

令和 2 年度入学者選抜学力検査問題

(後期日程)

化 学

〔 理 工 学 域
物 質 化 学 類
理系後期一括入試 〕

(注 意)

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文 12 ページです。答案用紙は 5 枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

- ・解答にあたり，必要があれば以下の数値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0,

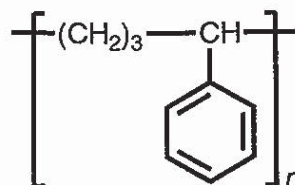
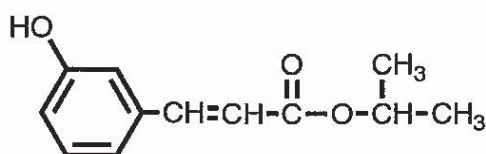
S = 32.1, K = 39.1, Mn = 54.9, Fe = 55.8, Cu = 63.5,

Br = 79.9, I = 127

アボガドロ定数： 6.02×10^{23} ，気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 [\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})]$

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 [\text{C/mol}]$ ， $\log 2 = 0.30$

- ・標準状態は， $1.01 \times 10^5 [\text{Pa}]$ ， $273 [\text{K}]$ である。
- ・字数制限のある解答で，化学式を用いる場合は，例えば Ca は 2 文字， Ca^{2+} は 4 文字とする。
- ・構造式は，下図の例にならって記入しなさい。



I 次の文章を読み，問 1 ～問 7 に答えなさい。

2019 年はロシアの化学者，ア が周期表を発表してから 150 年目の年に当たり，ユネスコが国際周期表年とし，記念の行事が行われた。この周期表発明以前は，元素の分類がイによって行われてきたが，この方法では既存の元素を並べて区別するだけであった。アやマイヤーは元素に特有な，原子の相対質量であるウの重要性に気が付き，ウや原子容*の順番に並べてみた。とくにアは並べていくうちに空白の部分の存在に気が付きそのまま表にした。彼の表は，発表当時は評価されなかった。しかし，空白の元素の化学的性質の詳細な予言が，のちに元素 a の同族元素で一つ周期の数が多い 13 族のガリウム，元素 b の同族元素で一つ周期の数が多い 14 族のゲルマニウム，また，スカンジウムの発見に貢献し，周期表の重要性を世に知らしめた。ただし，その当時の周期表は元素の数も少なく，アルゴンなどのエも含まれていなかった。またこの周期表でも当時は同じ 2 価のイをとる金属としてウの小さい方から元素 c，元素 d，カドミウム，元素 e，が同じ族に属していた。現在で

はこれらは二つの族に区別されている。エ の イ はゼロであったので現在の 17 族と 1 族の間の周期に入れるべきとして エ が表の右端に置かれるようになった。また、現在では ウ に代わって原子番号の順番に並べている。⁽²⁾

原子には原子番号と同じ数の電子が原子核の周りにあり、電子殻と呼ばれる層の中に、内側から埋まっていく。そこで化学反応や化学結合に関係する、もっとも外側の殻の電子数である オ によって元素の化学的性質は決まることがわかった。周期表は、このように改訂されながら現在の形にまで発展してきた。

(*原子容：原子 1 モルの単体の固体が占める容積。)

問 1 ア ~ オ の空欄に当てはまる人名や語句を答えなさい。

問 2 イ の性質だけでは元素を並べる周期表ができない理由は何か、下線部(1)を参考にして、30 字以内で答えなさい。

問 3 下線部(2)のようになったのは、ウ が原子番号に比例しないためである。比例しない理由は何か、30 字以内で答えなさい。

問 4 元素 a と元素 b の元素名と元素記号をそれぞれ書きなさい。

問 5 元素 c と元素 e は 2 族の典型元素で、硫酸塩はそれぞれ医療用ギプス、X 線撮影の造影剤に利用される。それぞれの元素名と元素記号を書きなさい。

問 6 元素 d はカドミウムと同じく 12 族の金属元素である。元素 c、元素 d、元素 e のイオンがすべて入った塩基性溶液を調製した。どんな化合物を加えたら元素 d のみを沈殿物として分離できるか。加える化合物名と得られる沈殿物の化学式をそれぞれ記しなさい。

問 7 元素 c、元素 d の電子配置をそれぞれ解答用紙の指示にそって答えなさい。

Ⅱ 次の文章を読んで、問1～問7に答えなさい。ただし、数値が与えられている問い以外では、酢酸の電離定数は K_a 、水のイオン積は K_w とする。

Na_2CO_3 は、 NaCl と CaCO_3 を原料とした ア により、合成することができる。原料を直接混合しても反応は進行しないが、以下の反応を組み合わせることで達成される。副生する CaCl_2 は水に易溶で、溶解熱が大きいことから、融雪に寄与する。また、イ によって、凍結を防ぐことができる。

反応1： NaCl の飽和水溶液に NH_3 を十分に溶かし、これに A を通じると B と白色沈殿 C が得られる。

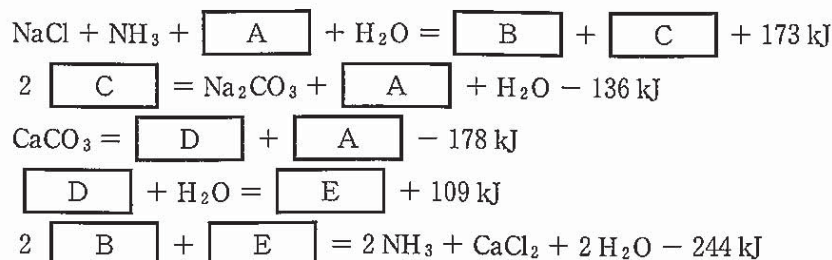
反応2：C を加熱することで Na_2CO_3 が得られる。生じた A は回収して、再利用される。

反応3： CaCO_3 を加熱することで D が得られる。

反応4：D と水を反応させることで E が得られる。

反応5：B と E を反応させることで、 CaCl_2 が得られ、生じた NH_3 は回収して、再利用される。

ここで、反応1～反応5の熱化学方程式は次のとおりとする。



Na_2CO_3 は NaOH と A を反応させることでも合成することができる。 NaOH は強塩基として働き、 CH_3COOH の水溶液に NaOH を添加していくと pH は上昇していく。また、 NaOH の水溶液を希釈していくと pH は下がっていく。

問 1 および に入る適切な語句を次の(あ)~(こ)の中から選び、記号で答えなさい。

- (あ) アンモニアソーダ法(ソルベー法), (い) ハーバー・ボッシュ法,
(う) オストワルト法, (え) クメン法, (お) 接触法, (か) 凝固点降下,
(き) 過冷却, (く) ブラウン運動, (け) 浸透圧, (こ) 感光性

問 2 ~ に入る適切な化学式を書きなさい。

問 3 100 mol の NaCl から Na_2CO_3 を合成するのに必要な CaCO_3 の物質量を答えなさい。ただし、原料は NaCl と CaCO_3 のみを用い、反応は完全に進行し、反応生成物を全て回収できるものとする。

問 4 NaCl と CaCO_3 から Na_2CO_3 と CaCl_2 を合成するときの熱化学方程式を示しなさい。

問 5 無色透明の $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の結晶を、乾燥した空气中で結晶の表面に変化が現れるまで放置した。観測される現象の名称を答えなさい。また、放置前と比べて固体の質量は増加するか、減少するか、変化しないか答えなさい。

問 6 滴定に関する次の文章を読み、次の(1)と(2)の問いに答えなさい。

濃度 c [mol/L] の CH_3COOH 水溶液 90 mL に、濃度 c [mol/L] の NaOH 水溶液を滴下した。酢酸が十分残存するときの水素イオン濃度は、酢酸の電離前後のモル濃度変化を考えることで求めることができる。ただし、滴下後の溶液の体積は、滴下前の CH_3COOH 水溶液の体積と、滴下した NaOH 水溶液の体積の合計と等しいものとし、本実験における酢酸の電離度は 1 に比べ著しく小さいものとする。

- (1) NaOH 水溶液を滴下前、30 mL 滴下したとき、および 45 mL 滴下したときの水素イオン濃度を、 c 、 K_a 、 K_w のうち必要なものを用いて、それぞれ式で表しなさい。
- (2) NaOH 水溶液を 30 mL 滴下したときから、60 mL 滴下したときの pH の変化量を小数点以下 1 桁で答えなさい。

問 7 希釈に関する、次の文章を読み、次の(1)～(3)の問いに答えなさい。ただし、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とし、二酸化炭素の影響は考えなくて良い。また、 NaOH の電離度は 1 とする。

0.10 mol/L の NaOH 水溶液を希釈していくと pH は下がっていく。しかし、希釈を続けていくと、pH はある値に収束していく。これは十分に低濃度の強塩基の水溶液では、水の電離により生じる H^+ の濃度、 OH^- の濃度が影響するためである。

- (1) 0.10 mol/L の NaOH 水溶液の pH を小数点以下 1 桁で答えなさい。
- (2) NaOH 水溶液を十分に希釈したときに収束する pH の値を小数点以下 1 桁で答えなさい。
- (3) $4.5 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ に希釈した NaOH 水溶液の pH を小数点以下 1 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

必要ならば、 $x^2 + 0.45ax - a^2 = (x + 1.25a)(x - 0.8a)$ を用いてよい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～問 6 に答えなさい。

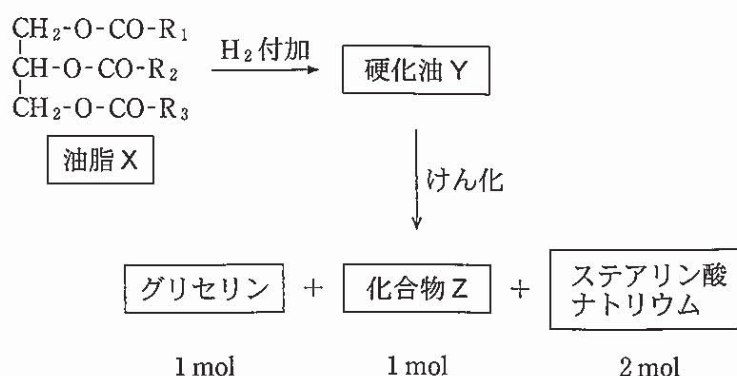
油脂は構成成分に高級脂肪酸とグリセリンがエステル結合によってできた有機化合物であり、天然に多く存在する。常温で固体の油脂を A といい、B 脂肪酸を多く含み牛脂や豚脂のように主に動物から得られる。一方、液体の油脂を C といい、D 脂肪酸を多く含み大豆油やオリーブオイルなどのように主に植物から得られる。D 脂肪酸は、一般に E 型の立体構造をもつため、分子全体が折れ曲がる。

今回、パルミチン酸($C_{15}H_{31}COOH$)、オレイン酸($C_{17}H_{33}COOH$)、リノール酸($C_{17}H_{31}COOH$)の混合物とグリセリンから油脂を合成し、得られた複数の油脂を分離、精製して純物質として油脂 X を得た。油脂 X の構造を明らかにするため以下の実験を行なった。

実験 1 : 428 mg の油脂 X を完全に加水分解するために、84 mg の水酸化カリウムを必要とした。

実験 2 : ニッケル触媒の存在下で 0.5 mol の油脂 X を水素と反応させると、標準状態で 33.6 L の水素が付加して不斉炭素をもつ硬化油 Y が得られた。

実験 3 : 1 mol の硬化油 Y を 3 mol の水酸化ナトリウムで加水分解するとけん化が起こり、1 mol のグリセリンと 1 mol の化合物 Z、そして 2 mol のステアリン酸ナトリウムが得られた。



問 1 A ~ E に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 油脂 X の分子量を求め、計算過程も示しなさい。ただし、分子量は小数点以下を四捨五入した整数で答えなさい。

問 3 実験 1 ~ 3 より考えられる硬化油 Y の構造を油脂 X にならって示しなさい。なお、硬化油 Y の構造を求める考え方を示し、不斉炭素には*印をつけなさい。ただし、炭化水素基の部分は C_mH_n (m と n は整数) の形式で示しなさい。

問 4 油脂 100 g に付加するヨウ素の質量(単位: g)をヨウ素価という。ヨウ素価に関する次の(1)と(2)の問いに答えなさい。

- (1) 油脂 X のヨウ素価を有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。
- (2) 一般に、ヨウ素価の大きい油脂の融点が低いと言われている。その理由を 45 字以内で説明しなさい。

問 5 ステアリン酸ナトリウムに関する次の(1)と(2)の問いに答えなさい。

- (1) ステアリン酸ナトリウムを水-エタノール混合液に溶解させ、フェノールフタレイン指示薬数滴を滴下した。この時どのような変化が起こるか、またその理由を説明しなさい。
- (2) ステアリン酸ナトリウムのようにイオン化したカルボキシ基のような親水性部分と炭化水素基の疎水性部分をバランスよく持つ物質を一般になんというか、名称を答えなさい。

問 6 化合物 Z の水溶液にマグネシウムイオンを多く含む水溶液を添加すると、沈殿が生成した。この沈殿の分子式を示しなさい。

Ⅳ 次の文章を読んで、問 1 ～問 4 に答えなさい。

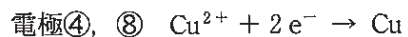
次ページの図のように複数の電解槽を用いて電気分解するとき、各電解槽を直列につなぐ方法(直列接続)と、並列につなぐ方法(並列接続)がある。直列接続では、電解槽 A、B どちらにも同じ大きさの電流が流れ、電解時間は等しいから、電解槽 A、B を流れる電気量をそれぞれ Q_A と Q_B とすると、回路全体に流れる電気量 Q は

$$Q = Q_A = Q_B$$

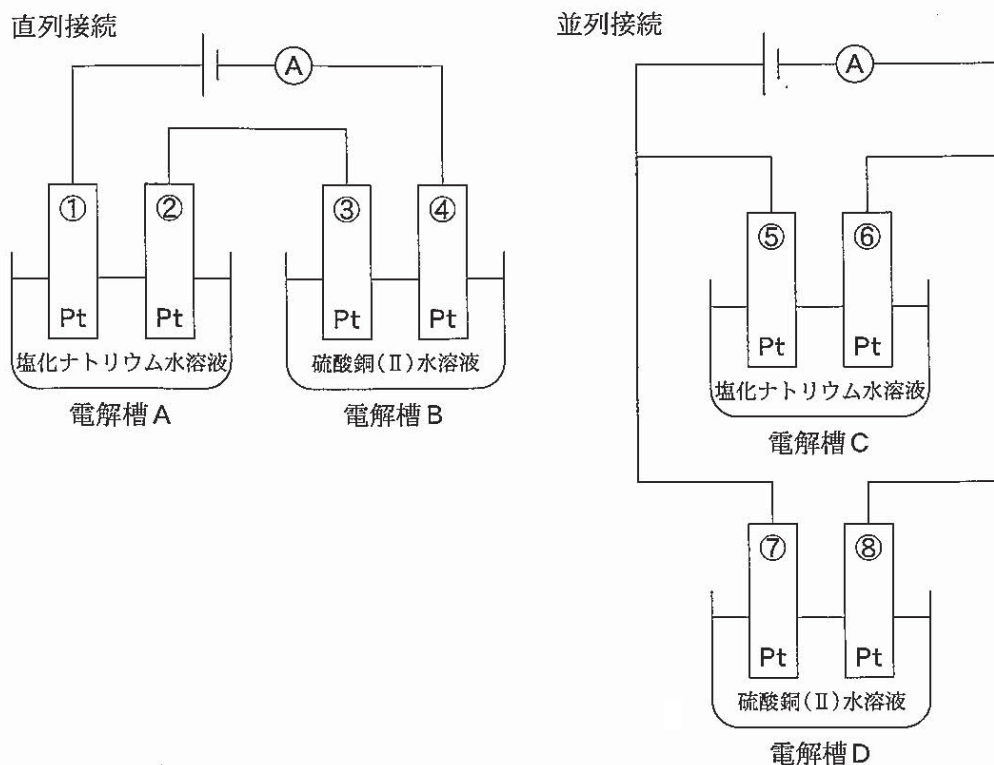
となる。一方の並列接続では、電源からの電流は電解槽 C、D に分かれて流れる。電解時間は等しいから、電解槽 C、D を流れる電気量をそれぞれ Q_C と Q_D とすると、回路全体に流れる電気量 Q は

$$Q = Q_C + Q_D$$

となる。電解槽 A、C には塩化ナトリウム水溶液を入れ、電解槽 B、D には硫酸銅(Ⅱ)水溶液を入れた。すべての電極に白金電極を用い、直流電源と直流電流計をつないで装置を組み立てた。各電極でのイオン反応式は以下である。



直列接続と並列接続両方とも、電極③と電源の正極につながれた電極①, ⑤と⑦は ウ 極であり、物質が電子を失う エ 反応が起こる。電極②と電源の負極につながれた電極④, ⑥と⑧は オ 極であり、物質が電子を受け取る カ 反応が起こる。



問 1 ア と イ に当てはまるイオン反応式, ウ ~
カ に当てはまる語句を書きなさい。

問 2 直列接続の装置に, 1.00 A の電流を 32 分 10 秒間通じ, 電気分解を行った。次の(1)と(2)の問いに答えなさい。

- (1) 電極④で析出する金属は何 mol か。有効数字 2 桁で求め, 計算過程も示しなさい。
- (2) 電解後, 電解槽 B 内の水溶液 250 mL のうち 5.00 mL を取り出した。取り出した水溶液を中和するのに 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は何 mL 必要か。有効数字 2 桁で求め, 計算過程も示しなさい。

問 3 並列接続の装置に、 2.00 A の電流を 1 時間 20 分 25 秒間通じ、電気分解を行うと、電極⑧では 1.27 g の金属が析出した。次の(1)~(3)の問いに答えなさい。

- (1) 電解槽 C に流れた電気量の大きさは何クーロン(C)か。有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。
- (2) 電極⑥で発生する気体の $27.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.00 \times 10^5\text{ Pa}$ での体積は何 L か。ただし、発生した気体は水に溶けないものとし、有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。
- (3) 電解槽 C の水溶液を水酸化ナトリウム水溶液に変えて電気分解を行った。このとき、電極⑤で起こる変化をイオン反応式で示しなさい。

問 4 電気分解は金属の精錬にも用いられる。金、銀、ニッケル、亜鉛などの不純物を含む純度 99 % 程度の粗銅を電気分解することで銅は精錬される。電解精錬は、粗銅でできた電極(粗銅板)と 99.99 % 以上の高純度の純銅でできた電極(純銅板)を硫酸酸性にした硫酸銅(Ⅱ)水溶液中に入れ、両電極間に 0.3 V の電圧を加えることで行なわれる。次の(1)と(2)の問いに答えなさい。

- (1) 不純物である金、銀、ニッケル、亜鉛の一部は粗銅板の電極の下に沈殿する。沈殿に含まれるのはどの金属か。すべての金属を示しなさい。
- (2) 沈殿しない残りの不純物はどこに存在するのか、次の(あ)~(う)のいずれかを選び、その理由を 50 字以内で説明しなさい。
 - (あ) 粗銅板の電極の表面に析出する。
 - (い) 純銅板の電極の表面に析出する。
 - (う) 水溶液に溶解する。

V 次の(A)~(G)の合成高分子について、問1～問5に答えなさい。

- (A) ナイロン66, (B) ポリエチレン, (C) ポリエチレンテレフタレート,
(D) ポリ塩化ビニル, (E) ポリスチレン, (F) ポリテトラフルオロエチレン,
(G) ポリアクリロニトリル

問1 それぞれの高分子について、(1)構造式を記しなさい。また、(2)重合の種類、および(3)該当する性質を選び、記号で答えなさい。

重合の種類：

- (ア) 付加重合 (イ) 付加縮合 (ウ) 開環重合 (エ) 縮合重合

性質：

- (a) 耐薬品性、耐久性に優れ、燃えにくく、水道配管や建築資材として生活に密着している。
(b) 耐熱性や耐薬品性に優れており、食器や家具に用いられる。
(c) 透明かつ強度が強い。飲料水の容器として多量に利用されている。
(d) 水性塗料や接着剤に用いられる。
(e) ベンゼン環を含み、透明で硬い。発泡させたものは断熱性に優れる。
(f) 繊維にすると肌触りが羊毛に似ていて、保温性があり、衣料や毛布に用いられる。
(g) 世界で最初に報告された合成繊維であり、肌触りや光沢が絹に似ている。
(h) 眼鏡のレンズ、ハードコンタクトレンズに用いられる。
(i) 容器や袋に使われる。合成高分子の中で最も単純な構造を持つ。
(j) 耐熱性、耐薬品性に非常に優れている。水をはじく性質が大きい。

問 2 (A)ナイロン 66 の合成反応において、両末端にカルボキシ基をもつポリマーを得た。この試料 2.00 g のベンジルアルコール溶液を $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の KOH/エタノール滴定液により中和滴定したところ、8.00 mL を要した。このポリマーの分子量はいくらか。有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。ただし、滴定実験中にポリマーは分解しないものとする。

問 3 (B)ポリエチレンには高密度ポリエチレンと低密度ポリエチレンがある。透明で柔らかい性質を持つ物はどちらか。また、その性質を示す理由を 13 字以内で答えなさい。

問 4 分子量 1.94×10^5 の(C)ポリエチレンテレフタレート 1 分子中には何個のエステル結合が含まれるか。有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。

問 5 1,3-ブタジエンとアクリロニトリルの共重合反応により得られた合成ゴムの平均分子量が 5.30×10^4 であった。また、元素分析の結果、窒素の質量百分率が 9.25 % であった。この共重合体の 1 分子中に含まれるブタジエン単位の平均数を有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。