

# 化 学

(問 題)

2012年度

〈2012 H24061119〉

## 注 意 事 項

1. 問題冊子は、試験開始の指示があるまで開かないこと。
2. 問題は2～9ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて解答用紙の所定欄にHBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。
4. 氏名は、試験が開始してから、解答用紙の所定欄に正確にていねいに記入すること。
5. マーク欄ははっきり記入すること。また、訂正する場合は、消しゴムでていねいに、消し残しがないようよく消すこと（砂消しゴムは使用しないこと）。

|         |      |      |      |
|---------|------|------|------|
| マークする時  | ● 良い | ○ 悪い | ○ 悪い |
| マークを消す時 | ○ 良い | ○ 悪い | ○ 悪い |

6. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
7. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

[注意] 必要ならば以下の数値を用いなさい。H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,  
S = 32.1, Cl = 35.5, K = 39.1  
気体定数 =  $8.21 \times 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{atm}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$   
ファラデー定数 =  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ , アボガドロ定数 =  $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

1 次の問1～問4の文中、(A)、(B)に最も適しているものを、A群の①～⑤から一つ、B群の⑥～⑩から一つ、それぞれ選びなさい。

問1 過マンガン酸カリウムは、水によく溶けて(A)で表される過マンガン酸イオンを生じる。この(A)は硫酸酸性にした水溶液中で強い酸化作用を示し、還元剤から電子をもらってマンガンイオンとなる。この際に、1個の過マンガン酸イオンは(B)個の電子を受け取る。

A群：①  $\text{MnO}_2^-$       ②  $\text{MnO}_2^{2-}$       ③  $\text{MnO}_4^-$       ④  $\text{MnO}_4^{2-}$       ⑤  $\text{MnO}^-$   
B群：⑥ 1      ⑦ 2      ⑧ 3      ⑨ 4      ⑩ 5

問2 反応式  $\alpha \text{ Al} + \beta \text{ H}^+ \rightarrow \gamma \text{ Al}^{3+} + \delta \text{ H}_2$  がある。この場合、 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  はそれぞれ(A)である。  
二酸化炭素、水(液体)およびメタノール(液体)の生成熱を、それぞれ 394, 286, 239 kJ/mol であるとすると、メタノール(液体)の燃焼熱は(B) kJ/mol である。

A群：① 2, 6, 2, 3      ② 1, 2, 1, 4      ③ 3, 2, 3, 4  
④ 4, 1, 4, 3      ⑤ 1, 3, 1, 6  
B群：⑥ 640      ⑦ 670      ⑧ 700      ⑨ 730      ⑩ 760

問3 0.05 mol/L 塩酸 10 mL と 0.02 mol/L 硫酸 10 mL の混合溶液を、過不足なく中和させるには 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液が(A) mL 必要である。  
塩化カリウムの溶解度は、20℃で 34.5, 80℃で 56.0 であるが、20℃の飽和水溶液 200 g を 80℃まで上昇させると、更に(B) g の塩化カリウムを溶かすことができる。

A群：① 5      ② 6      ③ 7      ④ 8      ⑤ 9  
B群：⑥ 24      ⑦ 28      ⑧ 32      ⑨ 36      ⑩ 43

問4 水のモル凝固点降下は  $1.86 \text{ K} \cdot \text{kg}/\text{mol}$  とした場合、水 200 g にグルコース 7.20 g とスクロース 6.84 g を溶かした水溶液の凝固点は(A)℃である。  
一定体積の容器に酢酸 1.00 mol とエタノール 1.80 mol を加え、一定温度で反応させると、平衡時には酢酸が 0.200 mol に減少していた。  
(このときの反応式は  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ )  
この反応の平衡定数は(B)である。

A群：① -0.70      ② -0.65      ③ -0.60      ④ -0.55      ⑤ -0.50  
B群：⑥ 1.8      ⑦ 2.8      ⑧ 3.2      ⑨ 3.6      ⑩ 4.0

2 次の文章を読んで、問5～問7に答えなさい。

最密充填構造の結晶について配列を考える。ある1種類の原子を球で示すとして、平面上に球を最も隙間が少なくなるように並べて1つの層を作る。これは最密充填構造では共通しており、この層が積層して結晶が成り立つ。

いま、図1(1)のように並んだ層をa層と呼び、その上に図1(2)のようなb層を隙間が最も少なくなるようにのせる。このとき、それぞれの図の重心をイ、ロとし、イとロが重なるようにする。

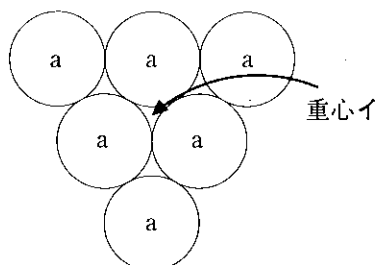
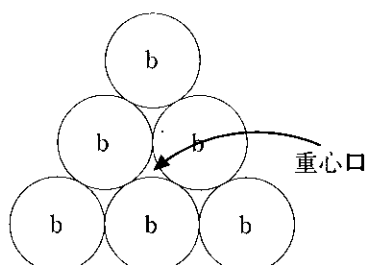


図1 (1) a層



(2) b層

a層とb層を重ねたものが図2(1)である。さらに図2(1)の上に重心ロをふさぐようにc層を重ねる。図2(2)では図が煩雑になるのを避けてc層の原子を1つだけ示している。

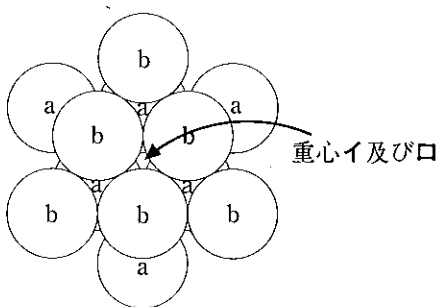
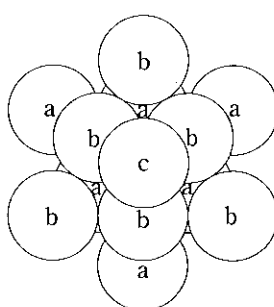


図2 (1) a層 + b層



(2) a層 + b層 + c層

図1, 2ともに層の一部分のみ図示したものであり、実際には平面に平行に2次的に各層がひろがっている。

問5 次の文章の(A), (B)に最も適しているものを、A群の①～⑤から一つ、B群の⑥～⑩から一つ、それぞれ選びなさい。

図2(1)のようにa層とb層がa-b-a-b-a-の積層でできた結晶構造を、六方最密充填構造と呼ぶ。一方、図2(2)のようにa-b-c-a-b-c-の積層でできた結晶構造を、面心立方格子と呼ぶ。面心立方格子において、c層の1つの原子に接しているc層内の他の原子の数は、(A)個である。

また、c層の1つの原子に接している他の原子のうち、c層にない原子の数は(B)個である。

- |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A群: ① | 3 | ② | 4 | ③ | 5 | ④ | 6 | ⑤ | 8 |
| B群: ⑥ | 3 | ⑦ | 4 | ⑧ | 5 | ⑨ | 6 | ⑩ | 8 |

問6 次の文章の (C), (D) に最も適しているものを, C群の①～⑤から一つ, D群の⑥～⑩から一つ, それぞれ選びなさい。

六方最密充填構造と面心立方格子の結晶構造の一部を図3に示した。図の a, b, c は a 層, b 層, c 層の原子であることを表している。六方最密充填構造と面心立方格子の一辺の長さをそれぞれ図に示すように  $x$  と  $y$  とし、それぞれの結晶の層の間隔は六方最密充填構造では (C), 面心立方格子では (D) となる。

(なお, ここで層の間隔とは, 例えば図2(1)の a 層と b 層の間隔であれば, a 層をなす球の中心を通る面と b 層をなす球の中心を通る面の間隔をいう。)

- C 群: ①  $x$                       ②  $\frac{x}{2}$                       ③  $\frac{\sqrt{2}}{2}x$                       ④  $\frac{x}{3}$                       ⑤  $\frac{\sqrt{3}}{3}x$
- D 群: ⑥  $y$                       ⑦  $\frac{y}{2}$                       ⑧  $\frac{\sqrt{2}}{2}y$                       ⑨  $\frac{y}{3}$                       ⑩  $\frac{\sqrt{3}}{3}y$

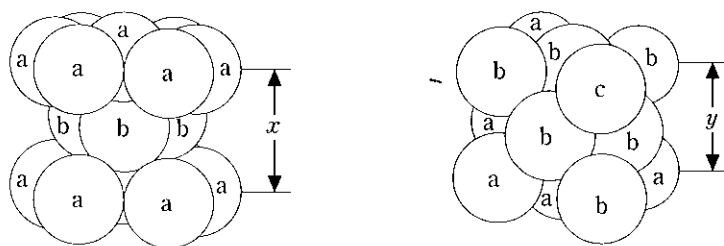


図3 六方最密充填構造 および 面心立方格子

問7 次の文章の (E), (F) に最も適しているものを, E群の①～⑤から一つ, F群の⑥～⑩から一つ, それぞれ選びなさい。

原子量を  $M$ , アボガドロ定数を  $N_a$  として, 結晶の密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) を図3の  $x$  (cm) 又は  $y$  (cm) を用いて表した。結晶構造が六方最密充填構造であれば (E) となり, 面心立方格子であれば (F) となる。

- E 群: ①  $\frac{\sqrt{2}}{16} \frac{M}{N_a x^3}$                       ②  $\frac{\sqrt{2}}{8} \frac{M}{N_a x^3}$                       ③  $\frac{8\sqrt{3}}{9} \frac{M}{N_a x^3}$                       ④  $\frac{16\sqrt{3}}{9} \frac{M}{N_a x^3}$                       ⑤  $\frac{32\sqrt{3}}{9} \frac{M}{N_a x^3}$
- F 群: ⑥  $\frac{4M}{N_a y^3}$                       ⑦  $\frac{2M}{N_a y^3}$                       ⑧  $\frac{8M}{N_a y^3}$                       ⑨  $\frac{\sqrt{2}}{8} \frac{M}{N_a y^3}$                       ⑩  $\frac{\sqrt{2}}{16} \frac{M}{N_a y^3}$

3 次の文章を読んで、問8～問10に答えなさい。

D は安息香酸とアルコール E より合成されたエステルである。D を元素分析したところ炭素 71.1 %、水素 5.20 %、酸素 23.7 %であった。また、1 mol の D を加水分解すると、1 mol の E が生じた。さらに、3.1 g の E を十分な量の金属のナトリウムと反応させると、標準状態で 1.12 L の水素が発生し、E の分子量は 62 であった。

問8 D の組成式が  $C_xH_yO_2$  であるとき、 $x, y$  に当てはまる数字を、 $x$  はA群①～⑤から1つ、 $y$  はB群⑥～⑩から1つ、それぞれ選びなさい。

|       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A 群：① | 4 | ② | 5 | ③ | 6 | ④ | 7 | ⑤ | 8 |
| B 群：⑥ | 4 | ⑦ | 5 | ⑧ | 6 | ⑨ | 7 | ⑩ | 8 |

1 mol のエステル D に水酸化ナトリウム 1 mol を加えて加水分解をしたところ、アルコール E と安息香酸のナトリウム塩の他に有機化合物 F が生成した。

問9 次の記述①～⑧のうち正しいものをすべて選びなさい。

- ① E は1価のアルコールである。
- ② F は芳香族アミンである。
- ③ E と F の分子量は E の方が大きい。
- ④ E と F は構造異性体の関係にある。
- ⑤ F は分子中にヒドロキシ（ル）基を有する。
- ⑥ F は分子中にエステル結合を有する。
- ⑦ F は分子中にカルボキシ（ル）基を有する。
- ⑧ F は水である。

問10 F の組成式が  $C_xH_yO_3$  であるとき、 $x, y$  に当てはまる数字を、 $x$  はA群①～⑤から1つ、 $y$  はB群⑥～⑩から1つ、それぞれ選びなさい。

|       |   |   |   |   |    |   |    |   |    |
|-------|---|---|---|---|----|---|----|---|----|
| A 群：① | 8 | ② | 9 | ③ | 10 | ④ | 11 | ⑤ | 12 |
| B 群：⑥ | 8 | ⑦ | 9 | ⑧ | 10 | ⑨ | 11 | ⑩ | 12 |

- 4 次の問11～問14の文中、(A)、(B)に最も適しているものを、A群の①～⑤から一つ、B群の⑥～⑩から一つ、それぞれ選びなさい。

問11 アセトンは、(A)を乾留すると生成する。また、アセトンに水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて温めると、特有のにおいをもった黄色結晶(B)が生成する。

- A群：① 炭酸カルシウム                      ② 酢酸カルシウム                      ③ ギ酸カルシウム  
           ④ カルシウムカーバイド            ⑤ カルシウムエトキシド  
 B群：⑥  $\text{Cl}_3\text{COCH}_3$       ⑦  $\text{Cl}_3\text{CO}_2\text{H}$       ⑧  $\text{CHI}_3$             ⑨  $\text{CH}_2\text{I}_2$             ⑩  $\text{CH}_3\text{I}$

問12 無水酢酸は酢酸に(A)を加えて加熱すると生成する。無水酢酸は反応性に富む化合物であるが、常温・常圧では(B)とは反応しない。

- A群：① リン酸                                  ② リン酸カルシウム                      ③ 五酸化二リン  
           ④ 赤リン                                  ⑤ リン酸ナトリウム  
 B群：⑥ アニリン                                ⑦ グリシン                                ⑧ グルコース  
           ⑨ クレゾール                            ⑩ ナフタレン

問13 (A)を溶かした希硫酸の中へアセチレンを通じると、アセチレンに水が付加してアルケンの一種であるビニルアルコールが生成する。これは不安定で、すぐその異性体であるアセトアルデヒドになる。図4のように、二重結合に水酸基が結合したアルケン(エノール)は一般に不安定で、すぐその異性体であるカルボニル化合物になる。したがって、エチルメチルケトンになるエノールは(B)種類考えられる。

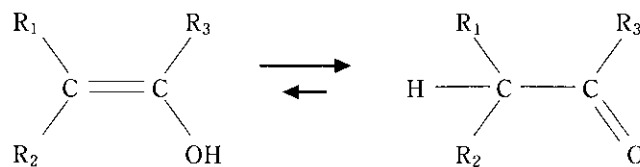


図4

- A群：①  $\text{CuSO}_4$                       ②  $\text{HgSO}_4$                       ③  $\text{FeSO}_4$                       ④  $\text{Na}_2\text{SO}_4$                       ⑤  $\text{MgSO}_4$   
 B群：⑥ 1                                  ⑦ 2                                  ⑧ 3                                  ⑨ 4                                  ⑩ 5

問14 フェノールを濃硫酸と濃硝酸の混合物で処理して得た化合物を塩酸と(A)で処理すると分子式 $\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}$ の化合物が得られる。これは、(B)。

- A群：① スズ                                      ② 銅                                      ③ 塩化鉄(Ⅲ)  
           ④ 塩化スズ(Ⅳ)                            ⑤ 塩化銅(Ⅱ)  
 B群：⑥ 炭酸水素ナトリウム水溶液にも希塩酸にも溶ける  
           ⑦ 炭酸水素ナトリウム水溶液には溶けるが、希塩酸には溶けない  
           ⑧ 水酸化ナトリウム水溶液にも希塩酸にも溶ける  
           ⑨ 水酸化ナトリウム水溶液には溶けないが、希塩酸に溶ける  
           ⑩ 水酸化ナトリウム水溶液には溶けるが、希塩酸には溶けない

問15 生体に含まれるエネルギー貯蔵物質についての①～⑨の記述で最も不適切なものを二つ選びなさい。

- ① ATP はアデニンを含む。
- ② AMP のリン酸と糖の結合はリン酸エステル結合である。
- ③ ATP の塩基と糖の結合は共有結合である。
- ④ ATP は DNA と同じ単糖を構成成分として含む。
- ⑤ ATP の構成元素は C, H, N, O, P である。
- ⑥ ADP には高エネルギーリン酸結合が含まれる。
- ⑦ 好気呼吸の場合に 1 分子のグルコースを利用して合成される ATP の分子数は、嫌気呼吸の場合より多い。
- ⑧ ATP の高エネルギーリン酸結合は 3 個である。
- ⑨ ADP から ATP が合成される反応ではエネルギー吸収が起こる。

問16 次の文を読み、(A)、(B) に最も適しているものを A 群の①～⑥から一つ、B 群の⑦～⑫から一つ、それぞれ選びなさい。

6 種類の糖 (I, II, III, IV, V, VI) は、デンプン、グルコース、スクロース、フルクトース、セロビオース、セルロースのいずれかである。これらの糖に対し、以下の実験を行ったところ、次の (ア) ～ (カ) のことが明らかとなった。

- (ア) I, II, III, IV, V は熱水に溶解したが、VI は熱水に溶けなかった。
- (イ) I, III, V の水溶液にフェーリング液を加えて加熱したところ、赤褐色の酸化銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) 沈殿が生成した。
- (ウ) II, IV, VI に希硫酸を加えて長時間加熱したあと中和した。さらにアンモニア性硝酸銀を加えて穏やかに加熱したところ、容器の内側に銀が析出した。
- (エ) II の水溶液に、ある加水分解酵素を加えて  $37^\circ\text{C}$  で反応させると I と V の混合物になった。
- (オ) IV の水溶液にヨウ素溶液を加えたところ、青～青紫色を示した。
- (カ) III, IV, VI に希硫酸を加えて長時間加熱したところ、V と同じ糖に変化した。

II の糖として最も適当なのは (A) であり、III の糖として最も適当なのは (B) である。

- |            |          |         |
|------------|----------|---------|
| A 群：① デンプン | ② グルコース  | ③ スクロース |
| ④ フルクトース   | ⑤ セロビオース | ⑥ セルロース |
| B 群：⑦ デンプン | ⑧ グルコース  | ⑨ スクロース |
| ⑩ フルクトース   | ⑪ セロビオース | ⑫ セルロース |

問17 次の文を読み、(A)、(B)に最も適しているものをA群の①～⑤から一つ、B群の⑥～⑩から一つ、それぞれ選りなさい。

ある  $\alpha$ -アミノ酸  $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$  について次の (ア), (イ) のことがわかっている。R は側鎖を示す。

(ア) 等電点は 5.0 であった。

(イ) 水溶液に濃水酸化ナトリウムを加えて加熱した後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えたところ黒色沈殿が生じた。

このアミノ酸は (A) である。またこのアミノ酸は pH 8.0 において (B) の構造式を示す。

A群：① アラニン

② グルタミン酸

③ チロシン

④ システイン

⑤ フェニルアラニン

B 群: ⑥  $R-CH(NH_3^+) - COOH$

⑦  $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COO}^-$

⑧  $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_3^+) - \text{COO}^-$

⑨  $R-CH(NH_2)-COOH$

⑩  $R-CH(NH_2)-COOH$

**6** 次の問18～問20の文中，(A)，(B)に最も適しているものを，A群の①～⑤から一つ，B群の⑥～⑩から一つ，それぞれ選びなさい。

問18 宇宙を構成する元素の大部分は、(A)とヘリウムであると推定されている。しかし、地球にはさまざまな元素が存在する。地殻を構成する岩石層では、質量パーセントでは(B)が最も多く、次にケイ素が多い。

A群：① 窄素

## ② 水素

③ ネオン

④ 酸素

⑤ アルゴン

B群： ⑥ アルミニウム

⑦ 鉄

⑧ カルシウム

⑨ 酸素

⑩ マグネシウム

問19 水素や燃料と酸素を用いて、負極では酸化、正極では還元をおこし、その酸化還元反応のエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置を燃料電池という。例えば、電解質にリン酸水溶液を用いた燃料電池では、負極で(A)の反応がおこる。この燃料電池は、起電力が約1.2Vであり、(B)。

A群: ①  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

$$\textcircled{2} \quad \text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$$
$$\textcircled{3} \quad \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$$
$$\textcircled{4} \quad \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$$
$$\textcircled{5} \quad 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$$

**B群：⑥** リチウムイオン電池と比べて起電力が小さく、水を生成する

⑦ リチウムイオン電池と比べて起電力が大きく、水を生成する

⑧ リチウムイオン電池と比べて起電力は同等で、水は生成しない

⑨ ニッケル・水素電池と比べて起電力は同等で、水は生成しない

⑩ ニッケル・水素電池と比べて起電力が大きく、水を生成する



問20 ケイ素は地殻中に多く含まれるが、単体では天然には存在せず主に二酸化ケイ素として存在する。二酸化ケイ素の結晶は、(A)、純粋な二酸化ケイ素を透明度の高い繊維としたものは、光ファイバーに用いられる。  
また、二酸化ケイ素から高純度のケイ素（シリコン）を生成して、太陽電池の材料として使用している。  
なお、ケイ素の結晶は（B）と同じ結晶構造を持つ。

- A群：① かたくて融点が高く、電気絶縁性がよく  
② かたくて融点が高く、電気伝導性がよく  
③ かたくて融点が低く、電気絶縁性がよく  
④ やわらかくて融点が低く、電気絶縁性がよく  
⑤ やわらかくて融点が高く、電気伝導性がよく

- B群：⑥ 鉄  
⑦ アルミニウム  
⑧ フラーレン  
⑨ ナトリウム  
⑩ ダイヤモンド

〔以 下 余 白〕