

(令 5 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～25
地 学	26～31

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

化 学

計算のために必要であれば、次の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 O 16.0

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol, アボガドロ定数： 6.02×10^{23} /mol

I 次の文章を読んで、以下の問1～5に答えなさい。(配点19点)

電解質の水溶液に挿入した一对の電極間に直流電圧を印加すると、通常起こりにくい酸化還元反応が起こる。この操作は「電気分解」と呼ばれる。外部から供給された電気エネルギーは化学エネルギーに変換されるので、電気分解は 反応である。また、 反応が生じる電極を「陽極」、 反応が生じる電極を「陰極」という。例えば、純水に水酸化ナトリウムを添加し、その中に挿入した一对の炭素棒間に直流電圧を印加すると、水素と酸素が得られる。次に、純水に添加する物質を変更し、同様の操作を行ったところ、添加した物質はガス発生 of 挙動に応じて次の3グループに分類できた。

- | | |
|-------|-------------------|
| グループ① | 両方の電極からガスが発生する |
| グループ② | 片方の電極のみからガスが発生する |
| グループ③ | いずれの電極からもガスは発生しない |

問 1 ア ~ ウ に該当する用語として適当な組み合わせを A ~ D から選びなさい。

	A	B	C	D
ア	吸熱	吸熱	発熱	発熱
イ	酸化	還元	酸化	還元
ウ	還元	酸化	還元	酸化

問 2 純水に添加し電極間に直流電圧を印加したとき、次に示す各物質が①、②、③のいずれのグループの挙動を示すか答えなさい。なお、難溶性塩の水溶液中において、イオン濃度はゼロとみなしてよい。

塩化カリウム	硫酸ナトリウム	塩化銅
塩化銀	硝酸銅	硝酸銀

問 3 問 2 でグループ①に分類されたある物質を純水に添加し電気分解すると、片方の電極周囲の水(液量 100 mL)は酸性になり、 $\text{pH} = 2$ となった。添加した物質の化学式と電気分解時に流れた電子の物質量を求めなさい。

問 4 問 2 でグループ②に分類された物質を純水に添加し電気分解すると、様々な物質が生成する。このとき、陽極・陰極それぞれで生成される物質を、生成させるのに必要な理論分解電圧が高い順にすべて記入しなさい。

問 5 水酸化ナトリウムを純水に添加して電気分解し、陽極で発生するガスを回収する操作を考える。電極間に 20.0 A が流れたとき、標準状態で 1.00 L のガスを回収するために必要な時間を有効数字 3 桁で求めなさい。

Ⅱ 図1に示した手順の分離操作により、 Ag^+ 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} の5種の金属イオンのみを含む水溶液の系統分離を行った。これに関連する以下の問1～8に答えなさい。なお、図は一般的な系統分離の分離操作の流れを示すもので、今回の溶液の系統分離操作で沈殿①から⑦のすべてで実際に沈殿が存在することを示すものではない。(配点19点)

問1 Pb^{2+} を 1.20×10^{-2} mol/L含む溶液に希塩酸を加え、溶液の液量が1.20倍、平衡状態での溶液の Cl^- 濃度が 5.00×10^{-1} mol/Lになった。このとき、元の溶液中にあった Pb^{2+} の何%が Cl^- と塩を形成して沈殿するかを有効数字3桁で答えなさい。 Pb^{2+} と Cl^- の塩の溶解度積は 1.00×10^{-4} mol³/L³とし、副反応なども起こらず、溶解は溶解度積だけで決まるものとする。

問2 ろ液②に金属イオンが含まれているかを確認するため、この液に希硫酸を加えたところ、沈殿が生じた。沈殿した物質の化学式と色を答えなさい。

問3 ろ液③に含まれる鉄イオン(この状態の液で主に存在する鉄イオン)と反応して濃青色の沈殿をつくる試薬の化学式を答えなさい。

問4 今回の系統分離操作では、ろ液⑤にはある金属のイオンが含まれる。このイオンが沈殿④からろ液⑤に溶け出す際に起こる反応の化学反応式を答えなさい。

問5 試料溶液中の Cd^{2+} は沈殿②、③、⑤、⑥、⑦のどこで沈殿として分離されるか。その沈殿番号と沈殿した物質(Cd^{2+} の塩)の化学式と色を答えなさい。

問6 試料溶液に含まれる遷移元素の金属イオンをすべて列挙しなさい。

問7 今回の系統分離操作で沈殿した金属イオンの塩の中で NH_3 水と反応し、錯イオンをつくって溶解するものがある。その反応の化学反応式を答えなさい。

問 8 今回の系統分離操作ではある金属イオンの塩が沈殿②として分離される。
 この熱水に溶けない沈殿物は NaCl と同じ結晶構造を持つ。この物質の密度 (g/cm^3) を与える計算式を示しなさい。結晶中の陽イオンと陰イオンは接触して配置されるとし、それらのイオン半径はそれぞれ、 R_C と R_A (nm) で、モル質量は W_C と W_A (g/mol) とする。

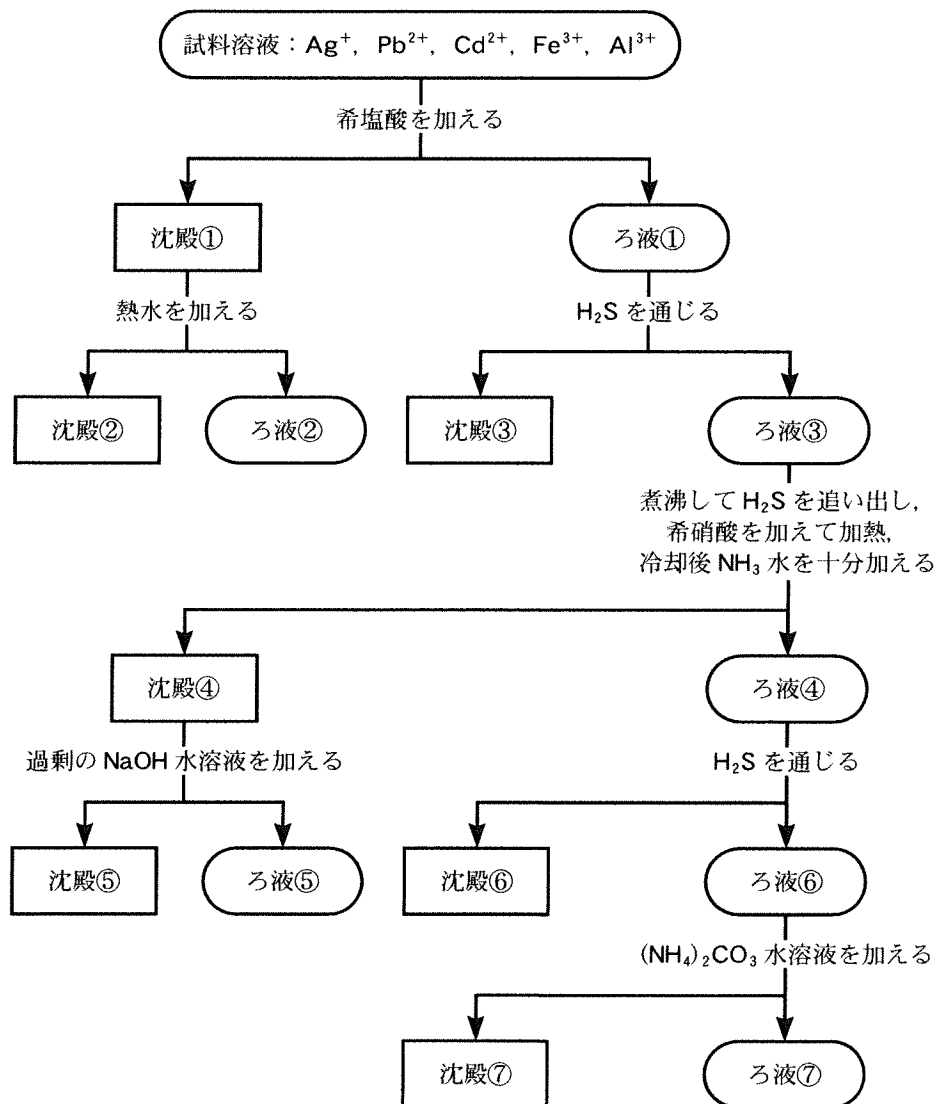
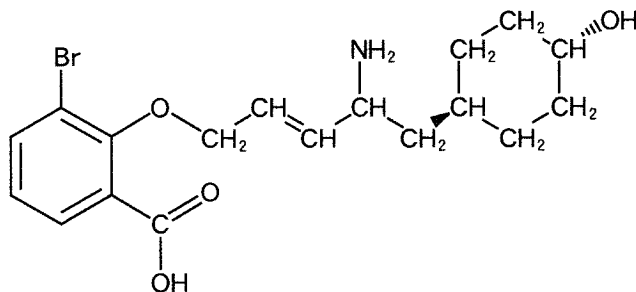


図 1

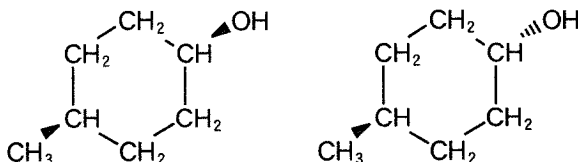
※沈殿①, ④に対する操作は、実際に沈殿が観察されるときのみ行う。

Ⅲ 次の文章を読んで、以下の問1～7に答えなさい。なお、構造式は、以下の例にならって書きなさい。構造式の記述にあたって鏡像異性体に関しては、記述しなくてよい。ただし、問6においては環状構造のシス-トランス異性体の構造式は、例のように記述しなさい。ここでのシス-トランス異性体は、C=C二重結合や環状構造などの回転ができない構造に対して生じる異性体である。(配点19点)

<構造式の記載例>



<環状構造のシス-トランス異性体の記載例>



分子式 $C_5H_6O_2$ で表され、不斉炭素を有する五員環の環状化合物 A がある。この化合物 A を酸条件下で加水分解することで、化合物 B が得られる。化合物 B は、フェーリング液を加えると、赤色の沈殿物 X が生じる。 また、化合物 B を硫酸酸性下で二クロム酸カリウム水溶液を加えて、加熱酸化すると化合物 C が得られる。

一方、化合物 A をオゾンおよび亜鉛と反応させ、さらに酸条件下で加水分解すると、ギ酸と化合物 D が得られる。化合物 D も下線部(1)と同様な反応を示す。そして、化合物 D を、硫酸酸性下で二クロム酸カリウム水溶液により加熱酸化することで、化合物 E が得られる。

また、この化合物 A と臭素を付加反応させることで、化合物 F が得られる。

問 1 化合物 A に含まれる炭素，水素，酸素の元素を確認する手法に関して，下記の a～fの中からそれぞれ適切なものを選びなさい。

- a. 焼いた銅線に付着させ，加熱する。
- b. 水酸化ナトリウムを加えて加熱し，濃塩酸と接触させる。
- c. 完全に燃焼させ，石灰水に通じる。
- d. 完全に燃焼させ，白色の硫酸銅(Ⅱ)無水塩に接触させる。
- e. ナトリウムを加えて加熱融解し，水に溶解後，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加える。
- f. 上記 a～eには該当する検出手法がない。

問 2 化合物 A の構造式を答えなさい。

問 3 化合物 B の構造式を答えなさい。また，下線部(1)で沈殿する沈殿物 X の化学式を答えなさい。

問 4 化合物 C の構造式を答えなさい。

問 5 化合物 E の構造式を答えなさい。

問 6 化合物 F は，環状化合物のシス－トランス異性体の混合物である。このシス－トランス異性体である環状化合物 F の構造式をすべて答えなさい。

問 7 化合物 B～Fのうち，不斉炭素を有する化合物の記号をすべて答えなさい。

IV 次の文章を読んで、以下の問1～5に答えなさい。(配点18点)

デンプンは多数のグルコースが脱水縮合した高分子化合物である。デンプンは冷水にはほとんど溶けない。一方、80℃程度の温水中ではのり状になる。これは可溶性成分である が溶け出すためである。 は隣り合うグルコース構造が全て同じ向きで結合するため、グルコース6個で1回転する 構造をとる。この が枝分かれした構造を持つ は温水中に不溶性成分であり、もち米の成分のほとんどを占めている。デンプンに酵素アミラーゼを作用させると加水分解して二糖である が得られ、この に酵素 を作用させるとグルコースが得られる。得られたグルコースを原料として、微生物の一種である酵母を用いたアルコール発酵によりエタノールを生産することができる。

セルロースは自然界に多量に存在する高分子化合物である。セルロースは強い繊維状の物質であり、熱水にも多くの有機溶媒にも溶けにくい。セルロースはデンプンに比べて加水分解されにくい^(c)が、希硫酸を加えて長時間加熱すると加水分解されてグルコースになる。あるいは、セルロースを などの酵素によって加水分解すると、二糖である を経てグルコースが得られる。

得られたグルコースを原料とし、様々な微生物を用いることでエタノール以外の有用物質を生産することも可能となる。例えば、乳酸菌を用いた乳酸発酵により乳酸が生産できる。生成した乳酸は生分解性高分子であるポリ乳酸の原料となる。この他にも、様々なプラスチックリサイクル技術の開発が行われている。

問1 ～ にあてはまる語句を答えなさい。

問2 下線部(a)について、還元性を示さない二糖の名前を1つ答えなさい。

問 3 下線部(b)について、以下の(1), (2)の問いに答えなさい。

(1) グルコースを用いたアルコール発酵の反応式を答えなさい。

(2) 81 g のデンプンを酵素で加水分解して酵母でアルコール発酵を行うと、最大で何 g のエタノールが生成できるか答えなさい。

問 4 下線部(c)の理由を述べた以下の文章の空欄 及び に当てはまる語句を答えなさい。

セルロースの分子は、隣り合うグルコース単位が交互に糖の環平面の上下の向きを変えながら 結合しており、分子全体では 構造をとっている。この構造により分子内及び分子間に水素結合が形成されるため。

問 5 下線部(d)について、プラスチックのリサイクル手法の名前を2つ答えなさい。