

令和6年度一般選抜

個別学力試験問題(前期日程)

化 学

注 意

1. 志望学部・学科により、問題、解答用紙が異なるので、解答前に確認してください。
2. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
3. 問題紙は11ページです。解答用紙は、総合理工学部物質化学科受験生には4枚、総合理工学部(物質化学科を除く)受験生、材料エネルギー学部受験生、生物資源科学部受験生には5枚配布されます。指示があつてから確認し、すべての解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
4. 下表に示すように、受験する学部・学科で解答する問題が異なります。

総合理工学部物質化学科受験生は、**1**、**2**、**3**、**4**を必答問題として解答してください。総合理工学部(物質化学科を除く)受験生、材料エネルギー学部受験生、生物資源科学部受験生は、**1**、**2**、**3**を必答問題とし、**4**あるいは**5**のどちらか1問を選択し、解答用紙の選択欄に○印を記入の上、解答してください。**4**と**5**の両方を選択してはいけません。

学部・学科	必答問題	選択問題
総合理工学部(物質化学科)	1 、 2 、 3 、 4	
総合理工学部(物質化学科を除く) 材料エネルギー学部 生物資源科学部	1 、 2 、 3	4 あるいは 5

5. 答えはすべて解答用紙の所定の欄に記入してください。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. 試験終了後、問題紙は持ち帰ってください。

1 【必答問題】 この問題は、すべての受験生が解答すること。

次の I, II の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として $H = 1.00$, $O = 16.0$, $S = 32.0$, $Pb = 207$ を、ファラデー定数として $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ を用いよ。

I 鉛は 族元素で、 線を吸収する性質をもつため、 線遮蔽板などに用いられている。また、鉛は酸性および塩基性どちらの水溶液とも反応することから、 元素とよばれている。鉛の酸化物には、酸化数が異なる酸化鉛(II)や酸化鉛(IV)などがある。鉛(II)イオンを含む水溶液は 色であるが、希硫酸を加えると 色の沈殿が生成し、クロム酸カリウム水溶液を加えると 色の沈殿が生成する。

問 1 ~ に適当な語句または数字を入れよ。

問 2 鉛(II)イオンを含む水溶液に、クロム酸カリウム水溶液を加えたときに沈殿が生成する反応を、イオン反応式で書け。

II 鉛蓄電池は、鉛を 極活物質、酸化鉛(IV)を 極活物質、 に希硫酸を用いた電池である。この電池の起電力は約 2 V であるが、放電を続けると電圧が低下する。そこで、別の電源の負極と正極を、鉛蓄電池の負極と正極にそれぞれ接続し、電流を流すと起電力が回復する。このように鉛蓄電池は充電することができるため、蓄電池あるいは 電池とよばれている。

問 3 ~ に適当な語句を入れよ。

問 4 鉛蓄電池を放電させたときに負極および正極で進行する反応を、電子(e^-)を用いたイオン反応式で書け。

問 5 下線部(a)の理由を説明せよ。

問 6 下線部(b)の理由を説明せよ。

問 7 鉛蓄電池を 5.00 A の一定の電流で、ある時間放電させたところ、正極の質量が 32.0 g 増加した。次の(1)、(2)に答えよ。

(1) 流れた電気量[C]を、有効数字3桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

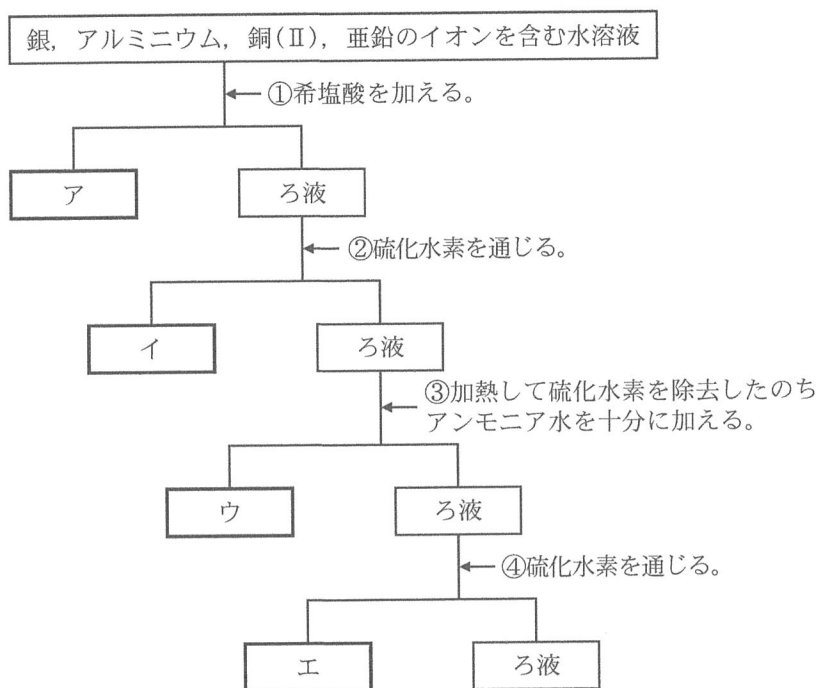
(2) この電池の放電時間は何秒間か、有効数字3桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

2

【必答問題】 この問題は、すべての受験生が解答すること。

次の文を読み、問いに答えよ。

いろいろな金属イオンが含まれている水溶液に試薬を加えて、金属イオンを分離、確認する操作を系統分析という。いま、銀、アルミニウム、銅(Ⅱ)、亜鉛のイオンを含む水溶液を下図の手順①～④で分析した。ア、イ、ウ、エは金属イオンから生じた沈殿を表している。



系統分析では、この②、④の手順のように、硫化水素を通じることがあるが、その際に加える酸や塩基の役割について考察する。硫化水素は水に溶けたときに(1)式のように電離して、平衡に達する。この反応の平衡定数(電離定数) K は(2)式となる。また、ある2価の金属イオンを M^{2+} 、その金属の硫化物の溶解度積を K_{sp} としたとき、硫化水素を通じる前の金属イオンの濃度 $[M^{2+}]$ と、硫化水素を

通じた後に予測される S^{2-} の濃度 $[S^{2-}]$ が、(3)式を満たせば沈殿が生じ、満たさなければ沈殿は生じない。



$$K = \frac{[H^+]^2[S^{2-}]}{[H_2S]} \quad (2)$$

$$[M^{2+}][S^{2-}] > K_{sp} \quad (3)$$

(2)式および(3)式から $[S^{2-}]$ を消去すると(4)式、さらに(5)式となるため、水素イオン濃度 $[H^+]$ が(5)式を満たすときに硫化物の沈殿が生じることになる。(5)式は、水溶液の pH が金属硫化物の沈殿生成に関係することを示している。

$$[M^{2+}] \frac{K[H_2S]}{[H^+]^2} > K_{sp} \quad (4)$$

$$[H^+] < \sqrt{\frac{K[M^{2+}][H_2S]}{K_{sp}}} \quad (5)$$

いま、2価の金属イオン M_A^{2+} と M_B^{2+} を考える。(2)式の K を $1.2 \times 10^{-21}(\text{mol/L})^2$ 、硫化水素を十分に通じたときの水溶液中の硫化水素の濃度 $[H_2S]$ を $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 、 M_A^{2+} と M_B^{2+} の濃度をともに $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、硫化物 $M_A S$ と $M_B S$ の溶解度積 K_{sp} をそれぞれ $1.2 \times 10^{-23}(\text{mol/L})^2$ 、 $1.2 \times 10^{-13}(\text{mol/L})^2$ とする。

このとき、 M_A^{2+} が硫化物として沈殿しない pH の は であるが、 M_B^{2+} が硫化物として沈殿しない pH の は である。したがって、両方のイオンを含む水溶液の pH を から の間に調整して、同様の条件下で硫化水素を通じると、 だけが硫化物として沈殿することになる。

金属硫化物は、それぞれ固有の溶解度積 K_{sp} をもつため、二種類の金属イオンが存在するときに、このように pH を調整することで、一方の金属イオンだけを沈殿させることができる。

問 1 ~ に入る化合物を化学式で答えよ。

問 2 に入るのは、「上限」か「下限」か、どちらか答えよ。

問 3 に入る適当な値を整数で答えよ。また、その計算の過程も示せ。

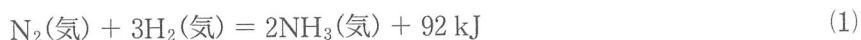
問 4 に入る適当な値を整数で答えよ。

問 5 に入るのは、「 M_A^{2+} 」か「 M_B^{2+} 」か、どちらか答えよ。

3**【必答問題】** この問題は、すべての受験生が解答すること。

次の文を読み、問いに答えよ。

高温、高圧で、触媒を用いて水素(H_2)と窒素(N_2)を反応させると、アンモニア(NH_3)が生成する。この反応は可逆反応であり、熱化学方程式は(1)式で表される。



I 体積 V [L] の容器に N_2 を a [mol]、 H_2 を b [mol] 入れ、触媒を加えて密閉し、温度を T [K] に保って長時間放置したところ、平衡状態に達した。このとき、 NH_3 が x [mol] 生成した。

問 1 T [K] における濃度平衡定数 K を、 V 、 a 、 b 、 x を用いて表せ。また、答えを導いた過程も示せ。ただし、触媒の体積は無視できるものとする。

問 2 反応条件を、以下の(a)~(c)のように変化させ、(1)式の反応を行った。

- (a) 反応容器の体積を小さくした。
- (b) 反応温度を上げた。
- (c) 加える触媒の量を増やした。

平衡状態に達したときの NH_3 の生成量 x は、どのように変化したか。次の(ア)~(ウ)から選び、記号で答えよ。また、そのように考えた理由も説明せよ。ただし、(1)式以外の反応は起こらないものとし、(a)~(c)に示された条件以外は変化させないものとする。

- (ア) 増加する (イ) 変化しない (ウ) 減少する

II 体積 8.3 L の容器で(1)式の反応を行い、平衡状態に達したとき、容器中に存在する N_2 、 H_2 、 NH_3 の物質量はそれぞれ 1.0 mol、3.0 mol、0.50 mol であった。触媒だけを取り除き、容器を 220 K まで冷却すると、 NH_3 の一部が液化した。

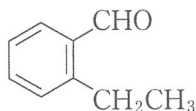
問 3 冷却後の容器中の混合気体の全圧 [Pa] を、有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、気体はすべて理想気体として取り扱えるものとし、液体の NH_3 の体積は無視できるものとする。また、気体定数として $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 、220 K における NH_3 の飽和蒸気圧を $3.3 \times 10^4 \text{ Pa}$ とする。

問 4 液化した NH_3 の物質量は、生成した NH_3 の物質量の何%か、有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

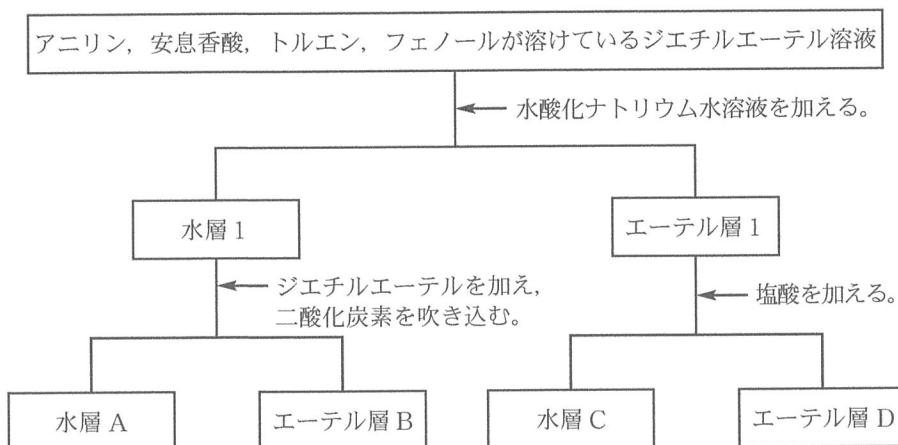
- 4 総理工学部物質化学科受験生は、4 を解答すること。総理工学部(物質化学科を除く)、材料エネルギー学部、生物資源科学部の受験生は、4 あるいは 5 のどちらか1問を選択し、解答すること。

次の文を読み、問いに答えよ。また、構造式は下の例にならって書け。

[例]



芳香族化合物であるアニリン、安息香酸、トルエン、フェノールが溶けているジエチルエーテル溶液から、各成分を下図のように分離した。



問 1 有機化合物を含むジエチルエーテル溶液に水を加え、よく振り混ぜたのち、エーテル層と水層に分離し、それぞれの層を取り出したい。そのために用いる適当なガラス器具は何というか、その名称を答えよ。

問 2 水とジエチルエーテルを混合すると上層と下層に分かれる。水層は上層と下層のどちらとなるか、答えよ。また、その理由を述べよ。

問 3 A～Dの各層に含まれる芳香族化合物の成分は、どのような物質として存在しているか、それぞれの構造式を書け。

問 4 水層 A に含まれる芳香族化合物の成分に塩酸を加えることで起こる反応を、次の(ア)～(エ)から一つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 酸化 (イ) 還元
(ウ) 弱酸の遊離 (エ) 弱塩基の遊離

問 5 エーテル層 B に含まれる芳香族化合物の成分が示す性質のうち、次の(ア)～(エ)から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 水に溶けて、塩基性を示す。
(イ) さらに粉水溶液を加えると、赤紫色を呈する。
(ウ) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、紫色を呈する。
(エ) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、気体が発生する。

問 6 水層 C に含まれる芳香族化合物の成分に水酸化ナトリウム水溶液を加えることで起こる反応を、化学反応式で書け。ただし、有機化合物は構造式で示すこと。

問 7 エーテル層 D に含まれる芳香族化合物の成分を、過マンガン酸カリウム水溶液と加熱して反応させることで得られる有機化合物の構造式を書け。

5 総合理工学部(物質化学科を除く)、材料エネルギー学部、生物資源科学部の受験生は、4 あるいは 5 のどちらか1問を選択し、解答すること。

次の問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を用いよ。

問 1 次の文の中で、下線部(a)~(f)が正しい場合には○、誤りがある場合には×を、それぞれ解答欄に記入し、誤りがある場合には正しい語句を書け。

単糖類には、グルコース、フルクトース、ガラクトースなどがあり、それらの分子式は $C_6H_{12}O_6$ である。グルコースは、結晶中では、ヘミアセタール構造をもつ環状構造であるが、水溶液中では、開環した鎖状構造も存在する。この鎖状構造には、ホルミル基(アルデヒド基)が存在するため、グルコースは、水溶液中で還元性を示し、ニンヒドリン水溶液を還元する。

二糖類には、スクロース、マルトース、セロビオース、ラクトースなどがあり、それらの分子式は $C_{12}H_{22}O_{11}$ である。スクロースはグルコースとガラクトースで構成され、グリコシド結合とよばれる構造をもつ。

多糖類には、デンプン、グリコーゲン、セルロースなどがあり、それらの一般式は $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される。ヨウ素デンプン反応により、デンプンは橙黄色を、グリコーゲンは赤褐色を呈し、セルロースはヨウ素デンプン反応を示さない。

問 2 グリコーゲン 32.4 g を完全に加水分解すると、グルコースは何 g 得られるか、有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 3 グルコース 10.0 g を完全燃焼させたときに生じる熱量 [kJ] を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、この燃焼で発生する水は液体とし、それぞれの化合物の生成熱は、次の表の値を用いよ。

化合物	生成熱(kJ/mol)
水(液体)	286
二酸化炭素(気体)	394
グルコース(固体)	1274

問 4 次の文の ～ に適当な語句を入れよ。

酵素は、タンパク質を主体とする天然高分子化合物である。酵素は、アミノ酸が 結合とよばれる化学結合で多数つながってできており、生体内で起こる化学反応の触媒としてはたらく。酵素が触媒として作用する相手の物質は とよばれ、酵素の 部位(中心)に結合し、酵素- 複合体を形成する。反応が進行すると、 が生成物となって放出され、酵素はもとにもどる。

加水分解酵素の例として、デンプンをマルトースに分解する , セルロースをセロビオースに分解する , タンパク質をポリ に分解する などのタンパク質分解酵素, を脂肪酸とモノグリセリドに分解するリパーゼがある。