

令和 5 年度
入学者選抜学力試験問題
前期日程

理 科

注 意

1. 解答は、科目ごとに別冊の解答用紙の所定の解答欄に書くこと。
2. 各学部志望者は、以下のとおり選択し、解答用紙の表紙の選択別欄に○印を記入すること。
理学部志望者——理科 3 科目の中から 2 科目
生活環境学部及び工学部志望者——理科 3 科目の中から 1 科目
3. 選択した科目の解答用紙の表紙の※印欄に、本学受験番号・氏名を記入すること。
受験番号は、本学受験票の受験番号を記入すること。
※印欄以外の箇所には、受験番号・氏名を絶対に書かないこと。
4. 解答用紙の表紙の選択別欄に指定科目数をこえて○印をつけた場合は、すべての解答を無効とする。
5. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。
6. 問題冊子総ページ数——23
物 理——1～8 ページ 化 学——9～15 ページ
生 物——16～23 ページ
7. 解答用紙ページ数
物 理——10 ページ 化 学——6 ページ
生 物——3 ページ

化 学

I 以下の文章を読み、問1～5に答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。

原子量：C = 12, O = 16, Fe = 56, Cu = 64 ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

銅や鉄は、現在の人類の文明を支えるために欠かすことができない元素である。銅と鉄はともに金属元素であり、周期表の3～11族の(ア)元素に属する。銅や鉄は、古くから自然界の鉱石から(イ)を行って単体として取り出され、さまざまな用途に利用されてきた。

銅は天然にも単体として存在するため、石器時代の終わり頃から使われ始めた。青銅器時代に入ると、銅と(ウ)の合金である青銅が利用されるようになった。青銅は融点が低く硬いため、道具や武器を作る材料として優れていた。現在、銅は黄銅鉱(主成分 CuFeS_2)から取り出されている。溶鉱炉に黄銅鉱、ケイ砂、石灰石、コークスを入れて強熱すると硫化銅(I)が得られる。この硫化銅(I)を転炉に移し、空気を吹き込みながら加熱すると純度99%程度の粗銅が得られる。さらに粗銅板と薄い純銅板を電極にして電気分解を行うと純銅(純度99.99%以上)が得られる。銅は^①赤色の金属光沢をもち、金属の中では(エ)に次いで電気や熱をよく伝える。銅は塩酸や希硫酸とは反応しないが、(オ)とは反応して溶けて二酸化窒素を発生する。銅を空气中で加熱すると1000℃以下では黒色の酸化銅(II)となる。酸化銅(II)は、塩酸や希硫酸に溶ける。銅は、湿った空気中では徐々に酸化されて緑色のさびである(カ)を生じる。^②

鉄は金属元素の中で(キ)に次いで地殻中に多く存在する元素である。自然界に単体として存在することはほとんどなく、酸化物や硫化物などの鉱石として産出する。人類が鉄を利用し始めたのは、紀元前3000年以前であると言われ、^{いんてつ てつじんせき}隕鉄(鉄隕石)を利用したものであったと考えられている。紀元前1500年頃には、ヒッタイト族が鉄鉱石から人工的に鉄を作り出すようになっていた。その後、鉄の(イ)技術は世界中に広がり、改良が加えられていった。始めは、木炭のような炭素を含む燃料を地面の穴に敷き詰めてそこに鉄鉱石をのせた後、火をつけ、ふいごで風を送るというようなものであったと考えられている。現在は、赤鉄鉱(主成分 Fe_2O_3)や磁鉄鉱(主成分 Fe_3O_4)などの鉄鉱石、石灰石、コークスを溶鉱炉(高炉)の上から入れて熱風を下から吹き込み、コークスの燃焼で生じた一酸化炭素を使って酸化鉄を還元して鉄が作られている。ここで発生する^③二酸化炭素は温室効果ガスの一つであり、削減が求められている。溶鉱炉から得られる鉄は(ク)と呼ばれ、約4%の炭素を含み、硬くてもろいが、融解した(ク)を転炉に移し、酸素を吹き込むと炭素の含有量を0.02～2%に減少させた(ケ)を作ることができる。(ケ)は硬くて強く、しなやかであり、構造材などとして広く用いられている。鉄は、灰白色の金属で、磁石に引き寄せられる。鉄は塩酸には水素を発生しながら溶けて塩化鉄(II)となるが、濃硝酸には^④(コ)となるため、溶解しない。

化 学

I のつづき

問 1 (ア)~(コ)に入る適切な語句または物質名を答えよ。

問 2 下線部①に関する実験を行った。粗銅板、薄い純銅板を電極にして、電解液に硫酸銅(II)の硫酸酸性溶液を用いて、2.00 A の一定電流で3時間13分電気分解を行った。この実験で純銅を薄い純銅板に析出させるためには、粗銅板を陽極または陰極のどちらの電極として用いたらよいか答えよ。また、この実験において薄い純銅板上に析出する純銅の質量[g]を有効数字3桁で求めよ。計算過程も示せ。ただし、流れた電流はすべて銅の溶解・析出に使われ、気体は発生しないものとする。

問 3 下線部②の反応で、酸化銅(II)が希硫酸に溶ける反応の化学反応式を示せ。

問 4 下線部③の中で示した反応を用いて酸化鉄(III)1000 g をすべて鉄に還元したとき、生成する鉄と発生する二酸化炭素の質量[g]を比べるとどちらが何g多いか答えよ。計算過程も示せ。

問 5 下線部④に関する実験を行った。濃度不明の塩酸の体積を変えて、2.8 g の鉄との反応を行った。反応が完全に進行した後に発生した水素の体積を測定すると、下の表のようになった。この実験結果から、この実験で使用した塩酸のモル濃度[mol/L]を有効数字2桁で求めよ。計算過程も示せ。なお、実験中の温度変化はなかったものとする。

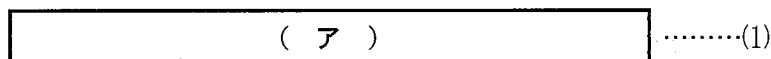
反応に用いた塩酸の体積 [mL]	10	20	30	40	50	60	70
発生した水素の体積 [mL]	225	450	675	900	1035	1035	1035

化 学

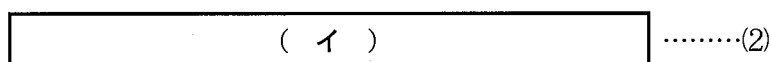
II 以下の文章を読み、問1～6に答えよ。

緩衝液は、酸や塩基を少量加えても pH がほぼ一定に保たれる働きをもつ溶液である。一般に弱酸とその塩、または弱塩基とその塩の混合水溶液が緩衝液になる。ここで、弱塩基であるアンモニア NH_3 とその塩である塩化アンモニウム NH_4Cl の混合水溶液について考えてみる。いま、0.10 mol/L の NH_3 水溶液に NH_4Cl を溶かし、電離前の NH_3 と NH_4Cl の濃度がそれぞれ^(a)0.10 mol/L であるような混合水溶液 1.0 L をつくった。この混合水溶液の pH は以下に示すような手順で求めることができる。

NH_3 水溶液では、次式のような NH_3 の電離平衡が成立する。



(1)式の電離平衡は、 NH_3 水溶液に NH_4Cl を溶かしてつくった混合水溶液についても成立する。また、混合水溶液中の NH_4Cl はほぼすべて電離し、この電離は



のように表される。混合水溶液中では、アンモニウムイオン NH_4^+ が多量に存在することになるので、(1)式の平衡は NH_3 水溶液の場合と比べて著しく(ウ)に偏っている。したがって、この混合水溶液では NH_3 の濃度 $[\text{NH}_3]$ は 0.10 mol/L にほぼ等しいとみなすことができる。また、 NH_4Cl はほぼ完全に電離しているので、 NH_4^+ の濃度 $[\text{NH}_4^+]$ は 0.10 mol/L とみなすことができる。

(1)式の電離平衡における電離定数 K_b は塩基の電離定数といい、 $[\text{NH}_3]$ 、 $[\text{NH}_4^+]$ 、および水酸化物イオンの濃度 $[\text{OH}^-]$ を用いて、次式のように表される。

$$K_b = \boxed{\hspace{10em} \text{(エ)} \hspace{10em}} \dots\dots(3)$$

K_b は温度が一定のとき一定の値を示す。また、 $[\text{OH}^-]$ は水のイオン積 K_w と水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を用いて、

$$[\text{OH}^-] = \boxed{\hspace{10em} \text{(オ)} \hspace{10em}} \dots\dots(4)$$

と表すことができるので、(3)式と(4)式を用いると、混合水溶液の $[\text{H}^+]$ は、 $[\text{NH}_3]$ 、 $[\text{NH}_4^+]$ 、 K_b 、 K_w を用いて

$$[\text{H}^+] = \boxed{\hspace{10em} \text{(カ)} \hspace{10em}} \dots\dots(5)$$

となる。ここで(5)式を用いると、下線部(a)の混合水溶液の pH を求めることができる。25℃では、 $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ mol/L、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² であり、 $[\text{NH}_3]$ と $[\text{NH}_4^+]$ については前述の近似を用いることができるとすると、 $[\text{H}^+]$ は(キ) mol/L と求まる。したがって、pH は(ク)となる。

化 学

II のつづき

では、 NH_3 と NH_4Cl の混合水溶液のpHの変化を考えてみよう。混合水溶液に強酸を少量加えた場合、強酸から生じる H^+ は(ケ)と反応して(コ)になるため、 $[\text{H}^+]$ はほとんど増加せずpHはほとんど変化しない。また、この溶液に強塩基を少量加えても、強塩基から生じる OH^- は(サ)と反応し(シ)と(ス)になるので、 $[\text{OH}^-]$ はほとんど増えず、 $[\text{H}^+]$ もpHもほとんど変化しない。一方、 NH_3 と NH_4Cl の混合水溶液に水を加えて薄めた場合にも、pHはほとんど変わらない。^(b)

問 1 (ア)と(イ)にあてはまる化学反応式を書け。ただし、(ア)については両方向きの矢印 \rightleftharpoons を用いること。

問 2 (ウ)にあてはまる語句、および(エ)~(カ)にあてはまる式を書け。

問 3 (キ)と(ク)にあてはまる数値を有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。必要があれば以下の数値を用いよ。

$$\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48, \log_{10} 5 = 0.70, \log_{10} 7 = 0.85$$

問 4 (ケ)~(ス)にあてはまるイオンや化合物を化学式で書け。ただし、同じイオンや化合物を繰り返し書いてもよい。また、(シ)と(ス)の記入の順序は問わない。

問 5 下線部(a)の混合水溶液 0.90 L に 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 0.10 L 加えると、体積は 1.0 L となった。この 25 °C における溶液中の $[\text{NH}_3]$ 、 $[\text{NH}_4^+]$ 、 $[\text{H}^+]$ を有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。

問 6 下線部(b)で混合水溶液のpHがほとんど変わらない理由を(5)式を用いて説明せよ。

化 学

Ⅲ 以下の文章(I)および(II)を読み，問1～9に答えよ。必要があれば以下の原子量を用いよ。

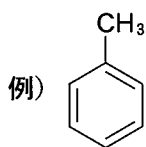
H = 1, C = 12, O = 16

(I) 芳香族炭化水素は，分子中にベンゼンなどの芳香環をもつ炭化水素である。ベンゼン環上にメチル基を1個もつトルエンではベンゼン環を含む構造異性体は存在しないが，メチル基を2個もつキシレンでは，2個のメチル基の位置が異なる構造異性体は(ア)種類存在する。さらに，キシレンの構造異性体には，これら以外のベンゼン環を含むものがもう1種類存在する。ナフタレン環上に置換基をもつ化合物では，構造異性体の数がさらに多くなる。メチル基を1個もつ場合，メチル基の位置が異なる構造異性体は(イ)種類存在し，メチル基を2個もつ場合には，メチル基の位置が異なる構造異性体の数は(ウ)種類に増える。

ベンゼン環は不飽和結合をもつにもかかわらず，アルケンとは異なる反応性を示す。例えば，エチレンに対して室温で(エ)を反応させると(オ)反応が進行して1,2-ジブromoエタンが得られるが，ベンゼンは室温で(エ)とほとんど反応せず，触媒として鉄粉を加えて熱すると(カ)反応が進行して(キ)が生成する。ベンゼン環の反応性は置換基によっても影響を受け，例えば，フェノールは触媒を用いなくても室温で3分子の(エ)と速やかに反応して(ク)を与える。一方，反応条件によってはベンゼンが(カ)反応ではなく(オ)反応を起こすことも知られている。例として，ベンゼンは(ケ)の条件下で(コ)と反応してシクロヘキサンを，また，(サ)の条件下で(シ)と反応してヘキサクロロシクロヘキサンをそれぞれ与える。

問1 (ア)～(ウ)にあてはまる数字を答えよ。

問2 下線部①の構造異性体の構造式を以下の例にならって書け。



問3 (エ)～(キ)，(コ)および(シ)にあてはまる物質名または語句を答えよ。

問4 (ク)にあてはまる化合物の構造式を問2の例にならって書け。

化 学

Ⅲのつづき

問 5 (ケ)および(サ)にあてはまる語句を次の(a)~(e)の中からそれぞれ選び、記号で答えよ。

- (a) 紫外線照射
- (b) 塩化ナトリウムを用いた高温
- (c) ニッケル触媒を用いた高温高圧
- (d) 塩化アルミニウム触媒を用いた高温高圧
- (e) 濃硫酸を用いた高温

(II) 炭素、水素、酸素からなる化合物 A を 43 mg 試料皿にとり、酸化銅(Ⅱ)が入った燃焼管に入
れて完全燃焼させたところ、二酸化炭素 110 mg と水 45 mg が得られた。また、A の分子量を測
定したところ 172 であった。A に対して希硫酸を加えて加熱すると加水分解が進行し、化合物 B
と C が生成した。B には不斉炭素原子が含まれていた。B を取り出して炭酸水素ナトリウム水溶
液に加えると、二酸化炭素が発生した。一方、C を取り出して、過マンガン酸カリウムの硫酸酸
性溶液を用いて酸化したところ、B と同じ官能基をもつ B の異性体 D が得られた。別の分析に
より、C には水素原子が 1 個だけ結合した炭素原子が含まれることがわかった。

問 6 下線部②の結果から、A の組成式および分子式を求めよ。計算過程も示せ。

問 7 下線部③の反応の化学反応式を書け。ただし、B の構造のうち、官能基以外の構造を R で示すこと。

化 学

Ⅲ のつづき

問 8 下線部④およびそれまでの結果から、C についてどのようなことがいえるか。次の(a)~(d)の中からすべて選び記号で答えよ。該当するものがない場合は「なし」と答えよ。

- (a) 炭素原子の数が B と同じである。
- (b) エーテル結合をもつ。
- (c) 第一級アルコールである。
- (d) 環状構造をもつ。

問 9 A, B, C, D の構造式を以下の例にならって書け。不斉炭素原子には*印を付けよ。

