

平成 27 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	化 学	11

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙(両面)の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、志望学部及び受験番号、解答と選択した選択問題の番号のほかは、いっさい記入しないこと。
4. 問題〔V〕、〔VI〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔V〕、〔VI〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その3)の所定の枠内に記入しなさい。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

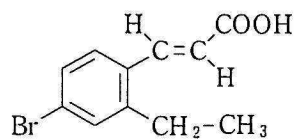
必要があれば、次の値を使うこと。

H 1.0 C 12.0 N 14.0 O 16.0 Na 23.0 Cl 35.5

K 39.1 Cs 132.9

有機化合物の構造式は、以下の例にならって示すこと。

例



〔I〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

元素を(ア)の順に並べると性質のよく似た元素が周期的に現れる。周期表において縦の列を族といい、Hを除く1族元素を(イ)、BeとMgを除く2族元素を(ウ)、17族元素を(エ)、18族元素を希ガスという。

He, Ne, (オ), Kr, Xe, Rnなどの希ガス原子の電子配置は安定で、それ以外の元素の原子は電子のやりとりをして希ガス元素の原子と同じ安定な電子配置になろうとする。(カ)は、1個の価電子を失い、Neと同じ電子配置を持つ陽イオンとなる。(キ)は、電子1個を外部から得て、Neと同じ電子配置を持つ陰イオンとなる。

原子が共有電子対を引きつける強さを電気陰性度といい、周期表上では、希ガスを除いて、(ク)に位置するものほど大きくなる。異なる種類の原子からなる共有結合では、電気陰性度の差が大きいほど、電荷の偏りが(ケ)くなる。このように、共有結合している2原子間に見られる電荷の偏りを、結合の極性という。分子間にはたらく引力を分子間力といい、構造が似た分子どうしでは、分子量が大きい分子ほど分子間力が強くなるため、融点や沸点が高くなる。(コ)分子の場合には、分子間に静電的な引力がはたらくため、分子間力は、分子量が同程度の(サ)分子よりも強くなり、融点や沸点は高くなる。

問1 文中の(ア)~(エ)に、適切な語句を記入しなさい。

問2 文中の(オ)~(キ)に、適切な元素記号を記入しなさい。

問3 文中の(ク)~(サ)にあてはまる語句を次の中から選びなさい。

左上, 右上, 左下, 右下, 大き, 小, 極性, 無極性

問 4 ある原子の原子核には 14 個の中性子があり，その質量数は 27 である。この原子の元素名を答えなさい。

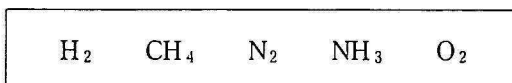
問 5 水 H_2O の沸点は $100\text{ }^\circ\text{C}$ であり，他の同族(16 族)元素の水素化合物と比べて，著しく高い(表 1)。その理由について電気陰性度(表 1)を参考に説明しなさい。

表 1

16 族元素	電気陰性度	水素化合物	水素化合物の沸点($^\circ\text{C}$)
O	3.4	H_2O	100
S	2.6	H_2S	-61
Se	2.6	H_2Se	-42
Te	2.1	H_2Te	-2

注) 水素 H の電気陰性度は 2.2 である。

問 6 次の化合物の中から，最も沸点の高いものを 1 つ選びなさい。



〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えなさい。ただし、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。必要があれば以下の数値を用いなさい。 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\pi = 3.14$
 図1および図2に示した単位格子は、いずれも立方体とする。

結晶は、その結合のしかたによって、様々な種類のものがある。

金属結合によって金属原子が規則正しく配列した結晶が金属結晶である。金属の結晶格子のなかでも、六方最密構造と(ア)立方格子は、原子が最も密に配列された最密充填構造である。ある種の金属の結晶は図1のような(イ)立方格子の結晶構造をとるが、この単位格子中には(ウ)個の金属原子が含まれており、各原子の配位数は(エ)である。この際、金属原子を球形と仮定し、他の原子と接しているとする、金属の原子半径は単位格子の長さ a を用いて(オ)と表される。

一方、陽イオンと陰イオンの静電的な引力によるイオン結合でできた結晶を(カ)結晶と呼ぶ。こうした結晶の一つである塩化セシウム(CsCl)の結晶は、図2のような単位格子の構造をもつが、単位格子内にはそれぞれ(キ)個のセシウムイオンと(ク)個の塩素イオンが含まれており、塩素イオンに最も近接したセシウムイオンの数は(ケ)個である。

結晶の種類としては、これらのほかにも、無数の原子が共有結合で結びついた結晶(共有結晶)や、分子が分子間力によって規則正しく並んだ(コ)結晶がある。

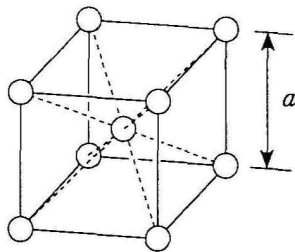


図1

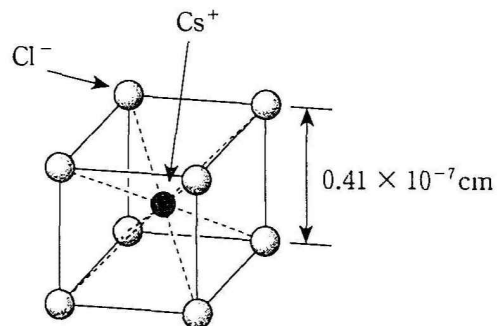


図2

問 1 文章中の(ア)~(コ)に、最も適切な語句、数式あるいは数値を入れなさい。

問 2 ある金属結晶は図1に示した単位格子をもち、結晶の密度は 0.97 g/cm^3 、単位格子の一辺の長さ a は $0.43 \times 10^{-7} \text{ cm}$ であった。この金属の原子量を答えなさい。また、計算過程も示しなさい。ただし、 $(0.43)^3 = 0.080$ とする。

問 3 図2に示した単位格子をもつ塩化セシウムの密度は何 g/cm^3 になるか、答えなさい。また、計算過程も示しなさい。ただし、 $(0.41)^3 = 0.069$ とする。

問 4 以下の枠内に示した結晶の中で、下線部①に示した共有結晶に該当するものを全て選びなさい。

塩化ナトリウム	ナフタレン	ダイヤモンド	
金	ドライアイス	黒鉛	ヨウ素

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。数値を解答する場合は、有効数字3桁で答えなさい。なお、1気圧において、ベンゼン1.00 kgに物質1.00 molの不揮発性の非電解質が溶解している場合、ベンゼンの凝固点は5.12 K低下するものとする。

7.40 gのプロピオン酸($C_3H_6O_2$)を含む水溶液1.00 Lがある。この水溶液
① 1.00 Lに炭酸水素ナトリウムを加えて室温付近で完全に反応させたところ、二酸化炭素が発生した。②

一方、炭素と水素だけで構成されている非電解質の有機化合物**A**がある。1気
③ 圧において、1.00 kgのベンゼンに有機化合物**A**を16.0 g溶かした溶液の凝固点
は、純粋なベンゼンの凝固点と比較して0.640 K低下した。また、少量の有機
化合物**A**を完全に燃焼させたところ、55.0 mgの二酸化炭素と9.00 mgの水が
生成した。

さらに、少量の、プロピオン酸と有機化合物**A**のみからなる混合物を完全に燃
④ 焼させたところ、88.0 mgの二酸化炭素と22.5 mgの水が生成した。

問 1 下線部①に示したプロピオン酸を含む水溶液について、プロピオン酸の電
離度と、水溶液の水素イオン濃度を計算し、答えなさい。また、計算過程も
示しなさい。ただし、プロピオン酸の電離度は1に比べて非常に小さく、こ
の温度におけるプロピオン酸の電離定数 K_a を 2.40×10^{-5} mol/L、
 $\sqrt{2.40} = 1.55$ とする。

問 2 下線部②に示した変化を、化学反応式で表しなさい。また、発生した二酸
化炭素の物質量を答えなさい。

問 3 プロピオン酸が完全に燃焼して二酸化炭素と水を生じる変化を、化学反応
式で表しなさい。

問 4 下線部③に示した実験結果をもとに有機化合物**A**の分子量を計算し、答え
なさい。

問 5 有機化合物**A**の分子式を答えなさい。また、計算過程も示しなさい。

問 6 下線部④に示した混合物中に含まれるプロピオン酸および有機化合物**A**の
物質量をそれぞれ答えなさい。また、計算過程も示しなさい。

〔IV〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

芳香族化合物 A, B, C がある。

A と B の分子式は同じ $C_8H_6O_4$ であり、両化合物ともにベンゼン環に二つの同じ官能基(ア)をもつ。A を加熱すると有機化合物 D が生じ、この分子式は $C_8H_4O_3$ であることから、D は A から水分子がひとつとれて生じたことがわかる。

一方、B を加熱しても D は生じないが、B はエチレングリコールとの縮合重合によってポリエチレンテレフタレートを与える。この物質は合成繊維や合成樹脂(プラスチック)として利用されている。

C は分子式が C_6H_6O であり、そのベンゼン環に官能基(イ)をもつ。C は弱い酸性物質であるので、水酸化ナトリウムのような強塩基と反応して塩 E をつくる。この E と二酸化炭素を高温・高圧で反応させ、生成物に希硫酸を作用させるとサリチル酸が生じる。この化合物はベンゼン環に相異なる二つの官能基(ア)と(イ)を有し、それぞれの性質を示す。

サリチル酸とメタノールとを少量の濃硫酸の作用で反応させると、有機化合物① F が生成する。これはサリチル酸の官能基(ア)の性質に基づく。

サリチル酸に無水酢酸を作用させると、有機化合物 G が生成する。また、サリチル酸に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、(白色、赤紫色、オレンジ色)を示す。③ これらはサリチル酸の官能基(イ)の性質に基づく。

問 1 化合物 A, B, C, D, E の構造式を書きなさい。

問 2 化合物 A と B 同士を互いに何というか、答えなさい。

問 3 官能基(ア)と(イ)の名称を書きなさい。

問 4 下線部①の有機化合物 F が生成する反応式を書きなさい。

問 5 下線部②の有機化合物 G が生成する反応式を書きなさい。

問 6 下線部③から適当な色を選んで書きなさい。

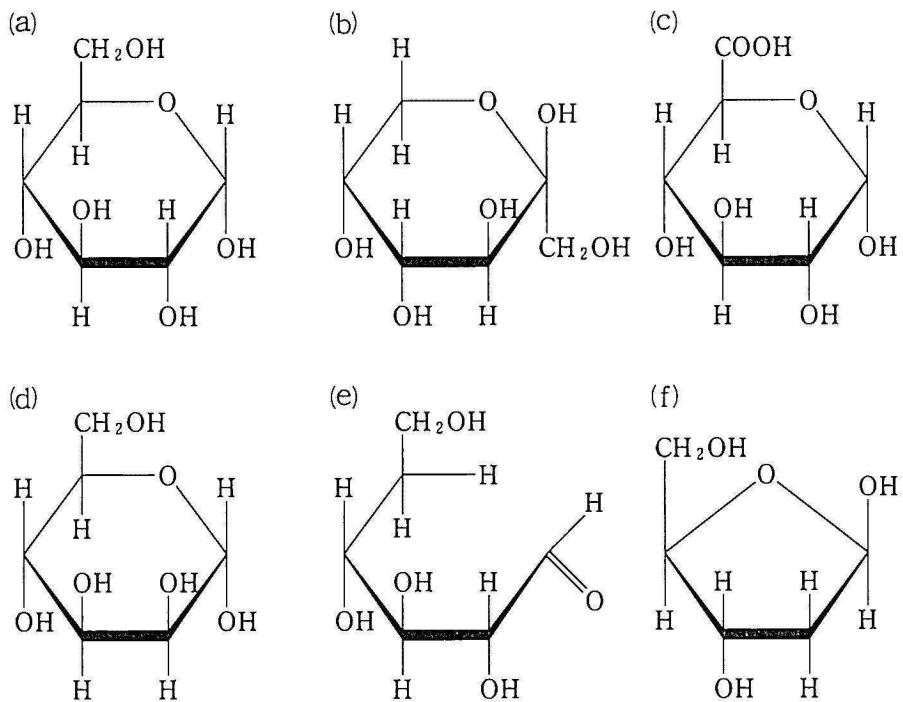
〔V〕（選択問題）

次の文章を読み、各問いに答えなさい。

生体内でよくみられる単糖類として（ア）と（イ）があげられる。これらの分子式は、いずれも $C_6H_{12}O_6$ と示される。（ア）は植物体内に多く存在しており、（イ）は果物やハチミツに含まれている。二糖類としては（ア）が二つ結合した（ウ）や（ア）と（イ）が結合した（エ）などがある。（ウ）は水あめの主成分であり、（エ）はサトウキビやテンサイから得られる。多糖類としてはデンプンや（オ）、（カ）などがある。（オ）は動物の筋肉や肝臓に多く含まれ、（カ）は植物の細胞壁の主成分である。

問 1 文章中の（ア）～（カ）に適切な語句を記入しなさい。

問 2 文章中の単糖（ア）や（イ）は、水溶液中では数種類の構造を取りえる。（ア）及び（イ）が取りえる構造式を次ページ(a)～(f)から1つずつ選び、記号で答えなさい。



問 3 デンプンの水溶液にヨウ素溶液を加えるとある色に呈色する。その色を答えなさい。さらに呈色する理由をデンプンの構造から説明しなさい。

問 4 単糖 $C_6H_{12}O_6$ の燃焼熱を求めなさい。ただし、この単糖の生成熱は 1260 kJ/mol 、水素の燃焼熱は 286 kJ/mol 、炭素の燃焼熱は 394 kJ/mol とする。また計算過程も示しなさい。

〔VI〕 (選択問題)

次の文章を読み、各問いに答えなさい。

植物の根に共生する根粒菌には、大気中の窒素をアンモニアに変換するニトロゲナーゼという酵素が存在する。酵素は生体内の反応に対し触媒としての働きを有する(ア)の一種で、酵素が働く物質を基質と呼び、反応速度は基質濃度や反応系の(イ)や(ウ)に大きく影響を受ける。

一方、工業的にはハーバー・ボッシュ法と呼ばれる方法でアンモニアは合成される。窒素と水素からアンモニアが生成される熱化学方程式は、 $N_2(\text{気}) + 3H_2(\text{気}) = 2NH_3(\text{気}) + 92\text{ kJ}$ として表わされる。この化学反応は可逆反応で、ルシャトリエの原理を適用すると、平衡状態にある時、圧力を高くすると気体分子の総数が(エ)する方向に移動する。

問 1 (ア)～(エ)に最も適切な語句を記入しなさい。

問 2 酵素反応や化学反応における触媒の働きについて 40 字以内で説明しなさい。

問 3 酵素反応は反応系の(イ)や(ウ)に影響を受け、それらが反応に適した条件とは極端に異なる条件下で反応させると酵素の触媒機能は著しく低下する。その理由を 40 字以内で説明しなさい。

問 4 (i) 下のグラフは、触媒を加えずに窒素と水素を体積比 1 : 3 で混合し、圧力一定下で 300 °C、500 °C および 700 °C で反応させた時の反応時間とアンモニアの生成率との関係を曲線で示している。反応温度が 300 °C での反応時間とアンモニアの生成率の関係を示した曲線は、(A) と (B) のどちらの曲線になるかを選びなさい。また、その曲線を選んだ理由を記述しなさい。

(ii) 500 °C での反応時に触媒を添加した場合の反応時間とアンモニアの生成率の関係を示した曲線を、解答用紙のグラフのなかに書き込みなさい。

