

物 理・化 学 問 題

2019年度

〈H31130017〉

注 意 事 項

- この問題冊子には、物理および化学の問題が印刷されています。
受験票に記載されている理科解答パターンの問題のみを解答してください。

解答 パターン	物 理	化 学	生物 (別冊配付)
A	○	○	×
B	○	×	○
C	×	○	○

- この試験では、解答パターンがAの受験生には、この問題冊子、記述解答用紙およびマーク解答用紙を配付します。
解答パターンがBおよびCの受験生には、これらに加え「生物」の問題冊子および記述解答用紙（生物その1、生物その2）を配付します。
- 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないでください。
- 物理の問題は2～9ページ、化学の問題は12～19ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせてください。
- 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入してください。
- マーク解答用紙記入上の注意
 - 印刷されている受験番号が、自分の受験番号と一致していることを確認したうえで、氏名欄に氏名を記入してください。
 - マーク欄にははっきりとマークしてください。また、訂正する場合は、消しゴムで丁寧に、消し残しがないようによく消してください。

マークする時	● 良い	○ 悪い	○ 悪い
マークを消す時	○ 良い	○ 悪い	○ 悪い

- 記述解答用紙記入上の注意
 - 記述解答用紙の所定欄（2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入してください。
 - 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
 - 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入してください。

数 字 見 本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないでください。

	万	千	百	十	一
(例) 3825番⇒		3	8	2	5

- 解答はすべて所定の解答欄に記入してください。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
- 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
- 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにしてください。
- 問題冊子は持ち帰ってください。
- いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出してください。

必要ならば、以下の数値を用いなさい。

H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Na=23.0, S=32.1, Cl=35.5,

K=39.1, Ca=40.1, Ti=47.9, Mn=54.9, Fe=55.9, Sr=87.6

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

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

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

$\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\sqrt{5}=2.24$, $\log_{10} 2=0.301$, $\log_{10} 3=0.477$

化学（マーク解答問題）

〔I〕 次の（1）～（10）の文中、（ A ）、（ B ）、（ C ）にもっとも適合するものを、それぞれ A 群、B 群、C 群の（イ）～（ホ）から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

- （1）多くの元素には複数の同位体が存在し、それらの同位体は（ A ）の数が異なる。自然界には、相対質量 63 の ^{63}Cu と相対質量 65 の ^{65}Cu が安定に存在する。1.00 mol/L 硫酸銅(Ⅱ)水溶液 500 mL に 2 本の白金電極を挿入し、2.00 A の電流を 25 分間流した。（ B ）が進行し、他方の電極では気体は発生せずに銅が 0.987 g 析出した。このことから、 ^{63}Cu と ^{65}Cu の存在比は、およそ（ C ）である。

A：（イ）価電子 （ロ）原子殻 （ハ）中性子 （二）電子 （ホ）陽子
B：（イ）正極では酸化反応 （ロ）陽極では酸化反応 （ハ）陰極では還元反応
（二）負極では還元反応 （ホ）正極では還元反応
C：（イ）9：1 （ロ）7：3 （ハ）5：5 （二）3：7 （ホ）1：9

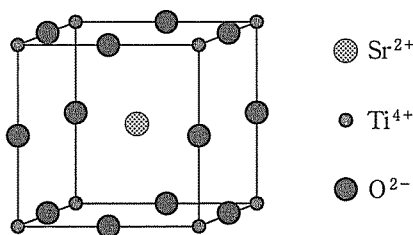
- （2）アルミニウムや亜鉛は、単体が酸の水溶液とも強塩基の水溶液とも反応することから（ A ）元素に分類される。ただし、（ B ）にアルミニウムを入れると表面に酸化皮膜ができ、それ以上反応が進行しなくなる。またアルミニウムは、工業的には融解した（ C ）の中で酸化アルミニウムを電気分解して製造される。

A：（イ）金属 （ロ）遷移 （ハ）典型 （二）非金属 （ホ）両性
B：（イ）水酸化ナトリウム水溶液 （ロ）濃アンモニア水 （ハ）濃塩酸
（二）濃硝酸 （ホ）濃硫酸
C：（イ）シリカゲル （ロ）石英 （ハ）鉄鉱石
（二）水晶石 （ホ）ミョウバン

- （3）アンモニアは、工業的には（ A ）により窒素と水素から触媒を用いて合成される。一方、実験室では、 NH_4Cl と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を加熱して発生させ、その後（ B ）で捕集する。2.14 g の NH_4Cl と十分な量の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を混合して加熱し、発生したすべてのアンモニアを水に溶かして 2.0 L の水溶液を得た。このアンモニア水溶液の pH は（ C ）である。なお、アンモニアの電離定数 K_b は $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積 K_w は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ である。

A：（イ）アンモニアソーダ法 （ロ）オストワルト法 （ハ）クメン法
（二）接触法 （ホ）ハーバー・ボッシュ法
B：（イ）ソーダ石灰で乾燥後、上方置換 （ロ）ソーダ石灰で乾燥後、下方置換
（ハ）濃硫酸で乾燥後、上方置換 （二）濃硫酸で乾燥後、下方置換
（ホ）水で洗浄後、水上置換
C：（イ）3.22 （ロ）7.22 （ハ）8.78 （二）9.22 （ホ）10.78

- (4) 下図は Sr^{2+} と Ti^{4+} を含む酸化物の単位格子である。単位格子は立方体であり、 Sr^{2+} は立方体の中心に、 Ti^{4+} は立方体の各頂点に、 O^{2-} は各辺の中点に位置する。単位格子中には、 Ti^{4+} は (A) 個含まれている。単位格子の1辺の長さは 0.391 nm なので、この酸化物の密度は (B) g/cm^3 である。また、結晶中では、1つの Ti^{4+} から最も近い距離にある Sr^{2+} の数は (C) 個である。



- A : (イ) 1 (ロ) 2 (ハ) 3 (ニ) 4 (ホ) 8
 B : (イ) 4.65 (ロ) 5.10 (ハ) 5.54 (ニ) 6.43 (ホ) 6.87
 C : (イ) 1 (ロ) 4 (ハ) 6 (ニ) 8 (ホ) 12

- (5) 以下の水溶液 (a) ~ (e) について考える。

- | | | |
|---------------|----------------|---------------|
| (a) 塩化亜鉛水溶液 | (b) 硝酸銀水溶液 | (c) 硝酸銅(Ⅱ)水溶液 |
| (d) 硫酸鉄(Ⅱ)水溶液 | (e) 硫酸ナトリウム水溶液 | |

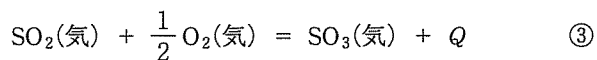
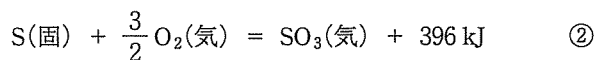
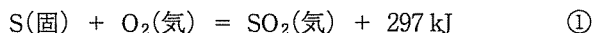
塩化バリウム水溶液を加えると沈殿が生じるのは (A) である。アンモニア水を加えたとき沈殿が生じ、さらに過剰のアンモニア水を加えた後に沈殿が残るのは (B) である。酸性水溶液もしくは塩基性水溶液にして硫化水素を通じたとき、酸性水溶液と塩基性水溶液で違いがみられるのは (C) である。

- A : (イ) d (ロ) dとe (ハ) aとdとe
 (ニ) bとdとe (ホ) cとdとe
 B : (イ) a (ロ) b (ハ) c (ニ) d (ホ) e
 C : (イ) e (ロ) aとc (ハ) aとd (ニ) bとc (ホ) cとd

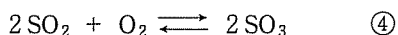
- (6) 水の密度は 27°C で 1.0 g/cm^3 であるので、水分子1個の体積はおよそ (A) m^3 である。塩化ナトリウム水溶液中で溶質は、(B) ために水分子の数倍以上の大きさがあるようにふるまう。このことから水溶液中の塩化物イオンやナトリウムイオンは、水分子の大きさの数倍程度の孔が多数空いている半透膜をほとんど透過できない。この半透膜で仕切られた容器の片側に、 0.60 mol/L 塩化ナトリウム水溶液を入れ、もう一方に純水を入れると、 27°C ではおよそ (C) Pa の浸透圧が生じる。塩化ナトリウム水溶液側に (C) Pa よりも十分に高い圧力をかけると、純水側に水分子が移動する。これを利用して海水を淡水化することができる。

- A : (イ) 3.0×10^{-35} (ロ) 1.7×10^{-30} (ハ) 3.0×10^{-29}
 (ニ) 1.7×10^{-24} (ホ) 3.0×10^{-23}
 B : (イ) 凝固点を低下させる (ロ) 水和されている (ハ) 中和されている
 (ニ) チンダル現象を引き起こす (ホ) 沸点を上昇させる
 C : (イ) 3.0×10^5 (ロ) 1.5×10^6 (ハ) 3.0×10^6
 (ニ) 1.5×10^7 (ホ) 3.0×10^7

- (7) 硫黄の燃焼により二酸化硫黄または三酸化硫黄が生成する反応の熱化学方程式は、それぞれ①と②で表される。
二酸化硫黄から三酸化硫黄が生成する③の反応熱 Q は、(A) kJ である。



また触媒の存在下、密閉容器内において二酸化硫黄と酸素と三酸化硫黄は化学平衡に達する (④)。



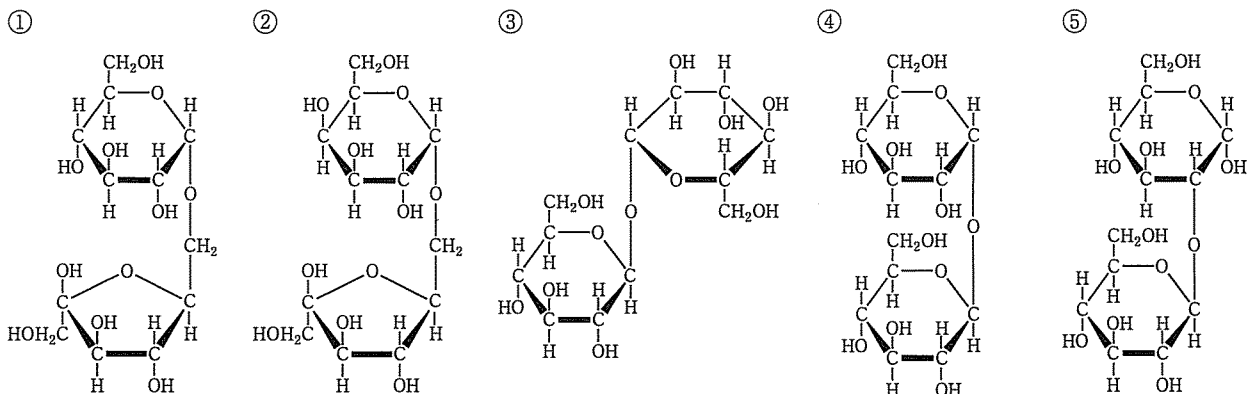
- ④の平衡をもっとも効果的に右方向に移動させるためには、(B) する。二酸化硫黄 1.00 mol と酸素 1.00 mol を、体積は無視できる微量の触媒とともに体積 100 L の密閉容器に入れ、温度を 930 °C に保ったところ ④が平衡に達し、圧力が $1.90 \times 10^5 \text{ Pa}$ になった。930 °C での平衡定数 K_c は (C) L/mol である。

A : (イ) -198 (ロ) -99 (ハ) 99 (ニ) 198 (ホ) 693

B : (イ) 圧力は低く、温度は低く (ロ) 圧力は低く、温度は高く (ハ) 圧力は高く、温度は低く
(ニ) 圧力は高く、温度は高く (ホ) 圧力一定で、温度は高く

C : (イ) 0.069 (ロ) 0.13 (ハ) 1.3 (ニ) 6.9 (ホ) 13

- (8) マルトースやスクロースは自然界に多く存在する二糖類である。一方、下記の①～⑤の二糖類はほとんど存在しない。



これらの中でフェーリング液に加えて加熱しても赤色沈殿が生じないのは (A) であり、 α -グリコシド結合をもつ化合物は、(B) 種類ある。また①と②の関係は (C) 異性体であるが、④と⑤の関係は (C) 異性体ではない。

A : (イ) ①と② (ロ) ②と③ (ハ) ③と④ (ニ) ③と⑤ (ホ) ④と⑤

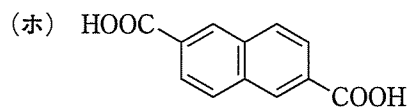
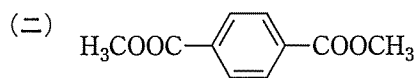
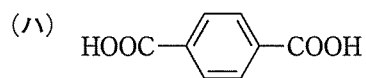
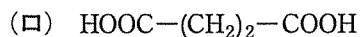
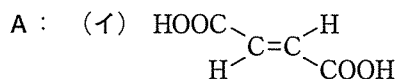
B : (イ) 1 (ロ) 2 (ハ) 3 (ニ) 4 (ホ) 5

C : (イ) 幾何 (ロ) 鏡像 (ハ) 光学 (ニ) 構造 (ホ) 立体

- (9) 分子式が $C_8H_{10}O$ で表されるベンゼン環をもつ芳香族化合物について可能な構造異性体と光学異性体をすべて考える。それらの中で、ナトリウムと反応して水素を発生するが水酸化ナトリウム水溶液と反応しない化合物群 X には (A) 種類の化合物が存在する。一方、ナトリウムと反応しない化合物群 Y には (B) 種類の化合物が存在する。 Y に属するすべての化合物は、 X に属するいずれの化合物よりも (C)。

- A : (イ) 3 (ロ) 4 (ハ) 5 (ニ) 6 (ホ) 15
 B : (イ) 3 (ロ) 5 (ハ) 8 (ニ) 9 (ホ) 12
 C : (イ) 極性大きい (ロ) 沸点が高い (ハ) 分子間力が弱い
 (ニ) 水への溶解度が大きい (ホ) 融点が高い

- (10) 衣料用繊維や飲料用ボトルなどに用いられるポリエチレンテレフタレートは、(A) とエチレングリコールを原料として得られる。(A) の構造異性体の 1 つから分子内脱水反応により得られる無水 (B) は、グリセリンと反応させると (C) 樹脂となる。



- B : (イ) アクリル酸 (ロ) コハク酸 (ハ) 酢酸
 (ニ) フタル酸 (ホ) マレイン酸
 C : (イ) アクリル (ロ) エポキシ (ハ) 感光性
 (ニ) 熱可塑性 (ホ) 熱硬化性

化学（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで、問1～問10の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

先生：Wさん、Sさん、Dさん、シュウ酸 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ について何か知っていますか。

Wさん：パセリやホウレン草など、さまざまな野菜に含まれている^(問1)ジカルボン酸の1つです。

Sさん：シュウ酸二水和物 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ は、^(問2)中和滴定の標準溶液の調製で使いました。

Dさん：シュウ酸は、^(問3)酸化・還元のところ習いました。

先生：そうですね。またシュウ酸から水素イオンが電離して得られるシュウ酸イオン $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ は、さまざまな金属イオンと難溶性の塩を形成します。^(問4, 5)シュウ酸カルシウム CaC_2O_4 も難溶性塩の一つであり、その溶解度積 K_{sp} は、以下のとおり表されます。

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 1.3 \times 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

Dさん：シュウ酸イオンの物質量を求めるのに使えそうですね。

先生：その通りです。今日は、シュウ酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で中和してシュウ酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液を調製し、それを用いてシュウ酸イオンの物質量を求めてみましょう。Wさんは、シュウ酸イオンをシュウ酸カルシウムとして沈殿させましょう（実験1）。いい機会なのでSさんとDさんには、別々の方法でシュウ酸カルシウム中のシュウ酸イオンの物質量を求めてもらいます。Wさんが沈殿させたシュウ酸カルシウムを2つに分けて実験してください。

Sさん：私とDさんの実験を詳しく教えてください。

先生：Sさんは、シュウ酸カルシウムを加熱して得られる化合物の質量から、シュウ酸カルシウム中のシュウ酸イオンの物質量を求めてみましょう（実験2）。

Dさんは、まずシュウ酸カルシウムを硫酸に溶解させてシュウ酸を完全に遊離させましょう。次に、この溶液に過マンガン酸カリウム水溶液を加えた後に、硫酸鉄(Ⅱ)水溶液で滴定し、その結果からシュウ酸カルシウム中のシュウ酸イオンの物質量を求めてみましょう（実験3）。この水溶液には硫酸イオンとカルシウムイオンが含まれますが、今回の条件では硫酸カルシウムは沈殿しないので心配はいりません。さあ、はじめましょう。

3人の行った実験の手順と結果は、以下のとおり。

実験1：シュウ酸ナトリウム水溶液に塩化カルシウム水溶液を沈殿が生成しなくなるまで加え、ろ過して得られた沈殿を適量の水で洗浄した後、加熱により沈殿から完全に水を除去し、シュウ酸カルシウムを得た。

実験2：シュウ酸カルシウムを 500°C で質量が変化しなくなるまで加熱したところ、質量が21.9%減少し、9.81 gの^(問6)化合物Xが得られた。次に、Xを 600°C で質量が変化しなくなるまで加熱したところ、質量が44.0%減少し、化合物Yが得られた。 600°C で加熱したときに発生した気体を石灰水に通じたところ、石灰水が白濁した。

実験3：シュウ酸カルシウムを十分な量の濃硫酸中で加熱して溶解し、冷却後純水に加えて100.0 mLとした。この水溶液から10.0 mLを取り出し、0.200 mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液10.0 mLを加え加熱して十分に反応させたところ、過マンガン酸カリウム水溶液の赤紫色が消え無色透明となった。さらに、0.200 mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液10.0 mLを加え加熱して十分に反応させたところ、水溶液の赤紫色は消えなかった。そこでこの水溶液を温めながら、^(問9)0.100 mol/Lの硫酸鉄(Ⅱ)水溶液を用いて滴定したところ、過不足なく反応させるために22.00 mL必要であった。

問1 シュウ酸と同じジカルボン酸に分類される物質を、以下の(イ)～(ヘ)の中からすべて選び、解答欄の該当する記号を○印で囲みなさい。

(イ) アクリル酸

(ロ) アジピン酸

(ハ) ギ酸

(ニ) 炭酸

(ホ) フマル酸

(ヘ) プロピオン酸

問2 以下の(イ)～(ホ)の器具をすべて使い中和滴定の実験を行う。純水でぬれていた場合、使用する溶液で複数回内部を洗浄してから使用する器具をすべて選び、解答欄の該当する記号を○印で囲みなさい。

(イ) 中和反応を行うためのコニカルビーカー

(ロ) 溶液を滴下するためのビュレット

(ハ) 溶液を量り取るためのホールピペット

(ニ) 正確な濃度の溶液を調製するためのメスフラスコ

(ホ) ビュレットに溶液を移すために使うビーカー

問3 酸化剤としても還元剤としても用いられる物質を、以下の(イ)～(ホ)の中からすべて選び、解答欄の該当する記号を○印で囲みなさい。

(イ) Cl_2

(ロ) HNO_3

(ハ) H_2O_2

(ニ) H_2S

(ホ) SO_2

問4 0.10 mol/Lの塩化カルシウム水溶液 10 mLと 0.10 mol/Lのシュウ酸ナトリウム水溶液 90 mLを混合したところ、沈殿が生成した。水溶液の量を 100 mLと仮定し、またカルシウムイオンがすべて沈殿したものとして、シュウ酸イオンのモル濃度を有効数字2桁で答えなさい。

問5 問4において、実際の沈殿生成後の水溶液では溶解平衡を考える必要がある。沈殿生成後の水溶液中には、混合前の0.10 mol/L塩化カルシウム水溶液 10 mL中に存在していたカルシウムイオンの何%がイオンとして残っているか、有効数字2桁で答えなさい。なお、ここでは水溶液中に存在するシュウ酸イオンのモル濃度は、問4で求めたモル濃度で近似できるものとする。

問6 化合物Xの組成式を答えなさい。

問7 実験2に用いたシュウ酸カルシウム中のシュウ酸イオンの物質量を有効数字3桁で答えなさい。

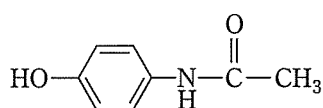
問8 実験3にある硫酸酸性条件下でのシュウ酸と過マンガン酸カリウムの反応に対応する化学反応式を、解答欄の左辺の□の中に係数を入れ、また右辺を記入して完成させなさい。

問9 鉄(II)イオンと反応した過マンガン酸イオンの物質量を有効数字3桁で答えなさい。

問10 実験3で用いたシュウ酸カルシウム中のシュウ酸イオンの物質量を有効数字3桁で答えなさい。

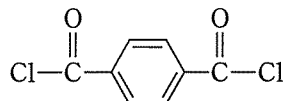
〔Ⅲ〕 次の文章を読んで、問1～問10の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

芳香族化合物を合成する原料として広く利用されている(問1,2) アニリンは $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 水溶液により酸化され呈色することが知られており、この反応はアニリンの検出に用いられる。アニリンに無水酢酸を作用させて得られた(a) に濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させた後、得られた生成物を塩酸中で加熱して加水分解したところ、(問4) 化合物Aが生じた。Aの水溶液を0～5℃に冷却し、亜硝酸ナトリウムを作用させた後、これに2-ナフトールの水酸化ナトリウム水溶液を加え、(問5) パラレッドとして知られる赤い色素を得た。この色素は(b) 基を含むことから、(b) 染料と呼ばれる。一方、Aの水溶液と亜硝酸ナトリウムを冷却せずに温度を上げて反応させると、塩化鉄(Ⅲ)水溶液で青紫色を呈する化合物Bが得られた。これに再び濃硝酸と濃硫酸の混合物を加え、温めて十分に反応させると、(問6) 化合物Cが得られた。また、ニッケルや白金などを触媒としてBと気体の(c) を反応させると(問7,8) 化合物Dが得られた。このDと無水酢酸との反応で得られるアセトアミノフェン(下図)は、副作用の少ない解熱剤としてかぜ薬などに配合されている。



アセトアミノフェン

化合物Aにスズと塩酸を反応させた後に中和し、(問9,10) 得られた生成物を化合物E(下図)と重合させると、HClがとれてアラミド繊維を構成する芳香族ポリアミドが得られた。アラミド繊維は強さと耐熱性に優れているため、スポーツ用品の材料やロープ、消防服などに利用されている。



化合物E

問1 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ の物質名およびClの酸化数を答えなさい。

問2 アニリンは反応して何色に変化するか。もっとも適切な色を、以下の(イ)～(ト)の中から一つ選び、記号で答えなさい。

(イ) 青 (ロ) 赤紫 (ハ) 黄 (ニ) 黒 (ホ) 白 (ヘ) 橙 (ト) 緑

問3 (a) と (c) に該当するもっとも適切な物質名を、また(b) に該当するもっとも適切な語句を、それぞれ答えなさい。

問4 化合物Aの構造式を書きなさい。

問5 パラレッドの構造式を書きなさい。

問6 化合物Cの物質名を答えなさい。

問7 化合物D 10.0 mg を完全燃焼したところ、二酸化炭素 24.2 mg、水 5.82 mg が得られた。また、化合物D 10.0 mg に含まれる N の質量は 1.28 mg であった。化合物D の分子式を答えなさい。

問8 化合物D に含まれる官能基の名称をすべて答えなさい。ただし、炭化水素基は除く。

問9 下線部の反応と同じように、簡単な分子がとれる重合反応を、以下の（イ）～（ト）の中からすべて選び、解答欄の該当する記号を○印で囲みなさい。

- （イ） アクリロニトリルからポリアクリロニトリルが得られる反応
- （ロ） アミノ酸からタンパク質が得られる反応
- （ハ） ϵ -カプロラクタムからナイロン6が得られる反応
- （ニ） α -グルコースからアミロースが得られる反応
- （ホ） セルロースと濃硝酸からトリニトロセルロースが得られる反応
- （ヘ） ブタジエンからブタジエンゴムが得られる反応
- （ト） メラミンとホルムアルデヒドからメラミン樹脂が得られる反応

問10 下線部の反応で生じた芳香族ポリアミドの平均分子量を調べたところ、 6.8×10^4 であった。この高分子には1分子あたり平均して何個のベンゼン環が含まれているか、有効数字2桁で答えなさい。計算式も示しなさい。

[以 下 余 白]

