

化 学

必要であれば、原子量、および気体定数  $R$  として次の値を使え。

$H : 1.0, \quad C : 12, \quad N : 14, \quad O : 16,$

$R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

I

(配点 50)

次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。数値での解答は、**有効数字2桁**で示せ。

a) 溶解度の小さい気体が一定量の液体に溶ける場合、気体の液体への溶解量(物質量)は、温度が一定であれば、その気体の圧力に比例する。酸素は水に対する溶解度が小さい気体として扱うことができる。図1に示すように、容積が自由に変わられ、密閉できる容器に酸素と水を入れ、 $27^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保つと、水  $1.0 \text{ L}$  に  $1.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の酸素が溶けて飽和した。酸素は理想気体としてふるまい、液体の体積変化および水の蒸気圧は無視できるものとする。

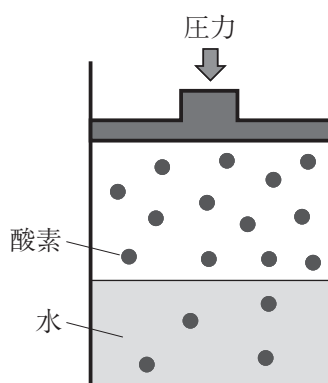


図1

- (1) 下線部 a) の現象を表わす法則の名称を記せ。
- (2) 標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) で、水に対する溶解度が最も大きい気体を**解答群1**から選び、番号で答えよ。

**解答群1**

- ① 窒素    ② 二酸化炭素    ③ メタン    ④ アンモニア

- (3) 容器に水  $10 \text{ L}$  を入れ、 $27^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保つと、水に酸素が飽和した。
  - 1) 水に溶けている酸素の物質量は何 mol か。
  - 2) 水に溶けている酸素の体積は、 $27^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  における気体の体積に換算して表すと何 L か。

- (4) 容器に水 10 L を入れ、 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.5 \times 10^5\text{ Pa}$  に保つと、水に酸素が飽和した。このときの  
気体として存在する酸素の体積は 1.0 L であった。
- 3) 水 10 L に溶けている酸素の質量は何 g か。
- 4) 気体として存在する酸素の物質量は何 mol か。
- 5) 容器内に含まれるすべての酸素の物質量は何 mol か。
- (5) (4) の状態から、温度を  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ち、気体として存在する酸素の体積を 0.50 L に保つ  
と、水 10 L に酸素が飽和した。
- 6) 気体の圧力は何 Pa か。
- 7) 水 10 L に溶けている酸素の物質量は何 mol か。
- (6) 水に溶けている酸素を溶液中から取り除く方法として、最も効果的なものはどれか。

解答群 2 から選び、番号で答えよ。

**解答群 2**

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| ① 加熱しながら、圧力を上げる。 | ② 加熱しながら、圧力を下げる。 |
| ③ 冷却しながら、圧力を上げる。 | ④ 冷却しながら、圧力を下げる。 |

II

(配点 50)

炭素およびケイ素に関する〔1〕および〔2〕の文章を読み、(1)～(9)の問いに答えよ。

〔1〕 炭素の単体には、<sup>a)</sup> ダイヤモンド、黒鉛、フラーレンなどが存在する。この中で、ダイヤモンドでは、すべての炭素原子が三次元的に規則正しく配列している。この配列は1つの炭素原子とそれを囲む4つの炭素原子による正四面体が基本構造となり、すべての炭素原子は互いに<sup>b)</sup> 強く結合している。これに対し、黒鉛では、炭素原子がつくる平面層が積み重なった構造となっており、層と層との間には<sup>c)</sup> 弱い引力が働いている。各層では、6つの炭素原子の結合により形成している正六角形が基本構造となっている。

〔2〕 ケイ素は岩石を構成する主要成分として、地殻中に含まれる元素の中で2番目に多い。

<sup>I)</sup> ケイ素の単体は、二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$  を炭素の共存下、空気をしゃ断した電気炉中で加熱することで得られる。また、ケイ素は電氣的に、<sup>d)</sup> 電気をよく導くものと電気をほとんど導かないものとの中間的な性質をもつ物質であり、集積回路や太陽電池などの材料として利用されている。

二酸化ケイ素  $\text{SiO}_2$  と炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  とを混合し加熱すると、<sup>e)</sup> 液体となって反応し、ケイ酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  を形成する。得られた生成物に水を加えて煮沸すると<sup>II)</sup> 粘性の高い液体となる。この液体に酸を加えると、半透明でゲル状のケイ酸が生じる。ケイ酸を加熱して水分を取り除いた<sup>III)</sup> 固体は、乾燥剤や吸湿剤として有用である。

(1) 炭素とケイ素が属する周期表の族の番号を記せ。

(2) ダイヤモンドの性質として不適切なものを**解答群 1**から1つ選び、番号で答えよ。

**解答群 1**

- |            |           |
|------------|-----------|
| ① きわめて硬い   | ② 熱伝導性が高い |
| ③ 電気伝導性が高い | ④ 融点が高い   |

(3) 下線部 a)～e)の内容をよく表す適切な語句を**解答群 2**から選び、それぞれ番号で答えよ。

**解答群 2**

- |        |              |        |         |
|--------|--------------|--------|---------|
| ① 同素体  | ② 同位体        | ③ 異性体  | ④ 電子親和力 |
| ⑤ 共有結合 | ⑥ ファンデルワールス力 | ⑦ 水素結合 |         |
| ⑧ 絶縁体  | ⑨ 導体         | ⑩ 半導体  | ⑪ 融解    |
| ⑫ 潮解   | ⑬ 加水分解       |        |         |

(4) 地殻中でケイ素より多く存在する元素の元素記号を記せ。

- (5) 黒鉛は、高い電気伝導性を示す。その理由を記せ。
- (6) 下線部Ⅰ) の反応について、
- 1) ケイ素の酸化数の変化を例にならって示せ。例)  $+2 \rightarrow -3$
  - 2) この反応で生じる気体は、毒性が強く、水に溶けにくい。この気体の化学式を記せ。
- (7) 下線部Ⅱ) の液体を何というか。
- (8) 下線部Ⅲ) の物質名を記せ。
- (9)  $\text{SiO}_2$  はフッ化水素酸と反応し、ヘキサフルオロケイ酸を生じて溶ける。この反応の化学反応式を記せ。

Ⅲ (配点 50)

次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

a) ベンゼンの水素原子を他の官能基で置き換えることにより、さまざまな芳香族化合物が合成できる。ベンゼンの水素原子1個をヒドロキシ基で置換したフェノールは、室温で無色の結晶であり、空気中の水分を吸収して溶ける。この現象を **ア** という。フェノールは、水溶液中でわずかに **イ** し、炭酸より **ウ** 酸性を示す。また、フェノールに **エ** 水溶液を加えると紫色の呈色反応を示す。

フェノールは、ベンゼンよりも置換反応を受けやすく、その反応は b) オルト位とパラ位で起こりやすい。現在、フェノールは工業的にはクメン法により製造されており、医薬品、染料や合成樹脂などの原料として広く用いられている。

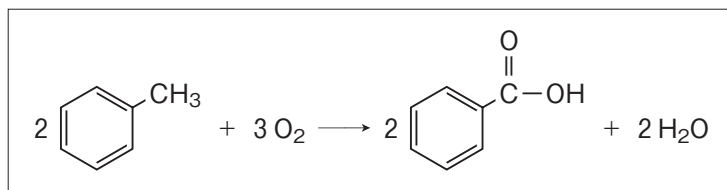
- (1) 下線部 a) に関して、ベンゼンの水素原子1個をアミノ基で置換した化合物の名称を記せ。  
(2) **ア** ～ **エ** にあてはまる最も適切な語句を**解答群1**から選び、それぞれ番号で答えよ。

**解答群1**

- |      |      |          |          |        |
|------|------|----------|----------|--------|
| ① 電離 | ② 昇華 | ③ 風解     | ④ 潮解     | ⑤ 加水分解 |
| ⑥ 強い | ⑦ 弱い | ⑧ 塩化鉄(Ⅲ) | ⑨ 塩化リチウム | ⑩ 酢酸   |

- (3) 下線部 b) の反応例として、フェノールに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を加えて加熱すると、火薬の原料として使用されていたピクリン酸が得られる。ピクリン酸の構造式を記せ。  
(4) フェノールは単体のナトリウムと反応して塩**A**を生じる。  
1) このときに起こる反応を**例1**にならって化学反応式で記せ。

**例1**



- 2) 塩**A**と塩化ベンゼンジアゾニウムとの反応により、アゾ化合物である

対

ヒドロキシアゾベンゼンを合成した。このアゾ化合物の構造式を記せ。

- (5) フェノールは図1に示すクメン法で合成されている。
- 3) ベンゼンとプロペンとの反応で生じる化合物Bの構造式を記せ。
- 4) フェノールと同時に生成する化合物Cの名称を記せ。
- 5) フェノール 9.4 kg を製造するとき、理論上、化合物Cは何 kg 生成するか。
- 有効数字2桁で示せ。

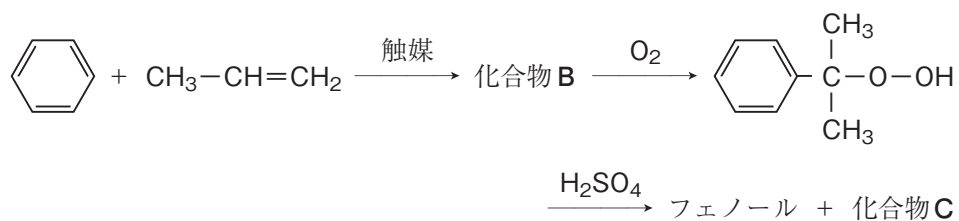


図1