

平成25年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子は、「空白」1ページ、「物理」6ページ、「化学」13ページ、「空白」1ページ、「生物」8ページ、「地学」9ページ、合計38ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」3枚、「生物」4枚、「地学」5枚である。脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 理学部の受験者は、次により解答すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうち2科目を選択解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
- 7 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 8 医学部の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。
- 9 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」を解答すること。
- 10 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
- 11 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。

化 学

第1問～第3問において、必要であれば次の原子量を用いよ、 $H = 1.00$, $C = 12.0$,
 $O = 16.0$

第 1 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

炭素C、水素H、酸素Oでできた有機化合物 がある。その分子式を求めるため(i)と(ii)の実験を行った。

(i) 23.0 gの を純水 2.00 kg に溶かした。この溶液の沸点は、純水の沸点より $0.0173\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高い温度であった。

(ii) を 85.5 mg はかりとり、それを乾燥酸素の気流中で完全燃焼させた。この燃焼により生成した と を塩化カルシウム管に通し、次にソーダ石灰管に通した。このとき、 は塩化カルシウムにすべて吸収され、 はソーダ石灰にすべて吸収された。その後、これらの管の質量をはかったところ、塩化カルシウム管の質量は 49.5 mg 増加し、ソーダ石灰管の質量は 132 mg 増加していた。これらの実験結果をもとに、 に含まれる成分元素の組成式を求めることができる。この操作を という。

- (1) の分子量を求め、有効数字3桁で答えよ。ただし、水のモル沸点上昇は、 $0.515 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とする。また、水溶液中での電離などによる物質量的変化は、無視できるものとする。
- (2) と にあてはまる化合物を分子式で記せ。また、 にあてはまる最も適切な語句を記せ。
- (3) 85.5 mg の に含まれる成分元素 C, H, O の質量を、それぞれ小数第1位までの値で答えよ。
- (4) の分子式を記せ。
- (5) 下線部に示す燃焼により生成した の物質量を求めよ。また、生成した の $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 300 K における体積を計算せよ。それぞれ、有効数字3桁で答えよ。ただし、 300 K では、 は理想気体としてふるまうものとする。また、気体定数は、 $8.31 \times 10^3 \text{ L}\cdot\text{Pa}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

問2 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

物質Aと物質Bから物質Cが生成する化学反応がある。この反応が進行し、Cの濃度が増加していくと、生成したCがAとBになる逆向きの反応が起こりはじめ、時間がたつと平衡状態になる。

- (1) AとBからCが生成する化学反応において、ある温度でAとBの初期濃度を変えて、反応初期のCの生成速度を求める実験1、2、3を行った。結果を以下の表に示す。

表 実験結果

	Aの初期濃度 [mol/L]	Bの初期濃度 [mol/L]	Cの生成速度 [mol/(L·s)]
実験1	0.30	1.00	1.8×10^{-2}
実験2	0.30	0.50	9.0×10^{-3}
実験3	0.60	0.50	3.6×10^{-2}

反応初期では、Cの濃度は小さいため逆向きの反応は無視できるものとする。Cの生成速度 v は、Aのモル濃度を[A]、Bのモル濃度を[B]、反応速度定数を k とすると、 $v = k[A]^x[B]^y$ と表すことができる。

- (i) 実験1、2、3の結果をもとに、 x と y にあてはまる適切な値を求めよ。
(ii) 反応速度定数 k を有効数字2桁で求め、単位とともに記せ。
(iii) Aの初期濃度を0.20 mol/L、Bの初期濃度を0.50 mol/Lとしたとき、反応初期のCの生成速度を有効数字2桁で答えよ。

(2) (ア)～(オ)の説明について、誤りを含むものをすべて選び記号で答えよ。

- (ア) 温度が上昇すると活性化エネルギーが大きくなる。
- (イ) 触媒を加えると、反応の活性化エネルギーが変化する。
- (ウ) 温度が 10°C 上昇すると反応速度が 2 倍になる反応では、温度が 40°C 上昇すると反応速度は 8 倍になる。
- (エ) 触媒を加えると平衡定数が小さくなる。
- (オ) ある反応が平衡状態にあるとき、これを冷却すると発熱反応の向きに平衡が移動する。

(3) A と B から C が生成する反応は、化学反応式 $x\text{A} + y\text{B} \rightarrow \text{C}$ で表される。この反応の活性化エネルギーを 125 kJ/mol とする。生成した C が A と B になる逆向きの反応の活性化エネルギーを 184 kJ/mol とする。A と B から C が生成する反応は、発熱反応か、吸熱反応かを答えよ。また、C が 1 mol 生成する場合の反応熱を求めよ。ただし、A と B から C が生成する反応は、その逆向きの反応と同じ活性化状態を経るものとする。

(4) 気体のみが関係する反応の化学平衡の場合にも、溶液の場合と同様に、気体混合物中の各気体のモル濃度を用いて、平衡定数を表すことができる。水素とヨウ素の混合気体を容器に入れて一定温度に保つと、ヨウ化水素が生成し、時間がたつと平衡状態に達する。この可逆反応の化学反応式と、その化学反応式に対応する平衡定数 K を表す式を記せ。この反応では、水素、ヨウ素、ヨウ化水素はいずれも気体である。

化 学

第 2 問 (33点)

次の文章を読み、(1)～(8)の問いに答えよ。

窒素の単体は、分子で、常温、常圧では無色無臭の気体である。窒素と水素を体積比1：3で混合し、鉄を主成分とした触媒を用いると、刺激臭をもつ無色の気体であるアンモニアが得られる。アンモニアと空気を混合し、約800℃の白金網に通じると、アンモニアが酸化されて一酸化窒素となる。一酸化窒素は空気中の酸素と反応して二酸化窒素となる。生じた二酸化窒素を水に吸収させると硝酸が得られる。

硫黄の単体は、黄色の固体として火山地帯で産出する。硫黄の単体には斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などがある。このように同じ元素からなり、性質の異なる物質を互いにという。室温では斜方硫黄が最も安定である。斜方硫黄と単斜硫黄は分子からなり、それらを加熱して液体にしたものを冷水に注いで急冷するとゴム状硫黄が得られる。ゴム状硫黄は分子からなり、溶媒に溶けにくい。一方、硫化水素は火山ガスや鉱泉に含まれる無色の気体で、毒性が強い。硫化水素は硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えると発生する。二酸化硫黄を酸化して生じた^①を濃硫酸に吸収させると発煙硫酸となる。発煙硫酸を希硫酸に加えると濃硫酸が得られる。

(1) ～に当てはまる最も適当な語句を、次の(a)～(j)の中から選び、それぞれ記号で答えよ。

- (a) 環状 (b) 二原子 (c) 板状 (d) 単原子 (e) 鎖状 (f) 三原子
(g) 金属状 (h) 同位体 (i) 同素体 (j) 展性

(2) 濃硝酸、希硫酸、熱濃硫酸に対する銅とアルミニウムの溶解性を以下の表に示す。

(i) ~ (vii) の問いに答えよ。

	濃硝酸	希硫酸	熱濃硫酸
銅	○	×	○
アルミニウム	×	○	○

○：溶ける， ×：溶けにくい

(i) 銅を濃硝酸に溶かしたときの反応を化学反応式で記せ。

(ii) アルミニウムは濃硝酸に溶けにくい。25字以内でその理由を記せ。

(iii) アルミニウムは希硫酸にも、水酸化ナトリウム水溶液にも水素を発生して溶ける。

このように酸とも強塩基とも反応する元素のことを何というか答えよ。

(iv) アルミニウムのように、酸の水溶液や強塩基の水溶液のいずれにも反応する典型元素を、元素記号を用いて2つ答えよ。ただし、元素の周期表の1族と2族の元素およびAlは除く。

(v) 希硫酸は大量の水に濃硫酸をゆっくり注いで調製する。濃硫酸に水を注ぐと危険である理由を30字以内で記せ。

(vi) 熱濃硫酸と塩化ナトリウムを混合すると、気体を発生しながら反応する。この反応を化学反応式で記せ。

(3) 下線部①の反応を化学反応式で記せ。

(4) 下線部②の二酸化硫黄は、亜硫酸ナトリウムに硫酸を加えると発生する。この反応を化学反応式で記せ。

(5) に当てはまる化合物を化学式で記せ。

(6) 水は硫化水素よりも分子量が小さいにもかかわらず沸点が高い。水の沸点が硫化水素の沸点よりも高い理由を30字以内で記せ。

(7) アンモニア、一酸化窒素、二酸化窒素、硝酸に含まれる窒素原子の酸化数および斜方硫黄、硫化水素、二酸化硫黄、硫酸に含まれる硫黄原子の酸化数をそれぞれ符号を含めて数字で答えよ。

(8) 金属イオン A, B, C のいずれか 1 つを含む 3 種の酸性水溶液がある。それぞれの水溶液に硫化水素を通じると、A と B の水溶液では黒色の沈殿が生じるが、C の水溶液では変化が見られない。A, B, C の水溶液にそれぞれアンモニア水を加えると、A の水溶液では青白色の沈殿が生じた後、さらにアンモニア水を加えると、沈殿は溶解して深青色の水溶液となる。B の水溶液では褐色の沈殿が生じた後、さらにアンモニア水を加えると、沈殿は溶解して無色の水溶液となる。C の水溶液では白色の沈殿が生じ、さらにアンモニア水を加えても変化しない。A, B, C に当てはまる最も適切な金属イオンを次の (a) ~ (e) の中から選び、それぞれ記号で答えよ。

- (a) Al^{3+} (b) Ca^{2+} (c) Fe^{3+} (d) Cu^{2+} (e) Ag^+

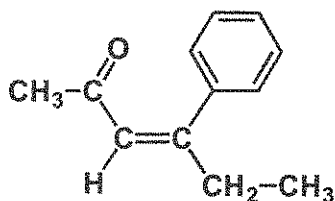
(空 白)

化 学

第 3 問 (34点)

次の問1と問2に答えよ。ただし、構造式は次の例にならって記せ。

例



問1 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

化合物A～Eは炭素C、水素Hおよび酸素Oからなる有機化合物であり、組成式C₂H₄Oで表される。A～Eの性質を以下に示す。

化合物A：分子量90であり、不斉炭素原子が存在する。Aの水溶液に炭酸水素ナトリウムを加えると気体が発生する。

化合物B：常温、常圧で気体である。この水溶液は消毒剤や防腐剤に用いられる。Bはメタノールを白金や銅の触媒を用いて空气中で酸化すると生じる。Bの水溶液にフェーリング溶液を加えて加熱すると、赤色の沈殿Fが生じる。^①

化合物C：Cは刺激臭を持つ。Cはエタノールを酸化することで得られる。Cが、脱水縮合すると分子量102の酸無水物を生じる。

化合物D：分子量180であり、還元性を示す。Dはデンプンの構成成分である。Dは^②水に溶かすと異性体の平衡混合物となる。また、Dは微生物によるアルコール発酵^③により分解される。

化合物E：常温、常圧で液体である。Eを水酸化ナトリウム水溶液とともに加熱すると、Gのナトリウム塩と、常圧で沸点70℃以下の1価アルコールを生じる。^④Gを濃硫酸とともに加熱すると、一酸化炭素と水を生じる。

- (1) A, B, C, Eの構造式を記せ.
- (2) Dの名称を答えよ.
- (3) 下線部①のFの分子式を答えよ.
- (4) 下線部②において、何種類の異性体が平衡混合物として存在するか. その異性体の数を答えよ.
- (5) 下線部③の反応を、分子式を用いた化学反応式で記せ.
- (6) 下線部④の反応を、Gの示性式を用いた化学反応式で記せ.

問2 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

先生 4つの有機化合物A, B, C, Dの混合物があります。これらの物質量の比は1 : 1 : 1 : 1です。今日は、混合物の化学反応と分液漏斗を用いた実験から、A～D, および、加水分解反応により得られるE, F, Gについて考えてみましょう。まず、試薬と器具を準備してください。

生徒 試薬として塩酸、水酸化ナトリウム水溶液、炭酸水素ナトリウム水溶液、ジエチルエーテル（以下エーテルと略す）を準備しました。器具として分液漏斗とビーカーを準備しました。

先生 はじめに、A～Dの混合物に塩酸を加え、エステル結合やアミド結合が完全に加水分解できるまで反応させます。そうすると化合物C, D, E, F, Gの混合物が得られます。このときのC～Gの物質量比は1 : 1 : 2 : 2 : 2となりました。C～Gの構造についてわかっていることは次のとおりです。

- C～Gは、いずれもベンゼン環を1つ持つ化合物である。
- C, D, Eは、いずれも C_7H_8O の分子式をもつ。
- Cに無水酢酸を反応させたところ、エステルが得られた。
①
- Dは、無水酢酸と反応しなかった。
- Fに無水酢酸を反応させたところ、アセトアニリドが得られた。
- Gは、ポリエチレンテレフタレート（PET）を合成するための原料の一つである。
- Eに含まれる原子団（基）の一つを、メチル基に置換したものは*p*-キシレンである。

これらをもとにC～Gの構造を考えてください。考えがまとまったら、分液漏斗を使う実験を行います。図を参考にC～Gの混合物を分離する手順を考えてください。(i)～(iii)は準備した酸または塩基の水溶液のいずれかです。

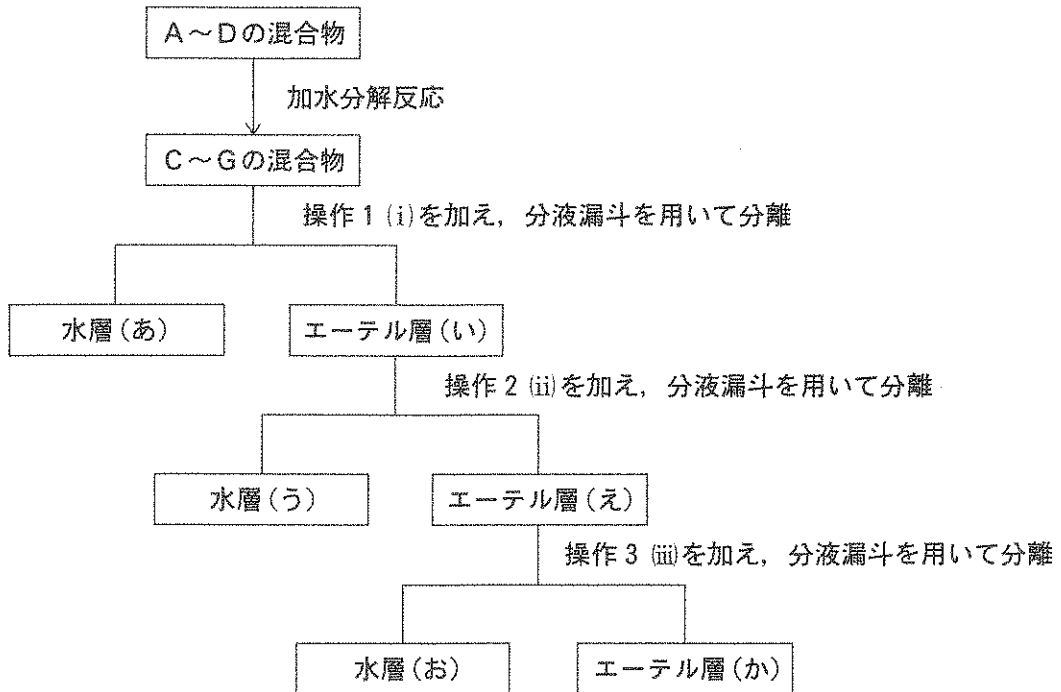


図 抽出操作の手順

生徒 実験結果は次のとおりです。

操作1：C～Gを含む混合物に (i) として炭酸水素ナトリウム水溶液を加え、よくかき混ぜました。発泡がおさまるまで炭酸水素ナトリウム水溶液を加えました。混合液を分液漏斗にうつし、エーテルを加えてよく振り混ぜました。分液漏斗を静置すると水層 (あ) とエーテル層 (い) に分離しました。(あ) と (い) をそれぞれ別のビーカーに分けました。

操作2：エーテル層 (い) に (ii) を加えました。混合液を分液漏斗にうつし、よく振り混ぜたのち静置すると、水層 (う) とエーテル層 (え) に分離しました。(う) と (え) をそれぞれ別のビーカーに分けました。(う) の一部を別のビーカーに取り、そこにメチルオレンジを少量加えると赤色になりました。

操作3：エーテル層 (え) に (iii) を加え、その水層の pH が 12 以上になるまで (iii) を加えました。混合液を分液漏斗にうつし、よく振り混ぜたのち静置すると、水層 (お) とエーテル層 (か) に分離しました。(お) と (か) をそれぞれ別のビーカーに分けました。

分析結果：水層（あ）、（う）、（お）とエーテル層（か）に含まれる有機化合物を分析したところ、水層（あ）、（う）、（お）には有機化合物が1種類ずつ含まれていました。^② エーテル層（か）には化合物CとDが含まれていました。

- (1) 下線部①の化学反応式を記せ。
- (2) 分液漏斗を用いた実験において、操作2と3で用いた、(ii)と(iii)の試薬名を記せ。
- (3) 下線部②の水層（あ）、（う）、（お）に含まれる化合物の構造式を記せ。
- (4) 化合物Dの構造式を記せ。
- (5) 化合物AとBの構造式を記せ。Aの分子量はBよりも大きいものとする。

(空 白)