



化学グランプリ 2018
二次選考 問題冊子
2018年8月17日(金)
時間：13：00～17：00(240分)

問題冊子は、この表紙および草稿・実験メモ用ページ等を含め28ページから構成されています。落丁や不明瞭な印刷があれば、直ぐに申し出てください。

一次選考で選ばれた諸君が世界に羽ばたくためには、柔軟な思考力と実験を通しての鋭い観察力が必要です。二次選考で少しでも多くの知見を身につけてもらうことを願っています。

試験開始の合図までの間、以下の手順および注意事項と裏表紙の実験上の注意事項をと。

手順および注意

1. 13：00の開始の合図で始め、17：00の終了の合図で実験・レポートの作成(解答)を終え、レポート冊子を提出すること。その後、15分程度で後片付けを行う。
2. 実験操作や実験室でのマナー等、監督者の指示に従わない場合は実験室から退去させることがある。この場合、二次選考の得点は0点となる。
3. 実験とレポート作成は同時に進めても構わない。全体を合わせて4時間(13：00～17：00)になるように時間を配分すること。
4. 問題冊子の表紙とレポート冊子の各ページに、参加番号と氏名を記入し、解答はすべてレポート冊子に記入すること。
5. 実験の経過・結果は、鉛筆またはシャープペンシルを用いて問題冊子のメモ欄に記録すること。レポート冊子を破損・汚損しても交換は行わないので注意して記入すること。
6. 途中で気分が悪くなった場合やトイレに行きたくなった場合には、監督者に申し出ること。
7. 問題冊子は各自持ち帰ること。レポート冊子や試薬類は持ち帰ってはならない。

参加番号		氏名	
------	--	----	--

主催 「夢・化学-21」委員会、日本化学会

共催 科学技術振興機構(JST)、高等学校文化連盟全国自然科学専門部、筑波大学、茨城県、つくば市

後援 文部科学省、経済産業省、茨城県教育委員会

協賛 TDK(株)

協力 日本発明振興協会



実験に必要な試薬類と器具類 一覧

実験室内では、「実験用保護メガネ」と「白衣」は常時着用してください。

器具リスト

器具名	数量	使用
バット (実験器具類を入れてある)	1 枚	全テーマ共通
紫 LED ペン	1 個	全テーマ共通 (p. 4 を参照)
ティッシュ (キムワイブ)	1 箱	全テーマ共通
ディスポ手袋	3 双	全テーマ共通
油性サインペン	1 本	全テーマ共通
ラベルシール (8mm×20mm×35 片)	1 枚	全テーマ共通
定規	1 個	全テーマ共通
電卓	1 台	全テーマ共通
ピンセット	1 個	テーマ 2 用
デジタルマルチメータ	1 台	テーマ 2 用 (p. 4 を参照)
デジタルマルチメータ用クリップアダプタ	1 組	テーマ 2 用 (p. 4 を参照)
電極セット (小びんに立ててある)	1 組	テーマ 2 用 (p. 4 を参照)
13.5 mL スクリュー管びん (ふた付き)	12 本	テーマ 2 用 10 本 テーマ 3 用 2 本
3 mL ディスポスポイト	10 本	テーマ 1 ・色素原液希釈用 2 本 テーマ 2 ・DC 溶液用 テーマ 2 ・AgNO ₃ 水溶液用 テーマ 2 ・NaCl 水溶液用 テーマ 2 ・ろ過用 2 本 テーマ 3 ・レサズリン水溶液用 テーマ 3 ・5 mol L ⁻¹ NaOH 水溶液用 テーマ 3 ・1 mol L ⁻¹ 硫酸水溶液用
5 mL ディスポメスピペット	2 本	テーマ 2 ・AgNO ₃ 水溶液用 テーマ 2 ・NaCl 水溶液用
ピペット用アダプタ	1 個	テーマ 2 用

5 mL プラスチックシリンジ	1本	テーマ2用 (ピペット用)
30 mL ディスポビーカー	2個	テーマ2用
50 mL ディスポビーカー	1個	テーマ3用
ろ紙 (No.5C, 90mm φ)	2枚	テーマ2用
攪はん棒	1本	テーマ3用
ディスポシャーレ	1枚	テーマ3用
窒素ガス	1本	テーマ3用 (p.5を参照)
ストップウォッチ	1個	テーマ3用
500 mL ビーカー	1個	テーマ1・3廃液回収用
300 mL ビーカー	1個	テーマ2廃液回収用

試薬リスト

試薬名	容器	内容量	使用
高濃度エオシンY水溶液 (約 $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$)	20 mL 広口ポリびん	5 mL	テーマ1用
低濃度エオシンY水溶液 (約 $1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$)	20 mL 広口ポリびん	5 mL	テーマ1用
0.05 mol L^{-1} 硫酸水溶液	13.5 mL スクリュー管びん	10 mL	テーマ1用、2本
pH3.25 クエン酸緩衝液	13.5 mL スクリュー管びん	10 mL	テーマ1用、2本
pH6.5 リン酸緩衝液	13.5 mL スクリュー管びん	10 mL	テーマ1用、2本
約 10 mmol L^{-1} 硝酸銀(I)水溶液	50 mL 広口ポリびん	45 mL	テーマ2用
10.0 mmol L^{-1} 塩化ナトリウム水溶液	50 mL 広口ポリびん	30 mL	テーマ2用
0.1% ジクロロフルオレセイン溶液	20 mL 広口ポリびん	5 mL	テーマ2用
ジクロロフルオレセイン固体	チャック付きポリ袋	微量	テーマ2用
0.05% レサズリン水溶液	20 mL 広口ポリびん	2 mL	テーマ3用
5 mol L^{-1} 水酸化ナトリウム水溶液	20 mL 広口ポリびん	3 mL	テーマ3用
1 mol L^{-1} 硫酸水溶液	20 mL 広口ポリびん	2 mL	テーマ3用
グルコース		3 g	テーマ3用
蒸留水	250 mL 洗瓶	200 mL	共通

紫 LED ライトの使い方 (テーマ1 から 3 で使用)

側面のスイッチを押すと先端の LED から波長 400 nm 程度の紫光が出る。光を直視しないこと。
長時間の連続照射は行わないこと (1 回の照射は数 s 程度以内にとどめる)。

本実験の全テーマを通して、通常の観察に加え、紫 LED 光で照射したときの観察も行うこと。
実験終了後は、持ち帰って活用してください。

デジタルマルチメータの使い方 (テーマ2 で使用)

パッケージを開封し、本体とクリップアダプタを取り出す。クリップアダプタを本体のテストピンの先端に装着する (図 A-1)。赤い端子には赤いアダプタをつけること。測定時には電極をこのクリップで挟む (次項も参照)。

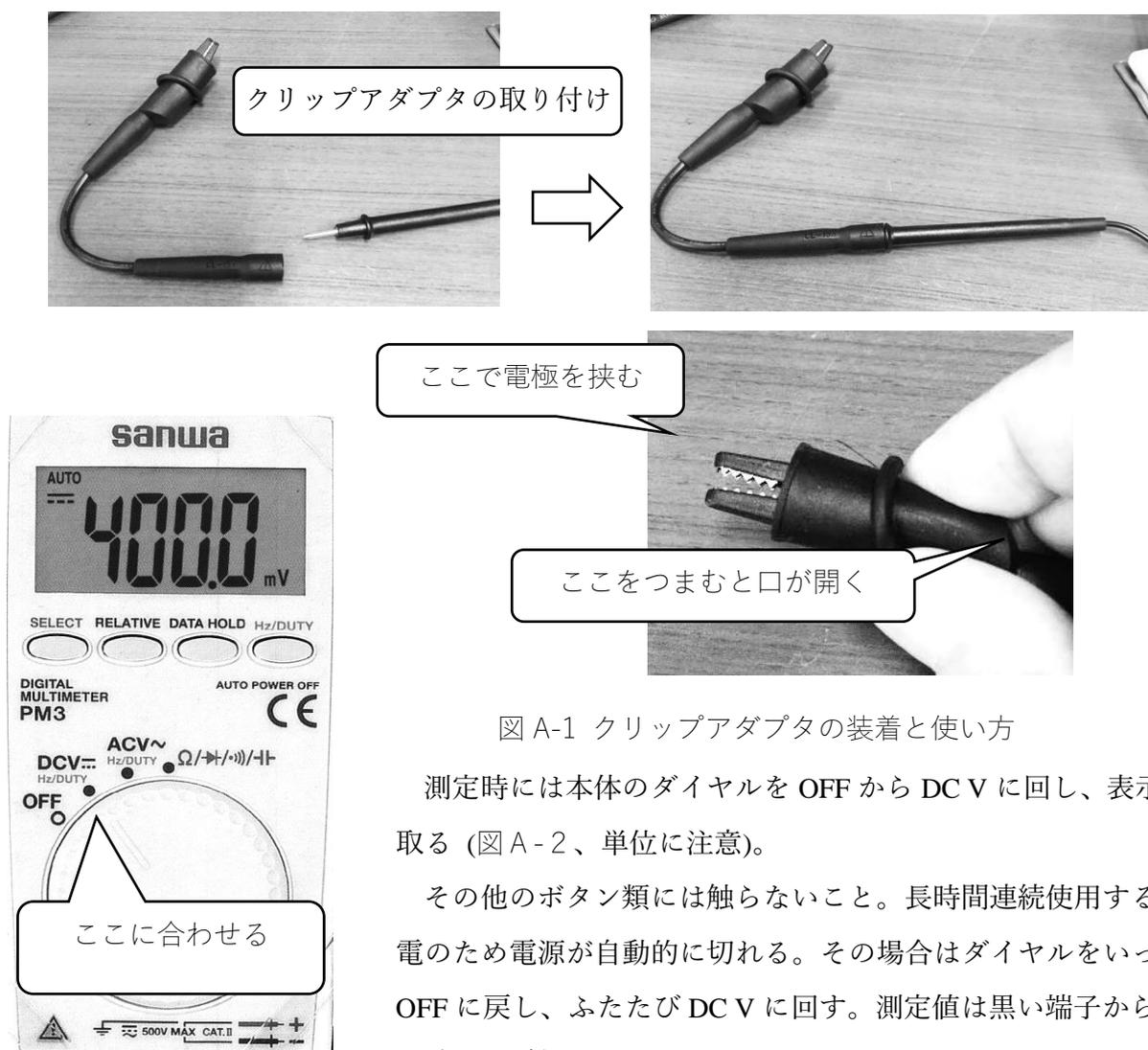


図 A-1 クリップアダプタの装着と使い方

測定時には本体のダイヤルを OFF から DC V に回し、表示を読み取る (図 A-2、単位に注意)。

その他のボタン類には触らないこと。長時間連続使用すると、節電のため電源が自動的に切れる。その場合はダイヤルをいったん OFF に戻し、ふたたび DC V に回す。測定値は黒い端子から見た赤い端子の電位になる。

実験終了後は、持ち帰って活用してください。

図 A-2 マルチメータの設定

電極セットの使い方 (テーマ2で使用)

銀電極と基準電極をテープで束ねたものが、小びんに立ててある。基準電極のシリコンゴム栓は外れやすいので注意すること。はずれた場合は付け直せば使えるが、無理に強く押し込まないこと。

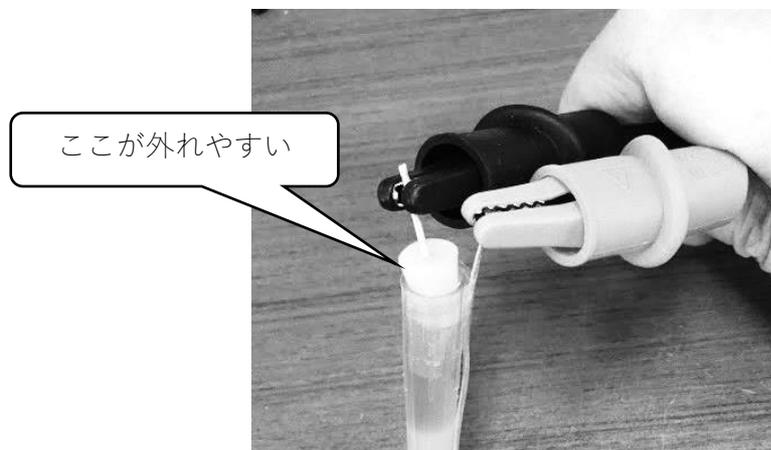


図 A-3 電極の接続

また、基準電極の内部液が実験試料に混入した場合は、実験が続けられなくなるのでただちに監督者に申し出ること。使用時には、電極の先端付近を純水ですすいで洗浄し、実験用ティシュペーパー（キムワイプ）で軽く水気を吸い取ってから、測定溶液に入れる。使用後は純水で電極に付いた試料溶液をよくすすぎ落としした後、電極の入っていた小びんに立てておく。

窒素ポンベの使い方 (テーマ3で使用)

窒素ガスを出す場合は、図 A-4 のようにビニールホースを取り付け、プッシュボタンを押し、プッシュボタンの押し加減で噴出量を調節する。ガス封入量は、全開で噴出すると、30 s 程で全量噴出するくらいのものである。

溶液をバブリングするとき、プッシュボタンを最後まで押して全開にすると、溶液がスクリー管びんの外に飛び散ってしまう。そのため、はじめはなるべく弱い噴出で行い、気泡が連続的に発生するように調節する（図 A-5）。

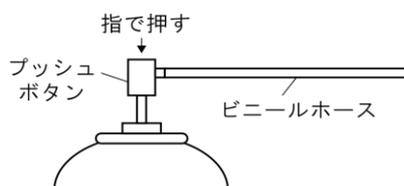
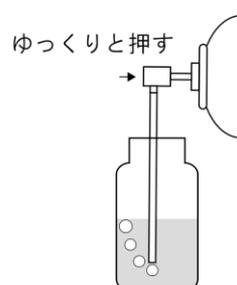


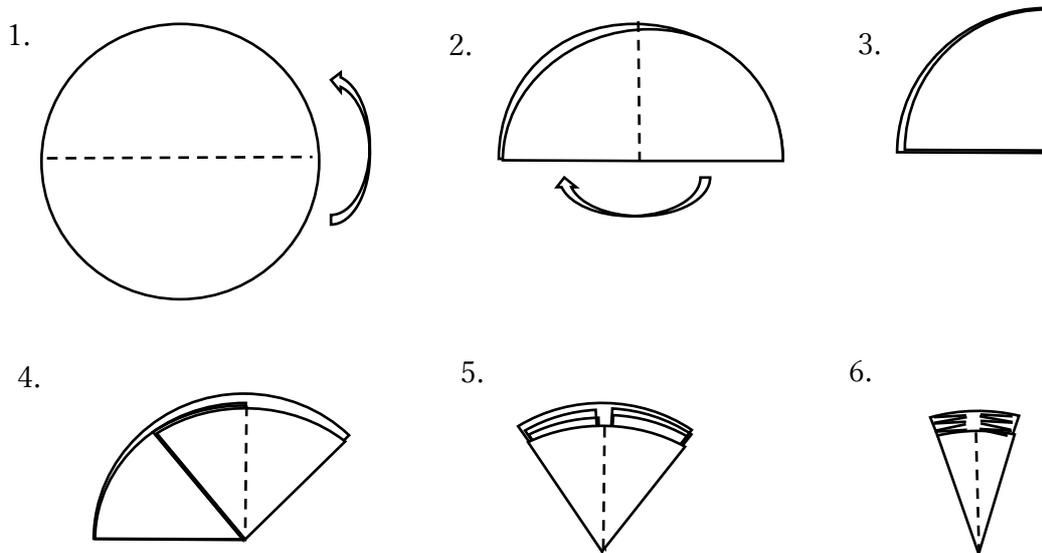
図 A-4 ビニールホースの取り付け



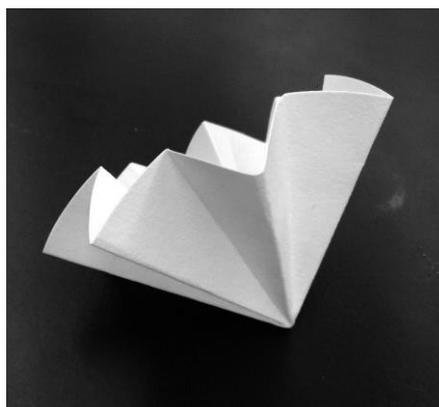
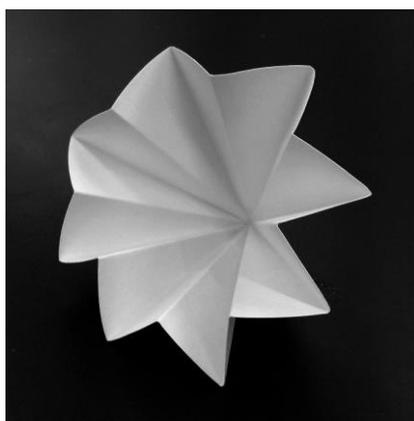
スクリー管びん

図 A-5 バブリング

ろ紙のひだ折りの方法 (例)



7. 完成



※ これより細かく折ってもよいが、細かくしすぎると先端
(中央付近) が破れることがある。

(メモ欄) (問題本文は次ページから始まります)

色素の状態変化と色変化とその化学的応用

新緑の季節を感じさせる野山の鮮やかな緑色は、植物の葉に含まれる色素（主にクロロフィル）によって吸収されない可視光の色を反映している。物質による光の吸収、そしてその色は、物質と光の量子論的な相互作用の結果である。一方、一部の蝶や鳥の羽などに見られるように、光の干渉の結果、様々な色を示すこともある。この色の見え方は化学実験においても非常に有用であり、古くからさまざまな変化を鋭敏に観察することに応用されてきた。この実験では、有機分子である色素を題材に取り上げ、色や見え方、すなわち色素分子と光の相互作用を観察し、それがさまざまな要因で変化する様子やその応用について調べよう。

テーマ1. 色素溶液の色を決める要因は何か

光は光量子（光子）という粒子の集合体と考えることができる。分子（あるいは原子）に光を当てると、ある条件の光量子が分子に吸収されることがある。色素分子 S に可視光を当てると、吸収された光量子のエネルギーは分子中の電子のエネルギーに変換される。高エネルギー状態の電子をもつ分子を「励起状態にある」という。この様子を次のように表す。

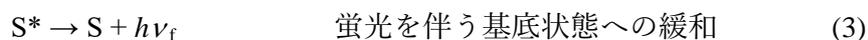


ここで、 S^* は励起状態にある S を意味する。また h はプランク定数、 ν は光の波動としての振動数であり、 $h\nu$ は光量子のエネルギーを意味すると同時に、光量子そのものを意味する記号としても常用される。光量子のもつエネルギー（あるいは振動数や波長でも同じ）の違いは、われわれにはその光の色の違いとして認識される。なお、振動数 ν 、波長 λ 、光速 c の間には次の関係がある。

$$c = \nu\lambda \quad (2)$$

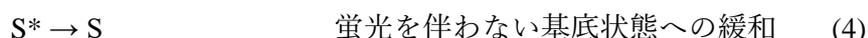
高エネルギーの励起状態は不安定であり、エネルギーを何らかの形で放出して元の状態（基底状態とよぶ）にもどる。この過程（励起に対して「緩和」とよぶ）にはいくつかの種類がある。

第一が、エネルギーを再び光量子の形で放出する場合で、このとき放出される光を「蛍光」とよぶ。



一般に、このとき放出される光量子のエネルギーは、吸収のときの光量子のエネルギーより少し小さくなり、振動数は減少するので ($\nu > \nu_f$)、蛍光スペクトルは吸収スペクトルよりも長波長側に観測される。たとえば、紫外線を吸収して、可視光が放出される場合などがよく見られる。

エネルギー放出のまた別の場合として、高エネルギーの電子が何らかの形でそのエネルギーを周囲の何か (たとえば溶媒分子や周囲にいる自分以外の色素) に渡して基底状態に戻る場合である。エネルギー自体は最終的には熱エネルギーとして消費される。蛍光を発する度合いは色素に固有であるが、本来出るはずの蛍光が何らかの機構によって弱まったり消えたりすることがあり、蛍光の消光とよばれる。



高エネルギー状態となって反応性の高まった分子が周囲の何かと反応したり、自分自身が分解する等で別のものに変化したり (光化学反応)、あるいは高エネルギーの電子が周囲の他のものに移動するという形でエネルギー放出を起こす場合もある。

色素に光量子が吸収されるかどうかは、その光量子のエネルギーと色素の電子状態の関係で決まり、同じ分子であっても光量子のエネルギーが異なれば吸収のおこりやすさが異なるし、同じエネルギーであっても色素によって吸収の程度は異なる。ある分子について、光量子のエネルギーによって吸収の起こりやすさがどのように変化するかを示す特性を吸収スペクトルとよぶ (習慣的に、エネルギーの代わりに波長を使って示すことが多い)。

色素溶液に紫外光もしくは可視光を照射すると、その吸収スペクトルに依存して、光が溶液を透過する。もし、その色素が無蛍光の場合、その透過した可視光が色素溶液の色を決定する。しかし、蛍光性の場合には、透過光と蛍光の両方が色素溶液の色を決定する。

また、溶け残った色素が溶液に分散している場合には、照射した光 (照射光) は溶け残りの色素の固体によって反射もしくは散乱される。反射した場合には、色素の固体に照射光の一部が吸収され、散乱した場合には照射光そのものが、光の軌跡として容易に観察される。

(問題は次ページ以降に続きます)

テーマ1（実験1）． 色素溶液の色の pH および濃度依存性

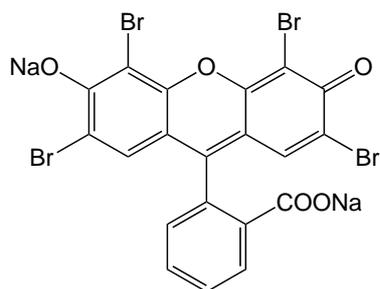


図1 エオシン Y の構造式

試薬

- ・高濃度エオシンY 水溶液 (20 mL 広口ポリびん、 $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ 、5 mL入り)、1本
- ・低濃度エオシンY 水溶液 (20 mL 広口ポリびん、 $1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ 、5 mL入り)、1本
- ・ 0.05 mol L^{-1} 硫酸水溶液 (pH 1) (13.5 mLスクリュー管びん、10 mL入り)、2本
- ・pH 3.25 クエン酸緩衝液 (13.5 mLスクリュー管びん、10 mL入り)、2本
- ・pH 6.5 リン酸緩衝液 (13.5 mLスクリュー管びん、10 mL入り)、2本

器具

- ・3 mLディスポスポイト、2本 (色素溶液の濃度に応じて使い分けること)
- ・紫LEDライト、1本

操作

- 1-1) 高濃度エオシンY 水溶液から3種類の pH の約 $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ の色素サンプルを調製する。硫酸水溶液もしくは緩衝液10 mLが入っている各スクリュー管びんに、 $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ の高濃度色素溶液を、3 mLディスポスポイトを用いて1 mL加え、ふたを閉める。pHの低いサンプルからそれぞれ (ア)、(イ)、(ウ) とする (ラベルに記入してびんに貼る)。
- 1-2) 同様の操作で、約 $1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ の低濃度エオシンY 水溶液を用いて、3種類の pH の約 $10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ の色素サンプルを調製する。低濃度色素溶液を取るときディスポスポイトは、高濃度色素溶液を取るときに使ったものと同じものを使いまわさないこと。pHの低いサンプルからそれぞれ (エ)、(オ)、(カ)とする (ラベルに記入してびんに貼る)。

問1 スクリュー管びん(ア)～(カ)のサンプルの色、および溶液の濁りや沈殿の有無を観察し、その結果を解答用紙の表に簡潔に記入しなさい。

問2 スクリュー管びん(ア)～(カ)のサンプルに紫 LED ライトを照射したとき、光が当たっている部分のサンプルの色の变化について観察し、その結果を解答用紙の表に簡潔に記入しなさい。

問3 次の文章の空欄に適切な語句を下の選択肢から選び、記号で答えなさい。ただし、同じ選択肢を複数回使用してもよい。

紫 LED ライトを照射したときに観測される色の变化は、エオシン Y の に由来するものである。エオシン Y は、今回の実験では、図 1 に示した構造の固体を溶解して実験用の溶液とした。しかし、実際の水溶液中ではこのままの形で溶けているわけではなく、溶液の pH によって異なる構造の状態が存在していることが知られている。実験結果より、pH が 付近ではエオシン Y は を示し、pH が 付近ではエオシン Y は を示さない構造をとると考えられる。また、図 1 の構造式と、サンプル (ア)～(ウ) の観察により、pH が酸性付近ではエオシン Y は電荷的に 、pH が中性付近ではエオシン Y は電荷的に の状態にあると考えられる

選択肢 ① 散乱 ② 吸収 ③ 蛍光 ④ 消光 ⑤ 酸性 ⑥ 中性 ⑦ 正 ⑧ 負

以下、メモ欄 (問題は次ページ以降に続きます)

テーマ 2. 塩化銀(I)の沈殿平衡と蛍光色素の挙動

銀イオン Ag^+ を含む水溶液に、塩化物イオン Cl^- を含む溶液を加えると、塩化銀(I) AgCl の白色沈殿が生ずる。この反応は平衡反応であり、溶解度積 K_{sp} (平衡定数の意味をもつ) に支配される。



$$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] \quad (6)$$

ここで、 $[\text{Ag}^+]$ および $[\text{Cl}^-]$ は、それぞれ銀イオンおよび塩化物イオンのモル濃度を示す。

硝酸銀(I)水溶液に塩化ナトリウム水溶液を少しずつ加えていくと塩化銀(I)を生成するが、最初は塩化物イオンのほとんどは塩化銀(I)として沈殿する。そのため、過剰に存在する銀イオンと溶解度積の関係を満たす塩化物イオンは、ごくわずかな濃度しか溶液中には存在しない。塩化ナトリウム水溶液を過剰に加えると、銀イオンのほとんどは沈殿し、過剰に存在する塩化物イオンと溶解度積の関係を満たすごくわずかな濃度の銀イオンが溶液中に残る。

銀イオン濃度および、塩化物イオン濃度のこのような変化は、強酸水溶液に強塩基水溶液を添加していく場合 (すなわち中和滴定) の水素イオンや水酸化物イオンの濃度変化と同じように扱うことができる。また、中和滴定の場合、溶液中の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ の変化は pH メータを用いることで、 $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ として、直接、測定・追跡することができる。

問 4 強酸/強塩基水溶液の混合の場合、溶解度積に相当する物理量は何か。

問 5 強酸水溶液を強塩基水溶液で滴定する場合、溶液の pH と滴定量との関係を示すグラフの概略図をかきなさい。温度は 25°C を想定し、当量点 (反応する化学種が、過不足なく混合されている点) を明示すること。

銀イオンの水溶液に塩化物イオンの水溶液を添加する場合も、銀イオン濃度あるいはその対数値を測定すれば類似の関係が得られるはずである。

問 6 銀イオンと塩化物イオンの反応の場合の当量点において成立する、溶液中の銀イオン濃度、塩化物イオン濃度、溶解度積の間の関係式を示しなさい。ただし、式 (6) の関係は、当量点であるかどうかに関わらず、塩化銀(I) の沈殿が存在する限り、常に成立している。

水溶液中の銀イオン濃度を測定する方法として、銀電位法がある。以下に、その原理を示す。金属銀と銀イオンの間には、次の酸化還元半反応がある。



銀イオンを含む水溶液に金属銀電極を挿入すると、この電極の持つ電位 E_{Ag} は、溶液中の銀イオンの活量 a_{Ag^+} と次の関係があることが知られている。

$$E_{\text{Ag}} = E_{\text{Ag}/\text{Ag}^+}^0 + \frac{RT}{F} \log_e a_{\text{Ag}^+} \quad (8)$$

ここで、 F は Faraday 定数、 R は気体定数、 T は温度であり、 \log_e は自然対数を意味する。 $E_{\text{Ag}/\text{Ag}^+}^0$ は標準電極電位と呼ばれ、温度のみに依存する半反応に固有の定数である。 a_{Ag^+} は低濃度領域では銀イオンのモル濃度 $[\text{Ag}^+]$ で近似することができるが、濃度が高くなってくるとそのずれは無視できなくなる。 E_{Ag} は適当な基準電極との電位差という形で、容易に計測できる (図 2)。今回行う実験で用いる基準電極の場合、 $E_{\text{Ag}/\text{Ag}^+}^0 = 0.60 \text{ V}$ (25°C) である。また、 V 単位では

$$\frac{RT}{F} \log_e [\text{Ag}^+] = 0.059 \log_{10} [\text{Ag}^+]$$

である (25°C)。

問 7 今回の実験において、 25°C での E_{Ag} と $[\text{Ag}^+]$ の関係を具体的に示す式を書きなさい。ただし、銀イオン濃度は十分低いものとする。 $[\text{Ag}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ のときの E_{Ag} は何 V になると予想されるか。

実際の実験室の温度は 25°C からずれているだろうが、この実験ではそのずれを無視してすべて 25°C と近似して解析等を行うこととする。なお、この温度の問題を含めて、現実の基準電極は±数 mV 程度のばらつきや (長期的な) 変動は避けられないので、厳密な実験においてはそのずれを校正する必要があるが、今回はそれらも考慮しない。

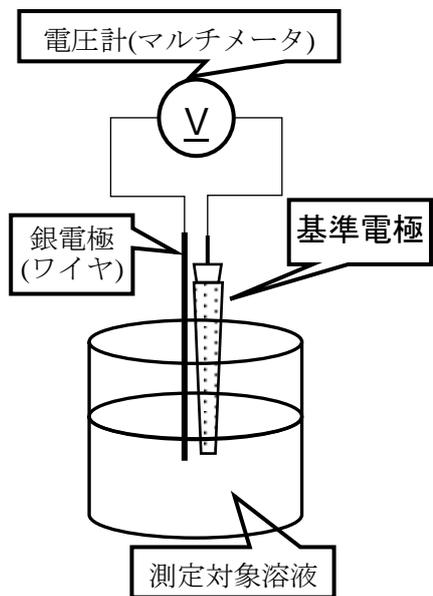


図 2 基準電極との電位差の測定法

(問題は次ページ以降に続きます)

実験2-1 銀電位法による塩化銀(I)形成反応の観察

試薬

- ・約10 mmol L⁻¹ 硝酸銀(I)水溶液 (50 mL 広口ポリびん、45 mL入り)、1本
- ・10.0 mmol L⁻¹ 塩化ナトリウム水溶液 (50 mL 広口ポリびん、30 mL入り)、1本

器具

- ・13.5 mL スクリュー管びん (ふた付き)、8本
- ・5 mL メスピペット、2本
- ・電極セット (小びん入り、テープで束ねたまま使用する)、1組
- ・デジタルマルチメータおよびクリップアダプタ、1組 (別紙の注意事項を確認すること)
- ・廃液容器 (テーマ2用、300 mL ビーカー)
- ・中間確認用紙

操作 [操作上の注意点が多いので、始める前に必ず全体を通読し、注意点を把握すること]

2-1-1) 8本のスクリーン管びんにA~Hのラベルを貼る。各びんの内壁を少量の純水ですすぐ。洗液は廃液容器に捨てる。以下、テーマ2のすべての洗液はこの廃液容器に捨てること。この洗浄操作を2回行う。水気はできるだけ切るが、びん内壁に残るわずかな水滴は無視してよい。

2-1-2) 5 mL メスピペットにAgNO₃と書いたラベルを貼り、約10 mmol L⁻¹ 硝酸銀(I)水溶液を1 mLほど吸い上げ (吸い上げた液が元のボトルに戻らないように注意)、ピペットの内壁全体をゆすぎ、廃液容器に捨てる (共洗い)。この操作を2回行う。

2-1-3) スクリュー管びんA~Hに約10 mmol L⁻¹ 硝酸銀(I)水溶液を、メスピペット (AgNO₃) で2.50 mLずつ量り取る。各びんの様子をよく観察し、白濁が見られる場合は2-1-1) または2-1-2) の洗浄操作が不十分なので、洗浄からやり直す。その場合、びんにとった溶液は廃液容器に廃棄し、少量の純水で内壁を3回以上すすぐ。メスピペットの共洗いは、2-1-2) の操作を繰り返す。

2-1-4) もう1本の5 mL メスピペット (NaClのラベルを貼る) を10.0 mmol L⁻¹ 塩化ナトリウム水溶液で2回共洗いを行う。このピペットを用いて、スクリーン管びんB~Hに10.0 mmol L⁻¹ 塩化ナトリウム水溶液を表1の量だけ加え、よく振り混ぜる。

表1 塩化ナトリウム水溶液の添加量

スクリーン管びんのラベル	A	B	C	D	E	F	G	H
添加量 / mL	0	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50

2-1-5) pp. 4~5の注意事項を確認し、マルチメータの端子にクリップアダプタを装着し、直流電圧モード (DCV) に設定する。電極セットは銀電極と基準電極がテープで束ねてある。電極の入れてあるびんの底を観察し、基準電極先端から液が染み出していないか確認する。染み出している場合は監督者に申し出て交換する。基準電極をマルチメータの黒色の端子に、銀指示電極を赤色

の端子に接続する（前ページ図2も参照）。

2-1-6) 基準電極と銀指示電極の先端を、洗びんから純水をかけてすすぎ、実験用ティッシュペーパー（キムワイプ）で軽く水気を吸い取る。

2-1-7) 基準電極と銀電極をスクリー管びん A の溶液に浸し、全体を 10 s ほどよく振り混ぜた後、静置して電位差を読み取り、解答用紙の記録欄（問 8 の解答欄の上にある）と結果の中間確認用紙の所定欄に記録する。電位は表示が十分安定してから読み取る。記録は 1 mV の桁までとするが、1 mV 程度の変動は無視してよい。このとき、溶液（とくに基準電極の先端部付近に注意）の様子をよく観察し、白濁が見られる場合は実験を中断して直ちにその旨を監督者に申し出ること（中間確認用紙にも記録）。測定できたら挙手して監督者を呼び、最初の電位の確認を受ける。

2-1-8) 2-1-6) と同様に電極を洗浄し、2-1-7) と同様にスクリー管びん B の溶液についても電位差を測定し、解答用紙と中間確認用紙に記録する。

2-1-9) 以下同様に、電極の洗浄と測定を繰り返し、C~H の溶液についてもデータを得る。

2-1-10) 使用後の電極（測定間隔が開いてしまうときも同様）は、先端を純水でよくすすぎ、元のびんに戻す。すべての測定が終了したら挙手して監督者を呼び、中間確認用紙を渡して実験を継続してよいか確認を受ける。中間確認用紙は解答用紙と一緒に提出する。

問 8 塩化ナトリウム水溶液添加量と E_{Ag} の関係を表すグラフを解答欄のグラフ用紙に作製しなさい。

問 9 問 8 で作製したグラフを用いて、硝酸銀(I)水溶液の正確な濃度を求めなさい。計算過程も示し、有効数字も測定データから適切に判断しなさい。ただし、A のボトルの電位測定の結果からの直接計算は精度が低いことに注意しなさい（銀イオン濃度が十分に低いとはいえない）。

問 10 測定結果をもとに塩化銀(I)の溶解度積を求めなさい。計算過程も示しなさい。

水溶液中のコロイド粒子の表面は、一般に帯電した状態にあり、その電荷状態は周囲のイオンの影響を強く受ける。塩化銀(I)の場合、溶液中に銀イオンが過剰に存在するときには、沈殿物の表面も銀イオンが過剰な状態になり、その結果、沈殿物の粒子の表面は正の電荷をもつようになる。反対に塩化物イオンが過剰に存在するとき、表面は負の電荷をもつ。

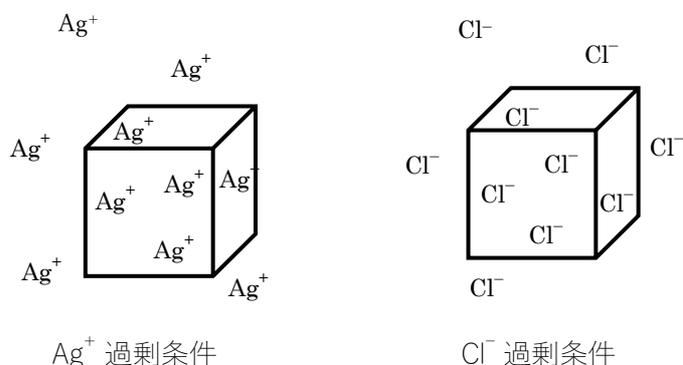


図 3 塩化銀(I)粒子の帯電状態

(問題は次ページ以降に続きます)

実験2-2 塩化銀(I)と蛍光色素の相互作用

2,7-ジクロロフルオレセイン (DC) はテーマ1 で用いたエオシン Y に似た構造 (図4) をもつ蛍光色素である。この色素の挙動を実験2-1 と関連させて観察してみよう。

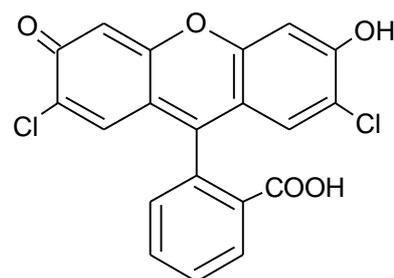


図4 2,7-ジクロロフルオレセイン (DC) の構造

試薬 (実験2-2に加えて)

- ・0.1% DC 溶液 (20 mL 広口ポリびん、5 mL 入り)、1本

器具 (実験2-2に加えて)

- ・13.5 mL スクリュー管びん、2本
- ・30 mL プラスチックビーカー、2個
- ・3 mL ディスポスポイト、5本 (ラベルを貼るなどして、溶液によって適切に使い分けること)
- ・ろ紙、2枚
- ・紫 LED ライト、1本 (実験1で使用したもの)
- ・DC 固体
- ・ピンセット、1本

操作

- 2-2-1) 未使用のスクリュー管びんに W のラベルを貼り、純水で2回すすぎ、純水をびんの七分目程度まで入れる。スポイトの1本に DC のラベルを貼り、びん W から純水を2 mL 程度吸い上げ、内壁全体 (ヘッド部も) をよくゆすいで捨てる。この洗浄操作を2回行う。びん W 中の純水を2.5 ~ 3 mL 程度に調節する (実験2-1のスクリュー管びん A を目安に目分量で調節する)。
- 2-2-2) 別のスクリュー管びんを純水で2回すすぎ、よく水気を切ったあと、約 2.5 mL の塩化ナトリウム水溶液を入れ、N のラベルを貼る。
- 2-2-3) DC のラベルを貼ったスポイトで DC 溶液を3 mL の目安線まで吸い上げ、もとのびんに戻す。この操作を2回行う。
- 2-2-4) 実験2-1のスクリュー管びん A~H と、W および N に、0.1% DC 溶液をスポイト (DC のラベル) で5滴加え、溶液の状態を観察し、解答用紙の記録欄に記録する。観察にあたっては、紫 LED 光照射時の様子も観察すること (以下、同様)。
- 2-2-5) ひだ折りにしたろ紙 (p. 6 参照) をプラスチック製 30 mL ビーカー上に置き、スクリュー管びん D の中身をよく混ぜてその半量 (目分量でよい) をスポイトでろ紙上に滴下し、ろ過する。沈殿とろ液を観察する。ろ過中の様子も観察すること。ろ液の観察時に試薬等で濡れたろ紙を動かすときは直接接触らず、ピンセットを用いること。ろ過にはある程度の時間がかかるので、待ち時間に他の作業を並行して行ってもよい。
- 2-2-6) 同様に、スクリュー管びん G の半量 (目分量でよい) を同様にろ紙を用いてろ過し、沈殿とろ液を観察する。

2-2-7) スクリュー管びん C に塩化ナトリウム水溶液をスポイトで少量ずつ添加し、様子を観察する。最終的に 3 mL 程度加えるまでの様子を観察する。添加量はスポイトの目盛りから見積もった概略値でよい。

2-2-8) スクリュー管びん H に硝酸銀(I)水溶液をスポイトで 0.5 mL 程度ずつ添加し、様子を観察する。最終的に 3 mL 程度加えるまでの様子を観察する。添加量はスポイトの目盛りから見積もった概略値でよい。

2-2-9) 実験後のスクリュー管びんにふたをする（他の実験中や解答作成時に不用意にこぼさないようにするため）。ろ液の入ったビーカーは転倒したりしないよう、十分注意すること。いずれも観察が完全に終わるまでは廃棄しないこと。

問 1 1 2-2-4) ~ 2-2-8) の結果を解答用紙の表に簡潔にまとめて解答欄に記述しなさい。他に重要と判断した事項があれば、それも記述しなさい。

問 1 2 実験 2-2 の結果から、DC の状態にはどのような因子が重要かに注意しつつ、一連の操作でどのようなことがおこったのかを考察し、その内容を解答欄に記述しなさい。固体の DC の観察も比較対象とすること。このとき、以下のキーワードをすべて含むこと。なお、DC の水溶液中で状態については、テーマ 1 のエオシン Y と同様に考えてよいものとする。

キーワード：蛍光、消光、電荷、吸着。

必要に応じて他の設問の解答内容や他の実験の結果も含めて記述してよい（テーマ 1 や 3 を含む）が、その場合はその旨を明記すること（「実験 2-1-x) で～となったことを踏まえると～」など）。また、必要な観察実験等があれば、自由に追加して行ってよいが、その内容を明確に説明すること（行った内容とその結果、そこから導き出される考察等）。

(問題は次ページ以降に続きます)

テーマ3 レサズリンとグルコースの反応

蛍光を持たない色素が酸化または還元によって蛍光を示すようになる分子もあり、化学分析にも利用されている。例えば、細胞の生命活動には酸化と還元を伴うので、この性質を持つ色素を利用することで、細胞集団内の生細胞の存在を目視（蛍光の有無）で確認することができる。ここでは、色素分子が酸化還元にもなって色や蛍光が変化する様子を観察し、その機序について考えてみよう。

テーマ1、2 で用いたエオシン Y やジクロロフルオレセインの蛍光は、キサントレン骨格 (図5) が発色団となっている。これとよく似た構造を持つレサズリンは青色の色素であり、その溶液は蛍光をほとんど示さない。しかし **Q6** されてレゾルフィンに変化すると、溶液は色変化を起こし、蛍光を示すようになる。レゾルフィンがさらに **Q6** されると、ジヒドロレゾルフィンに変化し、ここでも色変化が起こる。この実験ではレサズ

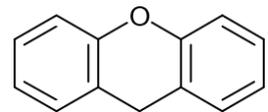


図5 キサントレン

リンを **Q6** するためには、アルカリ性水溶液中の D-グルコース (ブドウ糖) を用いる。強アルカリ条件下では D-グルコースは D-グルコシドイオンとなり、これが **Q7** されると D-グルコン酸イオンになる (図6)。次の実験を行い、レサズリンと D-グルコースの反応を観察し、問13に答えなさい。なお、以下では冗長さを避けるためにグルコース等の D- は省略して記述する。また、解答においても省略して記述してよいものとする。

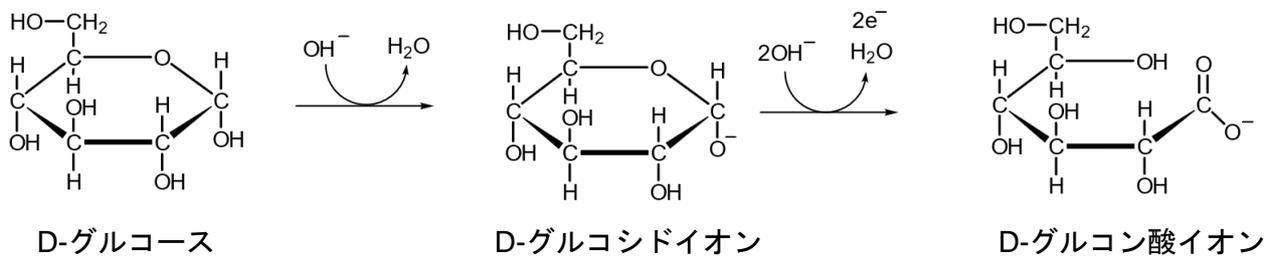


図6 D-グルコシドイオンの **Q7** 反応。

以下、メモ欄

実験3-1 レサズリンとグルコースの反応

試薬

- ・0.05 % レサズリン水溶液 (20 mL 広口ポリびん、2 mL 入り)、1 本
- ・グルコース (3 g 錠剤)、1 個
- ・ 5 mol L^{-1} 水酸化ナトリウム水溶液 (20 mL 広口ポリびん、3 mL 入り)、1 本

器具

- ・13.5 mL スクリュー管びん、1 本
- ・3 mL ディスポスポイト、2 本 (溶液によって使い分けること)
- ・50 mL プラスチックビーカー、1 個
- ・攪拌棒(プラスチックマドラー)、1 本
- ・ストップウォッチ、1 台
- ・紫 LED ライト

操作

*3-1-4)で水酸化ナトリウム水溶液を加えると、すぐに反応が始まる。操作 3-1-5)、問 1 3(1)まで読み、反応開始後に行うことを確認してから実験をはじめること。

*溶液の観察はビーカーの真横から見ること。

3-1-1) 50 mL ビーカーに純水を約 30 mL 入れ、0.05 % レサズリン水溶液を 1 mL 加えて攪拌する。

3-1-2) レサズリンの色見本として、3-1-1) で調製した水溶液をスクリーン管びんの高さ $\frac{1}{3}$ 程度まで入れる。

3-1-3) ビーカーの溶液にグルコースの錠剤 1 粒 (3 g) を加え、攪拌棒を使って溶かす。

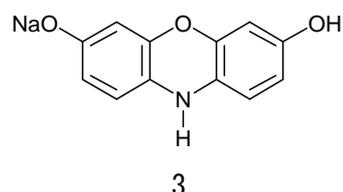
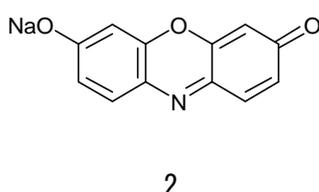
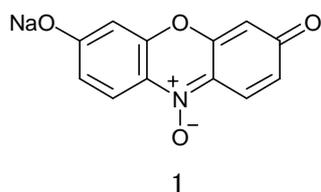
3-1-4) 5 mol L^{-1} 水酸化ナトリウム水溶液を 3 mL 加え、渦ができる程度の強さで約 5 s 攪拌する。
攪拌を停止すると同時にストップウォッチをスタートさせる。

3-1-5) 溶液を放置し、色変化の様子を、時間をはかりながら観察し、記録する。溶液に紫 LED ライトを当てたときの蛍光についても記録する。2) で作成した溶液と並べて観察すること。観察時間は約 2 min。

(問題は次ページ以降に続きます)

問 1 3

- (1) 操作 3-1-4) の攪拌を停止して、3-1-5) で放置を始めてからの溶液の色変化と蛍光の様子を、経過時間とともに記述し、色の原因となる物質を推定しなさい。
- (2) 空欄 **Q6**、**Q7** に適切な語句を入れなさい。
- (3) レサズリン、レゾルフィン、ジヒドロレゾルフィンの化学構造を 1～3 からそれぞれ選びなさい。



実験 3-2 ジヒドロレゾルフィン溶液の反応

実験 3-1 で得られたジヒドロレゾルフィン溶液は、別の容器に移すか、もしくは攪拌すると色変化を起こし、放置すると再び元の状態に戻る。次の実験を行い、この原因について検討する。

試薬 (実験 3-1 に加えて)

- ・窒素ガスボンベ、1 本

器具 (実験 3-1 に加えて)

- ・13.5 mL スクリュー管びん、1 本

操作

- 3-2-1) ジヒドロレゾルフィン溶液を渦がでる程度の強さで攪拌し、2 min 放置する。この時の色の変化を観察しなさい。
- 3-2-2) ビーカーの溶液をスクリーン管びんの高さ半分くらいまで移す。
- 3-2-3) スクリュー管びんのふたを閉じ*1、3 回上下に振り混ぜ*2、放置する。放置後の色変化にかかった時間を記録する。
- 3-2-4) スクリュー管びんのふたを開け、中の溶液に窒素ガスを約 10 s 間バブリング*3 した後に手早くふたを閉める*1。
- 3-2-5) スクリュー管びんを 3 回上下に振り混ぜ*2、放置する。放置後の色変化にかかった時間を記録する。
- 3-2-6) ふたを開け、10 s 程放置して再びふたを閉じ*1、3 回上下に振り混ぜ*2、放置する。放置後の色変化にかかった時間を記録する。

*1 スクリュー管びんを振ったとき、溶液がこぼれないように、ふたはきつく閉じる。

*2 3-2-3)、3-2-5)、3-2-6) の振り混ぜは毎回おなじくらいのはやさで行う。

*3 p. 5 の注意を参照。

問 1 4

- (1) 実験結果をまとめ、無色透明の溶液が攪拌や振り混ぜで色変化を起こす理由を考え、解答欄に記述しなさい。
- (2) 振り混ぜと放置した時の色変化をそれぞれ化学反応式で表し、一つの化学反応式にまとめなさい。反応式中には物質名を用いてもよい。

実験 3-3 溶液状態の保持条件

本実験で調製した溶液は、放置しておくとも無色透明に変化する。蛍光を示す状態をなるべく長く保持するために以下の実験を行い、問 1 5 に答えなさい。

試薬 (実験 3-1、2 に加えて)

・ 1 mol L^{-1} 硫酸水溶液 (20 mL 広口ポリびん、2 mL 入り)、1 本
器具 (実験 3-1、2 に加えて)

・ 3 mL ディスポスポイト、1 本 (溶液によって使い分けること)

操作

- 3-3-1) 実験 3-2 で用いたスクリー管びんの溶液に、 1 mol L^{-1} 硫酸水溶液を 0.5 mL 加えて攪拌後、ふたを閉じて 3 回上下に振り混ぜ、放置する。放置後の溶液の様子を、時間をはかりながら観察する (約 3 min)。
- 3-3-2) 1 mol L^{-1} 硫酸水溶液をさらに 0.5 mL 加えて攪拌後、ふたを閉じて 3 回上下に振り混ぜ、放置する。放置後の溶液の様子を、時間をはかりながら観察する (約 3 min)。

問 1 5 硫酸を加えることで溶液の色変化の様子がどのように変化したか、実験 3-2-3) の結果と比較して解答欄に記述しなさい。また、その理由についても記述しなさい。

(問題は次ページ以降に続きます)

実験3-4 容器による色変化挙動の違い

実験3-1で調製したビーカの溶液をシャーレに深さ2 mm程度入れて数min程度放置すると、まだら模様が現れて長時間持続する。これは、グルコースから生成するグルコン酸イオンが液面近くで濃くなり、それが対流することで生じる現象である。次の実験を行い、問16に答えなさい。

器具 (実験3-1～3に加えて)

- ・プラスチックシャーレ

操作

3-4-1) シャーレを観察用白紙の上に置き、実験3-1で調製したビーカの溶液を、シャーレの底全体にちょうどいきわたるまで注いで、約3 min 溶液の様子を観察する。観察の間、液面を揺らさないよう注意すること。

*溶液は10 mL以上入れないこと。

問16

- (1) ある程度時間が経った後のシャーレ中央付近、約1 cm四方の範囲の様子をスケッチしなさい。
- (2) スケッチの中でグルコン酸イオンが濃くなっている部分はどこか、その理由も記述しなさい。

(問題文の本文はここまでです。)

以下、メモ欄

(メモ欄)

実験終了後の後片付け

実験は最後の片付けまでがセットである。片付けは、手袋とメガネを装着して行うこと。廃液の処理にはコストもかかり、環境に対する負荷にもなるので、最小限になるように留意する。洗浄に使う水はできるだけ少量で行う。同じ量の水を使うなら、少量ずつ複数回すすいだ方が、原理的に効率的な洗浄ができる。

実験廃液等

- 1) 実験に使用せずに残った試薬は、容器のまま実験台上に残す。廃液容器には移さないこと。
- 2) テーマ1および3の実験廃液は、すべて 500 mL の廃液回収用ビーカーに入れる。容器の内壁をごく少量の純水で1回すすぎ、その洗液も廃液容器に捨てる。
- 3) テーマ2の実験廃液は、すべて 300 mL の廃液回収用ビーカーに入れる。容器の内壁をごく少量の純水で1回すすぎ、その洗液も廃液容器に捨てる。沈殿が容器壁に残る場合は、複数回すすぐ。
- 4) テーマ2で AgNO_3 の採取に使用したメスピペットは、少量の純水を吸い上げて洗浄する。純水は2) で一度すすいだスクリーン管びんに取り、洗液は 300 mL の廃液回収ビーカーに入れる。洗びんを開けて直接吸い上げてはならない。NaCl用のメスピペットはそのままでよい。
- 5) テーマ2のろ紙は配布してあるゴミ袋に廃棄する。

器具等

器具名	数量	片付け
紫 LED ペン	1 個	持ち帰る
デジタルマルチメータ	1 台	持ち帰る
デジタルマルチメータ用クリップアダプタ	1 組	持ち帰る
白衣	1 着	持ち帰る (実験室から戻ってから脱ぐこと)
実験用保護メガネ	1 個	持ち帰る
電卓	1 台	実験台上に残す (持ち帰らない)
電極セット (保存溶液びん入り)	1 組	保存溶液は 300 mL ビーカーに廃棄、電極セットは空いたびんに立てて、机に残す
ティッシュ (キムワイプ)	1 箱	使用済みのティッシュは配布してあるゴミ袋に廃棄、残り (箱入り) は実験台上に残す
観察用背景白紙	1 枚	配布してあるゴミ袋に廃棄
バット (実験器具類を入れてある)	1 枚	実験台上に残す

ラベルシール (8mm×20mm×35片)	1枚	実験台上に残す
油性サインペン	1本	実験台上に残す
ピンセット	1個	実験台上に残す
13.5 mL スクリュー管びん (ふた付き)	12本	実験台上に残す。ふたはしない
3 mL ディスポスポイト	10本	実験台上に残す
5 mL ディスポメスピペット	2本	実験台上に残す
ピペット用アダプタ	1個	実験台上に残す
5 mL プラスチックシリンジ	1本	実験台上に残す
30 mL ディスポビーカー	2個	実験台上に残す
50 mL ディスポビーカー	1個	実験台上に残す
ろ紙 (No.5C, 90mmφ)	2枚	配布してあるゴミ袋に廃棄
ジクロロフルオレセイン固体 (ポリ袋入り)	1枚	実験台上に残す
攪はん棒	1本	実験台上に残す
ディスポシャーレ	1枚	実験台上に残す
窒素ガスポンベ	1本	実験台上に残す
ストップウォッチ	1個	実験台上に残す
500 mL ビーカー (テーマ1・3 廃液回収用)	1個	実験台上に残す
300 mL ビーカー (テーマ2 廃液回収用)	1個	実験台上に残す
ディスポ手袋	3双	最後に配布してあるゴミ袋に廃棄

常用対数表(一)

数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	0.0000	0.0043	0.0086	0.0128	0.0170	0.0212	0.0253	0.0294	0.0334	0.0374
1.1	0.0414	0.0453	0.0492	0.0531	0.0569	0.0607	0.0645	0.0682	0.0719	0.0755
1.2	0.0792	0.0828	0.0864	0.0899	0.0934	0.0969	0.1004	0.1038	0.1072	0.1106
1.3	0.1139	0.1173	0.1206	0.1239	0.1271	0.1303	0.1335	0.1367	0.1399	0.1430
1.4	0.1461	0.1492	0.1523	0.1553	0.1584	0.1614	0.1644	0.1673	0.1703	0.1732
1.5	0.1761	0.1790	0.1818	0.1847	0.1875	0.1903	0.1931	0.1959	0.1987	0.2014
1.6	0.2041	0.2068	0.2095	0.2122	0.2148	0.2175	0.2201	0.2227	0.2253	0.2279
1.7	0.2304	0.2330	0.2355	0.2380	0.2405	0.2430	0.2455	0.2480	0.2504	0.2529
1.8	0.2553	0.2577	0.2601	0.2625	0.2648	0.2672	0.2695	0.2718	0.2742	0.2765
1.9	0.2788	0.2810	0.2833	0.2856	0.2878	0.2900	0.2923	0.2945	0.2967	0.2989
2.0	0.3010	0.3032	0.3054	0.3075	0.3096	0.3118	0.3139	0.3160	0.3181	0.3201
2.1	0.3222	0.3243	0.3263	0.3284	0.3304	0.3324	0.3345	0.3365	0.3385	0.3404
2.2	0.3424	0.3444	0.3464	0.3483	0.3502	0.3522	0.3541	0.3560	0.3579	0.3598
2.3	0.3617	0.3636	0.3655	0.3674	0.3692	0.3711	0.3729	0.3747	0.3766	0.3784
2.4	0.3802	0.3820	0.3838	0.3856	0.3874	0.3892	0.3909	0.3927	0.3945	0.3962
2.5	0.3979	0.3997	0.4014	0.4031	0.4048	0.4065	0.4082	0.4099	0.4116	0.4133
2.6	0.4150	0.4166	0.4183	0.4200	0.4216	0.4232	0.4249	0.4265	0.4281	0.4298
2.7	0.4314	0.4330	0.4346	0.4362	0.4378	0.4393	0.4409	0.4425	0.4440	0.4456
2.8	0.4472	0.4487	0.4502	0.4518	0.4533	0.4548	0.4564	0.4579	0.4594	0.4609
2.9	0.4624	0.4639	0.4654	0.4669	0.4683	0.4698	0.4713	0.4728	0.4742	0.4757
3.0	0.4771	0.4786	0.4800	0.4814	0.4829	0.4843	0.4857	0.4871	0.4886	0.4900
3.1	0.4914	0.4928	0.4942	0.4955	0.4969	0.4983	0.4997	0.5011	0.5024	0.5038
3.2	0.5051	0.5065	0.5079	0.5092	0.5105	0.5119	0.5132	0.5145	0.5159	0.5172
3.3	0.5185	0.5198	0.5211	0.5224	0.5237	0.5250	0.5263	0.5276	0.5289	0.5302
3.4	0.5315	0.5328	0.5340	0.5353	0.5366	0.5378	0.5391	0.5403	0.5416	0.5428
3.5	0.5441	0.5453	0.5465	0.5478	0.5490	0.5502	0.5514	0.5527	0.5539	0.5551
3.6	0.5563	0.5575	0.5587	0.5599	0.5611	0.5623	0.5635	0.5647	0.5658	0.5670
3.7	0.5682	0.5694	0.5705	0.5717	0.5729	0.5740	0.5752	0.5763	0.5775	0.5786
3.8	0.5798	0.5809	0.5821	0.5832	0.5843	0.5855	0.5866	0.5877	0.5888	0.5899
3.9	0.5911	0.5922	0.5933	0.5944	0.5955	0.5966	0.5977	0.5988	0.5999	0.6010
4.0	0.6021	0.6031	0.6042	0.6053	0.6064	0.6075	0.6085	0.6096	0.6107	0.6117
4.1	0.6128	0.6138	0.6149	0.6160	0.6170	0.6180	0.6191	0.6201	0.6212	0.6222
4.2	0.6232	0.6243	0.6253	0.6263	0.6274	0.6284	0.6294	0.6304	0.6314	0.6325
4.3	0.6335	0.6345	0.6355	0.6365	0.6375	0.6385	0.6395	0.6405	0.6415	0.6425
4.4	0.6435	0.6444	0.6454	0.6464	0.6474	0.6484	0.6493	0.6503	0.6513	0.6522
4.5	0.6532	0.6542	0.6551	0.6561	0.6571	0.6580	0.6590	0.6599	0.6609	0.6618
4.6	0.6628	0.6637	0.6646	0.6656	0.6665	0.6675	0.6684	0.6693	0.6702	0.6712
4.7	0.6721	0.6730	0.6739	0.6749	0.6758	0.6767	0.6776	0.6785	0.6794	0.6803
4.8	0.6812	0.6821	0.6830	0.6839	0.6848	0.6857	0.6866	0.6875	0.6884	0.6893
4.9	0.6902	0.6911	0.6920	0.6928	0.6937	0.6946	0.6955	0.6964	0.6972	0.6981
5.0	0.6990	0.6998	0.7007	0.7016	0.7024	0.7033	0.7042	0.7050	0.7059	0.7067
5.1	0.7076	0.7084	0.7093	0.7101	0.7110	0.7118	0.7126	0.7135	0.7143	0.7152
5.2	0.7160	0.7168	0.7177	0.7185	0.7193	0.7202	0.7210	0.7218	0.7226	0.7235
5.3	0.7243	0.7251	0.7259	0.7267	0.7275	0.7284	0.7292	0.7300	0.7308	0.7316
5.4	0.7324	0.7332	0.7340	0.7348	0.7356	0.7364	0.7372	0.7380	0.7388	0.7396
5.5	0.7404	0.7412	0.7419	0.7427	0.7435	0.7443	0.7451	0.7459	0.7466	0.7474

常用対数表の見方の例: $\log_{10} 5.53 = 0.7427$

常用対数表(二)

数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.6	0.7482	0.7490	0.7497	0.7505	0.7513	0.7520	0.7528	0.7536	0.7543	0.7551
5.7	0.7559	0.7566	0.7574	0.7582	0.7589	0.7597	0.7604	0.7612	0.7619	0.7627
5.8	0.7634	0.7642	0.7649	0.7657	0.7664	0.7672	0.7679	0.7686	0.7694	0.7701
5.9	0.7709	0.7716	0.7723	0.7731	0.7738	0.7745	0.7752	0.7760	0.7767	0.7774
6.0	0.7782	0.7789	0.7796	0.7803	0.7810	0.7818	0.7825	0.7832	0.7839	0.7846
6.1	0.7853	0.7860	0.7868	0.7875	0.7882	0.7889	0.7896	0.7903	0.7910	0.7917
6.2	0.7924	0.7931	0.7938	0.7945	0.7952	0.7959	0.7966	0.7973	0.7980	0.7987
6.3	0.7993	0.8000	0.8007	0.8014	0.8021	0.8028	0.8035	0.8041	0.8048	0.8055
6.4	0.8062	0.8069	0.8075	0.8082	0.8089	0.8096	0.8102	0.8109	0.8116	0.8122
6.5	0.8129	0.8136	0.8142	0.8149	0.8156	0.8162	0.8169	0.8176	0.8182	0.8189
6.6	0.8195	0.8202	0.8209	0.8215	0.8222	0.8228	0.8235	0.8241	0.8248	0.8254
6.7	0.8261	0.8267	0.8274	0.8280	0.8287	0.8293	0.8299	0.8306	0.8312	0.8319
6.8	0.8325	0.8331	0.8338	0.8344	0.8351	0.8357	0.8363	0.8370	0.8376	0.8382
6.9	0.8388	0.8395	0.8401	0.8407	0.8414	0.8420	0.8426	0.8432	0.8439	0.8445
7.0	0.8451	0.8457	0.8463	0.8470	0.8476	0.8482	0.8488	0.8494	0.8500	0.8506
7.1	0.8513	0.8519	0.8525	0.8531	0.8537	0.8543	0.8549	0.8555	0.8561	0.8567
7.2	0.8573	0.8579	0.8585	0.8591	0.8597	0.8603	0.8609	0.8615	0.8621	0.8627
7.3	0.8633	0.8639	0.8645	0.8651	0.8657	0.8663	0.8669	0.8675	0.8681	0.8686
7.4	0.8692	0.8698	0.8704	0.8710	0.8716	0.8722	0.8727	0.8733	0.8739	0.8745
7.5	0.8751	0.8756	0.8762	0.8768	0.8774	0.8779	0.8785	0.8791	0.8797	0.8802
7.6	0.8808	0.8814	0.8820	0.8825	0.8831	0.8837	0.8842	0.8848	0.8854	0.8859
7.7	0.8865	0.8871	0.8876	0.8882	0.8887	0.8893	0.8899	0.8904	0.8910	0.8915
7.8	0.8921	0.8927	0.8932	0.8938	0.8943	0.8949	0.8954	0.8960	0.8965	0.8971
7.9	0.8976	0.8982	0.8987	0.8993	0.8998	0.9004	0.9009	0.9015	0.9020	0.9025
8.0	0.9031	0.9036	0.9042	0.9047	0.9053	0.9058	0.9063	0.9069	0.9074	0.9079
8.1	0.9085	0.9090	0.9096	0.9101	0.9106	0.9112	0.9117	0.9122	0.9128	0.9133
8.2	0.9138	0.9143	0.9149	0.9154	0.9159	0.9165	0.9170	0.9175	0.9180	0.9186
8.3	0.9191	0.9196	0.9201	0.9206	0.9212	0.9217	0.9222	0.9227	0.9232	0.9238
8.4	0.9243	0.9248	0.9253	0.9258	0.9263	0.9269	0.9274	0.9279	0.9284	0.9289
8.5	0.9294	0.9299	0.9304	0.9309	0.9315	0.9320	0.9325	0.9330	0.9335	0.9340
8.6	0.9345	0.9350	0.9355	0.9360	0.9365	0.9370	0.9375	0.9380	0.9385	0.9390
8.7	0.9395	0.9400	0.9405	0.9410	0.9415	0.9420	0.9425	0.9430	0.9435	0.9440
8.8	0.9445	0.9450	0.9455	0.9460	0.9465	0.9469	0.9474	0.9479	0.9484	0.9489
8.9	0.9494	0.9499	0.9504	0.9509	0.9513	0.9518	0.9523	0.9528	0.9533	0.9538
9.0	0.9542	0.9547	0.9552	0.9557	0.9562	0.9566	0.9571	0.9576	0.9581	0.9586
9.1	0.9590	0.9595	0.9600	0.9605	0.9609	0.9614	0.9619	0.9624	0.9628	0.9633
9.2	0.9638	0.9643	0.9647	0.9652	0.9657	0.9661	0.9666	0.9671	0.9675	0.9680
9.3	0.9685	0.9689	0.9694	0.9699	0.9703	0.9708	0.9713	0.9717	0.9722	0.9727
9.4	0.9731	0.9736	0.9741	0.9745	0.9750	0.9754	0.9759	0.9763	0.9768	0.9773
9.5	0.9777	0.9782	0.9786	0.9791	0.9795	0.9800	0.9805	0.9809	0.9814	0.9818
9.6	0.9823	0.9827	0.9832	0.9836	0.9841	0.9845	0.9850	0.9854	0.9859	0.9863
9.7	0.9868	0.9872	0.9877	0.9881	0.9886	0.9890	0.9894	0.9899	0.9903	0.9908
9.8	0.9912	0.9917	0.9921	0.9926	0.9930	0.9934	0.9939	0.9943	0.9948	0.9952
9.9	0.9956	0.9961	0.9965	0.9969	0.9974	0.9978	0.9983	0.9987	0.9991	0.9996

常用対数表の見方の例: $\log_{10} 9.93 = 0.9969$

実験および解答上の注意

1. 実験室で実験を行うときは、実験用保護メガネ、手袋、白衣を必ず着用すること（保護メガネは眼鏡の上から着用可能）。手袋の大きさが合わない場合は、監督者に申し出て交換する。また、汗で再度はめにくいなど手袋が使用できなくなった場合も、監督者に申し出て交換する。これらは減点対象にはならない。
2. 実験は各自で行うこと。他の人の実験操作を参考にしてはならない。
3. 開始の合図の後、まず試薬類と器具類一覧表を参照し、特に各自の実験台に必要なものが揃っているかを確認すること。不足している場合は、監督者に申し出て補充を受ける。
4. 試薬と器具を確認後、問題文や実験操作の全体をよく読み、実験や設問の内容を確認し、時間配分をよく考えて取り組むこと。
5. 原則として、用意された試薬や器具などは与えられた量の中で実験すること。もし不足した場合には、監督者に申し出て補充することができるが、減点の対象となることがあるので、注意すること（手袋の追加は減点の対象にならない）。
6. 実験中に発生する廃液はとくに指定がない限り、監督者の指示のもと、最後にまとめて片付ける処理を行う。いくつかの実験廃液が不用意に混合しないよう、留意すること。
7. 色の観察時には背景を考慮すること。実験卓面の黒および観察用背景白紙（中間報告用紙の下部を切り取って使用）を適宜使い分ける。あるいは、両条件で観察し比較する。
8. 対数計算に必要な数値は、この冊子の最後にある常用対数表を利用すること。
9. 論述で解答する設問については、以下に注意すること。
 - ・必要であれば図等を用いてもよいが、全体が指定のスペース内に収まるようすること。
 - ・正確かつ簡潔に解答すること。必要な内容が的確に述べられていれば、記述量が少ないことを理由にする減点を行わない。
 - ・観察された事実あるいはよく知られている事実と、論理的に考えられることや推定とを明確に区別すること（とくに推定についてはその論理や根拠が明確に伝わるように記述する）。