

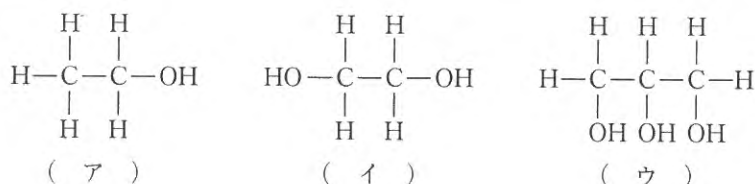
解答に必要ながあれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5, I = 127, Cs = 133

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

1

アルコールは分子中のヒドロキシ基の数によって、1価アルコール、2価アルコール、3価アルコールに分類される。これらのアルコールは価数に応じて異なる用途に用いられる。下図の(ア)、(イ)、(ウ)は代表的な1価アルコール、2価アルコール、3価アルコールの構造式を示している。



以下の各問いに答えなさい。

問1 アルコールにナトリウムを加えると、水素を発生して、ナトリウムアルコキシドが生じる。アルコール(ア)を100 g はかり取り、これにナトリウム 5.0 g を加えて完全に反応させるとき、発生する水素は標準状態(0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)で何 L か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1.2 L B. 2.4 L C. 4.9 L D. 9.7 L E. 19 L

問2 アルコールは分子間で脱水してエーテルを与える。一般式 $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ で表されるアルコール 100 g をすべて反応させたところ、エーテルが 91.2 g 得られた。得られたエーテルの分子式はどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ B. $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$ C. $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$ D. $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}$
 E. $\text{C}_{12}\text{H}_{26}\text{O}$ F. $\text{C}_{14}\text{H}_{30}\text{O}$

問3 アルコールはさまざまな酸と縮合してエステルを与える。アルコール(ア)、(イ)、(ウ)から生じるエステルについて誤っている記述はどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. アルコール(ア)と酢酸から生じるエステルは、芳香をもち、水に溶けにくく有機溶媒に溶けやすい。
 B. アルコール(ア)と硫酸から生じるエステルを水酸化ナトリウムで中和したものは、中性洗剤として利用される。
☐ C. アルコール(イ)とテレフタル酸から生じるエステルは、熱可塑性樹脂として利用される。
☐ D. アルコール(ウ)と無水フタル酸から生じるエステルは、熱硬化性樹脂として利用される。
☐ E. アルコール(ウ)と硝酸から生じるエステルは、心臓病の薬として用いられる。

問4 アルコール（ウ）と高級脂肪酸のエステルは油脂と呼ばれ、動物の体内や植物の種子などに広く分布する。アルコール（ウ）にパルミチン酸（ $C_{15}H_{31}COOH$ ）、オレイン酸（ $C_{17}H_{33}COOH$ ）、リノール酸（ $C_{17}H_{31}COOH$ ）が1つずつエステル結合した油脂には、いくつの構造異性体が考えられるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、立体異性体については考えなくてよい。

- A. 2 B. 3 C. 4 D. 5 E. 6

問5 問4の油脂 0.1 mol に付加することができるヨウ素は最大何 g か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 25 g B. 38 g C. 51 g D. 76 g E. 100 g

2 塩化セシウムの結晶では、セシウムイオンと塩化物イオンが交互に規則的に配列し、下図のような単位格子をつくっている。セシウムイオンは立方体の中心に、塩化物イオンは立方体の各頂点に位置しており、最近接のイオンは互いに接する球とする。

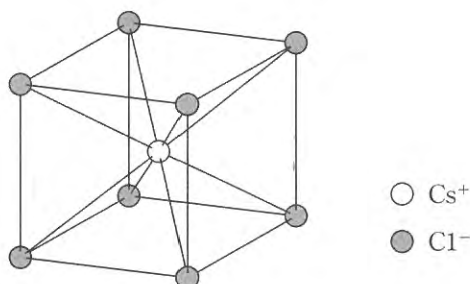


図 塩化セシウムの結晶の単位格子

以下の各問いに答えなさい。

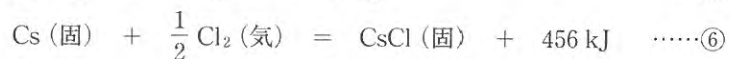
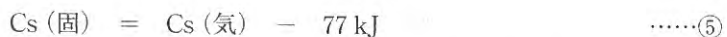
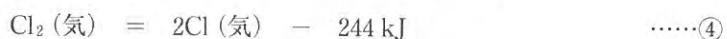
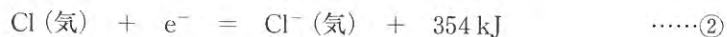
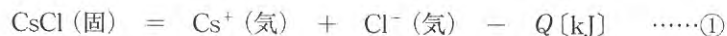
問1 塩化セシウムの結晶中で塩化物イオンに配位しているセシウムイオンは何個あるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1 個 B. 2 個 C. 4 個 D. 6 個 E. 8 個 F. 12 個

問2 セシウムイオンの半径は $1.82 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 、塩化物イオンの半径は $1.64 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。塩化セシウムの密度は何 g/cm^3 か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

- A. 3.3 g/cm^3 B. 3.6 g/cm^3 C. 4.4 g/cm^3 D. 4.9 g/cm^3 E. 5.4 g/cm^3

問3 イオン結晶 1 mol を，気体状態のばらばらのイオンにするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。塩化セシウムの格子エネルギー Q は熱化学方程式 ① で表され，熱化学方程式 ② ～ ⑥ を用いて求めることができる。



次の (1), (2) に答えなさい。

- (1) Cs (気) と Cl (気) から 1 mol の CsCl (固) を得るとき，反応熱は何 kJ/mol か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，解答欄の記号にマークしなさい。

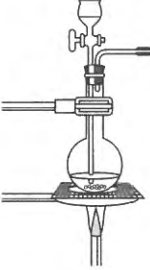
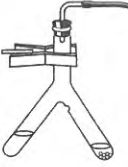
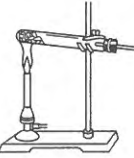
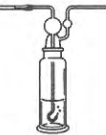
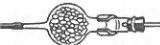
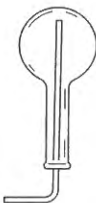
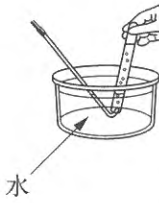
- | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| A. 257 kJ/mol の発熱 | B. 655 kJ/mol の発熱 | C. 777 kJ/mol の発熱 |
| D. 257 kJ/mol の吸熱 | E. 655 kJ/mol の吸熱 | F. 777 kJ/mol の吸熱 |

- (2) 塩化セシウムの格子エネルギーは何 kJ/mol か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，解答欄の記号にマークしなさい。

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| A. 278 kJ/mol | B. 634 kJ/mol | C. 676 kJ/mol | D. 756 kJ/mol |
| E. 798 kJ/mol | | | |

3

図に示す器具は実験室で気体を得るときに使用される。以下の各問いに答えなさい。

	(ア)	(イ)	(ウ)
気体を発生させる器具			
	(エ)	(オ)	
気体を精製する器具			
	(カ)	(キ)	(ク)
気体を捕集する器具			

問1 水酸化カルシウムと塩化アンモニウムを反応させ、発生する気体を捕集する。

(1) 気体を発生させる器具、気体を精製する器具、気体を捕集する器具として、図中の(ア)～(ク)の中のそれぞれどれを用いればよいか。最も適切な器具を(ア)～(ク)の記号で解答欄に書きなさい。

(2) (1)で選んだ「気体を精製する器具」の中に入れる試薬として、最も適切なものはどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 希硫酸 B. 濃硫酸 C. ソーダ石灰 D. P_4O_{10} E. $CaCl_2$
F. $CaCO_3$

問2 器具（イ）を用いて銅と希硝酸を反応させ、発生する気体を捕集する。

- (1) この反応の反応式を解答欄に書きなさい。
- (2) 発生する気体を捕集するために適切な器具と、気体の色の正しい組合せはどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

	気体を捕集する器具	気体の色
A	(カ)	無色
B	(カ)	黄緑色
C	(カ)	褐色
D	(キ)	無色
E	(キ)	黄緑色
F	(キ)	褐色
G	(ク)	無色
H	(ク)	黄緑色
I	(ク)	褐色

- (3) 大気中の成分が、地球の表面（地表）から放出される赤外線を吸収・放射することで地表を暖める働きを温室効果という。これらの成分が増加すると地球温暖化が進む。大気中には温室効果を示す気体が含まれている。実験操作ハ～ヘのうち、発生する気体が温室効果をもつものはどれとどれか。次の中から正しい組合せを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

（実験操作）

ハ．塩素酸カリウムと酸化マンガン（Ⅳ）（触媒）の混合物を加熱する。

ヒ．石灰石を加熱して熱分解する。

フ．酢酸ナトリウムの無水物を水酸化ナトリウムとともに加熱する。

ヘ．アニリンから得られる塩化ベンゼンジアゾニウムを加水分解する。

A. ハとヒ B. ハとフ C. ハとヘ D. ヒとフ E. ヒとヘ F. フとヘ

4

空の密閉容器に水素と気体状態のヨウ素を入れ、温度を一定に保つと、水素とヨウ素は分解してヨウ化水素が生成する。この反応は可逆反応であり、次の反応式で表される。



この反応の正反応速度（ヨウ化水素の生成速度）は $v_1 = k_1 [\text{H}_2] [\text{I}_2]$ 、逆反応速度（ヨウ化水素の分解速度）は $v_2 = k_2 [\text{HI}]^2$ で表される。 k_1 と k_2 は比例定数であり、反応速度定数と呼ばれる。以下の各問いに答えなさい。

問1 反応①の反応速度に関する記述の中で誤っているものはどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 水素の分解する速度とヨウ素の分解する速度は等しい。
- B. ヨウ化水素が生成する速度は、水素の分解する速度に等しい。
- C. 反応開始後、 v_1 は時間の経過とともに減少し一定値に近づいていく。
- D. 温度を高くすると、 v_1 と v_2 はいずれも大きくなる。
- E. 容器の容積を大きくすると、 v_1 と v_2 はいずれも小さくなる。

問2 この反応は十分に時間が経過すると、見かけ上、ヨウ化水素のモル濃度が変化しない平衡状態となる。このとき、反応①の平衡定数 K を、 k_1 と k_2 を用いて表した式はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. $K = \frac{k_1}{k_2}$
- B. $K = \frac{2k_1}{k_2}$
- C. $K = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}}$
- D. $K = \frac{k_2}{k_1}$
- E. $K = \frac{2k_2}{k_1}$
- F. $K = \sqrt{\frac{k_2}{k_1}}$

問3 反応①の正反応の活性化エネルギーは逆反応の活性化エネルギーより小さい。反応①の平衡状態の平衡移動に関する記述の中で、正しいものはどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 反応①の正反応は発熱反応なので、温度を上げると平衡は右に移動する。
- B. 反応①の正反応は発熱反応なので、温度を上げると平衡は左に移動する。
- C. 反応①の正反応は吸熱反応なので、温度を上げると平衡は右に移動する。
- D. 反応①の正反応は吸熱反応なので、温度を上げると平衡は左に移動する。
- E. 反応①の正反応は発熱反応でも吸熱反応でもないで、温度を上げても平衡は移動しない。

問4 容積 3.0 L の空の容器に水素 0.30 mol とヨウ素 0.30 mol を入れて密閉し、ある温度に保ったところ、ヨウ化水素 0.48 mol が生じて平衡状態になった。次の (1), (2) に答えなさい。

(1) この温度における反応 ① の平衡定数 K はいくらか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 4 B. 25 C. 49 D. 64 E. 100

(2) 平衡状態にある容器内にヨウ化水素を 1.0 mol 添加し、再び密閉して同じ温度に保ったところ、新たな平衡状態に達した。このとき、容器内に存在するヨウ化水素の物質量は何 mol か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 0.9 mol B. 1.1 mol C. 1.3 mol D. 1.5 mol E. 1.7 mol

5

以下の各問いに答えなさい。

問1 ある α -アミノ酸は不斉炭素原子をもたず、分子量が75、等電点は6である。次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) pH6の水溶液中において、このアミノ酸の状態として最も割合の多いものの化学式を、構造式または示性式で書きなさい。

(2) このアミノ酸に無水酢酸を反応させて得られる化合物の窒素含有率は、質量百分率で何%か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

A. 8% B. 10% C. 12% D. 14% E. 16%

問2 圧力が 1.013×10^5 Pa のとき、20℃の水1Lに溶ける窒素および酸素の体積は、標準状態(0℃、 1.013×10^5 Pa)に換算した値で、それぞれ15 mLと31 mLである。次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 20℃で 1.2×10^5 Pa の窒素が水1Lに接しているとき、この水に溶けている窒素は何 mg か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

A. 20 mg B. 23 mg C. 26 mg D. 30 mg E. 40 mg

(2) 20℃で 1.013×10^5 Pa の空気が水1Lに接しているとき、この水に溶けている窒素と酸素の質量比はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、空気は窒素と酸素の混合気体であり、その体積比は4:1とする。

A. 5:2 B. 5:3 C. 5:4 D. 5:5 E. 5:6

問3 硫化水素 H_2S は水溶液中で以下のように2段階で電離する。



式①と②のそれぞれの平衡定数 K_1 、 K_2 は、 $K_1 = 1.0 \times 10^{-7}$ mol/L、 $K_2 = 1.0 \times 10^{-14}$ mol/L である。次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 水溶液中の硫化物イオン S^{2-} のモル濃度を表す式はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

A. $[\text{S}^{2-}] = K_1 K_2 \frac{[\text{H}_2\text{S}]^2}{[\text{H}^+]^2}$ B. $[\text{S}^{2-}] = K_1 K_2 \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$ C. $[\text{S}^{2-}] = K_1 K_2 \frac{[\text{H}_2\text{S}]^2}{[\text{H}^+]}$
 D. $[\text{S}^{2-}] = K_1 K_2 \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]^2}$ E. $[\text{S}^{2-}] = K_1 K_2 \frac{[\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{S}]^2}$ F. $[\text{S}^{2-}] = K_1 K_2 \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]}$

(2) 濃度 $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ のカドミウムイオンを含む水溶液に硫化水素を通じるとき、硫化カドミウムが沈殿する pH 範囲はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、溶液中の硫化水素の濃度は 0.1 mol/L 、硫化カドミウムの溶解度積 $K_{\text{sp}} = [\text{Cd}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ は $2.0 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^2$ とする。

- A.
- B.
- C.
- D.
- E.
- F.