

(前期日程)

# 平成26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 出題科目およびページは、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)	14～25

- 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）

すべての受験者は、**1**～**5**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, O = 16.0, S = 32.1, Cl = 35.5,

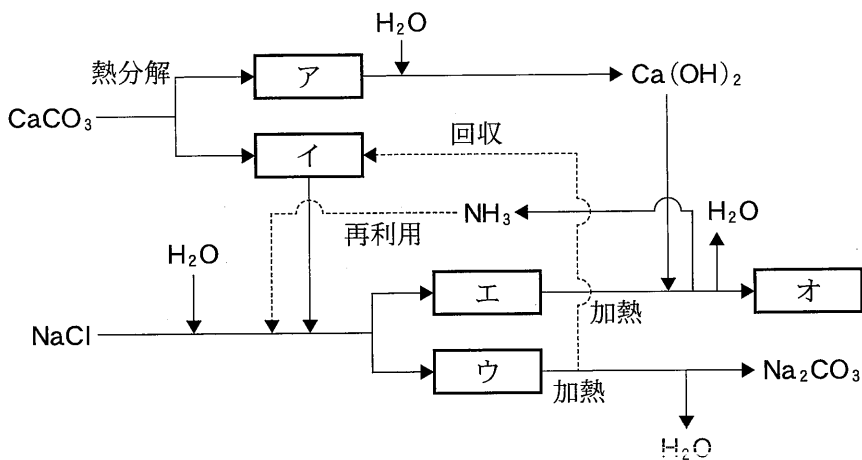
Na = 23.0, Ca = 40.1, Cu = 63.6, Ba = 137.3,

Pt = 195.1, Au = 197.0

**1** 次のⅠ、Ⅱの問いに答えなさい。

Ⅰ. 文章を読み、問1～問4に答えなさい。

炭酸ナトリウムは、次のような段階を経て工業的に合成されている。



- (1) 炭酸カルシウムを熱分解して、 と  を生成させる。
- (2) 塩化ナトリウム水溶液にアンモニアを通じて飽和させる。続いて、 を通じて飽和させると沈殿  を生じる。
- (3)  を溶液から分離し水で洗い、加熱して炭酸ナトリウムを得る。
- (4)  と水を反応させて水酸化カルシウムを生成する。
- (5)  を水酸化カルシウムと反応させ、アンモニアと水と  を得る。アンモニアは再利用され、 は一般的に乾燥剤・凍結防止剤として使われる。

問 1  から  に適切な化学式を入れなさい。

問 2 2 mol の塩化ナトリウムからは、理論上 1 mol の炭酸ナトリウムが得られるが、実際には 0.7 mol 程度の炭酸ナトリウムしか得られない。これはなぜかを 25 文字以内で説明しなさい。

問 3 (2)を一つの化学反応式で答えなさい。また、この化学反応では、塩化ナトリウム水溶液に、アンモニアを溶かしてから  を溶かす。このときにアンモニアを先に溶かす理由を 70 文字以内で答えなさい。

問 4 (5)の化学反応を実験室で行い、気体のアンモニアを得る場合、 と水酸化ナトリウムの混合物(ソーダ石灰)によって乾燥させる。なぜソーダ石灰が適切であるのかを 45 文字以内で説明しなさい。

II. 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

元素を表す際には元素記号を書けばよいが、原子を表す際には、その原子についてより詳細に記述する必要がある、 ${}^m_nX$ のように表記する。この元素記号の左上の  $m$  は質量数、左下の  $n$  は  数を表している。元素の電子の数を  $m$  や  $n$  で表すと , 中性子の数は同様にして  である。

原子の中には原子番号が同じでも、質量数が異なる同位体が存在する。同位体の中には、 と呼ばれる粒子やエネルギーを放出するものがある。そして、大気中の二酸化炭素中には、 を放出する同位体である  ${}^{14}\text{C}$  が存在する。生命体は、生きている限り大気中と同じ存在比で  ${}^{14}\text{C}$  を保持しているが、死ぬと外界からの  ${}^{14}\text{C}$  の取り込みが停止する。

原子の質量は、いずれもとても小さいため、質量数12の炭素原子  ${}^{12}\text{C}$  の質量を12と定めて、それを基準にそれぞれの原子の  が決められている。 は、一般的に原子の  に各同位体の存在比をかけて求めた平均値で表す。しかし、単純な同位体の存在比の計算では、 を用いず、質量数をそのまま用いても計算することが可能である。

問 1 ア から カ に適切な語句または式を入れなさい。

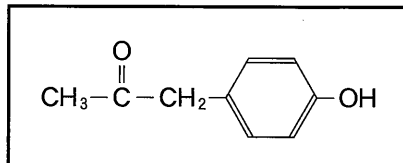
問 2 白金は、原子番号 78 で、おもに四種類の同位体が存在する。同位体の存在比の多い順番に並べると、存在比 34 % の同位体の中性子の数は 117 個、同 33 % では 116 個である。存在比が三番目の同位体の中性子は 118 個、四番目の中性子は 120 個とすると、四番目に相当する同位体の存在比は何%か。整数値で答えなさい。ただし、上記四種類以外の同位体の存在比は 1 % 以下であるため、計算上無視して良いものとする。

問 3 下線部①について、以下の文章を読み、解答しなさい。

ある化石と共に出土した木片の極微量の  $^{14}\text{C}$  の存在比を測定したところ、現在の存在比の  $1/8$  であることがわかった。この木は何年前まで生存していたかを有効数字 2 桁で推定しなさい。ただし、 $^{14}\text{C}$  の量が、はじめの 2 分の 1 になるのに要する時間を  $5.7 \times 10^3$  年とし、大気中の  $^{14}\text{C}$  の存在比は数万年前から現在まで一定であると仮定する。

- 2 次の文章を読み、問1～問8に答えなさい。なお、構造式は次の記入例にならって書きなさい。

記入例



化合物Aは分子式C<sub>20</sub>H<sub>22</sub>O<sub>4</sub>で表される。化合物Aを酸を用いて加水分解すると、三種類の化合物B、C、Dが生成した。化合物Bと化合物Dはベンゼン環を含み、化合物CとDは酸の性質を示す。化合物Bの分子式はC<sub>8</sub>H<sub>10</sub>Oであり、不斉炭素原子をもっている。化合物Bにナトリウムを加えると水素が発生した。一方、化合物Cは分子量120以下の分子であり、直鎖状で不斉炭素原子をもたない。化合物Cの元素分析値は炭素46.2%、水素7.7%、および酸素46.2%であった。また化合物Cを分子内で脱水縮合させると、環状構造をもつ化合物が生成した。化合物Dはベンゼンの二置換体であり、化合物Dを過マンガン酸カリウムで酸化して得られる化合物は、ポリエステル系合成繊維の原料として使われる。

- 問1 化合物Bの構造式を書きなさい。
- 問2 化合物Cの分子式を求めなさい。
- 問3 化合物Cの構造式を書きなさい。
- 問4 下線部①の構造式を書きなさい。
- 問5 化合物Dの分子式を求めなさい。

問 6 化合物 D のベンゼン環に結合している二つの置換基の名称を答えなさい。

問 7 下線部②の化合物の名称を答えなさい。

問 8 化合物 A の構造式を書きなさい。

3 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。ただし、数値は有効数字3桁で答えなさい。

油脂は、3価の  であるグリセリンと高級脂肪酸との縮合反応によって合成される。油脂は  水溶液を加えて加熱することにより加水分解され、グリセリンと高級脂肪酸のナトリウム塩を生じる。一方、動物により油脂が摂取されると、すい臓から分泌されるすい液に含まれる酵素の作用により、グリセリンと高級脂肪酸とに分解され、体内に吸収される。

問1 文章中の  と  に適切な語句を入れなさい。ただし、 は化学式でも構わない。

問2 下線部①の反応によって形成される官能基の名称を答えなさい。

問3 下線部②について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 下線部②の加水分解反応のことを何というか答えなさい。
- (2) 下線部②の分解反応により、油脂  $1.00 \times 10^2 \text{ g}$  から、グリセリン  $1.07 \times 10 \text{ g}$  と高級脂肪酸のナトリウム塩が生じた。このとき生じたグリセリンの物質量を求めなさい。
- (3) (2)で分解された油脂がすべて同一の分子式で表されると仮定した場合、この油脂の分子量を求めなさい。
- (4) (2)で生じた高級脂肪酸のナトリウム塩の質量は何 g か。

問4 下線部③について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 下線部③の物質は一般に何とよばれているか答えなさい。
- (2) 下線部③の物質を溶解した水溶液は、酸性、中性、塩基性のいずれを示すか答えなさい。
- (3) (2)のように考えた理由を100字以内で説明しなさい。

問5 下線部④の酵素の名称を答えなさい。



化学の試験問題は次ページに続く。

4 希薄溶液の凝固点降下に関する以下の文を読んで問1～問4に答えなさい。ただし、この問題での濃度とは質量モル濃度のことを意味しており、溶質や沈殿の体積は無視する。沈殿の質量、および、沈殿生成に伴う溶液の質量変化は無視できるものとする。

水にグルコースを完全に溶かし、その濃度が  $C_G$  mol/kg であるとき、凝固点降下度は  $\Delta t_0$  であった。次に、溶質 A を溶かした水溶液 A と、溶質 B を溶かした水溶液 B を作り、水溶液 A と水溶液 B を混合した後、凝固点降下度がどのようになるのかを考えてみよう。それぞれの水溶液の濃度は  $C_A$  mol/kg と  $C_B$  mol/kg であり、それぞれの溶液の質量は  $W_A$  kg と  $W_B$  kg である。以下の二種類の実験、「実験Ⅰ」と「実験Ⅱ」、について考えてみよう。

「実験Ⅰ」 溶質 A が NaCl、溶質 B が  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  である場合、混合溶液の溶質は完全に電離している。このときの凝固点降下度  $\Delta t_1$  は、 $\Delta t_1 = \frac{\Delta t_0}{C_G} \times$  ア である。

「実験Ⅱ」 溶質 A が  $\text{BaCl}_2$ 、溶質 B が  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  である場合を考える。混合前は溶質が完全に電離していた。ところが、混合すると速やかに  $\text{Ba}^{2+}$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  のいずれかが無くなるまで沈殿が形成された。そのときの反応は  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$  である。そこで、沈殿のみを完全に除去した溶液の凝固点降下度  $\Delta t_2$  を知りたい。そのためには、沈殿除去後の溶液における全ての溶質の種類を把握し、そのうえで溶液の濃度を求める必要がある。これは以下の二つの条件に分けて考えることができる。

「条件1」  $C_A W_A \leq C_B W_B$  の場合、沈殿除去後の溶液には  $\text{Ba}^{2+}$  が存在しない。このときの  $\text{SO}_4^{2-}$  の物質量は イ である。なお、この溶液には  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  も含まれている。したがって、全てのイオンの物質量は ウ である。

「条件2」  $C_A W_A > C_B W_B$  の場合、沈殿除去後の溶液には  $\text{SO}_4^{2-}$  が存在しない。溶液には  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  と  $\text{Ba}^{2+}$  が含まれており、全てのイオンの物質量は「条件1」と同様の手順から求めることができる。

以降、「条件1」のみ考える。いま、混合溶液の合計質量が  $W_A + W_B = W_0$  のように一定であると仮定し、溶液Aの混合比を  $x = \frac{W_A}{W_0}$  であると定義する。このときの溶液の濃度を求めることで、凝固点降下度  $\Delta t_2 = \frac{\Delta t_0}{C_G} \times \boxed{\text{エ}}$  が得られる。ところで、 $\Delta t_2$  が混合比  $x$  に依存せず一定値になる場合がある。そのときの  $C_A$  と  $C_B$  の満たす条件は  $\boxed{\text{オ}}$  であり、凝固点降下度は  $\Delta t_2 = \boxed{\text{カ}}$  である。

問1  $\boxed{\text{ア}}$  から  $\boxed{\text{ウ}}$  に適合する文字式を  $C_A$ ,  $C_B$ ,  $W_A$ ,  $W_B$  を用いて答えなさい。

問2  $\boxed{\text{エ}}$  に適合する文字式を  $C_A$ ,  $C_B$ ,  $x$  を用いて答えなさい。

問3  $\boxed{\text{オ}}$  に適合する条件式を答えなさい。

問4  $\boxed{\text{カ}}$  に適合する文字式を  $C_B$ ,  $C_G$ ,  $\Delta t_0$  を用いて答えなさい。

5 次の文を読んで問1～問5に答えなさい。解答すべき値や式は、記入例1・記入例2にならって記入しなさい。この問題では、小数や百分率を使って答えてはいけません。分数形で解答する場合、それ以上約分できない形で答えなさい。根号や円周率 $\pi$ を含む形で解答する場合は、これらを残し、根号の中に現れる自然数が最小となる形で答えなさい。ただし、分母に根号が現れないよう、分母を有理化させた形で答えなさい。

記入例1  $\frac{1112}{7773}$

記入例2  $\frac{11\sqrt{2}}{12}\pi$

Cu結晶とAu結晶の単位格子は共に面心立方格子であり、アと同様に最密構造である。ここで、Cu原子とAu原子を変形しない球体とみなし、最も近い球体同士が接していると考え。こうすると、単位格子における球体の占める体積 $V_s(\text{Cu})$ および $V_s(\text{Au})$ が定義できる。また、単位格子の体積をそれぞれ $V_o(\text{Cu})$ と $V_o(\text{Au})$ と定義する。ここで、 $R(\text{Cu}) = \frac{V_s(\text{Cu})}{V_o(\text{Cu})}$  および  $R(\text{Au}) = \frac{V_s(\text{Au})}{V_o(\text{Au})}$  は、単位格子に球体が占める割合であり、 $R(\text{Cu}) = R(\text{Au}) =$  イ である。なお、これを百分率で表したものが充填率である。

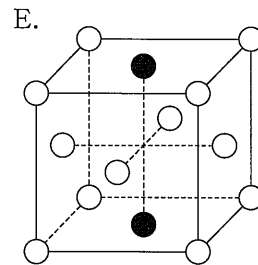
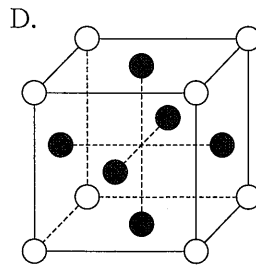
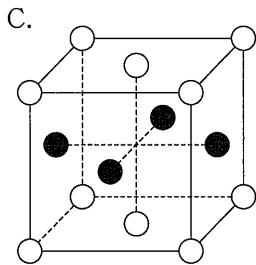
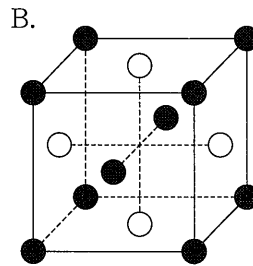
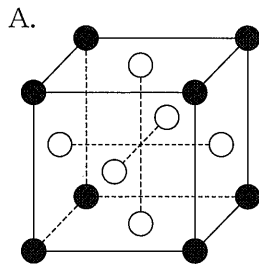
次に、 $\text{Cu}_3\text{Au}$  という組成をもつ結晶について考える。この結晶でも単位格子が定義でき、しかも、単位格子の中でCu原子とAu原子の占める位置が定まっている。Cu結晶とAu結晶は面心立方格子をとるので、 $\text{Cu}_3\text{Au}$ 結晶も面心立方格子に準じた結晶構造をとることが推定できる。①

今度は、推定した単位格子を基にして、 $\text{Cu}_3\text{Au}$ 結晶の単位格子に球体が占める割合 $R(\text{Cu}_3\text{Au})$ を検証してみよう。最も近い距離にあるCu原子とAu原子のみが接していると仮定し、Cu原子は半径 $r_c = 5a$ の球体、Au原子は半径 $r_A = 6a$ の球体であると仮定する。このとき、単位格子における球体の占める体積は $V_s(\text{Cu}_3\text{Au}) =$  ウ であり、単位格子の体積は $V_o(\text{Cu}_3\text{Au}) =$  エ である。したがって、 $R(\text{Cu}_3\text{Au})$ と $R(\text{Cu})$ の比は、 $\frac{R(\text{Cu}_3\text{Au})}{R(\text{Cu})} =$  オ である。この値は1よりも小さいので、 $\text{Cu}_3\text{Au}$ 結晶の充填率は、Cu結晶やAu結晶の充填率よりも小さいことが理解できる。

問 1  にふさわしい単位格子の名前を漢字で記しなさい。

問 2  の値を求めなさい。

問 3 下線部①に関して、 $\text{Cu}_3\text{Au}$  という組成に適合した結晶の単位格子として最も適切なものを、下の A~E の中から選びなさい。ただし、単位格子は立方体であると考え、黒色球が Cu 原子であり、白色球が Au 原子である。



問 4  $\text{Cu}_3\text{Au}$  結晶の単位格子が問 3 で得た構造であると仮定して、 および  の値を、 $a$  を用いて記しなさい。

問 5  $\text{Cu}_3\text{Au}$  結晶の単位格子が問 3 で得た構造であると仮定して、 の値を求めなさい。