

令和5年度入学試験問題（追試験）

理 科（化 学）

【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見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**1**から**4**までの4問題が印刷されていて、合計8ページある。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. **1**から**4**の全ての問題に解答すること。
6. 解答用紙の指定された欄に、学部名と受験番号を記入すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

必要があれば，原子量および定数は次の値を使うこと。

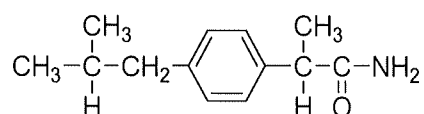
なお，構造式は下の例にならって記せ。

H = 1.00 Cl = 35.5 Al = 27.0

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

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

(例)



1 以下の文章を読み，各問いに答えよ。

図1は，トルエン，安息香酸，アニリンおよびフェノールを含むジエチルエーテル溶液から，これらの化合物を分離する方法である。

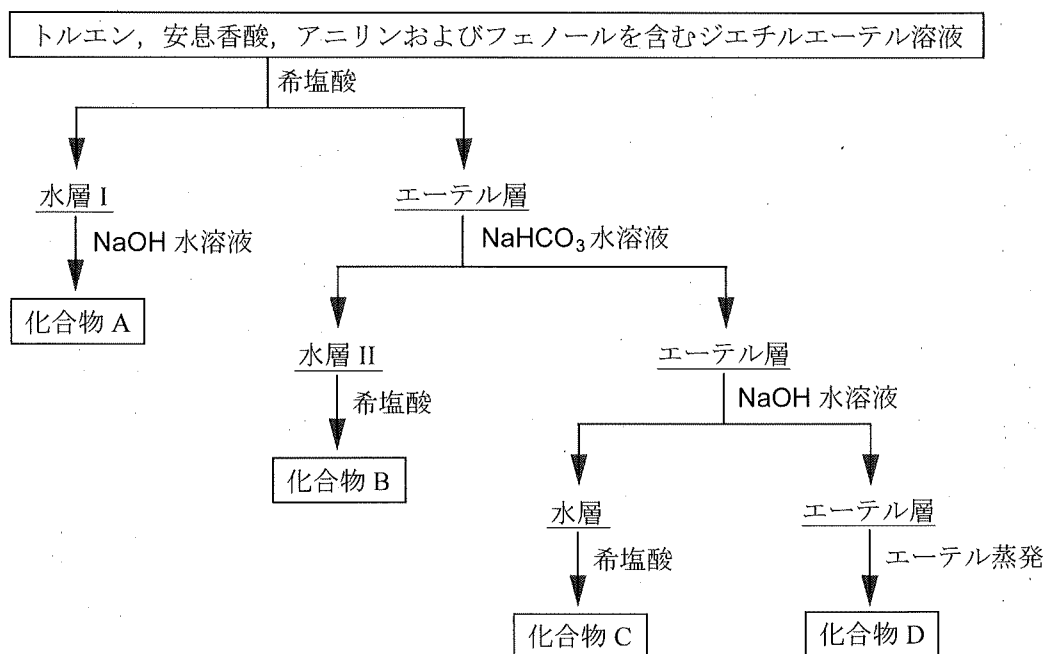


図1

問1 化合物 A から D にあてはまる最も適切な化合物を構造式で示せ。

問2 水層 I 中の水を蒸発させたときに析出する有機化合物の構造式を示せ。

問3 化合物 A を確認する方法について、以下の [] 内のアおよびイにあてはまる適切な語を入れて文章を完成せよ。

化合物 A は、さらし粉水溶液によって [ア] され、[イ] 色を呈すること
とで確認される。

問4 水層 II 中の水を蒸発させたときに析出する有機化合物の構造式を示せ。

問5 水層 II に希塩酸を加えると化合物 B が得られる理由を答えよ。

問6 化合物 C を確認する呈色反応の試薬と呈色後の色を答えよ。

問7 トルエン、安息香酸、アニリンおよびフェノールを含むジエチルエーテル溶液に
ニトロベンゼンを加えて、図 1 と同様の分離操作を行った。ニトロベンゼンは、
いずれの化合物との混合物として得られるかを、化合物の名称で答えよ。また、
その理由を簡潔に記せ。

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

アルミニウムは地殻中に多く存在する金属元素である。①鉄や銅はそれぞれの鉱石から溶鉱炉で製錬されるのに対して、アルミニウムは鉱石から溶鉱炉で製錬することは困難である。

アルミニウムの原料には、ボーキサイトと呼ばれる鉱石が利用される。②ボーキサイトを水酸化ナトリウム水溶液に溶解させ、不溶物を除去後、水酸化アルミニウムとして単離し、脱水して高い純度の酸化アルミニウムとする。融解した氷晶石に、得られた酸化アルミニウムを溶かし、〔ア〕を電極として③溶融塩電解(融解塩電解)を行うことにより、〔イ〕極に金属アルミニウムが得られる。

問1 〔 〕内のアおよびイにあてはまる適切な語を答えよ。

問2 下線①について、コークス(炭素)から生じる一酸化炭素を用いて、鉄鉱石から金属鉄が得られる。一酸化炭素と鉄鉱石との化学反応式を示すとともに、反応の前後における鉄および炭素の酸化数の変化を記せ。ただし、鉄鉱石はすべて Fe_2O_3 とする。

問3 金属アルミニウムは、酸にも塩基にも溶ける両性元素である。塩酸および水酸化ナトリウム水溶液とアルミニウムとの化学反応式をそれぞれ記せ。

問4 下線②について化学反応式を示せ。ただし、ボーキサイトのアルミニウム成分は Al_2O_3 とする。

問5 下線③について、アルミニウムイオンを含む水溶液の電気分解では、金属アルミニウムの単体を得ることができない理由を説明せよ。

問6 下線③について、アルミニウム 1.08 kg を製造するために必要な電気量 [C] を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字3桁で求めよ。

問7 金属アルミニウム 1.08 g を完全に塩酸に溶かしたとき、発生する気体が 27.0°C, 1.01×10^5 Pa で占める体積 [L] を求めよ。気体は理想気体とする。計算の過程を示し、答えは有効数字3桁で求めよ。

3

〔 I 〕, 〔 II 〕の各問いに答えよ。

〔 I 〕 反応 $2A \rightarrow 3B + C$ に対して、 25°C で A の初濃度を変化させて反応開始直後の A の分解の速度 v を求めたところ、表 1 のような結果が得られた。ただし、反応速度定数を k とし、また A, B, C の濃度をそれぞれ $[A]$, $[B]$, $[C]$ として、以下の各問いに答えよ。

表 1

[A] [mol/L]	v [mol/(L·s)]
0.20	3.0×10^{-3}
0.40	1.2×10^{-2}
0.80	4.8×10^{-2}

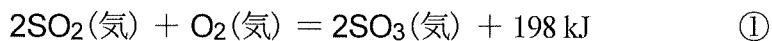
問1 この反応の反応速度式を示せ。また、解答の根拠についても説明せよ。

問2 k の値を求め、その単位についても付記せよ。ただし、有効数字 2 桁で答えよ。

問3 A の初濃度が 0.50 mol/L の時、B の生成の初速度 [mol/(L·s)] はいくらか。計算の過程を示し、有効数字 2 桁で求めよ。

問4 k は一般に温度依存性を示すことが知られている。この反応においては 35°C で k が 3 倍大きくなったため、反応速度も大きくなった。高温で反応速度が大きくなる理由について説明せよ。

〔Ⅱ〕 二酸化硫黄 SO_2 と酸素 O_2 を一定温度で反応させたところ、三酸化硫黄 SO_3 が生じ、平衡状態に達した。この反応の熱化学方程式は以下のとおりである。



問1 反応開始前に SO_2 と O_2 はそれぞれ $2x \text{ mol}$ 存在し、平衡状態における SO_3 は $x \text{ mol}$ であった。平衡時における SO_2 と O_2 の物質量を求めよ。

問2 ①の反応の平衡定数 K について、 x を用いて表せ。ただし、 K の単位も併せて示せ。この問題の解答に際しては、①の反応が体積 0.5 L の容器中で行われたものとする。

問3 ①の反応は可逆反応である。①の反応について、以下の条件における平衡移動の方向を「左」、「右」、「変化しない」のいずれかで答えよ。さらに、平衡移動に関する解答の根拠を説明せよ。

- (a) 温度を一定に保って、全圧を高くする。
- (b) 温度・全圧を一定に保って、アルゴンガスを加える。
- (c) 温度・体積を一定に保って、アルゴンガスを加える。

4

17 族元素に関する以下の文章を読み、各問いに答えよ。計算が必要な問題では、計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。

ハロゲン元素の単体はすべて酸化剤としてはたらき、原子番号が小さいハロゲンほど酸化作用が強い。たとえば、①ヨウ化カリウムを含む水溶液に塩素水を加えるとヨウ素が生じる。この場合、塩素は酸化剤としてはたらいており、ヨウ素の生成により溶液は無色から〔ア〕に変化する。また、ヨウ素は水と反応しにくいのに対し、②フッ素は水を酸化して酸素を発生する。

ヨウ素のヨウ化カリウム水溶液はヨウ素液と呼ばれ、デンプン水溶液に加えると、溶液の色は〔イ〕に変化する。この反応はヨウ素デンプン反応と呼ばれ、微量のヨウ素や③デンプンの検出に用いられる。一方、ヨウ化物イオンと酸化剤を反応させるとヨウ素が遊離する。デンプンを指示薬として、この遊離したヨウ素をチオ硫酸ナトリウム標準液により滴定することで、濃度不明の酸化剤を間接的に定量することができ、このような実験は④ヨウ素滴定と呼ばれている。

17 族元素の⑤フッ化物イオンはアルカリ土類金属と反応して沈殿が生じることが知られているのに対し、ヨウ化物イオンはアルカリ土類金属との沈殿を生成しない。一方、⑥ヨウ化物イオンは銀(I)イオンと反応して沈殿を生成し、沈殿の色は〔ウ〕となるが、銀(I)イオンの水溶液にフッ化物イオンを加えても沈殿は生成しない。

問1 説明文中の〔 〕内のアからウにあてはまる適切な語を入れよ。

問2 下線①および②に関わる反応を化学反応式で答えよ。また、下線⑥に関わる反応をイオン反応式で答えよ。

問3 下線③に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) デンプンは分子内で水素結合をつくるため、ある「特徴的な構造」を形成する。ヨウ素デンプン反応においては、この「特徴的な構造」の内部

にヨウ素分子が取り込まれて〔イ〕を呈する。この「特徴的な構造」は何と呼ばれているか記せ。

- (2) デンプンに希硫酸を加えて加熱すると加水分解され、最終的にはある単糖のみが得られる。この単糖の名称を答えよ。

問4 下線④に関して、濃度が不明の硫酸銅(Ⅱ)水溶液 10.0 mL に十分な量のヨウ化カリウム水溶液を加えると、銅(Ⅱ)イオンが完全に反応してヨウ化銅(Ⅰ)の沈殿が生じるとともにヨウ素が生成した。この反応は以下の式(a)で表される。



このヨウ素を含む溶液 10.0 mL を 0.100 mol/L のチオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液で滴定し、ヨウ素の〔ア〕が薄くなったところで、デンプン水溶液を指示薬として加え、さらに滴定を続けたところ、18.0 mL 滴下したところで溶液の色が〔イ〕から無色に変化した。このとき、ヨウ素と $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ は過不足なく反応したものとみなすことができ、反応式は以下の式(b)で表される。



このヨウ素滴定について、以下の問いに答えよ。

- (1) 滴定によって求められるヨウ素の濃度を計算せよ。
(2) 硫酸銅(Ⅱ)の濃度を求めよ。

問5 下線⑤に関して、 Ca^{2+} と Ba^{2+} の混合水溶液にフッ化物イオンを添加して CaF_2 だけを沈殿させた後、沈殿をろ過してから、さらにフッ化物イオンを添加して BaF_2 を沈殿させることで Ca^{2+} と Ba^{2+} を分離できる。 Ca^{2+} と Ba^{2+} の濃度がいずれも 0.10 mol/L であるとき、 CaF_2 だけを沈殿させることができるフッ化物イオン濃度 $[\text{F}^-]$ の範囲を求めよ。ただし、 CaF_2 と BaF_2 の溶解度積 K_{sp} は、それぞれ $4.0 \times 10^{-11} (\text{mol/L})^3$ および $2.0 \times 10^{-6} (\text{mol/L})^3$ であり、 $\sqrt{0.2} = 0.45$ とせよ。