

(前期日程)

# 平成25年度 理科 物理Ⅰ・物理Ⅱ(物理) 化学Ⅰ・化学Ⅱ(化学)

## 科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

理学部の受験者

各受験コースで指定された科目を解答すること。

医学部の受験者

物理Ⅰ・物理Ⅱ(物理)と、化学Ⅰ・化学Ⅱ(化学)を解答すること。

工学部の受験者

機械工学科，電気電子工学科を受験する者は，物理Ⅰ・物理Ⅱ(物理)を解答すること。

環境建設工学科，機能材料工学科，応用化学科，情報工学科を受験する者は，物理Ⅰ・物理Ⅱ(物理)，化学Ⅰ・化学Ⅱ(化学)のいずれか1科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

## 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目及びページは，下表のとおりです。

出題科目	ページ
物理Ⅰ・物理Ⅱ(物理)	1～13
化学Ⅰ・化学Ⅱ(化学)	14～24

- 3 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，手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は，すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。

## 化学 I ・ 化学 II (化学)

全ての受験者は、 ~  の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5,

Fe = 56.0, Cu = 63.5

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

水のモル凝固点降下  $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$

気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

次の文章を読み、問 1 ~ 問 6 に答えなさい。

鉄は、我々の身のまわりで最も広く利用されている金属元素の一つである。その原子番号は 26 であり、周期表で 3 族から 11 族を占める  元素に属する。結晶内では一部の価電子が自由電子として原子間を動き回って金属結合を形成しており、この価電子を失うことにより  $\text{Fe}^{2+}$  と  $\text{Fe}^{3+}$  の 2 種類の陽イオンとなりうる。また自然界には、 $^{54}\text{Fe}$ 、 $^{56}\text{Fe}$ 、 $^{57}\text{Fe}$  および  $^{58}\text{Fe}$  で表される質量数の異なる 4 つの  が存在する。

純鉄は室温において体心立方格子からなる原子配列を示し、 $910^\circ\text{C}$  で面心立方格子へと変化する。 $^{56}\text{Fe}$  の体心立方格子および面心立方格子の単格子内に含まれる原子の数は、それぞれ  と  である。また、結晶中で 1 個の原子に隣接する原子数は  とよばれ、体心立方格子および面心立方格子についての値は、それぞれ  と  となる。鉄原子を大きさが一定の球とすると、体心立方格子における原子の充填率は  % となる。

鉄を大気中で加熱すると四酸化三鉄 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) を生成する。一方、濃硝酸に浸漬すると  と呼ばれる化学的に安定でち密な酸化被膜を形成し、他の酸に溶けにくくなる。

問 1 文章中の ア から エ に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部①の  $^{56}\text{Fe}^{2+}$  の場合について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 中性子数を答えなさい。
- (2) 陽子数と電子数の和はいくつになるか答えなさい。

問 3 下線部②について、鉄原子を半径  $r$  の球と仮定し、単位格子の一辺の長さを  $r$  を用いて表しなさい。なお、計算結果は分数および  $\sqrt{\quad}$  を用いて示しなさい。

問 4 文章中の A から E に適切な数字(整数)を入れなさい。ただし、E を求める際には、問 3 の結果を利用しなさい。また、必要であれば  $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\pi = 3.14$  を用いなさい。

問 5 下線部③について、体心立方格子から面心立方格子へ原子配列が変化するのに要する熱は約  $0.9 \text{ kJ/mol}$  である。

- (1) この値と純鉄の融解熱との大小関係を推定し、下記の(ア)~(ウ)の中から適切な記述を選び記号で答えなさい。
  - (ア) 融解熱の方が大きい
  - (イ) 融解熱の方が小さい
  - (ウ) 融解熱と同程度である
- (2) (1)のように考えた理由を 80 字程度で述べなさい。

問 6 下線部④について、 $1 \text{ cm}^3$  の鉄がすべて四酸化三鉄へと酸化された場合、体積は何  $\text{cm}^3$  になるか、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし必要であれば、鉄および四酸化三鉄の密度として、それぞれ  $7.9 \text{ g/cm}^3$  および  $5.2 \text{ g/cm}^3$  を用いなさい。

2 次の I, II の間に答えなさい。ただし、数値は有効数字 3 桁で答えなさい。

I. 赤褐色の気体の二酸化窒素  $\text{NO}_2$  から無色の気体の四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  が生成する反応



について、問 1 ~ 問 3 に答えなさい。

問 1 25 °C における  $\text{NO}_2$ (気体) および  $\text{N}_2\text{O}_4$ (気体) の生成熱は、それぞれ  $-33.2 \text{ kJ/mol}$  および  $-9.16 \text{ kJ/mol}$  である。2 mol の  $\text{NO}_2$  から 1 mol の  $\text{N}_2\text{O}_4$  が生成する反応に対応する熱化学方程式を答えなさい。

問 2 密閉容器内において 25 °C でこの反応が平衡に達している。

(1) 全圧を変えずに温度を上げると、平衡はどちらの方向に移動するか。

下記の(ア)~(ウ)の中から適切な記述を選び記号で答えなさい。

(ア)  $\text{N}_2\text{O}_4$  が増える方向に移動する

(イ)  $\text{N}_2\text{O}_4$  が減る方向に移動する

(ウ) 移動しない

(2) (1)のように考えた理由を 50 字程度で述べなさい。

問 3 1.00 L の容器に  $\text{NO}_2$  と  $\text{N}_2\text{O}_4$  の混合気体 5.06 g が入っていて、平衡に達している。平衡定数が  $0.500 (\text{mol/L})^{-1}$  であるとする、 $\text{NO}_2$  と  $\text{N}_2\text{O}_4$  のモル濃度はそれぞれいくらか。計算の過程を示して答えなさい。

II. 白金電極を用いて、塩化銅(II)水溶液を電気分解した。問1～問2に答えなさい。なお、電気分解の効率は100%とする。

問1 陽極および陰極で起こった反応を、電子 $e^-$ を含むイオン反応式で答えなさい。

問2 0.500 A の電流で40.0分間電気分解した結果、水溶液中には塩化銅(II)がまだ残っていた。陽極および陰極の質量は、それぞれ何g増加したか。ただし、減少した場合は負の数値で答えなさい。また、変化がない場合は0gと答えなさい。

3 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えなさい。

炭素、水素、酸素からなる分子量 74 の有機化合物 14.7 mg を完全燃焼させると、水 18.0 mg と二酸化炭素 35.2 mg が得られた。

問 1 この化合物の分子式を答えなさい。

問 2 問 1 の分子式で示される化合物の構造異性体はいくつ存在するか、その数を答えなさい。

問 3 構造異性体のうち化合物 A は、ナトリウムと反応してナトリウムアルコキシドを生成するが、硫酸と二クロム酸カリウムによる酸化を受けない。化合物 A の名前と構造式を答えなさい。

問 4 構造異性体のうち化合物 B は、ヨウ素と水酸化ナトリウムを加えて加温すると特有の匂いのする黄色沈殿とカルボン酸のナトリウム塩を生じる。化合物 B の名前と、この反応の反応式を答えなさい。

問 5 構造異性体のうち化合物 C は、硫酸を触媒としてエタノールの脱水縮合により合成できる。化合物 C の名前を答えなさい。また、化合物 C の沸点は化合物 B の沸点よりも 50 °C 以上低い。この理由を 70 字程度で説明しなさい。

化学の試験問題は次ページに続く。

4 次の文章を読み、問1～問2に答えなさい。

樹脂や繊維などの石油を原料とする合成高分子化合物が、数多く開発されている。高分子化合物は、分子量と構造の違いにより様々な性質を示すことから、それらの平均分子量や重合度を調べることは重要である。

問1 平均分子量 20000 の非電解性水溶性高分子化合物 0.100 g を、水 100 g に溶解させた。この溶液の凝固点降下度を計算過程を示して有効数字 3 桁で答えなさい。その結果から、凝固点降下法を用いて高分子化合物の平均分子量を推定することが困難である理由を示しなさい。

問2 図1に示すポリスチレン 0.45 g を含むトルエン溶液 200 mL を調製した。溶液の温度が 20 °C のとき、この溶液の浸透圧は 50 Pa であった。このポリスチレンの平均分子量と重合度を計算し、有効数字 2 桁で答えなさい。

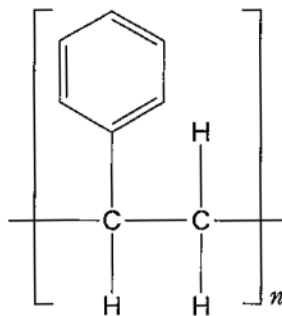


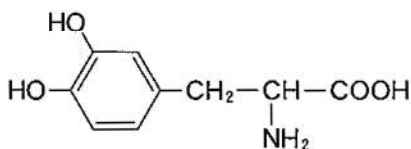
図1



化学の試験問題は次ページに続く。

5 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

$\alpha$ -アミノ酸を化学合成した場合、**ア**を行わなければ、**イ**であるL体とD体が等量に存在する混合物が得られる。一方、生物の進化の過程でL体のアミノ酸のみがタンパク質合成に使われるようになったため、通常生体内にはL体のみが存在する。生物の死後、時間の経過とともにD体が生じてくることから、D体の割合を調べることにより化石などの年代測定が可能になる。また最近ではD-アミノ酸が生体でもわずかながら存在し、特有の生理的役割を持ち、病気に関係することも明らかになってきた。同じ化学式であっても立体構造が異なる異性体は、医薬品開発においても重要とされる。例えば、図1の医薬品レボドーパは必須アミノ酸**ウ**より2段階のヒドロキシル化を経て合成できるが、医薬品として使用されるのはL体のみであり、D体には効果がない。



レボドーパ

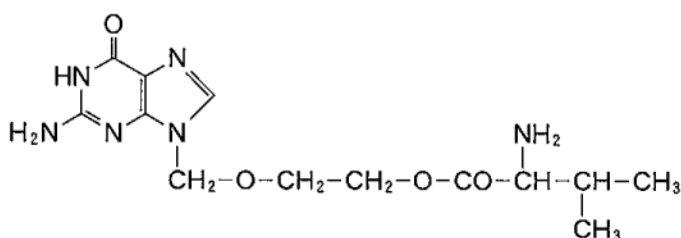
図1

また、医薬品の安全性に関して、代謝されて生じた物質が体内で悪影響を与えることもある。例として、図2に示すように物質Xは胃の粘膜を傷害する副作用が多かったが、反応Zにより物質Yに構造変換することで副作用は軽減された。



図2

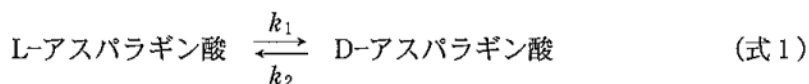
さらに、副作用の軽減や作用の増強、薬物の生体利用率の向上などを目的に、本来の薬物の化学構造に変化を加えたものを患者に投与し、生体内の酵素により、本来の活性のある化学構造に戻すという戦略がとられる場合がある。そのような薬物をプロドラッグという。図3の化合物は、バラシクロビルというプロドラッグで、アシクロビルという抗ウイルス薬と必須アミノ酸のバリンがエステル結合したものである。バラシクロビルは、エステル結合を加水分解する生体内の酵素(エステラーゼ)によりアシクロビルに変化する。



バラシクロビル

図3

- 問1 文章中の ア から ウ に適した語句を入れなさい。
- 問2 物質Xおよび、物質Y、反応Zの名称を答えなさい。また、反応Zに用いる試薬の名称を答えなさい。
- 問3 下線部①に関連して、アミノ酸のL-アスパラギン酸とD-アスパラギン酸との間には $k_1$ と $k_2$ を反応速度定数とする(式1)のような可逆反応が存在する。



- (1) [L]と[D]をL-アスパラギン酸とD-アスパラギン酸の濃度とし、D-アスパラギン酸の見かけの生成速度( $v_D$ )を求める式を答えなさい。

- (2) もともと生体には無視できる程度の D 体しか存在しないため、時間 (年)  $t = 0$  で D-アスパラギン酸の濃度を 0 と考え、さらに  $k_1$  と  $k_2$  値を代入することで(式 2)が得られた。

$$\log_e \frac{[L] + [D]}{[L] - [D]} = 0.0015 \times t \quad (\text{式 2})$$

ある化石において、D-アスパラギン酸の濃度と L-アスパラギン酸の濃度の比が 2 : 7 であったとすると、この化石となった生物が死滅したと推定されるのは今からおよそ何年前か。ただし、D-アスパラギン酸の産生は生物の死滅後から起こると仮定する。値は小数第 1 位を四捨五入した整数で答えなさい。また、必要に応じて下記の数値を用いなさい。

$$(\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48, \log_{10} e = 0.43)$$

- 問 4 下線部②に関連して、化学構造上 D 体、L 体の区別が存在しない  $\alpha$ -アミノ酸の名称と、その理由について 40 字程度で答えなさい。
- 問 5 下線部③に関連して、分子式  $C_4H_6O_2$  で表記される不飽和カルボン酸の幾何異性体を構造式で答えなさい。
- 問 6 下線部④の記述を参考にして、パリンの構造式を答えなさい。