

2019年度

理 科

R 2

化 学

〔問題ページ数〕

8 ページ

〔解答用紙枚数〕

8 枚

2月25日(月)
【前期日程】

理 学 部 (数学科, 化学科, 地球科学科)

工 学 部 (電子物質科学科, 化学バイオ工学科,
数理システム工学科)

農 学 部

地域創造学環 (選抜方法 A)

13 : 00 ~ 14 : 20

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、全部の解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 問題は、**1** ~ **4** の全てを解答しなさい。
- 6 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 7 問題は、声を出して読んではいけません。
- 8 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 9 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

問題訂正

科目 理科（化学）

訂正箇所

問題 3

6 ページ 本文 上から1行目

(誤) . . . スズと鉛の塩化物の中で, . . .

(正) . . . スズと鉛の塩化物 (MC_1n : Mはスズまたは鉛, n は整数を表す)
の中で, . . .

【注意】 必要ならば、次の数値を用いること。

原子量：H 1.0, C 12, O 16, Na 23, S 32, Cl 35.5, Sn 119

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ L}\cdot\text{Pa}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ，アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

1 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

固体の塩化ナトリウムに水を加えてかき混ぜると、固体の表面から Na^+ や Cl^- がばらばらになって水中に拡散する。このとき、 Na^+ や Cl^- は、極性分子である水分子に囲まれている。塩化ナトリウム水溶液中の Na^+ や Cl^- は、小さすぎて限外顕微鏡では見ることができない。しかしながら、一般に水溶液の性質は純水の性質とは異なる。たとえば、不揮発性の溶質を溶かした希薄水溶液の凝固点は純水の凝固点よりも低く、沸点は純水の沸点よりも高くなる。^(a)

タンパク質やデンプンを水に加えてよくかき混ぜると、タンパク質分子やデンプン分子は水中に分散する。一般に、通常の分子やイオンよりも大きい粒子(直径 $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ m}$ 程度)が液体に均一に分散しているものをコロイド溶液といい、分散している粒子をコロイド粒子という。コロイド溶液は、コロイド粒子のでき方にもとづいて分類され、タンパク質やデンプンのように分子1個からなるコロイド粒子が分散したもの、水酸化鉄(Ⅲ)などのように水に溶けない固体がコロイド粒子として分散したもの、一定の濃度以上で水に溶かした界面活性剤のように小さな分子が集合してできるコロイド粒子が分散したものなどがある。^(b)^(c)^(d)

コロイド溶液の性質を調べるため、次の実験を行った。

【実験】

質量パーセント濃度 48.6 % の塩化鉄(Ⅲ)水溶液 1.00 g を沸騰している蒸留水に加え、かき混ぜて 100 mL の水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を得た。コロイド溶液に横から強い光線を当てると光の進路が光って見えた。^(e) また、限外顕微鏡でコロイド溶液中のコロイド粒子を観察すると、コロイド粒子が輝く点として見えた。この輝く点はふるえるように不規則に動いていた。^(f) 次に、コロイド溶液をセロハン膜で包み、流水中にしばらく浸してコロイド溶液を精製した。^(g) 精製したコロイド溶液の一部を U 字管に取り、直流電圧をかけると、コロイド粒子は陰極へ向かって移動した。また、精製したコロイド溶液の一部を取り、少量の電解質溶液を加えると沈殿を生じた。^(h)

問 1 一定温度で一定量の溶媒に溶ける溶質の量には限度がある場合がある。溶質がこの限度まで溶けた溶液を何とよぶか、その名称を記せ。

問 2 下線部(a)について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 質量モル濃度 0.100 mol/kg の塩化ナトリウム水溶液の凝固点が純水の凝固点に比べ 0.37 K 低いとき、水のモル凝固点降下 $[\text{K}\cdot\text{kg/mol}]$ はいくらか。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、水溶液中の塩化ナトリウムは完全に電離しているものとする。
- (2) 塩化マグネシウム水溶液の沸点が純水の沸点に比べ 0.078 K 高いとき、この水溶液に含まれる塩化マグネシウムの質量モル濃度 $[\text{mol/kg}]$ はいくらか。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、水のモル沸点上昇は $0.52 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とする。また、水溶液中の塩化マグネシウムは完全に電離しているものとする。

問 3 下線部(b)~(d)のコロイドをそれぞれ何とよぶか、その名称を記せ。

問 4 下線部(e)の現象を何とよぶか、その名称を記せ。また、光の進路が光って見える理由を簡潔に記せ。

問 5 下線部(f)の現象を何とよぶか、その名称を記せ。また、コロイド粒子がふるえるように不規則に動く理由を簡潔に記せ。

問 6 コロイド溶液はコロイド粒子の濃度に応じた浸透圧を示す。下線部(g)で精製した後のコロイド溶液は、水温 27°C で $2.49 \times 10^2 \text{ Pa}$ の浸透圧を示した。浸透圧に寄与する物質が水酸化鉄(III)コロイド粒子のみであるとするとき、このコロイド粒子 1 個の中には、平均していくつの Fe^{3+} が含まれているか。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、実験に用いた塩化鉄(III)中の Fe^{3+} はすべてコロイド粒子に含まれるものとし、精製によるコロイド粒子の損失はないものとする。また、精製した後のコロイド溶液の体積は 100 mL であるとし、 FeCl_3 の式量を 162 とする。

問 7 下線部(h)について、次の(ア)~(エ)の物質の水溶液のうちで、もっとも少量で水酸化鉄(III)コロイド粒子を沈殿させることができるものはどれか、記号で答えよ。また、そう考えた理由を簡潔に記せ。ただし、(ア)~(エ)の物質の水溶液中でのモル濃度は同じとする。

- (ア) NaCl (イ) MgSO_4 (ウ) CaCl_2 (エ) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

- 2 次の文章を読み、下の問いに答えよ。ただし、下で扱うすべての水溶液 1.00 g の温度を 1.00 K 上げるのに必要な熱量は 4.2 J とする。必要ならば、次の数値を用いること。
(配点 25 %)

$$\log_{10} 2.0 = 0.30, \log_{10} 3.0 = 0.48$$

化学反応などにもなって、放出されたり吸収されたりする熱量を反応熱という。反応熱は反応の種類によってさまざまな名称でよばれている。例えば、溶質 1 mol を多量の溶媒に溶かしたときに発生または吸収する熱量である ア や、酸と塩基が中和して イ が 1 mol 生成するときに発生する熱量である中和熱がある。その他に、化合物 1 mol がその成分元素の最安定の単体から生成するときに発生または吸収する熱量である生成熱や、ウ である燃焼熱も反応熱の例である。

次の実験 1 および実験 2 から、水酸化ナトリウムを純水に溶かしたときに発生した熱量と、水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の反応における中和熱を求めた。

【実験 1】

断熱が不完全な容器に入れた純水(密度 1.00 g/cm³) 48.0 mL に水酸化ナトリウムの結晶 2.00 g を加えて、ゆっくりかく拌しながらこの水酸化ナトリウム水溶液の温度を測定した。水酸化ナトリウムを純水中に入れた瞬間を時刻 0 分(反応開始時刻)としたときの、水溶液の温度の時間変化は次の図のとおりであった。

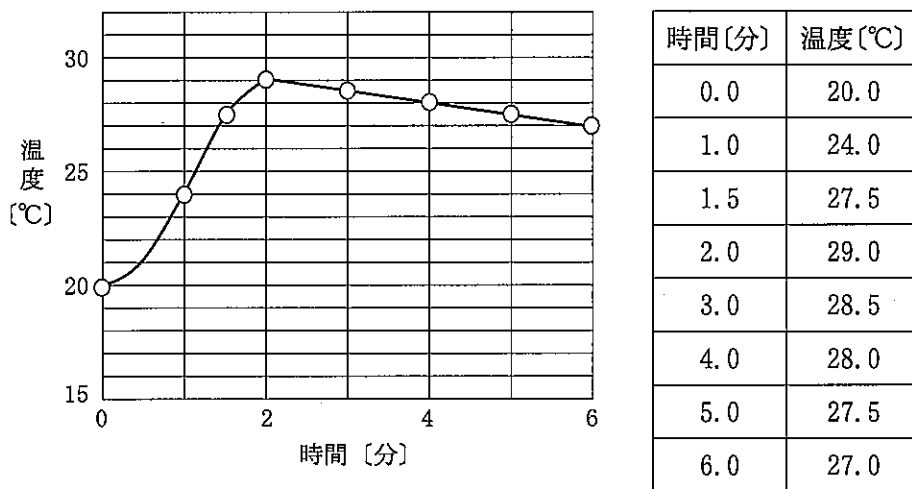


図 水酸化ナトリウムを溶かして生じた水溶液の温度の時間変化

【実験 2】

ある温度の 0.300 mol/L の塩酸(密度 1.00 g/cm³) 100.0 mL と、それと同じ温度の 0.500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液(密度 1.02 g/cm³) 50.0 mL を、ゆっくりかく拌しながら断熱容器中で混合した。その結果、混合水溶液の温度は 2.2 K 上昇した。

問 1 文章中の ア および イ に入る適切な語句をそれぞれ記せ。ただし、ここで酸と塩基はアレニウス(アレニウス)の定義にしたがうものとする。

問 2 下線部の生成熱の説明にならって、文章中の ウ に入る燃焼熱の説明を簡潔に記せ。

問 3 下線部について、次の(1)~(3)を表す熱化学方程式をそれぞれ記せ。ただし、温度 25 °C、圧力 1.013×10^5 Pa のもとでの反応とする。

- (1) プロパンが完全燃焼する反応。ただし、燃焼熱を 2219 kJ/mol とする。
- (2) 窒素と酸素から一酸化窒素が生成する反応。ただし、一酸化窒素の生成熱を -90.3 kJ/mol とする。
- (3) 黒鉛(グラファイト)が完全燃焼する反応。ただし、黒鉛 24 g が完全燃焼すると 788 kJ の熱が発生する。

問 4 実験 1 について、次の(1)および(2)に答えよ。ただし、反応開始から 2 分以内にすべての水酸化ナトリウムは純水に完全に溶けたとする。また、1 分間あたりに外部に逃げる熱量は水溶液の温度や濃度によらず、常に一定とみなしてよい。

- (1) 反応開始 2.0 分後から反応開始 6.0 分後の間に外部に逃げた熱量を、単位を付して有効数字 2 桁で答えよ。また、所定の欄に計算過程を示せ。
- (2) 水酸化ナトリウムを純水に溶かしたときに発生した熱量を、単位を付して有効数字 2 桁で答えよ。また、所定の欄に計算過程を示せ。

問 5 実験 2 について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 水酸化ナトリウム水溶液と塩酸を混合した水溶液の pH を有効数字 2 桁で答えよ。また、所定の欄に計算過程を示せ。ただし、水酸化ナトリウムと塩化水素は水溶液中で完全に電離しているものとし、混合した水溶液の体積は、混合前の各溶液の体積の和に等しいものとする。
- (2) 水酸化ナトリウム水溶液と塩酸が反応するときの中和熱を、単位を付して有効数字 2 桁で答えよ。また、所定の欄に計算過程を示せ。ただし、発生した熱はすべて水溶液の温度上昇に使われたとする。

問 6 水酸化ナトリウム水溶液と塩酸が反応するときの中和熱を Q [kJ/mol] とする。水酸化ナトリウム水溶液と希硫酸が完全に中和するときの熱化学方程式を記せ。また、水酸化ナトリウム水溶液と希硫酸が完全に中和したときに発生した熱量を X [J] としたとき、反応した硫酸の物質質量 [mol] を Q と X を用いて表せ。ただし、ア の影響は無視できるものとする。また、水酸化ナトリウム、塩化水素および硫酸は水溶液中で完全に電離しているものとし、発生した熱はすべて水溶液の温度上昇に使われたとする。

3 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

周期表における同族元素は性質が比較的似ているといわれるが、実際には原子番号の小さな元素と大きな元素では性質がかなり異なる。14 族元素についてみると、原子番号の小さな炭素やケイ素は非金属元素に分類されるが、大きなスズや鉛は金属元素である。炭素は化合物中で -4 から +4 までのさまざまな酸化数をとることができるが、スズや鉛が化合物中で通常とりうる酸化数は \square (ア) か \square (イ) のいずれかである。一般に、スズは酸化数 \square (ア) を、鉛は \square (イ) をよりとりやすいといわれている。スズは酸と塩基の両方に溶ける両性元素であり、希塩酸にも濃水酸化ナトリウム水溶液にも溶解する。鉛も両性元素であるが、塩酸にも硫酸にも溶けにくい。

スズは合金やめっきなど幅広い用途で利用されている。スズを主成分とする合金の代表例に「はんだ」があり、 \square (ウ) の低さを利用して金属同士の接合に用いられている。また、銅を主成分とするスズの合金として青銅があり、腐食しにくく加工しやすい強度をもつことから貨幣や銅像などに利用されている。鋼板の腐食防止のためにその表面にスズめっきしたものをブリキとよび、缶詰やバケツなど主に屋内での用途に利用されている。一方、屋根などの耐久性が必要な屋外での用途には鋼板に亜鉛めっきしたトタンが用いられる。

スズには複数の同素体が存在する。上で述べたような金属のスズは「白色スズ」とよばれ、室温付近で安定に存在する同素体である。白色スズは低温になるとダイヤモンド型の結晶構造をもつ別の同素体「灰色スズ」に形態を変える(このように、固体のある同素体が別の同素体に形態を変えることを「同素変態」とよぶ)。灰色スズでは金属的な性質のほとんどが失われるため、灰色スズは白色スズよりはるかに脆く、長期にわたって低温にさらされたスズ製品は、ぼろぼろに壊れて用をなさなくなることがある。このような破壊現象は、低温ではあたかも伝染病のように広がってゆくため、「スズペスト」ともよばれる。

問 1 空欄 \square (ア) ~ \square (ウ) に入る適切な数値または語句を記せ。

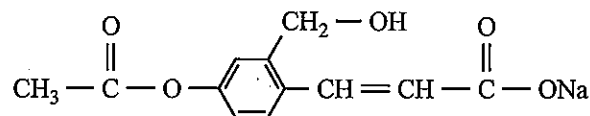
問 2 下線部(a)について、酸化数が -3 の炭素原子を含む化合物と、酸化数が 0 の炭素原子を含む化合物をそれぞれ一つずつあげ、すべての結合を省略せずに構造式で記せ。ただし、これらの化合物は次の①~④の条件をすべて満たすものとする。

- ① 分子量が 40 以下である。
- ② 分子式が C_nH_m 、 C_nO_m 、または $C_nH_mO_l$ のいずれかで表される。ここで、 n 、 m 、 l は整数を表す。
- ③ 化合物 1 分子中に複数の炭素原子を含む場合は、すべての炭素原子の酸化数が同じである。
- ④ 化合物中のすべての原子は、共有電子対と非共有電子対の電子をすべて合わせると希ガス原子と同じ電子配置をとっている。

- 問 3 下線部(b)の内容のみにもとづいて、スズと鉛の塩化物の中で、酸化剤および還元剤としてもっともふさわしいものを推定し、それぞれ化学式で記せ。
- 問 4 下線部(c)について、鉛は両性金属であるにもかかわらず、希塩酸と希硫酸の両方に溶けにくい理由を簡潔に記せ。
- 問 5 下線部(d)について、もともと「はんだ」はスズと鉛の合金であったが、現在では鉛の代わりに銅や銀を用いた「無鉛はんだ」が用いられるようになってきた。なぜ鉛を使わなくなったのか、その理由を簡潔に記せ。
- 問 6 下線部(e)について、ブリキとトタンにおける鋼板の腐食防止のしくみは異なる。両者の腐食防止のしくみを、それぞれ簡潔に記せ。
- 問 7 下線部(f)について、灰色スズの密度は 5.8 g/cm^3 である。灰色スズおよびダイヤモンドにおける隣接原子間の距離をそれぞれ x および y (cm) とするとき、ダイヤモンドの密度 [g/cm^3] を $[x, y$ および適切な数値] を用いた式で表せ。解答は所定の欄に分数の形で記せ。なお、数値部分に関する具体的な計算は行わなくてよい。
- 問 8 下線部(g)について、白色スズが灰色スズに変わるときに失われる「金属に特有な性質」のうち、この現象に深く関連しているものを一つ記せ。
- 問 9 下線部(g)について、白色スズの単位格子は、各辺の長さがそれぞれ 5.8×10^{-8} 、 5.8×10^{-8} および 3.2×10^{-8} cm の直方体であり、一つの単位格子中には4個のスズ原子が含まれる。これをもとに、白色スズが灰色スズに変化することで体積が何割増加(または減少)するかを求めよ。所定の欄に計算過程を記し、有効数字1桁で「○割増加」または「○割減少」のように答えよ。なお、灰色スズの密度は 5.8 g/cm^3 である。
- 問10 炭素の同素体の一つであるダイヤモンドが別の同素体であるグラファイトに変わる同素変態反応の反応熱は $+2 \text{ kJ/mol}$ 程度であり、白色スズが灰色スズに変わる同素変態反応の反応熱とあまり変わらない。しかし、前者の反応はかなりの高温でない限りおきないが、後者は低温で容易に進行する。この事実をもとに、炭素とスズでの同素変態反応の違いを、エネルギーの観点から簡潔に説明せよ。

4 次の文章を読み、下の問いに答えよ。構造式は次の例にならって記せ。(配点 25%)

(例)



カルボン酸の—COOH とアルコールの—OH とから水分子がとれて縮合すると、—COO—で表されるエステル結合が生成する。エステル結合をもつ化合物をエステルという。カルボン酸のエステルに強塩基の水溶液を加えて加熱すると、エステルが分解し、カルボン酸の塩とアルコールが生じる。これをけん化という。エステル結合は油脂や合成高分子化合物の一部にも多く存在する。

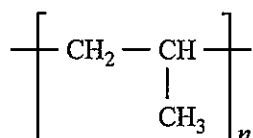
カルボン酸のエステルに希塩酸や希硫酸を加えて加熱すると、カルボン酸とアルコールが生じる。この反応を加水分解という。エステル A, B, C, D は互いに構造異性体の関係にあり、分子式 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ をもつ。エステル A を加水分解して得られるアルコール 9.0 mg を完全燃焼させると、二酸化炭素 19.8 mg と水 10.8 mg が得られる。エステル A およびエステル B の加水分解から同一のカルボン酸が得られる。エステル B を加水分解して得られるアルコールはヨードホルム反応を示す。エステル C の加水分解から得られるアルコールは、不斉炭素原子を有する。エステル D の加水分解から得られるアルコールは、工業的にはエチレンに水を付加して製造される。また、単糖類のアルコール発酵によっても得られる。

問 1 下線部(a)について、水酸化ナトリウム水溶液によってサリチル酸メチルをけん化したときにおこる反応を、構造式を用いた化学反応式で記せ。ただし、この水酸化ナトリウム水溶液には、サリチル酸メチルの 10 倍以上の物質量的水酸化ナトリウムが含まれているものとする。

問 2 下線部(b)について、油脂を完全にけん化することによって生成するアルコールの化合物名および構造式を記せ。

問 3 下線部(c)について、下の(ア)および(イ)の合成高分子化合物の構造式を、次の例にならって繰り返し単位がわかるように記せ。

(例)



(ア) エチレングリコールとアジピン酸の重合から得られるポリエステル

(イ) ポリ酢酸ビニルを完全にけん化することによって生成する合成高分子化合物

問 4 下線部(d)について、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 下線中のアルコールの分子式を求めよ。また、所定の欄に求め方を記せ。

(2) 燃焼で生成した気体を塩化カルシウム管とソーダ石灰管に通すことによって、二酸化炭素の質量と水の質量を別々に測定することができる。どちらの管に先に通すべきか答えよ。また、その理由を簡潔に記せ。

問 5 下線部(e)に関連して、アセトンでのヨードホルム反応を、構造式を用いた化学反応式で記せ。

問 6 下線部(f)はどのような炭素原子のことをいうか、簡潔に述べよ。

問 7 下線部(g)に関連して、シクロヘキセン1分子およびアセチレン1分子に、それぞれ水1分子が付加したときの最終的な生成物の構造式を記せ。

問 8 下線部(h)にはグルコースやフルクトースなどがある。これらについて次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 六員環の α -グルコースおよび五員環の β -フルクトースは、それぞれ1分子中にヒドロキシ基を何個もつか記せ。

(2) スクロースは、 α -グルコースと β -フルクトースが脱水縮合した構造をもつ。スクロースは1分子中に不斉炭素原子を何個もつか記せ。

問 9 エステル A~D の構造式を記せ。

問10 分子式 $C_5H_{10}O_2$ をもつエステルのうち、エステル A~D 以外の構造異性体は何個あるか記せ。