

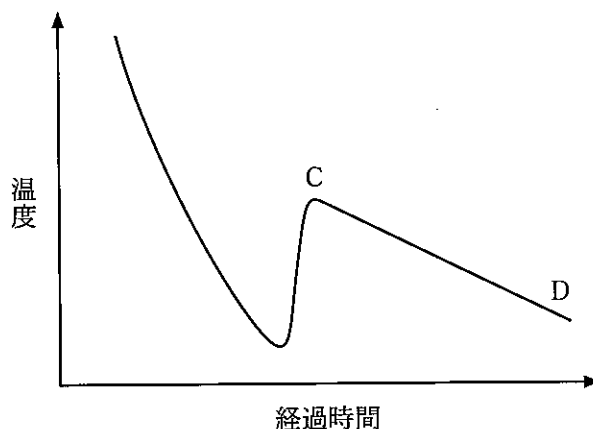
- 1 次の文章を読み、問(1)～(5)に答えよ。水のモル凝固点降下を $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、気体定数 R を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。原子量は $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{O} = 16$ 、 $\text{Na} = 23$ 、 $\text{Cl} = 35.5$ 、 $\text{Ca} = 40$ とする。

不揮発性物質を溶解した希薄溶液の凝固点降下度は、溶質の種類に関係なく溶液の(ア)に比例する。溶質が電解質の場合、溶質の一部もしくはすべてが水溶液中で電離するので溶液中のイオンを含むすべての溶質粒子の(ア)に比例する。

塩化カルシウム 11.1 g を水 500 g に溶かした水溶液を冷却すると、過冷却の状態を経て、凝固が始まる。この水溶液の凝固点 A は、凝固が始まる温度 B とは異なる。

U 字管の中央をセロハン膜で仕切り、両側にそれぞれ純水とスクロース水溶液を同じ高さまで入れ長時間放置すると、純水側の液面が(イ)、スクロース水溶液側の液面が(ウ)、純水側と水溶液側で液面の高さに差が生じる。この液面の高さを等しくするには(エ)側に圧力を加えなければならない。この圧力を浸透圧という。希薄溶液の浸透圧は、溶媒や溶質の種類に関係なく、溶液の(オ)と絶対温度に比例することが、(カ)によって発見された。電解質溶液の浸透圧は、溶液中のイオンを含むすべての溶質粒子の(オ)と絶対温度に比例する。

- (1) (ア)～(カ)に適切な語句を記せ。
- (2) 下線部(a)の水溶液中の塩化カルシウムの(ア)を単位とともに有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (3) 下線部(b)における温度 A と B を、解答欄の塩化カルシウム水溶液の冷却曲線図の縦軸にそれぞれ記し、その温度を決めるための適切な線もあわせて記せ。
- (4) 塩化カルシウム水溶液の冷却曲線図(下図)の CD 間でグラフが右下がりになっている理由を答えよ。



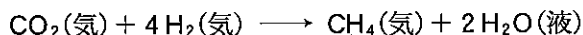
(5) 次の問①～②に答えよ。

- ① 下線部(a)の水溶液の凝固点は何℃か。有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。なお、塩化カルシウムは完全に電離するものとし、水の凝固点は 0.0°C とする。
- ② 塩化ナトリウム 9.0 g を水に溶かして 1.0 L にすると生理食塩水が得られる。生理食塩水の 37°C における浸透圧は何 Pa か。有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。なお、塩化ナトリウムは、完全に電離するものとする。

2 次の問(1)～(2)に答えよ。

(1) CO_2 を還元して CH_4 を得る反応について、問①～④に答えよ。

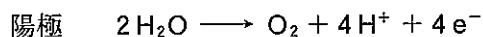
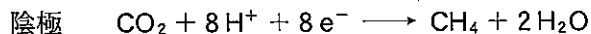
① 常温・常圧において、次の化学反応により CO_2 を H_2 で還元して 1 mol の CH_4 を得るときの反応熱は何 kJ か。計算過程も示せ。



$\text{CH}_4(\text{気})$ 、 $\text{CO}_2(\text{気})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ の生成エンタルピーをそれぞれ -75 kJ/mol 、 -394 kJ/mol 、 -286 kJ/mol とする。熱化学方程式を用いる場合は、 $\text{CH}_4(\text{気})$ 、 $\text{CO}_2(\text{気})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ の生成熱をそれぞれ 75 kJ/mol 、 394 kJ/mol 、 286 kJ/mol とする。

② 上記の反応は「発熱反応」「吸熱反応」のどちらか、答えよ。

③ 水溶液中での電気分解により CO_2 を還元して CH_4 を得ることも可能である。このときの化学反応式を記せ。ただし、陰極と陽極の反応はそれぞれ以下の式で表されるものとする。



④ ③の電気分解を 5.00 A の電流で 1 時間 4 分 20 秒行くと、 CH_4 は何 mol 発生するか。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、電気分解の効率は 100% とし、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

- (2) 難溶性塩の溶解平衡について、問①～②に答えよ。ただし、 AgCl と Ag_2CrO_4 の溶解度積をそれぞれ $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ 、 $3.6 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3$ とし、 NaCl 、 AgNO_3 、 K_2CrO_4 は水溶液中で完全に電離するものとする。

- ① 以下の文章の(ア)と(イ)に適切な数値を単位とともに記せ。また、(ウ)と(エ)には、[大きい、小さい、生じる、生じない]、より選んで記せ。

$2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の NaCl 水溶液 10 mL に $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の AgNO_3 水溶液 10 mL を加えたところ、混合後の水溶液の体積は 20 mL となった。この溶液中で、 Ag^+ と反応する前の水溶液中の Cl^- の濃度は(ア)となり、 Cl^- の濃度と Ag^+ の濃度の積は(イ)となる。これは溶解度積より(ウ)。よって、 AgCl の沈殿は(エ)。

- ② 濃度未知の AgNO_3 水溶液 10 mL に $7.2 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の K_2CrO_4 水溶液 10 mL を加えたところ沈殿が生じた。元の AgNO_3 の濃度は何 mol/L より高かったと考えられるか。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、混合後の水溶液の体積を 20 mL とする。

- 3 次の文章を読み、問(1)~(4)に答えよ。原子量は $O = 16$, $Na = 23$, $S = 32$, $Cl = 35.5$, $K = 39$, $I = 127$ とする。

周期表の 17 族に属するハロゲン元素は、価電子を (ア) 個もち、一般に同周期の他元素よりも電子親和力が大きく、1 価の陰イオンになりやすい。

塩化水素 (HCl) などのハロゲン化水素は常温・常圧では無色の気体であり、有毒で強い刺激臭を持つ。また、ハロゲン化水素は一般に水によく溶け、水溶液は (イ) 性を示す。HCl は塩化ナトリウム (NaCl) に濃硫酸 (H_2SO_4) を加えて穏やかに加熱することで発生し、^(a) (ウ) により捕集することができる。塩素 (Cl_2) は酸化マンガン (IV) (MnO_2) に濃塩酸を加えて加熱することで得られる。 Cl_2 は水に少し溶け、一部が反応して HCl と (エ) を生じる。また、 Cl_2 を水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液に通じると (エ) のナトリウム塩である (オ) が得られる。(エ) や (オ) は酸化作用があり、漂白剤や殺菌剤などに用いられる。(オ) を含む漂白剤と HCl を含む (イ) 性洗浄剤を混合すると、NaCl, H_2O とともに有毒な Cl_2 が発生する。^(b) このため、塩素系漂白剤には「まぜるな危険」と表示されている。

Cl_2 の量を測定する方法にヨウ化カリウム (KI) を用いるものがある。この方法では、 Cl_2 の酸化力がヨウ素 (I_2) よりも (カ) ことを利用する。 Cl_2 を KI 水溶液に通じると I_2 が生じる。^(c) 生じた I_2 を濃度既知のチオ硫酸ナトリウム ($Na_2S_2O_3$) で酸化還元滴定する。^(d) この滴定において $Na_2S_2O_3$ は酸化されテトラチオン酸ナトリウム ($Na_2S_4O_6$) が生じる。

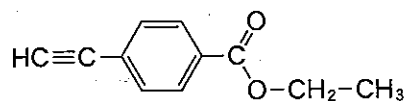
- (1) (ア) ~ (カ) に適切な数字・語句・化合物名を記せ。
- (2) 下線部(a)~(d)の反応を化学反応式で記せ。
- (3) 下線部(b)により生じた Cl_2 を 1.0 mol/L の KI 水溶液 100 mL に通じた。その後、デンプン溶液を加え、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の $Na_2S_2O_3$ 水溶液で滴定を行った。 $Na_2S_2O_3$ 水溶液 5.0 mL を滴下したところで溶液は無色になった。問①~④に答えよ。
- ① デンプン溶液を加えると溶液は何色になるか、答えよ。
- ② KI 水溶液に通じた Cl_2 の質量は何 mg か。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、KI 水溶液に通じた Cl_2 は完全に反応したものとする。
- ③ 使用する KI 水溶液の濃度を高くした場合、滴定に必要な $Na_2S_2O_3$ 水溶液の量はどうか。「多くなる」、「少なくなる」、「変わらない」から選び答えよ。
- ④ 使用する $Na_2S_2O_3$ 水溶液の濃度を高くした場合、滴定に必要な $Na_2S_2O_3$ 水溶液の量はどうか。「多くなる」、「少なくなる」、「変わらない」から選び答えよ。

(4) 以下の記述の中で正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- A 臭化物イオン(Br^-)を含む水溶液に AgNO_3 水溶液を加えると、白色の沈殿を生じる。
- B フッ化水素(HF)の水溶液であるフッ化水素酸は、ガラス容器には保管すべきでない。
- C 単体の I_2 は常温・常圧では黒紫色の気体として存在する。
- D 塩酸と鉄が反応すると H_2 が生じる。

4

次の有機化合物A～Fに関する問(1)～(4)に答えよ。構造式の記入例を以下に示す。



- | | | |
|-------------|----------|--------|
| A アセチレン | B アセトン | C アニリン |
| D エチレングリコール | E 無水フタル酸 | F 油脂 |

- (1) 有機化合物A～Eの構造式を記せ。
- (2) 有機化合物は官能基にもとづいて分類することができる。有機化合物A～Fはそれぞれどれに分類されるか。以下の語群より選んで答えよ。

【語群】

アルカン アルキン アルケン アルコール アルデヒド アミド アミン
 エステル エーテル カルボン酸 ケトン 酸無水物 フェノール類

- (3) 有機化合物A～Fについて適切な説明を以下の(ア)～(ク)よりそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

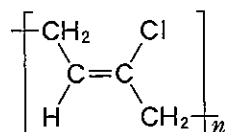
- (ア) 硫酸銅(Ⅱ)水溶液と酒石酸カリウムナトリウムの水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、赤色沈殿を生じる。
- (イ) 水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると、乳化作用を有する物質を生じる。
- (ウ) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、染料として利用される黑色物質を生じる。
- (エ) ベンゼンとプロペンを原料にしたクメン法で生じる。
- (オ) 混酸を加えて加熱すると、ピクリン酸を生じる。
- (カ) ポリエチレンテレフタラートの合成原料となる。
- (キ) アンモニア性硝酸銀水溶液に通じると爆発性の白色沈殿を生じる。
- (ク) 工業的には酸化バナジウム(V)などの触媒を用いてナフタレンを酸化してつくられる。

(4) 1 mol の有機化合物 F を完全に加水分解すると、分子式 $C_{18}H_{32}O_2$ の化合物 X が 2 mol、分子式 $C_{18}H_{30}O_2$ の化合物 Y が 1 mol、水によく溶ける化合物 Z が 1 mol 得られた。化合物 X と Y はいずれも直鎖構造をもち、三重結合をもたないものとする。問①～②に答えよ。

① 化合物 Z の構造式を記せ。

② 有機化合物 F の 1 分子あたりの炭素—炭素二重結合の数はいくつか。

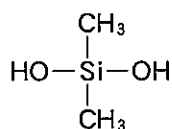
- 5 下の文章を読み、問(1)~(5)に答えよ。高分子の構造式の記入例を以下に示す。



ゴムノキの樹液は(① ア：ノボラック イ：ビスコース ウ：ラテックス)と呼ばれるコロイド溶液である。このコロイド溶液に酢酸を加えると、天然ゴムの沈殿が生じる。天然ゴムは、イソプレンが^(a)(② ア：付加 イ：縮合 ウ：開環)重合した構造をもつ高分子Aが主成分である。天然ゴムに単体の(③ ア：酸素 イ：硫黄 ウ：ヨウ素)を加えて加熱すると、ゴムの弾性が大きくなる。

人工的につくられるゴムは合成ゴムと呼ばれる。合成ゴムの1つにスチレンとブタジエンを(④ ア：付加縮合 イ：架橋 ウ：共重合)して得られるスチレンーブタジエンゴム(SBR)がある。SBR分子内のポリスチレン構造同士は分子間力で架橋しているため、SBRは高い弾性をもつ。SBRを加熱すると分子間力による架橋がほどけて柔らかくなる。SBRは、耐薬品性は高く^(b)ないが耐摩耗性に優れているため、(⑤ ア：ゴミ袋 イ：自動車のタイヤ ウ：導電性高分子)に用いられることが多い。

合成ゴムであるシリコーンゴムは、安定なSi-O-Siの構造をもつため、耐薬品性・耐熱性に優れている。シリコーンゴムは、下図のジメチルシランジオールが(⑥ ア：付加 イ：縮合 ウ：開環)重合した構造をもつ高分子Bを架橋した構造をもつ。



ジメチルシランジオール

- (1) 文中の(①)~(⑥)に入る適切な語句をア~ウより選び、記号で答えよ。

- (2) 下線部(a), (b)の現象・性質の名称を、下の語群より選んで答えよ。

【語群】

熱硬化性 熱可塑性 ゴム弾性 再結晶 凝析 塩析

- (3) 高分子A, Bの構造式を記せ。立体異性体がある場合は区別できるように記すこと。

- (4) 天然ゴムは光や空気にさらすと劣化しやすい。その理由を 30 字以内で説明せよ。
- (5) スチレンーブタジエンゴム (SBR) 133 g に H_2 を完全に付加するのに、 H_2 は 3.0 g 必要であった。この SBR の原料であるブタジエンの物質量はスチレンの物質量の何倍か。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、ベンゼン環は水素と反応しないものとし、分子量はスチレンが 104、ブタジエンが 54、 H_2 が 2.0 とする。