

令和3年度・個別学力検査

理 科 (中)

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14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. 試験開始後、すべての解答用紙に氏名(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。
5. 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。
6. 解答用紙のたて線より右側には、何も書いてはいけません。
7. 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。
8. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

令和3年度個別学力検査 中期日程

薬 学 部

理 科 中 期 試 験

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製
することを禁じます。

◇MT1(136-102)

化 学

数値による解答の有効数字は3桁とせよ。

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量 H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.1,

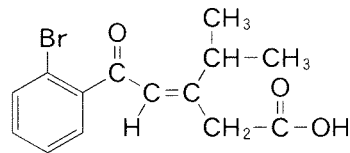
Cl = 35.5, Cu = 63.6, Zn = 65.4, Ag = 108, Au = 197

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

構造式は右の例にならって示せ。



化学問題 1

亜鉛は、生体内で鉄に次いで2番目に多い必須ミネラル元素であり、酵素反応、味覚、免疫応答、成長、生殖などの生体機能に重要な働きを担う。

亜鉛は、銀白色の光沢を有する金属で、元素周期表の第12族に属する元素である。亜鉛の金属結晶は、図1のような六方最密充填構造を形成する。六方最密充填構造では、1つの原子に隣接している原子の数は 個であり、単位格子中に含まれる原子の数は 個である。

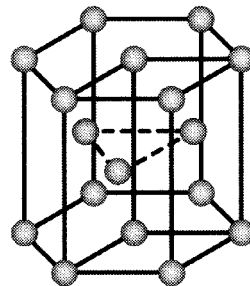


図1

亜鉛板と銅板を離して希硫酸に浸し、両者を導線で結ぶと、導線の中を電流が流れる。この装置は、ボルタ電池とよばれる。ボルタ電池では、亜鉛板が 極となり、銅板が 極となる。ボルタ電池の起電力は、最初は約1.10 Vであるが、放電すると0.400 V程度まで低下する。このよ

うに、起電力がすぐに低下して、電流が流れにくくなる欠点があるため、実用化はされなかった。そこで、亜鉛板を薄い硫酸亜鉛水溶液に浸したものと、銅板を濃い硫酸銅(Ⅱ)水溶液に浸したものを、それぞれの水溶液が混ざらないように素焼き板で隔て、亜鉛板と銅板を導線で結んだ装置が発明された。この装置は、電池とよばれる。この電池の起電力は約 1.10 V であり、最初の実用電池となった。

亜鉛は、希塩酸に入れると、水素を発生して、となって溶ける。また、^(B)亜鉛は、水酸化ナトリウム水溶液に入れると、水素を発生して、となって溶ける。このように、酸の水溶液とも強塩基の水溶液とも反応して塩をつくる元素は、とよばれる。

亜鉛は、日常生活においても重要な資源である。亜鉛との合金は、^(A)真鍮とよばれ、美しい金色で加工しやすいため、五円硬貨や金管楽器などに用いられる。また、^(C)鋼板(鉄板)上に亜鉛をめっきしたものがである。このめっきによって、表面に傷がついて鉄が露出した場合でも、鉄さびができにくく長持ちする。そのため、屋外の建築資材に用いられる。

単体の亜鉛を空气中で加熱すると、が生じる。この白色粉末は亜鉛華ともよばれ、顔料や化粧品などに用いられる。また、亜鉛華軟膏は、皮膚疾患の外剤として用いられる。

問 1. から にあてはまる最も適切な語句または数字を答えよ。

問 2. から にあてはまる最も適切な物質の化学式を答えよ。

問 3. 下線部(A)について、以下の設問に答えよ。

設問(1) 六方最密充填構造を形成する金属結晶の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を、モル質量 $M[\text{g}/\text{mol}]$ 、格子定数(単位格子の一辺の長さ) $a[\text{cm}]$ 、アボガドロ定数 $N_A[\text{mol}]$ を用いて表せ。

設問(2) 六方最密充填構造を形成する金属結晶の充填率 $[\%]$ を求めよ。ただし、金属原子は完全な球形であるとする。必要があれば、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{10} = 3.16$ 、 $\pi = 3.14$ を用いよ。

問 4. 下線部(B)の化学反応において、亜鉛粉末 3.27 g と希塩酸 200 mL を反応させた。この実験で用いた希塩酸の質量パーセント濃度は 3.65 %、比重は $1.02 \text{ g}/\text{cm}^3$ とする。以下の設問に答えよ。

設問(1) 発生する水素の標準状態における体積 $[\text{L}]$ を求めよ。ただし、標準状態における理想気体 1 モルの体積は 22.4 L とする。

設問(2) 反応が完全に終了した後、反応せずに残っていたのは亜鉛と希塩酸のどちらかを答えよ。また、その物質量 $[\text{mol}]$ を求めよ。

問 5. 下線部(C)で鉄さびができにくく長持ちする理由を 40 字以内で説明せよ。

化学問題 2

Na^+ 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^+ 、 Ba^{2+} 、 Pb^{2+} の各金属イオンのうち、1種類を含んだ水溶液 A から G がある。下記に示した実験(1)から(5)を行い、水溶液 A から G に含まれる金属イオンを分析した。

実験(1) 水溶液 A から G の一部をとり、それぞれに希塩酸を加えると、水溶液 A、B では沈殿が生じた。

実験(2) 水溶液 A から G の一部をとり、それぞれに十分量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、水溶液 A、C、D では沈殿が生じた。

実験(3) 水溶液 A から G の一部をとり、それぞれに十分量のアンモニア水を加えると、水溶液 B、C、E では沈殿が生じた。

実験(4) 水溶液 A から G の一部をとり、それぞれにクロム酸カリウム水溶液を加えると、水溶液 A、B、F では沈殿が生じた。

実験(5) 水溶液 A から G の一部をとり、それぞれを酸性に調整した後、硫化水素を吹き込むと、水溶液 A、B、D では沈殿が生じた。

問 1. 実験(2)において、水溶液 A で生じた沈殿の化学式を答えよ。

問 2. 実験(2)において、水溶液 B で生じた鉛イオンを化学式で答えよ。

問 3. 実験(2)において、水溶液 C から得られた沈殿をろ過によって分離した。その沈殿を塩酸で溶解した後、試薬 X の水溶液を加えると、濃青色沈殿(ベルリン青)を生じた。試薬 X の化学式を答えよ。

問 4. 実験(2)において、水溶液 D から得られた沈殿に十分量のアンモニア水を加えると、錯イオンを形成し、沈殿が溶けた。このときの化学反応式を示せ。また、そのときに生成した錯イオンの形として最も適切なものを下記の(a)~(f)の中から 1 つ選べ。

- (a) 直線形 (b) 折れ線形 (c) 三角錐形
(d) 正方形 (e) 正四面体形 (f) 正八面体形

問 5. 実験(3)において、水溶液 E から得られた沈殿の化学式を答えよ。また、その沈殿の色として最も適切なものを下記の(a)~(f)の中から 1 つ選べ。

- (a) 黒 (b) 青紫 (c) 緑 (d) 黄 (e) 赤 (f) 白

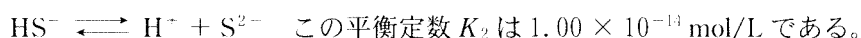
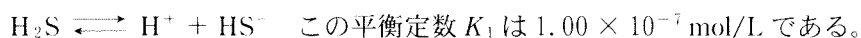
問 6. 実験(4)において、水溶液 F から得られた沈殿の化学式を答えよ。また、その沈殿の色として最も適切なものを下記の(a)~(f)の中から 1 つ選べ。

- (a) 黒 (b) 青紫 (c) 緑 (d) 黄 (e) 赤 (f) 白

問 7. 実験(5)のような硫化水素を用いた金属イオンの同定実験においては、水溶液の液性(pH)が非常に重要である。以下の文章中の ① から ④ にあてはまる数値を求めよ。必要があれば、 $\log_{10} 2 = 0.301$ 、 $\log_{10} 3 = 0.477$ 、 $\log_{10} 5 = 0.699$ を用いよ。

マンガンイオン濃度 $[\text{Mn}^{2+}]$ が $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ である水溶液に塩酸を加えて、pH を 3.00 に調整した。この水溶液に硫化水素を通じると、硫化水素濃度 $[\text{H}_2\text{S}]$ が 0.100 mol/L の飽和溶液となった。

硫化水素は、温度が一定の水溶液中で次のような 2 段階の電離平衡を示す。



したがって、 $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ の平衡定数 K は ① $[\text{mol}^2/\text{L}^2]$ となる。pH が 3.00 のとき、硫化水素の飽和溶液中の硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ は ② $[\text{mol/L}]$ である。

この水溶液中のマンガンイオン濃度から、イオン濃度の積である $[\text{Mn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ は $[\text{mol}^2/\text{L}^2]$ となる。硫化マンガン(Ⅱ)の溶解度積は $4.00 \times 10^{-12} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ であるため、硫化マンガン(Ⅱ)は沈殿しないことがわかる。しかし、この水溶液の pH を大きくしていくと、硫化マンガン(Ⅱ)の沈殿が生じるようになる。硫化マンガン(Ⅱ)の沈殿が生じ始める pH は、 である。

化学問題 3

次の中和滴定(a)~(d)に関する以下の問に答えよ。

- (a) 0.200 mol/L アンモニア水の 0.200 mol/L 塩酸による滴定
- (b) 0.200 mol/L アンモニア水の 0.200 mol/L 酢酸水溶液による滴定
- (c) 0.200 mol/L 塩酸の 0.200 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液による滴定
- (d) 0.200 mol/L 酢酸水溶液の 0.200 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液による滴定

問 1. 0.200 mol/L アンモニア水中の水酸化物イオンのモル濃度($[\text{OH}^-]$)および pH を求めよ。ただし、アンモニアの電離定数を $K_b = 2.00 \times 10^{-5}$ mol/L, $\log_{10} 2 = 0.301$ とする。

問 2. 滴定(a)~(d)に用いる指示薬に関する以下の設問に答えよ。

設問(1) 滴定(a)~(d)それぞれに用いる指示薬についての正しい説明を次のうちから選び記号で答えよ。

- (ア) フェノールフタレインとメチルオレンジのいずれもが適する。
- (イ) フェノールフタレインは適するが、メチルオレンジは適さない。
- (ウ) メチルオレンジは適するが、フェノールフタレインは適さない。
- (エ) フェノールフタレインとメチルオレンジのいずれもが適さない。

設問(2) 次の文の(あ)~(え)それぞれにあてはまる色を「赤、黄、青、無」のうちから1つ選んで答えよ。ただし、同じ色を重複して選んでもよい。

設問(1)で(ア)を選んだ滴定において、指示薬としてフェノールフタレインを用いるとその色は 色から 色に変わり、メチルオレンジを用いるとその色は 色から 色に変わる。

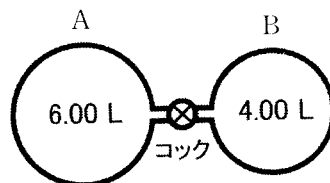
問 3. 一般に指示薬はそれ自体が弱酸または弱塩基である。1価の弱酸である指示薬 HX が水溶液中で $\text{HX} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{X}^-$ と電離し、HX が黄色を、 X^- が青色を示すとする。 $[\text{HX}]$ が $[\text{X}^-]$ の 10 倍以上となる pH では液が黄色に見え、 $[\text{X}^-]$ が $[\text{HX}]$ の 10 倍以上となる pH では液が青色に見え、それらの間の pH 範囲を変色域とよぶ。このとき、次の文章の(1)と(3)にあてはまる式および(2)と(4)にあてはまる数値を答えよ。ただし、 $[\text{HX}]$ 、 $[\text{X}^-]$ はそれぞれ HX と X^- のモル濃度であり、この指示薬の電離定数を $K_a = 8.00 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ 、 $\log_{10} 2 = 0.301$ とする。

水溶液中でこの指示薬が黄色に見えるとき、 $[\text{H}^+]$ と K_a の間に不等式 $[\text{H}^+] \geq \boxed{\text{(1)}}$ が成り立ち、このときの pH は $\boxed{\text{(2)}}$ 以下である。また、この指示薬が青色に見えるとき、 $[\text{H}^+]$ と K_a の間に不等式 $[\text{H}^+] \leq \boxed{\text{(3)}}$ が成り立ち、このときの pH は $\boxed{\text{(4)}}$ 以上である。よって、この指示薬の変色域は $\boxed{\text{(2)}}$ と $\boxed{\text{(4)}}$ の間の pH 範囲である。

問 4. 滴定(C)において塩酸を 10.0 mL とって滴定を行ったところ、水酸化ナトリウム水溶液を加えすぎたために中和点を過ぎてしまったが、さらに 0.0500 mol/L 硫酸を 5.2 mL 加えたらちょうど中和点に達した。水酸化ナトリウム水溶液を何 mL 加えたか求めよ。

化学問題 4

容積 6.00 L の容器 A と容積 4.00 L の容器 B が閉じたコックで連結されている。27 °C で、容器 A には 3.00×10^5 Pa のメタンが、容器 B には 6.00×10^5 Pa の酸素が入っているとき、以下の問に答えよ。ただし、容器の連結部分の体積、反応で生じる水(液体)の体積、温度変化にともなう容器の体積変化、気体の水への溶解は無視できるとする。



問 1. コックをあけて気体を混合したとき、容器内の圧力は何 Pa か。

問 2. 問 1 の混合気体に点火して完全に反応させたのち、27 °C に戻したとき、容器内の圧力は何 Pa か。ただし、水蒸気圧は無視できるとする。

問 3. 問 2 の反応ののち、容器 A, B を 127 °C に保ったとき、容器内の水蒸気圧と全圧はそれぞれ何 Pa か。ただし、127 °C における飽和水蒸気圧を 2.50×10^5 Pa とする。

問 4. 問 2 の反応ののち、容器 A, B を 147 °C に保ったとき、容器内の水蒸気圧と全圧はそれぞれ何 Pa か。ただし、147 °C における飽和水蒸気圧を 4.50×10^5 Pa とする。

問 5. 問 1 のように気体を混合したうえで、コックをとじて容器 A でのみ混合気体に点火して完全に反応させたのち、コックをあけて容器 A, B を 27 °C に戻したとき、容器内の圧力は何 Pa か。ただし、水蒸気圧は無視できるとする。

化学問題 5

化合物 A は、炭素、水素、酸素からなり、ベンゼン一置換体(ベンゼン環の H 原子 1 個が他の原子や原子団に置換された化合物)あるいはベンゼン二置換体(ベンゼン環の H 原子 2 個が他の原子や原子団に置換された化合物)のパラ(*p*-)異性体であることがわかっている。化合物 A の分子量は 200 以下であり、122 mg の化合物 A を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 352 mg と水 90 mg が生成した。以下の問に答えよ。

問 1. 化合物 A の分子式を求めよ。

問 2. 化合物 A として考えられる化合物は、何種類存在するか答えよ。ただし、鏡像異性体(光学異性体)は区別せず、一種類と数えるものとする。

問 3. 化合物 A は、単体のナトリウムと反応して水素を発生した。候補として考えられる化合物の構造式を全て書け。

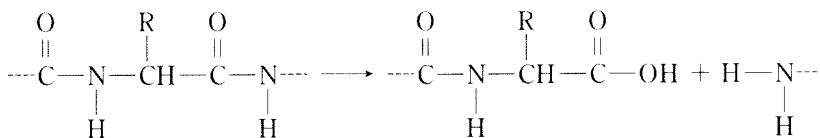
問 4. 問 3 に該当する化合物の中で、鏡像異性体(光学異性体)をもつ化合物の構造式を全て書け。


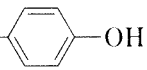
問 5. 化合物 A は水溶液中で弱酸性を示した。化合物 A の構造式を書け。

問 6. 化合物 A を、暗所で十分な量の臭素と反応させたところ、2つの臭素原子を含む化合物が得られた。得られた化合物の構造式を書け。

化学問題 6

[I] 6個の異なるアミノ酸からなるヘキサペプチドAがある。ヘキサペプチドAを構成するアミノ酸は、下表に示す9つのアミノ酸のいずれかであることがわかっている。ヘキサペプチドAのアミノ酸の結合順序(アミノ酸配列)を決めるために、以下の実験を行い、①~⑦の結果を得た。なお、酵素Xは側鎖Rが塩基性の官能基を含む場合のみ、酵素Yは側鎖Rが芳香族炭化水素を含む場合のみ、酵素Zは側鎖Rが酸性の官能基を含む場合のみ、それぞれ以下に示す加水分解反応を起こす。



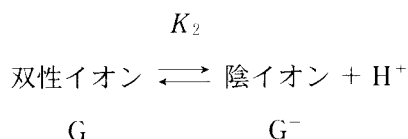
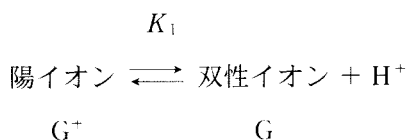
名称	略号	分子量	$ \begin{array}{c} \text{R} \quad \text{O} \\ \quad \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \text{側鎖-Rの構造} \end{array} $
グリシン	Gly	75.0	—H
アラニン	Ala	89.0	—CH ₃
リシン	Lys	146	—(CH ₂) ₄ —NH ₂
アスパラギン酸	Asp	133	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—CH}_2-\text{C}-\text{OH} \end{array} $
セリン	Ser	105	—CH ₂ —OH
トレオニン	Thr	119	$ \begin{array}{c} \text{—CH—OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
メチオニン	Met	149	—(CH ₂) ₂ —S—CH ₃
フェニルアラニン	Phe	165	—CH ₂ — 
チロシン	Tyr	181	—CH ₂ — 

- ① ヘキサペプチド A の N 末端のアミノ酸には、不斉炭素原子が 2 つ存在した。
- ② 酵素 X をヘキサペプチド A に作用させると、ペプチドとアミノ酸が生成した。生成したアミノ酸はメチオニンであった。
- ③ 酵素 Y をヘキサペプチド A に作用させると、ペプチド結合をもつ 2 つの断片 a, b を得た。ペプチド a, b ともにビウレット反応を示した。
- ④ 酵素 Z をヘキサペプチド A に作用させると、ペプチド結合をもつ 2 つの断片 c, d を得た。ペプチド c はビウレット反応を示したが、ペプチド d はビウレット反応を示さなかった。
- ⑤ ペプチド c の水溶液に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、紫色になった。
- ⑥ ペプチド c を中性付近の pH の緩衝溶液に浸したろ紙上で電気泳動を行ったところ、ペプチド c は陰極側へ移動した。
- ⑦ 73 mg のペプチド c をエタノールに溶かし、少量の濃硫酸を加えて加熱して完全にエステル化すると、77 mg の生成物が得られた。

問 1. ヘキサペプチド A のアミノ酸配列順序を、N 末端を左にして、略号を用いて答えよ。

例：Gly-Ala-Lys-Asp-Ser-Thr

[II] 水溶液中のグリシンは、陽イオン G^+ 、双性イオン G 、陰イオン G^- の3つのイオンの平衡混合物になっており、各イオンの存在比は pH によって異なる。



各反応の電離定数を、 $K_1 = 4.57 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $K_2 = 2.51 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ とするとき、以下の問に答えよ。

問 2. 陽イオン G^+ 、双性イオン G 、陰イオン G^- の構造式を書きなさい。

問 3. pH = 12 のとき、陽イオン G^+ 、双性イオン G 、陰イオン G^- のうち、最も多く存在するイオンはどれか答えよ。

問 4. 電離定数 K_1 、 K_2 を表す式を、陽イオン G^+ の濃度 $[G^+]$ 、双性イオン G の濃度 $[G]$ 、陰イオン G^- の濃度 $[G^-]$ 、水素イオン濃度 $[H^+]$ を用いて答えよ。

問 5. pH = 7.0 の緩衝溶液中で存在する陽イオン G^+ の濃度 $[G^+]$ 、双性イオン G の濃度 $[G]$ 、陰イオン G^- の濃度 $[G^-]$ について、 $[G]/[G^+]$ 及び $[G^-]/[G^+]$ を求めよ。