

〔注意〕 必要に応じて以下の値を用いなさい。

大気圧(1atm) : 101 kPa

気体定数 : 8.3 kPa·L/(K·mol)

H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0

解答方法に有効数字が指定されている問題では、解答欄の書式に従って解答すること。

〔必須問題〕 全員必ず解答してください。

〔 1 〕 以下のA, Bに答えなさい。

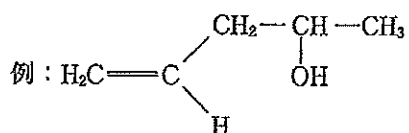
A : 分子量が102の、炭素・水素・酸素のみからなるカルボン酸エステルの化合物A, B, Cがある。化合物Aの15.3gを完全燃焼させたところ、二酸化炭素が33.0g, 水が13.5g生成した。化合物Aを加水分解すると化合物Dと第二級アルコールEが得られた。化合物Bを加水分解すると、プロピオン酸と化合物Fが得られた。化合物Fを酸化すると、アルデヒドを経て化合物Dが得られた。化合物Cを加水分解すると、カルボン酸Gと、化合物Hが得られた。カルボン酸Gは、アンモニア水を加えた硝酸銀水溶液とともに試験管中で加熱すると、試験管の内壁に銀の析出がみられた。化合物Hは、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、黄色の沈殿を生じた。

問1 化合物Aの分子式を答えなさい。

問2 化合物A～Hで不斉炭素原子をもつものをすべて選び、記号で答えなさい。

問3 下線の黄色の沈殿は何か。化合物の名称を答えなさい。

問4 化合物A, B, C, Hの構造式を書きなさい。A, B, Cは、解答欄に構造式の一部が与えられているのでそれを利用し、完成させなさい。構造式は、次の例にならって書くこと。



B : 以下の各問いに答えなさい。

問5 ある元素は、原子量63.5であり、2種の同位体からなる。軽いほうの同位体の存在比は69.0%であり、重いほうの同位体は、軽いほうの同位体より相対質量が2.00だけ大きい。軽いほうの同位体の相対質量を有効数字3桁で求めなさい。

問6 以下の各物質を、その物質に含まれる炭素原子の酸化数の大きい順に並べたとき、2番目と4番目となるものを、その順に番号で答えなさい。

① メタン ② シュウ酸 ③ 二酸化炭素 ④ 黒鉛 ⑤ 一酸化炭素

(選択問題) 以下の4問題中3問題を選択し、解答してください。

選択した問題については、解答用紙左端の選択欄に○を記入してください。

{ 2 } 以下の各問いに答えなさい。

問1 フッ化水素、塩化水素、臭化水素を沸点の低い順番に並べたとき、正しいものを次の中から選び番号で答えなさい。

- ① 臭化水素<塩化水素<フッ化水素 ② 臭化水素<フッ化水素<塩化水素
③ 塩化水素<臭化水素<フッ化水素 ④ 塩化水素<フッ化水素<臭化水素
⑤ フッ化水素<臭化水素<塩化水素 ⑥ フッ化水素<塩化水素<臭化水素

問2 次の中から分子結晶をつくるものをすべて選び番号で答えなさい。あてはまるものがない場合には×を答えなさい。

- ① 石英 ② ソーダ石灰ガラス ③ ドライアイス ④ ダイヤモンド
⑤ 塩化ナトリウム ⑥ ナフタレン

問3 次の中から極性分子をすべて選び番号で答えなさい。あてはまるものがない場合には×を答えなさい。

- ① CO_2 ② CH_2Cl_2 ③ CH_3Cl ④ CCl_4 ⑤ C_2H_6

問4 $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ の分子式で表される化合物には全部で何種類の異性体があるか答えなさい。ただし、幾何異性体や光学異性体がある場合、それらはすべて区別して数えること。

問5 次の各文章の中で誤りを含むものをすべて選び番号で答えなさい。あてはまるものがない場合には×を答えなさい。

- ① 硫酸銅(Ⅱ)水溶液に亜鉛板を浸すと、亜鉛板上に銅が析出する。
② 三酸化硫黄を水に溶かすと、硫酸が生成する。
③ 二酸化硫黄の水溶液は、中性である。
④ 水酸化鉛(Ⅱ)は、過剰の水酸化ナトリウム水溶液に溶解する。

問6 次の各文章の中で誤りを含むものをすべて選び番号で答えなさい。すべてが正しい場合には○を答えなさい。

- ① ファインセラミックスは、ケイ酸塩以外に窒化ケイ素、炭化ケイ素、酸化アルミニウムなどを含み、人工関節、集積回路、セラミックスエンジンなどさまざまな産業分野で利用されている。
② 6,6-ナイロンは、ヘキサメチレンジアミンとテレフタル酸が縮合重合した構造をしている。
③ 牛乳に含まれるカゼインは、複合タンパク質である。
④ 肝臓にあるカタラーゼは、過酸化水素を分解する。
⑤ 植物繊維の木綿の主成分は多糖類のセルロースで、動物繊維の羊毛の主成分はタンパク質のケラチンである。

問7 次の各文章の中で誤りを含むものをすべて選び番号で答えなさい。すべてが正しい場合には○を答えなさい。

- ① デンプンは、すい液中に含まれるアミラーゼによって加水分解される。
- ② ビニロンは、水溶性のポリビニルアルコールを、ホルムアルデヒドで処理してつくられる合成繊維である。
- ③ キュプラやビスコースレーヨンは、セルロースよりつくられる再生繊維である。
- ④ 絹は、カイコがつくる多糖が主成分の繊維である。
- ⑤ 亜麻仁油は、構成脂肪酸に多数の二重結合をもち、酸化されて固化しやすい。

問8 油脂 $C_3H_5(OCOC_{13}H_{27})_3$ の 1.00 mol を、完全にけん化したとき生成するグリセリンは何 g か、次の中から正しいものを選び番号で答えなさい。

- ① 6 g ② 12 g ③ 23 g ④ 46 g ⑤ 92 g ⑥ 120 g

[3] 以下のA, B, Cに答えなさい。

A: 四酸化二窒素が分解し、二酸化窒素になる気体反応は、可逆反応である。

問1 この可逆反応を反応式で答えなさい。

問2 密閉容器中において、この反応が平衡になった後に、この容器を圧縮して加圧すると平衡はどのようなになるか。次の中から選び番号で答えなさい。

- ① 変化しない
- ② 二酸化窒素が増える方向に平衡が移動する
- ③ 二酸化窒素が減る方向に平衡が移動する

問3 前問の平衡が達成されるときに、反応系の色調はどのように変化するか、次の中から選び番号で答えなさい。

- ① 色調は変わらない
- ② 青色が濃くなる
- ③ 青色がうすくなる
- ④ 赤褐色がうすくなる
- ⑤ 赤褐色が濃くなる

B: 四酸化二窒素と二酸化窒素が 300 K で平衡であるとき、四酸化二窒素と二酸化窒素の分圧がそれぞれ 67 kPa, 34 kPa であった。

問4 四酸化二窒素の濃度 (mol/L) を、有効数字 2 桁で答えなさい。

問5 二酸化窒素の濃度 (mol/L) を、有効数字 2 桁で答えなさい。

問6 この化学平衡の平衡定数として、最も近い値を、次の中から選び、番号で答えなさい。

- ① $5.2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- ② $7.3 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- ③ 5.2×10^{-1}
- ④ 1.9×10^0
- ⑤ $1.9 \times 10^1 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$

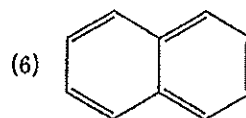
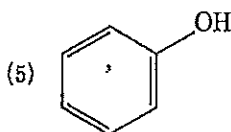
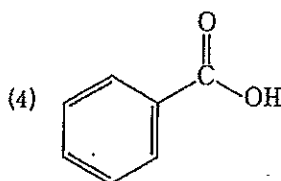
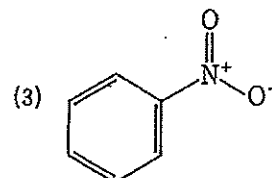
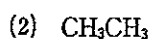
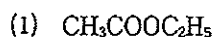
C: 安息香酸について以下の問いに答えなさい。

問7 安息香酸は水溶液中でどのように電離するか、イオン式で答えなさい。

問8 0.010 mol/L の安息香酸水溶液 1.0 L に安息香酸ナトリウムを溶解し、pH 5.0 の水溶液をつくるためには何 mol の安息香酸ナトリウムが必要か、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、安息香酸の電離定数は $6.4 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

〔 4 〕 以下の各問いに答えなさい。

問1 次の化合物の名称を答えなさい。また、それぞれの化合物の常温・常圧のときの状態を、【選択肢】より選び番号で答えなさい。同じものを何度用いてもよい。該当するものがない場合には×を答えなさい。



【選択肢】

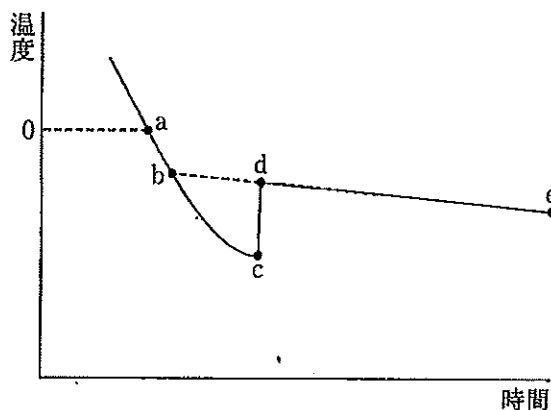
- ① 無色の液体 ② 淡黄色の液体 ③ 青色の液体 ④ 無色の気体
⑤ 淡青色の気体 ⑥ 赤褐色の気体 ⑦ 白色の固体 ⑧ 黒紫の固体
⑨ 黄色の固体 ⑩ 青色の固体

問2 前問の化合物(4), (5), (6)のそれぞれ5 mmolをジエチルエーテル50 mLに溶解した。この溶液に、5%炭酸水素ナトリウム水溶液を25 mL加え、分液漏斗に入れてよく混合した(操作1)。この分液漏斗を二層に分かれるまで静置した後、下層の溶液を分液漏斗から取り出した(溶液A)。次に、分液漏斗に残った上層に、5%水酸化ナトリウム水溶液を20 mL加えて振り混ぜた後、二層に分かれるまで静置し、ふたたび下層の溶液を取り出した(溶液B)。最後に、分液漏斗に残った上層の溶液を取り出した(溶液C)。化合物(4), (5), (6)に由来する、溶液A, B, Cに、それぞれ最も多く含まれる溶質の化合物の構造式を解答欄に与えられた構造式の一部を利用して、完成させなさい。

問3 前問の操作1を行った直後に行うべき操作とその理由を22字以内で答えなさい。

[5] 以下のA, Bに答えなさい。

A : 以下の図は0.10 molの硝酸ナトリウム(無水物)を1 kgの水に溶かした水溶液を冷却しながら温度を測定した様子を示したものである。ただし硝酸ナトリウムは100%電離するものとする。



- 問1 結晶ができ始める点は、図中のa～eのどの点に最も近いか答えなさい。
- 問2 最初にできた結晶は、以下のいずれであるか、番号で答えなさい。
① 氷 ② 硝酸ナトリウム ③ それらの混合物
- 問3 点b～cの間の状態を何というか答えなさい。
- 問4 以下の文の空欄(A), (B)を適切に埋めなさい。
点c→dの間に温度が上がるのは、(A)が多量の(B)を放出するためである。
- 問5 この硝酸ナトリウム水溶液の凝固点はa～eのどの点か記号で答えなさい。
- 問6 この硝酸ナトリウム水溶液の凝固点が -0.370°C であったとする。この値から水のモル凝固点降下($\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$)を有効数字3桁で求めなさい。

B : 次の各問いを読み、答えなさい。

- 問7 アルカリ金属の中で、炎色反応が紫を示すものを1つ元素記号で答えなさい。
- 問8 2族の元素の原子で、その硫酸塩が水によく溶けるものをすべて元素記号で答えなさい。
- 問9 2族に属する元素で、貝殻やサンゴの骨格の主成分を構成するものを元素記号で答えなさい。
- 問10 前問の主成分を化学式で答えなさい。
- 問11 地殻中に、酸素、ケイ素について多い元素を、元素記号で答えなさい。
- 問12 前問で答えた元素の価電子数を答えなさい。
- 問13 ある元素は4族に属し、その単体は、銀白色の金属であり、軽量であるため航空機の構造材として利用される。また、その元素の酸化物は光触媒反応を行う。この元素は何か、元素記号で答えなさい。