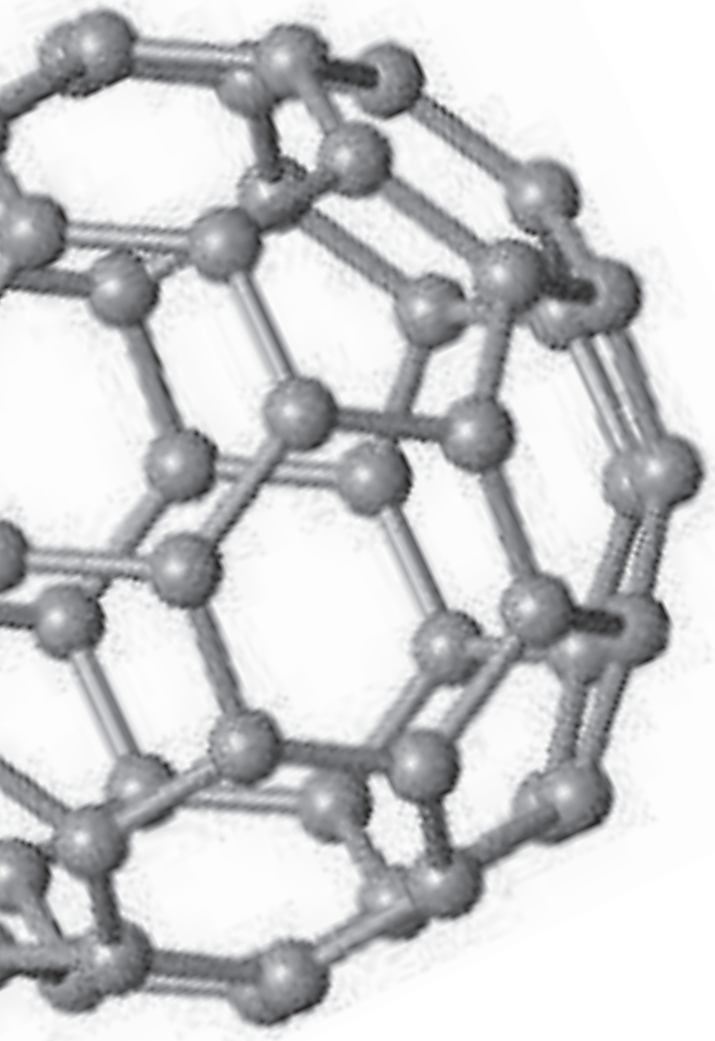
SS化学実験
実験書

2024年改訂版



大阪府立生野高等学校　化学科

SS 化学実験「実験書」2024 年改訂版 目 次

理論１ 器具の基本操作 2
理論２ 混合物の分離(1) ～分離方法を考える～ 4
理論３ 混合物の分離(2) ～砂･食塩･ヨウ素の混合物を分離する～ 5
理論４ 混合物の分離(3) ～蒸留･抽出とペーパークロマトグラフィー～ 8
理論５ 成分元素の検出 11
理論６ 物質の三態 13
理論７ 化学結合 ～熱伝導性の比較～ 15
理論８ 気体 1 mol の体積とアボガドロの法則 17
理論９ 化学反応の量的関係 19
理論 10 中和滴定 ～食酢中の酢酸濃度を求める～ 22
理論 11 酸化還元反応(1) ～酸化還元の定義～ 24
理論 12 酸化還元反応(2) ～さまざまな酸化還元反応～ 26
理論 13 酸化還元滴定(1) ～過マンガン酸カリウム水溶液の濃度決定～ 28
理論 14 酸化還元滴定(2) ～ヨウ素滴定～ 30
理論 15 金属のイオン化傾向 32
理論 16 電池 35
理論 17 電気分解 37
理論 18 ファラデー定数を求める 39
理論 19 溶液の性質 ～溶解～ 42
理論 20 コロイド 45
理論 21 ヘスの法則 48
理論 22 反応速度 50
理論 23 化学平衡 53

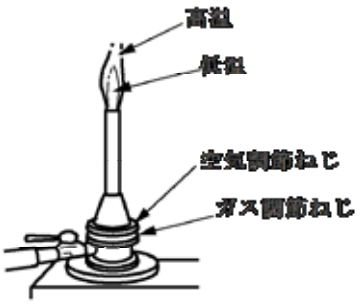
無機１ 水素と酸素・オゾン 56
無機２ 硫黄とその化合物 59
無機３ 窒素化合物 62
無機４ ハロゲンとその化合物 65
無機５ アルカリ金属とその化合物 68
無機６ 鉄イオンの反応 71
無機７ 銅･銀とそのイオンの反応 73
無機８ 金属イオンの分離 76

有機１ 炭化水素の性質 79
有機２ アルコール・アルデヒド・ケトンの性質 81
有機３ エステルの合成 83
有機４ サリチル酸の反応 85
有機５ フェノールとアニリン 87
有機６ タンパク質の呈色反応 89

★ 生野高校ＳＳＨ 化学分野 実験動画集 91

理論１　器具の基本操作

【目的】多くの実験で用いる器具の基本的な操作方法を習得する。



【準備物】・0.1 mol/L 硫酸銅(Ⅱ)$CuSO_4$水溶液（試薬瓶）
・2.0 mol/L アンモニア水（試薬瓶）
・試験管１　・駒込ピペット　・点火器

【実験操作】

A ガスバーナーの使い方

(1)　ガス調節ねじと空気調節ねじがどちらも回ることを確かめ，軽く閉めておく。
(2)　ガスの元栓をあける。
(3)　点火器に火をつける。（またはマッチを擦る。）
(4)　ガス調節ねじを開け，点火する。（初め空気が出てすぐに火がつかないことがある。その時はいったん点火器やマッチを離してまた近づける。）
(5)　ガス調節ねじを回して適当な大きさの炎にする。（このときは黄色く揺れる炎。）
(6)　空気調節ねじを回して青い炎にする。炎の中心に周囲よりもはっきりとした青い三角形が見えるようにする。
(7)　すぐあとに使う予定があれば，消さずに小さい黄色の炎にしておく。
(8)　消すときは，空気調節ねじ→ガス調節ねじ→ガスの元栓の順に軽く閉める。

B 試薬の注ぎ方，試験管の振り方，駒込ピペットの使い方の練習～銅の化合物を用いて～

(1)　0.1 mol/L 硫酸銅(Ⅱ)$CuSO_4$水溶液を試薬瓶から直接注いで試験管に約３ mL 取る。
(2)　駒込ピペットで2.0 mol/L アンモニア水を５滴加え，よく振り混ぜる。

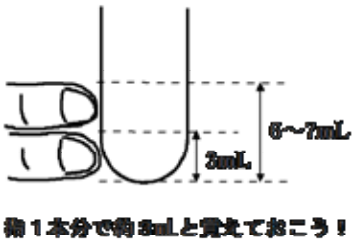
記録 反応のようす

(3)　さらに駒込ピペットでアンモニア水を１ mL 加え，よく振り混ぜる。変化が見られないときは１滴ずつ滴下を続け，明らかな変化が見られたら滴下をやめる。

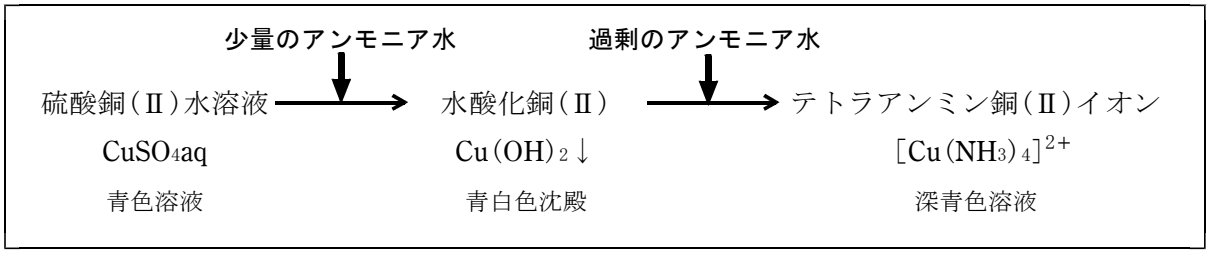
記録 反応のようす

＜駒込ピペットの使い方＞

１．スポイトゴムだけを持たず，中指から小指でガラス部分を保持し，親指と人差し指でスポイト部分をはさんで操作をする。（ピペットが外れたり、液体が飛び出す恐れあり。）
２．親指でスポイトを押し，液体に少し深く入れ，吸い上げる。（入れ方が浅いと，吸ったときに駒込ピペットの先が液面から離れて空気を吸ってしまう。）
３．液体を注ぐ容器は出来るだけ近くに置いておき、手際よく移動する。
４．駒込ピペットは基本的に垂直に立てて使用する。先端をスポイトより上に向けると，隙間から液体が漏れ出たり、スポイトが傷む恐れあり。



【参考】B の反応は次の通り。（今は化学式を覚える必要なし）



【記録欄記入例】

B (2) 青白色の沈殿が生成した。

(3) 青白色の沈殿が消え，深青色の溶液が得られた。

【実施上の注意点】

A ガスバーナーは３年間の実験で何度も使用するので，誰でもすぐに点火して，適当な強さの炎にできるように練習させたい。

B 試薬瓶や駒込ピペットの使い方については，硫酸銅(Ⅱ)水溶液を用いた実験を行う前に，時間があれば水で十分練習をさせてから行うとよい。反応の流れは【参考】に化学式も用いて示したが，覚える必要はなく，上位科目「化学」で学習することを知らせるにとどめればよい。

(1) 試薬瓶から試験管などに直接液体を入れるとき，受ける容器と試薬瓶を離して入れて，液を垂らす生徒が多い。試薬瓶の口を容器につけ，液を垂らさないようにするコツを身につけさせたい。

(2) 駒込ピペットの持ち方，液の吸い上げ方，液の入れ方と，試験管の振り混ぜ方のコツを身につけさせたい。

(3) 駒込ピペットの目盛りで１ mL を入れるのは生徒にとって難しい。最初に１ mL 取っておいてそれを入れる方法，多めに例えば３ mL 取って，２ mL になるまで入れる方法など，操作方法を身につけさせたい。

理論２　混合物の分離(1)　～分離方法を考える～

【課題】　「砂＋食塩＋ヨウ素」の混合物をそれぞれの成分に分離するにはどのようにすればよいか。**その実験操作を200字以上で詳しく説明せよ。**図を用いてもよい。ただし，最終的にいずれも**固体の状態で回収する**こと。

【模範解答例】

まず混合物を**図１**のようにビーカーに入れ，加熱する。ビーカーの上には冷水を入れた丸底フラスコをかぶせる。すると，昇華したヨウ素が丸底フラスコの底に析出して，分離できる。

次にビーカーに残った砂と食塩の混合物に水を加えて食塩を完全に溶解する。これを**図２**のようにしてろ過すると，ろ紙上に砂が残り，ろ液として食塩水が得られる。

最後に**図３**のようにろ液の食塩水を蒸発皿に入れ，加熱して水分を蒸発させると食塩が得られる。（これを**蒸発乾固**という）　以上214字

図１

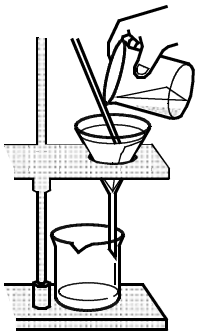


図２

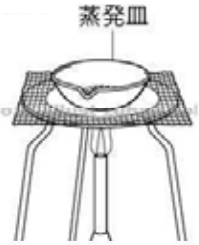


図３

【実施上の注意点】

(1)　ヨウ素が昇華すること，水にはわずかしか溶けないことは，予備知識として生徒に理解させておく必要がある。

(2)　課題を与え提出させた後，次の実験「理論２　混合物の分離(2)」をやらせてみて，自分の方法が正しいか検証させるのがベストである。

(3)　「実験操作を詳しく説明せよ」と書いてあるのに，「ろ過」とか「昇華」とか，単語だけ並べる生徒が多いので、出題者が何を求めているのかよく考えて記述するように指導が必要。

(4)　水に溶かすこともなく，いきなり「ろ過」と書く生徒も多い。水を加えても最初にろ過すると少量のヨウ素が水に溶け，ろ紙上には砂と溶けなかったヨウ素が残り，うまく分離出来ないことを実感させるとよい。

【発展課題】　「味噌から固体の食塩を取り出す方法を考えよう」

（方法例）　味噌には，食塩以外に水に溶ける有機物が含まれている。したがって，最初に味噌をバーナーで焼いて，有機物を完全に炭化してしまう。食塩は焼いても変化しないのでそのまま残っている。これを水に溶かしてろ過し，食塩水を得る。あとは蒸発乾固すれば食塩が得られる。

理論３　混合物の分離(2)　～砂･食塩･ヨウ素の混合物を分離する～

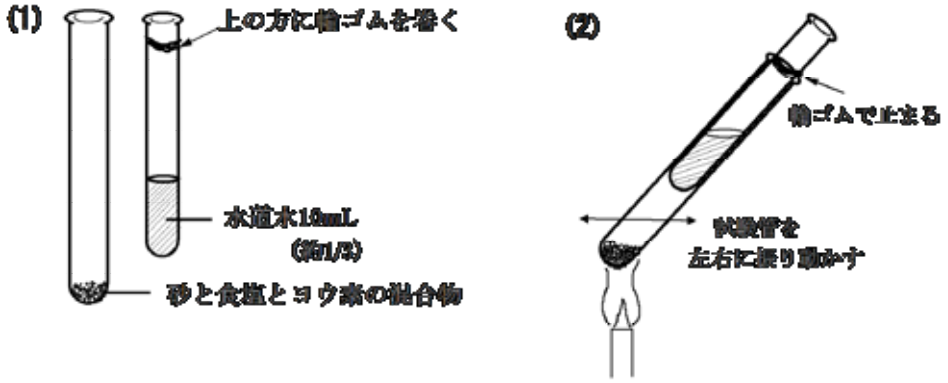
【目的】　混合物の分離方法のうち，昇華，ろ過，抽出，蒸発乾固について，その方法を学ぶ。

【準備】　・砂･食塩･ヨウ素の混合物…試験管(大)に入れておく
（砂と食塩は薬さじ大１杯，ヨウ素は微量）
・試験管(小)…輪ゴムを巻いておく　・ヘキサン３ mL …試験管に入れておく
・0.1 mol/L ヨウ化カリウム KI 水溶液…試薬瓶＆駒込ピペット
・シリコンゴム栓　・100mL ビーカー

【実験操作】

(1)　砂･食塩･ヨウ素の混合物を入れた試験管(大)に，図のように水道水10 mL を入れた試験管(小)を入れる。この時，試験管(大)の下方に約１／３以上の空間ができるように試験管(小)に輪ゴムを巻いて適当な位置で止まるように調整する。

(2)　試験管を左右に振り動かしながら穏やかに加熱し，ヨウ素を昇華させる。混合物からヨウ素の気体が発生しなくなったら加熱をやめる。



記録　ヨウ素の色・固体：　　・気体：

(3)　試験管(小)を取り出し，試験管の底に付着したヨウ素を四つ折りにしたろ紙できれいに拭き取る。(試験管の底にヨウ素が残っていないように！)
➡終わったら試験管(小)内の水を捨て，外側をブラシと洗剤で洗う。試験管(大)は操作(6)へ

(4)　(3)のヨウ素の付いたろ紙をろうとにセットし，水約３ mL を加えろ液の色を見る。その後，ヨウ化カリウム KI 水溶液を約５ mL 加える。(ろ液は試験管で受ける。)

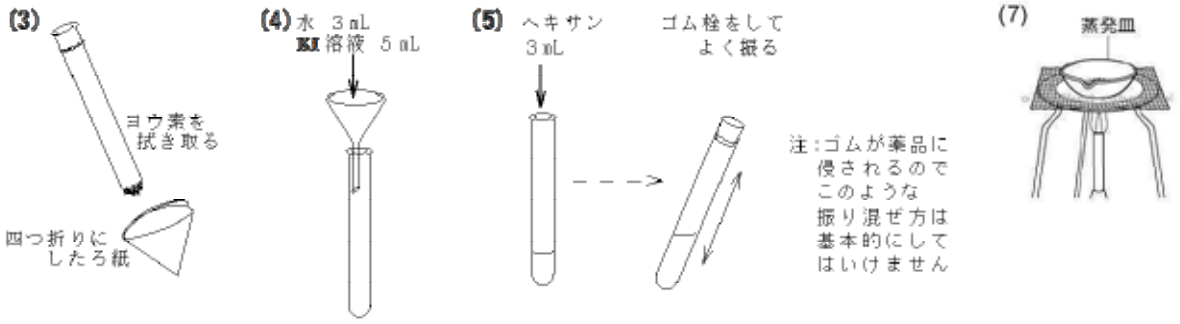
記録　ろ液の色・水を加えた時：　　・KI 水溶液では：

(5)　試験管に入ったヘキサン C_6H_{14} ３ mL を(4)のろ液に入れ，ゴム栓をして振り混ぜる。

記録　試験管内のようす

・振る前

・振り混ぜた後



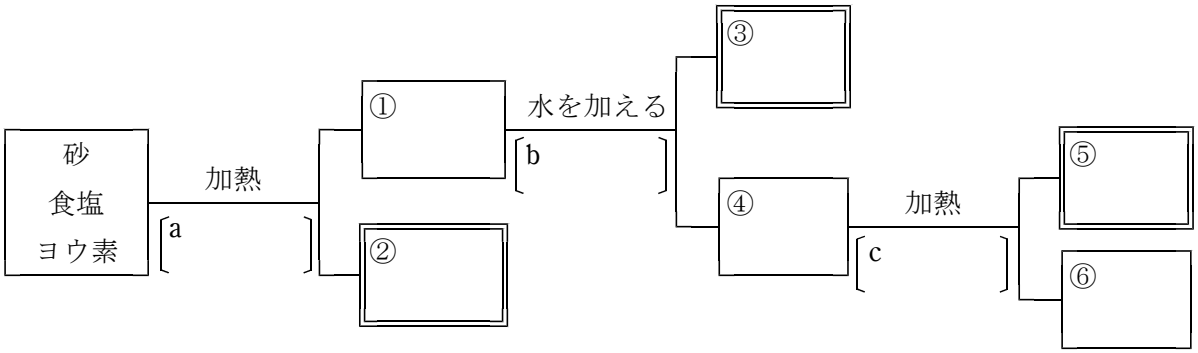
(6)　(3)で試験管(大)に残った混合物をビーカーに移し，水30mL を加えよくかき混ぜたのち，ろ過をする。ろ過後にさらに少量の水をかけ，ろ紙上に残った物質を洗う。

(7)　(6)のろ液を蒸発皿に入れ，バーナーで加熱する。沸騰し始めたら弱い炎にし，水分を完全に蒸発させる。

【考察】

1　実験操作 (1), (2), (6), (7)の実験の流れをまとめてみよう。空欄①～⑥，a ～ c に次から適当な言葉を１つ選んで記入せよ。②,③,⑤が分離した固体物質である。

・砂	・食塩	・ヨウ素	・水	・食塩水	・抽出	・昇華	・ろ過
・砂と食塩	・砂とヨウ素	・食塩とヨウ素	・蒸留	・蒸発乾固			



2　実験操作 (4), (5)で起こったことをまとめてみよう。空欄にあてはまる言葉を書け。

(4)…ヨウ素は ⑦［　　］には溶けにくいが，⑧［　　］にはよく溶け，⑨［　　］色の溶液となった。

(5)…ヨウ素は，KI 水溶液よりも，ヘキサン等の有機溶媒の方により溶けやすいという性質があり，ヘキサンを加えてよく振ると，KI 水溶液に溶けていたヨウ素がヘキサンの方に溶け出した。これを「ヨウ素が ⑩［　　］によって⑪［　　］された」という。

【考察の記入例】

1 ① 砂と食塩　② ヨウ素　③ 砂　④ 食塩水　⑤ 食塩　⑥ 水

a 昇華　b ろ過　c 蒸発乾固

2 ⑦ 水　⑧ KI 水溶液　⑨ 褐　⑩ ヘキサン　⑪ 抽出

【実施上の注意点】

(1) 最初の混合物を作るときのヨウ素は微量にしないと，昇華してできる気体の量が多すぎて，うまくいかない。操作(5)でも，下層の色が薄くならず，抽出されたことがわかりにくくなる。

(2) 操作(3)でろ紙で試験管の底に付いたヨウ素を完全に拭き取らせないと，後で手に付いたり，試験管立てが汚れたりする。中の水は捨てるだけなので，外側だけすぐ洗わせるとよい。

(3) 操作(5)でヘキサンを入れるときは壁に伝わらせて，できるだけゆっくり入れさせる。勢いよく入れると二層に分かれた上層の色が濃くなってしまう。下層が褐色で，上層がほぼ無色透明の状態から振らせると，下層の色が薄くなり，上層の色が濃くなるので，印象的である。

(4) 操作(7)で，水分がなくなってきたのに強い炎で加熱を続けると，食塩が蒸発皿から飛び散るので，それを防ぐために弱い炎にする。

理論４　混合物の分離(3)　～蒸留・抽出とペーパークロマトグラフィー～

【目的】　混合物の分離方法のうち，蒸留・抽出とクロマトグラフィーについて，その方法を学ぶ。

【準備】（演示用）

・蒸留装置は教卓に組み立て，枝付きフラスコの中には赤ワインを入れておく。
・分液漏斗　・ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液　・ヘキサン
・ビーカー　・スタンド（分液漏斗を保持できるもの）

（生徒実験用）

・細長く切ったろ紙。（試験管に入る幅で，長さは試験管の高さに合わせる。）
・サインペン数本。（生徒に持って来るよう指示。こちらでも何色か準備しておく。）
・洗びん

【実験操作】

A＜演示＞ 蒸留

(1)　組み立てた蒸留装置を見て，次の５点について確認する。
① 枝付きフラスコの中に入っているワインの量はどれくらいか。
② 突沸しないように何を入れてあるか。
③ 温度計の球部の位置はどこか。
④ リービッヒ冷却器の水の入口，出口はどちらか。
⑤ アダプターと受け器の間はどうなっているか。

(2)　加熱して流出する液体の色と燃えるかどうかを確かめる。

記録　色＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　燃えるか＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

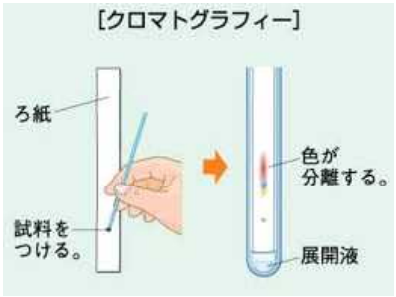
B＜演示＞ 抽出

(1)　分液漏斗のしくみを説明する。
(2)　分液漏斗にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を入れ，ヘキサンまたはジエチルエーテルでヨウ素を抽出する。
(3)　コックを開き、下層だけを取り出して見せる。

記録　どのような変化が見られたか＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

C ペーパークロマトグラフィー

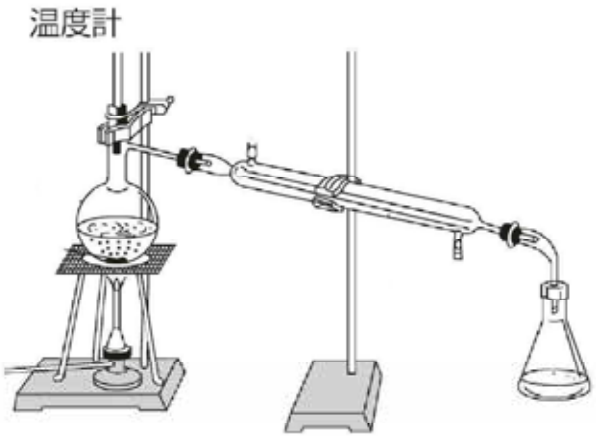
(1)　細長く切ったろ紙の下から 3 cm の高さに鉛筆で線をひく。
(2)　線の中央に水性サインペンで印をつける。
(3)　試験管に約 3 mL の水を入れ，ろ紙をつけ，変化を見る。



記録　どのような変化が見られたか＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1　次の蒸留装置の図に器具の名称，実験上の注意事項等を書き込もう。



2(1)　抽出に用いる分液漏斗の上部に穴、栓に溝があるのはなぜか。

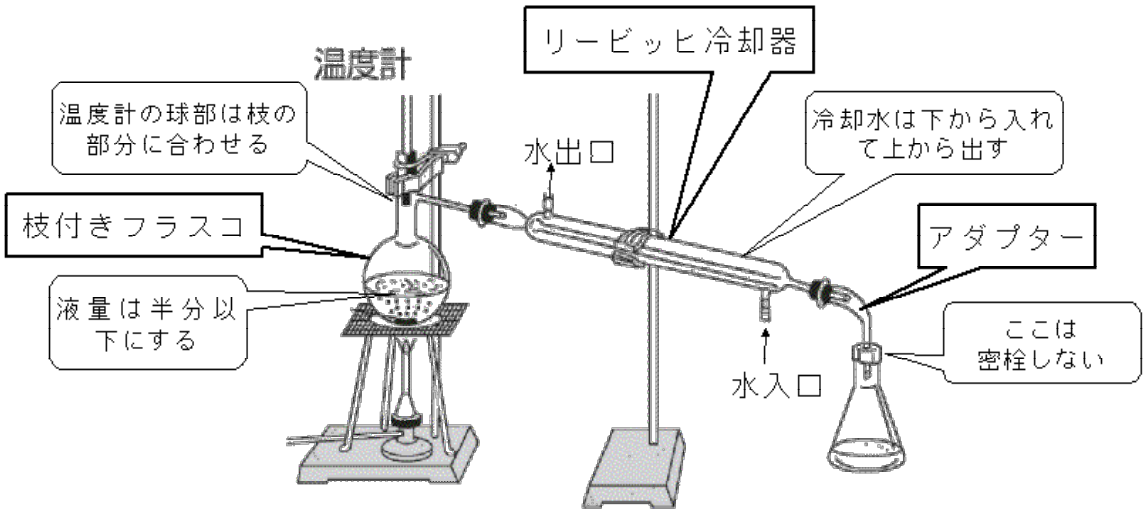
(2)　日常生活で抽出に関係のある事象をいくつかあげよ。

3(1)　クロマトグラフィーによって色素が分離できるのはなぜか。

(2)　クロマトグラフィーには，ペーパークロマトグラフィー以外にどのような種類があるか，調べてみよう。

【考察の記入例】

1



2(1)　コックを開けて液を出すときに，漏斗上部の溝と栓の穴の位置を一致させて，空気が入るようにするため。

(2)　・茶葉や挽いたコーヒー豆に熱水をかけてお茶やコーヒーをいれる。
・カツオ節やコンブで出汁(だし)をとる。
・ガムをかむ。

3(1)　各色素成分によって，ろ紙などへの吸着する力が異なり，移動速度に差が出るため。

(2)　カラムクロマトグラフィー，薄層クロマトグラフィー，ガスクロマトグラフィー，高速液体クロマトグラフィーなど

【実施上の注意点】

(1)　リービッヒ冷却器の水は，上から流したときと，下から流したときの違いを両方見せて，生徒に理解させたい。

(2)　流出した液体は無色透明であることを確認した後，蒸発皿に取るか，ピンセットでつまんだ脱脂綿にしみこませて点火して燃えることを示すとよい。その際，蒸留前の赤ワインには火が付かないことも示す。

(3)　抽出は「理論２　混合物の分離(2)～砂･食塩･ヨウ素の混合物を分離する～」で，試験管で行っているが，ここでは分液漏斗を使った方法を示す。分液漏斗の持ち方，振り方，中の気圧を下げる方法など，操作法を詳しく理解させる。

(4)　ペーパークロマトグラフィー用に油性ペンや蛍光ペンを使おうとする生徒がいるが，水ではうまく展開しない。その時は有機溶媒を展開液に用いるなど，臨機応変に対応すれば学習の幅が広がる。

理論５　成分元素の検出

【目的】炎色反応による元素の検出と，炭素や水素を検出する方法を理解する。

【準備】・スプレー容器７

（塩化リチウム LiCl，塩化ナトリウム NaCl，塩化カリウム KCl，塩化カルシウム $CaCl_2$，塩化ストロンチウム $SrCl_2$，塩化バリウム $BaCl_2$，塩化銅(Ⅱ)$CuCl_2$ の濃い水溶液を入れたもの）

・炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$…試験管に約３ g 入れておく

・硫酸銅(Ⅱ)無水物 $CuSO_4$…蒸発皿(小)に薬さじ(大)一杯分を入れておく。

・塩化ナトリウム水溶液（試薬瓶）　・0.1 mol/L 硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液（点眼瓶）

・石灰水…試験管に約５ mL 入れておく　・誘導管　・スタンド　・ガラス棒

【実験操作】

A　炎色反応による金属イオンの検出

ガスバーナーに点火し，無色で大きめの炎に，噴霧器から７種類の塩の水溶液を吹きかける。

記録　色を記録しよう。

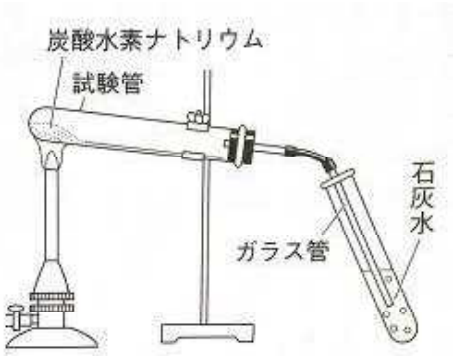
Li	Na	K	Ca	Sr	Ba	Cu

B　炭素と水素の検出

(1)　炭酸水素ナトリウム約３ g を試験管に入れ，右図のようにスタンドに固定し，加熱する。

(2)　発生した気体を石灰水に通じてその変化を見る。

記録　どのような変化が見られたか



(3)　試験管の出口付近に生成した液体をガラス棒につけ，硫酸銅(Ⅱ)無水物の白色結晶に触れさせてみる。

記録　どのような変化が見られたか

C　塩素の検出　次の(1)～(3)に各溶液に硝酸銀水溶液を１滴ずつ加えて変化を見よ。

(1)　塩化ナトリウム水溶液３ mL　(2)　水道水３ mL　(3)　純水（洗びんから）３ mL

記録　どのような変化が見られたか

(1)＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　(2)＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　(3)＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1　操作B(2)で起こった反応を反応式で表し，検出できた元素を答えよ。

反応式　　検出できた元素

2　操作B(3)で見られた変化が起こった理由を簡単に説明し，検出できた元素を答えよ。

理由　　検出できた元素

3　操作Cで反応が起こったものについて，その反応をイオンを含む反応式で表し，検出できた元素を答えよ。

反応式　　検出できた元素

【記録欄の記入例】

A

Li	Na	K	Ca	Sr	Ba	Cu
赤	黄	赤紫	橙赤	深赤	黄緑	青緑

B (2)石灰水が白濁する　　(3)液体に触れた部分が青くなる。

C (1)白色沈殿が生成した　　(2)白色沈殿が生成した　　(3)変化なし

【考察の記入例】

1　反応式：$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$　検出できた元素：カルシウム Ca

2　理由：白色の硫酸銅(Ⅱ)無水物 $CuSO_4$が水に触れ，青色の硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ に変化したから。　検出出来た元素：水素 H

3　反応式：$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$　検出できた元素：塩素 Cl

【実施上の注意点】

A・塩の濃度が小さいと色が薄い。できるだけ濃い溶液を用いる。
・ガスバーナーに塩の溶液を吹きかけるときは，汚れないように実験台の上には新聞紙など大きな紙を敷き，バーナーは上部まで濡れぞうきんで覆うようにする。
・実験後はバーナーの筒中に塩の溶液が入っているので，分解して水洗いし，よく乾かしておく。
・スプレー容器は100円ショップで売っているような簡単なものでよい。
・塩の水溶液はスプレー容器に入れたままセットで保管しておけばいつでも使用できる。ただ，塩化銅(Ⅱ)水溶液だけは入れたままにしておくとバネの部分がさびたり，穴が詰まったりして使えなくなる。使用後はスプレー部分を外して水を何度か噴霧して洗う必要がある。

B(3)　時間があれば，蒸発皿に硫酸銅(Ⅱ)五水和物の青い結晶を入れ，三脚と金網の上で加熱して白い無水物に変化させ，冷えてからガラス棒に付いた液体を触れさせるとなおよい。

C　硝酸銀水溶液は手に付くとタンパク質を変性させ，しばらくして黒くなるので注意する。これはいくら洗っても落ちず，１～２日たてば自然に消えるので，それを生徒には周知しておく。

理論６　物質の三態

【目的】　物質の三態変化と体積変化を確認させる。

【準備】（生徒実験用）

・ポリエチレンの袋（容量約２ L，あらかじめ穴があいていないことを確認しておく）
・500 mL ビーカー　・50mL ビーカー　・バット（または水槽）　・氷　・輪ゴム
・2-メチル-2-プロパノール（*t*-ブチルアルコール）
（**演示用**）・丸底フラスコ　・誘導管　・らせん状に巻いた銅管

【実験操作】

記録　固体・液体・気体
どの状態になったか？

(2)
(3)
(4)
(5)

A　2-メチル-2-プロパノールの三態変化

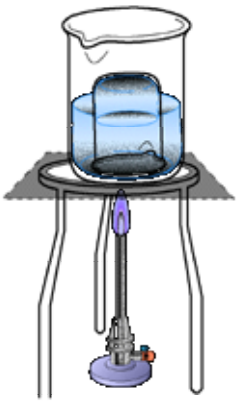
(1)　ポリエチレンの袋に，2-メチル-2-プロパノールを５ mL 入れ，空気を抜き，端を輪ゴムで固くとめる。
(2)　ビーカーに氷を半分程度入れた後，(1)の袋を入れ，さらに氷を加える。
(3)　(2)の袋を取り出して固体が観察できたら，袋を空の水槽に移し，凍った部分に熱湯を少量注ぐ。
(4)　(3)で液体が観察できたら，さらに熱湯を注ぎ，蒸発させる。
(5)　バットの中に，(2)で用いた氷と水を移した後，(4)の袋を浸してみる。
（**参考**：啓林館教科書　「化学基礎改訂版」（平成29年度用）P37）

記録　(2)～(5)それぞれの状態での体積の違いはどうか。

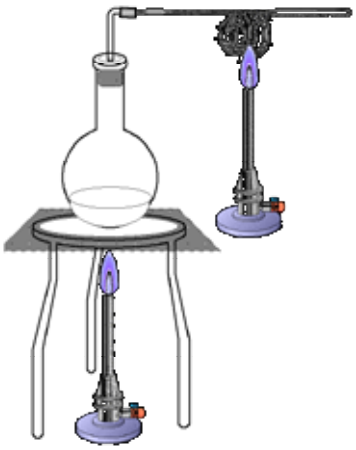
★　2-メチル-2-プロパノールの融点と沸点を調べよう。融点＿＿＿＿＿℃　沸点＿＿＿＿＿℃

B　水蒸気を見る

(1)　**図１**のように500 mL のビーカーに水を約300 mL 入れ，そこに50 mL ビーカーを水を満たして逆さまに入れる。
(2)　(1)のビーカーを三脚にのせ，ガスバーナーで加熱し水を沸騰させる。時間経過とともに50 mL ビーカーの上部に気体がたまっていくのを観察する。



▲図１



▲図２

C＜演示＞　高温の水蒸気

(1)　**図２**のようにらせん状に巻いた銅管を丸底フラスコに取り付ける。
(2)　丸底フラスコに水を入れ，沸騰させ，銅管のらせん状になった部分もガスバーナーで強く加熱する。銅管の端から出る水蒸気に紙や割りばし，マッチ棒などをあててみる。

記録　紙や割りばし，マッチ棒はどうなったか。

【記録 欄の記入例】

A (2) 固体　(3) 液体　(4) 気体　(5) 固体

・固体，液体の体積は変わらないが，気体になると体積が非常に大きくなり，ポリエチレン袋が大きく膨らんだ。

・2-メチル-2-プロパノールの融点：25.7℃　沸点：82.4℃

C ・紙や割りばしは水蒸気のあたったところが黒く焦げた。

・マッチの頭が水蒸気に触れると発火した。

【実施上の注意点】

(1) A はメタノールや沸点が低い有機化合物でも出来るが，固体をみることが出来ない。

(2) B(2) は，最初らせん状銅管を加熱せず紙や割りばし，マッチ棒などをあて，変化がないことを示してから行うとよい。

理論７　化学結合～熱伝導性の比較～

【目的】　結合の種類や金属の種類によって熱伝導性が異なることを実感させる。

【準備】（生徒実験用）

・アルミニウム板　・ステンレス板　・銅板（あればその他の金属板）

・ケイ素の結晶　・大きめの氷　・紙(机がぬれるので，氷の下に敷く）

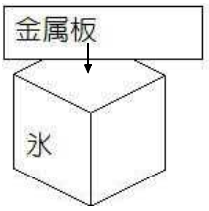
（演示用）

・アルミ缶とスチール缶（上部を切り取っておく）

・素材の違うコップ（銅製，ガラス製，ステンレス製，陶器など）

・放射温度計　・氷水

【実験操作】



A　右図のようにケイ素や金属板を手で持って，氷に立てるようにあてる。強く押しつけて「切る」のではなく，あくまでも「あてる」または「のせる」という感覚で行うこと。

記録　氷への食い込み方，持っている部分から指に伝わる冷たさについてまとめよ。

B＜演示＞

(1)　アルミ缶，スチール缶，素材の違うコップを並べ，外側面の温度を放射温度計で測定する。

(2)　アルミ缶に氷水を入れ，外側面の温度変化をを放射温度計で測定する。

(3)　スチール缶や素材の違うコップについても(2)と同様に温度測定を行う。

記録

	アルミ缶	スチール缶	銅	ガラス	ステンレス	陶器
最初の温度（℃）						
30秒後の温度(℃)						

【考察】

1　ケイ素，アルミニウム，ステンレス，銅を，熱伝導性の大きい順に並べよ。

（大）＞＞＞（小）

2　操作Bで温度変化が最も大きかったもの，小さかったものはどれか。

最大：　　最小：

【記録 欄の記入例】

A　ケイ素や銅板は，氷にみるみる食い込んでいく。それに比べて他の金属板は氷への食い込みが少ない。ケイ素や銅板はすぐに指先が冷たくなる。

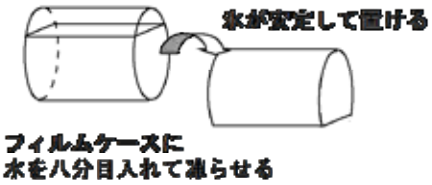
【考察の記入例】

1　（大）　ケイ素　＞　銅　＞　アルミニウム　＞　ステンレス　（小）

2　最大：アルミニウム　　最小：ガラス or 陶器

【実施上の注意点】

(1)　氷は大きめの製氷皿や製氷機で作った大きめのものが使いやすい。右図のように，フィルムケースやサンプル管などの円筒形の容器に水を８分目くらい入れ，横にして凍らせると片面が平らな氷ができ，便利。



(2)　放射温度計は，物体から放射される赤外線や可視光線の強さから，物体表面の温度を測定する温度計で，数千円で入手出来る。

(3)　放射温度計の表示を教材提示装置などで映し，温度変化を生徒に見せながら行うのが効果的である。

(4)　B は生徒実験なら，班の数だけ準備しやすいアルミ缶，スチール缶，ガラスコップに水を入れてアルコール温度計やデジタル温度計で温度を測定した後，缶ごと氷水につけ，缶内，コップ内の水温がどれくらい下がるのか比較する方法もある。

(5)　探究活動として，日常生活で使われる道具と素材について熱伝導性との関係を調べさせる課題を出すこともできる。

参考例　プロが銅鍋を使うのはなぜか？

「鍋の博物館で『最強の鍋の選び方』について聞いてきた」

http://mag. fufururu. jp/livelihood/005412. html

(6)　27℃での熱伝導率〔W/(m･K)〕は次の通りである。

・ダイヤモンド	900	・鉄	80
・銀	427	・ステンレス*	16
・銅	398	・陶器*	1.5
・金	315	・ガラス(ｿｰﾀﾞｶﾞﾗｽ)	1.03
・アルミニウム	237		
・ケイ素	148※	（化学便覧改訂５版，*はネット検索「WIKITECH」より）	

※ケイ素は実験では熱伝導性が非常によいという結果なのに，熱伝導率の文献値は大きくない。

理論８　気体１molの体積とアボガドロの法則

【目的】　気体 1 mol の体積が，気体の種類によらず一定であることを知り，アボガドロの法則を理解する。

【準備】・気体ボンベ(酸素 O_2，ブタン C_4H_{10}）…窒素 N_2，ヘリウム He など他の気体でも可
・メスシリンダー(100mL)　・電子天秤　・水槽　・誘導管

【実験操作】

★　実験室の気温と気圧を記録する。(測定は先生または代表者が行う。)

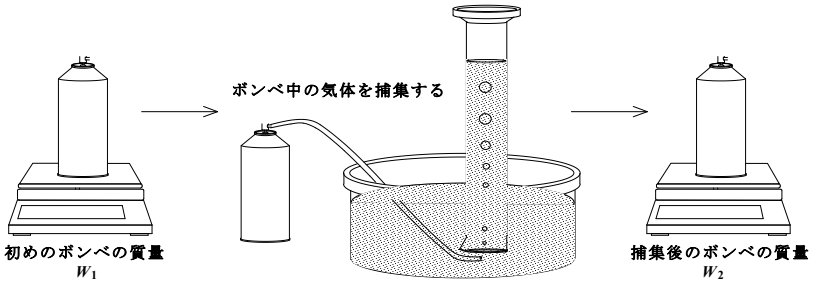
☆　酸素，ブタンについて，それぞれ次の操作(1)～(4)を２回ずつ行い，体積と質量を測定する。

(1)　ボンベの質量を電子天秤で測定する。(W_1)

(2)　水を満たしたメスシリンダーを水槽に倒立させ，気体ボンベに装着した誘導管をメスシリンダー内に差し込む。

(3)　ボンベの栓を押し下げ，水上置換で各気体を約95mL 捕集し，体積を小数第１位まで正確に読みとる。(注：メスシリンダーの目盛りを読み取るときには，メスシリンダー内の水面の高さと，水槽の水面の高さを揃えてから読む。)

(4)　気体放出後のボンベの質量を測定する。(W_2)



【結果のまとめ】

★実験室の気温　（　　）℃　・気圧（　　）Pa

	酸素 O_2（分子量　　）		ブタン C_4H_{10}（分子量　　）	
	１回目	２回目	１回目	２回目
気体捕集前のボンベの質量（W_1）	g	g	g	g
気体捕集後のボンベの質量（W_2）	g	g	g	g
捕集した気体の質量（$W_1 - W_2$）	g	g	g	g
２回の平均質量	g		g	
捕集した気体の体積	mL	mL	mL	mL
２回の平均体積	mL		mL	

【考察】

(1)　結果の「捕集した気体の質量(２回の平均) と体積(２回の平均)」および分子量の値をもとに，各気体１ mol の体積（実験室の気温･気圧のもとでの体積）を有効数字３桁で求めよ。

＜式＞		
実験室の気温･気圧下での 気体１ mol の体積➡	酸素 O_2　　L	ブタン C_4H_{10}　　L

(2)　一定量の気体の体積は絶対温度に比例し，圧力に反比例する（ボイルシャルルの法則…上位科目「化学」で学習予定)。実験室の室温が，捕集した気体の温度であるとして，(1)で得られた気体１ mol の体積を，次の式に従って，０℃，1.013×10^5 Pa での体積に換算せよ。

$$0℃,\ 1.013\times10^5\ \text{Pa での体積} = (2)\text{で得られた体積} \times \frac{273}{273+\text{室温〔℃〕}} \times \frac{1.013\times10^5}{\text{実験室の気圧〔Pa〕}}$$

＜式＞		
０℃，1.0×10^5 Pa に換算した 気体１ mol の体積➡	酸素 O_2　　L	ブタン C_4H_{10}　　L

(3)　(2)から，同じ物質量の気体（同じ個数の分子を含む気体）の体積について，どのようなことがいえるか。

(4)　(3)の事実は，アボガドロの法則といわれる。アボガドロの法則とはどのようなものか。

【考察の記入例】

(3)　同温・同圧の下で，同じ物質量の気体を集めると，気体の種類に関係なく同体積となる。

(4)　同じ温度，同じ圧力のもとで，すべての気体は，その種類に関係なく同体積中に同数の分子を含む。

【実験上の注意】

(1)　電子天秤はできれば1/1000 g まで測れる精密なものが望ましい。

(2)　気体をメスシリンダー内に集めるときに気体が漏れないように注意させる。

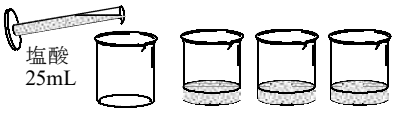
理論９　化学反応の量的関係

【目的】　炭酸カルシウムと塩酸の反応における反応物質と生成物質の物質量の比を求め，反応式の係数との関係を考察する。

【準備】・炭酸カルシウム $CaCO_3$（1.00 g , 2.00 g , 3.00 g , 4.00 g を薬包紙に包んでおく）
・2.00 mol/L 塩酸 HCl（試薬瓶）
・ビーカー 100 mL × 4　・メスシリンダー25 mL　・駒込ピペット　・電子天秤

【実験操作】

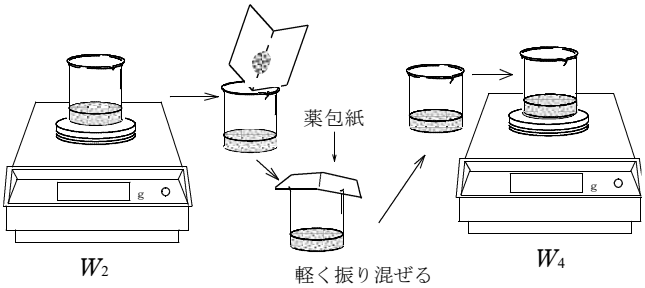
(1)　2.00 mol/L の塩酸をメスシリンダーで25.0 mL ずつ測り取り，４つのビーカーに入れる。メスシリンダーの液面を合わせるときには駒込ピペットを用いて正確に行う。



(2)　図のように電子天秤で ビーカーと塩酸の質量 W_2 を測り記録する。W_2 に $CaCO_3$の質量 W_1 を加えたものが反応前の全質量 W_3 となる。

$$W_3 = W_1 + W_2$$

(3)　炭酸カルシウム1.00 g を(1)の塩酸に少しずつ加える。全部加え終わったら，液が飛び散らないように薬包紙でふたをし，薬包紙についた炭酸カルシウムは指でたたいて落とす。



(4)　ビーカーを軽く振って泡が出なくなれば反応後の溶液の全質量 W_4を測る。このときビーカー内に未反応の炭酸カルシウムが残っているかどうか確認して記録する。

(5)　炭酸カルシウム2.00 g ～4.00 g についても(3), (4)の操作を行う。

【結果のまとめ】＜測定するのは W_2と W_4。あとは計算せよ。小数第２位まで記入すること。＞

$CaCO_3$の質量　W_1	1.00 g	2.00 g	3.00 g	4.00 g
(ﾋﾞｰｶｰ＋ HCl) の質量　W_2	g	g	g	g
反応前の全質量 $W_1 + W_2 =$ W_3 (ﾋﾞｰｶｰ＋ HCl ＋ $CaCO_3$)	g	g	g	g
反応後の全質量　W_4	g	g	g	g
発生した CO_2の質量※ [　　]	g	g	g	g
未反応の $CaCO_3$の有無	有・無	有・無	有・無	有・無

※ 発生した CO_2の質量を表す式を W_1～ W_4のうち必要な文字を用いて枠内に書き，その質量を求めて表に書き込め。

【考察】

(1)　$CaCO_3$の式量，CO_2の分子量，2.00 mol/L の塩酸25.0 mL 中の HCl の物質量を求めよ。

C ＝12.0，O ＝16.0，Ca ＝40

$CaCO_3$の式量＝ [　　]　CO_2の分子量＝ [　　]　HCl の物質量＝ [　　] mol

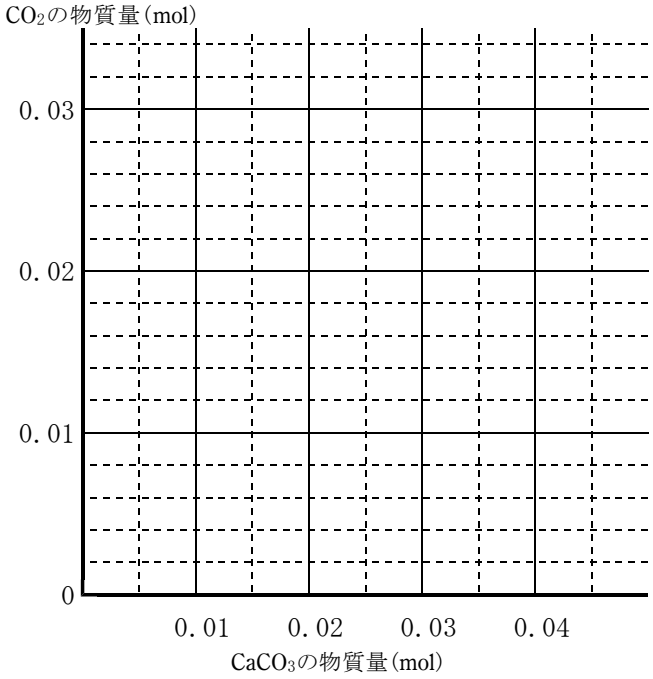
(2)　(1)の値も用いて，実験で得られたデータを下表にまとめよ。

$CaCO_3$の質量 W_1	1.00 g	2.00 g	3.00 g	4.00 g
$CaCO_3$の物質量	mol	mol	mol	mol
HCl の物質量	mol	mol	mol	mol
発生した CO_2の物質量	mol	mol	mol	mol

①
- ＿＿＿＿＿＿はすべて反応
- ＿＿＿＿＿＿は残っている

②
- ＿＿＿＿＿＿はすべて反応
- ＿＿＿＿＿＿は残っている

(3)　実験に用いた $CaCO_3$ の物質量と，発生した CO_2 の物質量の関係をグラフに表せ。



(4)　炭酸カルシウムの質量が違うのに発生した二酸化炭素の量が同じになることがあるのはなぜか。

(5)　2.00 mol/L 塩酸25 mL と過不足なく反応する $CaCO_3$とその時発生した CO_2 は何 mol か。グラフから読みとれ。

$CaCO_3$ [　　] mol　　CO_2 [　　] mol

(6)　この実験の反応式を書け。また(5)の値と HCl の物質量から，過不足なく反応するときの $CaCO_3$，HCl，発生した CO_2 の質量，物質量の比を求め，反応式の係数の比との関係を説明せよ。

反応式＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

説明

【考察などの記入例】

【結果のまとめ】※　発生した CO_2 の質量は $W_3 - W_4$　（または $W_1 + W_2 - W_4$）

(1)　$CaCO_3$の式量＝ 100 　CO_2の分子量＝ 44.0 　HCl の物質量＝ 0.0500 mol

(2)　① $CaCO_3$ はすべて反応，HCl は残っている。

② HCl はすべて反応，$CaCO_3$ は残っている。

(4)　$CaCO_3$ が2.00 g までは $CaCO_3$ がすべて反応していることから，塩酸が過剰にあることがわかり，CO_2 の発生量は $CaCO_3$ の質量に比例する。しかし，$CaCO_3$ が3.00 g と4.00 g では，$CaCO_3$ が一部反応せず残っていることから，塩酸がすべて反応して不足している状態なので，CO_2 の発生量は $CaCO_3$ の質量に関係なく，塩酸の量で決まるため，一定になる。

(5)　（理論値では，$CaCO_3$，CO_2 ともにおよそ0.025 mol になる）

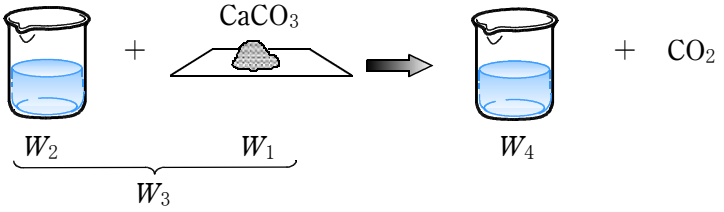
(6)　反応式：$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

説　明：物質量の比は $CaCO_3 : HCl : CO_2 = \underline{0.0250}\text{mol} : 0.0500\text{mol} : \underline{0.0250}\text{mol} = 1 : 2 : 1$ となり，反応式の係数の比と一致する。　（→下線は理論値通りの場合）

質量の比は $CaCO_3 : HCl : CO_2 = 100 \times \underline{0.0250}\ \text{g} : 36.5 \times 0.0500\ \text{g} : 44 \times \underline{0.0250}\ \text{g}$ ＝2.50：1.825：1.10となり，反応式の係数の比とは一致しない。

【実施上の注意点】

(1)　発生した CO_2 の質量が $W_3 - W_4$　（または $W_1 + W_2 - W_4$）であることは，次の図で説明できる。



※質量保存の法則より，発生した二酸化炭素の質量が求められる。

(2)　定量実験なので，操作中に $CaCO_3$ や HCl などをこぼさないように，またメスシリンダー内に塩酸を残さないように慎重に作業させ，正確に質量測定をさせる。

(3)　気体が発生している間は反応しきっていないので，手で振り混ぜながら気体が発生しなくなるまで反応させる。

(4)　実験の最後に次の組合せでビーカー内の溶液を混合させると，理論上，未反応の $CaCO_3$ と未反応の HCl が過不足なく反応し，気体の発生と $CaCO_3$ がなくなることがわかる。片付けの指示の中で，混合するとどうなるかを考えさせるのも有効である。

組合せ…「4.00 g のビーカーに，1.00 g のビーカーの溶液を入れる。」

「3.00 g のビーカーに，2.00 g のビーカーの溶液を入れる。」

理論10　中和滴定　～食酢中の酢酸濃度を求める～

【目的】　中和滴定により，食酢中に含まれる酢酸 CH_3COOH の定量を行う。

【準備】・0.0500 mol/L シュウ酸標準溶液　・約0.1 mol/L NaOH 水溶液　・フェノールフタレイン
・メスフラスコ 100 mL　・ビュレット 50 mL　・ビュレット台　・100 mL ビーカー
・コニカルビーカー×２　・ホールピペット 10 mL ×２(赤：食酢用，黒：シュウ酸用)
・ガラス棒　・マグネチックスターラー　・電卓（各班に２）

【実験操作】

A　食酢を10倍に薄める

(1)　食酢をホールピペット(赤)で10 mL 吸い上げ，メスフラスコに入れる。

(2)　純水を標線の少し下まで入れ，栓をしてフラスコを数回上下入れ替えてよく振り，全体が一様の液になるようにした後，さらに純水を標線まで加え（最後は駒込ピペットで純水を滴下して，標線に合わせる)，正確に100 mL の溶液を作る。

注1　こぼしたり，標線を超えたりしないようにすること。メスフラスコを上下入れ替えて振るときは，栓をしっかり手で押さえ，泡が出ないようにゆっくり上下させること。

B　ビュレットに約 0.1 mol/L NaOH水溶液を入れる

(1)　ビュレットにろうとをつけ，約 0.1 mol/L NaOH 水溶液を，一番上部の０の目盛りより少し上まで入れる。

注2　ろうとを少し上げて，空気の抜け道を作り，ゆっくり入れること。目にはいると失明の恐れあり。目の高さより上で作業しないこと。こぼれた場合はすぐに教員に申し出ること。

(2)　ビュレットの下にビーカーを置き，ビュレット先端部に残っている空気を追い出すため，コックを開けて NaOH 水溶液を勢いよく流し出す。このとき液面が０以下の目盛りのある部分まで下がっていることを確認する。

注3　最初の目盛は0.00でなくてもよい。ビーカーは廃液用なので，他の器具でも代用できる。

C　シュウ酸標準溶液を用いて，NaOH水溶液の濃度を決定する。

(1)　0.0500 mol/L シュウ酸標準溶液をホールピペット(黒)で10 mL 吸い上げ，コニカルビーカーに入れ，スターラーチップを入れる。フェノールフタレインを２滴入れる。

(2)　ビュレットの目盛りを読む。　記録→　滴定前の目盛り a（小数第２位まで読む）

(3)　ビュレットから NaOH 水溶液を滴下する。液がかすかに赤く変色して，その色が消えなくなったところで滴下をやめ，ビュレットの目盛りを読む。

記録→　滴定後の目盛り b（小数第２位まで読む）

(4)　(1)～(3)の操作を別の生徒が行い，２回分のデータをとる。

D　Cで濃度の決定したNaOH水溶液を用いて，薄めた食酢の濃度を決定する。

(1)　ホールピペット(赤)を純水で軽く洗った後，10倍に薄めた食酢を少し吸い上げて共洗いをする。(共洗いは一人目だけでよい)

(2)　共洗いをしたホールピペット(赤)で，10倍に薄めた食酢を10 mL 吸い上げ，コニカルビーカーに入れ，スターラーチップを入れる。フェノールフタレインを２滴入れる。

(3)　ビュレットの目盛りを読む。　記録→　滴定前の目盛り a（小数第２位まで読む）

(4)　ビュレットから NaOH 水溶液を滴下する。液がかすかに赤く変色して，その色が消えなくなったところで滴下をやめ，ビュレットの目盛りを読む。

記録→　滴定後の目盛り b（小数第２位まで読む）

(5)　(2)～(4)の操作を別の生徒が行い，２回分のデータをとる。

【結果のまとめ】　目盛りは小数第２位まで読むこと

	C　NaOHの滴定		D　薄めた食酢の滴定	
実験者出席No ➡ 氏名　➡	1回目（　　）番	2回目（　　）番	1回目（　　）番	2回目（　　）番
滴定前の目盛り　a	mL	mL	mL	mL
滴定後の目盛り　b	mL	mL	mL	mL
滴定に要したNaOHの体積 b－a	mL	mL	mL	mL
平均（小数第２位まで）	mL		mL	

注4　２回のデータに大きな差があるときは，もう一度行うこと。

【考察】　計算は電卓を用いてもよい

1　酢酸と水酸化ナトリウムが中和するときの反応式を書け。

2　Cの結果から，NaOH 水溶液の濃度は何 mol/L か。式も書き，有効数字３桁で求めよ。

3　Dの結果から，元の食酢のモル濃度は何 mol/L か。式も書き，有効数字３桁で求めよ。
（実験は10倍に薄めた食酢を用いているので，まずそのモル濃度を求めてから10倍すること。）

4　もとの食酢（密度1.02 g/cm^3）中に含まれる酢酸（CH_3COOH ＝60.0）の質量パーセント濃度は何%か。式も書き，有効数字３桁で求めよ。市販の食酢の成分表示には，この質量パーセント濃度が「酸度」として記載されている。求めた値と「酸度」を比較せよ。
（質量パーセント濃度）　（「酸度」との比較）

【実施上の注意点】

(1)　必ず安全メガネをかけて実験させる。

(2)　安全ピペッターにホールピペットを差し込む際に，ホールピペットが折れて手を切ることがないように，差し込む部分の根元を持って装着させる。また，深く差し込みすぎないように注意する。

(3)　注２にあるように，NaOH 水溶液を入れる際に，ろうとの位置が目線よりも高いと，こぼれた時に危険なので，ビュレット台を椅子の上，あるいは床に置き，目線よりも低くした状態で入れさせる。

(4)　滴定させる際に，最初から１滴ずつ加えていくと時間がかかる。予備実験でおおよその値を確認しておき，生徒には滴定値の８割くらいまでは一気に入れさせ，そのあと，１滴ずつ慎重に滴下するように指示をする。

(5)　班によって食酢の種類（黒酢，リンゴ酢…など）を変えてみると，酸度が異なるのでおもしろい。

(6)　この実験では，実験データを用いた計算方法についても詳しく解説する。何も説明せずに課題として生徒に任せると，計算途中で四捨五入して１桁や２桁にしてしまい，そこから最終結果を３桁で出すという間違いを平気でする。最終結果の有効数字が３桁であれば，途中計算は４桁（５桁目以下は切り捨て）で行わせる。

理論11　酸化還元反応(1) ～酸化還元の定義～

【目的】　マグネシウムや銅を用いた実験を行い，まず酸素や水素の授受で酸化，還元を定義し，次に電子の授受について考察する。

【準備】(生徒実験用)

・マグネシウムリボン　・亜鉛(華状)　・6 mol/L 塩酸　・蒸発皿　・ピンセット
・点火器　・試験管２　・ガラス管付きゴム栓　・らせん状に巻いた銅線

(演示用)

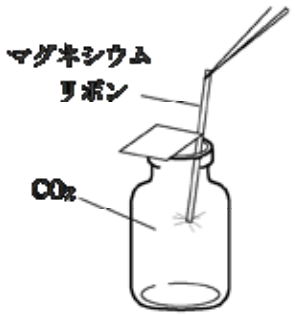
・マグネシウムリボン　・CO_2 ボンベ　・集気瓶　・ピンセット　・点火器
・ガラス板（Mg 燃焼時の熱で割れないようにアルミ箔で包んでおく）

【実験操作】

A　マグネシウムMgの燃焼

(1)　マグネシウムリボンを１本ピンセットではさみ，蒸発皿の上で点火する。

(2) **＜演示＞**　集気瓶が汚れていないことを確認させた後，二酸化炭素 CO_2をボンベから捕集し，アルミ箔で包んだガラス板でフタをする。マグネシウムリボンに点火し，ガラス板をずらし，燃えているマグネシウムリボンを集気瓶の中に少しずつ入れていく。



記録　・Mg 燃焼のようす（空気中）＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

・Mg 燃焼後の生成物のようす＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

・Mg 燃焼のようす（CO_2中）＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

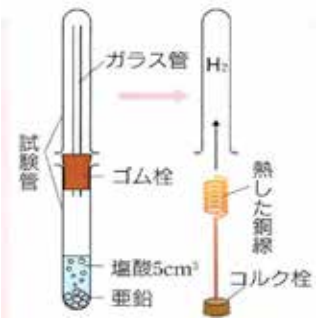
・Mg 燃焼後の集気瓶の内壁のようす＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B　加熱した銅と水素の反応

(1)　右図のように塩酸と亜鉛を反応させ，試験管に水素を十分に集める。(スプレーで水素を入れてもよい。)

(2)　銅線を赤熱する。

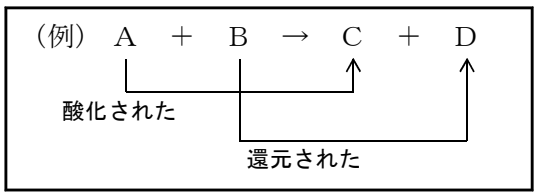
(3)　赤熱した銅線の赤色が消えたらすぐに試験管の下からすばやく入れる。銅線表面に変化が見られたら，試験管の外に出し，また中にすばやく入れることを２～３回繰り返す。



記録・銅線の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

・試験管内壁の様子＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】　それぞれの反応式を書き，右の例のように物質の変化を矢印で示し，酸素の授受で判断できれば「酸化された」か「還元された」かを書け。



A (1) 空気中での Mg の燃焼　　(2) CO_2 中での Mg の燃焼

B (2) 銅線の加熱　　(3) H_2 中での銅線の変化

【記録 欄の記入例】

A ・Mg 燃焼のようす（空気中）　閃光を出して激しく燃焼し，白煙も生じた。
・Mg 燃焼後の生成物のようす　白色の固体が生成した。
・Mg 燃焼のようす（CO_2中）　バチバチと音を立て空気中より激しく燃焼した。集気瓶の中は白煙を生じ，底には白色の固体が見られた。
・Mg 燃焼後の集気瓶の内壁のようす　黒い物質がところどころに付着した。

B ・銅線の変化　空気中での加熱では黒色に変化し，水素の入った試験管に入れると元の金属光沢をもった赤色の銅に戻った。
・試験管内壁の様子　曇りが見られた。

【考察の記入例】

A (1)　$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$　（酸化された）

(2)　$2Mg + CO_2 \rightarrow 2MgO + C$　（酸化された／還元された）

B (2)　$2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$　（酸化された）

(2)　$2CuO + H_2 \rightarrow 2Cu + H_2O$　（還元された／酸化された）

【実施上の注意点】

(1)　マグネシウムリボンの端に櫛状の切り込みを入れておくと，点火しやすい。

(2)　CO_2中での燃焼では，マグネシウムリボンを少し長めにして，ゆっくり集気瓶の中に入れるとよい。一気に入れると消えてしまうことがある。

(3)　CO_2中での燃焼後，教材提示装置で集気瓶を映し，燃焼前にはなかった黒いものが内壁にたくさん付着していることを見せる。ただしこの黒いものが，すべて炭素とは限らない。塩酸を入れると溶けるものが多く，酸化マグネシウムが付着したと考えられる。

理論12　酸化還元反応(2) ～さまざまな酸化還元反応～

【目的】　さまざまな酸化還元反応を行い，色の変化など反応のようすを観察するとともに，酸化剤，還元剤の反応と電子の授受を理解する。

【準備】（**試薬瓶**または試験管に入れておくもの）

・0.01 mol/L 過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液

・0.1 mol/L 二クロム酸カリウム $K_2Cr_2O_7$ 水溶液　・0.1 mol/L 硫酸鉄(Ⅱ) $FeSO_4$ 水溶液

・ヨウ素溶液（0.1 mol/L KI 水溶液に I_2 を少量溶解したうすい褐色溶液）

（**点眼瓶**）

・２ mol/L 硫酸　・0.1 mol/L 亜硫酸ナトリウム Na_2SO_3 水溶液

・5.0% 過酸化水素 H_2O_2水　・0.1 mol/L チオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ 水溶液

【実験操作】

次の(1)～(5)について，溶液 A を試験管に２ mL とり，(1)を除いて２ mol/L 硫酸を１ mL 加えて酸性にした後，溶液 B を点眼ビンから滴下せよ。特に色の変化を記録し，気体発生や沈殿の生成があれば，そのようすも記録せよ。色の変化についてはその色を示す物質やイオン，気体や沈殿については化学式がわかれば，「青色(Cu^{2+})」のように書くこと。

(1)　A　過マンガン酸カリウム　$KMnO_4$　　B　過酸化水素　H_2O_2

記録（**硫酸なし**）＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　A　過マンガン酸カリウム　$KMnO_4$　　B　過酸化水素　H_2O_2

記録（硫酸酸性）＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(3)　A　硫酸鉄(Ⅱ)　$FeSO_4$　　B　過酸化水素　H_2O_2

記録＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(4)　A　ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液　I_2 / KI　　B　チオ硫酸ナトリウム　$Na_2S_2O_3$

記録＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(5)　A　二クロム酸カリウム　$K_2Cr_2O_7$　　B　亜硫酸ナトリウム　Na_2SO_3

記録＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1　それぞれの実験について，酸化剤，還元剤を下の表にまとめよ。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
酸化剤					
還元剤					

2　(1)と(2)では，硫酸酸性にするか，しないかで結果が異なる。それは，過マンガン酸イオン MnO_4^-が異なる反応をするからである。(1)と(2)それぞれの酸化還元反応における MnO_4^-のはたらきを示す反応式を完成させよ。(　)に係数，□ に化学式を入れよ。

(1)（硫酸なし）　MnO_4^- ＋ $2\,H_2O$ ＋(　　)e^- → □ ＋$4\,OH^-$

(2)（硫酸酸性）　MnO_4^- ＋(　　)H^+ ＋(　　)e^- → □ ＋$4\,H_2O$

3　(2)と(3)では，同じ H_2O_2 の反応であるのに，反応のようすが異なる。それは，酸化還元反応において H_2O_2 が酸化剤としても還元剤としてもはたらくことができるからである。(2)と(3)それぞれについて H_2O_2が酸化剤なのか，還元剤なのかを書き，(　)に係数，□ に化学式を入れて反応式を完成させよ。

(2) **（　　）剤**　H_2O_2→ □ ＋ $2\,H^+$＋(　　)e^-

(3) **（　　）剤**　H_2O_2＋ $2\,H^+$＋(　　)e^-→ 2□

4　次の反応式を組み合わせて(5)の反応の反応式をつくれ。

・$Cr_2O_7^{2-}$ ＋$14H^+$ ＋$6\,e^-$ → $2Cr^{3+}$ ＋$7H_2O$

・SO_3^{2-} ＋ H_2O → SO_4^{2-} ＋$2H^+$ ＋$2\,e^-$

【記録 欄の記入例】

(1)　H_2O_2を入れると気体(O_2)が発生し，褐色の沈殿(MnO_2)が生成した。

(2)　H_2O_2を入れると気体(O_2)が発生し，溶液の色が赤紫色(MnO_4^-)から無色(Mn^{2+})になった。沈殿の生成は見られなかった。

(3)　溶液の色が，淡緑色(Fe^{2+})から黄褐色(Fe^{3+})になった。

(4)　溶液の色が，褐色(I_2)から無色(I^-)になった。

(5)　溶液の色が，赤橙色($Cr_2O_7^{2-}$)から緑色(Cr^{3+})になった。

【考察の記入例】

1　それぞれの実験について，酸化剤，還元剤を下の表にまとめよ。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
酸化剤	$KMnO_4$	$KMnO_4$	H_2O_2	I_2	$K_2Cr_2O_7$
還元剤	H_2O_2	H_2O_2	$FeSO_4$	$Na_2S_2O_3$	Na_2SO_3

2　(1)（硫酸なし）　MnO_4^-＋ $2\,H_2O$ ＋ (3)e^- → □MnO_2 ＋ $4\,OH^-$

(2)（硫酸酸性）　MnO_4^-＋ (8)H^+ ＋ (5)e^- → □Mn^{2+} ＋ $4\,H_2O$

3　(2) **（還元）剤**　H_2O_2→ □O_2 ＋ $2\,H^+$＋(2)e^-

(3) **（酸化）剤**　H_2O_2＋ $2\,H^+$＋(2)e^-→ 2□H_2O

4　$Cr_2O_7^{2-}$ ＋ $3SO_3^{2-}$ ＋ $8H^+$ → $2Cr^{3+}$ ＋ $3SO_4^{2-}$ ＋ $4H_2O$

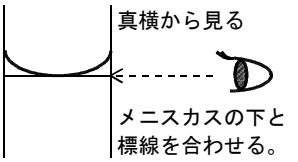
理論13　酸化還元滴定(1) ～過マンガン酸カリウム水溶液の濃度決定～

【目的】　濃度のわからない過マンガン酸カリウム $KMnO_4$水溶液 の正確な濃度を，酸化還元反応の量関係を利用した酸化還元滴定で求め，その操作方法と，濃度の算出方法を理解する。

【準備】・過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液（濃度未知＜約0.02 mol/L ＞）
・0.0300 mol/L シュウ酸 $(COOH)_2$ 水溶液　・２ mol/L 希硫酸 H_2SO_4
・ビュレット 50mL　・ビュレット台　・ホールピペット 10mL　・安全ピペッター
・洗びん　・コニカルビーカー

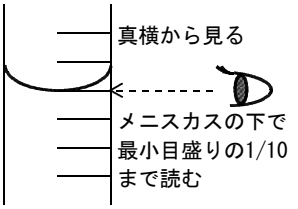
【実験操作】

(1)　0.0300 mol/L のシュウ酸 $(COOH)_2$ 水溶液 10.0 mL をホールピペットで正確に測り取ってコニカルビーカーに入れ，希硫酸１ mL を加え，電子レンジで少し加熱する。



注：標線を右のように見て合わせる。出した後，ホールピペットの先端に残った溶液は，球部を握って手であたためると出る。

(2)　濃度のわからない過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液をビュレットに入れ，滴下前のビュレットの目盛りを下の表に記録する。



注：目盛りは右のように真横から見て，最小メモリの1/10まで読む。

(3)　ビュレットから過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液を少しずつ滴下し，その都度よくかき混ぜる。終点が近付いたら，１滴ずつ慎重に加え，よくかき混ぜる。

(4)　終点で滴下をやめ，ビュレットの目盛りを下の表に記録する。

記録

	１回目	２回目	３回目	
滴下前の目盛り	mL	mL	mL	
滴下後の目盛り	mL	mL	mL	⬇３回の平均
$KMnO_4$ aq の滴下量	mL	mL	mL	mL

注：ビュレットの目盛りは，最小目盛り（１mL）の1/10 まで読んで，小数第２位まで記録すること。

記録 滴定中の溶液の変化（特に色の変化）を詳しく記録せよ。

【考察】

1　硫酸酸性の過マンガン酸イオンとシュウ酸それぞれの酸化還元反応における反応式は次の通りである。この２つの反応式を組み合わせて，過マンガン酸カリウムとシュウ酸の反応を，イオンを含む反応式と，含まない化学反応式で表せ。

酸化剤　$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
還元剤　$(COOH)_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$

2 過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を有効数字３桁で求めよ。

3 次の３つの器具を実験前に洗浄する正しい方法を①～④から選べ。

ビュレット・・・・・・・・・・・・（　　）
ホールピペット・・・・・・・・・（　　）
コニカルビーカー ・・・・・・（　　）

① 使用する液で洗って，そのまま使用する。
② 使用する液で洗って，乾燥させて使用する。
③ 純水で洗って，そのまま使用する。
④ 純水で洗って，乾燥させて使用する

4 酸化還元滴定では，酸化剤として過マンガン酸カリウムを用いることが多いが，正確な濃度の溶液を調製することが難しいので，本実験のように，まずシュウ酸を用いて正確な濃度を決定してから滴定を行う必要がある。①なぜ過マンガン酸カリウムを用いることが多いのか。②なぜ，過マンガン酸カリウム水溶液の濃度は正確に決定出来ないのか。その理由を説明せよ。

【記録 欄の記入例】

溶液の変化…最初は滴下した $KMnO_4$ の赤紫色が液面で一瞬見られたがすぐ消えた。終点が近付くと赤紫色が消えるのに少し時間がかかった。終点では色が消えず，溶液全体が薄い赤色になった。

【考察の記入例】

1 $2MnO_4^- + 5(COOH)_2 + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$

$2KMnO_4 + 5(COOH)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$

3 ビュレットとホールピペット…①　コニカルビーカー…③

4 ① $KMnO_4$水溶液は濃い赤紫色で，反応すると無色（Mn^{2+}は淡桃色だがほとんど無色に見える）になるので，色の変化で反応の終点がわかりやすいから。

② $KMnO_4$の結晶は分解して MnO_2を含んでいたり，空気中に含まれている有機物によって還元されていたりして，純度が低いから。また水溶液も光に対して不安定で，溶解するのに脱イオン水（電解質は除去されているが非電解質は残っている）を用いると，含まれる有機物などによって少しずつ分解していることがあるから。

理論14　酸化還元滴定(2)　～ヨウ素滴定～

【目的】　濃度のわからない過酸化水素水の正確な濃度を，酸化還元反応の量関係を利用したヨウ素滴定で求め，その操作方法と，濃度の算出方法を理解する。

【準備】・過酸化水素 H_2O_2水溶液（35%過酸化水素水を約100倍に希釈したもの）
・１ mol/L ヨウ化カリウム KI 水溶液　・0.100 mol/L チオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$水溶液
・デンプン水溶液（点眼瓶）　・ビュレット 50mL　・ビュレット台
・ホールピペット 10mL　・安全ピペッター　・洗びん　・コニカルビーカー

【実験操作】

(1)　濃度のわからない過酸化水素 H_2O_2水溶液 10.0 mL をホールピペットで正確に測り取ってコニカルビーカーに入れ，ヨウ化カリウム KI 水溶液を約10mL 加える。

記録 反応のようす＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　(1)のコニカルビーカーに希硫酸１ mL とデンプン水溶液を少量加える。

(3)　ビュレットから0.100 mol/L チオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$水溶液を少しずつ滴下し，その都度よくかき混ぜる。終点が近付いたら，１滴ずつ慎重に加え，よくかき混ぜる。

(4)　終点で滴下をやめ，ビュレットの目盛りを読む。

記録 終点での溶液の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

	１回目	２回目	３回目	
滴下前の目盛り	mL	mL	mL	
滴下後の目盛り	mL	mL	mL	⬇３回の平均
$Na_2S_2O_3$ aq の滴下量	mL	mL	mL	mL

注：ビュレットの目盛りは，最小目盛り（１mL）の1/10 まで読んで，小数第２位まで記録すること。

【考察】

1　操作(1)の過酸化水素とヨウ化カリウムの反応の反応式を次の反応式を参考にして作れ。

$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$

$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

2　操作(3)で，ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムは次のように反応する。

酸化剤　　還元剤

$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$

滴下したチオ硫酸ナトリウムの物質量から，ヨウ素の物質量を求めよ。

答　　mol

3　元の過酸化水素水溶液のモル濃度を求めよ。

答　　mol/L

【記録 欄の記入例】

(1)　過酸化水素水溶液もヨウ化カリウム水溶液も無色だが，混合すると溶液が褐色になった。

(4)　溶液はヨウ素デンプン反応で青紫色になっており，チオ硫酸ナトリウム水溶液を滴下しても最初は変化が見られなかったが，終点では青紫色が消え，無色透明になった。

【考察の記入例】

1　$H_2O_2 + 2KI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + K_2SO_4 + 2H_2O$

【実施上の注意点】

この実験はさまざまな条件の違いでうまくいかないことがあるので，一度試薬を準備したら，生徒実験の前に必ず予備実験をすること。次の点に留意する。

・過酸化水素水が新しいか古いかで濃度が変わり，滴定量が大きく変化する。
・ヨウ化カリウム水溶液中の KI の物質量が過酸化水素に対して十分過剰かどうか，確認する。
・一度青紫色が消えて終点と判断したのに，しばらくするとまた着色することがある。
・実験の実施時期で実験室の気温が異なり，反応しにくいこともある。

理論15　金属のイオン化傾向

【目的】　金属の陽イオンへのなりやすさの順序を比較し，イオン化傾向の大小を考え，イオン化傾向による反応性の違いを理解する。

【準備】（生徒実験用）

・0.1mol/L 硝酸銀 $AgNO_3$水溶液　・0.1mol/L 硝酸鉛(Ⅱ)$Pb(NO_3)_2$水溶液

・0.1mol/L 硫酸銅(Ⅱ)$CuSO_4$水溶液（いずれも試験管３本に溶液を入れておく）

・ひもをつけた銅板　・亜鉛板２

（演示用）

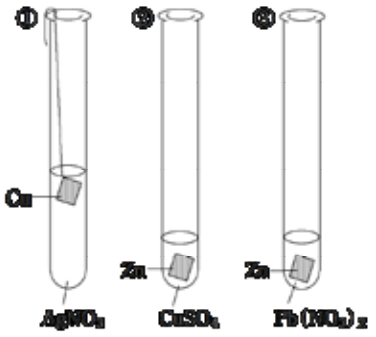
・亜鉛板　・マグネシウムリボン　・銅板　・銅線(細いもの)　・カルシウム粒状１つ

・１ mol/L 塩酸 HCl　・濃硝酸 HNO_3　・実体顕微鏡　・試験管４本　・シャーレ３

【実験操作】

A 金属樹をつくる(1)

右の組合せで，試験管に金属イオンを含む溶液と金属板を入れて変化を観察する。溶液の色も見ること。



記録

①の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

②の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

③の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B＜演示＞金属と水，酸との反応

次の(1)～(4)について，反応した金属と，反応のようすを記録する。

(1)　４本の試験管に水を約３ mL とり，これに銅 Cu，亜鉛 Zn，マグネシウム Mg，カルシウム Ca の小片を別々に入れ，反応かどうかを確認する。気体が発生した場合は点火してみる。

記録＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　(1)のうち，反応しなかった試験管を加熱し，沸騰水と反応するかどうかを確認する。

記録＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(3)　(2)のうち，反応しなかった試験管の水を捨て，塩酸を約３ mL 加え，反応するかどうかを確認する。気体が発生した場合は点火してみる。

記録＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(4)　(3)のうち，反応しなかった試験管の塩酸を捨て，濃硝酸を約１ mL 加え，反応するかどうかを確認する。反応が激しくなったら，水を少しずつ加えてみる。

記録＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

C ＜演示実験＞金属樹をつくる(2)

シャーレにA の組合せで，金属イオンを含む溶液に銅線や亜鉛板を細く切ったものを入れ，金属樹が延びていくようすを実体顕微鏡で観察する。

（実体顕微鏡に教材提示装置をセットし，テレビで大きく映して生徒に見せる。）

【考察】

1 A の反応をイオンを含む反応式で表せ。

①

②

③

2 A の結果から，「銅 Cu と銀 Ag」，「銅 Cu と亜鉛 Zn」，「鉛 Pb と亜鉛 Zn」では，それぞれどちらの方が陽イオンになりやすいと考えられるか。不等号で示せ。

Cu（　　）Ag　Cu（　　）Zn　Pb（　　）Zn

3 B の結果から，Cu，Zn，Mg，Ca，H を陽イオンになりやすい順に並べよ。

（　　）＞（　　）＞（　　）＞（　　）＞（　　）

4 B の(1)，(3)の反応式を書け。

(1)

(3)

【記録 欄の記入例】

A ① 銅板の表面に灰黒色の物質が析出した。析出した物質の先は銀白色だった。溶液は最初無色だったが，うすい青色になった。

② 亜鉛板の表面に赤色の物質が析出した。溶液は最初青色だったが，時間が経つと少しずつうすくなっていった。

③ 亜鉛板の表面に灰黒色～銀色の金属光沢のある物質が析出した。

B (1) Ca 気体を発生して溶け，溶液は白濁した。点火するとポンという音を立てて爆発した。

(2) Mg 気体を発生して溶けた。

(3) Zn 気体を発生して溶けた。点火するとポンという音を立てて爆発した。

(4) Cu 赤褐色の気体を発生して溶けた。溶液は緑色になった。水を加えると溶液は青色になり，反応は穏やかになって無色の気体が発生した。

【考察の記入例】

1 A ① Ag^{+} ＋ Cu → Ag ＋ Cu^{2+}

② Cu^{2+} ＋ Zn → Cu ＋ Zn^{2+}

③ Pb^{2+} ＋ Zn → Pb ＋ Zn^{2+}

2 Cu（ ＞ ）Ag　Cu（ ＜ ）Zn　Pb（ ＜ ）Zn

3 （ Ca ）＞（ Mg ）＞（ Zn ）＞（ H ）＞（ Cu ）

4 (1) Ca ＋ H_2O → $Ca(OH)_2$ ＋ H_2

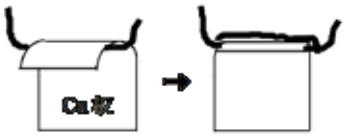
(3) Zn ＋ 2HCl → $ZnCl_2$ ＋ H_2

【実施上の注意点】

(1) A の実験は時間を要するので，金属板をつけてそのままにしておき，待っている間にBを行う。B は生徒実験が望ましいが，時間節約のため，教材提示装置で映しながら行う演示実験とした。

(2) A で亜鉛板もひもでつるしてもよいが，溶液量を節約する意味もあって，銅板だけにした。銀樹は下に向かって成長していくところを見せたい。鉛樹も独特な形で下に向かって成長していくので，教卓に一つ見本を作っておいて見せるのもよい。

(3) 銅板は端をペンチで折り曲げ，たこ糸をはさんでから結ぶととれない。使用後に硝酸につけると，析出した銀と表面の銅も少し溶けて，金属光沢のある銅板に戻り，何度か同じ実験に使うことができる。



(4) 金属樹の成長を実体顕微鏡で見せるときには，教材提示装置に顕微鏡アダプターをつけ，テレビに映す。銀樹なら，銅線を置いて，ピントを合わせてから硝酸銀水溶液を入れると最初成長が早い段階の様子を見せることができる。成長してから見せても感動が少ない。

理論16　電　池

【目的】　電池のしくみや，起電力の差とイオン化傾向との関係を理解する。

【準備】（演示用）

・バナナ１本　・銅板４　・亜鉛板４　・ワニロクリップ付き導線　・電子メロディー

（生徒実験用）

・銅板　・亜鉛板　・鉛板　・ろ紙　・１ mol/L 硝酸カリウム KNO_3水溶液

・0.1 mol/L 硫酸亜鉛 $ZnSO_4$水溶液　・0.5 mol/L 硫酸銅(Ⅱ) $CuSO_4$水溶液

・電圧計　・ワニロクリップ付き導線　・セルロースチューブ　・100mL ビーカー

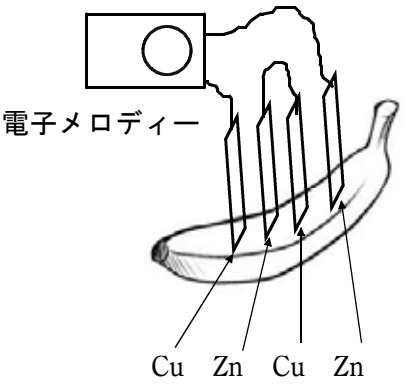
・電子メロディー（何曲か準備しておく）

【実験操作】

A ＜演示＞バナナ電池

(1)　バナナに銅板と亜鉛板を差込み，右図のように導線で電子メロディーと接続する。最初，銅板と亜鉛板の組合せを１組から初め，その数を増やして，電子メロディーの音を比較する。

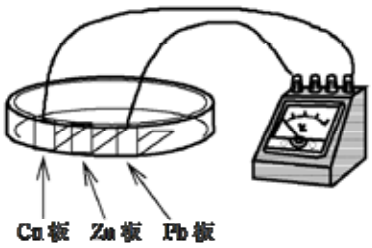
(2)　電圧計で，銅板と亜鉛板の間の電圧を測定する。これも最初，銅板と亜鉛板の組合せを１組から初め，その数を増やしていく。



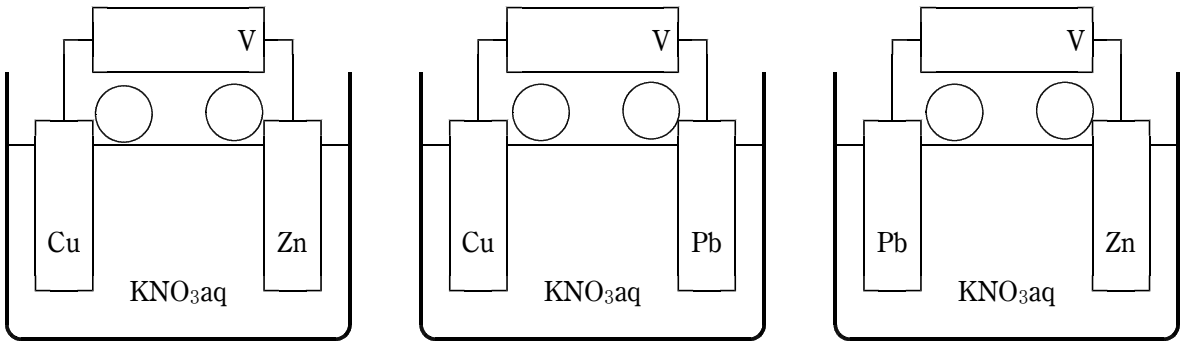
記録　１組（　　）V　２組（　　）V　３組（　　）V　４組（　　）V

B 電池の起電力

シャーレに硝酸カリウム KNO_3水溶液で湿らせたろ紙を置き，その上に Cu，Zn，Pb の３種類の金属板を置く。右図のように２つずつ導線で電圧計につないで電圧を測定する。電圧計の目盛りがプラスの値を示すように（針がプラスに振れるように）導線をつなぎ，プラスとマイナスがどちらの金属だったかも記録する。



記録　○には＋かーかを書き，電圧を記録する。

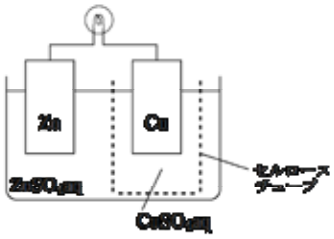


C　ダニエル電池をつくる

(1)　硫酸亜鉛 $ZnSO_4$水溶液を100 mL ビーカーに約50 mL 入れる。

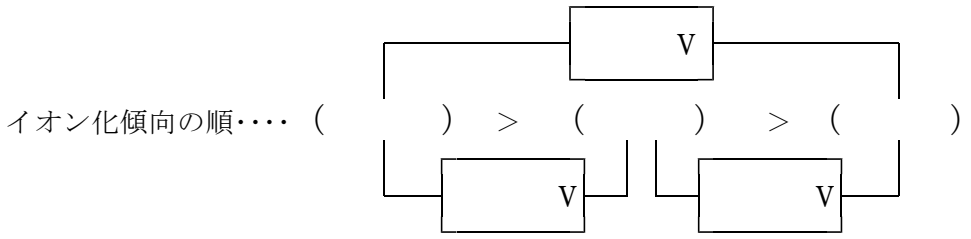
(2)　セルロースチューブに濃い硫酸銅(Ⅱ)$CuSO_4$水溶液を約20 mL 入れ, (1)のビーカーにつける。

(3)　亜鉛板，銅板をそれぞれ，$ZnSO_4$水溶液，$CuSO_4$水溶液に入れ，導線を豆電球または電子メロディーにつなぐ。



【考察】

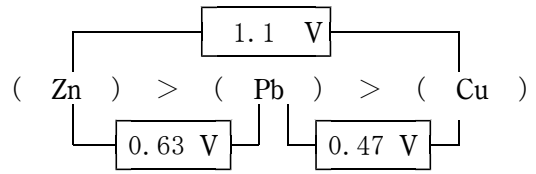
1　Bの結果をもとに，次の図に金属をイオン傾向の順に書き，それぞれの金属間で測定された電圧をまとめよ。



2　２種類の金属板を電解質に入れて電池を作ったときに，正極，負極はどのように決まるか，起電力が大きい電池を作りたいときはどうすればよいか。それぞれイオン化傾向の大小で説明せよ。

【考察の記入例】

1



2　２種類の金属のうち，イオン化傾向の大きい方が負極，小さい方が正極となる。起電力の大きい電池を作りたいときは，イオン化傾向の差が大きい金属の組合せにすればよい。

【実施上の注意点】

(1)　A のバナナ電池用の銅板と亜鉛板は，まず少し離して，ワニロクリップ付き導線で接続する。ほとんど音は鳴らないので，その間に銅板と亜鉛板を交互に差し込む。このとき，あらかじめ銅板と亜鉛板に導線をはんだ付けしたものを３組作っておけば便利である。電池の直列つなぎであることを説明する。

(2)　B では，素早く電圧測定を行う。時間経過と共に電圧が低下することもあるので，最初の測定値を記録する。

理論17　電気分解

【目的】　３種類の電解質溶液の電気分解を行い，各電極での反応を理解する。

【準備】・0.1 mol/L 硫酸銅(Ⅱ)$CuSO_4$水溶液　・飽和塩化ナトリウム NaCl 水溶液
・0.1 mol/L ヨウ化カリウム KI 水溶液　・ヨウ化カリウムデンプン紙(１枚)
・フェノールフタレイン　・電源装置　・ワニロクリップ付き導線(２本)
・100 mL ビーカー　・炭素棒(２本：0.9 mm シャープペンシルの芯)

【実験操作】

(1)　50 mL ビーカーに次の溶液を約20 mL 入れ，炭素棒を電極として，4.5V で電気分解を行う。気体が発生した場合はその匂いも嗅いでみる。

①　0.1 mol/L 硫酸銅(Ⅱ)$CuSO_4$水溶液

記録 反応のようす　陽極：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

陽極：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

②　0.1 mol/L ヨウ化カリウム KI 水溶液

記録 反応のようす　陽極：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

陽極：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　飽和塩化ナトリウム NaCl 水溶液の電気分解を(1)と同様に行い，発生した気体に湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙を近づけてみる。溶液にフェノールフタレインを１滴加えよ。

記録 反応のようす　陽極：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

陽極：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ヨウ化カリウムデンプン紙の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

フェノールフタレインの変化　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1　各極で起こった反応をイオンや電子ｅ⁻を含む反応式で表せ。

(1)①　陽極＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　陰極＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

②　陽極＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　陰極＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　陽極＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　陰極＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

2　(2)で，ヨウ化カリウムデンプン紙が変色したのはなぜか。反応式を用いて説明せよ。

3　(2)で，フェノールフタレインで変色したのはなぜか。反応式を用いて説明せよ。

【記録 欄の記入例】

(1)① 陽極：気体が発生した。　　陰極：電極表面に赤色固体が析出した。

② 陽極：電極周辺の溶液が，黄色～褐色に変化した。

陰極：気体が発生した。

(2) 陽極：刺激臭のする気体が発生した。　陰極：気体が発生した。

ヨウ化カリウムデンプン紙：青色に変化した。

【考察の記入例】

1 (1)① 陽極：$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$　陰極：$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

② 陽極：$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$　陰極：$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

(2) 陽極：$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$　陰極：$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

2 陽極で発生した塩素とヨウ化カリウムで，「$2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$」という反応が起こってヨウ素が生成し，ヨウ素デンプン反応を起こしたから。

3 陰極で「$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$」という反応が起こり，$OH^-$が生成するので，陰極付近は塩基性になるから。

【実施上の注意点】

(1) 実験用の炭素棒は高価なのでわざわざ購入する必要はなく，シャープペンシルの芯で十分代用出来る。通常の0.5mm を用いると，日頃生徒自身が使用しているものが電気を通して，実験にも使えるということで印象的だが，気体の発生量が少なかったりするので，できるだけ太いものを用いる方がよい。

(2) 電極は手で持って保持するので，電極に手が触れないように注意する。固定していないので，短時間ですぐ結果を見る。温度や濃度で反応速度が変わるので，予備実験をして，反応が遅いようだったら，溶液の濃度を濃くすることなどが必要。

(3) 操作(1)②では，ヨウ素が電極付近から生成するようすを注意深く観察させる。

(3) 操作(2)で塩化ナトリウムを飽和溶液にしていると，塩素の発生量が多く，匂いがわかりやすい。

理論18　ファラデー定数を求める

【目的】　電気分解で生成した物質の物質量と，流れた電流および電気分解に要した時間の関係から，ファラデー定数を求める。また，銅の電解精錬の原理を理解する。

【準備】・0.5 mol/L 硫酸銅(Ⅱ)$CuSO_4$水溶液（１Ｌあたり，エタノール50 mL，6 mol/L 硫酸50 mL を加えておくとよい。エタノールを加えると薄膜になりやすく，硫酸を加えると電気が流れやすくなる。）
・メタノール CH_3OH　・銅板(20mm ×70mm)　・ステンレス板(20mm ×70mm)
・直流電源装置　・電流計　・電子天秤　・100 mL ビーカー　・洗びん　・段ボール片
・ワニロクリップ付導線(赤黒各１)

【実験操作】

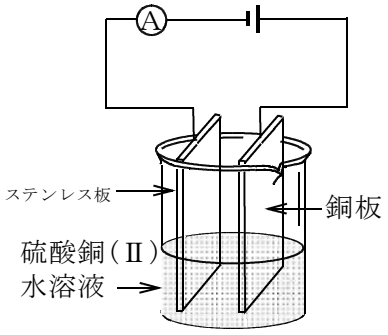
(1)　銅板を陽極用，ステンレス板を陰極用とし，それぞれ反応前の質量（W_+，W_-）を測定し，記録する。

記録　W_+ ＝＿＿＿＿＿＿ g　W_- ＝＿＿＿＿＿＿ g

(2)　銅板とステンレス板を段ボールの切り込み部分にはさみ，導線で電源装置，電流計と接続する。(**注：赤が＋極，黒が－極**)

(3)　ビーカーに硫酸銅(Ⅱ)$CuSO_4$ 水溶液を約 80 mL 入れ，そこに，電源装置と接続した(2)の極板２枚を右図のように浸し，１Ａの電流を５分間流す。

・**ストップウォッチ係**…電源装置のスイッチのオンを指示し，５分間を正確に測る。
・**電流調節係**…電源装置の電圧を調節して，電流値が常に１Ａになるようにする。



⬆図では段ボールは省略している

(4)　ちょうど５分後に電源装置のスイッチを切り，導線を外し，段ボールに挟んだまま，極板に洗びんから静かに水をかけて，表面の溶液を洗い流す。
(**注**：この時勢いよく水をかけると析出した銅がはがれるなどして測定値が変わってしまう)

(5)　反応した部分はもちろん，表面に指が触れないようにして，２枚の極板を段ボールから下向きに外す。

(6)　乾燥しやすくするため教卓のメタノールに静かにつけ，その後自然乾燥するのを待つ。
(**注：メタノール中には静かにつけるだけ！**　)

(7)　表面が乾いたのを確認後，２枚の極板の**反応後の質量**（W_+'，W_-'）を測り記録する。

記録　W_+' ＝＿＿＿＿＿＿ g　W_-' ＝＿＿＿＿＿＿ g

記録　銅板表面のようす

陽極：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　陰極：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ビーカー内の変化

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1　両極で起こった変化を電子 e^- を含む反応式で表せ。

陽極＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

陰極＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

極板の質量	陽極（＋）赤 銅板	陰極（－）黒 ステンレス板
反 応 前	W_+　　g	W_-　　g
反 応 後	W_+'　　g	W_-'　　g
質量の増減 〈＋－を明記〉	g	g
物質量の増減	mol	mol
流れた電子の物質量（A）	mol	mol

2　銅が 1 mol 変化したときに流れる電子の物質量は何 mol か。＿＿＿＿ mol

3　実験の測定値を表に記入し，銅板の質量の増減から，その物質量と，流れた電子の物質量をそれぞれ求めよ。
（Cu ＝63.5　有効数字２桁）

4(1)　電流値と通電時間から，流れた電気量は何 C か。

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ C

(2)　両極それぞれについてファラデー定数を求めよ。（有効数字２桁）

陽極

$F=$ ＿＿＿＿＿＿ C/mol

陰極

$F=$ ＿＿＿＿＿＿ C/mol

5(1)　4で，ファラデー定数の正しい値　$F=9.65\times10^4$ C/mol が算出されるためには，銅板の質量変化が理論上何 g であればよかったか。（Cu ＝63.5，有効数字３桁）

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ g

(2)　(1)の値と自分の実験の値を比較して，誤差が生じた理由を簡単に説明せよ。

【考察の記入例】

1　陽極：$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$　　陰極：$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

2　2 mol　　4(1)　1.0 A ×60秒/分× 5 分＝300 C

5(1)　63.5 × 300 ／ 9.65×10^4 ×(1／2)＝ 0.09870…≒0.0987 g

5(2)　**【実施上の注意点】**(6)参照

【実施上の注意点】

(1)　実験時間が十分でない場合は,極板の質量をあらかじめ測定してマジックで書き込んでおく。

(2)　どちらも銅板で行うのがこの実験の定番であるが，陰極をステンレス板にすると，析出した銅が薄い箔となってきれいにはがれやすい。どちらも銅板で行うときは，陽極，陰極はわかるように，実験前に銅板にマジックで書くか，一方にテープを貼っておくことが望ましい。

(3)　電子天秤は1/1000 g まで測れるものがよい。

(4)　電源装置の電圧が固定で,電流を一定値にするのが難しい場合は,実験開始時と２分30秒後,終了時の５分後の電流値を測定し，その３つの平均を実験中の電流値とすることもできる。

(5)　実験後，電解液内や特に電極の下に析出したがはがれ落ちたと思われる固体物質（銅）がないかどうか，よく観察させる。

(6)　**【考察】**5(1)**で**，F ＝9.65×10^4 C/mol と算出するには，銅板の質量変化が 0.0987 g であればよかったと求め，その値と自分の実験の値を比較し誤差が生じた理由について5(2)で理由を書かせると，思いつきで全く科学的でない考察を書く者が多い。科学的に考えて考察するとはどういうことなのかを理解させる必要がある。

理論19　溶液の性質～溶解と過冷却～

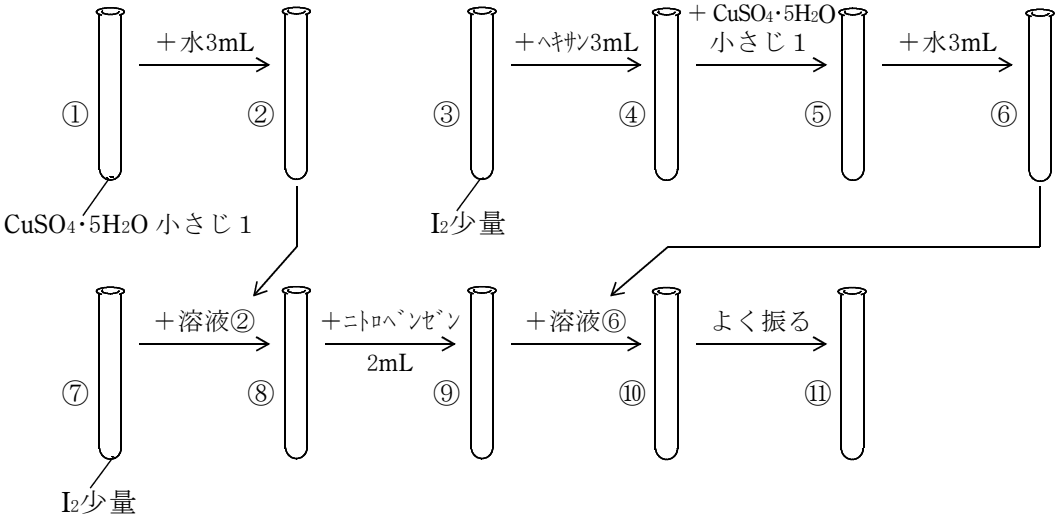
【目的】　水や有機溶媒への物質の溶解性を調べる。過冷却はどのような現象なのかを知る。

【準備】・硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$（サンプル管）　・試験管　・薬さじ
・アルコール温度計　・100mL ビーカー
（次は試験管に入れておく。番号は実験操作の図中の番号。）
・ヨウ素 I_2（③⑦微量）　・ヘキサン（③→④３ mL）　・ニトロベンゼン（⑧→⑨２ mL）
・氷酢酸７ mL

【実験操作】

A 溶解性を調べる　次の流れ図の①～⑪の順に，固体や液体，溶液を混合し，溶解性を見る。

記録 図中に試験管内の様子をスケッチし，変化の様子をメモせよ。



B 過冷却を実感する

試験管に氷酢酸約７ mL を入れ，温度計を差し込む。それを氷水に入れ，振動を与えないようにして，温度変化と試験管内の様子を観察する。ある程度温度が下がって，凝固しなければ，差し込んでいる温度計を少し動かしてみる。

記録 温度は何℃まで下がったか。＿＿＿＿＿＿＿＿℃

温度計を少し動かした時の試験管内の様子はどうなるか。温度は何℃まで上がるか。

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1 Aの実験の結果から，次の表に，溶け合う場合は○（わずかに溶ける場合は△），溶け合わない場合は×をつけて結果をまとめよ。

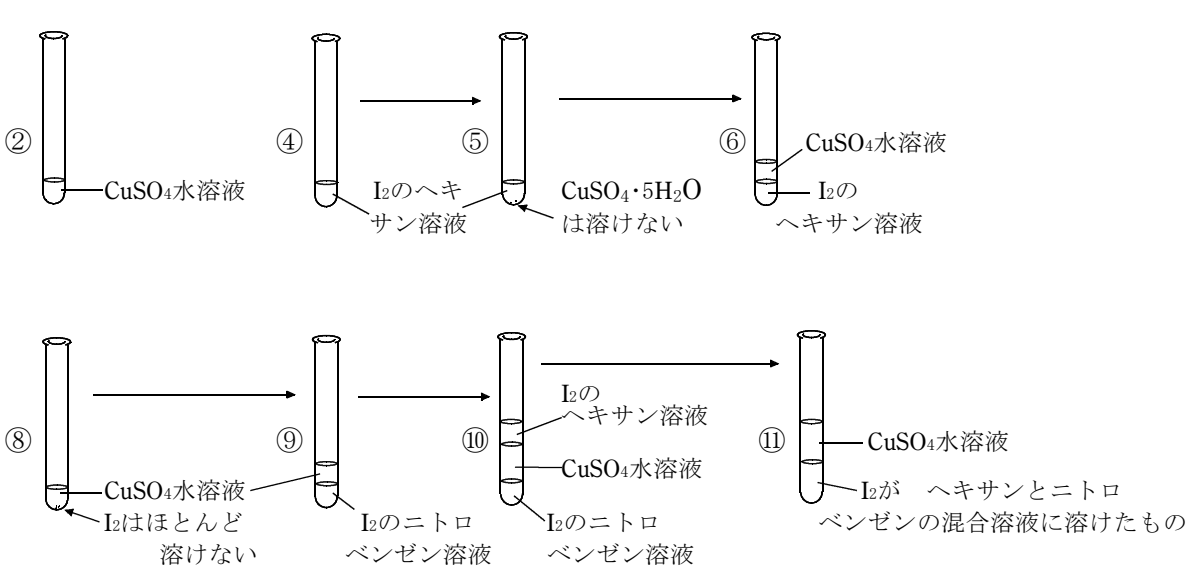
溶質＼溶媒	水（極性溶媒）	ヘキサン（無極性溶媒）	ﾆﾄﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ（無極性溶媒）
硫酸銅(Ⅱ) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ （電解質）			
ヨウ素 I_2 （非電解質･無極性）			
ﾆﾄﾛﾍﾞﾝｾﾞﾝ $C_6H_5NO_2$ （非電解質･無極性）			
ヘキサン C_6H_{14} （非電解質･無極性）			

2 1 の表を見て，溶け合う，溶け合わないにはどのようなルールがあるか説明せよ。

3 過冷却とはどのような現象か説明せよ。

【記録 欄の記入例】

A



B　温度…（条件によるが，通常10℃以下，時には0℃近くまで下がる）
温度計を少し動かすと，一気に凝固が始まり，温度がどんどん上昇し，16.6℃になる。
（16.6℃は酢酸の凝固点。酢酸が古いと水分を含んでいたりして，凝固点が下がってしまうので，実際には16.6℃までは上がらない。）

【考察の記入例】

1

溶質＼溶媒	水（極性溶媒）	ヘキサン（無極性溶媒）	ニトロベンゼン（無極性溶媒）
硫酸銅(Ⅱ)　$CuSO_4 \cdot 5H_2O$　（電解質）	○	×	×
ヨウ素　I_2　（非電解質・無極性）	△	○	○
ニトロベンゼン　$C_6H_5NO_2$　（非電解質・無極性）	×	○	
ヘキサン　C_6H_{14}　（非電解質・無極性）	×		

2　極性溶媒と電解質，無極性溶媒と非電解質，無極性溶媒どうしは溶け合う。極性溶媒と無極性溶媒，極性溶媒と非電解質，無極性溶媒と電解質の組合せでは溶け合わない。

3　凝固点より低い温度まで冷却したとき，本来ならば固体になっているはずなのに，液体の状態を保っていること。

【実施上の注意点】

(1)　水より重い有機溶媒として以前は四塩化炭素を使用していたが，現在は使えないので，ニトロベンゼンを使用している。においが強いので，できるだけ少量にしたい。

(2)　⑪で$CuSO_4$水溶液が上層になるか，下層になるかはわからない。ヘキサン（密度0.66ｇ/cm^3）とニトロベンゼン（密度1.2ｇ/cm^3）の量関係による。ヘキサンが多いと，$CuSO_4$水溶液は下層になる。

(3)　溶解のルールを先に学習しているのであれば，①～⑪を１つずつ予想させながら実験を進めるとよい。

(4)　図に試験管内の様子をスケッチさせる時，$CuSO_4$水溶液は青色，I_2のヘキサン溶液やニトロベンゼン溶液は赤色なので，色を塗らせるとよい。

(5)　氷酢酸は過冷却が起こりやすく，氷水で簡単に実験ができる。凝固を始めたときの溶液のようすと，温度が一気に上昇していくのを見逃さないように，事前に説明しておく必要がある。

理論20　コロイド

【目的】　水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液を作り，コロイドの性質を理解する。

【準備】

(生徒実験用 薬品 *は点眼瓶)・１ mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液
・１ mol/L 塩化鉄(Ⅲ) $FeCl_3$水溶液　・飽和塩化鉄(Ⅲ) $FeCl_3$水溶液
・0.1mol/L 硝酸銀 $AgNO_3$水溶液*　・メチルオレンジ*　・１％ゼラチン水溶液
・飽和塩化ナトリウム NaCl 水溶液*　・0.5mol/L 塩化ナトリウム NaCl 水溶液*
・0.5mol/L 塩化マグネシウム $MgCl_2$水溶液*　・0.5mol/L 硫酸ナトリウム Na_2SO_4水溶液*
・石けん水

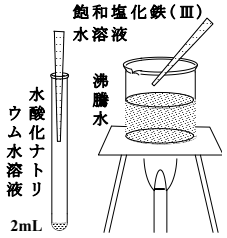
(生徒実験用 器具)
・試験管９　・200mL ビーカー　・駒込ピペット　・セルロースチューブ　・輪ゴム

(演示用)・0.1mol/L 硫酸銅(Ⅱ) $CuSO_4$ 水溶液　・ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液　・石けん水
・薄めた牛乳　・濃アンモニア NH_3水　・濃塩酸 HCl　・線香　・ペトリ皿　・ろ紙
・銅片(電極用)　・ワニロクリップ付き導線　・電源装置　・集気瓶　・ガラス板
・LED 光源

【実験操作】

A　コロイド溶液の製法

(1)　試験管に水酸化ナトリウム水溶液を２ mL とり，１ mol/L 塩化鉄(Ⅲ) $FeCl_3$水溶液を１滴加えてよく振り，変化をみる。



記録 変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

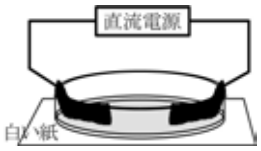
(2)　200 mL ビーカーに純水を100 mL 入れ，沸騰したら飽和塩化鉄(Ⅲ) $FeCl_3$ 水溶液を２ mL 加え，約20秒沸騰させたら火を止め，変化をみる。

記録 変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B＜演示＞　電気泳動

(1)　ペトリ皿を白い紙の上に置き，水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を底にわずかに広がる程度に入れ，２枚の銅片を離してコロイド溶液に浸ける。

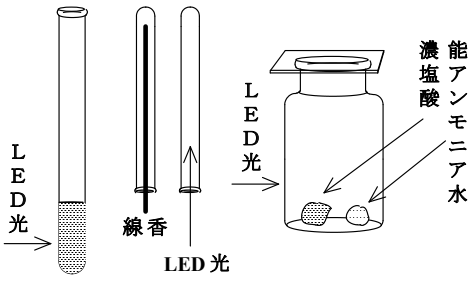
(2)　銅片とペトリ皿の壁面をリード線のついたワニロクリップで固定し，直流電圧(10～20Ｖ)をかけ，５分後にペトリ皿中のコロイド粒子の移動の方向を観察する。



記録 変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

C＜演示＞　チンダル現象

(1)　純水，真の溶液（硫酸銅(Ⅱ)水溶液，ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液など)，
コロイド溶液（水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液，石けん水，牛乳など）をいくつか準備し，試験管やビーカーなどに入れ，LED 光を側面から当てる。



(2)　逆さにした乾いた試験管内に火のついた線香を入れ，煙を充満させた後，下から煙に LED 光をあてる。

(3)　濃塩酸，濃アンモニア水を別々にしみこませた脱脂綿を集気ビンに入れ，発生する。塩化アンモニウムの白煙に LED 光をあてる。

記録　光路が見えたら○，見えなかったら×

	純水	真の溶液	コロイド溶液	線香の煙	塩化アンモニウム
光路の有無					

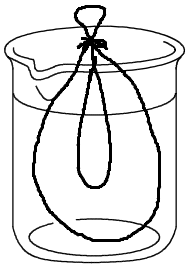
※LED光の光路が見えるものはコロイドである。（チンダル現象）

D 透析

(1)　操作A でつくった水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液をセルロースチューブに入れ，純水の入った100 mL ビーカーにつける。

(2)　３分後，外側の水を２本の試験管に約５ mL ずつ取り，次の試薬を数滴入れる。

① 硝酸銀 $AgNO_3$水溶液　　② メチルオレンジ



記録　純水の色の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

①の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

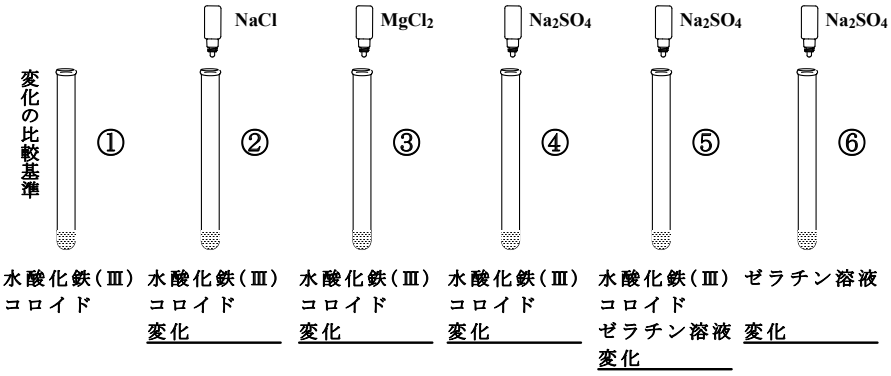
②の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

E 凝析・保護コロイド・塩析

(1)　D で透析した水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を，５本の試験管に分ける（下図の①～⑤）。そのうち⑤にはゼラチン溶液を１ mL 加えよく振る。別の試験管⑥にゼラチン溶液を４ mL とる。

(2)　図のように各電解質溶液を1滴ずつ加え，よく振り混ぜ，何滴で濁るかを調べる。10滴加えても濁らなければ次へ移る。

記録　図の「変化」の欄に何滴で濁ったかを書く。10滴加えても濁らなかったら×を書く。



(3)　セッケン水を試験管に３ mL とる。石けん水と上図⑤の溶液に飽和食塩水５ mL を少しずつ加え変化をみる。変化がみられたら飽和食塩水を加えるのをやめる。

記録　変化　石けん水　　⑤の溶液

【考察】

1　**操作A**(2)で水酸化鉄(Ⅲ)コロイドが生成した反応の化学反応式を書け。

$FeCl_3$　＋（　）H_2O　→　$Fe(OH)_3$　＋　（　　）

2　**操作B**(2)の結果より，水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド粒子は，正・負どちらに帯電しているか。

＿＿＿＿＿＿

3　操作D(2)①②の結果より

(1) 半透膜を通り抜けて出てきたイオンは何か。そのように判断した理由も書け。

①より　　②より

(2) コロイド粒子は通常の分子やイオンより大きいか小さいか。

4　操作E(2)の結果より

(1) 凝析効果の大きいイオンはNa^+，Mg^{2+}，Cl^-，SO_4^{2-}のうちのどれか。

(2) そのイオンの電荷は，水酸化鉄(Ⅲ)コロイド粒子のもつ電荷とどのような関係があるか。

5　操作E(2)の⑤の溶液でみられるゼラチン溶液のようなはたらきをする
コロイドを何コロイドというか。

【記録 欄の記入例】

A(1) 赤褐色の沈殿が生じた。　(2) 赤褐色透明の溶液が得られた。

B(2) コロイド粒子が陰極側に移動し，陰極側の方が色が濃く，陽極側の方が薄くなった。

C

	純水	真の溶液	コロイド溶液	線香の煙	塩化アンモニウム
光路の有無	×	×	○	○	○

D 純水の色：変化なし　①：白色沈殿が生成した　②：赤色に変化した

E ②×　③×　④（1～3滴）　⑤×　⑥×

【考察の記入例】

1　$FeCl_3$ + (3) H_2O → $Fe(OH)_3$ + (3HCl)

2　(陰極側に移動したことから)　正に帯電している。

3(1) ①より：白色沈殿 AgCl が生成したことから，Cl^-が出て来たことがわかる。
②より：酸性であることから，H^+が出て来たことがわかる。

(2) コロイド粒子は通常の分子より大きい。

4(1) SO_4^{2-}

(2) 水酸化鉄(Ⅲ)コロイド粒子が正の電荷をもつので，それを打ち消すように負の電荷をもち価数が大きいほど有効である。

5　保護コロイド

【実施上の注意点】

(1)　操作B は電圧が高いので，電極が電気分解で溶けないように銅片(電極用)を用いている。電極は，2 cm 幅くらいある方がわかりやすい。シャーレに入れるコロイド溶液の量は，深さ1～2 mm くらいで，多くなると観察しにくい。陽極あたりが薄く縞模様になり，陰極から離れているのがわかる。電圧が高く電気分解も起こるため，陰極には黒い鉄の析出が見られる。

(2)　操作E では，NaCl と Na_2SO_4の比較によってNa^+が影響を及ぼしていないことと，$MgCl_2$とNa_2SO_4の比較によって1価の陰イオン2つより，2価の陰イオン1つの方が凝析効果が大きいことを理解させる。

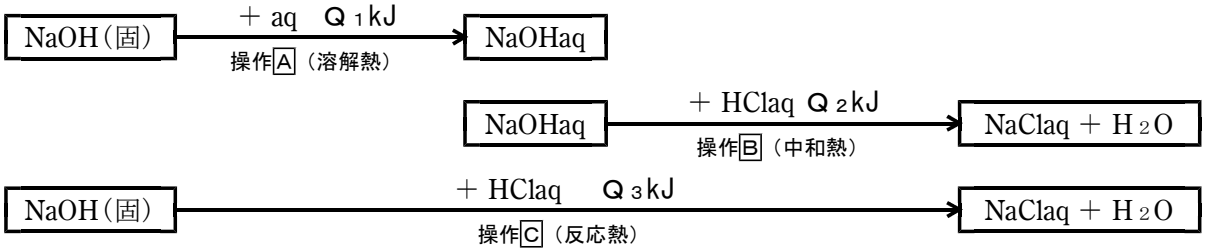
(3)　操作E で，石けん水は濃い方が塩析がわかりやすい。セッケン水に飽和食塩水2 mL を加えたくらいで細かい白色沈殿が生じる。さらに加え続けると，塩析したセッケンが上に浮き，下の溶液部分が透明になるので，生徒には沈殿が溶けたような印象を与えるので，食塩水を入れすぎないようにする。

理論21　ヘスの法則

【目的】　NaOH(固)の溶解熱，NaOHaq と塩酸の中和熱，NaOH(固)と塩酸の反応熱を測定し，ヘスの法則の成立を調べる。

【準備】・水酸化ナトリウム NaOH(固体)　・1.0 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液
・1.0 mol/L 塩酸 HCl
・発泡スチロール容器×３　・メスシリンダー(100 mL，50 mL ×２)　・温度計　・薬さじ
・マグネティックスターラー　・ストップウォッチ　・駒込ピペット×２

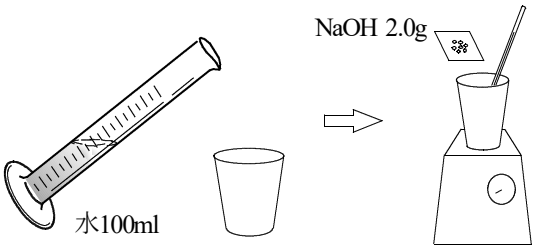
【実験に概要】



【実験操作】(測定値は【結果のまとめ】の表に記入する)

A　水酸化ナトリウム(固体)の溶解熱

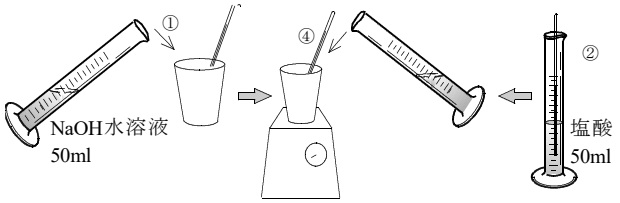
(1)　発泡ポリスチレン容器に純水100 mL をメスシリンダーで測りとり，かき混ぜながら水温を測定する。→ **表の(A)に記録**



(2)　水酸化ナトリウム NaOH(固体)2.0 g を(1)の容器に入れ，スターラーで静かにかき混ぜながら15秒ごとに液温を測定する。NaOH(固体)がカップの底で動かないといつまでたっても溶けない。温度計でも少しかき混ぜるようにすること。最高温度に達した後，４～５回測定してやめる。

B　水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の中和熱

(1)　発泡ポリスチレン容器に水酸化ナトリウム水溶液 NaOH　50mL をメスシリンダーで測りとり，液温を測定する。



記録　＿＿＿＿＿＿℃

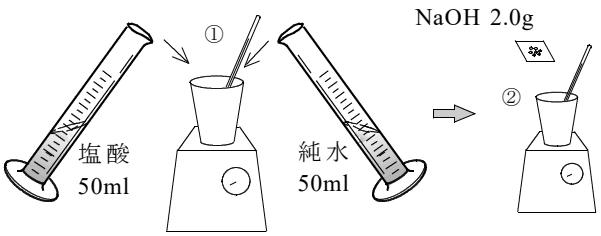
(2)　塩酸 HCl 50 mL をメスシリンダーで測りとり，液温を測定する。**記録**　＿＿＿＿＿＿℃

(3)　(1)と(2)の温度の平均を求める。→ **表の(B)に記録**

(4)　(1)の容器をスターラーで静かにかき混ぜながら，(2)の溶液を加え，15秒ごとに液温を測定する。最高温度に達した後，4～5回測定してやめる。

C　水酸化ナトリウム(固体)塩酸の反応熱

(1)　発泡ポリスチレン容器に塩酸 HCl 50 mL と純水50 mL をそれぞれメスシリンダーで測りとり，スターラーで静かにかき混ぜながら液温を測定する。→ 表の(C)に記録



(2)　水酸化ナトリウム NaOH(固体)2.0ｇを(1)の容器に入れ，スターラーで静かにかき混ぜながら15秒ごとに液温を測定する。操作Aと同様，温度計でも混ぜるようにすること。最高温度に達した後，4～5回測定してやめる。

【結果のまとめ】各操作での液温の変化を記録せよ。小数第１位まで読むこと。

	操作A	操作B	操作C
0分00秒	(A)	(B)	(C)
15秒			
30秒			
45秒			
1分00秒			
15秒			
30秒			
45秒			
2分00秒			
15秒			
30秒			
45秒			
3分00秒			
15秒			
30秒			
45秒			

★次にしたがって，各反応での発熱量を計算せよ。

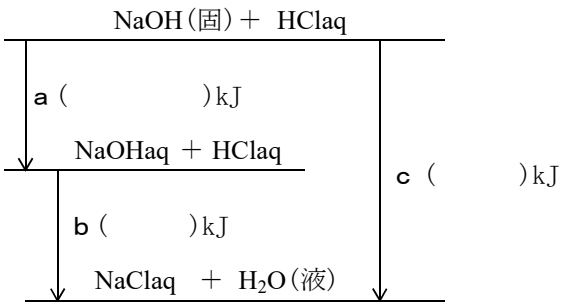
・各水溶液の質量はいずれも100ｇとする。
・比熱＝4.2Ｊ/(ｇ･℃)
　これは，１ｇの溶液の温度を１℃上昇させるのに，4.2Ｊ必要であるという意味。
　１ kJ ＝1000 Ｊである。
・混合による体積変化はないものとする。
・NaOH ＝40

＜↓有効数字２桁＞

操作	温度上昇度 ⊿t［℃］	反応物の物質量 NaOH	反応物の物質量 HCl	発熱量〔Ｊ〕	NaOH 1 mol あたりの発熱量[kJ]
A		mol		Ｊ	kJ
B		mol	mol	Ｊ	kJ
C		mol	mol	Ｊ	kJ

【考察】

(1)　実験結果から，右のエネルギー図（図中の化学式は１ mol の物質を表している。）のａ，ｂ，ｃの熱量を記入し，ヘスの法則が成り立っているかどうか考えよ。



(2)　教科書や図録などで，ａ，ｂの正しい値(文献値)を調べ，自分の結果と比較せよ。

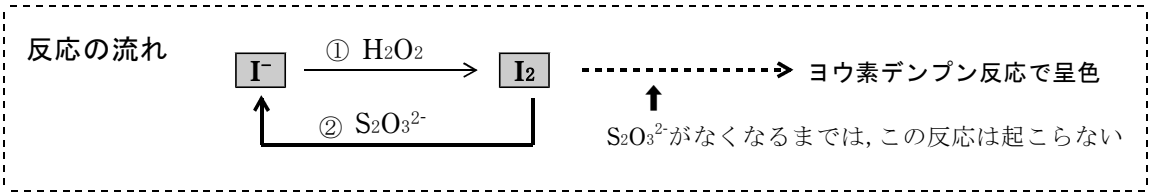
文献値　ａ（　　）kＪ＋ｂ（　　）kＪ＝　ｃ（　　）kＪ

理論22　反応速度

【目的】過酸化水素－ヨウ素時計反応を用いて，化学反応の速さと濃度との関係を調べる。

【準備】・**Ａ液**・・・・・0.2 mol/L ヨウ化カリウム KI 水溶液
・**Ｂ液**・・・・・0.004 mol/L チオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$水溶液
・**Ｃ液**・・・・・過酸化水素水 H_2O_2 ＋ 酢酸 CH_3COOH ＋ デンプン水溶液
（35%過酸化水素水 20mL，氷酢酸 12mL，可溶性デンプン10ｇを水に溶かして１Ｌとしたもの。→ 過酸化水素水の濃度は0.2 mol/L）
※以上各班に試薬瓶に入れて配付。
・駒込ピペット　Ａ～Ｃ液用＋水用で４本（体積を測定するので，先の割れていないもの）
・試験管４　・50mL ビーカー４　・マグネチックスターラーと回転子
・白紙（マグネチックスターラー上において，色の変化を見やすくする）
・ストップウォッチ　・電卓

【反応の概要】



ヨウ化物イオン I^-は過酸化水素 H_2O_2 に酸化されて，ヨウ素 I_2となる。

$$2I^- + H_2O_2 + 2H^+ \longrightarrow I_2 + 2H_2O \quad \cdots\cdots ①$$

反応①で生成したヨウ素 I_2 は，チオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ に還元されて
ヨウ化物イオン I^-に戻る

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-} \quad \cdots\cdots ②$$

反応①は比較的ゆっくり進むが，反応②は速いので，チオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ が存在する間はヨウ素デンプン反応は起こらない。

【実験操作】表１～３の３通りの実験を３～４班ずつ分担して行う。操作はどれも同じ。

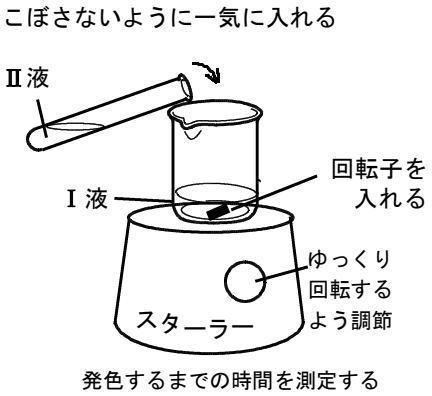
(1)　必要な量の**Ａ液**，**Ｂ液**，純水を駒込ピペットでとり，４つの 50 mL ビーカーに混合溶液を作る。➡ **Ⅰ液**

(2)　必要な量の**Ｃ液**を駒込ピペットでとり，４本の試験管に入れる。➡ **Ⅱ液**

(3)　ビーカーをスターラーにのせ，回転子を入れて**Ⅰ液**をかき混ぜておき，**Ⅱ液**をこぼさないように一気に入れる。

(4)　**Ⅰ液**と**Ⅱ液**を混合してから，発色するまでの時間をストップウオッチで測定する。（濃度が低いと少しずつ発色する。その場合は，**色が黄色から青色に変わり始めたところ**でストップウォッチを押す）

(5)　回転子だけ取り出してきれいに洗い，次のビーカーに入れ，(3)，(4)，④の操作を繰り返す。



発色するまでの時間を測定する

記録 **表１**　**Ａ液（KI）の濃度**を変えて，発色までの時間を測定する。

	試験管 No. →	1	2	3	4
Ⅰ液	**Ａ液**：　0.2 mol/L KI	2 mL	4 mL	6 mL	8 mL
	Ｂ液：　0.004 mol/L $Na_2S_2O_3$	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL
	純水	6 mL	4 mL	2 mL	0 mL
Ⅱ液	**Ｃ液**：　0.2 mol/L H_2O_2	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL
混合後の溶液量（Ⅰ液，Ⅱ液の計）		16mL	16mL	16mL	16mL
発色までの時間　T（秒）					
混合後の溶液中の KI の濃度（mol/L）					
混合後の溶液中の $Na_2S_2O_3$ の濃度（mol/L）					
反応速度：$Na_2S_2O_3$ の濃度/$2T$（mol/L･秒）					

記録 **表２**　**Ｃ液（H_2O_2）の濃度**を変えて，発色までの時間を測定する

	試験管No. →	5	6	7	8
Ⅰ液	**Ａ液**：　0.2 mol/L KI	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL
	Ｂ液：　0.004 mol/L $Na_2S_2O_3$	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL
	純水	6 mL	4 mL	2 mL	0 mL
Ⅱ液	**Ｃ液**：　0.2 mol/L H_2O_2	2 mL	4 mL	6 mL	8 mL
混合後の溶液量（Ⅰ液，Ⅱ液の計）		16mL	16mL	16mL	16mL
発色までの時間　T（秒）					
混合後の溶液中の KI の濃度（mol/L）					
混合後の溶液中の $Na_2S_2O_3$ の濃度（mol/L）					
反応速度：$Na_2S_2O_3$ の濃度/$2T$（mol/L･秒）					

記録 **表３**　**Ｂ液（$Na_2S_2O_3$）の濃度**を変えて，発色までの時間を測定する

	試験管No. →	9	10	11	12
Ⅰ液	**Ａ液**：　0.2 mol/L KI	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL
	Ｂ液：　0.004 mol/L $Na_2S_2O_3$	2 mL	4 mL	6 mL	8 mL
	純水	6 mL	4 mL	2 mL	0 mL
Ⅱ液	**Ｃ液**：　0.2 mol/L H_2O_2	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL
混合後の溶液量（Ⅰ液，Ⅱ液の計）		16mL	16mL	16mL	16mL
発色までの時間　T（秒）					
混合後の溶液中の $Na_2S_2O_3$ の濃度（mol/L）					
反応速度：$Na_2S_2O_3$ の濃度/$2T$（mol/L･秒）					

【考察】

1　この反応の反応速度が「$Na_2S_2O_3$ の濃度/$2T$（mol/L･秒）」で表されるのはなぜか。次の文中の空欄を埋めよ。

$2I^- + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow I_2 + 2H_2O$　　･････　①（遅い反応）

$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$　　･････　②（非常に早い反応）

反応①で生成したヨウ素 I_2 はすぐに $S_2O_3^{2-}$ と反応し，元の I^- に戻る。反応②は非常に早いので，全体の反応速度を決めているのは遅い反応①で，「v（全体の反応速度）＝ v_{I_2}（I_2 の生成速度）」となる。I_2 が 1 mol 生成すると，$S_2O_3^{2-}$ は［　　］mol 消費されるので，v_{I_2}（I_2 の生成速度）と，$v_{S_2O_3^{2-}}$（$S_2O_3^{2-}$ の消費速度）の間には，v_{I_2}＝［　　］という関係がある。$Na_2S_2O_3$ は T 秒間にすべて消費されるので，その消費速度は $v_{S_2O_3^{2-}}$ ＝［　　］で表される。以上から，全体の反応速度 v ＝［　　］となる。

2　表 1，2 のデータを次のグラフに表し，この反応は，[KI]，[H_2O_2]に関して何次反応か書け。

2　表 3 の結果から，$Na_2S_2O_3$の濃度と反応速度との関係について考察せよ。

【考察の記入例】

1　…$S_2O_3^{2-}$ は［2］mol 消費される。

…v_{I_2}＝［$\frac{1}{2}v_{S_2O_3^{2-}}$］という関係がある。

…その消費速度は $v_{S_2O_3^{2-}}$ ＝［$Na_2S_2O_3$ の濃度/T］で表される。

…全体の反応速度 v ＝［$Na_2S_2O_3$ の濃度/$2T$］となる。

【実施上の注意点】

(1)　時間に余裕があれば，追加実験として，どれか 1 つの試薬濃度を選び，温度を例えば「0℃」「室温」「60℃」の 3 通りで行ってみる。高温になるほど反応が速いことが，発色までの時間で実感できる。

理論23　化学平衡

【目的】　温度による平衡の移動，共通イオン効果，溶解度積による沈殿生成の違いなどを確かめる。

【準備】

器具：試験管(7本)，ふたまた試験管(1本)，ロート，ビーカー(300mL)
誘導管付きシリコーンゴム栓（2個），シリコーンゴム栓（2個）
注射器(50mL ×2)，

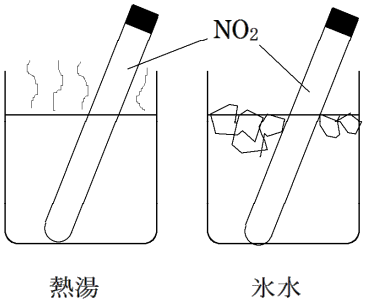
薬品：塩化ナトリウム NaCl，塩化ナトリウム NaCl 水溶液(飽和，2mol/L)，銅 Cu 片
濃硫酸 H_2SO_4，濃硝酸 HNO_3，アンモニア NH_3水(0.1mol/L)，純水
塩化アンモニウム NH_4Cl 水溶液(2mol/L)，フェノールフタレイン溶液

【実験操作】

A＜演示＞温度による平衡の移動

500mL ビーカー２つに氷水と熱湯を入れる。

二酸化窒素 NO_2を捕集した太口試験管２本をそれぞれのビーカーに入れ，色の変化を見る。はっきり変化が見られたら，試験管を入れ替えてみる。



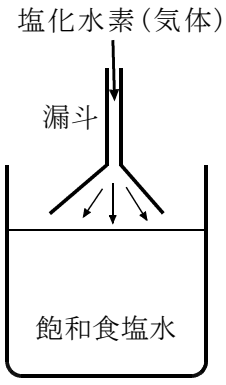
記録　色の変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B＜演示＞共通イオン効果

(1)　試験管に濃塩酸を入れ，誘導管と漏斗をつける。ビーカー（またはメスシリンダー）に飽和食塩水を入れておき，その液面の少し上に漏斗の丸い面が来るようにスタンドに固定する。

(2)　試験管を加熱して，発生した気体の塩化水素が飽和食塩水の液面に当たるとどうなるかを観察する。



記録　変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

C　濃度による平衡移動

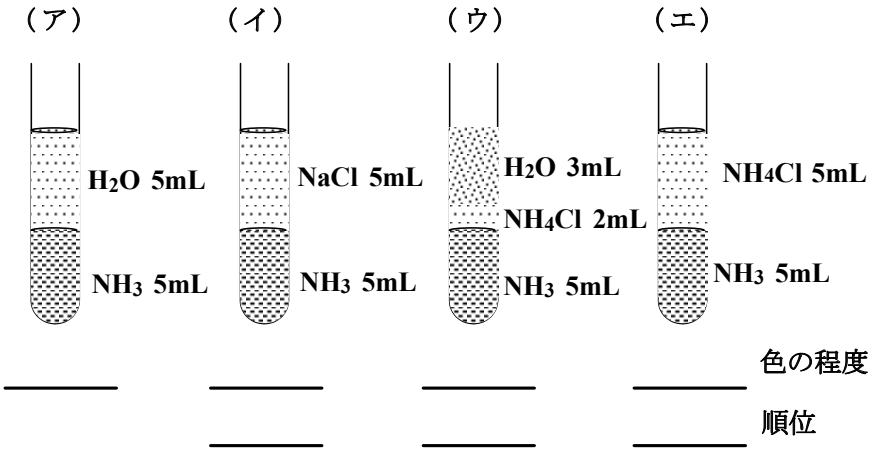
(1)　試験管にアンモニア NH_3水を20 mL とり，フェノールフタレイン溶液を１滴加えて着色した後，この溶液を試験管に4等分する。

(2)　(1)の各試験管に，図のように次の(ア)～(エ)をそれぞれ加えよく振る。

（ア）純水５ mL　　（イ）２ mol/L NaCl 水溶液５ mL

（ウ）２ mol/L NH_4Cl 水溶液２ mL ＋純水３ mL　　（エ）２ mol/L NH_4Cl 水溶液５ mL

(3)　(イ)～(エ)の色を，(ア)の溶液の色と比較し，着色の程度の濃い順に順位を付ける。



【考察】

1 A では，次の化学平衡の移動が起こっていると考えられる。

$2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4$

(1) NO_2とN_2O_4の色をそれぞれ答えよ。 NO_2：＿＿＿＿色 N_2O_4：＿＿＿＿色

(2) 実験結果から，この反応は発熱反応か吸熱反応かを判断せよ。 ＿＿＿＿反応

2 B の変化を次の電離式を用いて説明せよ。

$NaCl$(固) $\rightleftarrows$ $Na^+ + Cl^-$

HCl(気) $\rightleftarrows$ $H^+ + Cl^-$

3 C の結果より次の(1)，(2)を考えよ。

(1) アンモニウムイオンNH_4^+の濃度変化によって，平衡はどのように移動したかを説明せよ。

(2) アンモニウムイオンNH_4^+とナトリウムイオンNa^+のどちらが平衡移動に影響を与えたか。

【記録 欄の記入例】

A　熱湯につけた方が色が濃くなり，氷水につけた方が色が薄くなった。

B　飽和食塩水の液面から白い結晶が析出し，雪のように底に沈んでいった。

C　(ア),(イ)はほぼ同じ濃い赤色。(ウ),(エ)は薄い赤色。濃い順(イ)＞(ウ)＞(エ)

【考察の記入例】

1 (1) NO_2：赤褐色　N_2O_4：無色

(2) 低温の方が，色が薄くなりN_2O_4の割合が多くなっているので，発熱反応

2　気体の塩化水素が飽和食塩水中の水に溶けると，HCl(気) $\longrightarrow$ $H^+ + Cl^-$ という電離によって，食塩水中の塩化物イオンCl^-が増える。

飽和食塩水中は，NaCl(固) $\rightleftarrows$ $Na^+ + Cl^-$ という平衡状態になっているが，Cl^-が増えると平衡は左に移動し，NaCl(固)が増える，すなわち結晶が析出することになる。

3 (1)　アンモニア水中は，$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$ という平衡状態になっている。フェノールフタレインの赤色が薄くなったことから，pH が小さくなった，すなわち水酸化物イオン OH^-が減少したと考えられ，平衡が左へ移動したことがわかる。これは NH_4Cl が加えられNH_4^+の濃度が大きくなったためである。

(2)　(イ)では赤色はほとんど変わらなかったので，ナトリウムイオンNa^+は平衡移動にほとんど影響を与えていない。

【実施上の注意点】

(1)　B で塩化ナトリウムの析出を見るだけなら，飽和食塩水を試験管にとり，濃塩酸を加えてもよい。また，メスシリンダーを用いると雪が降るように結晶が析出するようすがよくわかり印象的である。

(2)　B で実験後の飽和食塩水は，回収して再利用できる。

(3)　C の pH は，(ア),(イ)は約11，(ウ)は約8.5，(エ)は約８である。

無機１　水素と酸素･オゾン

【目的】　水素，酸素，オゾンの性質を学ぶ。

【準備】・亜鉛（華状）　・6 mol/L 塩酸 HCl aq　・酸素(ボンベ)　・粉末硫黄　・赤リン
・スチールウール　・塩素酸カリウム $KClO_3$
・試験管４　・水素爆発用ペットボトル(ゴム栓, ガラス管, スポイト付きのセット)
・三角フラスコ　・誘導管　・点火器　・割り箸　・オゾン発生装置　・集気瓶
・万能試験紙　・KI デンプン紙

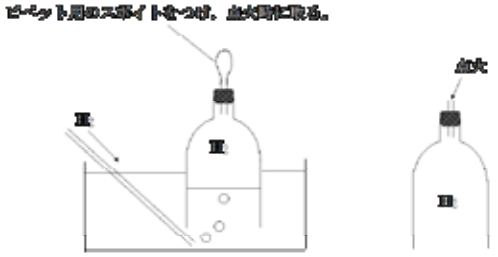
【実験操作】

A 水素の発生と爆発

(1)　試験管に華状亜鉛を数個入れ，6 mol/L 塩酸 HCl を加える。その試験管の上に空の試験管をかぶせて発生した気体を捕集し，上の試験管の管口に点火してみる。

記録　反応のようす＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2) **＜演示＞**　図のように２Ｌのペットボトルの下１／３を切り取り，上部の口にガラス管を通したゴム栓をつけたものを準備する。三角フラスコに華状亜鉛を少量入れ，6 mol/L 塩酸 HCl を加え水素を発生させ，水上捕集でペットボトルに水を残さないように水素を捕集する。その後ペットボトルを水槽から上に上げ，上部のガラス管に点火する。



記録　反応のようす＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B 酸素中での燃焼

集気瓶を酸素で満たしてフタをし，次の(1), (2)は燃焼さじの上に少量取り，(3)は少量をピンセットでつかんで点火してから集気瓶の中に入れ，酸素中での燃焼の様子を観察せよ。また(1), (2)は燃焼後に水を入れてよく振り，万能試験紙で液性を調べよ。

記録　燃焼の様子と(1), (2)は燃焼後の液性も書く

(1)　硫黄＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　赤リン＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(3)　スチールウール＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

C ＜演示＞ 発火点

塩素酸カリウム $KClO_3$ を試験管に約３ｇとり，バーナーで加熱して融解する。すべて液体になり，O_2 の気泡が見られたら加熱をやめ，５ cm くらいの割り箸を試験管の中に入れる。

記録　反応のようす＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

D＜演示＞ オゾンの反応

湿らせたKIデンプン紙を入れた試験管を酸素 O_2 で満たし，右のオゾン O_3 発生装置にセットする。放電させてKIデンプン紙の変化を見る。

記録 KIデンプン紙の変化反応のようす

_____

【考察】

1 A(1)の亜鉛と塩酸の反応式を書け。

2 水素の爆発範囲は４％～75％で，75％以上では燃えるが爆発はしない。A(2)でペットボトルに集めた水素に点火したときの様子を，この爆発範囲の考え方を用いて説明せよ。

3 B(1)，(2)の反応を反応式で表し，①生成物の名称を書け。またその生成物が水に溶けたときにできる化合物の②化学式と③名称を書け。

(1) _____ ①名称（　　）

②化学式（　　）　③名称（　　）

(2) _____ ①名称（　　）

②化学式（　　）　③名称（　　）

4 (1) Cで塩素酸カリウムが分解するときの反応式を書け。

(2) 塩素酸カリウムの融点，分解温度，木の発火点を調べ，Cの変化を説明せよ。

5 オゾン生成の反応式を書け。また，オゾンがKIデンプン紙を変色させた理由を説明せよ。

【記録 欄の記入例】

A(1) 「キュン！」という大きな音を立てて爆発した。（水素の割合によっては鈍い音だったり，爆発しないこともある）

(2) 点火すると上部のガラス管のところに炎が出て燃えた。10数秒経ち炎が少しずつ小さくなったところで，突然大きな音とともに爆発した。ペットボトルの内部に一瞬炎も見られた。

B(1) きれいな青く明るい炎を出してゆっくりと燃えた。水に溶解すると酸性。

(2) 白い明るい炎を出して激しく燃えた。水に溶解すると酸性。

(3) 炎は出ないが，空気中での燃焼に比べるとスチールウールのところどころが明るい赤になり線香花火のように火花を散らした。

C 試験管の底部で白い炎を出して割り箸が燃えだし，試験管全体に白い炎が広がり激しく燃焼した。試験管の口からも火炎放射器のように炎がふき出した。

D 青紫色になった。

1　$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

2　はじめはペットボトル内がほとんど水素で満たされているので，爆発せず燃えるだけである。その後燃焼が続くと下から空気が入り，水素の割合が減少して，爆発範囲の75％に達すると爆発する。

3 (1)　$S + O_2 \rightarrow SO_2$　　① 二酸化硫黄　② H_2SO_3　③ 亜硫酸

(2)　$4P + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$　① 十酸化四リン　② H_3PO_4　③ リン酸

4 (1)　$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$

(2)　塩素酸カリウムの融点：356℃　融点を超えると分解する　木の発火点：250～260℃

固体の塩素酸カリウムが融解し分解が始まり酸素の気泡が見られるときの温度は400℃近いと考えられる。この温度は木の発火点を大きく超えているので，割り箸を入れると発火する。酸素がたくさんあるのと，燃焼熱でさらに分解が進むので，激しく燃焼する。

5　$3O_2 \rightarrow 2O_3$　オゾン O_3がヨウ化カリウム KI の I^-を酸化し I_2が生成するため，ヨウ素デンプン反応が起こり青紫色を呈する。

【実施上の注意点】

(1)　A (1) 亜鉛を入れた試験管に直接点火するより，上に空の試験管をかぶせて水素を捕集した方が爆発しやすい。

(2)　A (2) 水素を試験管で発生させたのでは，ペットボトルいっぱいに水素を集めるのに時間がかかるので，三角フラスコで行う。ペットボトルにはスタンドに固定しておくとよい。スタンドのクランプごとゆっくり上に上げ，すぐ点火する。部屋の電気は消して，炎が出ていることを生徒に確認させる。「なんだ爆発しないじゃないか」と思わせておくと，より盛り上がる。ペットボトルの下は開放されているので爆発しても危険はないが，下に何もないところで点火すること。

(3)　B 硫黄，リンとも少量にすること。

(4)　C 塩素酸カリウムの量が多かったり，加熱しすぎると危険なので，気泡が出始めたくらいで加熱をやめること。大量の白煙が生じるので換気に注意する。換気装置のない普通教室等で行うときは,試験管の口を窓の外に向けて白煙が室外に出て行くようにするなど工夫すること。反応が終わりかけにもう一本割り箸を入れると再度反応が始まることがある。規模を小さくしたければ割り箸でなく，爪楊枝などでもよい。

(5)　D オゾン発生装置は大阪府理科教育研究会の研究委員が考案したもので市販はされていない。生成するオゾンは少量なので，淡青色や特異臭を生徒に示すことは出来ず，KI デンプン紙の変色だけでオゾン発生を示すしかない。

無機２　硫黄とその化合物

【目的】　硫黄の同素体を作り，同素体についての理解を深める。硫酸の性質を調べる。

【準備】（生徒実験用）

・粉末硫黄…試薬瓶＆薬さじ　・二硫化炭素 CS_2 2 mL …試験管に入れゴム栓をしておく
・試験管２　・300mL ビーカー　・薬包皿(ポリスチレン製)　・試験管ばさみ　・ろうと
・ろ紙　・ルーペ　・ピンセット　・時計皿　・蒸発皿　・角砂糖　・点火器

（演示用）

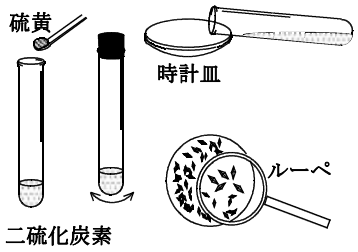
・濃硫酸　・15mL サンプル管　・駒込ピペット　・デジタル温度計

【実験操作】

A 斜方硫黄

(1)　二硫化炭素 CS_2 2 mL の入った試験管に粉末硫黄を小さじ１杯加え，よく振り硫黄を溶かす。

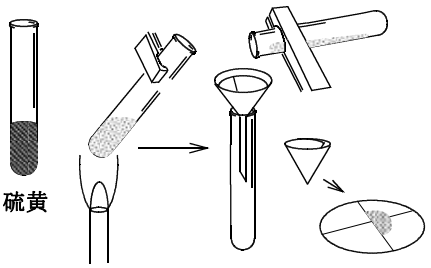
(2)　試験管の溶液をドラフト内で時計皿に移し，しばらく放置して CS_2 を蒸発させる。



B 単斜硫黄

(3)　粉末硫黄を薬包皿に入れて試験管に約$\frac{1}{3}$入れ，試験管ばさみで持ち，よく振りながら加熱する。ろ紙を四つ折りにしロートに置いておく。

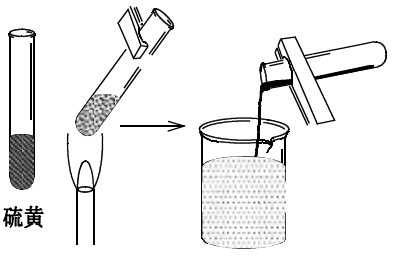
(4)　さらさらした淡黄色の透明な溶液になればろ紙に流し込み，冷えてからろ紙を開く。



C ゴム状硫黄

(5)　300 mL ビーカーに水道水を約200 mL 入れる。(3)で用いた試験管に粉末硫黄を約$\frac{1}{3}$取り，よく振りながら加熱する。

さらさらした淡黄色の透明な溶液が，赤褐色の粘りけのある液体に変わった後，もう一度流動性が出るまで加熱する。



(6)　流し出すとき冷えないように試験管の上部も加熱しておき，右図のようにビーカーに流し出す。　**（注：最後試験管は垂直に逆立ちさせ，底に硫黄が残らないように最後の１滴まで出すこと。）**

記録 それぞれの同素体の形がわかるようにスケッチし，＊欄に色，弾力性をまとめよう。

A 斜方硫黄	B 単斜硫黄	C ゴム状硫黄
＊	＊	＊

D 硫酸の性質

(1) 蒸発皿に角砂糖（主成分はスクロース $C_{12}H_{22}O_{11}$）を１つ入れ，そこへ濃硫酸を角砂糖全体にしみこむ程度にかけて変化を観察せよ。

記録 変化のようす＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

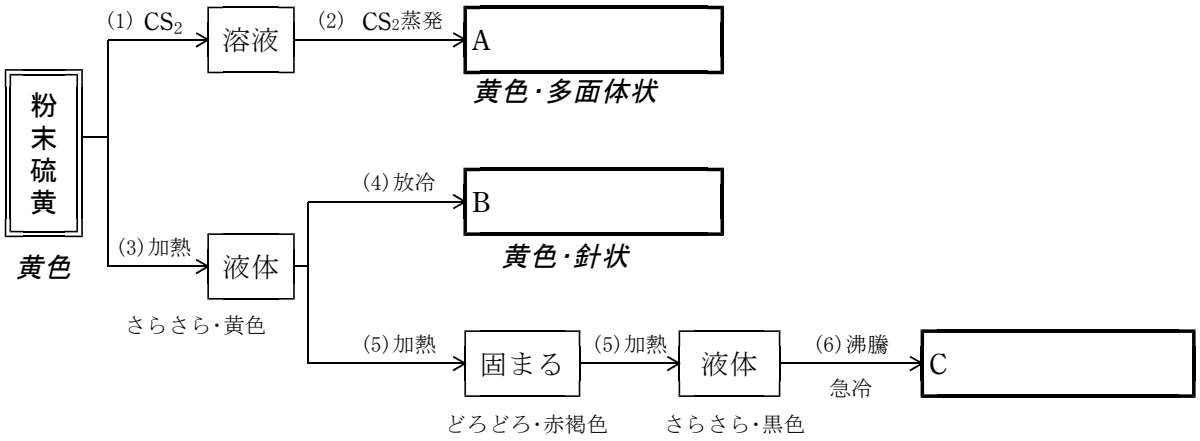
(2) **＜演示＞** 15 mL サンプル管にに水を約半分入れ，デジタル温度計を入れる。教材提示装置で温度表示を見せながら，最初の温度を確認し，そこへ濃硫酸を少しずつ入れて温度がどれだけ変化するかを見る。

記録 初めの温度＿＿＿＿＿＿＿℃ ➡ 濃硫酸を加えたあとの最高温度＿＿＿＿＿＿＿℃

【考察】

1 A～C の同素体の作り方を次の系統図にまとめた。A，B，Cにあてはまる同素体の名称を書け。

(1)～(6)は実験操作の番号に対応



注：純粋な硫黄を用いると黄色。不純物を含むため褐色になる。➡*褐色・弾力性あり*

2 D(1)でのスクロース $C_{12}H_{22}O_{11}$の変化を反応式で表せ。

3 D(1)(2)からそれぞれ濃硫酸のどのような性質がわかるか。

(1)＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ (2)＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

4 D(2)の結果から，硫酸を水で薄めるときの安全な方法について，理由も含めて説明せよ。

【記録 欄の記入例】

A 黄色塊状結晶　　B 黄色針状結晶　　C 褐色の弾力性のある固体

D(1) 濃硫酸をかけるとすぐに黄色くなり，少しずつ色が濃くなって褐色を経て黒色になる。その後煙が出始めると角砂糖の大きさがどんどん増して，真っ黒な多孔質の固体となる。

【考察の記入例】

1 A 斜方硫黄　B 単斜硫黄　C ゴム状硫黄

2 $C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow 12C + 11H_2O$

3 (1)脱水作用がある(2)水に溶けると発熱する

4 濃硫酸に水を加えると，発熱によって，加えた水が濃硫酸の液面で沸騰し飛び散ることがあって大変危険である。よって，硫酸を水で薄めるときは，水に濃硫酸を少しずつ加える．

【実施上の注意点】

(1) 操作B(4)，C(5)で，硫黄が液体になった後どこまで加熱するのかをしっかり理解していないとうまくいかない。実験操作をいくら言葉で詳しく説明しても，実際の操作を見せないと生徒はイメージをつかめない。そのため，教員がまず演示実験をし，教材提示装置でその様子を見せながら操作のコツを説明する事が望ましい。実験動画があれば，それを見せてから実験するのも効果的である。

(2) 【考察】の流れ図は，最初に実験操作の説明に使うことも有効である。

(3) A で扱う二硫化炭素は蒸発しやすく有毒で，ゴムを溶かすので，実験直前に試験管に入れてゴム栓をし，生徒に配付する。引火点が-30℃と引火しやすいことも知らせて注意させる。時計皿に移すのはドラフト内で行わせる。二硫化炭素がすべて気化したら，各班に戻して観察させる。

(4) B(4)で加熱しすぎて粘性を帯びた褐色になってしまった場合はそのまま加熱を続けさせて，先にゴム状硫黄を作らせる。

(5) Cでゴム状硫黄を作るときに，流し出す少し前に試験管の上部も加熱させる。（試験管ばさみに炎があたらないように注意。）上部が冷たいと流し出している途中で固まってしまう。ビーカーの水に入れる時，最初は試験管を斜めにして様子を見ながら少し入れてみて，その後試験管を逆立ちさせて一気に入れるとよい。その間試験管は常に弧を描くように回しておかないと，水の中でひと固まりになってしまい細長いゴムのようにはならない。

(6) C(6)で硫黄が試験管内に残ると底で固まってしまって取れなくなる。最後の１滴まで落として，試験管を横にしておくとよい。試験管の内壁に付いた硫黄はブラシで簡単に落とせる。底に固まった場合は，濃い水酸化ナトリウム水溶液を入れて数日置いておくと取れることもある。

(7) D(2)は，室温や水温，水や加えた濃硫酸の量によるので温度変化は決まっていないが，冷水でも100℃近くまで温度上昇することもある。

無機３　窒素化合物

【目的】　アンモニアの製法と性質，窒素酸化物の製法と性質を学ぶ。

【準備】

（生徒実験用）　・NH_4Cl(固体)　・$Ca(OH)_2$(固体)　・濃塩酸　・濃硝酸　・6 mol/L 希硝酸
・銅板（1 cm × 2 cm 程度。ひもをつけたもの）　・フェノールフタレイン
・BTB 溶液　・試験管６　・万能試験紙　・L 字管　・薬包皿　・薬さじ
・スタンド　・点火器

（演示用）　・丸底フラスコ　・アンモニア噴水用のゴム栓とガラス管等のセット
・500mL ビーカー　・洗びん　・100 mL メスシリンダー　・気体捕集用誘導管
・ろ紙片　・ピンセット　・ゴム栓２　・水槽

【実験操作】

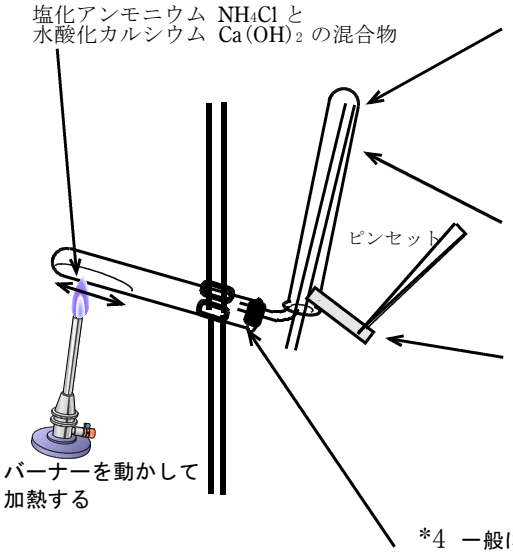
A アンモニア NH_3 の生成

(1)　塩化アンモニウム NH_4Cl ２ g と水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$ ３ g を薬包皿に入れ，薬さじでよく混ぜる。　**記録** におい＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　(1)の混合物を乾いた試験管(*1)に入れ，下図のように管口を下に(*4)セットし，バーナーを動かしながら，試験管の底部を均一に加熱する。

(3)　濃塩酸をつけたろ紙片を試験管口に近づける。（図*3 湿らせた万能試験紙でもやる）

(4)　発生したアンモニアを上方置換(*2)で乾いた試験管(*1)２本に捕集し，すぐゴム栓をする。



*1 **乾いた試験管**を用いる

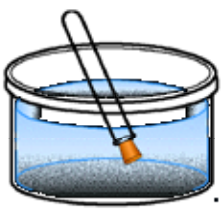
水に極めて溶けやすい気体は他に‥‥

*2 **上方置換**で補集する　・空気の平均分子量は28.8

*3 **濃塩酸**をつけたろ紙を近付ける　**NH_3の検出法！**

*4 **一般に固体の加熱では管口を下げる**

(5)　(4)の試験管のうち１本を，右図のように水を入れた水槽に逆立ちさせて入れ，水中でゴム栓をとりすぐ閉じる。得られた溶液にフェノールフタレインを２滴滴下する。

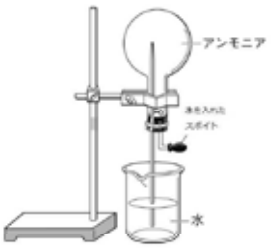


記録 変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(6)　試験管に濃塩酸を数滴入れて内壁を濡らすようにし，塩化水素 HCl(気体)を発生させる。この試験管の上に，(4)で捕集した NH_3の入った試験管をかぶせて変化を観察する。試験管の上下

をひっくり返してみる。　記録 変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B＜演示＞ アンモニアの噴水



(1)　500 mL ビーカーに水（少量の酸を加えておく）を入れ，BTB を加え黄色にしておく。

(2)　アンモニアを捕集した丸底フラスコにガラス管と水を入れたスポイトのついたゴム栓をして，右図のようにビーカーに逆立ちさせる。スポイトから少量の水を入れた後，変化を観察する。

記録 変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

C 二酸化窒素と一酸化窒素

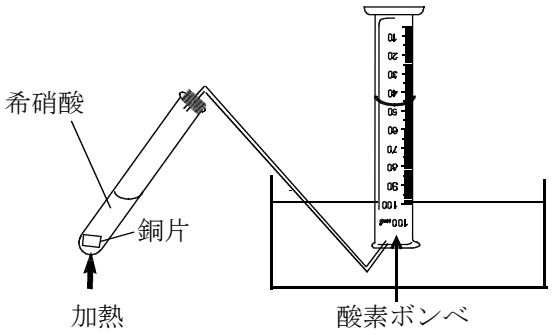
(1)　濃硝酸 3 mL にひもをつけた銅片を入れる。気体が激しく発生し始めたら，銅片をすぐ取り出し水で洗う。

記録 気体の色・におい ＿＿＿＿＿＿＿＿　反応後の溶液の色 ＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　希硝酸に銅片を入れて加熱し，発生した気体を水上置換でメスシリンダーに捕集する。

記録 気体の色 ＿＿＿＿＿＿＿＿

反応後の溶液の色 ＿＿＿＿＿＿＿＿



(3)　(2)のメスシリンダーの下から，酸素 O_2 を少量入れ，水面や気体の色の変化を観察する。

記録 変化

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1 NH_4Cl と $Ca(OH)_2$ から NH_3が生成する時の反応式を書け。
2 操作A(2)～(4)の実験の注意点や検出反応などを図の *1～*4 にまとめよ。
3 操作A(5)の結果からわかることを書け。
4 操作A(6)で起こった反応の反応式を書け。
5 アンモニアの噴水と指示薬の色の変化の原理を簡単に説明せよ。
6 銅と濃硝酸の反応，銅と希硝酸の反応の反応式をそれぞれ書け。
7 操作C(3)で起こった変化はなぜ起こったか。窒素酸化物の色や水への溶解性，酸素との反応を含めて，説明せよ。

【記録 欄の記入例】

A(1)　刺激臭

*1　アンモニアはきわめて水に溶けやすいので，乾いた試験管を用いる。水に極めて溶けやすい気体は他に塩化水素 HCl。

*2　NH_3の分子量は17で，空気（平均分子量28.8）より軽い。また水にきわめて溶けやすいので水上置換は出来ず，上方置換が適している。

*3　$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$ という反応で生じた NH_4Cl の固体微粒子が白煙となって観察される。この白煙が見られたら，アンモニアが検出されたと言える。

*4　固体の加熱では，加熱部分がかなりの高温となり，反応で生成した水がこの部分に流れると試験管が割れる恐れがあるので，管口を下げておく。

A(5)　ゴム栓を少し緩めたところへ勢いよく水が吸い込まれ，試験管がほとんど水で満たされる。フェノールフタレインを入れると赤くなる。

(6)　白煙が観察される。上下をひっくり返してみると，重い HCl が下へ，軽い NH_3が上へ行こうとするので，より多くの白煙が生じ，固体の NH_4Cl も見られる。

B(2)　スポイトを押し，フラスコ内に少量の水が入ると同時にビーカー内の水が勢いよく吸い上げられ，ガラス管の先から噴水の様にフラスコ内に入る。ビーカー内の水は黄色であったが，フラスコ内に入ると青色に変化する。

C(1)　赤褐色で刺激臭。反応後の溶液の色は青緑色。

(2)　発生した気体は赤褐色だが，捕集した気体は無色。反応後の溶液の色は青色。

(3)　酸素 をメスシリンダーの下から少量入れた直後は液面が下がり，無色だった気体の色が赤褐色に変化し，すぐ液面が上昇し，気体の色は無色になる。

【考察の記入例】

1　$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$

3　水が勢いよく吸い込まれたことから，アンモニアがきわめて水に溶けやすく，フェノールフタレインが赤くなったことから，アンモニア水が塩基性であることがわかる。

4　$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$

5　スポイトから入った少量の水に丸底フラスコ内のアンモニアがほとんど溶け，フラスコ内の圧力が低下するため，ビーカー内の水を吸い上げる。BTB を含む水は最初弱酸性で黄色であるが，フラスコ内に入るとアンモニアによって塩基性となるので，青色に変化する。

6　銅と濃硝酸：$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

銅と希硝酸：$3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$

7　酸素 O_2が入るとその分液面が下がるが，すぐ$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ の反応が起こり，NO_2が生成する。NO_2は水に溶けるので，液面が上がり，溶け残っている NO_2のため気体部分はいったん赤褐色になるが，しばらくすると NO_2は溶けてしまい，また無色に戻る。

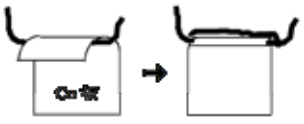
【実験上の注意】

(1)　A(3)では，濃塩酸をつけたガラス棒を近づけるのが一般的であるが，ろ紙につけた方が濃塩酸が垂れずに安全である。

(2)　A(5)で，ゴム栓を緩めると水が勢いよく吸い込まれるが，吸い込まれた水の量は捕集したアンモニアの体積と考えられ，水が少ししか入らなかった場合は，捕集時に空気が混じってしまったと思われる。十分アンモニアが捕集できたか，空気が混じってしまったのか確認させる。

(3)　A(6)で，濃塩酸を数滴入れ，内壁を濡らす様に試験管を回転させれば，気体の HCl が十分試験管内に充満するので，加熱する必要はない。

(4)　C(1)で，銅板と濃硝酸の反応は初め穏やかであるが，しばらくすると急に反応が早くなり，発生した有毒な二酸化窒素が試験管からあふれ出し危険である。赤褐色の NO_2が試験管の半分くらいまで発生した時点で，ひも付きの銅板はすぐに取り出し水洗すれば，また使用できる。ひもをつけずに銅板をそのまま入れたときに反応を止めたいときは，洗びんから水を入れ，濃硝酸を薄めるとよい。銅板は端をペンチで折り曲げ，たこ糸をはさんでから結ぶととれない。使用後に硝酸につけると，析出した銀と表面の銅も少し溶けて，金属光沢のある銅板に戻り，何度か同じ実験に使うことができる。



(6)　教科書では，希硝酸の場合は NO が発生すると教えるのであるが，実際には NO_2も一緒に発生しているようで，反応器の中の気体は赤褐色である。水上置換で水を通すと，NO_2は水に溶けるので無色の NO だけが集まる。水に溶けきれなかった NO_2によってメスシリンダー内の気体がわずかに着色している場合はメスシリンダーを水槽の上に立てた状態で左右に少し振ってみると無色になる。

無機４　ハロゲンとその化合物

【目的】塩素を発生させその性質を調べる。

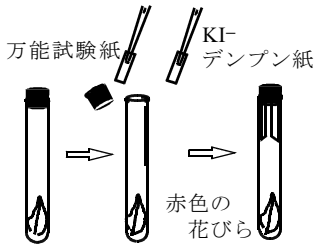
【準備】・高度さらし粉 $Ca(ClO)_2 \cdot 2H_2O$　・0.1 mol/L 臭化カリウム KBr 水溶液
・0.1 mol/L ヨウ化カリウム KI 水溶液　・６ mol/L 塩酸 HCl aq
・６ mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液　・0.1 mol/L 硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液
・チオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ 水溶液　・太口試験管　・試験管５　・ゴム栓３
・ピンセット　・駒込ピペット２(塩酸用と気体の塩素用)　・巻いた銅線
・赤い花びら　・万能試験紙　・KI デンプン紙

【実験操作】

(1)　太口試験管に高度さらし粉（次亜塩素酸カルシウム）$Ca(ClO)_2 \cdot 2H_2O$ を少量とり，6 mol/L 塩酸 HCl を10滴加え，ゴム栓をせよ。

記録 塩素の色＿＿＿＿＿＿＿＿　塩素のにおい＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　新しい試験管に水で濡らした赤い花びらを入れ，(1)の試験管で発生した塩素 Cl_2を乾いた駒込ピペットで吸い取り，花びらに吹きかけすぐゴム栓をせよ。次に，半分だけ湿らせた万能試験紙と KI デンプン紙を入れ，素早く色の変化を見たのち，時間の経過による色の変化を観察せよ。



記録 ①赤い花びら　：(初め)　赤色 →(最後)　色

②万能試験紙　：(初め)　緑色 →(すぐ)　色 →(最後)　色

③ KI デンプン紙 ：(初め)　白色 →(すぐ)　色 →(最後)　色

(3)　(1)の試験管で発生した塩素 Cl_2を乾いた駒込ピペットで吸い取り，２本の試験管に捕集しゴム栓をせよ。(次の(4)，(5)で使用する)

(4)　(3)で塩素を捕集した試験管の１本に，ガスバーナーで赤熱するまで加熱した銅線を，ゆっくり差し入れてから出し，すぐゴム栓をせよ。

記録 反応のようす ＿＿＿＿＿＿＿＿

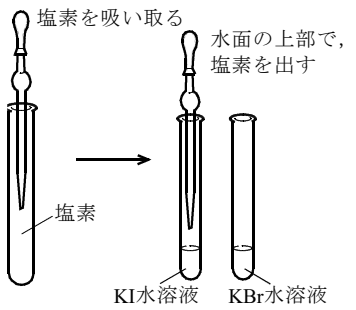
この試験管に純水を3 mL 加え，ゴム栓をしてよく振り，溶液の色を観察せよ。

記録 溶液の色 ＿＿＿＿＿＿＿＿

(5)　(2)で塩素を捕集した試験管の１本に，純水３ mL を入れ，ゴム栓をしてよく振った後，$AgNO_3$ 水溶液を２滴加えよ。

記録 変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿

(6)　２本の試験管に KI 水溶液と KBr 水溶液を３ mL ずつ入れよ。(1)の太口試験管で発生した塩素 Cl_2を駒込ピペットで吸い取り，各水溶液の液面に吹きかけよ。最初は試験管を振らず，その後よく振って変化を見よ。



記録 反応後の色

KI：　　色　　KBr：　　色

【考察】

1　高度さらし粉 $Ca(ClO)_2 \cdot 2H_2O$ と塩酸 HCl から塩素 Cl_2が発生するときの反応式を書け。

2　操作(2)における，②万能試験紙と③ KI デンプン紙のすぐの変化から，わかることを書け。また，①花びらと②,③の最後の変化からわかることを書け。

②　色に変化したことから，塩素が水に溶けると　　がわかる。

③　色に変化したことから，　　がわかる。

①②③　最後に　　色に変化したことから，塩素には　　がわかる。

3　操作(4)での銅と塩素の反応を化学反応式で表し，Cu と Cl の酸化数の変化から，酸化剤，還元剤はどれか答えよ。また，溶液の色はどのイオンによる色か。

反応式

Cu, Cl の酸化数…

酸化剤：　　還元剤：　　色は　　による色

4　操作(5)で塩素は水に溶けている。塩素が水に溶解するときの化学反応式を書き，Cl の酸化数を書け。また，硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液を加えた時の反応をイオンを含む反応式で書け。

反応式　$Cl_2 + H_2O \rightarrow$　　＋　　反応式

Cl の酸化数…（　）　　（　）　（　）

5　操作(6)での，ヨウ化カリウム KI，臭化カリウム KBr の各水溶液と塩素 Cl_2との反応の化学反応式を書け。必要なら，係数もつけること。

$KI + Cl_2 \rightarrow$　　$KBr + Cl_2 \rightarrow$

この結果から，I_2, Br_2, Cl_2を酸化力の大きい順に並べよ。（　　）＞（　　）＞（　　）

【記録 欄の記入例】

(1)　色…黄緑，におい…刺激臭

(2)　①赤い花びら　：(初め)　赤色 →(最後)　白色
②万能試験紙　：(初め)　緑色 →(すぐ)　赤色　→(最後)　白色
③ KI デンプン紙　：(初め)　白色 →(すぐ)　青紫色 →(最後)　白色

(4)　最初，薄い褐色の煙を出して激しく反応する。反応が進むと試験管内に薄い褐色の微粒子がたまるのが見られる。

純水を加えると，薄い褐色の物質が溶けて青色になる。

(5)　水を入れて振っても変化は見られず，無色透明の溶液ができるが，$AgNO_3$ 水溶液を加えると，白色沈殿が生じる。

(6)　KI：褐色，KBr：黄色　（Br_2は赤褐色の液体であるが，ここでは少量しか生成しないので黄色である。KBr 水溶液の濃度を高くしておき，ピペットを KBr 溶液の中に入れて数回 Cl_2を通すと，赤褐色の溶液が得られる。）

【考察の記入例】

1　$Ca(ClO)_2 \cdot 2H_2O + 4HCl \longrightarrow CaCl_2 + 4H_2O + Cl_2\uparrow$

2　②　赤色に変化したことから，塩素 Cl_2が水に溶けると酸性を示すことがわかる。

③　青紫色に変化したことから，ヨウ素 I_2が生成し，デンプンと反応したことがわかる。

（ヨウ素デンプン反応）

①②③　最後に白色に変化したことから，塩素には漂白作用があることがわかる。

3　$\underline{Cu} + \underline{Cl_2} \rightarrow \underline{Cu}\,\underline{Cl_2}$　酸化剤：Cl_2，還元剤：Cu　色は Cu^{2+}による色

(0)　(0)　(+2)(−1)

4　$\underline{Cl_2} + H_2O \rightarrow H\underline{Cl} + H\underline{Cl}O$　　$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow$

(0)　(−1)　(+1)

5　$2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$　$2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2$　$Cl_2 > Br_2 > I_2$

【実験上の注意点】

操作(1)・太口試験管で塩素を発生させる際，ゴム栓を強くすると試験管内の圧力が上がり，ゴム栓がとぶ可能性がある。生徒には上から軽くのせる感じでゴム栓を置くように指導する。

操作(2)・赤い花びらがない場合は赤インクをしみこませたろ紙などでも代用できる。

・万能試験紙，KI デンプン紙とも，半分だけ湿らせるのは，元の色との比較がはっきり見えるようにするためである。

操作(3)，(6)

・太口試験管に捕集した気体の Cl_2を，乾いた駒込ピペットで吸い取る操作では，生徒が間違って反応溶液を吸いとらないように，事前に十分注意をしておくことが必要である。

・また Cl_2は空気より重く下方にたまるので，駒込ピペットは出来るだけ液面近くまで入れ，気体のみを吸い取らせる。

・駒込ピペットを太口試験管に入れてからゴム帽を押し，せっかく集めた Cl_2を逃がしてしまう失敗も少なくない。試験管の外でゴム帽を押すように注意する。

・吸い取った Cl_2を別の試験管に入れる際，駒込ピペットの先は試験管の底まで入れるように指導する。空気より Cl_2は底にたまり，上部の空気を追い出してくれる。

操作(4)・銅線は少し赤くなったら十分である。加熱しすぎると巻いた部分が落ちたりして危険である。

操作(6)・KI 水溶液，KBr 水溶液の液面の少し上までピペットの先を入れ，ゆっくり Cl_2を吹きかけると，表面に色の変化が見られる。振り混ぜると溶液全体が着色する。

【実験後の処理】

塩素 Cl_2が残っている 1 の太口試験管にはチオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$水溶液を 5 滴加え，ゴム栓をしてよく振ってから，洗浄するとよい。

無機５　アルカリ金属とその化合物

【目的】　アルカリ金属の単体，化合物の性質を調べる。

【準備】・リチウム Li　・ナトリウム Na　・カリウム K　・水酸化ナトリウム NaOH
・炭酸ナトリウム Na_2CO_3　・炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$　・６ mol/L 塩酸
・試験管３　・蒸発皿　・時計皿　・500mL ビーカー　・フェノールフタレイン　・ろ紙
・ナイフ（果物用ナイフやカッターナイフ）　・ピンセット　・洗びん　・点火器

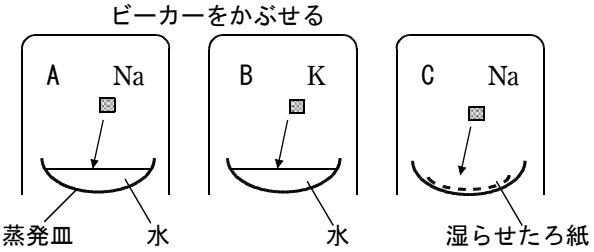
【実験操作】

A アルカリ金属と水との反応

(1) **＜演示＞**金属のリチウム Li，ナトリウム Na，カリウム K を瓶からろ紙の上に取り出し，ナイフで切る様子を観察せよ。（硬さや切り口の変化にも注目すること）

記録 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　右図のように，蒸発皿に約半分程度の水とフェノールフタレインを１滴入れたものを２つ(A,B)と，湿らせたろ紙にフェノールフタレインを１滴入れたものを１つ(C)準備せよ。



（それぞれフェノールフタレインを１滴入れておく）

A,Cには米粒大の Na，Bには米粒大の K を入れ，すぐにビーカーをかぶせ，反応の様子を観察せよ。完全に反応が終わるまで，ビーカーを取らないこと。

蒸発皿が１つしかないときは，Aから順に行い，その都度蒸発皿をよく洗うこと。

記録

① 水に浮くか？　A：Na（　　）　B：K（　　）

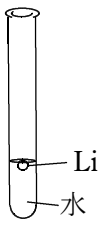
② 反応中の形？　A：Na（　　）　B：K（　　）

③ 発火したか？　した場合炎の色は？

A：Na（　　）　B：K（　　）　C：Na（　　）

④ フェノールフタレインの
変化とその結果わかること ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(3)　試験管立てに立てた試験管に水を約６ mL 入れ，金属 Li の小片を入れ，発生した気体が逃げないように，試験管の口を指で軽く押さえよ。反応が終わったら試験管の口に点火し，反応の様子を観察せよ。（炎の色もよく観察すること）



記録 反応のようすと炎の色 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B ナトリウム化合物の性質

(1) 時計皿にに水酸化ナトリウムの粒状固体を３～４個入れ，しばらく放置せよ。十分時間が経ってからその変化を観察せよ。

記録 変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2) 炭酸ナトリウム Na_2CO_3 と炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$ の固体をそれぞれ0.5ｇずつ取り，２本の目盛り付き試験管に入れる。

(3) (2)の試験管に水を５ mL ずつ入れ，溶解性の違いを観察せよ。

記録 溶解性の違い

Na_2CO_3 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ $NaHCO_3$ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(4) (3)の２本の試験管の溶液量が10 mL になるまで水を加え，結晶を完全に溶解させた後，フェノールフタレインを２滴ずつ入れてよく振り，その違いを観察せよ。

記録 フェノールフタレインの変化の違い

Na_2CO_3 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ $NaHCO_3$ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(5) (4)の２本の試験管に６ mol/L の塩酸をフェノールフタレインの色が消えるまで加えよ。

記録 変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1 (1) Li，Na，K を硬い順に並べよ。 （　　）＞（　　）＞（　　）

(2) **操作１**の切り口の変化から Li，Na，K 共通の性質としてわかることを書け。

(3) Li，Na，K を水との反応性が大きい順に並べよ。 （　　）＞（　　）＞（　　）

(4) Na，K と水との反応式を書け。

Na …＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ K …＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(5) Li，Na，K の保存にはどのような注意が必要か。

2 **操作B**(1)で見られた変化は NaOH 特有の性質である。これを何というか。＿＿＿＿＿＿

3 **操作B**(5)の反応式を書け。

Na_2CO_3 …＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

$NaHCO_3$ …＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

4 Na_2CO_3 や $NaHCO_3$ が，日常生活や工業的にどのようなに利用されているか調べてみよう。

【記録 欄の記入例】

A(1)　Li は少し硬く，K が最も軟らかいが，いずれもナイフで容易に切れた。切り口は最初金属光沢が見られたすぐに曇った。

(2)　① A：Na（浮く） B：K （浮く）　② A：Na（丸くなっている） B：K（丸くなっている）
③ A：Na（発火しない）　B：K（発火する　赤紫色）　C：Na（発火する　黄色）
④ フェノールフタレインが赤くなったので，塩基性であることがわかる。

(3)　ポンという音を立てて爆発する。試験管上部に赤い火柱が見えた。

B(1)　乾いた小さな粒状だったのに，水分を吸って溶けたようになっている。

(3)　Na_2CO_3 ：よく溶けた　$NaHCO_3$：溶けにくかった。

(4)　Na_2CO_3 ：濃い赤色になり，比較的強い塩基性を示した
$NaHCO_3$：淡赤色で，弱い塩基性であった。

(5)　いずれからも気体が発生した。

【考察の記入例】

1(1)　（ Li ）＞（ Na ）＞（ K ）

(2)　Li，Na，K いずれも常温で空気中の酸素と反応して酸化物となる。

(3)　（ K ）＞（ Na ）＞（ Li ）

(4)　$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$　　$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$

(5)　空気に触れないように石油中に保存する。

2　潮解性

3　$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$
$NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$

4　Na_2CO_3 はガラスの製造や界面活性剤の原料，$NaHCO_3$は，中和剤，制酸剤，入浴剤，ベーキングパウダーなどに使われている。

【実験上の注意】

(1)　教卓で Li，Na，K を切る操作は，教材提示装置を用いてテレビ画面で見せることが望ましい。

(2)　ビーカーを蒸発皿の上に半分かぶせた状態で金属片を入れ，すぐにフタをさせる。反応の最後にパチッとはじけるのが危ないので，反応が完全に終わるまでビーカーを取らないように注意する。ろ紙は蒸発皿に入る大きさで，少し水が表面に浮いているくらいがよい。

(3)　水素がポンと音を立てて爆発することもあるし，試験管の口で炎を出して燃えることもある。爆発する場合，試験管上部に一瞬赤い火柱が見えるので，見逃さない様に事前に注意をしておく。

無機６　鉄イオンの反応

【目的】　鉄イオンの反応を調べる。

【準備】・0.1 mol/L 塩化鉄(Ⅲ) $FeCl_3$ 水溶液　・１ mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液
・１ mol/L アンモニア NH_3 水溶液　・0.1 mol/L チオシアン酸カリウム KSCN 水溶液
・0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム $K_4[Fe(CN)_6]$ 水溶液
・0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム $K_3[Fe(CN)_6]$ 水溶液
・硫化鉄(Ⅱ)七水和物 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$　・試験管８

【実験操作】

(1)　硫酸鉄(Ⅱ)七水和物 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ を薬さじ(小)約１杯試験管に入れ，水に溶かして約12 mL の溶液を作り，４本の試験管に分ける。(→ Fe^{2+}の溶液)

(2)　塩化鉄(Ⅲ) $FeCl_3$ 水溶液を3 mL ずつ４本の試験管に入れる。(→ Fe^{3+}の溶液)

(3)　下の表に従って，Fe^{2+}の溶液，Fe^{3+}の溶液それぞれに，NaOH aq，$K_4[Fe(CN)_6]$ aq $K_3[Fe(CN)_6]$ aq，KSCN aq を点眼びんから2～3滴ずつ加え，その変化を記録する。

記録	NaOHaq	$K_4[Fe(CN)_6]$ aq	$K_3[Fe(CN)_6]$ aq	KSCN aq
Fe^{2+}の溶液 溶液の色 (　　)	①	②	③	④
Fe^{3+}の溶液 溶液の色 (　　)	⑤	⑥	⑦	⑧

【考察】

1　Fe^{2+}の溶液と NaOHaq が反応するときのイオンを含む反応式を書け。

2　Fe^{3+}の溶液と NaOHaq が反応するときのイオンを含む反応式を書け。

3　**操作(3)**の②,③,⑥,⑦で同じ結果になるところが２カ所ある。$K_4[Fe(CN)_6]$ と $K_3[Fe(CN)_6]$ に含まれる Fe の価数を考えて，その理由を簡単に説明せよ。

4　Fe^{2+}の検出に用いるのに最も有効な試薬は４種類のうちどれか。

5　Fe^{3+}の検出に用いるのに有効な試薬は４種類のうちどれか。２つ答えよ。

【記録 欄の記入例】

	NaOHaq	$K_4[Fe(CN)_6]$ aq	$K_3[Fe(CN)_6]$ aq	KSCN aq
Fe^{2+}の溶液 溶液の色 (　　淡緑色　)	① 緑白色沈殿が生成する	② 青白色沈殿が生成する	③ 濃青色沈殿が生成する	④ 変化なし
Fe^{3+}の溶液 溶液の色 (　　黄褐色)	⑤ 赤褐色沈殿が生成する	⑥ 濃青色沈殿が沈殿する	⑦ 褐色の溶液になる	⑧ 血赤色の溶液になる

【考察の記入例】

1 $Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow$

2 $Fe^{3+} + 3OH^- \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow$

3 ③と⑥が同じ結果である。$K_3[Fe(CN)_6]$に含まれる鉄は３価(Fe^{3+})で，③ではこれと Fe^{2+}が反応。また，$K_4[Fe(CN)_6]$ に含まれる鉄は２価(Fe^{2+})で，⑥ではこれと Fe^{3+}が反応している。すなわち，Fe^{2+}と Fe^{3+}の組合せで反応しており，その結果，同じ物質が生成したと考えられる。

4 $K_3[Fe(CN)_6]$ aq

5 $K_4[Fe(CN)_6]$ aq，KSCN aq

【実施上の注意】

(1) **操作**(1)で Fe^{2+}の溶液をあらかじめ作っておくことは出来ない。それは，Fe^{2+}が空気中の酸素に酸化されて，すぐ Fe^{3+}に変化するからである。

(2) **操作**(3)の①で生成する緑白色沈殿も時間が経つと鉄イオンが２価から３価となり，赤褐色を帯びるので，反応後すぐの色を観察して記録するように注意をしておくべきである。

無機７　銅・銀とそのイオンの反応

【目的】　銅・銀とそのイオンの反応を調べる

【準備】・硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$　・グルコース　・１ mol/L アンモニア NH_3水
・１ mol/L 塩酸 HClaq　・0.1mol/L 硝酸銀 $AgNO_3$水溶液
・0.1mol/L 塩化ナトリウム NaCl 水溶液　・0.1mol/L 臭化カリウム KBr 水溶液 aq
・0.1mol/L ヨウ化カリウム KI 水溶液　300mL ビーカー，薬さじ，試験管，洗びん，

【実験操作】

A 銅イオンの反応

(1)　硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ の結晶を薬さじ(小)で２杯試験管に取り，バーナーで加熱する。(１カ所だけを加熱せず，試験管を回すなどして全体を加熱すること。)

記録 結晶の色 ＿＿＿＿＿＿

加熱後の変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　(1)で加熱した結晶に水を１滴落として変化を見た後，水を６ mL 加えてよく溶かす。

記録 変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ 溶液の色 ＿＿＿＿＿＿＿＿

(3)　(2)で得られた溶液を２等分し，両方にアンモニア水を３滴ずつ加える。

記録 アンモニア水を少量加えたときの変化

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(4)　(3)の２本の試験管のうち１本にさらにアンモニア水を１滴ずつ加えてよく振る。(変化が見られたらすぐアンモニア水の滴下をやめる。)

記録 アンモニア水を過剰に加えたときの変化

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(5)　で得られた溶液に塩酸を１滴ずつ滴下する。

記録 変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(6)　(3)の２本の試験管のうち残る１本を加熱する。

記録 変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B 銀イオンの反応

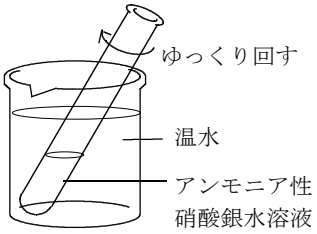
(1)　硝酸銀 $AgNO_3$水溶液５ mL を試験管に取り，アンモニア水を３滴加える。

記録 アンモニア水を少量加えたときの変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　(1)の後さらにアンモニア水を１滴ずつ加えてよく振る。(変化が見られたらすぐアンモニア水の滴下をやめる。これをアンモニア性硝酸銀水溶液という。)

記録 アンモニア水を過剰に加えたときの変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(3)　(2)で得られたアンモニア性硝酸銀水溶液にグルコースを薬さじ(小)で１杯入れてよく混ぜ，右図のように温水を入れたビーカーの中で試験管を回して変化を見る。



記録　変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

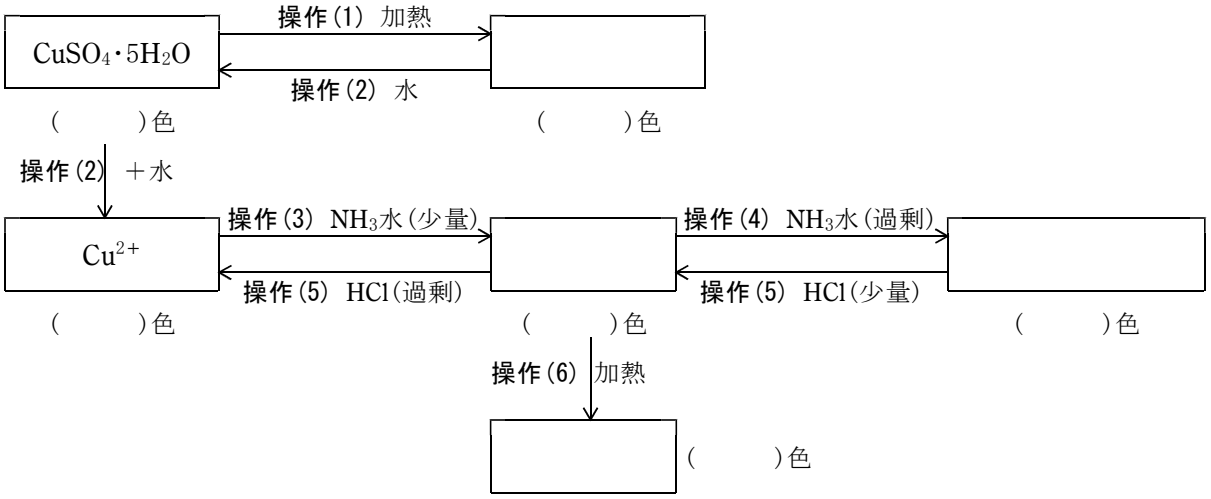
(4)　３本の試験管に硝酸銀 $AgNO_3$水溶液を３ mL ずつ取り，それぞれに，NaClaq，KBraq，KIaq を数滴加え変化を見る。

記録

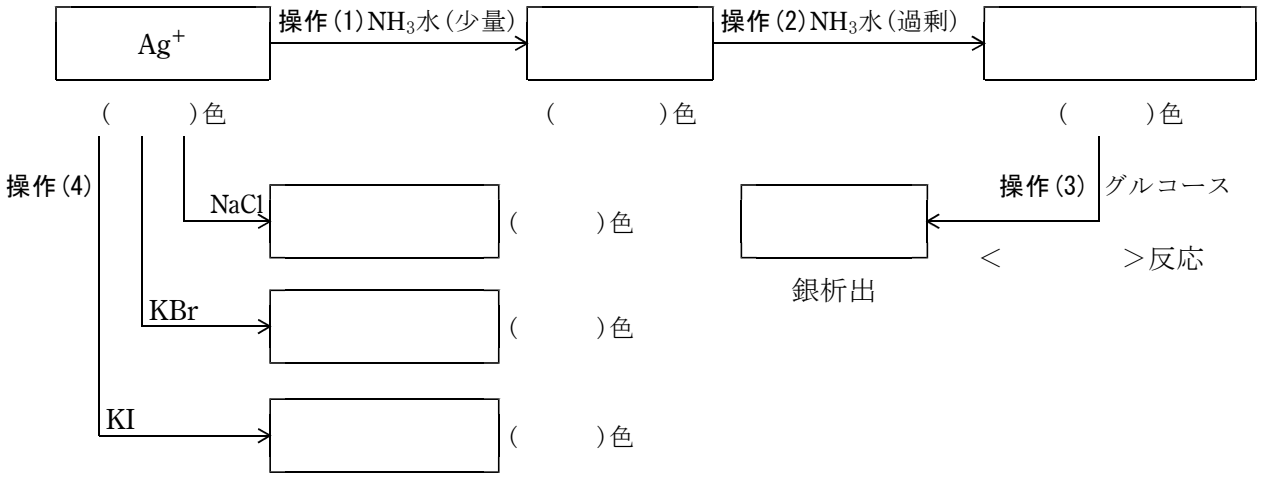
NaCl ＿＿＿＿＿＿ KBr ＿＿＿＿＿＿ KI ＿＿＿＿＿＿

【考察】

1　**操作**Ａ(1)～(6)の変化を次の系統図にまとめよ。［　　］に化学式，(　　) に色を書け。



2　**操作**Ｂ(1)～(3)の変化を次の系統図にまとめよ。［　　］に化学式，(　　) に色を書け。また**操作**(3)の反応を何というか。＜　　＞に書け。



【記録 欄の記入例】

A(1)　結晶は青色。加熱後は白色になる。

(2)　水を落とすとその部分が白くなる。水に溶かすと溶液の色は青。

(3)　青白色の沈殿が生成する。

(4)　沈殿が溶け，深青色の溶液になる。

(5)　少量加えると青白色の沈殿に戻り，さらに加えると沈殿が溶けて青色の溶液になる。

(6)　黒色の沈殿が生成する。

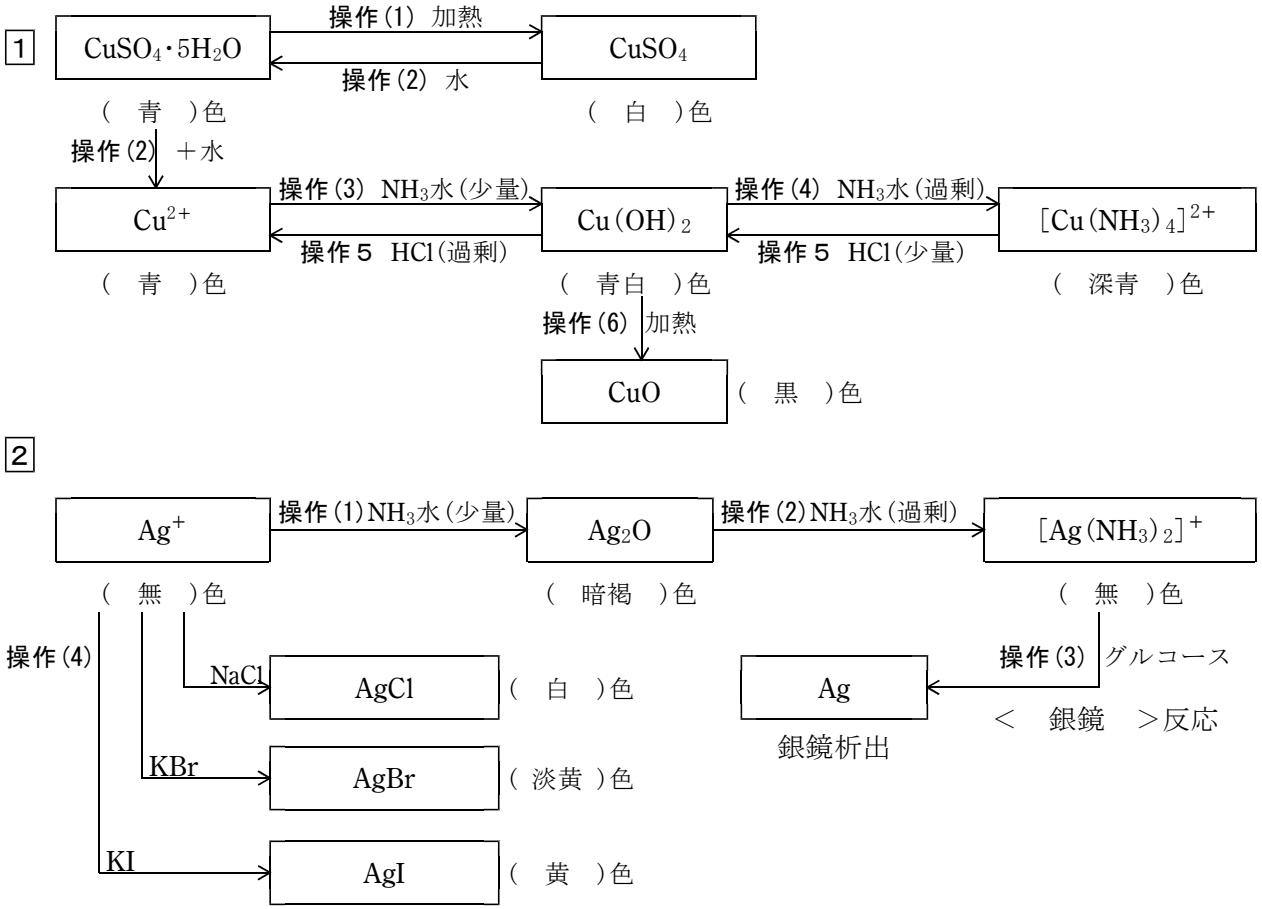
B(1)　暗褐色の沈殿が生成する。

(2)　沈殿が溶け，無色透明の溶液となる。

(3)　試験管の内壁に銀が析出し，鏡のようになる。

(4)　それぞれ沈殿が生成する。NaCl：白色沈殿　KBr：淡黄色沈殿　KI：黄色沈殿

【考察の記入例】



【実施上の注意点】

1　A(1)で，硫酸銅(Ⅱ)五水和物の加熱は少しでよく，一部が白くなることがわかればよい。

2　アンモニア水や塩酸は少しずつ加えさせ，少量と過剰の違いがわかるようにする。最初から一気に入れてしまうと沈殿生成を確認することなく溶液になってしまったり，正しい結果が観察できない。

3　B(3)で試験管を回すのは，熱が伝わりやすくするのと，内壁全体に均一に銀を析出させるためである。ゆっくり回せばよい。温水につけるとあるが，夏期はそのままでもきれいな銀鏡が生成しやすい。逆に温度を上げすぎるときれいな銀鏡が出来ないこともある。

無機８　金属イオンの分離

【目的】　Ag^+, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}の４種類のイオンを含む溶液から各金属イオンを分離し，確認する方法を理解する。

【準備】・試料溶液（0.1 mol/L $AgNO_3$aq，0.1 mol/L $Cu(NO_3)_2$aq，0.1 mol/L $Fe(NO_3)_3$aq
0.1 mol/L $Zn(NO_3)_2$aq を各2 mL ずつ混合したもの）
・６ mol/L 塩酸 HCl aq　・６ mol/L NH_3 水溶液　・３ mol/L 硝酸 HNO_3　・濃硝酸
・硫化水素水　・0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム $K_4[Fe(CN)_6]$水溶液
・ろうと　・ろ紙，

【実験操作】　Ag^+, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}の４種類のイオンを含む溶液に次の操作を行い，イオンを分離すると共に，確認を行う。

１．(Ag^+の分離）試験管内の混合溶液10 mL に希塩酸 HClaq を少しずつ加えよく振ると，塩化銀 AgCl の白色沈殿が生成するので，これをろ過する。(ろ液は試験管で受ける。）沈殿の上から純水を少量かけて洗うこと。

ろ紙上の沈殿 ➡ ２へ
ろ液 ➡ ３へ

２．(Ag^+の確認）１のろ紙上の沈殿 AgCl の上から，少量のアンモニア水 NH_3 を2～3回に分けて注ぐと，沈殿は ジアンミン銀(Ⅰ)イオン $[Ag(NH_3)_2]^+$ となって溶ける。(すべて溶けなくてもよい。）その溶液に希硝酸 HNO_3 を加え酸性にすると，白色沈殿 AgCl が生成する。

３．(Cu^{2+}の分離）１のろ液(弱酸性)に硫化水素水を少しずつ約5～10秒通じて黒色沈殿 CuS をつくりろ過する。(ろ液はビーカーで受ける。)

ろ液 ➡ ４へ

４．(Fe^{3+}の分離）３のろ液を30秒煮沸し，硫化水素 H_2S を追い出す。H_2S によって，Fe^{3+}が Fe^{2+}に還元されてしまっているので，濃硝酸を数滴入れ，Fe^{2+}を Fe^{3+}に酸化する。煮沸をやめて冷却後アンモニア水 NH_3 を加えアルカリ性にすると，水酸化鉄(Ⅲ)$Fe(OH)_3$の赤褐色の沈殿が生成するので，これをろ過する。(ろ液は試験管で受ける。)

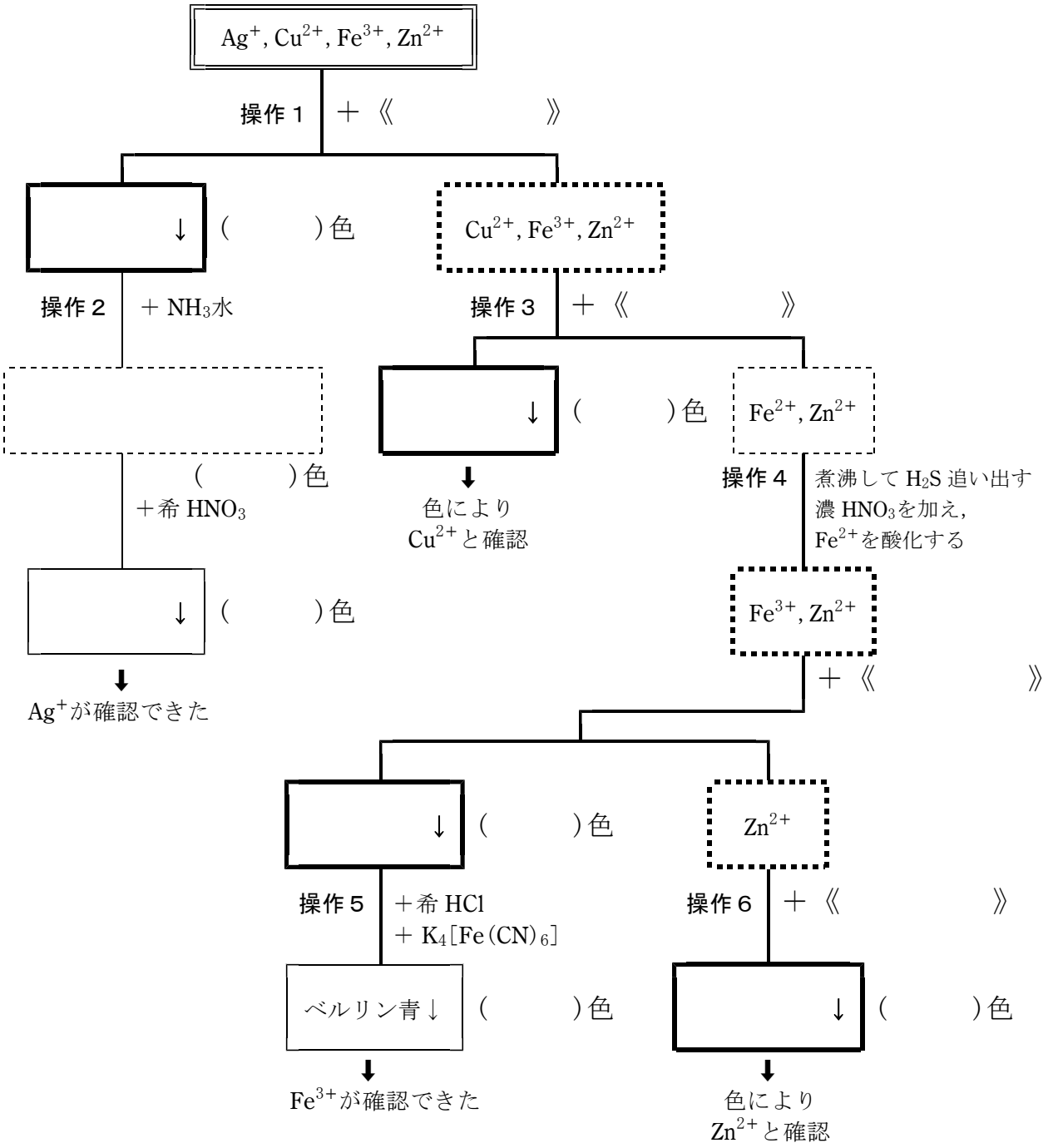
ろ紙上の沈殿 ➡ ５へ
ろ液 ➡ ６へ

５．(Fe^{3+}の確認）４のろ紙上の沈殿 $Fe(OH)_3$ の上から，少量の希塩酸 HCl を2～3回に分けて注ぐと沈殿が溶ける。この溶液に $K_4[Fe(CN)_6]$aq を1～2滴加えると，濃青色の沈殿(ベルリン青)が生成する。

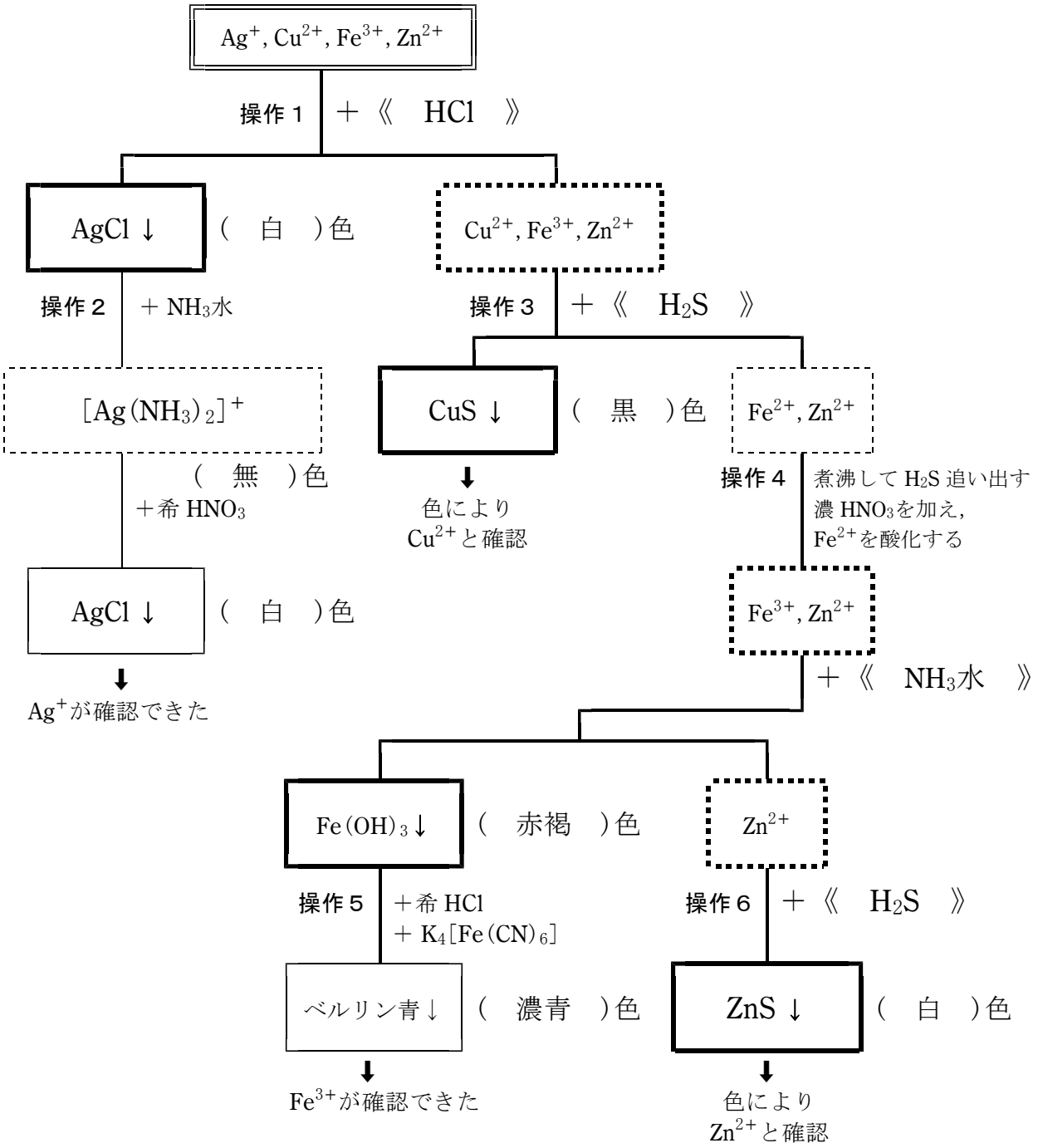
６．(Zn^{2+}の分離）４のろ液（弱塩基性）に硫化水素水を加えて，硫化亜鉛 ZnS の白色沈殿をつくる。

【考察】実験操作の流れと結果を次の系統図にまとめよ。

□ に沈殿の化学式，⋯ にイオンの化学式，
（　　）に色，《　　》に加える試薬名を書くこと。



【考察の記入例】


$Ag^+, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}$
操作１
＋《　HCl　》
AgCl ↓
（　白　）色
$Cu^{2+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}$
操作２
＋ NH_3水
操作３
＋《　H_2S　》
$[Ag(NH_3)_2]^+$
（　無　）色
＋希 HNO_3
CuS ↓
（　黒　）色
色により
Cu^{2+}と確認
Fe^{2+}, Zn^{2+}
操作４
煮沸して H_2S 追い出す
濃 HNO_3を加え，
Fe^{2+}を酸化する
AgCl ↓
（　白　）色
Ag^+が確認できた
Fe^{3+}, Zn^{2+}
＋《　NH_3水　》
$Fe(OH)_3$↓
（　赤褐　）色
Zn^{2+}
操作５
＋希 HCl
＋ $K_4[Fe(CN)_6]$
操作６
＋《　H_2S　》
ベルリン青↓
（　濃青　）色
ZnS ↓
（　白　）色
Fe^{3+}が確認できた
色により
Zn^{2+}と確認

有機１　炭化水素の性質～不飽和結合とアセチレン～

【目的】　アセチレンを発生させ，その性質を調べる。不飽和結合をもつ化合物の反応を調べる。

【準備】・炭化カルシウム　・臭素水(点眼瓶)　・過マンガン酸カリウム $KMnO_4$水溶液
・シクロヘキサン　・シクロヘキセン　・ベンゼン　・水層　・試験管　・ピンセット
・ゴム栓　・アルミ箔　・点火器

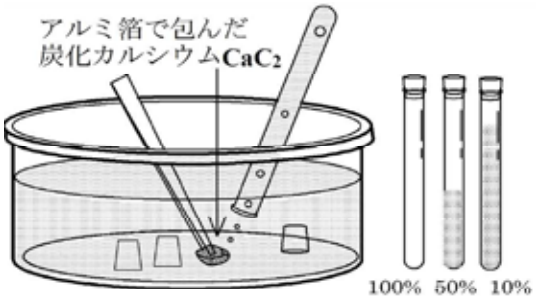
【実験操作】

A アセチレンの生成

(1)　小指先大の炭化カルシウム CaC_2 をシャープペンシルの芯で中央に１つ小さな穴を開けたアルミ箔で包み，ピンセットで水中に沈める。

(2)　アセチレンの体積比が３本の試験管内でそれぞれ100%，50%，10%になるように水上置換で捕集し，ゴム栓をする。

(3)　50%，10%のものは，試験管を逆立ちさせてゴム栓をとり，中の水を捨てたあとよく振って空気と混合する。



B アセチレンの性質

(1)　アセチレンの体積比が50%と10%の試験管を試験管立てに立て，ゴム栓を取って点火し，炎の色，すすの発生の程度などを観察する。50%のものは点火後すぐゴム栓をせよ。

(2)　アセチレン100%の試験管に臭素水を５滴入れ，ゴム栓をしてよく振り，色の変化を観察する。

記録

燃焼の様子		Br_2 との反応
アセチレン C_2H_2　50%	アセチレン C_2H_2　10%	アセチレン C_2H_2　100%

C 二重結合の反応

(1)　試験管３本に，シクロヘキサン，シクロヘキセン，ベンゼンを２ mL ずつとり，それぞれに臭素水を５滴ずつ加え，色の変化を見よ。

(2)　試験管３本に，シクロヘキサン，シクロヘキセン，ベンゼンを２ mL ずつとり，それぞれに過マンガン酸カリウム水溶液を１ mL ずつ加え，色の変化を見よ。

記録

分類名	シクロアルカン	シクロアルケン	芳香族炭化水素
	環状の飽和炭化水素 (単結合のみ)	環状の不飽和炭化水素 (二重結合を一つもつ)	環状の不飽和炭化水素 (ベンゼン環を含む)
物質名	シクロヘキサン	シクロヘキセン	ベンゼン
分子式	C_6H_{12}	C_6H_{10}	C_6H_6
Br_2 の赤褐色			
$KMnO_4$ の赤紫色			

【考察】

1　アセチレン発生の反応式を書け。

2　アセチレンと臭素 Br_2 が 1 : 1 および 1 : 2 のモル比で反応した時の生成物の構造式を書け。

3　シクロヘキサン，シクロヘキセン，ベンゼンの臭素との反応性の違いを，その構造式から説明せよ。

【記録 欄の記入例】

B

燃焼の様子		Br_2 との反応
アセチレン C_2H_2　50 %	アセチレン C_2H_2　10 %	アセチレン C_2H_2　100 %
すすをたくさん出して燃える(黄色の炎)	大きな音を出して爆発する(青白い炎)	臭素の色が消える

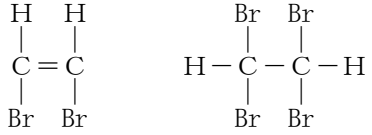
C

物質名	シクロヘキサン	シクロヘキセン	ベンゼン
Br_2 の赤褐色	消えない	消える	消えない
$KMnO_4$ の赤紫色	消えない	消えて褐色の沈殿が生成する	消えない

【考察の記入例】

1 (1)　$CaC_2 + 2\,H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow$

2



3　シクロヘキサンは単結合のみなので，臭素は付加しないが，シクロヘキセンは二重結合をもち，臭素の付加反応が起こる。ベンゼンは構造式上は二重結合をもつが，六員環構造が安定で付加反応はほとんど起こらない。が

【実施上の注意点】

(1)　炭化カルシウムを水につけるとすぐ気体の発生が始まるため，アルミ箔に開ける穴は小さく，穴以外から発生した気体が漏れないようにする。

(2)　最初は気体が勢いよく出るので，100%の捕集から行うよう指示する。ゴム栓はすぐに栓ができるよう，水槽内で立てておく。

(3)　試験管内の水を出す際に，勢いよく出すとアセチレンが外気と入れ替わってしまう可能性があるので，ゴム栓で押さえながらゆっくり水を流すとよい。

(4)　点火するときはまず炎が出たことを確認してから，ゴム栓を取る。ゴム栓を取ってから点火に手間取るとよくない。10%の試験管は爆発するので，上からのぞき込まないように事前に注意をしておく。50%の試験管に点火すると，大量のすすが舞うので，燃焼の様子を確認できたらすぐにゴム栓をするよう指示をしておく。

有機２　アルコール・アルデヒド・ケトンの性質

【目的】　エタノールの金属ナトリウムとの反応，アルデヒドの還元性，ヨードホルム反応について理解する。

【準備】・エタノール　・メタノール　・ナトリウム　・グルコース　・アセトン
・2-プロパノール　・１ mol/L アンモニア NH_3水　・0.1mol/L 硝酸銀 $AgNO_3$水溶液
・６ mol/L 水酸化ナトリウム水溶液
・ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(水100mL に KI 5g と I_2 0.2g を溶かしたもの)
・試験管４　・らせん状に巻いた銅線　・アルミキャップ　・ピンセット　・点火器
・200mL ビーカー

【実験操作】

A エタノールとナトリウムの反応

(1)　試験管にエタノールを２ mL とる。
(2)　ナトリウム Na (米粒大)を試験管に入れ，アルミキャップをかぶせ，反応の様子を見る。
(3)　反応終了後，試験管の口のアルミキャップをとり，火を近づけ，変化をみる。
注：ナトリウムは必ず乾いたピンセットで扱うこと。反応が完全に終わるまで，アルミキャップは取らないこと。

記録 反応のようす＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B ホルムアルデヒドの生成

(1)　試験管にメタノール CH_3OH を１ mL とり，ビーカーの熱水に入れてあたためる。
(2)　らせん状の銅線をバーナーの外炎で赤熱し，炎から出して黒くなったところで試験管に入れ，メタノールの液面に近づけたり，外に出したりを数回繰り返す。
注：銅線が液面につかないよう上下させる。

記録 銅線の色の変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

メタノールのにおいの変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

C ヨードホルム反応

(1)　試験管にアセトン２ mL，ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を１ mL 加えてビーカーの熱水に入れてあたためる。
(2)　水酸化ナトリウム水溶液１滴を加えよく振り混ぜる操作を繰り返し，溶液が濁ればしばらく静置した後，沈殿の色とにおいを調べる。

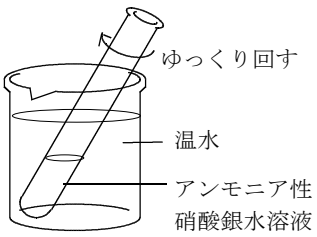
記録 沈殿の色 ＿＿＿＿＿＿＿＿　におい ＿＿＿＿＿＿＿＿
(3)**＜追加＞**　エタノール，2-プロパノールについて，同様の実験を行う。

C 銀鏡反応

(1)　硝酸銀 $AgNO_3$水溶液５ mL を試験管に取り，アンモニア水を少しずつ加える。初め沈殿が生成するが，その後沈殿が消えるので，アンモニアの滴下をやめる。(これをアンモニア性硝酸銀水溶液という)

記録 変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2)　(1)で得られたアンモニア性硝酸銀水溶液にグルコースを薬さじ(小)で１杯入れてよく混ぜ，右図のように温水を入れたビーカーの中で試験管を回して変化を見る。



記録　変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1　A　エタノールとナトリウムの反応式を書け。

2　B　ホルムアルデヒドが生成する反応式を書け。

3　C

(1)　□ にヨードホルムの化学式を書き，(　　) に係数をつけて，ヨードホルム反応の反応式を完成させよ。

CH_3COCH_3＋（　　）I_2＋（　　）NaOH → □ ＋ CH_3COONa ＋3NaI ＋$3H_2O$

(2)　アセトン，エタノール，2-プロパノールの構造式を書き，ヨードホルム反応を示す特徴的な部分構造を線で囲め。

4　D　銀はどのように変化したか。次の空欄に化学式を書け。

Ag^+ ⟶ □ ⟶ □

（　　）色沈殿　　（　　）色溶液

【記録 欄の記入例】

A　穏やかに気体を発生しながらナトリウムは溶けていく。発生する気体に点火するとポンと音がして燃える。

B　銅線の色の変化：加熱によって黒色になっていたが，メタノールの液面近くで金属光沢のある赤色になる。試験管の外に出すとまた黒色になり，入れると赤色になるということを繰り返す。

メタノールのにおいの変化：初めほとんどにおいがないが，刺激臭に変化する。

C　沈殿の色：黄色　　におい：刺激臭

D(1)　初め暗褐色沈殿が生成するが，アンモニア水を過剰に加えると沈殿が消えて無色透明の溶液が得られる。

(2)　試験管の内壁に銀が析出して鏡にようになる。

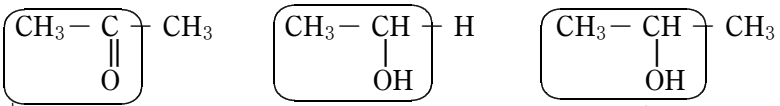
【考察の記入例】

1　$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$

2　$CH_3OH + CuO \rightarrow HCHO + Cu + H_2O$

3　(1)　$CH_3COCH_3 + 3I_2 + 4NaOH \rightarrow CHI_3 + CH_3COONa + 3NaI + 3H_2O$

(2)　アセトン　　エタノール　　2-プロパノール



4　Ag^+ ⟶ Ag_2O(暗褐色沈殿) ⟶ $[Ag(NH_3)_2]^+$（無色透明の溶液）

【実施上の注意点】

ヨードホルム反応は，アセトンが多いと失敗する。予備実験をしておく必要がある。

有機３　エステルの合成

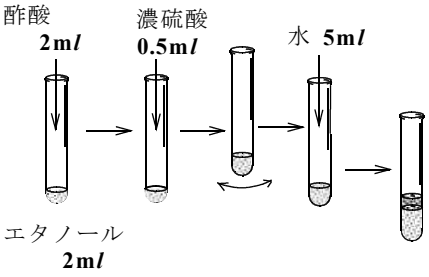
【目的】　エステルの合成や加水分解の反応のしくみを理解する。

【準備】・酢酸　・エタノール　・3-メチル-1-ブタノール（イソアミルアルコール）　・濃硫酸
・６ mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液　・試験管３

【実験操作】

A 酢酸エチルの合成

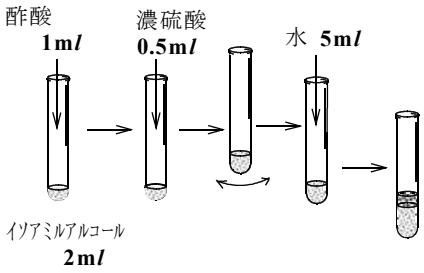
エタノール２ mL と酢酸２ mL に濃硫酸0.５mL を加え，２～３分よく振り混ぜよ。液のにおいが変わってきたら水５ mL を加え，生成した酢酸エチルを分離せよ。



記録 におい ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

B 酢酸イソアミルの合成

3-メチル-1-ブタノール（イソアミルアルコール）２ mL と酢酸１ mL に濃硫酸0.５mL を加え２～３分よく振り混ぜよ。液のにおいが変わってきたら水５ mL を加え，生成した酢酸イソアミルを分離せよ。



記録 におい ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

C エステルの加水分解

試験管に酢酸エチルを１ mL とり，においを嗅ぐ。ここへ水酸化ナトリウム水溶液を３ mL 加え，ゴム栓をして３分間激しく振った後，溶液とにおいの変化をみる。

記録 変化 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1　A ～ C の反応式を書き，その下に反応物，生成物の名称を書け。

A

B

C

2　酢酸エチルや酢酸イソアミルのような分子量の小さいエステルは一般にどのような性質を示すか。色，におい，水溶性，水に対する比重などについてまとめよ。

【記録 欄の記入例】

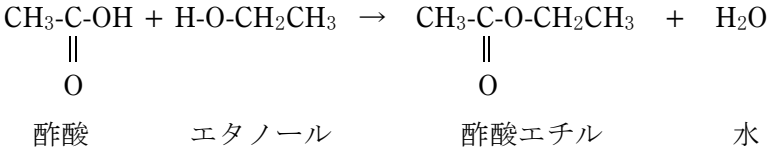
A　果実臭（パイナップル？ or 接着剤のにおい？）

B　果実臭（バナナ？）。

C　酢酸エチルのにおいが弱くなり，酢酸のにおいがわずかにする。

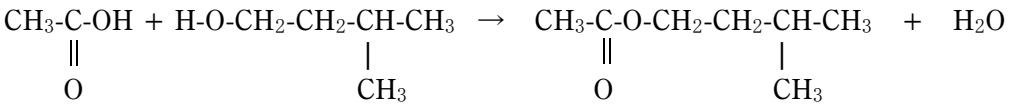
【考察の記入例】

1　A



酢酸　　エタノール　　酢酸エチル　　水

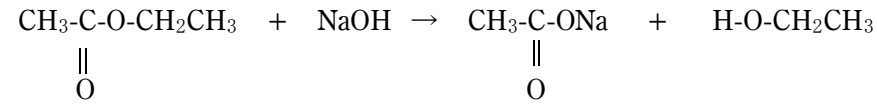
B



酢 酸　　3-メチル-1-ブタノール　　酢酸イソアミル　　水

(イソアミルアルコール)

C



酢酸エチル　　酢酸ナトリウム　　エタノール

2　分子量の小さいエステルは，一般に無色の液体で果実臭をもち，水よりも軽い。水100 mL に対する溶解度は，酢酸エチルが８ｇでわずかに溶けるが，酢酸イソアミルは0.2ｇでほとんど溶けない。比重は，酢酸エチル，酢酸イソアミルとも約 0.9である。

【実施上の注意】

(1)　A では，酢酸エチルがわずかに水に溶解するので，２層に分かれているのをはっきりと確認することはできないが，においはわかる。

(2)　B では，反応後に水を加えると二層に分かれ，上層の量がかなり多い。しかし，イソアミルアルコールの溶解度も小さいので，この上層には未反応のイソアミルアルコールがかなり含まれていると考えられる。

有機４　サリチル酸の反応

【目的】　頭痛薬から別の薬を合成して，サリチル酸の反応を理解する。

【準備】・市販の頭痛薬（バファリン）　・メタノール　・0.1mol/L 塩化鉄(Ⅲ)$FeCl_3$水溶液
・６ mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液　・６ mol/L 塩酸 HCl　・濃硫酸 H_2SO_4
・飽和炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$水溶液　・試験管５　・ビーカー(50mL, 200mL)
・200mL 三角フラスコ　・三脚　・金網　・薬さじ　・ろうと　・ろ紙２　・ざら紙
・駒込ピペット　・温度計　・キッチンペーパー　・万能試験紙

【実験操作】

A 頭痛薬を分解する

(1)　試験管に入れてある水酸化ナトリウム水溶液５ mL に頭痛薬を１錠入れ，200mL ビーカーの沸騰水につけて５分間加熱する。

(2)　試験管を流水で30秒ほど冷却し，塩酸10mL を駒込ピペット(大)で加える。

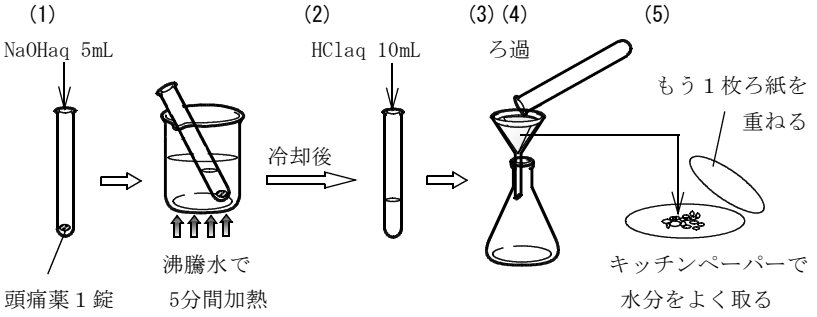
(3)　生成した沈殿をろ過する。(ろ液はフラスコで受ける。)

注：試験管内に残った沈殿も水を入れて，ろ紙上に流し出すこと。
溶け残った頭痛薬のかたまりがあれば捨てること。ろ液は不要。

(4)　ろ紙の上から純水を少しかけて沈殿を洗う。

(5)　ろ紙を開き，別のろ紙をのせ，２枚のキッチンペーパーではさんで，水分を十分にとる。

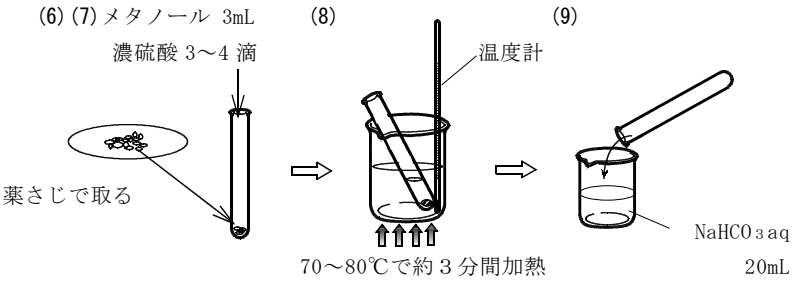
注：ここで水分が残っていると次の実験がうまくいかない!!



B 新しい薬を合成する

(6)　(5)のろ紙上の沈殿を薬さじでこすりとり，試験管に入れる。メタノール３ mL をピペット(小)で加える。

(7)　さらに濃硫酸を３～４滴加える(教卓で教員が入れる)。



(8)　(7)の試験管をビーカーの熱水につけ，時々振り混ぜながら70～80℃で約３分間加熱する。

(注：温度が80℃以上になると危険なので注意する。)

※この間に，ろ紙上に残っている沈殿に，塩化鉄(Ⅲ)水溶液を１～２滴加え，色の変化を見よ。

記録　色の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(9)　50 mL ビーカーに炭酸水素ナトリウム水溶液を20 mL 入れ，(8)の試験管の液を入れる。液を入れた瞬間の反応のようすと，生成物の状態，においを調べる。

記録 反応のようす＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

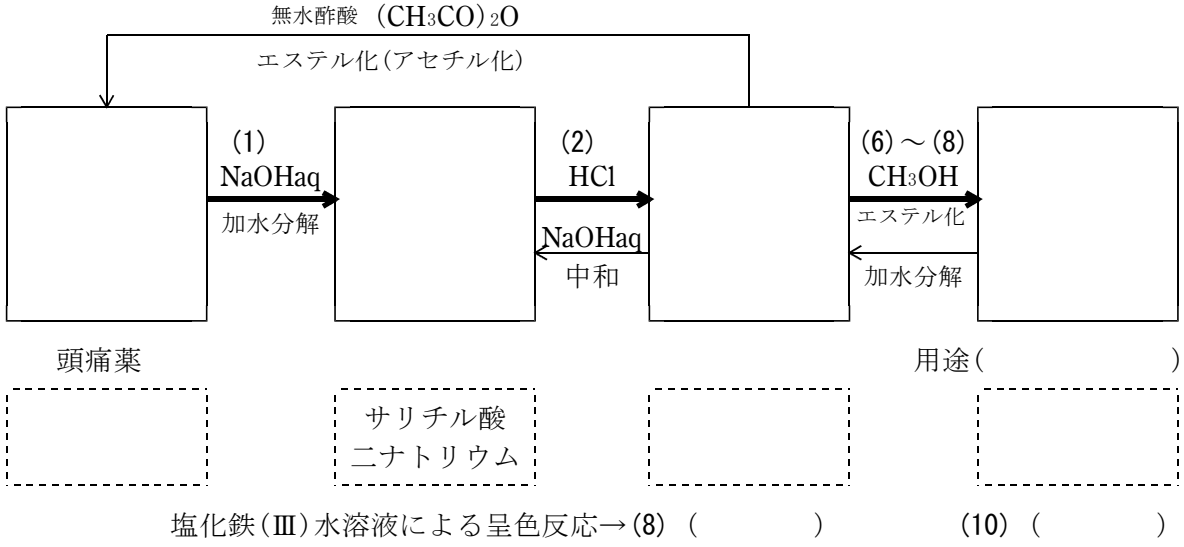
生成物の状態とにおい＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(10)　50 mL ビーカーの内容物に，塩化鉄(Ⅲ)水溶液を１～２滴加える。

記録 色の変化＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【考察】

1　この実験で起こった反応の系統図を完成せよ。（太矢印 ⟶が実験したところ）



2　(9)の操作は何のために行ったか説明せよ。

【記録 欄の記入例】

(8)　青紫に呈色した。

(9)　気体が発生した。生成物が液面に浮いており，湿布薬のにおいがした。

(10)　青紫に呈色した。

【考察の記入例】

2　未反応のサリチル酸を炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$との反応で水溶性のサリチル酸ナトリウムとし，目的生成物のサリチル酸メチルと分離するため。

【実施上の注意点】

(1)　弱酸遊離と加水分解，エステル結合についての理解が問われる。考察に時間を十分にとるためにも，ビーカーにはあらかじめお湯を入れ，授業開始とともに加熱を始めさせたり，頭痛薬を溶かす時にはガラス棒を使う等で，時間短縮をするとよい。

(2)　バファリンには水に溶けにくい成分（紙のようなものが溶けずに残る）が使用されているため，ろ過した際に取り除く。

(3)　キッチンペーパーは２回折りたたみ挟むと水を吸収しやすくなる。

有機５　フェノールとアニリン

【目的】　フェノールとアニリンの性質を調べる。

【準備】・フェノール　・アニリン　・0.1mol/L 塩化鉄(Ⅲ)$FeCl_3$水溶液　・６ mol/L 塩酸 HCl
・６ mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液
・硫酸酸性ニクロム酸カリウム $K_2Cr_2O_7$水溶液ガラス棒　・200 mL ビーカー
・布(50ml ビーカーに入る大きさの正方形)　・ピンセット　・ガラス棒　・点火器

【実験操作】

A フェノールの性質　記録　(2)～(5)の変化

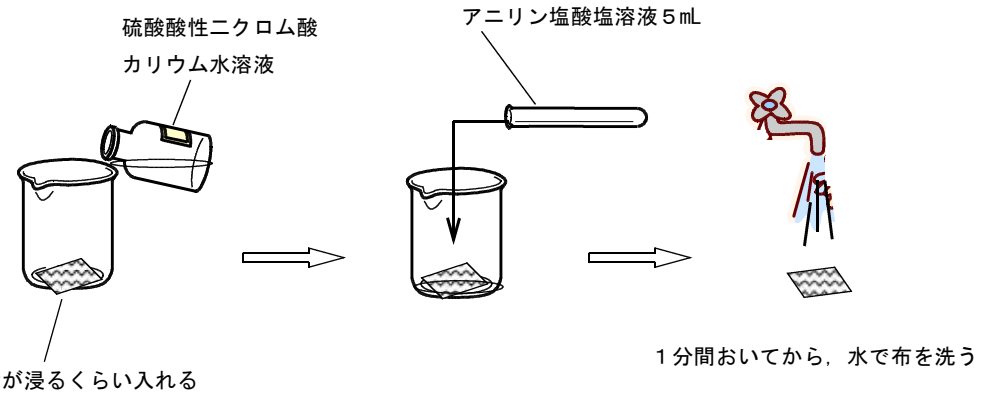
(1)　試験管にフェノールの結晶を少量とり，加熱する。
(2)　(1)のフェノールをガラス棒につけ，そのガラス棒を塩化鉄(Ⅲ) 水溶液の入った試験管に入れる。
(3)　水と混ざり合うかどうか，まず水を数滴加えてようすを見る。そのあと水をさらに５ mL 加える。
(4)　６ mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を数滴加える。
(5)　６ mol/L 塩酸を２ mL 加える

B アニリンの性質　記録　(1)～(4)の変化

(1)　試験管にアニリンを２ mL とり，ガラス棒につけ，そのガラス棒をさらし粉溶液の入った試験管に入れる。
(2)　水と混ざり合うかどうか，まず水を数滴加えてようすを見る。そのあと水をさらに５ mL 加える
(3)　６ mol/L 塩酸を数滴加える。
(4)　６ mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を数滴加える。
(5)　６ mol/L 塩酸を５ mL 加える。→　C で使用

C アニリンブラックの合成

50 mL ビーカーに小さな布片を入れ，それが浸るくらいに硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液入れ，布に十分溶液がしみ込ませる。その後，B(5)の試験管のアニリン塩酸塩溶液を５ mL かけ，約１分間おいてから，水で布を洗う。



記録　布と二クロム酸カリウム水溶液の変化

【考察】

1　A(4)(5)で，フェノールは水酸化ナトリウムと反応し，さらに塩酸と反応した。反応式を書け。

2　B(3)(4)で，アニリンは塩酸と反応し，さらに水酸化ナトリウムと反応した。反応式を書け。

【記録 欄の記入例】

A(2)　赤紫に呈色した。

(3)　水が少量だと混ざり合い均一になったが，水が多いと溶けなくなり，二層に分かれた。

(4)　ほぼ無色透明の均一な溶液になった。

(5)　白濁して，静置すると油状の物質が浮いてきた。

B(1)　赤紫に呈色した。

(2)　水が少量だと混ざり合い均一になったが，水が多いと溶けなくなり，二層に分かれた。

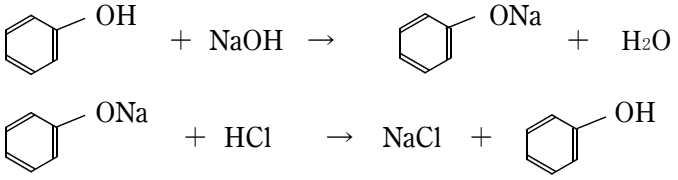
(3)　ほぼ無色透明の均一な溶液になった。

(4)　白濁して，静置すると油状の物質が浮いてきた。

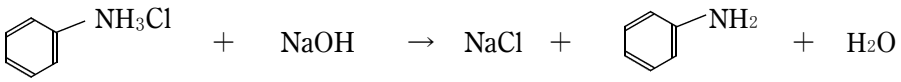
C　溶液はやや緑がかった黒色になり，布は黒く染まった。

【考察の記入例】

1



2



【実施上の注意点】

(1)　フェノールの融点は41℃なので，瓶ごとお湯につけて溶かしてから試験管に分け取る。

(2)　アニリンは古いと酸化されて褐色を帯びる。蒸留して用いるとよい。

有機６　タンパク質の呈色反応

【目的】　タンパク質の呈色反応や硫黄元素の検出を行う。

【準備】・卵白（６倍希釈）　・0.2 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液
・0.5 mol/L 硫酸銅（Ⅱ）$CuSO_4$ 水溶液　・0.1 mol/L アンモニア水　・ニンヒドリン試薬
・濃硝酸　・水酸化ナトリウム（固体）　・酢酸鉛（Ⅱ）水溶液　・試験管

【実験操作】

A ビウレット反応

(1)　６倍希釈した卵白の入った試験管に，水酸化ナトリウム水溶液を加える。
(2)　(1)の試験管に硫酸銅（Ⅱ）水溶液を加え，色の変化を確認する。→表に**記録**

B キサントプロテイン反応

(1)　６倍希釈した卵白の入った試験管に，濃硝酸を加え，おだやかに温める。
(2)　(1)の試験管を少し冷やし，アンモニア水を加えて色の変化を確認する。→表に**記録**

C ニンヒドリン反応

(1)　６倍希釈した卵白の入った試験管に，ニンヒドリン試薬を加え，おだやかに温める。
(2)　色の変化を観察する。→表に**記録**

D 硫黄の検出

(1)　６倍希釈した卵白の入った試験管に，固体の水酸化ナトリウムを２～３粒加え，しばらく加熱する。
(2)　(1)の試験管を少し冷やし，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加え，色の変化を確認する。→表に**記録**

【結果・考察】

色の変化，各反応により検出された物質，またその変化が起きた原因についてまとめよ。

反応名	色の変化	検出された物質	変化の原因
ビウレット反応			
キサントプロテイン反応			
ニンヒドリン反応			
硫黄の検出			

【結果・考察の記入例】

反応名	色の変化	検出された物質	変化の原因
ビウレット反応	赤紫色	トリペプチド以上	トリペプチド（アミノ酸３つ）以上で Cu^{2+} と配位結合した
キサントプロテイン反応	黄色	ベンゼン環	構成アミノ酸中のベンゼン環がニトロ化した
ニンヒドリン反応	青紫色	アミノ基	アミノ基－ NH_2 との反応が起きた（アミノ酸でも反応）
硫黄の検出	黒色沈殿	硫黄	成分元素として含まれる硫黄が S^{2-} となって Pb^{2+} と反応した

【実施上の注意点】

(1)　卵白を強い火で加熱するとすぐ固まってしまうので，おだやかに加熱する。

(2)　B(1)で薄い黄色になるがわかりにくいことがある。(2)でアンモニア水を加えて塩基性にすると橙黄色となってわかりやすい。

(3)　D(1)で，固体の NaOH は溶けにくいので，ガラス棒などでつぶすようにしながらかき混ぜて溶かすとよい。

(4)　D(2)で，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を入れた後は，しばらく静置しておくと硫化鉛が確認しやすい。

生野高校ＳＳＨ　化学分野　実験動画集

番号	実験タイトル／URL	QR コード	番号	実験タイトル／URL	QR コード
1	金属樹 https://youtu.be/hH40bpfUUNo		11	踊るナトリウム https://youtu.be/ilWwWlsDf3c	
2	銅と硝酸の反応 https://youtu.be/Yr2wxRjlxHs		12	アルカリ金属と水の反応 https://youtu.be/2dOvgNsegTM	
3	塩化アンモニウムの再結晶 https://youtu.be/MNytU8XAo0U		13	マグネシウムの燃焼 https://youtu.be/RfSnUk3H_4g	
4	酢酸の過冷却 https://youtu.be/EykO3aDRuIU		14	カルシウムと水の反応 https://youtu.be/7k5KzQw330Y	
5	共通イオン効果 https://youtu.be/lD-YYth9rqc		15	銀鏡反応 https://youtu.be/uKKNkqgVM1w	
6	リンの同素体 https://youtu.be/CJLEAbgGojo		16	メタンの爆発 https://youtu.be/tU2A3Nwy5_Y	
7	鉄と硫黄の酸素中での燃焼 https://youtu.be/JecQTUONOYU		17	コロイド https://youtu.be/uzzCw85049g	
8	硫黄の同素体 https://youtu.be/gtY26zGwyyY		18	濃硫酸の希釈 https://youtu.be/JzrbE5kCxzg	
9	ヨウ素の昇華と溶解性 https://youtu.be/7u9-H7Hki94		19	濃硫酸と水の混合 https://youtu.be/S1f5h0hNiag	
10	塩素の反応 https://youtu.be/yVAFVRhAy8c		20	濃硫酸の脱水作用 https://youtu.be/x8LASm1C-m0	

SS化学実験　実験書

2024年改訂版

発行者　大阪府立生野高等学校化学科
〒580-0015　大阪府松原市新堂1-552
発行日　2024年11月29日