

# 東北大学 医学部 歯学部

## 平成 26 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 26 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 ～ 58 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, 58 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  $H = 1.00$   $C = 12.0$   $N = 14.0$   $O = 16.0$   $F = 19.0$

$Na = 23.0$   $Al = 27.0$   $S = 32.1$   $Cl = 35.5$   $K = 39.1$

$Zn = 65.4$   $Br = 79.9$   $I = 127$   $Pb = 207$

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

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

ファラデー定数  $= 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

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

解答に字数の指定がある場合、以下の例に示すように、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、問題中の体積記号Lは、リットルを表す。

(例) 

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

- 1** 以下のハロゲンに関する文章(I)から(Ⅲ)を読み、問1から問8に答えよ。また、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

(I) 物質は、固体、液体、気体のいずれかの状態で存在し、温度や圧力を大きく変えると状態が変化する。固体が液体になることを融解といい、液体が気体になることを蒸発、固体が気体になることを ア という。17族の元素であるハロゲンは、最外電子殻に イ 個の電子を追加して希ガス原子と同じ電子配置になろうとする傾向が強い。また、原子番号の違いによって単体は融点や沸点が異なり、常温で気体、液体、固体のいずれかの状態をとる。

問1 文中の空欄 ア に入る適切な語句を書け。

問 2 文中の空欄 イ に入る適切な数値を書け。

問 3 文中の下線部に関して、フッ素、塩素、臭素、ヨウ素の4種のハロゲンに関する以下の問いに答えよ。

(1) 常温，大気圧下で気体状態のハロゲンは ウ，液体状態のハロゲンは エ，固体状態のハロゲンは オ である。

空欄 ウ から オ に入るハロゲンを，上記4種の中から全て選び書け。ただし，該当する物質が複数ある場合は，一つの解答欄に該当する全ての物質名を書け。

(2) フッ素，塩素，臭素，ヨウ素のハロゲンが全て気体となる温度を考える。この温度において，気体分子はさまざまな速さで熱運動している。この気体分子の速さの平均値の順番として正しいものを以下の選択肢から選び，解答欄の対応する記号を○で囲め。

(a) フッ素 = 塩素 = 臭素 = ヨウ素

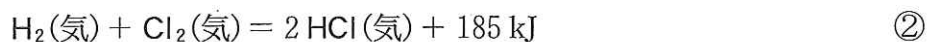
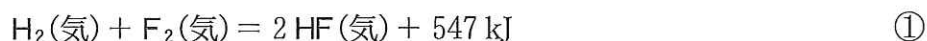
(b) フッ素 < 塩素 < 臭素 < ヨウ素

(c) ヨウ素 < 臭素 < 塩素 < フッ素

(d) 臭素 = ヨウ素 < フッ素 = 塩素

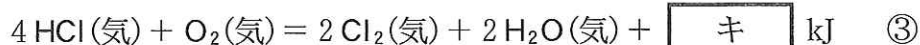
(e) フッ素 < 塩素 = 臭素 = ヨウ素

(Ⅲ) ハロゲンと水素が化合して生成する水素化合物をハロゲン化水素とよぶ。気体のフッ化水素 HF と塩化水素 HCl の合成反応の熱化学方程式を式①，式②に示した。



式①と式②より，HF と HCl を水素とハロゲンに分解するには，温度が カ ほど有利となる。

気体の HCl を酸素中で燃焼すると，塩素ガスと水蒸気が生成する。この反応の熱化学方程式は式③で表される。



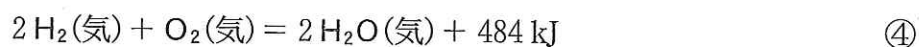
問 4 式①より、H-F の結合エネルギー[kJ/mol] の値を有効数字 3 桁<sup>けた</sup>で求めよ。なお、元素－元素間の結合エネルギーについては表 1 の値を使用せよ。

表 1

|       | 結合エネルギー<br>[kJ/mol] |
|-------|---------------------|
| F-F   | 159                 |
| Cl-Cl | 243                 |
| H-H   | 436                 |

問 5 空欄  に入る適切な語句を書け。

問 6 式③の空欄  に入る反応熱[kJ] を有効数字 3 桁で書け。また、導出過程も書け。ただし、導出に当たっては式④の熱化学方程式を使用せよ。



問 7 温度と圧力を調整できる反応器内に水素 33.6 g とハロゲン 49.7 g を密封し、反応させた。反応器の圧力が 700 kPa になるように調節しながら、温度 127℃ 一定で平衡状態になるまで静置したところ、反応器の内部には気体だけが存在し、その容積が 83.1 L となった。平衡後の反応器内の混合気体の全物質量は  mol となる。また、このハロゲンの分子量は  となる。

空欄  に入る数値を有効数字 3 桁で書け。

また、空欄  に入る数値を有効数字 3 桁で書き、その導出過程も書け。

Ⅲ) ハロゲン化水素を水に溶解させると酸性の溶液が得られる。フッ化水素 HF の水溶液であるフッ化水素酸は弱酸であり、一部の HF が式⑤に従って電離している。電離の度合いは濃度によって変化する。



問 8 式⑤の反応において、HF の反応前の濃度が  $C[\text{mol/L}]$  であり、平衡時の HF の電離度が  $\alpha$  であるとき、電離定数  $K[\text{mol/L}]$  は  と表される。また、この反応の  $25^\circ\text{C}$  における電離定数  $K$  の値が  $7.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  であり、HF の反応前の濃度  $C$  が  $1.00 \text{ mol/L}$  のときには HF の電離度  $\alpha$  は  となる。

空欄  に入る適切な式を  $C$  と  $\alpha$  を用いて書け。また、空欄

に入る数値を有効数字 2 桁で書け。



2 以下の文章(I)と(II)を読み、問1から問9に答えよ。

(I) 鉛は、周期表の14族に属する典型元素であり、その単体は、密度が大きく、軟らかい金属である。鉛の単体は、常温の希塩酸と反応して 、希硫酸と反応して  の緻密な被膜を表面に形成して、溶けにくい性質をもっている。鉛(II)イオンを含む水溶液に硫化水素を通じると、黒色の沈殿物である  が生じる。また、鉛(II)イオンを含む水溶液にクロム酸カリウムを加えると、黄色の沈殿物である  が生じる。また、鉛は充電により繰り返し利用できる鉛蓄電池に用いられている。

問1 下線部a)の14族に属する元素は全部で5種類ある。鉛の他にはゲルマニウムがその1つであるが、その他3つの元素の元素記号を書け。

問2 文中の空欄  から  に入る化学式を書け。

問3 下線部b)に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 鉛蓄電池を放電させる際に起こる負極のイオン反応式は  で、正極のイオン反応式は  である。空欄  と  に、それぞれ電子  $e^-$  を含む適切なイオン反応式を書け。
- (2) 鉛蓄電池の充放電の際の電極での電子の流れと電解液に含まれる電解質の濃度変化について、表1中の  から  に入る適切な語句を次の①～④の中から選び、記号で書け。

- ① 流れ込む      ② 流れ出る      ③ 高くなる      ④ 低くなる

表1

|     | 負 極                                | 正 極                                | 電解液                                    |
|-----|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
| 放 電 | 電子が <input type="text" value="キ"/> | 電子が <input type="text" value="ク"/> | 電解質の濃度が <input type="text" value="ケ"/> |
| 充 電 | 電子が <input type="text" value="コ"/> | 電子が <input type="text" value="サ"/> | 電解質の濃度が <input type="text" value="シ"/> |

- (3) 鉛蓄電池を放電して  $5.00\text{ A}$  の電流を 32 分 10 秒間流した場合、両電極の質量の変化量の合計は何 g かを有効数字 3 桁<sup>けた</sup>で求め、その数値を書け。答えには、増加の場合はプラス(+), 減少の場合はマイナス(-)の符号をつけよ。

(II) 金属亜鉛の結晶は六方最密構造であり、この単位格子中に含まれる原子の数は  <sup>c)</sup>，亜鉛元素周りの配位数は  である。亜鉛は塩酸と反応して水素を発生して溶けるが、水酸化ナトリウム水溶液とも反応して水素を発生して溶ける。 <sup>d)</sup> 硫化亜鉛は図 1 に示すような閃亜鉛鉱型のイオン結晶の構造であり、結晶中で 1 個の亜鉛イオンに接する硫黄イオンの数は  <sup>e)</sup> である。

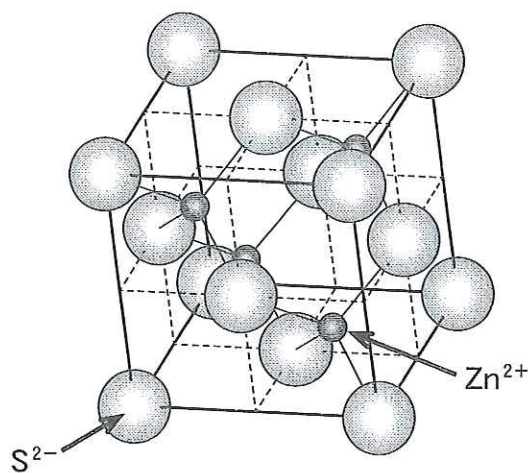


図 1 硫化亜鉛の立方体形の単位格子

問 4  から  に入る適切な数字を書け。

問 5 下線部 c) に関して、六方最密構造における原子の配列は、原子が最もすき間の少ないように接してできた層が積み重なったものと考えることができる。六方最密構造の 1 層目、2 層目の原子を詰める様子を図 2 に示す。3 層目の原子位置として最も適切な位置 (× 印) を (a) ~ (d) の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号を ○ で囲め。



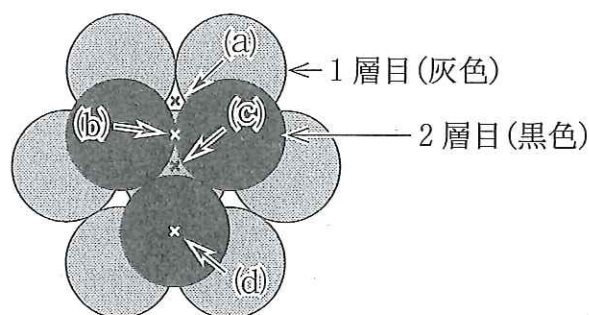


図2 六方最密構造で、1層目、2層目の原子を詰める様子を上から見た図

問6 下線部d)の反応を化学反応式で書け。

問7 下線部e)に関して、以下の問いに答えよ。

(1) 結晶中でイオンどうしの間にはたらく主要な力を以下の選択肢から1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- |                 |          |
|-----------------|----------|
| (a) ファンデルワールス力  | (b) 水素結合 |
| (c) 静電気力(クーロン力) | (d) 配位結合 |

(2) 陽イオンと陰イオンの数の比が1:1のイオン結晶においては、陽イオン半径を $r_+$ 、陰イオン半径を $r_-$ としたときの半径比 $r_+/r_-$ により結晶型が変化する。塩化セシウム型の結晶格子は半径比が大きい場合に形成されるが、半径比が小さくなるにつれて塩化ナトリウム型、そして図1のような閃亜鉛鉱型へと形成される結晶型が変化する。このような変化が起こる主要な理由を35字以内で書け。

問8 硫化亜鉛の密度に関して、以下の問いに答えよ。

- 図1の硫化亜鉛の単位格子に含まれる $S^{2-}$ のイオン数を求めよ。
- 硫化亜鉛の密度 $[g/cm^3]$ を有効数字2桁で求めよ。ただし、単位格子は一辺 $5.40 \times 10^{-8} cm$ とする。

問 9 下線部 e) に関して、以下の問いに答えよ。

(1) 図 1 の点線は、単位格子の一边の長さの半分の位置を示す。図 1 の硫化亜鉛の単位格子は、点線により 8 個の等しい体積の立方体に分割でき、この分割された立方体中のイオンの配置は、図 3 に示す立方体 A と立方体 B のいずれかの配置となる。図 1 の単位格子中における立方体 A と B の配置の様子について述べた次の(a)から(c)の文章について、正しいものをすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) 立方体 A 中において、各イオンは正四面体形の中心あるいは頂点に位置する。

(b) 立方体 B 中において、各イオンは正四面体形の中心に位置する。

(c) 図 1 の単位格子の中での立方体 A と立方体 B の個数はそれぞれ 6 個と 2 個である。

(2) 図 1 に示した硫化亜鉛の結晶構造の構成元素をすべて炭素に置き換えた場合に、何という物質の単位格子と同じ配置となるか。この物質名を書け。

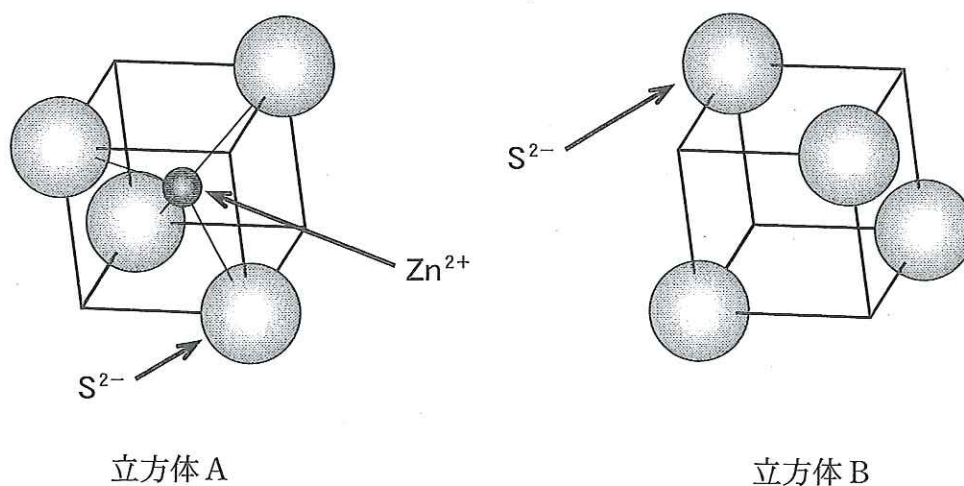
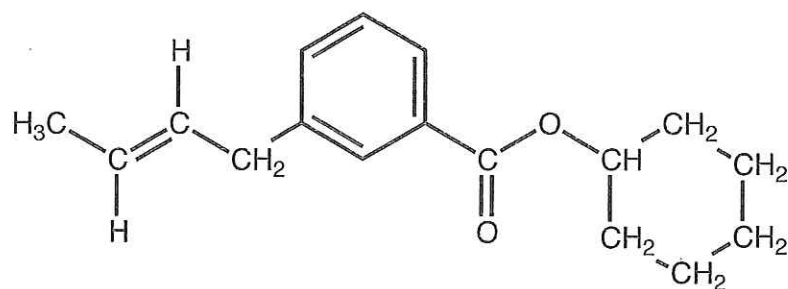


図 3 図 1 の単位格子を点線で 8 個の等しい体積の立方体に分割したときにできる 2 種類の立方体

——このページは白紙——

- 3 分子式  $C_{16}H_{16}O_4$  のエステル A がある。A は不斉炭素原子をもたないが、幾何異性体は存在する。実験 1 から実験 8 に関する記述を読み、問 1 から問 8 に答えよ。構造式は、下記の例にならって書け。ただし、幾何異性体は区別して書くこと。また、環状構造をもつ場合には、環は 5 つ以上の原子からなるものとする。

(例)



実験 1 エステル A に水酸化ナトリウム水溶液を加え完全に加水分解した。この反応液をエーテルで抽出したところ、分子式  $C_5H_8O$  の環状構造をもつアルコール B が得られた。残った水層を希塩酸で酸性にした後に、エーテルで抽出を行ったところ化合物 C と化合物 D が得られた。化合物 C の分子量は 116.0 であった。

実験 2 化合物 B に冷暗所で臭素水を少量加えて振り混ぜたところ、臭素水の赤褐色が消えた。

実験 3 適切な触媒を用いて化合物 B に水素を付加させたところ、分子量が化合物 B のものより 2.0 増加した化合物 E が得られた。また、化合物 B を酸性条件で加熱したところ、分子量が化合物 B のものより 18.0 減少した化合物 F が得られた。

実験 4 化合物 C 43.5 mg を完全に燃焼させると、二酸化炭素 66.0 mg と水 13.5 mg が得られた。

実験 5 化合物 C に十分な量のメタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、分子量が化合物 C のものより 28.0 増加した化合物 G が得られた。

実験 6 化合物 C を加熱すると分子内で脱水反応が起こり、分子量が化合物 C のものより 18.0 減少した化合物 H が得られた。

実験 7 化合物 D を適切な酸化剤を用いて酸化すると化合物 I が得られた。

実験 8 化合物 I はベンゼンから合成したナトリウムフェノキシドを、高温・高圧の二酸化炭素と反応させ、希硫酸を作用させても得られた。

問 1 化合物 B の構造式を書け。

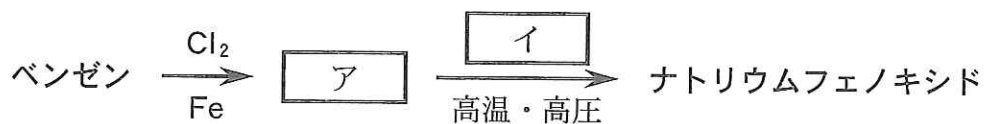
問 2 化合物 C の分子式を書け。

問 3 化合物 C, H の構造式を書け。

問 4 化合物 D の構造式を書け。

問 5 化合物 I の構造式を書け。

問 6 ナトリウムフェノキシドは次の 2 段階の反応で合成した。下式の空欄 ア にあてはまる適切な化合物の構造式、空欄 イ にあてはまる適切な試薬をそれぞれ書け。



問 7 実験 8 について、高温・高圧の二酸化炭素のかわりに炭酸水を用いるとどのような反応がおこるのか、20 字以内で述べよ。

問 8 化合物 A の構造式を書け。



——このページは白紙——

——このページは白紙——