

令和5年度・個別学力検査

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は27ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 試験開始後、全科目の解答用紙4枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

令和5年度個別学力検査

医学部 前期日程
理科 問題

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	” 2	6 ”
	” 3	9 ”
	” 4	11 ”

化 学	問題 1	15 ページ
	” 2	19 ”
	” 3	22 ”
	” 4	25 ”

解 答 用 紙

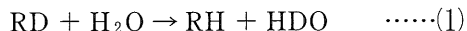
理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚

化 学

化学問題 1

次の[I]および[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.00$ 、 $O = 16.0$ 、 $Cl = 35.5$ 、 $K = 39.1$ 、気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。また、 25°C における H_2O の密度を $1.00 \text{ g}/\text{cm}^3$ 、 H_2O のイオン積を $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。

[I] 水素原子には、同位体として軽水素(${}^1\text{H}(\text{H})$)と重水素(${}^2\text{H}(\text{D})$)が存在する。ここで、軽水素または重水素を含む化合物を、それぞれRH、RDと表す。ある化合物 $\mathbf{X}(\text{RD})$ を H_2O に溶解すると、化合物 \mathbf{X} のDが H_2O のHと交換することで、化学反応式(1)のように、HDOが生じる。



ただし、 H_2O がRDに比べて反応液中に過剰にあるとき、式(1)の逆向きの反応は無視できる。

また、反応液中の H_2O の濃度は一定とみなせるため、反応速度 v [$\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$]はRDの濃度 $[\text{RD}]$ [mol/L]のみに比例し、反応速度定数 k [$/\text{s}$]を用いて、式(2)のように、

$$v = k[\text{RD}] \quad \cdots\cdots(2)$$

で与えられる。

さて、 25°C で様々なpHの水溶液にごく微量の化合物 \mathbf{X} を溶解させて反応速度を測定し、式(2)の k の値を求めたとき、 k の値はpHによって著しく変化した。 $\log_{10} k$ のpHに対する関係は、図に示すように、pHの低い領域では傾きが -1 の直線で、pHの高い領域では、傾きが $+1$ の直線で近似できた。

pH = 0 および pH = 14 での k の値をそれぞれ k_A および k_B としたときの、これらの直線は pH を用いた式で表すと、pH の低い領域では、式(3)のように、

$$\log_{10} k = \boxed{\text{①}} + \log_{10} k_A \cdots \cdots (3)$$

pH の高い領域では、式(4)のように、

$$\log_{10} k = \boxed{\text{②}} + \log_{10} k_B \cdots \cdots (4)$$

となる。

したがって、式(2)と式(3)から、pH の低い領域における反応速度 v は、 $[H^+]$ [mol/L] を用いて、式(5)のように、

$$v = \boxed{\text{③}} [RD] \cdots \cdots (5)$$

pH の高い領域における反応速度 v は、式(2)と式(4)から、 $[OH^-]$ [mol/L] を用いて、式(6)のように、

$$v = \boxed{\text{④}} [RD] \cdots \cdots (6)$$

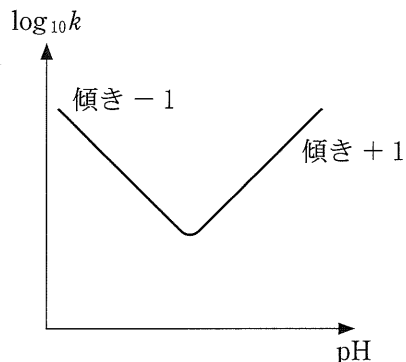
となる。

pH の低い領域と高い領域では、それぞれ H^+ と OH^- が他方のイオンに比べて過剰であるため、 $[OH^-]$ と $[H^+]$ が無視された式(5)と式(6)で表された。

しかし実際には、いずれの pH でも H^+ と OH^- はともに存在し、反応に関与する。そこで、すべての pH 領域にあてはまる反応速度定数 k は、 H^+ と OH^- をともに考慮して、式(7)のように、

$$k = \boxed{\text{③}} + \boxed{\text{④}} \cdots \cdots (7)$$

で与えられる。



図

問 1. 25 °C における HDO の密度を求めよ。ただし、D の原子量は 2.00 とし、 H_2O と HDO の構造の違いは無視できるものとする。有効数字 3 桁で記せ。

問 2. 純粋な H_2O と D_2O が存在するにもかかわらず、実際には純粋な HDO は存在しない。化学平衡を考慮して、理由を簡潔に説明せよ。ただし、H と D の化学的性質はほぼ同じとする。

問 3. 文中の①～④に適した式を答えよ。

問 4. 式(2)について、一般的に、反応温度が高くなると、反応速度定数 k と反応の進行に要する時間 t はどのように変化するか。㉗～㉜のうち最も適切なものを 1 つ選べ。

㉗ k は大きくなり、 t は長くなる。

㉘ k は大きくなり、 t は短くなる。

㉙ k は小さくなり、 t は長くなる。

㉚ k は小さくなり、 t は短くなる。

㉛ k と t はどちらも変化しない。

問 5. 式(5)と式(6)から、式(1)の反応に関してどのようなことがわかるか。㉗～㉜のうち最も適切なものを 1 つ選べ。

㉗ 強い酸を加えると速くなるが、強い塩基を加えると遅くなる。

㉘ 強い酸を加えると遅くなるが、強い塩基を加えると速くなる。

㉙ 強い酸を加えても、強い塩基を加えても速くなる。

㉚ 強い酸を加えても、強い塩基を加えても遅くなる。

㉛ 強い酸を加えても、強い塩基を加えても変化しない。

問 6. 式(7)において、速度定数 k [s] の最小値を k_A, k_B および H_2O のイオン積 K_W を用いて記せ。

問 7. 化合物 **X** としてある高分子化合物を用いたとき、25 °C で $k_A = 3.0 \times 10^2 \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$ および $k_B = 3.0 \times 10^8 \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$ であった。速度定数 k [s] の最小値とそのときの pH をそれぞれ求めよ。有効数字 2 桁で記せ。

[II] H_2O と D_2O だけを通す半透膜と U 字管を用いて、実験 1 および実験 2 を行った。

(実験 1)

半透膜の一方に H_2O を、他方に H_2O を用いて調製した $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩化カリウム溶液を、それぞれ等しい容量加え、 27°C でしばらく放置した。このとき、塩化カリウム溶液側の液面が、 H_2O 側の液面よりも **A** cm だけ高い位置に達して平衡となった。

(実験 2)

半透膜の一方に D_2O を、他方に D_2O を用いて調製した $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩化カリウム溶液を、それぞれ等しい容量加え、 27°C でしばらく放置した。このとき、塩化カリウム溶液側の液面が、 D_2O 側の液面よりも **B** cm だけ高い位置に達して平衡となった。

問 8. 実験 2 において、 D_2O を用いて調製した $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の塩化カリウム溶液の浸透圧 (Pa) を求めよ。ただし、塩化カリウムは完全に電離しているものとする。有効数字 3 桁で記せ。

問 9. 液面の変化分 **A** cm と **B** cm の関係を㉞~㉟のうちから 1 つ選べ。また、その理由を「比例」または「反比例」という語句を用いて簡潔に説明せよ。ただし、 H_2O と D_2O の構造の違いは無視できるものとする。

㉞ **A = B**

㉟ **A > B**

㊱ **A < B**

化学問題 2

次の文章[I]および[II]を読み、問1～問9に答えよ。

必要に応じて次の値を使用せよ。原子量は $H = 1.00$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $S = 32.0$, $Cl = 35.5$, $Cu = 63.5$, $Pb = 207$ とする。

[I] 鉛は比較的やわらかい暗灰色の重金属で、密度が比較的大きく、鉛蓄電池の電極^①に用いられる。鉛はイオン化傾向が水素より大きい^①が、希塩酸には化合物 の被膜をつくるため溶けにくい。一方、銅はイオン化傾向が水素より小さく、希硫酸とは反応しないが、希硝酸には気体 を発生して溶ける。気体 は水に溶けにくい^②ため水上置換で捕集できる。

問 1. 下線部①について、負極活物質に鉛、正極活物質に酸化鉛(IV)、電解質水溶液に希硫酸を用いた。この鉛蓄電池を放電させると、両極では、それぞれどのような変化が起きるか、電子 e^- を用いたイオン反応式で答えよ。また、放電の結果、正極の質量が 3.2 g 増加した。このとき負極で増加した質量(g)を有効数字 2 桁で記せ。

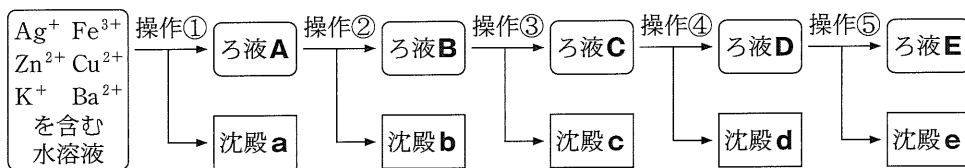
問 2. ある温度において、純水に対する化合物 の溶解度は $1.60 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ である。温度が変わらない条件下での化合物 の溶解度積を求め、有効数字 3 桁で記せ。また、このときの溶解度積の単位も記せ。

問 3. 問 2 と同じ温度において、 $3.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の塩酸 1.0 L に溶解する化合物 の物質質量(mol)を有効数字 3 桁で記せ。

問 4. 下線部②で気体 が発生するときの化学変化を化学反応式で記せ。また、気体 は不対電子をもつ化合物である。気体 について考えられる電子式を記せ。

問 5. 気体 は水に溶けにくいにもかかわらず、酸性雨の原因物質の 1 つである。その理由を化学反応式を用いて簡潔に説明せよ。

[II] Ag^+ 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 K^+ 、 Ba^{2+} の 6 種類の金属イオンを含む水溶液から各金属イオンを分離するために、図のような実験を行った。なお、分離は完全に行えたものとする。



図

操作① 希塩酸を加えて、ろ過した。

操作② 硫化水素を通じて、ろ過した。

操作③ 加熱したのち、希硝酸を加えた。次に、過剰のアンモニア水を加えて、ろ過した。

操作④ 硫化水素を通じて、ろ過した。

操作⑤ ウ を加えて、ろ過した。

問 6. 沈殿 **a**、**b**、**c** の化学式と最も適切な沈殿の色をそれぞれ記せ。ただし、沈殿の色は次から選べ。

【黒色、 白色、 黄色、 濃青色、 赤褐色、 緑白色】

問 7. 操作③で希硝酸を加える理由を簡潔に説明せよ。

問 8. 操作④で沈殿が生じる際に起きる反応を、化学反応式で記せ。

問 9. ろ液 **D** に含まれる金属イオンを分離するために操作⑤を行ったところ，分離された沈殿 **e** の色は白色だった。また，ろ液 **E** に含まれる金属イオンを確認するために炎色反応を行った。操作⑤の物質名 (ウ) と炎色反応で呈する色の組み合わせについて，次の I ~ VI のうち最も適切なものを選べ。

(ウ)

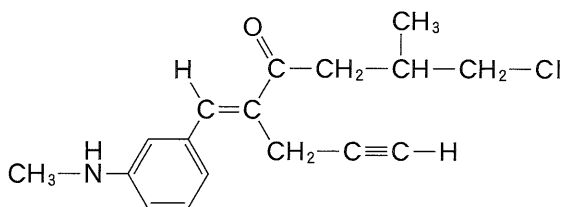
炎色反応で呈する色

I	炭酸アンモニウム水溶液	黄
II	塩化アンモニウム水溶液	青 緑
III	硫 酸	青 緑
IV	炭酸アンモニウム水溶液	赤 紫
V	塩化アンモニウム水溶液	赤 紫
VI	硫 酸	黄

化学問題 3

次の文章を読み、問1～問10に答えよ。原子量はH = 1.00, C = 12.0, O = 16.0とする。構造式を解答する際には、例にならって記せ。

[例]



炭素、水素、酸素からなり、不斉炭素原子を1つもつ化合物 **A** の構造に関する情報を得るため、実験1～実験11を行った。

実験1 化合物 **A** に触媒存在下で水素を付加させると化合物 **B** が得られた。

実験2 化合物 **A**, **B** それぞれを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると、化合物 **A** からは化合物 **C**, **D**, **E** が、化合物 **B** からは化合物 **C**, **D**, **F** が生成した。化合物 **C** と **D** は塩であり、それぞれの混合物から化合物 **E** あるいは **F** を抽出により分離した。化合物 **C** と **D** を含む水溶液を塩酸で中和すると、化合物 **C** からは化合物 **G** が、化合物 **D** からは化合物 **H** が生じた。
化合物 **G** と **H** を抽出により分離した。

(1)
実験3 ナフタレン構造をもつジカルボン酸 **G** を加熱して脱水すると、分子式が $C_{12}H_6O_3$ の中性化合物 **J** が生じた。

実験4 化合物 **H** に塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色反応を示した。

実験5 化合物 **H** の塩である化合物 **D** を高温高压下で二酸化炭素と反応させてから希硫酸で中和すると、化合物 **K** が得られた。化合物 **K** の分子量は200以下で、分子内で水素結合を形成していた。

(2)
実験6 化合物 **K** は暗所で臭素と反応しなかった。

実験 7 化合物 **K** 10.0 mg を完全燃焼すると二酸化炭素 23.9 mg と水 5.42 mg が生じた。

実験 8 化合物 **E**, **F** それぞれに単体のナトリウムを加えたところ、化合物 **F** のみから気体が発生した。

実験 9 ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を化合物 **E**, **F** それぞれに加えて加温すると、いずれの化合物からも黄色沈殿が生じた。

実験 10 化合物 **F** を二クロム酸カリウムの希硫酸溶液中でおだやかに温めると、化合物 **E** が得られた。

実験 11 化合物 **F** を濃硫酸と加熱したところ、炭素数 6 の炭化水素が生じた。

問 1. 下線部(1)で、化合物 **G** と **H** を抽出により分離する方法を具体的に説明せよ。

問 2. 化合物 **G** として考えられるもののうち、2つの化合物の構造式を記せ。

問 3. 反応が完全に進行した場合に得られる収量を基準として、生成物の収量を割合で表したものを収率(%)とよぶ。化合物 **G** 10.8 g をエタノールに溶解し、少量の濃硫酸を加え加熱したところ、中性の生成物 10.2 g が得られた。この生成物の収率を整数で記せ。

問 4. 下線部(2)の水素結合の形成に関与する官能基の名称をすべて記せ。

問 5. 化合物 **K** の分子式を記せ。

問 6. 化合物 **H** の構造式を記せ。また、化合物 **H** の構造異性体でベンゼン環と不斉炭素原子を両方もつ化合物 **X** の構造式を記せ。

問 7. 実験 10 の反応で、二クロム酸カリウム 1.00 mol と反応する化合物 **F** の物質量 (mol) を有効数字 3 桁で記せ。ただし、反応は完全に進行したものとする。

問 8. 化合物 **E** の構造式を記せ。

問 9. 実験 11 の反応で生じたすべての炭化水素の構造式を記せ。不斉炭素原子がある場合には、構造式中の不斉炭素原子に * をつけよ。

問10. 化合物 **A** の分子量を整数で記せ。

化学問題 4

次の文章を読み、問1～問9に答えよ。必要に応じて次の値を使用せよ。原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ とする。

核酸は、 と糖と塩基が結合したヌクレオチドとよばれる構成単位が、多数連なってできた鎖状の高分子化合物(ポリヌクレオチド)である。核酸にはデオキシリボ核酸(DNA)とリボ核酸(RNA)がある。DNAは、2本のポリヌクレオチドからなる二重らせん構造をしている。この構造の中で、一方のポリヌクレオチド鎖の塩基と、もう一方のポリヌクレオチド鎖の塩基は、^(a)決まった相手と対(塩基対)をつくっている。このような塩基どうしの関係を 的であるという。生体内でDNA中の塩基の並び順(塩基配列)は遺伝情報となる。

糖類のうち、それ以上加水分解されない糖を単糖という。加水分解によって単糖2分子を生じる糖を二糖という。ここで、**A**、**B**、**C**、**D**、**E**の5種類の二糖を考える。これらの分子式はいずれも $C_{12}H_{22}O_{11}$ である。二糖**A**はアミロースをアミラーゼで、二糖**B**はセルロースをセルラーゼでそれぞれ加水分解したときに生じる。 α 型の単糖**X**の構造を図1に示す。図1に示すように、炭素原子に1位から順に2位、3位、4位、5位、6位と番号を付ける。二糖**C**は、二つの α 型の単糖**X**の1位の炭素原子に結合したヒドロキシ基どうしが脱水縮合したものであり、 とよばれる。 は食品のほか、保湿剤などに使用される。単糖**X**の4位の炭素原子に結合したヒドロキシ基の立体構造が逆になった立体異性体は、ガラクトースとよばれる。二糖**D**は、 β 型のガラクトースの1位の炭素原子に結合したヒドロキシ基と、単糖**X**の4位の炭素原子に結合したヒドロキシ基が脱水縮合したものであり、ラクトース(乳糖)とよばれ乳汁に含まれている。二糖**E**の構造を図2に示す。二糖**E**は、 α 型の単糖**X**と β 型の が脱水縮合したものであり、グラニュー糖や氷砂糖の主成分である。

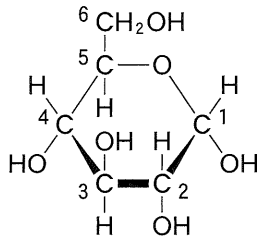


図 1

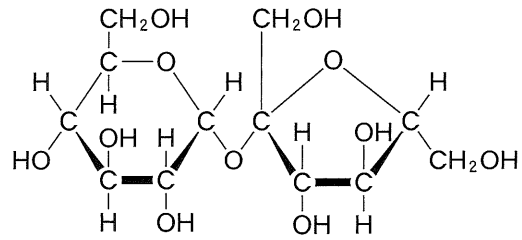


図 2

2種類以上の単量体を混合して行う重合を共重合^(c)といい、生じた重合体を共重合体という。単量体の種類や混合の割合および単量体のつながり方などによって様々な性質をもつ共重合体を得ることができる。

問 1. ~ に最も適切な語句を記せ。

問 2. 下線部(a)に関連して、二重らせん構造を形成している DNA を考える。この DNA を分解・精製し、2種類の塩基のみを含む混合物を得た。この混合物に含まれる2種類の塩基の物質量は等しかった。また、この混合物の元素分析を行ったところ、成分元素の質量%は、炭素41.2%、水素3.82%、窒素42.7%であった。元素分析の結果をもとに、この DNA に含まれる2種類の塩基の名称を記せ。さらに、導出の過程も示せ。ただし、2本のポリヌクレオチド鎖の重合度は同じであり、核酸に含まれる5種類の塩基の分子式は次のとおりである。アデニン： $C_5H_5N_5$ 、グアニン： $C_5H_5N_5O$ 、シトシン： $C_4H_5N_3O$ 、チミン： $C_5H_6N_2O_2$ 、ウラシル： $C_4H_4N_2O_2$

問 3. 下線部(b)に関連して、 β 型のガラクトースの構造式を図1にならって記せ。ただし、解答の構造式には炭素原子の番号を付ける必要はない。

問 4. 二糖 **A**, **B**, **C**, **D**, **E** のうち、フェーリング液を還元しないものすべてを選び、記号で答えよ。

- 問 5. 問 4 で選んだ二糖が水溶液中で還元性を示さない理由を、その構造にもとづいて簡潔に説明せよ。
- 問 6. セルロース 486 g をセルラーゼで加水分解すると、理論上二糖 **B** は何 g 得られるか。ただし、セルロース全量が加水分解されると、二糖 **B** のみが生じるとする。答えは有効数字 3 桁で書け。
- 問 7. 二糖 **E** について、 α 型の単糖 **X** と β 型の え を結びつけている結合の名称を記せ。ただし、結合に関わる炭素原子の番号 (1 位 ~ 6 位) がわかるように記すこと。
- 問 8. 単糖 **X** が数百個脱水縮合したアミロース 243 g を酵素反応により単糖 **X** まで完全に加水分解した。得られた単糖 **X** をアルコール発酵させたところ、反応液全体の質量として 99.0 g 減少した。このアルコール発酵ではエタノールと二酸化炭素のみが生じ、質量の減少は二酸化炭素がすべて空气中に放出されたことだけに起因するものとする。アルコール発酵の過程で単糖 **X** の何 % (質量 %) が消費されたか答えよ。答えは有効数字 2 桁で書け。
- 問 9. 下線部(c)に関連して、1,3-ブタジエンとアクリロニトリルの共重合により、平均分子量が 53000 の共重合体であるアクリロニトリル-ブタジエンゴム (略称 NBR) が得られた。NBR は石油ホースなどに用いられる。この共重合体の元素分析を行ったところ、成分元素である窒素原子の質量 % は 11.9 % であった。
- (1) 共重合体中のアクリロニトリルに由来する成分の含有量の質量 % を計算せよ。答えは有効数字 2 桁で書け。
 - (2) 共重合体の 1 分子中に含まれるブタジエン単位の平均の数 (個) を計算せよ。答えは有効数字 2 桁とし、 2.1×10^3 のように書け。

