B

平成28年度個別学力検査問題
(教育文化学部)

化　学

前　期　日　程

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　この問題冊子は18ページあります。解答用紙は4枚あります。

問題はⅠからⅢまで3題あります。すべてに解答しなさい。

試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの乱丁・落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。

3　監督者の指示に従って，解答用紙に受験番号を記入しなさい。

4　解答は，解答用紙の該当欄に記入しなさい。文字，記号などはまぎらわしくないように明確に記入しなさい。

5　必要なときは次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0，C = 12.0，O = 16.0

気体定数：$R = 8.3 \times 10^3$ Pa・L/(K・mol)

6　配付された解答用紙は，持ち帰ってはいけません。

7　試験終了後，問題冊子は持ち帰りなさい。

Ⅰ　次の**問 1** ～**問 3** に答えなさい。

問 1　表 1－1 はいくつかの原子とその電子配置を示したものである。この表を参考にして，設問(1)～(8)に答えなさい。

(1)　希ガスを除く原子において，原子が結合するときに重要な役割を果たす最外殻電子は何と呼ばれるか，その**名称**を記しなさい。

(2)　電子殻が最大数の電子で満たされている場合，この電子殻は何と呼ばれるか，その**名称**を記しなさい。

(3)　安定な単原子分子となる原子を表 1－1 の中から **2 つ選び**，**元素記号**で答え，また，その**元素名**を記しなさい。

(4)　表 1－1 中の原子(**ア**)が最も安定なイオンになったとき，そのイオンの**イオン式**を記しなさい。

(5)　Li 原子，Na 原子，K 原子がそれぞれ最も安定なイオンになったとき，それらのなかで最も大きいイオン半径をもつものはどれか，**イオン式**で答えなさい。

(6)　原子が 1 個の電子を受け取って 1 価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを電子親和力という。表 1－1 の中で最も電子親和力の大きい原子はどれか，**元素記号**で答えなさい。

(7)　N 原子が最外殻にもつ不対電子の**数**を答えなさい。

(8)　N 原子がつくる分子である N_2 を**電子式**と**構造式**で記しなさい。

表1－1　いくつかの原子とその電子配置

原　子	電子数			
	K 殻	L 殻	M 殻	N 殻
He	2			
Li	2	1		
N	2	5		
Na	2	8	1	
(ア)	2	8	3	
Cl	2	8	7	
Ar	2	8	8	
K	2	8	8	1

問 2 炭素に関する設問(1)～(7)に答えなさい。

(1) ダイヤモンド，黒鉛(グラファイト)，フラーレンなどのように，同じ元素からできた単体であっても，異なる性質を示す物質がある。このような物質を互いに何というか，その**名称**を記しなさい。

(2) ダイヤモンド，黒鉛，フラーレンの中で，最も電気伝導性が大きいものはどれか，その**物質**の**名称**を記しなさい。

(3) 微小な黒鉛結晶が不規則に集まった無定形炭素の一つで，多孔質の構造を持つため吸着力が大きく，脱臭剤などに用いられるものは，一般に何と呼ばれるか，その**名称**を記しなさい。

(4) 黒鉛が薄くはがれやすいのは，黒鉛の平面構造内の炭素原子が［ **A** ］で結びついているのに対して，平面構造と平面構造の間は［ **B** ］で結びついているためである。この**A**と**B**に入る語の組み合わせとして最もふさわしいものを①～⑥から選択して，**番号**で答えなさい。

①	**A** 共有結合	**B** ファンデルワールス力
②	**A** 共有結合	**B** 水素結合
③	**A** イオン結合	**B** ファンデルワールス力
④	**A** イオン結合	**B** 水素結合
⑤	**A** 金属結合	**B** ファンデルワールス力
⑥	**A** 金属結合	**B** 水素結合

(5) 炭素の単体には，ダイヤモンド，黒鉛，フラーレンの他に，針状結晶として発見された，直径が10^{-9} m程度の円筒状(管状)の構造を持つものがある。その単体は一般に何と呼ばれるか，その**名称**を記しなさい。

(6) 炭素の酸化物である一酸化炭素に関して以下の(i)と(ii)に答えなさい。

(i) 一酸化炭素は，実験室ではギ酸を濃硫酸などと共に加熱し，分解してつくられる。このときの反応を表す以下の**化学反応式**を完成させなさい。ただし **C** は**示性式**で示しなさい。

C ⟶ **D** + CO

(ii) 以下の文のEとFに入る最もふさわしい**物質名**を記しなさい。

一酸化炭素は血液中のタンパク質である **E** と結合し，**F** を運搬する機能を失わせるため，人体に対する毒性が極めて大きい。

(7) 炭素のもう一つの酸化物である二酸化炭素に関して以下の(i)と(ii)に答えなさい。

(i) 二酸化炭素は，塩基と反応して塩をつくる。このような性質を持つ酸化物は一般に何と呼ばれるか，その**名称**を記しなさい。

(ii) 二酸化炭素の結晶であるドライアイスは，液体を経ずに直接気化する。このような状態変化は何と呼ばれるか，その**名称**を記しなさい。

問 3　Na および Ca の 2 つの元素について，設問(1)および(2)に答えなさい。

(1)　これらの元素に関する反応(i)～(iv)について，［ A ］～［ H ］にあてはまる物質の**化学式**を記し，化学反応式を完成させなさい。

(i)　酸化ナトリウムは水と反応して水酸化物となる。

［ A ］$+ H_2O \longrightarrow 2$［ B ］

(ii)　炭酸水素ナトリウムは加熱すると分解して，二酸化炭素を発生する。

2［ C ］$\longrightarrow$［ D ］$+ H_2O + CO_2$

(iii)　石灰水に二酸化炭素を通すと白色沈殿を生じる。

［ E ］$+ CO_2 \longrightarrow$［ F ］$+ H_2O$

(iv)　焼きセッコウは適量の水と混合すると硬化してセッコウになる。

［ G ］$+ \frac{3}{2} H_2O \longrightarrow$［ H ］

(2)　Na および Ca 元素に特有な炎色反応の色として最もふさわしいものを，①～⑥からそれぞれ選び，**番号**で答えなさい。

①　赤　色	②　黄　色	③　赤紫色
④　橙赤色	⑤　黄緑色	⑥　青緑色

Ⅱ　次の**問 1** および**問 2** に答えなさい。

問 1　以下の文章を読み，設問(1)～(5)に答えなさい。

安息香酸(分子量 122)は植物などからとれる 1 価の弱酸であり，水に対する溶解性は低いが，十分な量の水酸化ナトリウムを含む水溶液には溶解する。いまここに，不純物を含む安息香酸の試料 A がある。この試料の純度を検定するために以下の実験①および②を行った。

① 空のビーカーに試料 A を 2.50 g とり，これに 10.00 mL の水酸化ナトリウム水溶液をはかり取り(a)すべて加えた。さらに純水を加え全量を約 20 mL とし，よくかき混ぜたところ試料 A はすべて溶解した。この溶液に指示薬を加えたのち 2.00 mol/L 硫酸水溶液を滴下し(b)滴定を行ったところ，中和するまでに 7.20 mL を要した。

② ①と同様の実験を，試料 A を加えずに行った。空のビーカーに①と同じ水酸化ナトリウム水溶液を 10.00 mL とり，さらに純水を加えて全量を約 20 mL とした。指示薬を加えたのち 2.00 mol/L 硫酸水溶液を用いて滴定を行ったところ，中和するまでに 12.20 mL を要した。

(1) 下線部 **a** および **b** の操作を行うのに最も適した**器具の名称**を以下の語群から選びそれぞれ答えなさい。

メスシリンダー	メスフラスコ	駒込ピペット
ビュレット	ホールピペット	コニカルビーカー

(2) ①の中和滴定では加えた水溶液中の水酸化ナトリウムの一部が，試料中の安息香酸で中和されたのち，滴下した硫酸で残りの水酸化ナトリウムが中和されて中和点となる。中和点において溶液は(酸性，中性，塩基性)のいずれとなるか答えなさい。

⑶　①の滴定に用いる**指示薬**としてはフェノールフタレインとメチルオレンジのどちらがふさわしいか答えなさい。また，そう考えられる**理由**を簡単に説明しなさい。

⑷　①で用いた安息香酸を含む試料Ａ 2.50 g に含まれる安息香酸の**物質量**を，モルを単位として**有効数字 3 桁**で求めなさい。ただし，試料Ａに含まれている不純物はすべて中性の物質であり，中和反応に影響しないと考えてよい。

⑸　試料Ａの**純度**(試料Ａに含まれている安息香酸の重量分率)を**有効数字 3 桁**で求め百分率で記しなさい。

問 2　以下の文章を読み，設問(1)～(5)に答えなさい。ただし，設問における温度はすべて 25 ℃ とする。

塩化銀の飽和水溶液中では，わずかに溶解した塩化銀は完全に Ag^+ と Cl^- に電離しており，固体の塩化銀と飽和水溶液中の銀イオンおよび塩化物イオンとは次式のような平衡にある。

$$AgCl \rightleftarrows Ag^+ + Cl^-$$

このとき，塩化銀の溶解度積(K_{sp})は，水溶液中の銀イオンのモル濃度と塩化物イオンのモル濃度の積として表される。(a)

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$$

溶解度積は，温度が変わらなければ常に一定に保たれる。そのため，共存する成分によって，塩化銀の沈殿量が増減することがある。

固体の塩化銀と溶解平衡にある水溶液の塩化物イオン濃度が増大すると，塩化銀の沈殿量は増加する。(b) また，固体の塩化銀と溶解平衡にある水溶液にアンモニア水を添加すると，安定な錯イオンを生成する。(c) その結果，［　A　］。

このように沈殿量が変化する現象は，硫化物においては，水溶液の pH を変化させることでも見られる。(d)

(1)　下線部 **a** に関連して，塩化銀の飽和濃度が 1.35×10^{-5} mol/L のとき，**塩化銀の溶解度積**を計算し，**有効数字 2 桁**で答えなさい。

(2)　下線部 **b** に関連して，0.20 mol/L の塩化ナトリウム水溶液中に塩化銀が飽和しているとき，(1)で求めた塩化銀の溶解度積を用いて，溶液中の**銀イオンのモル濃度**を計算し，**有効数字 2 桁**で答えなさい。

(3)　下線部 **c** **錯イオンの名称**を記しなさい。

(4) **A** に入る適切な文章を次の①～④から選択して，**番号**で答えなさい。

① 塩化物イオンが減少するため沈殿量が減少する

② 塩化物イオンが減少するため沈殿量が増加する

③ 銀イオンが減少するため沈殿量が減少する

④ 銀イオンが減少するため沈殿量が増加する

(5) 下線部 **d** の硫化物に関連して，以下の(i)～(iii)に答えなさい。

(i) 硫化水素の電離は次式で表される。

$$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$$

その電離定数 K は以下のように示される。

$$K = \frac{[H^+]^2[S^{2-}]}{[H_2S]}$$

硫化水素の飽和濃度を 0.10 mol/L，$K = 1.2 \times 10^{-21}(\text{mol/L})^2$ としたとき，pH＝1 における**硫化物イオンのモル濃度**を計算し，**有効数字 2 桁**で答えなさい。

(ii) 銅(Ⅱ)イオン，亜鉛イオン，カドミウムイオン，鉛(Ⅱ)イオン(Cu^{2+}，Zn^{2+}，Cd^{2+}，Pb^{2+})を各1種ずつ含む4つの水溶液があり，すべて pH＝1，金属イオン濃度 1.0×10^{-3} mol/L である。これらの水溶液に硫化水素を通じて飽和させたとき，**沈殿する金属イオン**を表 2－1 に基づき決定しなさい。解答は**イオン式**で示し，**解答が複数ある場合はすべて**答えなさい。ただし，硫化水素の飽和濃度，K の値は(i)と同じとする。

表 2－1　25 ℃ における硫化物の溶解度積

硫化物	溶解度積 $K_{sp}(\text{mol/L})^2$
硫化銅(Ⅱ)	6.5×10^{-30}
硫化亜鉛	2.2×10^{-18}
硫化カドミウム	2.1×10^{-20}
硫化鉛(Ⅱ)	1.0×10^{-28}

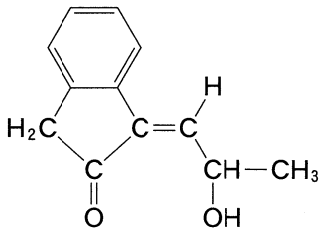
(iii) (ii)の水溶液について，金属イオン濃度を変えずpHのみを1ずつ上昇させたとする。これらに硫化水素を通じたとき，4種の金属イオンすべてが表2－1に示す硫化物として沈殿するpHのうち最小のものを，**ア**～**オ**から選び，**記号**で答えなさい。ただし，硫化水素の飽和濃度，Kの値は(i)と同じとする。

ア　pH ＝ 2　　**イ**　pH ＝ 3　　**ウ**　pH ＝ 4

エ　pH ＝ 5　　**オ**　pH ＝ 6

Ⅲ　次の**問 1** ～**問 3** に答えなさい。ただし，構造式は以下の例にならって記しなさい。

構造式の例



問 1　以下の文章を読み，設問(1)～(7)に答えなさい。

有機化合物は，官能基や置換基の種類と位置が変わることによってさまざまな分子構造をとり，特徴ある反応性をもつ。化合物のこのような構造の多様性と反応性の特徴は，たとえば，分子の異性体にみることができる。C_4H_8 の分子式で表されるアルケンには 4 種類の異性体がある。その中で，異性体 A と B は互いに二重結合の位置が同じで置換基の配置が異なる立体異性体[a]であり，異性体 A の置換基が二重結合に対して反対側にあるとき，異性体 B の置換基は同じ側にある。残りの異性体のうち，異性体 C は，異性体 A および B と同様に 4 つの構成炭素原子が常に同一平面上に位置する構造をもつ。C_4H_9OH で表されるアルコールには 4 種類の構造異性体があり，その構造の違いによって酸化に対する反応性が異なる。その中の異性体の 1 つは，硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液などで酸化されてケトン D になるが，別の 2 つの異性体はアルデヒドを経てカルボン酸になる。残りの異性体 E は，異性体の中で最も酸化されにくい。

有機化合物は，また，反応によって構成原子の結合のしかたを変えることで，さまざまな分子構造をとり，特徴ある性質を示す化学構造へ変化させることができる。たとえば，動植物に含まれる油脂は 3 分子の脂肪酸と 1 分子の 3 価アルコールである［　①　］が［　ア　］結合で結ばれた化合物であり，一般に，飽和脂肪酸を多く含むと常温で固体の性質をもつが，不飽和脂肪酸を多く含む場合には常温でも液体となる。このような液体の油脂に，ニッケルを触媒に用いた反応[b]による処理を施すと不飽和脂肪酸が飽和脂肪酸になり，［　イ　］油と呼ばれる固体の油脂に変えることができる。油脂に［　②　］水溶液を加えて加熱すると，汚れを落とす作用を示すセッケンが得られる。水[c]中では，セッケンはその分子構造に特徴的ないくつかの性質を示す。

(1) 下線部 **a** の立体異性体は特に何と呼ばれるか，その**名称**を記しなさい。

(2) 次の①～⑦の化合物の中には，下線部 **a** のような互いに立体異性体の関係にある化合物が 1 組ある。その 1 組を選び，二重結合に対して置換基が**反対側に配置する化合物**，および置換基が**同じ側に配置する化合物**を，それぞれの解答欄に**番号**で記しなさい。

① アクリル酸　② シュウ酸　③ フタル酸　④ フマル酸
⑤ マレイン酸　⑥ マロン酸　⑦ メタクリル酸

(3) 化合物 C，D，E の**構造式**を記しなさい。

(4) ［ ① ］，［ ② ］に最も適する**化合物の名称**を記しなさい。

(5) ［ ア ］に最も適する語を次の①～④から，［ イ ］に最も適する語を⑤～⑧から選び，それぞれ**番号**で記しなさい。

① アミド　② エーテル　③ エステル　④ グリコシド
⑤ 脂　肪　⑥ 硬　化　⑦ 乾　性　⑧ 不乾性

(6) 下線部 **b** の反応を，3 分子のオレイン酸からなる油脂を例にあげて反応式で次に示す。［ F ］および［ G ］に最も適する**化学式**を記しなさい。

$(C_{17}H_{33}COO)_3C_3H_5 + 3$ ［ F ］ ⟶ ［ G ］

(7) 下線部 **c** の水中でのセッケンの分子構造に特徴的な性質の記述として，**誤っているもの**を次の①～⑤から 1 つ選び，**番号**で記しなさい。

① 脂肪酸の炭化水素基が疎水性で，イオン部分が親水性を示す。
② 弱酸と強塩基の塩であるから，加水分解して弱塩基性を示す。
③ 脂肪酸イオンが親水性の部分を内側にして多数集まりミセルをつくる。
④ 油滴のまわりをとり囲んで微粒子に分散させる乳化作用を示す。
⑤ Ca^{2+} や Mg^{2+} と水に溶けにくい塩をつくるので，硬水では泡立ちが悪い。

問 2　以下の文章を読み，設問(1)～(8)に答えなさい。

高分子化合物は多数の原子がつながってできた巨大分子であり，多くの高分子化合物は小さな構成単位が繰り返し結合した構造を有している。この構成単位となる小さな分子を［ア］と呼び，構成単位の繰り返しの数を［イ］という。

合成高分子化合物を繊維状にしたものを合成繊維という。日本で開発された合成繊維であるナイロン6は<u>ε-カプロラクタム</u>[a]の［A］により合成される。芳香族のポリアミド系合成繊維は一般に［ウ］と呼ばれ，高い強度と耐熱性を有することが知られている。

ポリアクリロニトリルを主成分とする合成繊維はアクリル繊維と呼ばれ，柔軟で軽く，毛織物の風合いがある。アクリル繊維を不活性ガス中において高温で炭化して得られる繊維は［エ］と呼ばれ，軽量で強度や弾性に優れており，航空機の機体やテニスのラケットなどに利用される。

国産初の合成繊維として知られるビニロンは，次のように合成される。<u>酢酸ビニル</u>[b]の<u>付加重合</u>[c]により<u>ポリ酢酸ビニル</u>[d]を合成し，これを加水分解することによりポリビニルアルコールを得る。ホルムアルデヒド水溶液を用いてポリビニルアルコールを<u>アセタール化することでビニロンが得られる</u>[e]。

(1)　［ア］，［イ］に入る最もふさわしい**語**を記しなさい。

(2)　［ウ］，［エ］に入る最もふさわしい**繊維の名称**を記しなさい。

(3)　下線部**a** ε-カプロラクタムはアミド結合を持つ炭素数6の環状化合物である。この化合物の**構造式**を記しなさい。

(4)　［A］に入る最も適切な**重合反応の分類**を下の語群から選んで記しなさい。

（付加縮合，分解重合，開環重合，閉環重合，アミド重合）

(5)　下線部 **b** 酢酸ビニルの**構造式**を記しなさい。

(6)　下線部 **c** に関連して，付加重合について述べた以下の記述のうち，一般に正しいものはどれか，次の①～⑤の中から **2 つ**を選び**番号**で答えなさい。

①　水などの簡単な分子が取れることで結合が形成される。

②　不飽和結合を持つ化合物が用いられる。

③　ポリエステルは付加重合で合成される。

④　付加重合で得られる高分子は熱硬化性である。

⑤　付加重合で得られる高分子は分子量が均一ではない。

(7)　下線部 **d** ポリ酢酸ビニルはどのような用途に用いられているか，最もふさわしいものを次の①～⑤の中から 1 つ選び，**番号**で記しなさい。

①　釣り糸　　②　水道パイプ　　③　接着剤

④　レンズ　　⑤　光ファイバー

(8)　下線部 **e** に対応する正しい記述として最もふさわしいものを次の①～⑤の中から 1 つ選び，**番号**で記しなさい。

①　アセタール化によりエステル結合が形成される。

②　アセタール化により不飽和結合が形成される。

③　ビニロンは多くの架橋構造を有する。

④　ビニロンは分子内に環状構造を有する。

⑤　ビニロンにはヒドロキシ基は存在しない。

問 3 炭素，水素，酸素のみからなる有機化合物Aの構造を次の手順で決定した。これについて，設問(1)～(5)に答えなさい。

(1) 化合物Aは圧力 1.00×10^5 Pa，温度 380 K のもとで完全に気体となり，そのときの体積 0.100 L あたりの質量は 0.28 g であった。これらの圧力と温度においてAを理想気体とみなせるものとして，測定値からAの分子量を求める**計算の過程**を記し，**分子量**を**有効数字2桁**で求めなさい。

(2) 化合物Aの成分元素の含有量を分析したところ，質量比で炭素は 54.5 %，水素は 9.1 % あることがわかった。Aの組成を求める**計算の過程**を記し，**組成式**を書きなさい。ただし，組成式における各原子の数は 10 未満である。

(3) (1)と(2)の実験結果から推定される化合物Aの**分子式**を書きなさい。

(4) 化合物Aを希硫酸中で加熱したところ，カルボン酸とアルコールとに分解された。これらの生成物を含む反応溶液をほぼ中性に調整したのち，一部を分けとって以下の**ア**，**イ**の試験を行った。それぞれの試験に用いた反応の**名称**を記しなさい。また，それぞれの反応において見られる特有の**変化**を，①～⑥から1つずつ選び**番号**で記しなさい。

試験の方法

ア：アンモニア性硝酸銀溶液を加えて，おだやかに加熱する。

イ：ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液としてヨウ素を加えたのち，水酸化ナトリウム水溶液を加え反応させる。

反応において見られる特有の変化

① 紫色に呈色する。

② 白色の固体が沈殿する。

③ 赤色の固体が沈殿する。

④ 特有の臭いをもつ黄色の固体が沈殿する。

⑤ 無色無臭で可燃性の気体が発生する。

⑥ 金属が析出する。

⑸ ⑷の**ア**，**イ**のいずれの試験においても特有の変化が観察された。以上のすべての事実から推定される有機化合物 A の**構造式**を書きなさい。