

令和5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5年度個別学力検査 中期日程

薬学部
理 科 問 題

名古屋市立大学 学生課人試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製
することを禁じます。

◇M12(825—114)

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,

P = 31.0, S = 32.1, Cl = 35.5, Ca = 40.1, Ag = 108

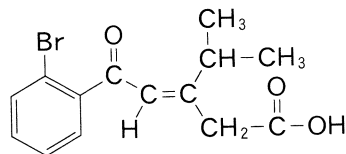
アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

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

標準状態における気体のモル体積 22.4 L/mol

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

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

銀は白色の美しい金属光沢をもち、熱や電気の伝導性が金属の中で最も大きい。また、展性や延性も金属の中で に次いで大きい。銀は周期表の 11 族に属し、同じ族に属する元素に と がある。銀は空気中に放置しても酸化されないが、硫化水素とは容易に反応して、 色の を生じる。銀と は塩酸や希硫酸には溶けないが、酸化力のある硝酸や熱濃硫酸には反応して溶ける。一方、 は硝酸や熱濃硫酸にも溶けないが、^(A)王水には溶ける。^(B)水には溶ける。

問 8. 次の実験操作で、ステンレス板の銀めっきをおこなった。まず、硝酸銀水溶液を電解槽に入れた。次に、良く研磨した銀板とステンレス板を準備し、それぞれの質量を測定した。陽極に銀板、陰極にステンレス板を用いて、直流電源で電気分解をおこなった。電気分解の終了後、銀板とステンレス板を取り外して水洗いし、乾燥させた後、それぞれの質量を測定した。ただし、気体の発生は無視できるものとする。

設問(1) 銀の結晶は面心立方格子であり、1辺の長さが 4.09×10^{-8} cm の単位格子内に4個の原子が含まれる。銀の結晶の密度 (g/cm^3) を求めよ。
必要があれば、 $4.09^3 = 68.4$ を用いよ。

設問(2) 銀めっきされたステンレス板の質量は 0.315 g 増加し、銀めっきされた面積の合計は $2.00 \times 10^2 \text{ cm}^2$ であった。銀の結晶が均一にめっきされた場合の銀めっき膜の厚さ (cm) を求めよ。

設問(3) 0.315 g の銀めっきをするために、0.965 A の電流による電気分解をおこなった時間 (秒) を求めよ。ただし、電気分解は電流効率 100 % でおこなわれたものとする。

化学問題 2

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

窒素とリンは、周期表の 族に属する非金属の 元素で、それらの原子は 個の価電子をもち、他の原子と電子を して 結合をつくる。窒素はタンパク質や核酸などに含まれ、リンは骨や歯、核酸などに含まれるため、ともに生体を構成する重要な元素である。

窒素の単体は、空気中に体積で約 78.0 % 含まれ、工業的には液体空気を して得られる。窒素は実験室では、亜硝酸アンモニウムを含む水溶液を ^(A)加熱して得られる。窒素は常温では化学反応を起こしにくい、高温・高圧下では種々の分子と反応する。窒素化合物には、アンモニアや硝酸などの無機化合物から ^(B)尿素や ^(C)アミノ酸などの有機化合物まで数多くの種類が存在する。
D)

リンは、天然には単体として存在せず、地殻中にリン酸塩として存在する。リンは工業的には、リン酸カルシウムを主成分とする鉱石にケイ砂やコークスを混ぜて強熱して得られる。このとき得られるリンは とよばれる。 は空気を遮断して窒素中で約 250 °C で加熱すると になる。 と はリンの である。 は空気中で発火するため、水中に保存する。また、 は猛毒であり、皮膚に触れると火傷などを起こす。一方、 は毒性が弱く、医薬品や農薬の原料などに用いられる。リンを空气中で燃焼させると、 が生じる。 は白色の粉末で吸湿性が強いので、乾燥剤や脱水剤として利用される。また、 を水に溶かして加熱すると、リン酸が得られる。
E)

問 1. ① から ⑨ にあてはまる最も適切な語句または数字を答えよ。

問 2. 下線部(A)について、亜硝酸アンモニウムを含む水溶液を加熱して窒素を発生させる反応を化学反応式で示せ。

問 3. 下線部(B)について、アンモニアは工業的には、窒素と水素を原料として、高温・高圧下で触媒を用いて製造する。この工業的製法の名称を答えよ。また、この製法で用いる触媒の主成分の金属元素名を答えよ。

問 4. 下線部(C)について、以下の設問に答えよ。

設問(1) 硝酸は実験室では、硝酸カリウムに濃硫酸を加えて加熱することで得られる。この反応を化学反応式で示せ。

設問(2) 硝酸は工業的には、白金などを触媒として、アンモニアを空気中の酸素で酸化することで合成される。この工業的製法の名称を答えよ。

設問(3) 設問(2)の工業的製法で、アンモニアから質量パーセント濃度 63.0 % の硝酸を 200 kg 製造した。必要なアンモニアの質量(kg)を求めよ。ただし、原料に使用したアンモニアは、すべて硝酸になったものとする。

問 5. 下線部(D)について、高温・高圧下でアンモニアと二酸化炭素を反応させると、尿素と水が得られる。この反応を化学反応式で示せ。

問 6. 下線部(E)について、 2.00×10^{-1} mol/L のリン酸水溶液 10.0 mL を完全に中和するために必要な 1.00×10^{-1} mol/L の水酸化カルシウム水溶液の容積 (mL) を求めよ。

化学問題 3

次の文章を読み、以下の問に答えよ。ただし、水のイオン積は $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とし、温度は 25.0°C の場合を考える。必要があれば、 $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} \sqrt{3} = 0.239$ を用いよ。各反応に伴う温度変化および体積変化は無視できるものとする。

酢酸は水溶液中でその一部が電離し、(式1)で表される電離平衡状態にある。



酢酸を水に溶かして、 $x \text{ mol/L}$ の酢酸水溶液(A液)を調製した。このときの酢酸の電離度を α とすると、平衡状態における各成分のモル濃度および酢酸の電離定数 K_a は、

$$\begin{aligned} [\text{CH}_3\text{COOH}] &= \boxed{\text{①}} \text{ mol/L}, & [\text{CH}_3\text{COO}^-] &= \boxed{\text{②}} \text{ mol/L}, \\ [\text{H}^+] &= \boxed{\text{③}} \text{ mol/L}, & K_a &= \boxed{\text{④}} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

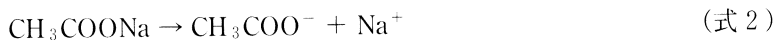
と表せる。ここで、酢酸水溶液は弱酸性であり、酢酸の電離度 α は 1.00 よりも非常に小さいと仮定すると、

$$K_a = \boxed{\text{⑤}} \text{ mol/L}$$

と近似できる。

酢酸水溶液(A液) 10.0 mL は、 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 20.0 mL 加えたときに中和点に達した。

酢酸ナトリウム水溶液は、(式2)と(式3)で表される酢酸イオンの加水分解によって弱い塩基性を示す。



(式4)で与えられる K_b は、加水分解定数とよばれる。

$$K_b = [\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]/[\text{CH}_3\text{COO}^-] \quad (\text{式4})$$

酢酸ナトリウムはほぼ完全に解離し、また、生じた酢酸イオンのうち加水分解で消費される酢酸イオンの量は極めて少ない。したがって、このときの酢酸イオンの濃度は、酢酸ナトリウム水溶液のモル濃度に等しいと近似できる。

問 1. から にあてはまる式を、 x と α を用いて示せ。

問 2. x の値 (mol/L) を求めよ。

問 3. $\alpha = 1.00 \times 10^{-2}$ とするとき、以下の設問に答えよ。

設問(1) K_a の値 (mol/L) を求めよ。

設問(2) 酢酸水溶液 (A 液) の pH を求めよ。

設問(3) (式 4) を変形して、 K_h を K_a および K_w で表せ。式変形の過程も示せ。

設問(4) 酢酸水溶液 (A 液) 10.0 mL に、0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 20.0 mL 加えたときの pH を求めよ。

問 4. 弱酸(または弱塩基)とその塩の混合水溶液には、酸や塩基の水溶液がわずかに混入しても pH をほぼ一定に保つ作用がある。以下の設問に答えよ。

設問(1) このような作用の名称を答えよ。

設問(2) アンモニア水に塩化アンモニウムを溶かした混合水溶液に少量の酸を加えたとき、pH がほとんど変化しない理由について説明せよ。

化学問題 4

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

【1】

一定温度において、一定の物質量の気体の体積は圧力に反比例する。したがって、その積は一定である。これを の法則という。また、圧力が一定ならば、一定の物質量の気体の体積は絶対温度に比例する。これを の法則という。理想気体とは、全ての温度と圧力で理想気体の状態方程式に厳密にしたがうと仮定した気体である。これに対して、実在気体は、理想気体とは異なるが、 の条件では理想気体とみなすことができる。実在気体において、状態方程式を成立させるために、圧力と体積に補正を加えた の状態方程式が用いられる。

問 1. から にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2. にあてはまる最も適切な組み合わせを下記の(a)~(d)の中から一つ選べ。また、その理由を温度と圧力の観点から、それぞれ 40 字以内で説明せよ。

(a) 高温・高圧 (b) 低温・低圧 (c) 高温・低圧 (d) 低温・高圧

【II】

図1のように、容積 150 L の容器 A と容積 50.0 L の容器 B が、短い管でつながれている。この管には圧力差を調節するための調節弁 C がつけられている。この調節弁 C は、容器 A の内部の圧力が容器 B の内部の圧力よりも $1.10 \times 10^5 \text{ Pa}$ 以上高いときに開き、それ以外は閉じている。実験開始前、容器 A には 27.0°C で $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の気体を入れ、容器 B は真空になっていた。実験開始後、両方の容器の温度を同じに保ちながら、ゆっくり加熱した。ただし、管の容積、容器 A および容器 B の容積の温度変化は無視できるものとする。気体は理想気体としてふるまうものとする。

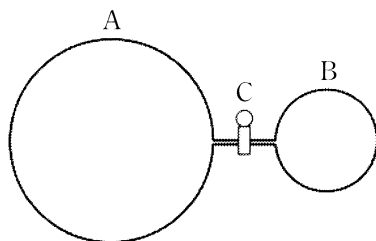


図 1

問 3. 容器 A から容器 B へ気体の流れはじめるときの温度($^\circ\text{C}$)を求めよ。

問 4. 温度が 127°C になったとき、容器 B の内部の気体の圧力(Pa)を求めよ。

問 5. 問 4 のとき、容器全体に入っている気体の質量に対する容器 B の内部の気体の質量の割合(%)を求めよ。

化学問題 5

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

試薬びんに化合物 A が入っている。化合物 A の元素組成を調べると、炭素 85.7 % と水素 14.3 % の炭化水素であることがわかった。また、化合物 A の炭素原子間には二重結合がないことがわかっている。次に、化合物 A に光を照射しながら塩素を反応させると、塩素原子が一分子につき 1 つ水素原子と置き換わった一置換体が複数得られた。化合物 A の一置換体の分子量は、化合物 A の分子量の 1.49 倍大きかった。

問 1. 化合物 A の分子式を答えよ。その過程も説明せよ。

問 2. 化合物 A として考えられる構造を構造式ですべて示せ。ただし、鏡像異性体を含む立体異性体は区別しないものとする。

問 3. 化合物 A の考えられる構造の中で、最も小さい環状構造をもち、環状構造に結合した置換基の数が最も少ないものを化合物 B とする。化合物 B の塩素の一置換体として考えられる構造を構造式ですべて示せ。ただし、鏡像異性体を含む立体異性体は区別しないものとし、環状構造は塩素置換反応の途中で変化しないものとする。

問 4. 化合物 A を酸素中で完全に燃焼させたときの化学反応式を示せ。

問 5. 化合物 A の異性体の中で、最も環状構造の大きなものを化合物 C とする。化合物 C の燃焼熱は 3.29×10^3 kJ/mol である。一方、都市ガスの主成分であるメタンの燃焼熱は 8.90×10^2 kJ/mol である。化合物 C を完全燃焼させ、生じる二酸化炭素が 1.00 kg となるときに発生する熱量 (kJ) を D とし、メタンを完全燃焼させ、生じる二酸化炭素が 1.00 kg となるときに発生する熱量 (kJ) を E としたとき、熱量 D と熱量 E の比 (D/E) の値を求めよ。


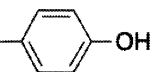
問 6. 問 5 の結果を踏まえ、化合物 C を燃焼させた場合とメタンを燃焼させた場合とで同じエネルギーを得るのに、どちらの方が環境への負担が少ないかについて、その理由を含めて 60 字以内で説明せよ。

化学問題 6

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

研究者グループは、ある細菌が物質 X を産生することを発見した。物質 X を塩酸で加水分解し、得られた混合物を分離した結果、物質 X は 3 種類のアミノ酸で構成されていることが判明した。このことより、物質 X はペプチドであると推測された。物質 X を構成する 3 種類のアミノ酸は、表 1 の 9 種類のアミノ酸のいずれかである。

表 1

名 称	略 号	分子量	等電点	$ \begin{array}{c} \text{R} \quad \text{O} \\ \quad // \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array} $ R (側鎖) の構造
アラニン	Ala	89.0	6.0	$-\text{CH}_3$
システイン	Cys	121	5.1	$-\text{CH}_2-\text{SH}$
グルタミン酸	Glu	147	3.2	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
リシン	Lys	146	9.7	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$
アルギニン	Arg	174	10.8	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{H})-\text{C}(\text{NH}_2)(\text{NH})$
フェニルアラニン	Phe	165	5.5	$-\text{CH}_2-$ 
チロシン	Tyr	181	5.7	$-\text{CH}_2-$ 
トレオニン	Thr	119	5.6	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \\ \quad / \\ -\text{C} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
バリン	Val	117	6.0	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \quad / \\ -\text{C} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $

物質 X の構造を明らかにするために実験した結果、以下の結果(A)~(F)が得られた。

結果(A) 物質 X の分子量は 543 であった。

結果(B) 塩化鉄(III)水溶液に物質 X の水溶液を加えると、溶液が紫色に変化した。

結果(C) 酢酸鉛(II)水溶液に物質 X の水溶液を加えると、黒色沈殿を生じた。

結果(D) 物質 X の水溶液に加水分解酵素 P を加えると物質 X は切断され、分子量が 440 の化合物と 121 の化合物になった。なお、加水分解酵素 P は、塩基性アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を加水分解する。

結果(E) 物質 X の水溶液に加水分解酵素 Q を加えると物質 X は切断され、分子量が 277 の化合物と 284 の化合物になった。なお、加水分解酵素 Q は、芳香環をもつアミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を加水分解する。

結果(F) 物質 X の希薄な水溶液と穏やかな酸化剤を反応させると、分子量が 541 の化合物 Y が主に得られた。

問 1. 結果(B)から判明する、物質 X に含まれるアミノ酸を名称で答えよ。

問 2. 結果(C)から判明する、物質 X に含まれるアミノ酸を名称で答えよ。

問 3. 結果(D)から、物質 X の C 末端(α -カルボキシ基をもつ部分)のアミノ酸を略号を用いて答えよ。解答を導いた過程も説明せよ。

問 4. 結果(A)~(E)から、物質 X のアミノ酸配列を、N 末端(α -アミノ基をもつ部分)を左にして、略号を用いて答えよ(解答例: Ala-Cys-Glu-Lys-Arg)。

問 5. 結果(F)で生じた化合物 Y の分子構造について、その化学結合と分子形状の特徴を 30 字以内で説明せよ。

問 6. 物質 X を構成する 3 種類のアミノ酸の混合物を、pH 6.00 で電気泳動をおこない分離した。アミノ酸の移動した位置が、陰極に近い順に略号を用いて答えよ。