

# 東北大学

## 平成 24 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 24 年 2 月 25 日

### 理 科

物 理…… 4 ～23ページ, 化 学……24～37ページ

生 物……38～49ページ, 地 学……50～60ページ

| 志 望 学 部        | 試 験 科 目                    | 試 験 時 間                    |
|----------------|----------------------------|----------------------------|
| 理 学 部<br>農 学 部 | 物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択 | 13 : 30～16 : 00<br>(150 分) |
| 医 学 部<br>歯 学 部 | 物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択     |                            |
| 薬 学 部<br>工 学 部 | 物理(指定), 化学(指定)             |                            |

#### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 60 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

# 化 学

計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

原子量  $H = 1.0$   $C = 12.0$   $O = 16.0$   $Cs = 132.9$

気体定数  $R = 8.31 \text{ kPa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

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

$\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{5} = 2.24$ ,  $\sqrt{7} = 2.65$

解答に字数の指定がある場合、字数には句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。なお、問題中の体積の単位記号Lは、リットルを表す。

(例) 

|   |   |   |   |   |              |   |   |   |
|---|---|---|---|---|--------------|---|---|---|
| 4 | ° | C | の | H | <sub>2</sub> | O | が | , |
|---|---|---|---|---|--------------|---|---|---|

- 1 次の文章を読み、問1から問6に答えよ。ただし、解答に際して数値の有効数字は2桁<sup>けた</sup>とせよ。また、気体は全て理想気体としてふるまうものとし、容器内に発生する液体の体積は無視できるものとせよ。

物質 $a$  [mol]の気体Aを温度 $T$  [K]において図1のようにピストンで密閉された容器に導入し、体積を $V$  [L]とした。ピストンを固定して、容器内の体積を $V$  [L]に保ったまま放置すると、Aの解離反応により気体Bが生じ、温度 $T$  [K]において式①の平衡状態になった。



ただし、この過程で凝縮は観測されなかった。さらに、温度を $T$  [K]に保ったまま<sup>b)</sup>、ピストンを動かし容器内の体積を増大させた。

次に、気体 A および B を完全に抜き去って、1.0 mol の気体 C および、2.0 mol の気体 D を容器に導入した。容器内の体積を一定に保ち温度  $300\text{ K}$  でしばらく放置すると気体の E が生じ、式②の平衡状態になった。



- d) この平衡状態において容器内の気体の E の物質量は 1.0 mol であった。ただし、この過程で凝縮は観測されなかった。次に、温度を  $300\text{ K}$  に保ったまま、ピストンを押し込んで容器内の体積を  $10\text{ L}$  まで減少させたところ、平衡時ににおいて気体の E の一部が凝縮し、容器の底面に E のみからなる液体が得られた。このときの容器内の圧力は  $6.0 \times 10^5\text{ Pa}$  であり、気体 C, D は凝縮しなかった。

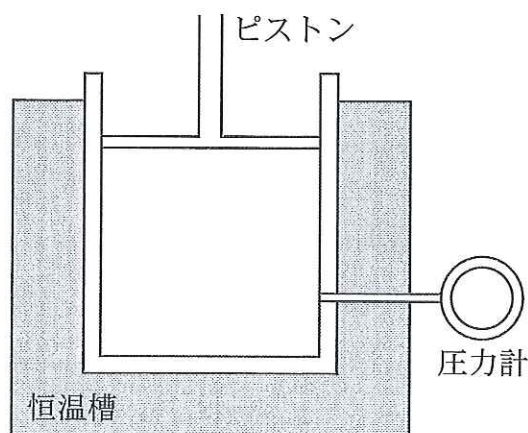


図1 装置図

問 1 下線部 a) について、平衡時の気体 A の解離度を  $x$  とすると、平衡時の容器内の圧力は気体 A を容器に導入した直後の圧力の何倍か式で表せ。また、式①の平衡定数  $K_1$  を  $a$ ,  $x$ ,  $V$  を用いて式で表せ。なお、 $K_1$  の単位も書け。ただし、気体 A の解離度  $x$  とは、容器に導入された A の物質量  $a$  に対する、解離した A の物質量  $c$  の比、 $c/a$  を表す。

問 2 下線部 b) について、ルシャトリエの原理によれば式①の平衡はどのように変化するか。正しいものを次の(a)から(c)の中から 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 右へ移動する      (b) 左へ移動する      (c) どちらにも移動しない

問 3 問 1 で導いた平衡定数  $K_1$  の式を用いて、問 2 の解答を選択した理由を簡潔に説明せよ。

問 4 下線部 c) について、気体 C、D を導入する際、容器内に式②の反応の触媒を封入すると、E の物質量は時間と共にどのように変化するかと予想されるか。図 2 に示す点線(a)から(d)の中から 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。また、それを選択した理由を 50 字以内で書け。ただし、図中の実線は触媒を封入しなかったときの E の生成量の時間変化を表す。

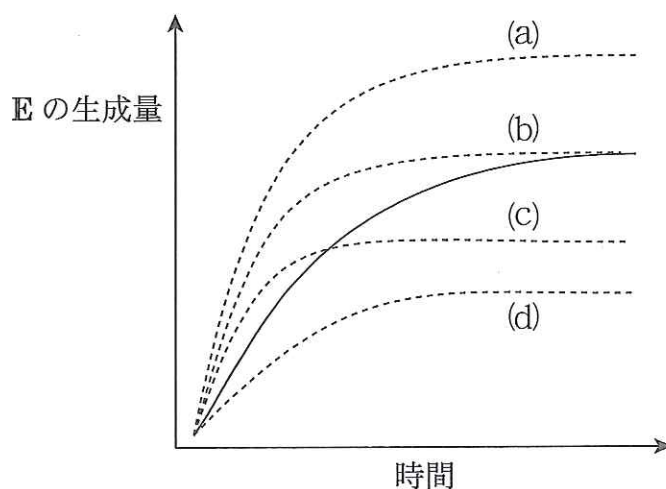


図 2 時間と E の生成量との関係

問 5 下線部 d) について、この反応の平衡定数  $K_2$  の値を求めよ。

問 6 下線部 e) について、以下の(1)から(5)の問いに答えよ。

- (1) 容器内の気体の物質量は何 mol か。その数値を書け。
- (2) 式②の平衡状態にある気体の E の物質量は何 mol か。その数値を書け。ただし、計算の過程も記せ。
- (3) E の飽和蒸気圧は何 Pa か。その数値を書け。
- (4) 気体 C および D の分圧は、それぞれ何 Pa か。その数値を書け。
- (5) 下線部 e) の現象から以下のことが言える。

同じ温度において物質 ア は E に比べて飽和蒸気圧が イ，また、物質 ア の分子間に働く引力は E に比べて ウ。

空欄 ア から ウ に入る正しい語句の組み合わせを以下の(a)から(h)の中から1つ選び、その記号を解答欄に記せ。

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| (a) ア = C, イ = 高く, ウ = 強い | (b) ア = C, イ = 高く, ウ = 弱い |
| (c) ア = C, イ = 低く, ウ = 強い | (d) ア = C, イ = 低く, ウ = 弱い |
| (e) ア = D, イ = 高く, ウ = 強い | (f) ア = D, イ = 高く, ウ = 弱い |
| (g) ア = D, イ = 低く, ウ = 強い | (h) ア = D, イ = 低く, ウ = 弱い |

——このページは白紙——

——このページは白紙——

2 次の文章(I)と(II)を読み、問1から問6に答えよ。

- (I) 銅は電気伝導性が高いことから、電線などとして広く利用されている。純度<sup>a)</sup>の高い銅は、不純物を含む粗銅から電気分解を応用した方法により得られる。  
銅は、希塩酸や希硫酸には溶けないが、熱濃硫酸、濃硝酸や希硝酸<sup>b)</sup>には溶ける。硫酸銅の水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えると青白色の沈殿が生じる。この青白色沈殿を加熱すると、黒色沈殿が生じる。  
c)

問1 下線部a)に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) この方法の名称を漢字で書け。
- (2) 陽極と陰極での反応を、電子 $e^-$ を含むイオン反応式で書け。
- (3) 粗銅には、不純物として主に亜鉛、金、銀、鉄、ニッケルが含まれる。  
電気分解中に金、銀が陽極泥として沈殿するが、その理由を25文字以内で書け。

問2 下線部b)に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 銅が希硝酸に溶ける際に起こる反応を化学反応式で書け。
- (2) 鉄、アルミニウム、銀、金のうち、濃硝酸に溶ける金属が1つある。その金属が濃硝酸に溶ける際に起こる反応を化学反応式で書け。

問3 下線部c)で起こる反応を化学反応式で書け。

(Ⅲ) 周期表の同族元素は化学的性質が似ているものが多い。例えば、1族の元素であるセシウムとナトリウムは同じ結晶構造を有する。しかしながら、イオン結晶<sup>a)</sup>の場合、1族、17族の元素どうしの組み合わせであっても、イオン半径の違いにより異なる結晶構造をもつものがある。例として、塩化セシウムと塩化ナトリウムがあげられ、その理由は以下の通り説明できる。陽イオンと陰イオンは静電気力によって引き合い、同種イオンどうしは反発し合うため、イオン結晶が安定に存在するためには同種イオンどうしが接触しないことが必要である。セシウムイオン  $\text{Cs}^+$  に比べ、ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  は、かなり小さいため、図1(i)に示す塩化セシウム<sup>a)</sup>の結晶格子において  $\text{Cs}^+$  を  $\text{Na}^+$  に置き換えた構造を考えると図1(ii)のように、同じ負の電荷をもつ塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  どうしが接触することになる。したがって、結晶構造が不安定となるため、塩化ナトリウムは塩化セシウムとは異なる結晶構造をもつ。

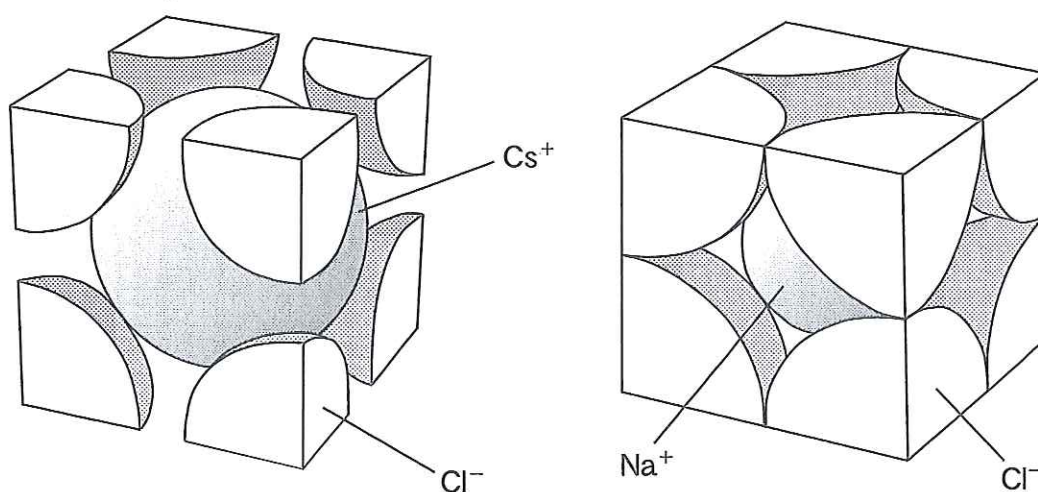


図1(i) 塩化セシウム型結晶格子

(ii)  $\text{Cs}^+$  を  $\text{Na}^+$  で置き換えたことにより不安定となった塩化セシウム型結晶格子

ところで、塩素と同族元素であるヨウ素の結晶はセシウムや塩化セシウムの結晶とは異なる力で結ばれてできた結晶であるため、融点が低く、昇華しやすい特徴をもつ。この結晶において、ヨウ素  $\text{I}_2$  どうしに作用している弱い引力を ア 力という。また、このような結晶を イ 結晶という。

問 4 下線部 a) に関して、以下の問いに答えよ。

(1) セシウムの結晶構造を以下の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) 面心立方格子      (b) 体心立方格子      (c) 六方最密格子

(2) セシウムの単位格子中に含まれる原子の数を書け。

(3) セシウムの密度  $[\text{g}/\text{cm}^3]$  を有効数字 2 桁<sup>けた</sup>で求め、その数値を書け。また、計算の過程も記せ。なお、単位格子の 1 辺は  $6.14 \times 10^{-8} \text{ cm}$  とする。

問 5 塩化セシウム型結晶構造に関して、陽イオン、陰イオンの半径をそれぞれ  $r$ ,  $R$  とし、イオン半径比  $r/R$  を図 1 (i) の状態から減少させていった場合、あるイオン半径比で図 1 (ii) のように同じ負の電荷をもつ塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  どうしが接触し、塩化セシウム型結晶構造が不安定となる。このときのイオン半径比  $r/R$  を有効数字 2 桁で求め、その数値を書け。また、計算の過程も記せ。

問 6 

|   |
|---|
| ア |
|---|

 および 

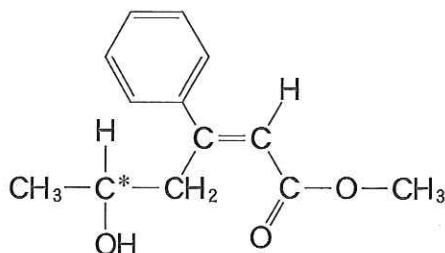
|   |
|---|
| イ |
|---|

 にあてはまる適切な語句を書け。

——このページは白紙——

- 3** 炭素，水素，酸素からなり，分子量 234.0 の化合物 **A** がある。化合物 **A** には幾何異性体は存在するが，光学異性体は存在しない。実験 1 から実験 7 を読み，問 1 から問 7 に答えよ。構造式や不斉炭素原子の表示(\*)を求められた場合は，下記の例にならって書け。ただし，光学異性体は区別しない。

(例)



- 実験 1 化合物 **A** 117.0 mg を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 286.0 mg と水 63.0 mg が生成した。
- 実験 2 化合物 **A** に対して適切な触媒を用いて水素を付加させると，分子量が 2.0 増加した化合物 **B** が得られた。化合物 **B** は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。
- 実験 3 化合物 **B** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち，希塩酸を加えて酸性にしたところ，化合物 **C**，**D**，**E** が得られた。これらはいずれも不斉炭素原子をもたないことがわかった。また，化合物 **E** はジカルボン酸であった。
- 実験 4 空気中で熱した銅線に化合物 **C** の蒸気を触れさせたところ，化合物 **F** が得られた。
- 実験 5 化合物 **F** にフェーリング液を加えて穏やかに加熱すると，赤色沈殿が生じた。

実験 6 化合物 **F** を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、ヨウ化ナトリウムと水とともに化合物 **G** とナトリウム塩 **H** が生じた。化合物 **G** は特有の臭気をもつ黄色結晶であった。

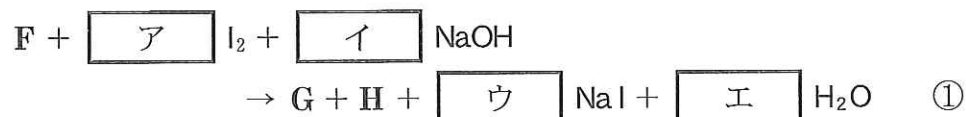
実験 7 化合物 **D** に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ、特有の呈色反応を示した。

問 1 化合物 **A** の分子式を書け。

問 2 実験 5 の結果より、化合物 **F** はある官能基をもつと推定される。その官能基の名称を書け。

問 3 化合物 **C**, **F** の構造式を書け。

問 4 実験 6 の化学反応は①式で表される。



化合物 **G**, **H** の構造式を書け。また、式中の空欄  $\boxed{\text{ア}}$ ,  $\boxed{\text{イ}}$ ,  $\boxed{\text{ウ}}$ ,  $\boxed{\text{エ}}$  に入る適切な係数を書け。

問 5 化合物 **D**, **E** の構造式を書け。

問 6 化合物 **B** の構造式を書き、不斉炭素原子に\*印をつけよ。

問 7 化合物 **A** としてふさわしい幾何異性体の構造式を 2 つ書け。

——このページは白紙——

——このページは白紙——