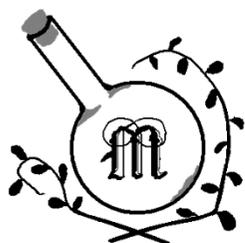
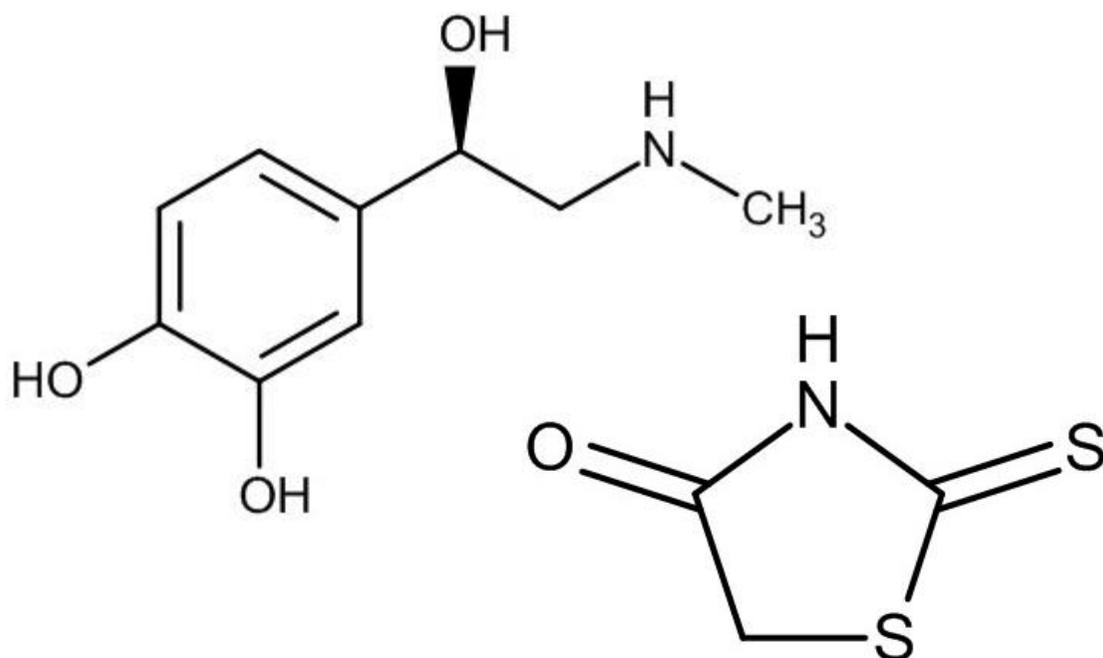


渋幕化学部

部誌

～2021 年度文化祭号～



渋谷教育学園幕張

中学・高校化学部



Twitter: 渋幕化学部 @chemist16392

目次

部長より		p. 2
◆文化祭実験紹介◆		p. 3
1	世界の SUZUKI	(高 1) p. 4
2	蛍光ペンの素	(高 1) p. 7
3	黒い緑茶	(高 1) p. 9
4	捨てるはずの野菜が…	(高 1) p. 11
5	牛乳パックから作る再生繊維	(中 3) p. 13
6	カメレオン溶液	(中 3) p. 14
7	科学の便利な薬品を作ろう	(中 3) p. 16
8	Jewelry Change	(中 3) p. 18
9	フォルムチェンジミョウバン	(中 3) p. 20
10	透明な液体が…?	(中 2) p. 22
11	ジャグジービーカー	(中 2) p. 24
12	銅箔カメレオン	(中 2) p. 26
13	液体を固体に!?	(中 2) p. 27
14	きになる青い液	(中 2) p. 29
15	銅々巡りの実験	(中 2) p. 31
16	「頑固」な溶液	(中 2) p. 33
17	アンモニアの不思議	(中 2) p. 36
18	鉄による 7 色の色変化	(中 2) p. 38
19	ヨウ素カクテル	(中 2) p. 40
A	急激なブレイクを起こそう	(中 1) p. 42
B	星に願いを	(中 1) p. 43
C	いくらの化学	(中 1) p. 45
D	時間が経つと…	(中 1) p. 46
E	赤い噴水	(中 1) p. 47
F	奥が深い BTB の性質	(中 1) p. 48
G	Traffic light	(中 1) p. 49

～部長より挨拶～

本日は化学部の企画にお越しいただき、ありがとうございます。化学部員の実験演示はお楽しみいただけただけでしょうか。この文化祭企画を通して皆様が少しでも化学の世界に興味を持っていただければ幸いです。

化学部では、高校生5名・中学生55名の計60名が中高合同で活動しています。本日の文化祭に向けて、皆様に化学の面白さ、素晴らしさを伝えられるように部員同士や顧問の先生方のアドバイスをもとに実験や発表の練習を積み重ねてきました。実験の詳しい内容については、次ページからご紹介します。

僕らは不思議に思ったことがあれば、この化学部で実験をして実際に確かめることができます。それは決して当たり前のことではありません。そのことに感謝してこれからも実験・研究に励んでいきたいと思えます。

(高校部長)

本日は化学部にお越しいただきありがとうございます。私たちの発表はお楽しみいただけただけでしょうか。

私たち中学化学部は、高校の先輩方と共に活動を行っています。今回が初めての文化祭となる中学1年生は自分たちで考えたり、先輩方や先生方にアドバイスをいただいたりしながら、2,3度目の中学2,3年生は、それらに加え、前回や前々回での文化祭での経験や反省を踏まえて充実した文化祭となるよう日々実験、練習、準備を行ってきました。中学生でまだまだ未熟なところもあったと思いますが、楽しんでいただけたら幸いです。

今年度は昨年度に引き続き、新型コロナウイルス感染拡大の影響で活動が制限されてしまいました。しかし、そんな中でも部活を通して化学に触れられたことに感謝し、化学への学びを深めていきたいと思えます。

(中学部長)

◆文化祭実験紹介◆

世界の SUZUKI

1. はじめに

炭素同士をつなぐ反応というのは難しい。炭素と炭素の結合は切れにくく出来づらいからである。また作ろうとする分子が複雑だと余計な部分が反応してしまい、狙っているものだけを作るのが非常に難しい。今回の実験ではそんな炭素同士をつなぐ反応の中でもとくに有名でノーベル賞を受賞した鈴木-宮浦カップリング反応を使った実験をお見せする。

2. 試薬

- 0.040 mol/L ジメチルアミノフェニルボロン酸 ($C_8H_{12}BNO_2$) /アセトン溶液
- 0.040 mol/L 2アセチル-5-ブロモチオフェン ($C_6H_5BrO_3$) / アセトン溶液
- 酢酸パラジウム (II) ($Pd(CH_3COO)_2$)
- ヘキサン ($CH_3(CH_2)_4CH_3$)
- トルエン ($C_6H_5CH_3$)
- テトラヒドロフラン (C_4H_8O)
- クロロホルム ($CHCl_3$)
- イソプロピルアルコール ($CH_3CH(OH)CH_3$)
- メタノール (CH_3OH)
- 炭酸ナトリウム (Na_2CO_3)

3. 実験手順

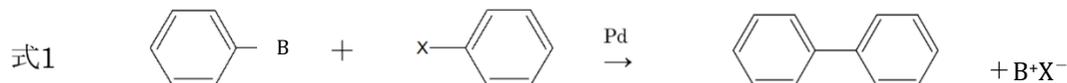
- ① バイアル瓶にジメチルアミノフェニルボロン酸/アセトン溶液 1 mL と2アセチル-5-ブロモチオフェン/アセトン溶液 1 mL、0.040 mol/L 炭酸ナトリウム水溶液 2 mL を入れて混ぜる。
- ② このバイアル瓶に LED ライトを当てる。
- ③ さらに酢酸パラジウム/アセトン溶液を6滴加え混ぜる。
- ④ 再びバイアル瓶に LED ライトを当てる。
- ⑤ ヘキサン 10 mL を加え混ぜる。ここでできた溶液を溶液 A とする。
- ⑥ トルエン、テトラヒドロフラン、クロロホルム、イソプロピルアルコール、メタノールが入った各シャーレに、溶液 A の有機層部分をそれぞれ0.5 mL ずつ加える。
- ⑦ 各シャーレに LED ライトを当てる。

4. 原理

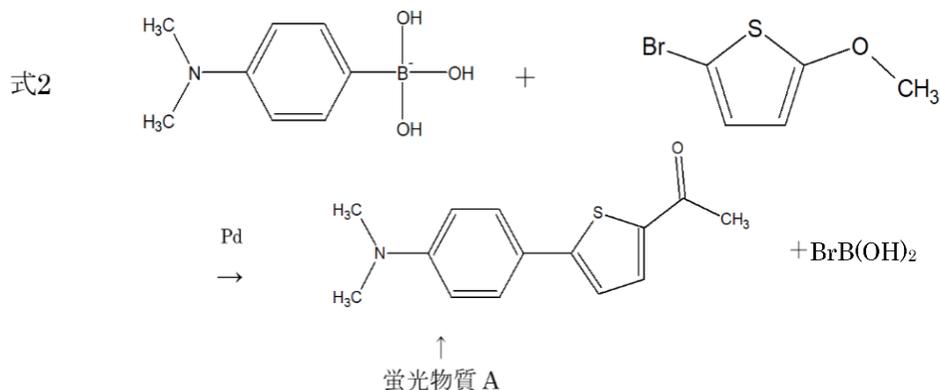
この実験には①鈴木-宮浦カップリング反応と②ソルバトクロミズムが関わっている。

① 鈴木-宮浦カップリング反応

鈴木-宮浦カップリング反応とはパラジウムを触媒として使う、有機ホウ素化合物と有機ハロゲン化合物を結合させビリヤール類（ベンゼン環がつながった化合物）をつくる反応である。一般的な鈴木-宮浦カップリング反応の化学式が式1、今回の実験の化学式が式2である。



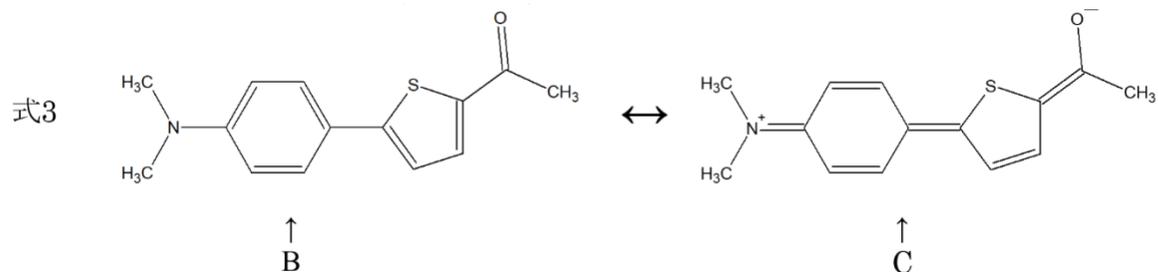
ただし B はホウ素、X はハロゲンである。



有機ホウ素化合物はそのままでは反応性が低い、塩基性下でボレートという形になり反応性が高くなる。そのため塩基性にするべく炭酸ナトリウムを加える。こうしてできた蛍光物質 A をヘキサンで抽出する。

② ソルバトクロミズム

ソルバトクロミズムとは蛍光の色が溶媒の極性によって変化する現象のことである。蛍光物質 A は式3に示すような共鳴状態にある。



これは基底状態のとき B の影響が大きく、励起状態のとき C の影響が大きい。このとき溶媒の極性が大きければ大きいほど、イオン性がある C の状態で安定化し励起状態と基底状態のエネルギーの差が小さくなるためより光の波長が短くなる。

◎ なぜノーベル賞を受賞するほど凄いと言われる反応なのか？

有機化合物同士の結合は作りづらいが、その中でもベンゼン環同士がつながった化合物(ピリヤール類)は非常に作りにくい化合物とされていた。しかし1972年に有機金属化合物と有機ハロゲン化合物を混合し、触媒としてニッケルやパラジウムをごく少量加えると反応がうまくいくという熊田-玉尾カップリング反応が開発された。だがこの方法で使用する有機金属化合物は、空気や水で分解しやすかったり、容易に発火するといったように、取り扱いが難しいという問題があった。鈴木-宮浦カップリングは炭素と安定な結合をつくるホウ素を有機金属化合物の代わりに使うことによってこの問題をクリアした。

鈴木-宮浦カップリングには「高度な実験技術が必要ない」、「水のなかでも反応する」、「ワンプット合成ができる」、「室温で反応する」などたくさんの利点があるため幅広く工業で使用されている。例えば「液晶物質の合成」、「農薬の合成」、水の中でも反応し人体に無害な反応なので「医薬品の合成」などに使われている。

5. 参考文献

- ・国立科学博物館 第212回 化学実験講座 鈴木カップリングを用いた蛍光物質の合成とソルバトクロミズム ～化学グランプリ2019二次選考より～
- ・「すごい分子 世界は六角形でできている」佐藤健太郎

蛍光ペンの素

1. はじめに

大人になるまでに誰もがお世話になった蛍光ペン。しかしながら、なにでできているのか、なんで光るのかは誰も知らないだろう。この実験ではそんな謎に包まれた蛍光ペンの色素を作っていく。

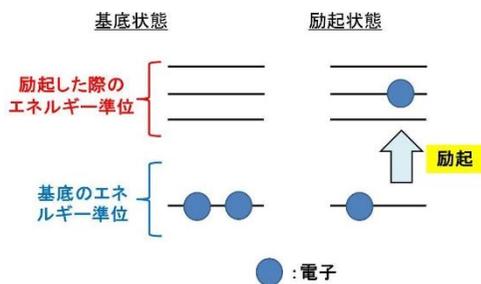
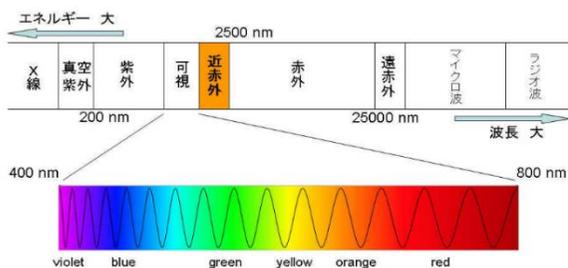
2. 試薬

- ・ 無水フタル酸 ($C_8H_4O_2$)
- ・ レゾルシノール ($C_6H_4(OH)_2$)
- ・ 濃硫酸 (H_2SO_4)
- ・ エタノール (C_2H_5OH)
- ・ 3 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH)

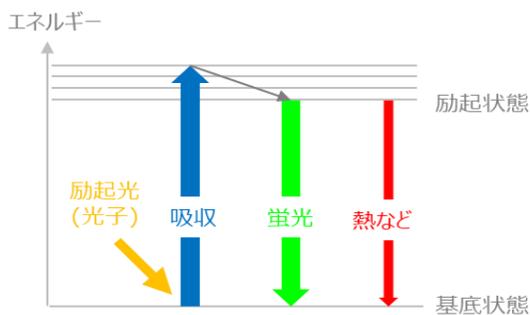
3. 実験手順

- ① 試験管 (a) に無水フタル酸 0.05 g とレゾルシノール 0.05 g を入れ、濃硫酸 2 滴を加え、ガラス棒でよくかき混ぜる。
- ② 混ぜながら穏やかな炎で数秒間の加熱を繰り返し、暗赤褐色の液体になったら加熱をやめ、試験管の加熱部分が手で触っても熱くなくなるまで冷却する。
- ③ エタノール 10 ml を加え、この溶液 1 ml を試験管 (b) にとり水で 5~6 倍に希釈し、ブラックライトを当てる。
- ④ (b) に水酸化ナトリウム水溶液を約 3 滴加え、ブラックライトを当てる。
- ⑤ ④の溶液に濃硫酸を約 3 滴加え、ブラックライトを当てる。

4. 原理



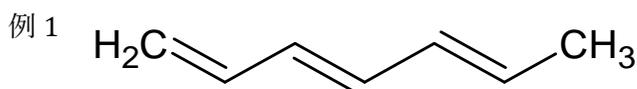
色素などの物質は、光が当たると一部の光を吸収して電子がよりエネルギーが高い電子軌道



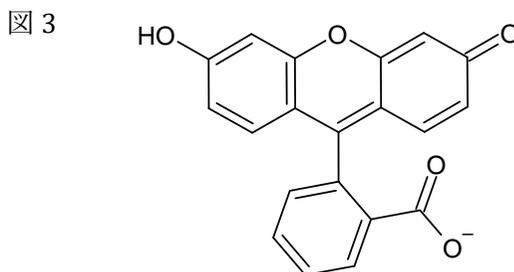
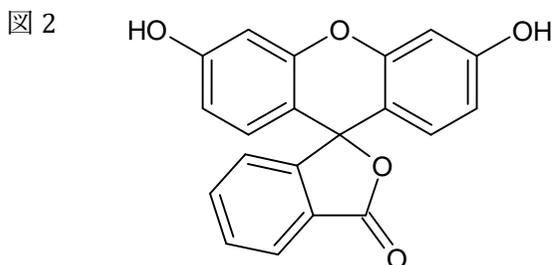
に移り、エネルギーが高く不安定な状態（励起状態）になり、得たエネルギーが分子の運動（熱運動）で消費されることでエネルギーの低い元の安定な状態になる（基底状態）。しかし、フルオレセインなどの蛍光物質は、波長が短くエネルギーが高い光（紫外線など）が当たると同じ原理で励起状態になるが、光を出し、得たエネルギーを消費

することで基底状態に戻る。この時に出る光が蛍光である。

また、蛍光には共役二重結合（単結合と二重結合の繰り返し）の構造が深く関わっている（例1）。共役二重結合が長いほど、励起状態と基底状態のエネルギーの差が小さくなり、小さなエネルギーで蛍光が出るようになるため蛍光が見えやすくなる。



①、②では濃硫酸が触媒となって無水フタル酸とレゾルシノールが反応し、フルオレセインが合成される。この時のフルオレセインは暗赤褐色の液体で、③で水とエタノールに溶かすと黄色の液体になり微弱の蛍光を発する。フルオレセインは振動などの熱運動によってエネルギーが逃げない構造になっているため、蛍光を発する。③ではフルオレセインが酸性の溶液に溶けており、共役二重結合が短い構造になっていて先ほど述べたエネルギーの差が大きいので、蛍光は見えづらく緑色の光が弱く見える。（図2）



④では、フルオレセインの溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加え溶液をアルカリ性にするこ
とで、フルオレセインの共役二重結合が長い構造になっていてエネルギーの差が小さくなるた
め、蛍光が見えやすくなり緑色の光が強く見える。（図3）

⑤では希硫酸を加え溶液を酸性に近づけることで、フルオレセインの構造が（図2）のよ
うになり共役二重結合が短くなりエネルギーの差が大きくなるので、再び緑色の光が弱く見える。

<実験番号3>

黒い緑茶

1. はじめに

誰もが知っているであろう緑茶。今回はそれを使った面白い反応をお見せしたいと思う。

2. 試薬

- ・ 塩化鉄(III)六水和物 ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- ・ 茶葉
- ・ タンニン酸 ($\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$)
- ・ 3 mol/L アンモニア水 (NH_3 aq)
- ・ 3 mol/L 硫酸 (H_2SO_4)
- ・ シュウ酸 ($(\text{COOH})_2$)
- ・ フェノール ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)

3. 実験手順

<実験 A>

- ① ビーカーに茶葉を葉さじの大匙 5 杯と水 70 mL を入れ混ぜる。そのあと試験管に 10 mL 移す。
- ② 塩化鉄(III)六水和物を 0.05 g を試験管にとり、水を 5 g 入れて溶かす。
- ③ 試験管内のお茶に塩化鉄(III)六水和物水溶液を 1 mL 入れる。

<実験 B>

- ① フェノール 0.1 g を試験管にとり、水を 10 mL 加える。
- ② ①の水溶液に、実験 A で作った塩化鉄(III)六水和物水溶液を 1 mL 加える。

<実験 C>

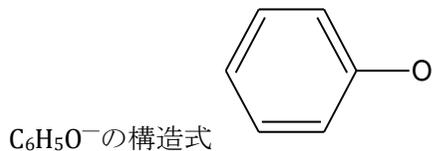
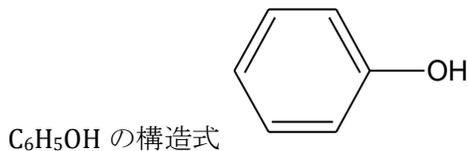
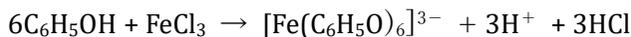
- ① ビーカー(以下ビーカーA)に水 50 mL とタンニン酸 0.1 g を入れて溶かす。
- ② ビーカーA に塩化鉄(III)六水和物を 0.2 g 入れる。
- ③ ビーカーA にシュウ酸 0.2 g を入れる。
- ④ ビーカーA に 3 mol/L アンモニア水を 1 mL 入れる。
- ⑤ ビーカーA に 3 mol/L 硫酸を 1 mL 入れる。

4. 原理

① 実験 A

お茶にはタンニンというフェノール類が含まれている。

塩化鉄(Ⅲ)はフェノール類と反応して色のついた塩化合物を生成する。



実験 B と実験 C で、タンニンをフェノールとして扱おうと①～②までも同様。

実験 B はお茶にフェノール類が含まれることを確かめる実験。

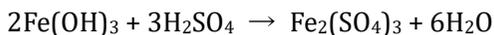
② 実験 C の③はタンニン酸のポリオキシフェノールよりも、シュウ酸が強酸であるために、タンニンに結合していた鉄イオンがシュウ酸と結合し、シュウ酸鉄(Ⅲ)を生成する。



③ 実験 C の④はシュウ酸鉄(Ⅲ)とアンモニア水が反応して、水酸化鉄(Ⅲ)が生成し褐色の沈殿が生じる。



④ 実験 C の⑤は水酸化鉄(Ⅲ)と硫酸が反応し、硫酸鉄(Ⅲ)が生じる。



捨てるはずの野菜が…

1. はじめに

料理にごみは付き物である。例えば人参のヘタや大根の葉などがあるが、そのなかでも今回は、不必要な存在として切り捨てられるはずの玉ねぎの皮を使った実験をお見せしよう。

2. 試薬

- ・ 布
- ・ 玉ねぎの皮
- ・ 洗濯用中性洗剤
- ・ 石灰水 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
- ・ 硫酸鉄(II)七水和物 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- ・ 焼きミョウバン ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$)

3. 実験手順

- ① 布の重さの30倍ほどの水に洗剤を適量加え、沸騰する直前の温度で1時間ほど炊く。
- ② ビーカーに玉ねぎの皮を入れ、それが浸るくらいの水を加えて30分煮沸する。
- ③ 色素を抽出したら、液の熱いうちにろ過して染色液をとる。
- ④ ①の布を染色液に浸し数分間加熱した後、余分な染料を洗い流し軽く絞る。
- ⑤ ④で色を付けた布をそれぞれ石灰水、2%硫酸鉄(II)水溶液、7%ミョウバン水溶液に15分ほど浸す。
- ⑥ 布を取り出しよく水洗いしたらお湯に少量の洗剤を加え、加熱しながら煮洗いする。
- ⑦ ⑥の布をすすいで陰干しする。

4. 結果・原理

⑤の工程を媒染という。そして以下のような色の変化がみられる。

媒染液	なし	石灰水	硫酸鉄(II)水溶液	ミョウバン水溶液
色	薄い黄色	濃い黄色	カーキ色	黄金色

そもそも染色とは色素が一旦布繊維に吸収され、洗浄しても落ちることなく繊維に定着する現象である。玉ねぎの皮染めの場合は、玉ねぎの皮に含まれるポリフェノールの一種であるケルセチン(図1)という黄色の色素と媒染剤に含まれる金属イオンがキレート配位(図2)することにより錯体ができ、不溶化する。そして繊維にしっかりと結びついて発色する。ただし、石灰水による媒染はアルカリ媒染と呼ばれ、配位結合はしないが金属イオンと同様に色素

を不溶化し、繊維に固着させることで発色する。

図1 ケルセチンの構造式

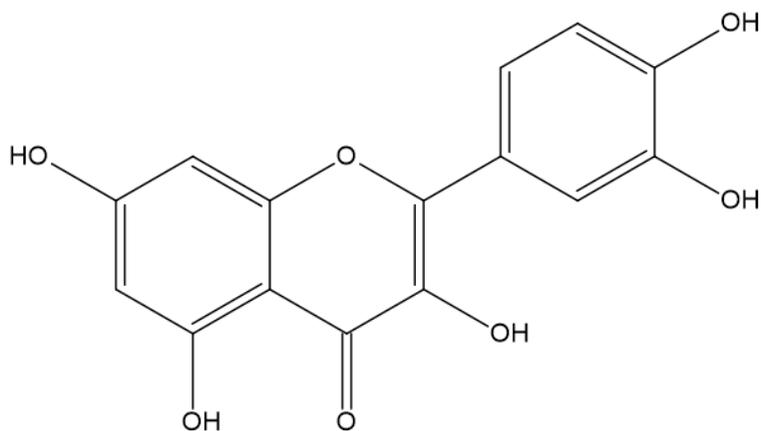
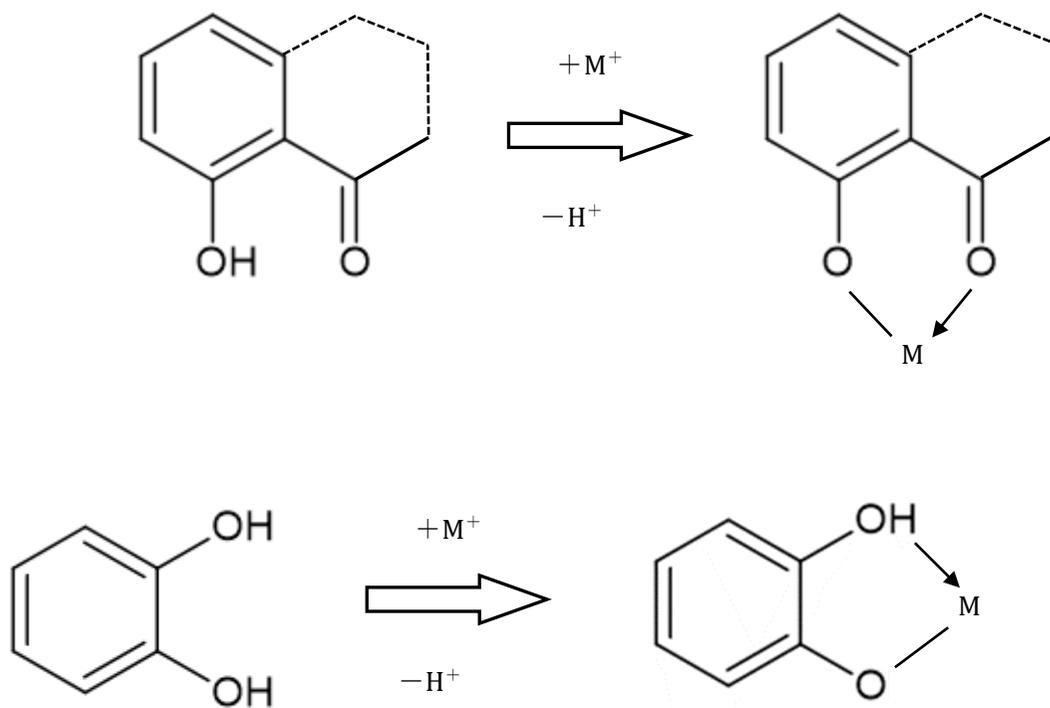


図2 金属イオンをMとしたときのキレート結合

キレートとは複数の配位座を持つ配位子による金属の結合をいう。



牛乳パックから作る再生繊維

1. はじめに

近年、世界ではマイクロプラスチックによる汚染が問題となり、石油製品の削減が進んでいる。私たちが着ている服に使われている合成繊維も、石油製品であることが多く、今後の課題となるだろう。そこで今回は、牛乳パックから環境に優しい再生繊維を作っていく。

2. 試薬

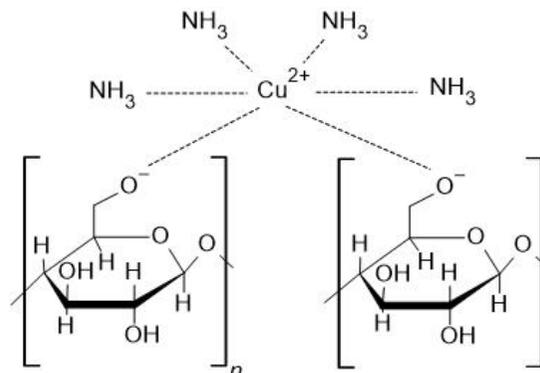
- ・ シュバイツァー試薬 ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$)
- ・ 3 mol/L 硫酸 (H_2SO_4)
- ・ 牛乳パック

3. 実験手順

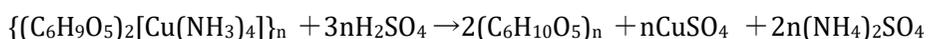
- ① 牛乳パックを水に1日浸し、表裏のポリエチレンをはがす。
- ② 牛乳パックを細かく砕き、シュバイツァー試薬を加えて溶かす。
- ③ ②を注射器に入れて硫酸の中に押し出す。
- ④ 色が白くなって固まったら、ピンセットで取り出す。

4. 原理

牛乳パックに含まれるセルロースは本来、水に溶けないが、シュバイツァー試薬に含まれるテトラアンミン銅(II)イオン ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$) と結合してイオン化し、水に溶けるようになる。



この溶液を硫酸の中に押し出すと、テトラアンミン銅(II)イオンが硫酸と反応してセルロースから外れるので、水に溶けない状態に戻り、固まる。



カメレオン水溶液

1. はじめに

色変化の実験は、見た目も派手で、化学実験の代表ともいえるだろう。今回は、化学の原理を駆使した不思議な色変化をお見せしようと思う。

2. 試薬

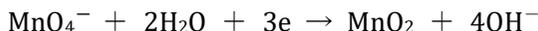
- ・ 過マンガン酸カリウム (KMnO_4)
- ・ 1.5% チオ硫酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- ・ 3 mol/L 硫酸 (H_2SO_4)
- ・ 6 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH)

3. 実験手順

- ① 3本の試験管に純水約 5 mL を入れ、ごく少量の過マンガン酸カリウムを加え溶かし、試験管 A,B,C とする。
- ② 試験管 A には何も入れず、試験管 B には硫酸を、試験管 C には水酸化ナトリウム水溶液を 1 mL ずつ加える。
- ③ 試験管 A,B,C に、チオ硫酸ナトリウム水溶液を、1 滴ずつ加える。

4. 原理

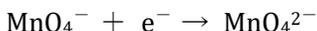
試験管 A について、中性の過マンガン酸カリウム水溶液は、チオ硫酸ナトリウムと酸化還元反応を起こすことによって、過マンガン酸カリウムに含まれる赤紫色の過マンガン酸イオン (MnO_4^-) が、二酸化マンガン (MnO_2) へと変化した。そのため、溶液は黄褐色になる。



試験管 B について、硫酸を加え酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液は、チオ硫酸ナトリウムと反応したことで、過マンガン酸イオン (MnO_4^-) が無色のマンガン(II)イオン (Mn^{2+}) へと変化した。そのため、溶液は無色透明になる。



試験管 C について、水酸化ナトリウム水溶液を加え強塩基性にした過マンガン酸カリウム水溶液は、チオ硫酸ナトリウムと反応したことで、過マンガン酸イオン (MnO_4^-) が緑色のマンガン(VI)酸イオン (MnO_4^{2-}) へと変化した。このマンガン(VI)酸イオンは、 $\text{pH} \geq 14$ の条件下で過マンガン酸イオンが酸化剤としてはたらいた時に生じる物質である。



今回の実験でお見せしたように、過マンガン酸カリウム水溶液は環境に応じて様々な色に変化するため、「カメレオン水溶液」と呼ばれる。

科学の便利な薬品を作ろう

1. はじめに

化学などで使われている指示薬のフェノールフタレイン、生物などで使われている染色剤のフルオレセイン、そんな科学のいろいろな実験で役に立つ便利な薬品を合成していきたいと思う。

2. 試薬

- ・ フェノール (C_6H_6O)
- ・ 無水フタル酸 ($C_8H_4O_3$)
- ・ レゾシノール ($C_6H_6O_2$)
- ・ 濃硫酸 (H_2SO_4)
- ・ 水酸化ナトリウム ($NaOH$)
- ・ エタノール (C_2H_5OH)

3. 実験手順

実験 A

- ① フェノール 0.2 g、無水フタル酸小さじ一杯を試験管に加える。
- ② 濃硫酸を 1 滴加える。
- ③ 1 分ほど加熱する。
- ④ 加熱したものをエタノールに加える。
- ⑤ 水酸化ナトリウムを加える。
- ⑥ 硫酸を加える。

実験 B

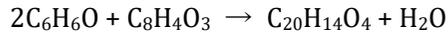
- ① レゾシノール 0.1 g、無水フタル酸小さじ一杯を試験管に加える。
- ② 濃硫酸 1 滴を加える。
- ③ 1 分ほど加熱する。
- ④ 加熱したものを水酸化ナトリウムに加える。
- ⑤ 紫外線を当てる。

4. 原理

実験 A

フェノールと無水フタル酸を酸性条件下で脱水縮合することで、フェノールフタレインが得ら

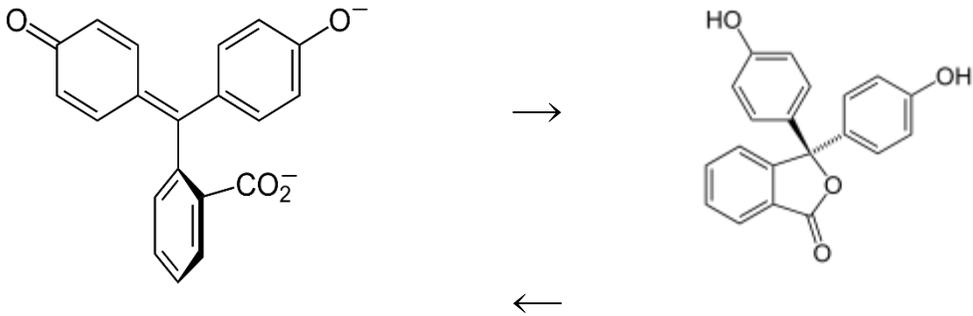
れる。



pH の変化によりフェノールフタレインの構造が図 1 のように変わることで、色変化がおこる。

図 1 無色

赤

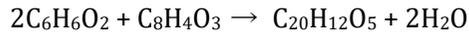


pH 0 ~ 8.2

8.2 ~ 12.0

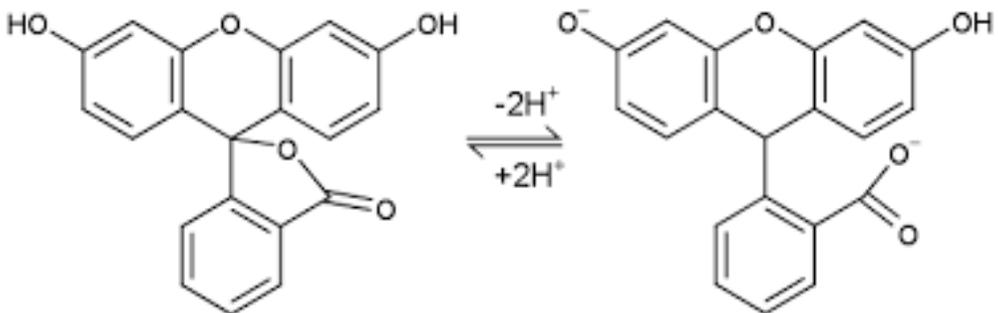
実験 B

無水フタル酸のカルボニル炭素にレゾルシノールが求核攻撃をし、その後、レゾルシノールの OH 基が酸触媒を介して脱水縮合することで、フルオレセインが得られる。



フルオレセインに塩基を加えると、OH 基から陽子が抜かれて、電子が移動することにより、図 2 のような、より強い蛍光を示す構造へと変わる。フルオレセインが光からエネルギーを受け取ると、高エネルギーの励起状態となるが、励起状態は不安定なため、光エネルギーを放出し元の状態に戻る。そのため、フルオレセインは蛍光を示す。

図 2



Jewelry Change

1. はじめに

今日、皆さんにとって宝石というのは、まばゆいくらいに輝き、見ているだけで虜になってしまう、とても綺麗な装飾品となっている。今回は、ニッケルという金属を使って、鮮やかに、まるで宝石のように美しい色変化の実験をお見せしよう。

2. 試薬

- ・ 硫酸ニッケル(II) (NiSO_4)
- ・ 12 mol/L 塩酸 (HCl)
- ・ 25% アンモニア水 (NH_3)
- ・ 3 mol/L 硝酸 (HNO_3)
- ・ 21% 炭酸ナトリウム水溶液 (Na_2CO_3)
- ・ 2% 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH)
- ・ 25% エチレンジアミン水溶液 ($\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$)
- ・ 1% ジメチルグリオキシムのエタノール溶液 ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_3$)

3. 実験手順

- ① ビーカーに硫酸ニッケル 0.6 g、純水 20 ml を入れ、スターラーで攪拌する。
- ② 塩酸 1 ml を加える。
- ③ 21% 炭酸ナトリウム水溶液 4.6 ml を加える。
- ④ 硝酸 2.4 ml を加える。
- ⑤ 2% 水酸化ナトリウム水溶液 22 ml を加える。
- ⑥ 25% アンモニア水 4 ml を加える。
- ⑦ 25% エチレンジアミン水溶液 3 ml を加える。
- ⑧ 1% ジメチルグリオキシムのエタノール溶液 5 ml を加える。

4. 原理

この実験は主に、錯イオンである二価のニッケルイオンの配位子を変えることで、そのニッケルイオンの色が変わるために起こるものである。

- ① 純水を加えると、硫酸ニッケルは水溶液中で電離し、硫酸イオン(SO_4^{2-})と錯イオンであるニッケルイオン($[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$)に分かれる。
- ② 濃塩酸を加えると、過剰な塩酸のため、水溶液中のニッケルイオンは、 $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ から

$[\text{NiCl}_4]^{2-}$ に変化する。この時、ニッケルイオンの配位子である H_2O の多くは、 Cl^- に変化する。(だいたい1イオンにつき、6つ中4つの配位子が変化。) よって、ニッケルイオンがここで変化し、水溶液は、エメラルド(黄緑)色を示す。

- ③ 炭酸ナトリウム水溶液を加えると、塩化ニッケル(NiCl_2)は炭酸ニッケル(NiCO_3)に変化し、炭酸ニッケルが水に溶けにくいため沈殿が生じる。また、この時生じた気体は、②で加え反応せずに残っている塩酸と、ここで加えた炭酸ナトリウムとが反応して生じた二酸化炭素である。
- ④ 硝酸を加えると、硝酸が沈殿していた炭酸ニッケル(NiCO_3)を、ニッケルイオン(Ni^{2+})と炭酸イオン(CO_3^{2-})に電離させ、水に溶けやすい形にするため沈殿が消える。
- ⑤ 水酸化ナトリウム水溶液を加えると、電離していたニッケルイオン(Ni^{2+})と水酸化ナトリウムの水酸化物イオン(OH^-)が結び付き、水酸化ニッケル($\text{Ni}(\text{OH})_2$)が生成される。また、この水酸化ニッケルは水に溶けにくいため、先程と同様に沈殿する。(③、④、⑤では、水溶液の色は変化せず、エメラルド(黄緑)色のままである)
- ⑥ アンモニア水を加えると、水溶液中のニッケルイオンはヘキサアンミンニッケル(II)イオン($[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$)とよばれるイオンに変化し、配位子のいくつかはアンモニア(NH_3)へ変化する。このイオンがサファイア(青)色であるため、水溶液もエメラルド(黄緑)色からサファイア(青)色へ変化する。
- ⑦ エチレンジアミン水溶液を加えると、水溶液中のヘキサアンミンニッケル(II)イオン($[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$)は、ジクロロビス(エチレンジアミン)ニッケル(II) ($\text{C}_4\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_4\text{Ni}$)の陽イオンに変化する。これは、2つのエチレンジアミンがニッケルイオンを囲むようにしてこのイオンを形成するために起こるものである。(これをキレートという。) よって、これにより、水溶液はサファイア(青)色からアメジスト(紫)色に変わる。
- ⑧ ジメチルグリオキシムのエタノール溶液を加えると、溶液中のジクロロビス(エチレンジアミン)ニッケル(II) ($\text{C}_4\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_4\text{Ni}$)は、ニッケルジメチルグリオキシム($\text{Ni}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2$)に変化する。これも⑦と同様、ジメチルグリオキシムがニッケルイオンを囲むようにして生じた、キレートによる反応である。よって、これにより、水溶液はアメジスト(紫)色からルビー(赤)色に変わる。

フォルムチェンジミョウバン

1. はじめに

ミョウバン、それは誰もが一度は聞いたことがあるほど有名な物質であろう。だが、その性質については知らない人も多いのではないだろうか。今回はそんなミョウバンの性質が分かる不思議な実験をお見せしようと思う。

2. 試薬

- ・ ミョウバン ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)
- ・ 濃硫酸 (H_2SO_4)
- ・ 6 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH)
- ・ フェノールフタレイン溶液

3. 実験手順

- ① 粉状にしたミョウバン 6g を 150mL の水に溶かす。
- ② 濃硫酸を 1mL 加えた後、マグネチックスターラーで攪拌する。
- ③ フェノールフタレイン溶液を一滴加える。
- ④ 水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ 10mL 加える。
- ⑤ 濃硫酸を 2mL 加える。

4. 原理

- ・ ミョウバンの十二水和物にはヘキサアクアアルミニウムイオン ($[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$) が含まれている。
ヘキサアクアアルミニウムイオンとは、アルミニウムイオン (Al^{3+}) に電氣的に中性な水分子が六つ配位した錯イオンである。
- ・ ④について、ここでは三段階の反応が起きている。
(1)
ヘキサアクアアルミニウムイオンが水酸化ナトリウム水溶液の水酸化物イオン (OH^-) によって水素が奪われることで、水に不溶な水酸化アルミニウムを生成し白く濁る。
$$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 3\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 6\text{H}_2\text{O}$$

(2)
もともと硫酸を入れたことで酸性になっていた溶液が、水酸化ナトリウムを入れることにより pH が塩基性に傾くことで、フェノールフタレイン溶液が反応してピンク色になる。

(3)

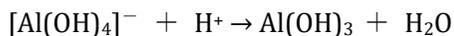
過剰の水酸化物イオンにより、水に不溶だった水酸化アルミニウムが、水に可溶なテトラヒドロキシアルミン酸イオンになることで溶液が透明になる。



- ⑤について、ここでは硫酸を加えることで④と逆の反応が起こっている。

(4)

テトラヒドロキシアルミン酸イオンが、硫酸の水素イオンによって水酸化アルミニウムになることで溶液が濁る。

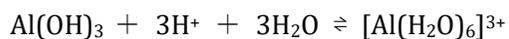


(5)

水酸化ナトリウム水溶液によって塩基性になっていた溶液が、硫酸によって酸性になることで、フェノールフタレイン溶液が反応して溶液が無色になる。

(6)

水酸化アルミニウムが硫酸の水素イオンによって、ヘキサアクアアルミニウムイオンになることで溶液が透明になる。



透明な液体が . . . ?

1. はじめに

目の前のビーカーには外見上は何の違いもない無色透明の液体が入っている。ところが、その液体を次々と他のビーカーに移していくと、たちまち変化が起こる。その様子を皆さんに見せていこうと思う。

2. 試薬

- ・ フェノールフタレイン溶液
- ・ 5% 炭酸ナトリウム水溶液 (Na_2CO_3)
- ・ 12.5% 塩化鉄(III)水溶液 (FeCl_3)
- ・ 30% チオシアン酸アンモニウム水溶液 (NH_4SCN)
- ・ 5% ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液 ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)

3. 実験手順

① 50 mL ビーカーA～E と試験管 a で以下の作業をする。

ビーカーA：水 50 mL とフェノールフタレイン溶液 1 滴を入れる。

ビーカーB：5%炭酸ナトリウム水溶液 2 滴を入れる。

ビーカーC：12.5%塩化鉄(III)水溶液 3 滴を入れる。

ビーカーD：30%チオシアン酸アンモニウム水溶液 2 滴を入れる。

ビーカーE：5%ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液 2 滴を入れる。

- ② ビーカーA の溶液をビーカーB に入れる。
- ③ ビーカーB の溶液をビーカーC に入れる。
- ④ ビーカーC の溶液をビーカーD に入れる。
- ⑤ ビーカーD の溶液をビーカーE に入れる。

4. 原理

- ②について

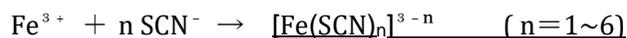
炭酸ナトリウム水溶液は塩基性のため、炭酸ナトリウムと指示薬であるフェノールフタレインが反応して濃いピンク色になる。

- ③について

塩化鉄(III)は酸性のため、フェノールフタレインは酸性溶液には無色を示す。また、鉄(III)イオンのために溶液は薄い黄色になる。

- ④について

塩化鉄(III)の鉄(III)塩がチオシアン酸イオンと反応して、濃い赤色の錯体を生成する。



濃い赤色

- ⑤について

ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウムのヘキサシアニド鉄(II)イオンとカリウムイオンと、塩化鉄(III)の鉄(III)イオンが反応して、プルシアンブルーという濃い青色の錯体を生成する。



濃い青色

ジャグジービーカー

1. はじめに

空気中の約 80%を占める気体、窒素。その得やすさや、反応性の低さから、食料品の袋の充填剤など、身近なところでも多く使われている。今回はそんな窒素にまつわる実験をお見せしたいと思う。

2. 試薬

- ・ 硫酸アンモニウム ($[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$)
- ・ 0.2 mol/L 硫酸 (H_2SO_4)
- ・ 亜硝酸ナトリウム (NaNO_2)
- ・ フェノールフタレイン溶液

3. 実験手順

20 mL の試験管を 2 つと、50 mL ビーカーを 2 つ用意し、それぞれ A,B とする。

- ① ビーカーA に 0.2 mol/L 硫酸 10 mL と硫酸アンモニウム 2.6 g を入れ、ガラス棒で混ぜて溶かし、フェノールフタレイン溶液を加える。
- ② ビーカーB に純水 10 mL と亜硝酸ナトリウム 2.8 g を入れ、ガラス棒で混ぜて溶かし、フェノールフタレイン溶液を加える。
- ③ ビーカーA にビーカーB の溶液を入れ、溶液をマグネチックスターラーで約 5 秒ほど攪拌する。
- ④ 溶液を試験管 A,B にそれぞれ 5 mL ずつ入れ、試験管 A を振り混ぜる。

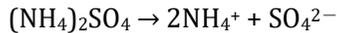
4. 結果

- ①で、溶液にフェノールフタレインを加えると、溶液は変化しない。
- ②で、溶液にフェノールフタレインを加えると、溶液は赤色になる。
- ③で、ビーカーA,B 溶液を混ぜ合わせると、溶液は無色に変化する。また、マグネチックスターラーで溶液を攪拌すると、小さな気泡(窒素)ができ始める。
- ④で、溶液を試験管に 5 mL ずつ分けると、2 つとも試験管内で同じように泡立ちが起こる。そして、試験管 A を振り混ぜると、試験管 A の泡立ちは収まり、数秒後、再び気泡ができ始める。その後もこの周期が繰り返され、泡立ちが起こる。

5. 原理

①について、

硫酸に硫酸アンモニウムを溶かすと、硫酸は酸性なので、アンモニウムイオンが安定化する。また、溶かしたことにより、硫酸アンモニウムがアンモニウムイオン(陽イオン)と硫酸イオン(陰イオン)に分離する。また、溶液は酸性となるので、指示薬であるフェノールフタレイン溶液は反応せず、変化しない。



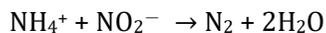
②について、

純水に亜硝酸ナトリウムを溶かすと、ナトリウムイオン(陽イオン)と、亜硝酸イオン(陰イオン)に分離する。また、溶液は塩基性となるので、指示薬であるフェノールフタレイン溶液が反応し、赤色を示す。



③について、

A と B を混ぜたことで、アンモニウムイオンと亜硝酸イオンが反応し、亜硝酸アンモニウムとなるが、これは不安定な状態のためすぐに分離し、窒素と水を生成する。



泡立ちの周期的な発生について、

アンモニウムイオンと亜硝酸イオンの反応により窒素が発生するが、窒素は水に溶けにくい性質がある。そのため、少しすると溶液が飽和するが、窒素の発生は止まらず、溶液中は過飽和状態となる。すると、気泡の核が生成され、過飽和を和らげようとする。しかし、窒素は定常的に発生しているため、溶液中は過飽和状態のままなので、気泡は成長し、大きくなる。それに伴い、気泡の表面積も大きくなるので、気泡に取り込まれる窒素の量も増えていく。すると少しして気泡に取り込まれる窒素の量が窒素の生成量を上回って溶液中の窒素濃度が飽和点以下に落ち、新たな気泡の発生が止まる。(なお、今回の演示では反応熱による温度変化の影響で、周期的に気泡を発生させるのではなく、振り混ぜることによって気泡の発生を止めたが、気泡の表面積が増えることは同じなので、今回の場合も原理は同様である)。

これが繰り返されることにより泡立ちが周期的に起きる。

銅箔カメレオン

1. はじめに

今、十円玉や鍋など私たちの生活の中で多く使われている銅。今回はその銅を薄くして作られた銅箔を用いて、カメレオンのような色変化をお見せしたいと思う。さて、銅はどのような変身をするのだろうか。

2. 試薬

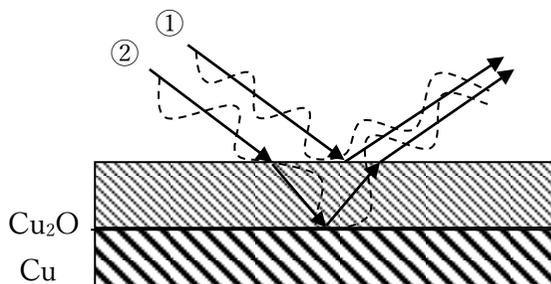
- ・ 銅箔 (Cu)

3. 実験手順

- ① 2枚の銅箔を 250°Cに設定したホットプレートで熱する。
- ② 数分経って銅箔の色が変化したら、1枚だけホットプレートから除く。
- ③ 2分ほど経って、再び色が変わったら残りの1枚もプレートから除く。

4. 原理

この実験では、②で銅箔は元の色からオレンジ色に変化し、③でピンク色に変化する。これらの色変化には、酸化膜の厚さと光の反射が関係している。銅箔を加熱すると、空気中の酸素 O_2 と銅 Cu が反応し、銅が酸化して表面に酸化銅(I) Cu_2O が生成される。そして酸化膜上で反射する光(①)と、銅上で反射する光(②)の波が重なって干渉を起こし、強め合う。また、酸化膜の厚みが異なれば、光(②)の酸化膜内で進む距離も変わる。すると、光の波がぴったり重なる波長も変わるため、色調が変化する。つまり、銅箔がピンク色に見えた時は、ちょうどピンク色の波長(750nm~800nm)の光が強め合うような酸化膜の厚みが生じているということになる。シャボン玉の色が刻々と変化して見えるのも、石鹼水の膜の厚さがだんだん薄くなっているからであり、この実験と同じ原理で説明できる。



銅箔をしばらく加熱し続けると、オレンジ色→ピンク色→銀色→金色→緑色の順に変わる。

液体を固体に！？

1. はじめに

液体を冷やすと固体に、加熱すると気体になることは皆さんご存知だと思う。しかしこの実験では、少し考え方を変え、液体を冷却せずとも固体にしてみようと思う。

2. 試薬

- ・ 酢酸ナトリウム三水和物 ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

3. 実験手順

- ① 酢酸ナトリウム三水和物 5 g を試験管に入れ、そこに純水 1 mL を加える。
- ② 試験管をガスバーナーで加熱して酢酸ナトリウム三水和物を溶かす。
- ③ 試験管を空气中で常温 (20~30℃) まで放冷する。
- ④ シャーレの中央に微量の酢酸ナトリウム三水和物の結晶を置き、そこに放冷した試験管内の液を流し入れる。

4. 結果

液体は一瞬にして白色の結晶に変化する。ゆっくり流した場合には、高さのある結晶ができる。

5. 原理

- ・ なぜ結晶が出てくるのか

これは「過冷却」という現象である。「過冷却」という現象は、冷凍庫の中で水に衝撃を与えずにゆっくり冷やすと温度が 0℃ を下回っても水が凍らないなど、日常でもよく起きているものだ。

今回の実験では酢酸ナトリウム三水和物を熱して、全て水に溶解した。酢酸ナトリウムという物質は一度融けるとその後、温度が下がっても結晶化しにくいという性質がある。しかし実験手順④で置いた微量の結晶を置くことで加熱した水溶液に衝撃を与えることになり、一気に結晶化するのである。この劇的な状態変化をブレイクという。

- ・ 熱が放出されるしくみ

ブレイクが起こる際、大量の熱が放出される。この仕組みを説明したものが次の熱化学方程式である。



この式は酢酸ナトリウム三水和物が過熱によって融解し、水分子離脱が起こり、その水に酢酸ナトリウムが溶け込んで液体になっているので、酢酸イオンが並進や回転などの運動している分だけ余分なエネルギーを持っており、これが固体になることで過剰となり外部に放出していることを示している。

きになる青い液

1. はじめに

青色になにか色を足して黄色をつくれと言われたら、みなさんはどうするだろうか。今回は、青色の液体「A液」に、他の色の液体を足したり、布に垂らしてあおったりして、青色を黄色に変えたいと思う。

2. 試薬

- ・ エタノール(C_2H_5OH)
- ・ チモールブルー($C_{27}H_{30}OH$)
- ・ 0,1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液(NaOH)
- ・ 0,1 mol/L 塩酸(HCl)

3. 実験手順

- ① エタノールにチモールブルーを少量溶かし、出来た溶液を二つに分ける。
- ② ①で分けた溶液の片方には水酸化ナトリウム水溶液を、もう片方には塩酸をそれぞれ一滴ずつ加える。水酸化ナトリウム水溶液を加えた方をA液、塩酸を加えた方をB液とする。
- ③ B液を三角フラスコへ注ぐ。
- ④ B液にA液を数滴ずつ、色が変わるまでピペットで加えていく。
- ⑤ A液をピペットでとる。
- ⑥ A液を布に勢いよくかける。
- ⑦ ⑥の布を水槽の上で振る。

4. 結果

- ④ 黄色になる。
- ⑦ 布についていた青色が消え、少し黄色っぽい色が残る。

5. 原理

チモールブルーは塩基性で青色に、中性で黄色に、酸性では赤色になる指示薬である。

A液は水酸化ナトリウムによって塩基性になっているため濃い青色に、B液は塩酸によって酸性になっているので赤色になっている。④ではA液に含まれる水酸化ナトリウムとB液に含まれる塩酸が中和して中性になり、色が黄色になった。水酸化ナトリウムを布にかけて振る

と、空気中の二酸化炭素と水酸化ナトリウムが反応して炭酸ナトリウムになる。



炭酸ナトリウムも弱塩基性だが、チモールブルーを青くするほどではないので、⑦で布は中性に近い黄色になる。

銅々巡りの実験

1. はじめに

皆さんは硫酸銅をご存じだろうか。美しい青色をした硫酸銅は防虫剤などにも使われていて、40種類近くある銅の化合物のひとつだ。今回は銅を使ってそんないろいろな銅の化合物をお見せしたいと思う。

2. 試薬

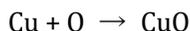
- ・ 0.1 mol/L 硫酸銅(Ⅱ)水溶液 (CuSO₄)
- ・ 1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH)
- ・ 10%希硫酸 (H₂SO₄)
- ・ 銅粉 (Cu)
- ・ スチールウール (Fe)

3. 実験手順

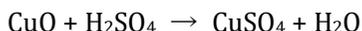
- ① 試験管 A に銅粉を少量とり、ガスバーナーで加熱する。
- ② 試験管 A の中に 10%希硫酸を 5 ml 入れ、ろ過する。
- ③ 試験管 B に、0.1 mol/L 硫酸銅(Ⅱ)水溶液を 5 mL 入れ、1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を 2 mL 加える。
- ④ 試験管 B をガスバーナーで加熱する。
- ⑤ 試験管 B に、10%希硫酸を 3~4 滴入れる。
- ⑥ 試験管 B に、丸めたスチールウールを入れる。

4. 原理

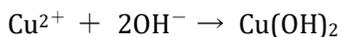
①では、銅粉が黒色粉末になる。これは、加熱により銅が黒色の酸化銅(Ⅱ)(CuO)になったためである。



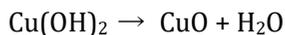
②では、薄い青色の水溶液となる。これは、酸化銅(Ⅱ)が塩基性酸化物であるため、硫酸と反応して硫酸銅(Ⅱ)に変化して水に溶け、硫酸銅(Ⅱ)水溶液が生じたからである。



③では、青白色ゲル状沈殿が生じる。これは、水酸化ナトリウム水溶液を加えたことによって、銅(Ⅱ)イオンと水酸化物イオンがイオン結合して、水酸化銅(Ⅱ)(Cu(OH)₂)が生じたためである。



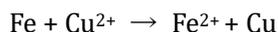
④では、黒色沈殿が生じる。これは、水酸化銅(Ⅱ)が加熱により酸化銅(Ⅱ)に変化し、黒色で水に不溶である酸化銅(Ⅱ)が沈殿となるためである。



⑤では、黒色沈殿がなくなり薄い青色の水溶液となる。これは、酸化銅(Ⅱ)が塩基性酸化物であるため、硫酸と反応して硫酸銅(Ⅱ)に変化して水に溶け、硫酸銅(Ⅱ)水溶液ができたからである。



⑥では、スチールウール(Fe)の表面が銅色に変化する。これは、銅よりイオン化傾向が大きい鉄が銅(Ⅱ)イオンに電子を奪われ、鉄(Ⅱ)イオン(Fe²⁺、Fe³⁺)となって水溶液中に溶け、一方で電子をもらった水溶液中の銅(Ⅱ)イオン(Cu²⁺)が銅となってスチールウールの表面に析出したことによるものである。



また、このようにイオン化傾向の大きな金属をイオン化傾向の小さな金属イオンを含む水溶液に浸漬させたとき、イオン化傾向の小さい金属が析出する現象を置換反応という。この原理は銅メッキなどにも応用されている。

「頑固」な溶液

1. はじめに

液体に酸性の液体を加えたら pH 値は下がり、塩基性の液体を加えると pH 値は上がる。これは、中学で習う化学の範囲では当然のことである。しかし、希塩酸や水酸化ナトリウム水溶液を加えても液性が変わりにくい液体があるということを知っているだろうか。今回は、そんな性質を持つ溶液がどれほど「頑固」なのか、お見せしたいと思う。

2. 試薬

- ・ 氷酢酸 (CH_3COOH)
- ・ 酢酸ナトリウム (CH_3COONa)
- ・ 0.01 mol/L 塩酸 (HCl)
- ・ 0.01 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH)
- ・ メチルオレンジ
- ・ BTB
- ・ 濃いスポーツドリンク

3. 実験手順

[実験 1]

- ① 試験管に純水を試験管の 1/4 ほど加え、メチルオレンジと BTB を一滴ずつ加える。
- ② ①の液を 2 本の試験管に分け、片方に塩酸を、もう片方に水酸化ナトリウム水溶液を色が変わるまで少しずつ加える。

[実験 2]

- ③ 氷酢酸を 10 mL とり、酢酸ナトリウムを 0.5 g とって混合する。これを A 液とする。
- ④ ①とは別の 2 本の試験管にメチルオレンジと BTB を一滴ずつ加え、両方に A 液を少量加える。
- ⑤ ④の試験管の片方に塩酸を加え、もう片方に水酸化ナトリウム水溶液を加える。

[実験 3]

- ⑥ 2 本の試験管にスポーツドリンクを少量加え、BTB を一滴ずつ加える。
- ⑦ ⑥の試験管の片方に塩酸を加え、もう片方に水酸化ナトリウム水溶液を加える。

4. 結果

- ①の結果：溶液は緑色になる。

②の結果：塩酸を加えた溶液はより濃い黄色に、水酸化ナトリウム水溶液を加えた溶液は青色になる。

④の結果：溶液は黄色になる。

⑤の結果：両方の溶液の色がほとんど変わらない。

⑥の結果：溶液は黄色になる。

⑦の結果：両方の溶液の色がほとんど変わらない。

5. 原理

- ・①、②、④、⑥の反応

BTB は酸性で黄色、中性で緑色、塩基性で青色になる。

このため、①では中性の純水は緑色になり、②の混合液では酸性の塩酸が黄色、塩基性の水酸化ナトリウム水溶液が青色になり、④・⑥では A 液、スポーツドリンクはともに酸性なので黄色になる。

- ・⑤の反応

A 液は、弱い酸である酢酸と弱酸の塩である酢酸ナトリウムを加えている。弱酸の塩と弱酸、あるいは弱塩基の塩と弱塩基の混合溶液は酸性や塩基性が変わりにくく、このような溶液を緩衝溶液という。酸は、水に溶けると水素イオン(H^+)を生じる物質であり、塩基は、水に溶けると水酸化物イオン(OH^-)を生じる物質であると定義されている。

A 液において、酢酸は一部が電離し、平衡状態になっている。



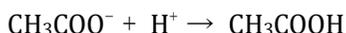
また、酢酸ナトリウムは水にほぼ完全に溶け、電離している。



従って A 液には酢酸分子と酢酸イオンが多量に共存していて、酢酸の緩衝溶液は以下のように緩衝作用を示す。

〈酸性の液を加えた場合〉

酸を加えても、酢酸イオンが水素イオンを受け取り、酢酸分子になる反応が起こるため、水素イオンが増えず、液性が変化しない。



〈塩基性の液を加えた場合〉

塩基を加えても、酢酸分子と中和反応が起こるため、水酸化物イオンが増えず、液性が変化

しない。



また、スポーツドリンクはクエン酸の緩衝溶液であり、クエン酸($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$)の分子とイオンが共存することによって同じように緩衝作用を果たす。

このように、世の中の常識には例外があるかもしれない。当たり前と思えるものこそ、一度疑ってみるのも良いことだと思う。

アンモニアの不思議

1. はじめに

アンモニアは肥料に使われるだけでなく、発電の燃料としても研究が進んでいる。このように意外にも人々の暮らしと密接しているアンモニアについて実験をお見せしたいと思う。

2. 試薬

- 0.1 mol/L 硝酸コバルト(II)水溶液 ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$)
- 0.1 mol/L 硝酸銀水溶液 (AgNO_3)
- 0.1 mol/L 硝酸亜鉛水溶液 ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$)
- 8%アンモニア水 (NH_3)

3. 実験手順

試験管を3つ用意しそれぞれA、B、Cとする。

<実験1>

- ① Aに0.1 mol/L 硝酸コバルト(II)水溶液、Bに0.1 mol/L 硝酸銀水溶液、Cに0.1 mol/L 硝酸亜鉛水溶液をそれぞれ2 mLずつ加える。
- ② A、B、C、に8%アンモニア水を1滴ずつ加える。

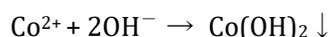
<実験2>

- ① 実験1で使ったA、B、Cにさらに8%アンモニア水を3 mLずつ加える。
- ② Aをろ過する。

4. 結果・原理

<実験1>

Aで使った硝酸コバルト水溶液が薄桃色に見えるのは、コバルト(II)イオンに水分子が配位結合してヘキサアクアコバルト(II)イオン($[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$)を形成しているからである。Aでは、酸性である硝酸コバルト水溶液に、塩基性であるアンモニア水を少量加えることによって溶液は酸性から塩基性となり、緑がかった青白色である水酸化コバルトが生じた。



青白色

Bでは、硝酸銀水溶液に少量のアンモニア水を加えたことで褐色である酸化銀(I)(Ag_2O)の沈殿が生じた。



褐色

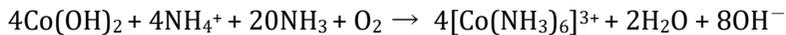
C では、硝酸亜鉛水溶液に少量のアンモニア水を加えたことで白色である水酸化亜鉛 ($\text{Zn}(\text{OH})_2$) の沈殿が生じた。



白色

<実験 2>

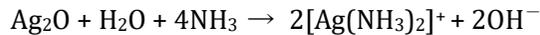
A では、アンモニア水を過剰に加えたことによって沈殿は溶解し、アンモニア分子が配位結合することにより、コバルト(II)イオンが酸化されたヘキサアンミンコバルト(III)イオン ($[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$) を形成した。



赤褐色

この錯イオンは赤褐色であるため、溶液は赤褐色透明になる。

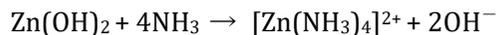
B では、実験 1 で出来た酸化銀(I)にアンモニア水を過剰に加えたことで沈殿は溶解し、水分子に代わってアンモニア分子が配位結合することにより、ジアンミン銀(I)イオン ($[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$) を形成した。



無色

この錯イオンは無色であるため、溶液は無色透明になる。

C では、実験 1 で出来た水酸化亜鉛にアンモニア水を過剰に加えたことで沈殿は溶解し、アンモニア分子が配位結合することにより、テトラアンミン亜鉛(II)イオン ($[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$) を形成した。



無色

この錯イオンは無色であるため、溶液は無色透明になる。

鉄による 7 色の色変化

1. はじめに

鉄は、家庭で使われるフライパンからロケットの部品まで、様々な用途で使われている。今回はそんな鉄の溶液を作るところから実験をしていきたいと思う。

2. 試薬

- ・ スチールウール (Fe)
- ・ 3 mol/L 硫酸 (H_2SO_4)
- ・ 3% 過酸化水素水 (H_2O_2)
- ・ 0.1 mol/L チオシアン酸カリウム水溶液 (KSCN)
- ・ 0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液 ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)
- ・ 0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム水溶液 ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)
- ・ 6 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH)

3. 実験手順

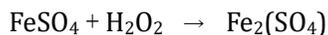
- ① 試験管にスチールウールを直径 0.5 cm に丸めて入れ、3 mol/L 硫酸を 2 mL 加える。
- ② 試験管をガスバーナーで加熱し、ろ過する。その後、純水を 2 mL 加えて、2 つの試験管に分ける。
- ③ 片方の試験管に過酸化水素水を 2 mL 加える(過酸化水素水を加えた方を試験管 A、加えていない方を試験管 B とする)。
- ④ 試験管 A、試験管 B に純水を加えて 8 mL にし、それぞれ 4 本の試験管に分け、0.1 mol/L チオシアン酸カリウム水溶液、0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液、0.1 mol/L ヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム水溶液、6 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を、A、B それぞれ 3 滴加え、変化を見る。

4. 原理

- ・ <手順①、②>スチールウールを硫酸に溶かすことで硫酸鉄(II)水溶液ができる。また、手順①の時点では水溶液は淡緑色をしているが、手順②でほぼ無色になる。



- ・ <手順③>硫酸鉄(II)水溶液に過酸化水素水を加えて硫酸鉄(III)水溶液ができる。また、このとき水溶液が黄色に変化する。



- ・ <手順④>文章の分量が多いので、i ~iv に分けている。

i. 硫酸鉄(II)水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、白色の沈殿ができる。

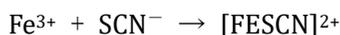


硫酸鉄(III)水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、赤褐色の沈殿ができる。



ii. 硫酸鉄(II)水溶液にチオシアン酸カリウム水溶液を加えても、変化しない。

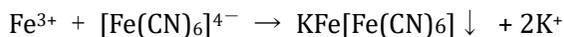
硫酸鉄(III)水溶液にチオシアン酸カリウム水溶液を加えると、赤血色になる。



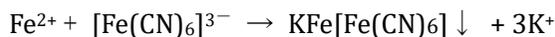
iii. 硫酸鉄(II)水溶液にヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液を加えると、青白色の沈殿ができる。



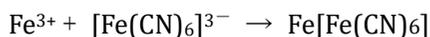
硫酸鉄(III)水溶液にヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液を加えると、濃青色の沈殿ができる。



iv. 硫酸鉄(II)水溶液にヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム水溶液を加えると、濃青色の沈殿ができる。



硫酸鉄(III)水溶液にヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム水溶液を加えると、褐色になる。



ヨウ素カクテル

1. はじめに

うがい薬やレントゲン造影剤、殺菌剤などに使われ、ヨウ素デンプン反応でおなじみのヨウ素。この元素はドライアイスのように固体から気体へと変化する昇華性を持っている。今回はそのような特徴を持っているヨウ素を使った実験をお見せしよう。

2. 試薬

- ・ クロロホルム (CHCl_3)
- ・ ヘキサン (C_6H_{14})
- ・ ヨウ素 (I_2)
- ・ 2 mol/L ヨウ化カリウム水溶液 (KI)

3. 実験手順

- ① 試験管 A、B にヨウ化カリウム水溶液 1 mL を入れ、ヨウ素を少量溶かす。
- ② 試験管 A にはクロロホルム 2 mL を加え、試験管 B にはヘキサン 2 mL を加える。
- ③ クロロホルムとヘキサンの層に色がつくまで試験管 A、B を振る。
- ④ 試験管 A に試験管 B の溶液をゆっくり入れる。

4. 結果

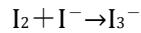
①では試験管 A、B は褐色となった。③ではクロロホルムの層は濃いピンク色、ヘキサンの層は紫色となった。④では上からヘキサン、ヨウ化カリウム水溶液、クロロホルムの順に層になった。

5. 原理

まず、②で有機溶媒とヨウ化カリウム水溶液が混ざらなかったのには、分子内で電荷分布の偏りが生じる極性というものに関係する。極性が大きい物質が溶けている水溶液と無極性溶媒は混ざりにくい性質があり、ヨウ化カリウム水溶液は水中で K^+ と I^- に電離しており、ヘキサンは無極性溶媒、クロロホルムはほぼ極性がないためヨウ化カリウム水溶液とは混ざらない。そ

して密度の関係から試験管 A では上からヨウ化カリウム水溶液、クロロホルム(1.49 g/cm³)の順、試験管 B では、ヘキサン(0.65 g/cm³)、ヨウ化カリウム水溶液の順となった。

次に色変化についてだが、①で試験管 A、B のヨウ化カリウム水溶液にヨウ素を加えると三ヨウ化物イオン(I₃⁻)となって溶解することで、三ヨウ化物イオン(I₃⁻)の色である褐色となる。



ヘキサンとヨウ素は無極性分子、クロロホルムはほぼ極性がないので分子の熱運動によりヨウ化カリウム水溶液中の I₂ が拡散し、ヘキサンとクロロホルムはヨウ素の気体の色である赤紫色に近い色となっている。

急激なブレイクを起こそう

1. はじめに

さまざまな美しい形に成長する結晶。今回は皆さんに一気に液体が美しい結晶に変わっていくのをお見せしよう。

2. 準備

- ・ 酢酸ナトリウム三水和物 ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- ・ 試験管
- ・ シャーレ
- ・ ガスバーナー
- ・ ビーカー

3. 実験手順

- ① 試験管に水 2 mL と酢酸ナトリウム三水和物の結晶 5 g を入れる。
- ② 試験管をガスバーナーで熱しその結晶を完全に溶かす。
- ③ その後試験管を試験管立てに立てかけ一旦冷やし、数分たったら水に浸してさらに冷やす。
- ④ シャーレに別の酢酸ナトリウム三水和物の結晶を 1 粒置き、試験管の中の液体をその結晶に注ぐ。

4. 原理

一般的に水に溶解しやすい物質の溶解度は温度上昇に伴って大きくなるものが多く、溶解度に達した飽和溶液をそのまま冷却していけば、その温度の溶解度に応じた余剰の結晶がすぐにも析出しそうなものである。しかし、ゆっくりと水溶液を冷却すると、物質が相変化すべき温度以下で変化しないでいることがある。この状態を過冷却という。

今回は飽和状態の酢酸ナトリウム水溶液を常温の水などでゆっくり冷やすことで、過冷却の状態になっている。この状態で、結晶核を加えるとその結晶核の分子の並びを手本として、急速にその並びで結晶化する。その他の方法として、急にゆするなどが考えられる。また、結晶化する時、凝固熱が発生する。

星に願いを

1. はじめに

夜空を見上げると満天の星。そんな幻想的な風景を想像したことがあるだろうか。この実験ではたくさんの星を作る。ぜひ、星に願いを。

2. 試薬

- ・ 塩化アンモニウム (NH_4Cl)
- ・ 0.4 mol/L 硝酸鉛(II)水溶液 ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)
- ・ 0.4 mol/L ヨウ化カリウム水溶液 (KI)

3. 実験手順

(実験 1)

- ① 試験管に水 5 mL と塩化アンモニウム 2.5 g を加える。
- ② ①の試験管を溶け残りがなくなるまで加熱する。
- ③ 試験管を水に入れて冷やす。

(実験 2)

- ① 試験管に純水 5 mL を入れ、硝酸鉛(II)水溶液を 0.1 mL とヨウ化カリウム水溶液を 0.2 mL を加える。
- ② ①の試験管を溶け残りがなくなるまで加熱した後、水に入れて冷やす。

4. 原理

(実験 1)

水溶液の中から次々と星形の結晶が現れ、大きくなり、試験管内に積もってゆく。

塩化アンモニウムは、100 °Cの水には 5 ml に 3.5 g 以上溶けるが、20 °Cの水 5 ml には 1.85 g しか溶けない。この差の分の結晶が析出したわけである。

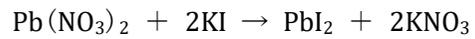
この実験では、塩化アンモニウムの温度変化による溶ける量の差を利用した再結晶という現象が起こっている。再結晶とは、固体を水に溶かし再び結晶として取り出す現象である。

水溶液からはじめに析出した結晶は本来の塩化アンモニウムの形である星形をしている。その後析出する塩化アンモニウムは元からあった結晶にくっつくので、結晶は星形を保ったまま、大きくなっていく。そのため試験管内に星形の結晶が見られたのである。

(実験 2)

光沢のある黄色い結晶が析出する。

硝酸鉛(Ⅱ)とヨウ化カリウムを混ぜたことによって、次の反応が起こる。



ヨウ化鉛(Ⅱ)は 20 °C の水 100 mL に 0.063 g しか溶けないため溶け残りが出るが、硝酸カリウムは 20 °C の水 100 mL に 35.7 g 溶け、溶け残りが出ない。

そのため黄色いヨウ化鉛の結晶だけが析出した。

いくらの化学

1. はじめに

皆さんは「つかめる水」というものを知っていますか？化学キットなどで実験した方も多いのではないのでしょうか。今回はこれを利用して人工いくらを作りたいと思います。

2. 試薬・器具

- ・ 1% アルギン酸ナトリウム水溶液 ($\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$)
- ・ 10% 塩化カルシウム水溶液 (CaCl_2)
- ・ 食紅

3. 実験手順

- ① 試験管に入れたアルギン酸ナトリウム水溶液に、食紅を適量入れる。
- ② ビーカーに入れた塩化カルシウム水溶液の中に 1 滴ずつたらししていく。
[この時に、一気にたらしではいけない。]

4. 原理

塩化カルシウム水溶液にアルギン酸ナトリウム水溶液をいれると、塩化カルシウム水溶液の中に含まれるカルシウムイオンによってアルギン酸カルシウム溶液になり、水に解けずに表面だけがカプセルになってかたまります。その膜が中に溶液を包み込むことによって人工のいくらが完成します。ちなみに、塩化カルシウムでなくても、カルシウムイオンが含まれていればよいので乳酸カルシウムでも代用することができます。

時間が経つと…

1. はじめに

普通、実験では、意図的に反応速度をのばしたり変えたりすることはできません。そもそも一気に反応の起こるものも多いです。しかし、この実験ではどうでしょうか？

2. 器具・試薬

- ・ 亜硫酸水素ナトリウム (NaHSO_3)
- ・ ヨウ素酸カリウム (KIO_3)
- ・ 可溶性デンプン

3. 実験手順

- ① ビーカーに亜硫酸水素ナトリウム 0.09 g を入れて水 20 mL に溶かす。
- ② 可溶性デンプンを他のビーカーに 0.04 g 入れ、水 20 mL を加えて加熱しながら溶かす。
- ③ ②で作ったデンプン水溶液を 4 g、①のビーカーに入れる。これを A 液とする。
- ④ ビーカーにヨウ素酸カリウム 0.08 g を入れて水 20 mL に溶かす。これを B 液とする。
- ⑤ A 液と B 液をビーカーに入れて混ぜる。

4. 原理

主反応は、(1) の亜硫酸水素ナトリウム水溶液とヨウ素酸カリウム水溶液の酸化還元反応であるが、亜硫酸水素イオンがすべて消費されたとき、すなわち反応の終点では (2) のようにヨウ素 I_2 が生成し、それがデンプンと反応し紫色に溶液が着色する。



生成物の I^- は IO_3^- と反応すると I_2 が生じる反応も起きるはずであるが、 HSO_3^- が溶液中に残存するうちは (3) のように I^- に還元されてしまうため、溶液中のデンプンとヨウ素デンプン反応は起きない。ところが HSO_3^- がすべて消費されてしまうと、還元されずに I_2 が残るので、溶液は紫色に発色する。



反応は (1) に比べて (2) は瞬時に反応するので、反応時間は (1) による。

赤い噴水

1. はじめに

皆さんが知っている色に変化する噴水は、アンモニアとフェノールフタレイン液を使った無色透明からピンクになる噴水である。だが今回は、その原理を利用しながらも一味違った噴水を作ってみた。

2. 試薬・器具

- ・メチルオレンジ ($C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$)
- ・濃硫酸 (H_2SO_4)
- ・沸騰石

3. 実験手順

- ① 300 mL のビーカーに水を約 250 mL 入れ、硫酸を 5 mL 入れる。そして 200 mL の丸底フラスコに湯を適量とメチルオレンジを 5 滴たらし沸騰石を入れる。
- ② 加工したゴム栓を丸底フラスコに付け、ガラス管の部分の水の入ったビーカーに入れる。そして、丸底フラスコをガスバーナーで加熱する。
- ③ ガラス管の先から空気が出なくなったら火を止め、ピンチコックでゴム管をふさぎ、丸底フラスコを濡れ雑巾で冷やす。
- ④ 丸底フラスコを逆さにし、ガラス管を硫酸の入ったビーカーに入れピンチコックを外す。

4. 原理

メチルオレンジは塩基性・中性の時は黄色、酸性の時は赤色を示す。熱すると丸底フラスコ内から水蒸気によって空気が追い出される。ピンチコックで止め丸底フラスコを冷やすと、水蒸気が水に変わり気圧が急激に下がる。そのためピンチコックを外すと強酸である硫酸が丸底フラスコ内に入り、メチルオレンジが反応し濃い赤色の噴水ができる。

奥が深い BTB の性質

1. はじめに

化学の分野においては頻繁に使われる BTB 溶液は酸性、中性、塩基性の違いを分かりやすくさせる試薬である。この試薬を使う簡単な実験で、BTB 溶液の性質を知ることができるのだ。

2. 試薬

- ・ BTB 溶液 (C₂₇H₂₈Br₂O₅S)
- ・ 1 mol/L 希塩酸 (HCl)
- ・ 炭酸ナトリウム (NaHCO₃)

3. 実験手順

- ① 0.5mol/L 炭酸ナトリウム水溶液を 5ml 準備する。
- ② この炭酸ナトリウム水溶液に BTB 溶液を少量加える。
- ③ この試験管に希塩酸を 1.3 ml 加え、試験管上部のみをガラス棒で少し舞い上げるように攪拌する。
- ④ さらに、希塩酸を 1 ml 試験管の壁を伝わらせてそっと注ぐ。

4. 原理

②においては、炭酸ナトリウム水溶液に BTB 溶液を加えたことで、試験管内の水溶液が青色となった。これは、炭酸ナトリウム水溶液が、強いアルカリ性を示す水溶液だからだ。その後、③において希塩酸を加え上部のみを攪拌すると、次のような反応が起きる。



こうして、二酸化炭素が発生し、後には中性の食塩が残る。このため、試験管の下部は炭酸ナトリウム水溶液による青色の液体が残るものの、上部には塩化ナトリウム水溶液の緑色の水溶液が生じる。これを中和という。

さらに、④において、さらに希塩酸をそっと加えると、試験管内の水溶液が 3 層に分かれ、上部には加えた希塩酸による黄色の層、中部には先程生まれた緑色、下部には炭酸ナトリウム水溶液によって生まれた青色が現れる。

このように、BTB 溶液を使って、中和の現象を試験管一つの中で確認できるのだ。

<G グループ>

Traffic light

1. はじめに

この実験で使っているインジゴカルミンは合成着色料で青色 2 号として、チョコレートや、あめなどに使われている。今回はそんなインジゴカルミンの見事な色変化をお見せしよう。

2. 試薬

- ・ 水酸化ナトリウム (NaOH)
- ・ グルコース ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
- ・ インジゴカルミン ($\text{C}_{16}\text{H}_8\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\text{S}_2$)

3. 実験手順

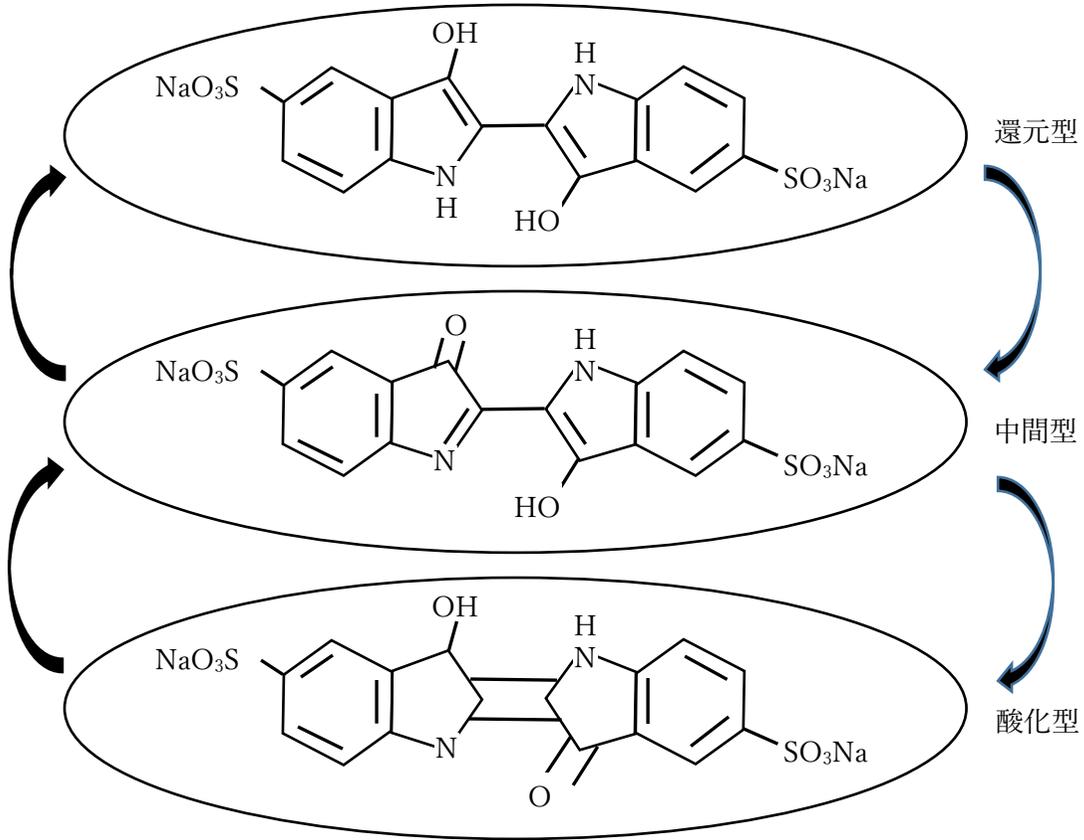
- ① 水酸化ナトリウム 2 g を水 200 mL に溶かし、その溶液にブドウ糖 10 g を溶かして、ビーカーに入れ、その溶液をペットボトルに移す。
- ② 別の容器でインジゴカルミン 0.1 g を 10 mL の水に溶かし、ペットボトルに入れた溶液にインジゴカルミン水溶液を、約 5 mL 加える。

4. 結果

インジゴカルミン水溶液を入れ、均一になるまで溶液を軽く振って 2 分程度放置すると黄色になる。その後、軽く振ると赤色になり、さらに激しく振ると緑色になる。また、静置するとまた黄色になり、色変化を何回も繰り返す事ができる。

5. 原理

インジゴカルミンは塩基性の水溶液だと還元型は黄色となるが、軽く振ると少し酸化され、還元型と酸化型の中間になり、赤色となる。さらに激しく振ると、ペットボトル内の酸素により酸化され、緑色になる。一方、グルコースには還元作用があるため、酸化型インジゴカルミン（緑色）を、徐々に還元型（黄色）にさせる。これを、信号反応と呼ぶ。



オリンピックの色変化

1. はじめに

この夏、オリンピックが日本で開催された。これから、そのオリンピックを思い出させるような実験をご覧にいれよう。

2. 試薬

- ・ 銅線 (Cu)
- ・ 3 mol/L 塩化亜鉛水溶液 (ZnCl₂)
- ・ 亜鉛粒 (Zn)

3. 実験手順

- ① 蒸発皿に 3 mol/L の塩化亜鉛水溶液を約 5 mL 入れる。
- ② 亜鉛粒を適量入れる。
- ③ ガスバーナーで穏やかに加熱する。
- ④ 気泡が生じたら銅線を入れる。
- ⑤ 完全に色が変わったら、蒸発皿から取り出して水で流す。
- ⑥ さらに銅線をガスバーナーで加熱し、水を入れたビーカーの中に入れる。

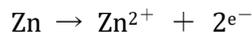
4. 結果

⑤のときは銅線は銀色になり、⑥のときは金色になる。

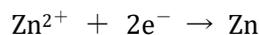
5. 原理

- ・ 銅→銀

銅線に亜鉛粒が接すると、亜鉛の方が銅よりイオン化傾向が大きいので、次のように



亜鉛イオンが溶けだす。その時流れ出た電子は銅線側に移る。その電子がもともと溶けている亜鉛イオンに移り、銅線表面に亜鉛の銀色の被膜が生じる。



- ・ 銀→金

前述の原理によって銀色になった銅線を熱すると銅線に付着した亜鉛と銅が原子レベルで混ざり合い、合金の黄銅が生成される。