



2023年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

一般選抜 前期日程 問題

化学基礎・化学

令和5(2023)年度公立千歳科学技術大学一般選抜前期日程の補足説明について

理科「化学基礎・化学」

問題冊子 17ページ 2.(4)

有効数字3桁で解答すること。

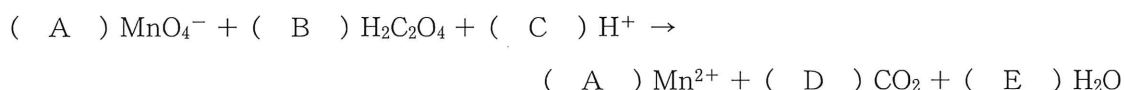
化学基礎・化学

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。原子量は $\text{Ca} = 40.0$, $\text{O} = 16.0$, $\text{C} = 12.0$, $\text{H} = 1.0$, $\text{S} = 32.0$, $\text{Cl} = 35.5$ とする。

カルシウムイオンを含む水溶液にシュウ酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 水溶液を加えると、シュウ酸カルシウム (CaC_2O_4) の沈殿が生成する。溶液中のカルシウムイオン濃度を求める方法の一つに、この反応で生じる沈殿をろ過したのち酸に溶解し、その際に生じるシュウ酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) の量を測定して間接的にカルシウムイオン濃度を算出する方法がある。ここでは次の実験について考える。

- ① カルシウムイオンを含む固体^(a) 0.185 g を完全に水に溶かし、500 mL の水溶液を調製した。
- ② ① の水溶液を 100 mL とり、シュウ酸ナトリウム水溶液を加えてシュウ酸カルシウムの沈殿を生成させた。シュウ酸ナトリウム水溶液は、シュウ酸カルシウムの沈殿が生じなくなるまで加えた。水溶液中にあったカルシウムイオンは、全量がシュウ酸カルシウムになったものとする。
- ③ 沈殿をろ過したのち、分離した沈殿を酸^(b) に加え、シュウ酸とカルシウム塩を生成させた。酸に加えた沈殿は、全量がシュウ酸とカルシウム塩になったものとする。カルシウム塩の固体が生じた場合は溶液から取り除いた。最終的な溶液の体積は 25.0 mL とした。
- ④ ③ の溶液を 10.0 mL とって適当量の水でうすめたのち、0.0125 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、6.40 mL 滴下したところで過マンガン酸カリウムの色が消えなくなった。

- (1) ④ での滴定では、酸性水溶液中にて過マンガン酸イオンとシュウ酸との酸化還元反応が起こる。この滴定での化学反応式の係数 (A) ~ (E) を答えなさい。係数はいずれも整数とし、係数が 1 の場合は 1 と解答すること。



- (2) ③ で調製した溶液に含まれるシュウ酸のモル濃度 $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]$ [mol/L] を、小数第 2 位まで求めなさい。

- (3) ② で生成したシュウ酸カルシウムの質量 [g] を、小数第 3 位まで求めなさい。

- (4) ① で調製した水溶液に含まれるカルシウムイオンのモル濃度 $[\text{Ca}^{2+}]$ [mol/L] を、小数第 3 位まで求めなさい。

(5) 下線部 (a) の固体は，次のうちどれか。この固体は混合物ではなく純物質であるとする。

- a. CaCl_2 b. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ c. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ d. CaSO_4

(6) 下線部 (b) の酸として，この実験の目的に合うものは，次のうちどれか。

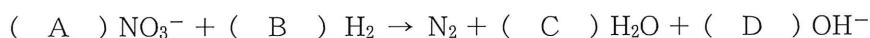
- a. 希塩酸 b. 希硝酸 c. 希硫酸 d. 濃塩酸

化学基礎・化学

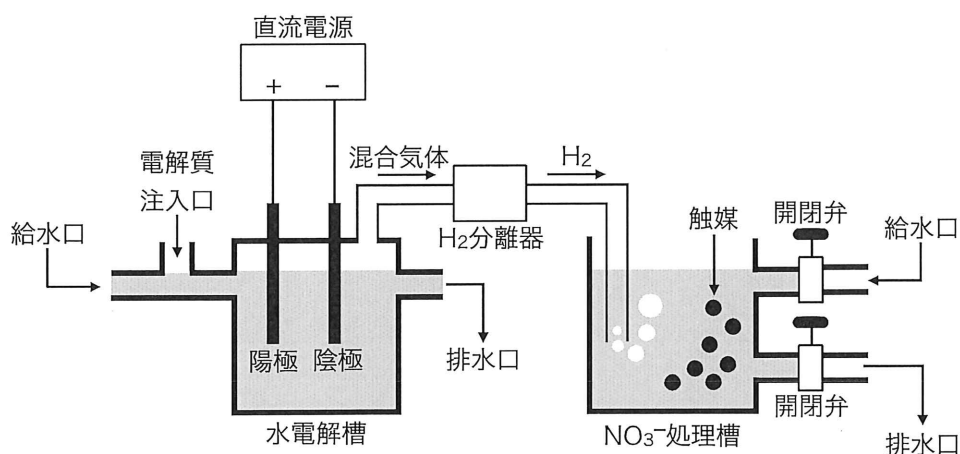
2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。原子量は $N = 14.0$, $O = 16.0$, $H = 1.0$, $Na = 23.0$ とし、気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$, ファラデー定数は $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

硝酸イオン (NO_3^-) は自然界に広く存在する陰イオンであり、また農業活動や日常生活に伴って生じる排水にも含まれている。 NO_3^- 濃度の高い水を人間が摂取し続けると、さまざまな疾患を引き起こすといわれている。そのため、水中の NO_3^- を化学反応によって除去するための各種の方法が研究されている。

NO_3^- を除去する方法の一つとして、水素 (H_2) との反応によって NO_3^- を分解し、無害な窒素 (N_2) に変換するという方法がある。この反応は、次の化学反応式で表される。(A) ~ (D) は各物質についての係数である。この反応で用いられる H_2 は、電気分解などによって製造することができる。



この反応を、下図の装置を使って行うことを考える。この装置は、水を電気分解して H_2 を供給するための水電解槽と、 NO_3^- を含む水进行处理するための NO_3^- 処理槽からなる。水電解槽には、電気伝導性を高めるための電解質^(a) を添加した水を連続的に流している。陰極と陽極はいずれも白金である。水電解槽で生成した混合気体は H_2 分離器に送られ、純粋な H_2 のみを取り出されて NO_3^- 処理槽に供給される。 NO_3^- 処理槽には触媒^(b) が加えられている。



この装置を使って、1 L あたり 0.510 g の硝酸ナトリウム (NaNO_3) を含む水溶液 100 L を NO_3^- 処理槽に入れ、温度 27°C ・圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の H_2 を供給して NO_3^- を分解する操作について考える。この場合、 H_2 が少なくとも (①) L 必要である。この量の H_2 を、電流を 1.00 A とする電気分解で生成させる場合、必要な通電時間は最低でも (②) 分となる。また、 NO_3^- をすべて分解した後の水溶液の OH^- のモル濃度 $[\text{OH}^-]$ は最高で (③) mol/L となる。

- (1) 化学反応式の係数 (A) ~ (D) を答えなさい。係数はいずれも整数とし、係数が1の場合は1と解答すること。
- (2) 下線部 (a) の電解質として、この処理の目的に適さないものを選びなさい。
a. 硫酸 b. 硫酸ナトリウム c. 硫酸カリウム d. 硫酸銅(II)
- (3) ① の体積 [L] を有効数字 2 桁で求めなさい。
- (4) ② の時間 [分] を求めなさい。
- (5) ③ のモル濃度 $[\text{OH}^-]$ [mol/L] を有効数字 3 桁で求めなさい。処理前の水溶液に含まれる OH^- は無視できるものとする。 NO_3^- 処理槽中の水溶液の体積は処理前後で変わらないものとする。
- (6) 下線部 (b) の触媒のはたらきとして、正しい記述を選びなさい。
a. NO_3^- の分解速度を大きくし、反応の平衡移動も生じさせる。
b. NO_3^- の分解速度を大きくするが、反応の平衡移動は生じさせない。
c. NO_3^- の分解速度は変化させないが、反応の平衡移動は生じさせる。

化学基礎・化学

3. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

元素の周期表の（ア）族に属する元素をハロゲンと呼ぶ。ハロゲンの原子は（イ）個の価電子をもち、（ウ）価の陰イオンになりやすい。また、ハロゲンの単体はいずれも電子を奪う力が大きいので、（エ）が強い。ハロゲンの（エ）は、原子番号が大きくなるにつれて（オ）なる。例えば、臭化カリウム水溶液に（カ）水を加えると酸化還元反応がおこる。^(a)

ハロゲンの単体と水素を反応させるとハロゲン化水素を生じる。ハロゲン化水素のうち、（キ）だけが弱酸である。^(b)（キ）分子では、（ク）の大きな（ケ）原子が共有電子対を引き寄せるため、構成する原子の間の結合に（コ）が生じる。分子間にはたらく弱い引力を（サ）という。（サ）には、（シ）や（ス）など、いくつかの種類がある。

ハロゲン単体は無極性分子で、（セ）が大きいほど沸点が高い。これは、（セ）が大きくなるほど、（シ）が強くなるからである。ハロゲン化水素のうち、（セ）が最も小さい（キ）の沸点は、それらの（セ）から予想される値よりも異常に（ソ）なる。これは、（シ）よりも強い（ス）が分子間にはたらいているからである。

(1)（ア）～（ウ）に当てはまる数字を答えなさい。また（エ）、（カ）～（セ）に当てはまる語句を以下の語群から選びなさい。ただし、同じ語句を2回使用しないこと。また、（オ）と（ソ）に当てはまる語句の組み合わせを、表のa～dから選びなさい。

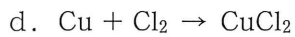
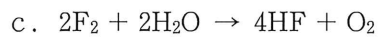
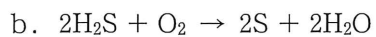
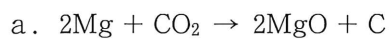
語群

フッ素	塩素	臭素	ヨウ素	フッ化水素
塩化水素	臭化水素	ヨウ化水素	電気陰性度	イオン化傾向
分子間力	化学結合	水素結合	イオン結合	配位結合
分子量	極性	還元力	酸化力	起電力
ファンデルワールスカ	イオン化エネルギー			

	a.	b.	c.	d.
オ	大きく	大きく	小さく	小さく
ソ	高く	低く	高く	低く

(2) 下線部(a)の化学反応式を示しなさい。

(3) 下線部(a)と同様に、酸化還元反応に相当するものをすべて選び、記号で答えなさい。該当するものがない場合には「×」を記しなさい。



(4) (キ) はホタル石と濃硫酸からつくることができる。この化学反応式を示しなさい。

(5) 0.20 mol/L の (キ) 水溶液の pH を有効数字 2 桁で求めなさい。(キ) の電離定数は $K_a = 3.2 \times 10^{-4}$ mol/L とし、電離度 α は 1 よりも非常に小さく $1 - \alpha \approx 1$ と近似できるものとする。 $\log_{10}2.0 = 0.30$ とする。

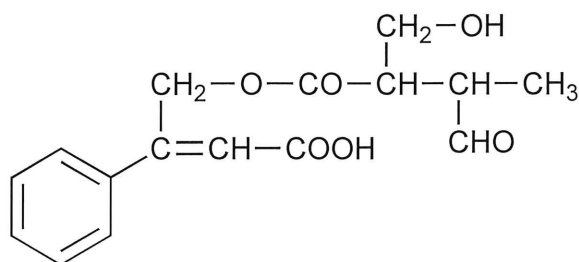
(6) (ス) がはたらかない、または極めて弱いと考えられる化合物をすべて選び、記号で答えなさい。

a. ナイロン6 b. 酢酸 c. アンモニア d. ジエチルエーテル

e. セルロース f. 塩化水素

化学基礎・化学

4. 次の文章 (I), (II) を読み, 以下の問いに答えなさい。構造式は, 下記の例にならって記しなさい。原子量は C = 12.0, H = 1.0 とする。



(例)

(I) アセチレンは, 炭化カルシウムに水を加えてつくり出すことができる。(a) 白金またはニッケル触媒を用いてアセチレンに水素を反応させると, (ア) を経由して (イ) になる。また, 硫酸水銀(II)などの触媒を用いてアセチレンに水を反応させると, 不安定な (ウ) を経由して (エ) が生じる。(エ) は, 工業的には, 塩化パラジウム(II)と塩化銅(II)を触媒として用いて (ア) を酸化することで製造されている。また, (エ) は, アセチレンに酢酸 1 分子を付加させることで生じる (オ) を加水分解することでも得られる。(オ) を付加重合し, 得られた化合物をけん化すると (カ) が得られる。また, アセチレンは赤熱した鉄に触れさせると (キ) になる。これと同じように, 3 分子のプロピン (炭素原子 3 つのアルキン) を鉄に触れさせると芳香族化合物を生じる。(b)

(II) 炭素と水素からなる芳香族化合物 A の試料を完全燃焼させ元素分析を行った。その結果, 塩化カルシウムを詰めた吸収管の質量は 3.6 mg 増え, ソーダ石灰を詰めた吸収管の質量は 13.2 mg 増えた。また, この化合物の分子量を測定すると 120.0 であった。化合物 A には, 構造異性体がいくつか存在する。化合物 A を過マンガン酸カリウム水溶液で酸化し, 酸性にしたところポリエチレンテレフタラートの原料となる化合物 B を生じた。このように, ベンゼン環は酸化剤によって酸化されにくい, ベンゼン環に結合した炭化水素基は炭素数に関係なく酸化される。また, 化合物 A の構造異性体である C を過マンガン酸カリウム水溶液で酸化し, 酸性にしたところ, 化合物 B の構造異性体である化合物 D が得られた。化合物 D を加熱すると無水フタル酸を生じた。化合物 A の構造異性体 E を酸素で酸化したのち, 硫酸で分解すると化合物 F と G が生成した。化合物 F にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させると (ク) の黄色い沈殿が生じた。(c)

(1) 文章中の (ア) ~ (ク) に当てはまる化合物名を答えなさい。

- (2) 文章中の (エ) の性質について、以下の記述のうち正しいものを一つ選び、記号で答えなさい。
- a. 濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、さらにアンモニア水などを加えて塩基性になると橙黄色になる。
 - b. フェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿を生じる。
 - c. 塩化鉄 (III) 水溶液を加えると紫色に呈色する。
 - d. ニンヒドリン溶液を加えて加熱すると紫色に呈色する。
 - e. ナトリウムを加えると水素を発生する。
- (3) 下線部 (a) の化学反応式を示しなさい。アセチレンの化学式は構造式で示すこと。
- (4) 下線部 (b) で考えられる芳香族化合物の構造式をすべて示しなさい。
- (5) 化合物 A と C の構造式を示しなさい。
- (6) 下線部 (c) と同様の反応性を示すものを以下からすべて選び、記号で答えなさい。
- a. エタノール b. エチレングリコール c. 酢酸エチル
 - d. ジエチルエーテル
- (7) 化合物 G の性質について、以下の記述のうち正しいものを一つ選び、記号で答えなさい。
- a. 薄い水酸化ナトリウム水溶液と薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えると、赤紫色に呈色する。
 - b. フェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿を生じる。
 - c. 塩化鉄 (III) 水溶液を加えると青～赤紫色に呈色する。
 - d. ニンヒドリン溶液を加えて加熱すると紫色に呈色する。
 - e. アンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加熱すると銀を析出する。
- (8) 問 (7) の解答と同じ現象を示す化合物を以下から三つ選び、記号で答えなさい。
- a. アセチルサリチル酸 b. サリチル酸メチル c. 1-ナフトール
 - d. アセトアニリド e. 2-プロパノール f. *p*-クレゾール