の燃焼エンタルピー  $-394 \text{ kJ/mol}$

$\text{CH}_4$ (気)の燃焼エンタルピー  $-891 \text{ kJ/mol}$

メタン  $\text{CH}_4$ (気)の生成エンタルピー  $x [\text{kJ/mol}]$  とする。

問 1 ( a ), ( b ) に適語を入れよ。

問 2 図 1 は燃焼エンタルピーと生成エンタルピーの関係に関するエネルギー図である。

( ア ), ( イ ), ( ウ ) には数値を, ( エ ), ( オ ), ( カ ) にはあてはまる化学式, 状態, + 記号を入れよ。

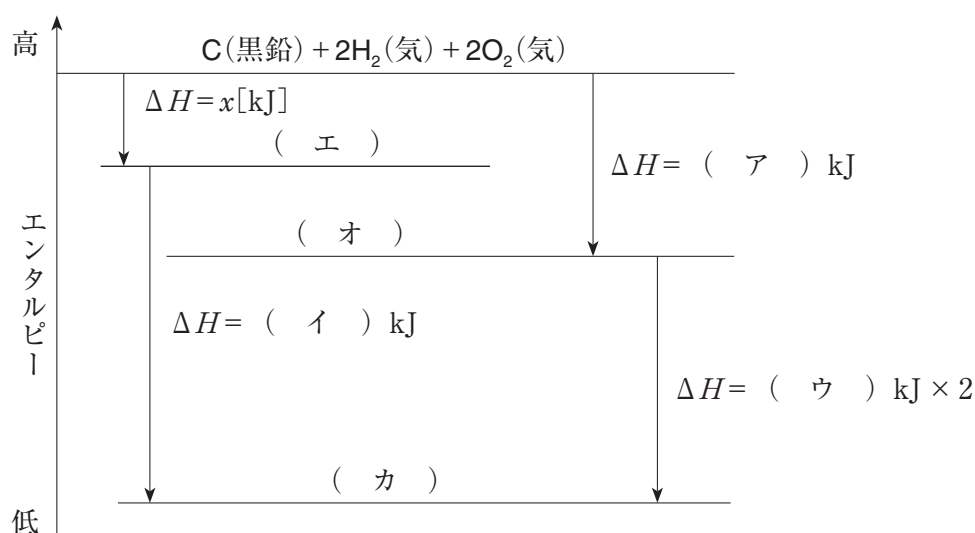


図 1 燃焼エンタルピーと生成エンタルピーの関係

問3 メタン  $\text{CH}_4$  の生成エンタルピー  $x [\text{kJ/mol}]$  を求め、メタン  $\text{CH}_4$  の生成エンタルピーを示す化学反応式と生成エンタルピーを記せ。

4 次の文章を読み、問 1～問 3 に答えよ。

0.20 mol/L 酢酸水溶液 100 mL と、0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 100 mL を混合し、水溶液 A をつくった。

水溶液 A の  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  は ( ア ) mol/L,  $[\text{CH}_3\text{COONa}]$  は ( イ ) mol/L となる。

一般に、弱酸と弱酸の塩の混合水溶液は強酸や強塩基を少量加えても、pH の変化が小さく、ほぼ一定に保たれる緩衝作用がある。酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液では、それぞれが次のように電離している。



この状態は弱酸である酢酸とその塩である酢酸ナトリウムが共存し、緩衝液となるため、この水溶液の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  は ( ウ ) mol/L となり、pH は ( エ ) である。また、水溶液 A を純水で 10 倍に薄めると、pH は ( オ ) となる。

ただし、酢酸の電離定数  $K_a$  は  $2.0 \times 10^{-5}$  mol/L, 水のイオン積  $K_w$  は  $1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup> とする。 $\log_{10}2 = 0.30$

問 1 ( ア ) ～ ( ウ ) の数値を有効数字 2 桁で記せ。

問 2 ( エ ) ( オ ) の数値を小数第 1 位まで記せ。

問 3 水溶液 A に少量の酸あるいは塩基を加えても pH はあまり変化しない。この理由についてイオン反応式などを用いて説明せよ。

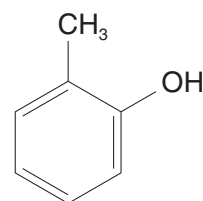
- 5 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。ただし、化学反応式における芳香族化合物については構造式の例にならい記せ。

①化合物 A はフェノールのナトリウム塩に高温高压のもとで二酸化炭素を反応させた後、希硫酸を加えることにより合成できる。化合物 A は分子中にヒドロキシ基とカルボキシ基の 2 つの官能基をもつため、フェノールとカルボン酸の性質を示す。さらに、②化合物 A にメタノールと少量の濃硫酸（触媒）を作用させると、化合物 B が得られる。また、③化合物 A に無水酢酸と少量の濃硫酸（触媒）を作用させると化合物 C が得られる。

問 1 下線部①の二段階の化学反応式を記せ。

構造式の例

問 2 下線部②の化学反応式を記せ。



問 3 下線部③の化学反応式を記せ。

問 4 化合物 A～C のうち、塩化鉄(Ⅲ)を加えると赤紫色に呈色するものをすべて選び、記号 A, B, C で記せ。

問 5 下線部②において化合物 A 6.90 g との反応に十分な量のメタノールおよび少量の濃硫酸を入れて反応させた後、内容物を炭酸水素ナトリウムの飽和水溶液に加えたところ、二酸化炭素が発生するとともに、化合物 B 6.08 g が得られた。このとき、化合物 B の化学反応式から計算した生成物の量に対する実験で得られた生成物の量の割合 [%] を有効数字 2 桁で記せ。