

JPN-1 P-0 C-1

JPN-1
Practical
HCI E376-2

Practical

Cover sheet


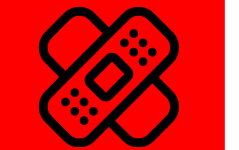

Please return this cover sheet together with all the related question sheets.

試験上の注意

- この試験は大問が3つある。
- 実験試験の開始前に、「**READ**」との合図があり、問題冊子を読む時間が15分間与えられる。この間は、問題冊子を読むことしかできない。書いたり、電卓を使用したりしてはいけない。問題を解き始めたり、実験器具を触ったりしてはならない。
- 「**START**」の合図がなされたら作業を開始することができる。その後、**5時間**の試験時間が与えられる。
- それぞれの合図はベルの音によってなされる。
- **最初に実験課題 P3 だけに取り組むこと。取り組める時間は試験開始から最大で 60 分間である。実験課題 P3 に必要な試薬と道具はすべて実験台の上に置かれており、この間はそれらのみを使用できる。試験開始から 50 分後と 60 分後に合図がある。**
- 実験課題 P3 が終了したら、「技術的な手助けが必要である」のカードを掲げよ。**実験課題 P3 のみに必要な試薬や道具は、全て試験監督が回収する。**実験課題 P3 の答案用紙は、この時点では回収しない。これが完了したら、実験課題 P1 と P2 に取り組んでよい。実験課題 P1 と P2 に必要な試薬と道具は、自身の実験台の下戸棚にある。
- すべての実験結果と解答はボールペンを用いてはっきりと**解答用紙の指定された解答欄**に書くこと。解答欄以外に書かれた答えは採点されない。解答用紙と同じ図が問題用紙にも掲載されている場合がある。これらは解答の下書きに用いてもよいが、採点の対象とはならないので、**最終的な解答を必ず解答用紙に写すこと。**
- 選択式の問題において**解答を変えたい場合は**、完全にチェックボックスを塗りつぶし、その隣に新たなチェックボックスを作成し、解答しなすこと。
- 与えられたボールペン（**P3** と書かれた箱に入っている）と電卓のみを使用すること。
- 問題冊子の公式の英語版を参照したい場合は申し出ること。翻訳版の不明点を明らかにすることにのみ用いることができる。
- 公平を期するため、実験台の上の棚は試験中に**使用してはいけない**。
- 実験課題 P3 の試薬や道具を返却した後は、自身の実験台の下戸棚は物をしまうために自由に用いてよい。
- IChO で指示される**安全上の注意に従わなければならない**。安全上の注意に従わない場合は試験会場か

ら追放され、実験試験の得点が0点となる場合がある。

- 特に指示がない場合、試薬および実験器具は最初の1つのみ罰則無しで追加、交換することができる。2つ目以降の追加や交換は、40点満点の実験試験の得点から、1つにつき1点が減点される。
- 問題を解くにあたって、**問題文に記載された試薬のみ**を使用することができる。この規則に従わない場合は実験試験の得点は0点となる。
- 必要があるとき、もしくは指示があるときは、**自身の実験スペースでガラス器具を洗浄せよ**。流し台でガラス器具を洗浄してはならない。
- 試験時間終了の**30分前**に試験監督者が合図を出す。
- 「**STOP**」の合図が出されたらすぐに作業をやめること。実験作業や記入をやめなかった場合には実験試験の得点は0点となる場合がある。
- 「**STOP**」の合図が出された後、試験監督が巡回してあなたの解答用紙にサインする。
- 試験監督およびあなたがサインし終わったら、**表紙を上にして全ての用紙を封筒に戻しなさい**。封筒に**封をしてはいけない**。合成した生成物と薄層クロマトグラフィー (TLC) のプレートと一緒に封筒を提出しなさい。
- 許可なく持ち場を離れてはいけない。試験監督の手助けが必要な場合は、対応する非言語コミュニケーションのためのカードを掲げること（カードの意味については下の表を参照すること）。
- QRコード上およびその周辺には何も**書いてはいけない**。

			
トイレに行きたい、軽食を取りたい、または休憩したい	技術的な手助けが必要である	ケガや体調不良などで、手当てが必要である	日本語版で不明な点を明らかにするために公式英語版を参照したい

非言語コミュニケーションのためのカードの意味

諸君の健闘を祈る！

問題と配点

	タイトル	問題ページ数	解答ページ数	合計点	パーセンテージ
1	漂白剤: カメレオンのように変幻自在な試薬	11	5	70	16
2	滴定のタンゴ	4	5	90	13
3	質素さの中の美	2	5	59	11
				合計	40

物理定数と公式

物理定数

プランク定数	$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
ボルツマン定数	$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
光速	$c = 2.99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
電気素量	$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
アボガドロ定数	$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
気体定数	$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
ファラデー定数	$F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$
標準圧力	$p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
エレクトロンボルト (電子ボルト)	$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
電荷と電流の関係	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$
絶対零度	$0 \text{ K} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$
オングストローム	$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
ピコ	$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$
ナノ	$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
マイクロ	$1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$
ミリ	$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$
センチ	$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$
デシ	$1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$
キロ	$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$
メガ	$1 \text{ Mm} = 10^6 \text{ m}$
ギガ	$1 \text{ Gm} = 10^9 \text{ m}$
テラ	$1 \text{ Tm} = 10^{12} \text{ m}$
円周率 (π)	$\pi = 3.141592 \dots$
自然対数の底 (オイラー数)	$e = 2.718281 \dots$

公式

理想気体の状態方程式	$pV = nRT = Nk_B T$
ギブズ自由エネルギー	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ $\Delta G^\circ = -RT \ln K^\circ$ $\Delta_r G^\circ = -nFE_{cell}^\circ$ n は関与する電子数 $\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln Q$
反応 $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ に対する反応商 Q の定義	$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$
ネルンストの式	$E = E_0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$
電流	$I = Q/t$
ファラデー公式	$I \cdot t = n \cdot z \cdot F$
電場中に置かれた電荷 q のエネルギー	$E = k \frac{q_1 q_2}{d}$
アレニウスの法則	$k = A \exp\left(\frac{-E_A}{RT}\right)$
ランベルト-ベールの式	$A = \varepsilon lc$
ヘンダーソン-ハッセルバルヒの式	$\text{pH} = \text{pK}_a + \log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right)$
光子 1 個のエネルギー	$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
速度式の積分形	
0 次反応の場合	$[A] = [A]_0 - kt$
1 次反応の場合	$\ln[A] = \ln[A]_0 - kt$
2 次反応の場合	$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$
1 次反応に対する半減期	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$
2 次反応に対する半減期	$t_{1/2} = \frac{1}{[A]_0 k}$
放射能の強さ	$A = k \cdot N$
半径 R の球の表面積	$A = 4\pi R^2$
半径 R の球の体積	$V = \frac{4\pi}{3} R^3$

元素周期表

1 H 1.008																	2 He 4.003		
3 Li 6.94	4 Be 9.01																	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31																	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80		
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc [98]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29		
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [212]		
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 Ac [227]	104 Rf [267]	105 Db [268]	106 Sg [269]	107 Bh [270]	108 Hs [270]	109 Mt [278]	110 Ds [281]	111 Rg [282]	112 Cn [285]	113 Nh [286]	114 Fl [289]	115 Mc [290]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]		

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 140.24	61 Pm [145]	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac [227]	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [266]

安全上の規則

実験室内では、生徒は下記の規則を守らなければならない。

- 実験室内で飲食してはならない。ガムを噛むことも禁止である。
- 指定されたスペース以外で作業してはならない。自身の作業スペースや共有スペースは整理整頓すること。
- 許可されていない実験を行ってはならない。指示された実験手順を改変してはならない。
- サンプル管やフタ付きの試薬瓶は、開ける必要のあるとき以外はフタを締めた状態にすること。
- ピペットを口で吸ってはならない。安全ピペッターを用いること。
- 試薬をこぼしたり、ガラス器具を破損した場合は、すぐに実験補助員に申し出ること。その他、何らかの事故が発生した場合は実験補助員に申し出ること。
- 実験系の汚染や怪我を未然に防ぐため、ゴミは適切に処分すること。廃液は適切なラベルのついた廃液容器に捨てること。一杯になった場合は、実験補助者に申し出ること。
- 実験室内でコンタクトレンズを着用してはならない。

実験中の服装や身だしなみについては、以下を満たさなければならない。

- 脚全体を覆う長ズボン
- 足の甲全体を覆う、底の平らな靴
- 長袖の白衣
- 顔の形状に合った安全ゴーグル
- 髪やひげが長い場合、後ろで縛る

これらを守れない場合、実験室への入室は許可されない。この場合、実験試験から除外され、実験試験の点数は0点となる。

GHS 危険性報告

実験試験で使用する物質の危険性に関する GHS コードと警告文は問題文に記載されている。意味は下記の通りである。

物理的な危険性

H224: 極めて引火性の高い液体および蒸気

H225: 引火性の高い液体および蒸気

H226: 引火性の液体および蒸気

H260: 水に触れると自然発火するおそれのある可燃性ガスを発生

H272: 火災助長の恐れ；酸化性物質

H290: 金属腐食のおそれ

健康上の危険性

H301: 飲み込むと有毒

H301+H331: 飲み込んだり吸入した場合は有毒

H302: 飲み込むと有害

H302+H312: 飲み込んだ場合や皮膚に接触した場合は有害

H302+H312+H332: 飲み込んだ場合や皮膚に接触した場合や吸入した場合は有害

H302+H332: 飲み込んだ場合や吸入した場合は有害

H304: 飲み込んで気道に侵入すると生命に危険のおそれ

H311: 皮膚に接触すると有毒

H311+H331: 皮膚に接触した場合や吸入した場合は有毒

H312: 皮膚に接触すると有害

H312+H332: 皮膚に接触するか吸入した場合は有害

H314: 重篤な皮膚の薬傷・眼の損傷

H315: 皮膚刺激

H317: アレルギー性皮膚反応を起こすおそれ

H318: 重篤な眼の損傷

H319: 強い眼刺激

H331: 吸入すると有毒

H332: 吸入すると有害

H335: 呼吸器への刺激のおそれ

H336: 眠気またはめまいのおそれ

H351: 発がんのおそれの疑い

H361: 生殖能または胎児への悪影響のおそれの疑い

H361d: 胎児への悪影響のおそれの疑い

H361f: 生殖能力への悪影響のおそれの疑い

H371: 臓器に障害のおそれ

H372: 長期にわたる, または反復曝露による臓器の障害

H373: 長期にわたる, または反復曝露による臓器の障害のおそれ

環境への危険性

H400: 水生生物に非常に強い毒性

H410: 長期継続的影響により水生生物に非常に強い毒性

H411: 長期継続的影響により水生生物に毒性

H412: 長期継続的影響により水生生物に有害

H441: 土壌中の無脊椎動物に非常に強い毒性

危険を予防するために

P202: 全ての安全上の注意を読み、理解するまでは扱ってはならない。

P210: 熱源、高温になる部位、火花、炎、その他引火を引き起こしうるものから遠ざけること。禁煙。

P220: 衣類、可燃性の物質、その他指定するものから遠ざけること。

P223: 水と接触させてはならない。

P231: 不活性ガスその他の指定する雰囲気下で扱い、保管すること。

P232: 湿気からの防護を要する。

P233: 密閉容器内に保管すること。

P234: 購入時の容器または包装で保管すること。

P235: 要冷蔵。

P240: 容器と器具を電氣的に接続し、接地せよ。

P241: 耐爆性の電気設備、電気設備、照明、その他指定する設備を用いること。

P242: 火花を発しない道具で扱うこと。

P243: 静電気を防ぐ措置をとること。

P260: 粉塵、煙、ガス、霧、蒸気、液滴を吸入しないこと。

P261: 粉塵、煙、ガス、霧、蒸気、液滴の吸入を避けること。

P264: 扱った後は入念に手や器具（指定する）を洗うこと。

P270: 使用中の飲食や喫煙はしないこと。

P271: 屋外または換気のよい場所で使用すること。

P273: 環境への放出を避けること。

P280: 保護手袋，防護衣，目の保護具，顔の保護具を着用すること。

事故が発生したら

P301: 飲み込んだ場合の措置

P301+P310: 飲み込んだ場合，ただちに中毒情報センターまたは医師に連絡すること。

P301+P312: 飲み込んで気分が悪くなった場合，中毒情報センターまたは医師に連絡すること。

P301+P330+P331: 飲み込んだ場合，口をすすぐこと。嘔吐しようとしてはならない。

P302: 皮膚に触れた場合の措置

P302+P352: 皮膚に触れた場合，石鹼と水で洗うこと。

P303: 皮膚または毛髪に触れた場合の措置

P303+P361+P353: 皮膚または毛髪に触れた場合，汚染された衣類全てをただちに脱ぎ，水またはシャワーで皮膚を洗浄せよ。

P304: 吸入した場合の措置

P304+P340: 吸入した場合，吸入した人を空気の新鮮な場所に移動させ，楽に呼吸ができる体勢をとらせよ。

P305: 目に入った場合の措置

P305+P351+P338: 目に入った場合，数分間水で洗浄を続けよ。コンタクトレンズを装着している場合，可能ならはずし，目の洗浄を続けよ。

P308: 曝露した，または曝露したおそれがある場合

P308+P311: 曝露した，または曝露したおそれがある場合，中毒情報センターまたは医師に連絡すること。

P310: ただちに中毒情報センターまたは医師に連絡すること。

P311: 中毒情報センターまたは医師に連絡すること。

P312: 気分が悪い場合、中毒情報センターまたは医師に連絡すること。

P313: 診察を受けること。

P314: 気分が悪い場合、診察を受けること。

P315: ただちに診察を受けること。

P320: 特別な措置が必要である。詳しくはラベルを参照せよ。

P330: 口をすすげ。

P331: 嘔吐しようとしてはならない。

P332: 皮膚刺激を受けた場合の措置

P332+P313: 皮膚刺激を受けた場合、診察を受けること。

P337: 目に刺激を受けた場合の措置

P337+P313: 目に刺激を受けた場合、診察を受けること。

P338: コンタクトレンズを装着している場合、可能ならばし、目の洗浄を続けよ。

P340: 空気の新鮮な場所に移動させ、楽に呼吸ができる体勢をとらせよ。

P351: 数分間水で洗浄を続けよ。

P352: 大量の水で洗浄せよ。

P353: 水またはシャワーで皮膚を洗浄せよ。

P361: 汚染された衣類全てをただちに脱げ。

P363: 汚染された衣類は、再度着用する前に洗うこと。

P370: 火災が発生した場合の措置

P370+P378: 火災が発生した場合、指定するものを用いて消火せよ。

P378: 指定するものを用いて消火せよ。

P391: こぼれた場合は回収せよ。

保管に関する注意

P403: 換気のよい場所に保管せよ。

P403+P233: 換気のよい場所で、密閉容器中に保管せよ。

P403+P235: 換気のよい場所で、冷蔵せよ。

P405: 鍵のかかる場所に保管せよ。

P422: 指定する条件下で保管せよ。

廃棄に関する注意

P501: 指定する方法で廃棄せよ。

試薬及び器具の一覧表

実験課題 1 漂白剤: カメレオンのように変幻自在な試薬

試薬	ラベル	説明	GHS 危険性報告
CH_3COOH , 4 mL	"AcOH"	腐食性	H226, H314; P280, P210, P233, P240, P241, P242, P243, P260, P264, P280, P301+P330+P331, P302+P361+P354, P303+P361+P353, P304+P340, P305+P354+P338, P316, P321, P363, P370+P378, P403+P235, P405, P501
展開溶媒 (ヘキサン/酢酸エチル, 80:20, v/v), 15 mL	"Eluent"	可燃性	酢酸エチル: H225, H319, H336; P210, P233, P240, P241, P242, P243, P261, P264+P265, P271, P280, P303+P361+P353, P304+P340, P305+P351+P338, P319, P337+P317, P370+P378, P403+P233, P403+P235, P405, P501. ヘキサン: H225, H304, H361f, H373, H315, H336, H411; P203, P210, P233, P240, P241, P242, P243, P260, P261, P264, P271, P273, P280, P301+P316, P302+P352, P303+P361+P353, P304+P340, P318, P319, P321, P331, P332+P317, P362+P364, P370+P378, P391, P403+P233, P403+P235, P405, P501
HCl , 2 M in H_2O , 25 mL	"2 M HCl"	腐食性	H290, H314, H318, H335; P260, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338

<i>p</i> -メトキシアセトフェノン, 2 x 500 mg	"SM-A" "SM-B"		H302, H315; P264, P270, P280, P301+P317, P302+P352, P321, P330, P332+P317, P362+P364, P501
NaHSO ₃ (約 40% の水溶液), 8 mL	"NaHSO3 (aq)"		H302; P264, P270, P301+P317, P330, P501
NaOCl (約 14% の水溶液), 生成物 A の調製用として 7.5 mL, 生成物 B の調製用として 4.0 mL	"Bleach-A" "Bleach-B"	腐食性	H314, H318, H400, H410; P260, P264, P264+P265, P273, P280, P301+P330+P331, P302+P361+P354, P304+P340, P305+P354+P338, P316, P317, P321, P363, P391, P405, P501
Na ₂ SO ₄ , 約 5 g	"Na2SO4"		H315, H318; P264, P264+P265, P280, P302+P352, P305+P354+P338, P317, P321, P332+P317, P362+P364
トルエン, 40 mL	"Toluene"	可燃性	H225, H304, H315, H336, H361d, H373, H412; P203, P210, P233, P240, P241, P242, P243, P260, P261, P264, P271, P280, P301+P316, P302+P352, P303+P361+P353, P304+P340, P318, P319, P321, P331, P332+P317, P362+P364, P370+P378, P403+P233, P403+P235, P405, P501
蒸留水	"Distilled Water"		規則 (EC) no. 1272/2008 によれば、危険性はない
NaOH (1 M in H ₂ O), 6.7 mL	"NaOH (aq)"	腐食性	H290, H314; P260, P264, P280, P301+P330+P331, P302+P361+P354, P304+P340, P305+P354+P338, P316, P321, P363, P405, P501
アセトン	"Acetone"	可燃性	H225, H319, H336; P210, P233, P240, P241, P242, P305 + P351 + P338

個人用の器具	数
スタンド	1
ムッフつきクランプ	4
ホットプレートつきマグネチックスターラー	1
攪拌子（棒状，2.5 cm）	1
攪拌子（ラグビーボール型，長さ 2 cm，太さ 1 cm）	1
水浴として用いる結晶皿（1/3 まで水が入っており，攪拌子 1 個が備えられている）	1
温度計（0 – 100 °C）	1
丸底フラスコ（50 mL）	2
ヴィグリュ管	1
チューブでバブラーに接続された屈曲アダプター	1
チューブつきバブラー トラップ溶液（EtOH/aq. 1 M NaOH, 10:90, v/v）が充填されている	1
メスシリンダー（10 mL）	1
メスシリンダー（50 mL）	1
三角フラスコ（50 mL）	1
吸引瓶（500 mL） ゴム製保護カバー及びゴムパッキン付き。真空トラップに接続されている	1
真空トラップ 真空ポンプに接続されている	1
るつぼ型ガラスフィルター（8 mL）	1
プラスチック栓つき分液ろうと（50 mL）	1
ガラスろうと	1
フタ付き TLC 展開槽（瓶）	1
TLC プレート ”TLC + [生徒コード]” のラベルが貼られたジッパー付き袋に入っている	3

TLC 用キャピラリー	6
サンプル管 (4 mL) "TLC-SM", "TLC-A", "TLC-B" のラベルが貼られている	3
サンプル管 (20 mL) "Product A + [生徒コード]" のラベルが貼られている	1
サンプル管 (20 mL) "SM-A", "SM-B", "Bleach-A", "Bleach-B", "AcOH", "NaOH (aq)", "NaHSO ₃ (aq)", "Na ₂ SO ₄ " のラベルが貼られている	8
ガラス瓶 (50 mL) "Eluent", "Toluene", and "2 M HCl" のラベルが貼られている	3
メスフラスコ (50 mL) "Product B + [生徒コード]" のラベルが貼られている	1
パスツールピペット	12
ビーカー (100 mL)	1
薬さじ (スパチュラ) 大	1
薬さじ (スパチュラ) 小	1
ピンセット	1
ジョイントクリップ	1
丸底フラスコスタンド (コルク製)	1
pH 試験紙 "TLC + [生徒コード]" のラベルが貼られたジッパーつき袋に入っている	10
ろ紙	1
鉛筆	1
定規	1
アセトンの入った洗瓶 (500 mL)	1
水系廃液容器 (250 mL) "Waste (aq)" のラベルが貼られており、あらかじめ Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液が入っている	1
有機系廃液容器 (100 mL) "Waste (org)" のラベルが貼られている	1
薬包紙	3

共用器具	1 実験室 (約 20 人) あたりの数
UV ランプ	1
攪拌子取り出し棒	2
砕いた氷入りトレイ	2

実験課題 2 滴定のタンゴ

試薬	状態	説明	GHS 危険性報告
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	固体	" $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + [生徒コード] + [質量]" のラベルが貼られたサンプル管に入っている	H319; P264, P280, P305 + P351 + P338, P337 + P313
蒸留水	液体	"Distilled Water" と書かれた洗瓶に入っている	規則 (EC) No. 1272/2008 によれば、危険性はない
EDTA 標準溶液 (10.0 mM)	液体	500 mL "EDTA" のラベルが貼られたポリエチレン容器に入っている	H290, H314, H335; P234, P261, P271, P280, P303 + P361 + P353, P305 + P351 + P338
0.1 M HCl	液体	10 mL "0.1 M HCl" のラベルが貼られたサンプル管に入っている 腐食性がある	H290; P234, P390
試料 (混合物) HCl に溶解した状態 pH = 1	液体	"Sample + [生徒コード] + [質量]" のラベルが貼られたサンプル管に入っている 腐食性がある	H290, H319; P234, P264, P280, P305 + P351 + P338, P337 + P313, P390
エリオクロムブラック T (1 wt. % in NaCl)	固体	1 g "Erio T" のラベルが貼られたサンプル管に入っている 指示薬	H319, H411; P264, P273, P280, P305 + P351 + P338, P337 + P313, P391
バリアミンブルー (1 wt. % in NaCl)	固体	1 g "Variamine" のラベルが貼られたサンプル管に入っている 指示薬	H302, H312, H332; P264, P270, P301 + P312, P330, P501, P280, P302 + P352, P312, P322, P363, P261, P271, P304 + P340
シュヴァルツェンバッハ緩衝液 (pH = 10, $c_{\text{HB}^+} + c_{\text{B}} = 8.8 \text{ M}$)	液体	10 mL "Buffer" のラベルが貼られたサンプル管に入っている NH_4Cl と NH_3 を含む	H302, H314, H319, H335, H410; P261, P264, P270, P271, P273, P280, P303 + P361 + P353, P305 + P351 + P338, P310 + P312, P337 + P313
エタノール	液体	200 mL "EtOH" のラベルが貼られた 250 mL 試薬瓶に入っている 可燃性	H225, H319; P210, P233, P240, P241, P242, P305 + P351 + P338

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

JPN-1 P-0 E-6

E0-6

Japanese Merged (Japan)

種類	数
20 mL サンプル管	6 "CaCl ₂ ·2H ₂ O + [生徒コード] + [質量]", "0.1 M HCl", "Erio T", "Sample + [生徒コード] + [質量]", "Variamine", "Buffer" のラベルが貼られている
メスフラスコ (100 mL)	1
メスフラスコ (250 mL)	1
ビュレット用の小さいろうと	1
葉さじ (スパチュラ)	1
三角フラスコ (300 mL)	3
ホールピペット (5.0 mL)	1
安全ピペッター	1
メスシリンダー (50 mL)	1
パスツールピペット	4
ビュレット (50 mL)	1
ビュレット固定用具つきスタンド	1
ポリエチレン試薬瓶 (500 mL) "EDTA" のラベルが貼られている	1
試薬瓶 (250 mL) "EtOH" のラベルが貼られている	1
ビーカー (50 mL)	1
ホールピペット (20.0 mL)	1
ビーカー (1000 mL) "Waste (P2)" のラベルが貼られている	1

実験課題 3 質素さの中の美

試薬	状態	説明	GHS 危険性報告
溶液 S1-S6	液体	"S1" / "S2" / "S3" / "S4" / "S5" / "S6" + "[生徒コード]" のラベルが貼られたサンプル管に入っている 腐食性	H272, H290, H301, H302, H314, H315, H318, H319, H332, H335, H373, H400, H410, H411

種類	数
試薬瓶 (100 mL) "Waste (P3)" のラベルが貼られている	1
サンプル管 (20 mL) "S1" / "S2" / "S3" / "S4" / "S5" / "S6" + "[生徒コード]" のラベルが貼られている	6
試験管	18
パスツールピペット	10
試験管立て	1

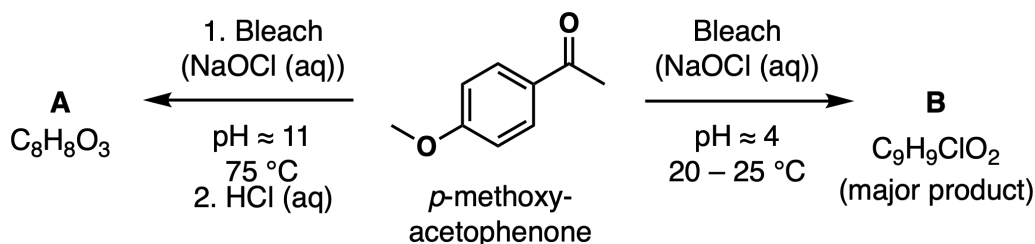
全ての課題で共通して使用する器具

個人用器具	数
ボールペン "P3" の箱に入っている	1
フェルトペン "P3" の箱に入っている	1
パスツールピペット用ゴム球 "P3" の箱に入っている	3
保護手袋	実験補助者に申し出れば、(S, M, L, XL) のサイズが利用できる
ペーパータオル (ロール)	1
水用洗瓶 (500 mL) いつでも減点なしに補充できる	1

漂白剤: カメレオンのように変幻自在な試薬

全体の 16%													
問題	A の 収率	A の TLC	A の減点	B の 収率	B の TLC	B の減点	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	合計
配点	25	3	-6	25	3	-25	4	2	2	2	2	2	70
得点													

実験手順



(Bleach: 漂白剤, *p*-methoxyacetophenone: *p*-メトキシアセトフェノン, major product: 主生成物)

生成物 A の調製

- ホットプレートつきマグネティックスターラーの電源を入れよ。ダイヤルを操作して設定温度を 100 °C から 150 °C の間に設定し、水浴の温度が 70 ~ 80 °C になるようにせよ。水浴の温度は、攪拌しながらスタンドに固定した温度計を見て調節すること。
- 水浴を温めている間に、“SM-A”とラベルが貼られたサンプル管から、*p*-メトキシアセトフェノンを葉さじ (スパチュラ小) の先端で少量取り出して、“TLC-SM”とラベルされたサンプル管に入れよ。取り分けたサンプル管は薄層クロマトグラフィー (TLC) 分析のために用いるため、脇に置いておくこと。(TLC 分析は生成物 B の溶液を調製した後に行う。)
- 50 mL 丸底フラスコに、以下の器具と試薬を加えよ。攪拌子 (ラグビーボール型), *p*-メトキシアセトフェノン (500 mg, “SM-A”とラベルが貼られたサンプル管の全量。移す際に葉包紙を使ってよい), 水酸化ナトリウム水溶液 (6.7 mL, “NaOH (aq)”とラベルされたサンプル管の全量), 漂白剤 (7.5 mL, “Bleach-A”とラベルされたサンプル管の全量)。
- 試薬を加えたフラスコをクランプを用いてスタンドに固定し、クランプの位置を調節してフラスコを水

浴に浸せ。反応溶液が高速で攪拌されるように調整せよ。(750 rpm 程度の攪拌速度)

5. フラスコにヴィグリュ管を取り付けよ (図 1 参照)。ヴィグリュ管の上端に、ガスバブラーとチューブで繋がった屈曲アダプターを取り付けよ。(ガスバブラーは水酸化ナトリウムのエタノール/水溶液で満たしてある。) 上端接合部をジョイントクリップで留めよ。
6. 70 ~ 80 °C で 60 分間反応させよ。

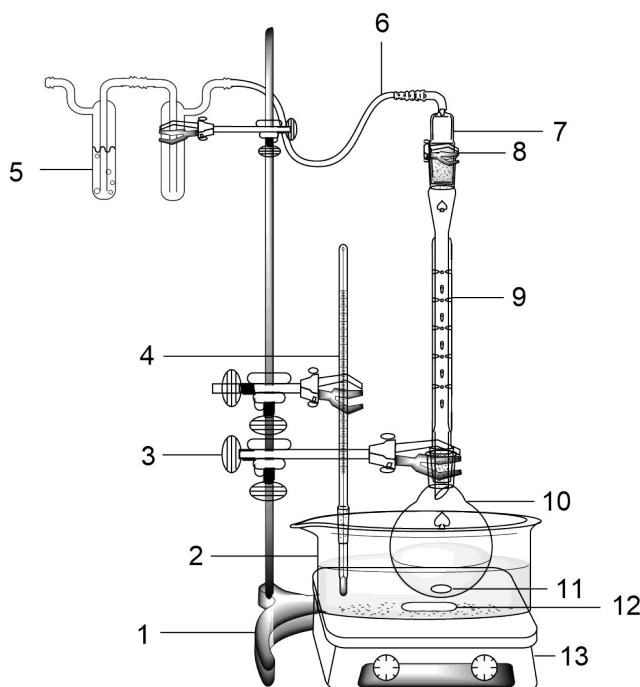


図 1: 1 = スタンド, 2 = 水浴, 3 = ムッフとクランプ, 4 = 温度計, 5 = ガスバブラー, 6 = チューブ, 7 = 屈曲アダプター, 8 = ジョイントクリップ, 9 = ヴィグリュ管, 10 = 丸底フラスコ, 11 と 12 = 攪拌子, 13 = ホットプレート付きマグネティックスターラー

7. 加熱をやめ, クランプの位置を調節してフラスコを水浴から引き揚げよ。「技術的な手助けが必要である」カード (黄色) をかけ, 補助員に水浴を取り除いてもらえ。反応溶液を攪拌しながら放冷せよ。その間に次の工程を進めておく。
8. ヴィグリュ管から屈曲アダプターを取り外せ。ヴィグリュ管をフラスコから取り外せ。(ヴィグリュ管は生成物 B の調製で再度使用する。)
9. 実験補助員に声をかけて 氷を貰い、氷水浴を作れ。反応フラスコを氷水浴中で攪拌しながら冷やせ (5 分程度)。
10. フラスコを氷水浴に浸したままで、パスツールピペットで 40% NaHSO₃ 水溶液をゆっくり加えよ。(

“ NaHSO_3 (aq)”とラベルされたサンプル管から約 5 mL; 図 2 にあるように, パスツールピペットの半分の高さが 1 mL である。) 引き続き反応溶液を攪拌せよ。白色沈殿 (生成物 A) が生成する。

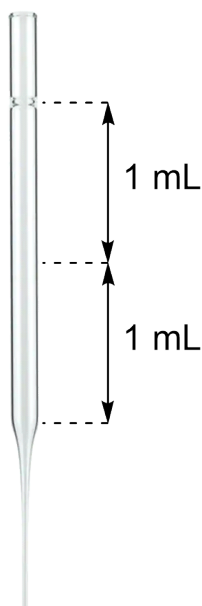


図 2: パスツールピペットで体積を見積もる目安 (原寸 2 分の 1 縮尺)

11. pH が 1~2 になるまでパスツールピペットで 2 M 塩酸を少しずつ加えよ (“2 M HCl” とラベルされたガラス瓶から 6 ~ 8 mL 程度)。このとき, pH 試験紙で反応混合物の pH を確認すること (pH と試験紙の色の対応は図 3 を参照すること)。pH を確認する際は、未使用のパスツールピペットで反応混合物を少量取り, pH 試験紙に垂らすこと。直接 pH 試験紙を反応混合物に浸けてはいけない。

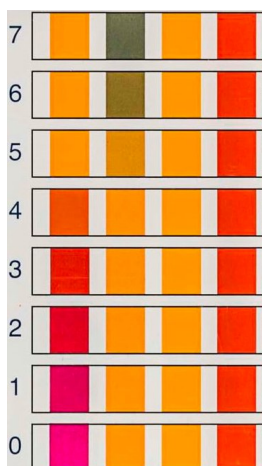


図 3: pH 試験紙の着色パターンと pH (図の左側の数字) の対応表。pH 試験紙の 4 つの反応ゾーンすべてが、この表のある pH での色と一致する必要がある。必要であれば、実験補助員に声をかけて対応表の原本を見せてもらうことができる。

12. 実験補助員に声をかけて 攪拌子取り出し棒 (magnetic stir bar remover) を借り、スターラーの電源を切って 攪拌子をフラスコから取り除け。攪拌子を洗浄する ため、"Waste (aq)" の瓶の上で水ですすぎ、続いて"Waste (org)" の瓶の上でアセトンですすぎ、ペーパータオルで拭いて乾燥させよ。攪拌子は後の工程で再度使用する。
13. 吸引瓶をスタンドにクランプで固定し、ゴム製保護カバーの上に円錐形ゴムパッキンが乗っていることを確認せよ (図 4)。

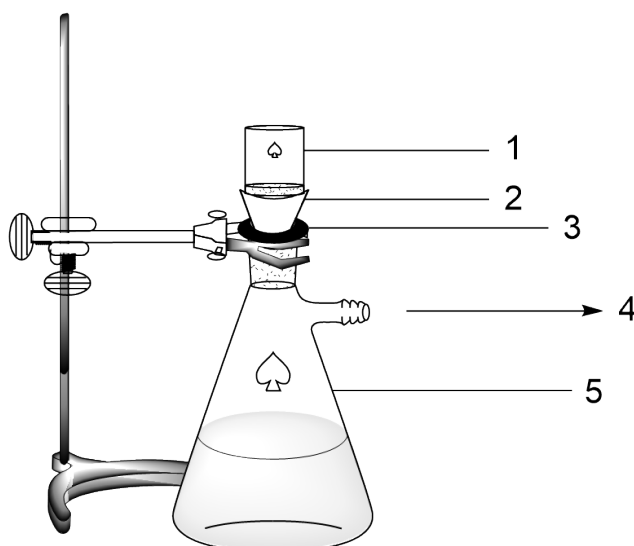


図 4: 1 = りつぽ型ガラスフィルター, 2 = 円錐形ゴムパッキン, 3 = ゴム製保護カバー, 4 = 真空系に接続, 5 = 吸引瓶

14. りつぽ型ガラスフィルターをゴムパッキンの上に設置せよ。両者が隙間なく密着していることを確認せよ。
15. 真空引きを開始し, 懸濁液をガラスフィルターに注いでろ過せよ。懸濁液の体積が多い場合, 数回に分けて注ぎ込むこと。
16. ガラスフィルター上の固体を水でしっかりと洗浄せよ (10 mL x 2 回; メスシリンダーを使用してよい)。
17. 吸引を続け, ガラスフィルター上の固体から水をあらかじめ取り除け (長くても 10 分)。その後, 真空引きを止め, 吸引瓶を真空系から取り外せ。
18. 少量の生成物を薬さじ (スパチュラ小) の先端で取り, “TLC-A”とラベルされたサンプル管に入れよ。後ほど薄層クロマトグラフィー (TLC) 分析に使用する。
19. 薬さじ (スパチュラ大) で生成物をガラスフィルターから, “Product A + [生徒コード]”とラベルされたサンプル管に移せ。
20. サンプル管の蓋を閉めよ。試験終了後に実験補助員が回収する。
21. 吸引瓶内のろ液を”Waste (aq)” の瓶に捨てよ。

生成物 B の調製

1. 未使用の 50 mL 丸底フラスコを取り出し、撹拌子 (ラグビーボール型) を入れてスタンドにクランプで固定せよ。
2. *p*-メトキシアセトフェノン (500 mg, “**SM-B**”とラベルされたサンプル管の全量。移す際は葉包紙を使ってよい) と酢酸 (4 mL, “**AcOH**”とラベルされたサンプル管の全量) をフラスコに加えよ。
3. 反応溶液を撹拌しながら、漂白剤 (4.0 mL, “**Bleach-B**”とラベルされたサンプル管の全量) をパストゥールピペットで 1–2 分かけて滴下せよ。
4. フラスコにヴィグリュ管を取りつけよ。
5. 反応溶液を室温で 45 分間、高速 (750 rpm) で撹拌せよ。
6. ヴィグリュ管を取り外し、パストゥールピペットを使って 40% NaHSO₃ 水溶液 (約 3 mL, “**NaHSO3 (aq)**”サンプル管の残存分) を 1 分かけて反応混合物に滴下せよ。滴下によって反応混合物が発熱することに留意すること。
7. 実験補助員に声をかけて 撹拌子取り出し棒 (magnetic stir bar remover) を借り、スターラーの電源を切り、撹拌子をフラスコから取り除け。
8. 50 mL 分液ろうとをスタンドにクランプで固定せよ。分液ろうとに 10 mL の水を加えよ (メスシリンダーを使ってもよい)。
9. 分液ろうとの口にガラスろうとを取り付けて、反応混合物を丸底フラスコから分液ろうとに注ぎ込め。
10. トルエンを分液ろうとに加えよ (“**Toluene**” とラベルが貼られた試薬瓶から約 10 mL。メスシリンダーを使ってもよい)。その後、ガラスろうとを取り除け。
11. 分液ろうとの蓋を閉め、しばらく激しく振り混ぜよ。時々振るのを止めて、活栓を開いてガス抜きを必ず行うこと。このとき分液漏斗の先を自身や周囲の人に向けてはならない。
12. 振りまぜを止めて、もう一度活栓を開いてガスを抜き、活栓を閉めて分液ろうとをスタンドにクランプで固定せよ。蓋を取り除き、水層と有機層が分離するまで静置せよ。
13. 下層 (水層) を反応に使用した丸底フラスコに戻し、生成物 **B** を含む上層 (有機層) を 50 mL の三角フラスコに注げ。
14. 手順 9 から 13 をもう 2 回繰り返し、水層をトルエンで抽出せよ。抽出した有機層は同じ三角フラスコに回収すること。

15. ガラスろうとを“**Waste (org)**”の瓶の上でアセトンですすぎ、乾燥させよ。
16. 三角フラスコにまとめた有機抽出液に、硫酸ナトリウム (“**Na₂SO₄**”とラベルが貼られたサンプル管の全量) を加えよ。攪拌子 (棒状) を入れ、3 分間マグネティックスターラーで攪拌し、その後スターラーの電源を切れ。
17. ガラスろうとをクランプの上に載せて、ろうとの先端が“**Product B + [生徒コード]**”とラベルされたメスフラスコの中に入るようにせよ。ガラスろうとにひだ折りろ紙を置き、パスツールピペットを使って少量のトルエンでろ紙を濡らせ。
18. ろ液がメスフラスコの中に入るよう三角フラスコの内容物をろ過せよ。(溶液は標線に達しない。) 同じパスツールピペットを用いて三角フラスコをトルエン (約 5 mL) で洗いこみ、ろ紙とろうとをトルエンですすげ。
19. パスツールピペットを用いて、あなたの“**product B**” 溶液を 4 滴取り、“**TLC-B**” とラベルされたサンプル管に移せ。
20. メスフラスコに蓋をせよ。試験終了後に実験補助員が回収する。
21. 反応後のフラスコに回収してある水層を“**Waste (aq)**” の瓶に捨てよ。

薄層クロマトグラフィー (TLC) 分析

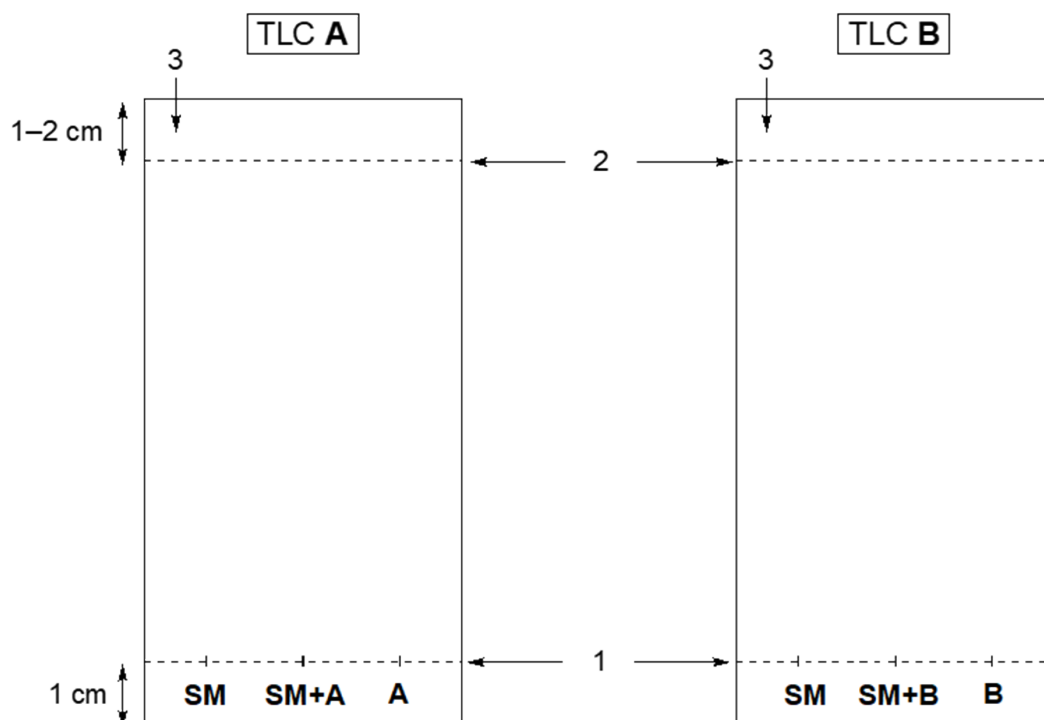
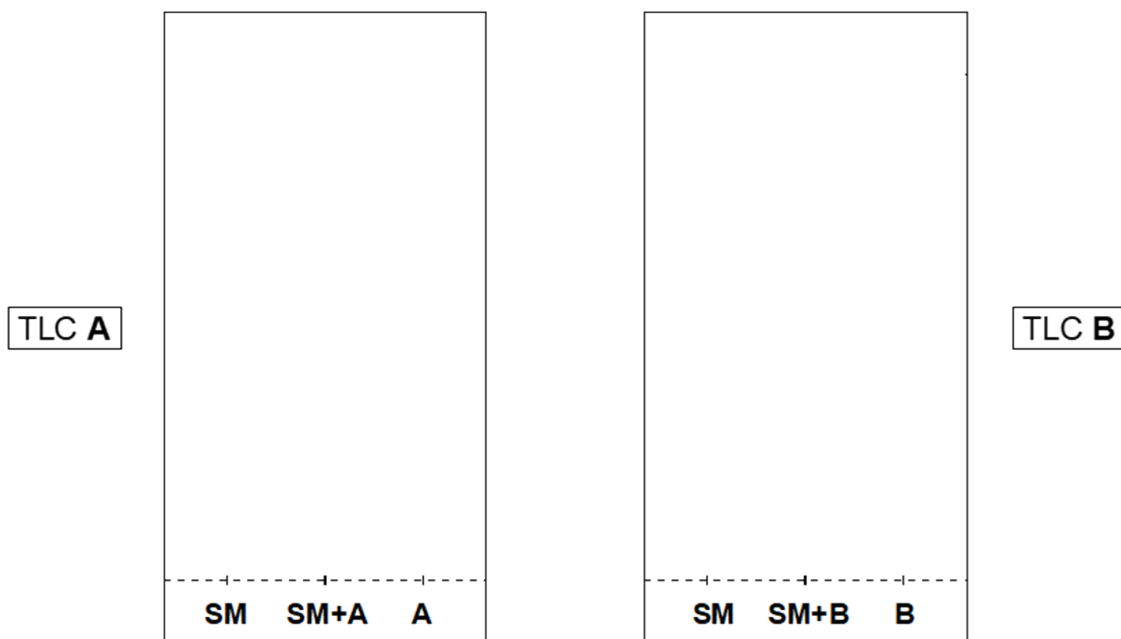


図 5: **SM** = 出発原料 = *p*-メトキシアセトフェノン, **A** = 生成物 **A**, **SM+A** = 出発原料と生成物 **A** の重ね打ち, **B** = 生成物 **B**, **SM+B** = 出発原料と生成物 **B** の重ね打ち。
1 = 始線 (試料を打ち込む線), 2 = 溶媒が移動した先端線, 3 = あなたの生徒コードを書き込む場所。

1. 展開槽を次のように準備せよ。展開槽に展開溶媒（ヘキサン/酢酸エチル（80:20）混合物。“**Eluent**”とラベルされたガラス瓶）を約 0.5 cm の高さまで注ぎ，ふたをして 内部を蒸気で満たせ。展開溶媒が足りない場合は，実験補助員に申し出れば減点なしで補充できる。
2. TLC サンプルを次のように準備せよ。パスツールピペットを用いて，約 0.5 mL の展開溶媒を“**TLC-SM**”，“**TLC-A**”，“**TLC-B**”のサンプル管にそれぞれ加え，各試料を溶解/希釈せよ。“**TLC-A**”は，蓋をして30 秒ほど振り混ぜれば 素早く溶解させることができる。
3. 生成物 **A** の分析に使う TLC プレート（固定相：アルミニウム担持 SiO₂）を次のように準備せよ（図 5 左）。鉛筆と定規を使って，TLC プレートの下端から約 1 cm の位置にやさしく始線を引き，3 つの試料をスポットする位置に印をつけよ。各印のすぐ下に，“**SM**”（出発原料 = *p*-メトキシアセトフェノン），“**A**”（生成物 A），“**SM+A**”（出発原料と生成物 **A** の重ね打ち，つまり TLC プレートの同じ位置に 2 つのサンプルを打つ）と書き込め。TLC プレートの左上にあなたの生徒コードを書き込め。
4. 同様の手順で，生成物 **B** の分析に使う TLC プレートを準備せよ（図 5 右）。

5. TLC 用キャピラリーを用いて、書き込みに対応する試料を 2 枚の TLC 板に**打ち込め**(図 5)。試料ごとに別々のキャピラリーを**使うこと**。TLC プレートに打ち込んだ溶媒が揮発して、スポットが乾燥するまで**待て**。
6. TLC プレートを次のように**展開せよ**(2 枚の TLC プレートを同時に展開しても、順番に展開してもよい)。ピンセットを使って TLC プレートを展開槽に**入れ**、**蓋をせよ**。各 TLC プレートの上端から 1 – 2 cm の位置まで溶媒が**到達するまで待ち**、**蓋を開け**、ピンセットで TLC プレートを展開槽から**取り出せ**。溶媒が移動した先端に鉛筆でやさしく**線を引き**、TLC プレートを**風乾させよ**。
7. 共用実験台にある UV ランプの下で、乾燥した TLC プレートを**観察せよ**。観測された**すべての**スポットを鉛筆で**丸で囲め**。
8. 紫外光で観測されたスポットの位置を、**解答用紙上のテンプレートにすべてスケッチせよ**。解答用紙上の TLC にかかわる問題は、**これらのスケッチに基づいて** 解答すること。



9. あなたの生徒コードが書かれたジップロックに、乾燥した TLC プレートを**慎重に入れよ**。2 枚の TLC プレートが互いの表面を擦って傷つけないように**注意せよ**。
10. 以上の実験が終わったら、以下の物がそろっていることを**確認せよ**。試験終了後に実験補助員が回収する。

- **あなたが合成した生成物が入ったサンプル管とメスフラスコ**。ラベルにあなたの生徒コードと生成物の名前が記載されていることを確認せよ (“**Product A + [生徒コード]**”および“**Product B + [生**

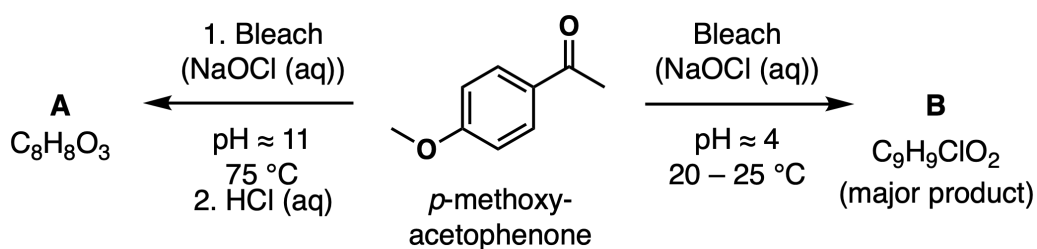
徒コード]”。

- ・ 2 枚の TLC プレート (生成物 A と B の TLC 分析) が入った, 生徒コードが記載されたジップロック。

分析結果: 試験実施者の記入欄 (生徒が記入してはならない)

Yield.A	25pt
TLC.A	3pt
Ded.A	-6pt
Yield.B	25pt
TLC.B	3pt
Ded.B	-25pt

問題



(Bleach: 漂白剤, *p*-methoxyacetophenone: *p*-メトキシアセトフェノン, major product: 主生成物)

下記の問について, 適切な選択肢のチェックボックス 1 つに印をつけよ。各問について正しい選択肢は 1 個だけである。1 つに定まらない回答は不正解となる。

- 1.1** あなたの TLC プレーットの **スケッチ** に基づいて、小問 a - d に解答せよ (固定相: アルミニウム上担持 SiO_2 ; 展開溶媒: ヘキサン/酢酸エチル (80/20))。スケッチが書かれていない場合、得点は与えられない。 4pt
- a. 生成物 **A** と **B** のうち、より極性が高いのはどちらか。正しいものを **選べ**。
b. 生成物 **A** と出発原料 (**SM**) のうち、より極性が高いのはどちらか。正しいものを **選べ**。
c. あなたの合成した生成物 **A** には、出発原料は残存しているか。正しいものを **選べ**。
d. あなたの合成した生成物 **B** には、出発原料は残存しているか。正答を **選べ**。

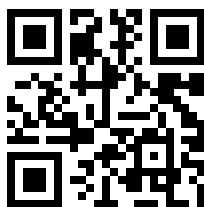
- 1.2** 生成物 **A** (分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$) の構造を **決定せよ**。選択肢は **解答用紙** に記載されている。 2pt

- 1.3** 生成物 **A** の分子式 ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$) から明らかなように、**A** の生成過程では、炭素 1 個を含む断片 (C_1 フラグメント) が出発分子 ($\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$) から分離する。反応完結後、この C_1 フラグメントは塩素原子を含んだ状態になる。この化学種の構造を **決定せよ**。選択肢は **解答用紙** に記載されている。 2pt

- 1.4** 生成物 **A** の生成反応は酸化還元反応である。 2pt
- a. この反応において、酸化数が **増加** する原子種 (元素) は何か。正しいものを **選べ**。
b. この反応において、酸化数が **減少** する原子種 (元素) は何か。正しいものを **選べ**。

- 1.5** 生成物 **B** (分子式 $\text{C}_9\text{H}_9\text{ClO}_2$) の構造を **決定せよ**。選択肢は **解答用紙** に記載されている。 2pt

- 1.6** 生成物 **B** の合成では、ある時点で反応溶液に NaHSO_3 水溶液を添加する。このとき亜硫酸水素イオン (HSO_3^-) が化学反応を起こすことで、この操作の目的が達せられる。反応の結果生成する、硫黄を含む化学種を **決定せよ**。なお、生成する硫黄化学種にいくつのプロトンがついているかは **考えなくてよい** (酸塩基平衡は無視する)。 2pt
- 選択肢は **解答用紙** に記載されている。

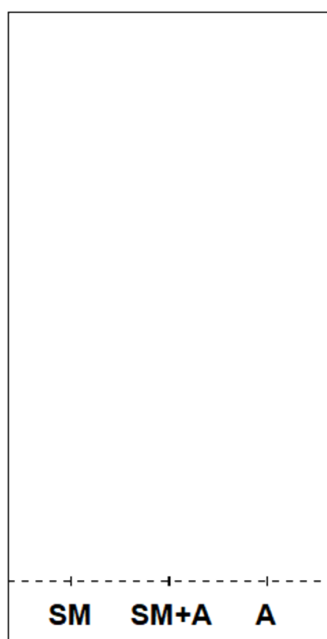
**漂白剤: カメレオンのように変幻自在な試薬**

全体の 16%													
問題	A の 収率	A の TLC	A の減点	B の 収率	B の TLC	B の減点	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	合計
配点	25	3	-6	25	3	-25	4	2	2	2	2	2	70
得点													

薄層クロマトグラフィー (TLC) 分析

TLC 分析の手順 8 用テンプレート

TLC A



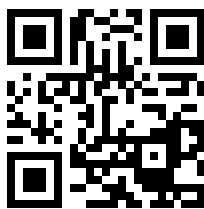
TLC B



Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



JPN-1 P-1 A-2

A1-2
Japanese Merged (Japan)

提出物

生成物 A / Product A	<input type="checkbox"/>		
生成物 B / Product B	<input type="checkbox"/>		
TLC A	<input type="checkbox"/>		
TLC B	<input type="checkbox"/>		
署名 / Signatures			
		生徒	実験補助員 / Lab Assistant

分析結果: 試験実施者の記入欄 (生徒が記入してはならない)

Yield.A (25 pt)

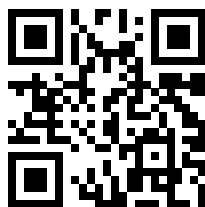
TLC.A (3 pt)

Ded.A (−6 pt)

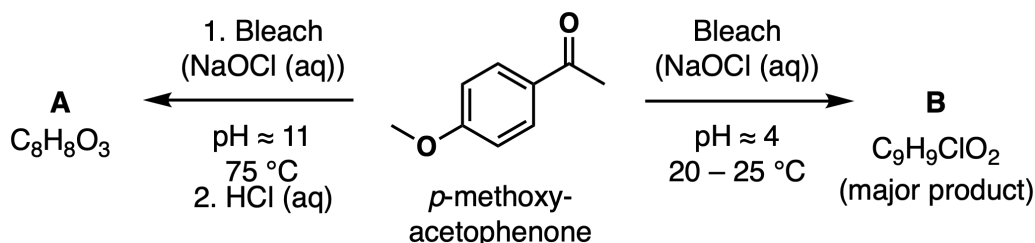
Yield.B (25 pt)

TLC.B (3 pt)

Ded.B (−25 pt)



問題



(Bleach: 漂白剤, *p*-methoxyacetophenone: *p*-メトキシアセトフェノン, major product: 主生成物)

下記の問について、適切な選択肢のチェックボックス1つに印をつけよ。各問について正しい選択肢は1個だけである。1つに定まらない回答は不正解となる。

1.1 (4 pt)

あなたの TLC プレートの スケッチ に基づいて、小問 a-d に解答せよ (固定相: アルミニウム担持 SiO_2 ; 展開溶媒: ヘキサン/酢酸エチル (80/20))。スケッチが書かれていない場合、得点は与えられない。

a. 生成物 **A** と **B** のうち、より極性が高いのはどちらか。正しいものを 選べ。

- ☐ 生成物 **A**
☐ 生成物 **B**

b. 生成物 **A** と出発原料 (**SM**) のうち、より極性が高いのはどちらか。正しいものを 選べ。

- ☐ 生成物 **A**
☐ 出発原料

c. あなたの合成した生成物 **A** には、出発原料が残存しているか。正しいものを 選べ。

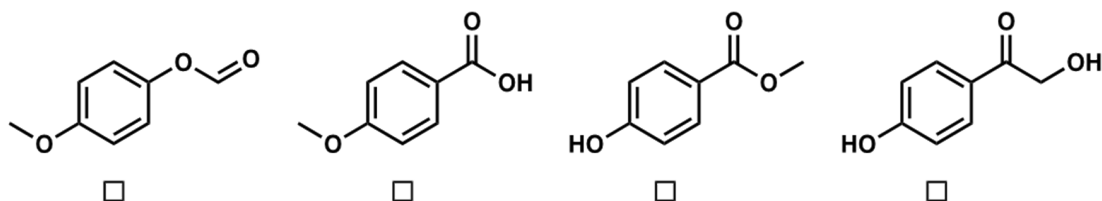
- ☐ はい
☐ いいえ

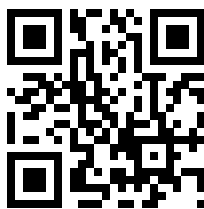
d. あなたの合成した生成物 **B** には、出発原料が残存しているか。正しいものを 選べ。

- ☐ はい
☐ いいえ

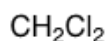
1.2 (2 pt)

生成物 **A** (分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$) の構造を 決定せよ。



**1.3** (2 pt)

生成物 **A** の分子式 ($C_8H_8O_3$) から明らかなように, **A** の生成過程では, 炭素 1 個を含む断片 (C_1 フラグメント) が出発分子 ($C_9H_{10}O_2$) から分離する。反応完結後, C_1 フラグメントは塩素原子を含んだ状態になる。この化学種の構造を 決定せよ。

**1.4** (2 pt)

生成物 **A** の生成反応は酸化還元反応である。

a. この反応において, 酸化数が 増加 する原子種 (元素) は何か。正しいものを 選べ。

C



H



O



Cl



b. この反応において, 酸化数が 減少 する原子種 (元素) は何か。正しいものを 選べ。

C



H



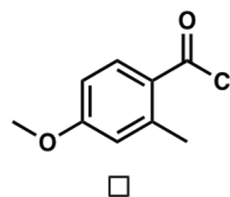
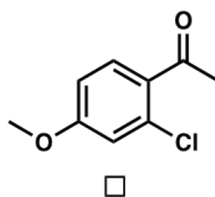
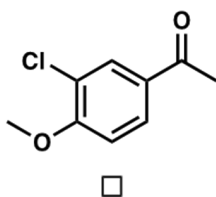
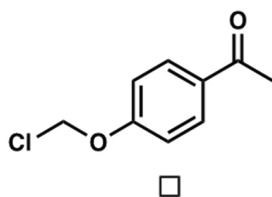
O



Cl

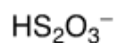
**1.5** (2 pt)

生成物 **B** (分子式 $C_9H_9ClO_2$) の構造を 決定せよ。



**1.6** (2 pt)

生成物 **B** の合成では，ある時点で反応溶液に NaHSO_3 水溶液を添加する。このとき亜硫酸水素イオン (HSO_3^-) が化学反応を起こすことで，この操作の目的が達せられる。反応の結果生成する，硫黄を含む化学種を **決定せよ**。なお，生成する硫黄化学種にいくつのプロトンがついているかは考えなくてよい（酸塩基平衡は無視する）。

☐☐☐☐

滴定のタンゴ

採点

全体の 13%										
問題	滴定 1	滴定 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	合計
配点	30	40	5	4	4	2	1	2	2	90
得点										

序論

鉄はスイスの 19 の州（カントン）で古くから採掘・加工され、地元および地域の需要に応えてきた。この産業の痕跡は、特にスイスのジュラ地方に残っている。鉄鋼を効率的に生産するには、鉄鉱石の組成を知ることが不可欠である。溶液中の金属を分析する汎用的な方法としては、1940 年代に ETH のゲロルド・シュヴァルツェンバッハ教授によって開発された錯滴定がある。

この実験では、 FeCl_3 と CaCl_2 の水和物のみを HCl 水溶液に溶解した試料が与えられる。これは、塩酸で溶解した鉄鉱石の模擬試料である。あなたに与えられた課題は、錯滴定によって試料中の鉄の濃度と試料全体の組成を決定することである。

この実験で発生した廃液には重金属が含まれていると考えられるので、“**Waste (P2)**”というラベルが貼られたビーカーに集める必要がある。

実験操作

パート I. 鉄鉱石未知試料の希釈

- 約 1200 mg の鉄鉱石模擬試料が与えられる。正確な質量は、サンプル管のラベルに書かれている。その値を解答用紙に記入せよ。試料はすでに pH 1 の塩酸に溶かしてある。
- 100 mL のメスフラスコを使い、“**Sample + [生徒コード]**”と書かれたサンプル管の内容物の全量を蒸留水に溶解し、100 mL の試料溶液を調製せよ。ろうとを使ってもよい。この溶液を **A** とする。この溶液は part II と IV で使う。

パート II. 鉄鉱石試料溶液の直接滴定

- ビュレットを 10.0 mM の EDTA 溶液（“**EDTA**”のラベルが貼られている）で満たせ。ろうととビーカーを使ってもよい。

4. 300 mL の三角フラスコに、

- ホールピペットを使って、溶液 **A** を 5.00 mL 加え、
- パスツールピペットを使って、0.1 M 塩酸を 10 滴 加え、
- 三角フラスコの 100 mL の目盛まで蒸留水を 満たし、
- ごく少量のバリアミントレーを葉さじ（スパチュラ）で 加えよ。

5. 三角フラスコ内の溶液を、溶液が黄色になるまで 滴定せよ。滴下体積 V_1 を 解答用紙 に 記入せよ。

6. 滴定の終わった三角フラスコの内容物は、”**Waste (P2)**”と書かれたビーカーに 捨てよ。

7. 必要に応じて、ステップ 3-6 の操作を 繰り返せ。

8. 最終結果を 解答用紙 の最後の行に 記入せよ。

パート III. 滴定液の調製

9. 約 550 mg の純粋な塩化カルシウム二水和物 ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) の試料が与えられる。正確な質量は、サンプル管のラベルに書かれている。その値を 解答用紙 の表の中に 記入せよ。
10. 250 mL のメスフラスコを使い、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の固体試料（式量 147.0 g/mol）の全量と蒸留水を使って、250 mL の塩化カルシウム溶液を 調製せよ。固体試料を移す際に、ろうとを使うとよい。この溶液を **B** とする。この溶液は part IV で使う。

パート IV. 鉄鉱石試料溶液の間接滴定

11. ビュレットを 空にし、蒸留水、次いで溶液 **B** で すすげ。ビーカーを使ってもよい。洗液は、”**Waste (P2)**”と書かれたビーカーに 捨てよ。
12. ビュレットを溶液 **B** で 満たせ。ろうととビーカーを使ってもよい。
13. 300 mL の三角フラスコに、以下のものを 加えよ。
- ホールピペットを使って、溶液 **A** を 5.00 mL
 - ホールピペットを使って、10.0 mM EDTA 溶液（”**EDTA**” のラベルが貼られている）を 40.0 mL
 - パスツールピペットを使って、緩衝溶液を 10 滴（緩衝溶液の容器を開ける際に、アンモニアが吹

き出す恐れがあるので気をつけよ)

- メスシリンダーを使って、蒸留水を 25 mL
- メスシリンダーを使って、エタノールを 30 mL

溶液が濁るかもしれない。

14. 上の 300 mL の三角フラスコに、エリオクロムブラック T (“**Erio T**” のラベルが貼られたサンプル管内にある) を少量加えよ。溶液は濃い青緑色になるはずである。指示薬を加えたら、すぐに滴定を開始すること。

注意：数分後には、滴定の進行にかかわらず、溶液の色は赤色に変化するであろう。そうなってしまうと、もはや滴定の終点は検出できなくなる。

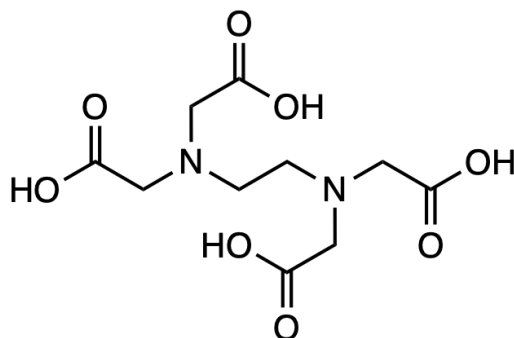
15. 三角フラスコ内の溶液を、溶液が灰色になるまで滴定せよ。滴下体積 V_2 を記録せよ。滴下体積は 15 mL 以下になるはずである。
16. 滴定の終わった三角フラスコの内容物は、“**Waste (P2)**” と書かれたビーカーに捨てよ。
17. 必要に応じて、ステップ 12-16 の操作を繰り返せ。
18. 最終結果を解答用紙の表の最後の行に記入せよ。

Titration 1	30pt
--------------------	------

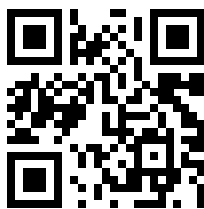
Titration 2	40pt
--------------------	------

問題

- 2.1 直接滴定において当量点までに生成する EDTA 錯体の化学式を書け。EDTA の構造は以下に示す。化学式を書く際には、EDTA は“ H_4Y ”で表し、その共役塩基は“ H_3Y^- ”, “ H_2Y^{2-} ”などで表すこと。 5pt
- ヒント：この滴定の条件では、溶液中に存在する金属イオンのうち 1 種類が優先的に EDTA 錯体を形成する。

EDTA の構造 (H_4Y と略記する)

- | | | |
|-----|---|-----|
| 2.2 | 与えられた試料における塩化鉄 (III) (結晶水は考えない) の質量濃度 (wt. %) を計算せよ。FeCl ₃ のモル質量は 162.2 g/mol である。 | 4pt |
| 2.3 | 与えられた試料における塩化カルシウム (結晶水は考えない) の質量濃度 (wt. %) を計算せよ。CaCl ₂ のモル質量は 111.0 g/mol である。 | 4pt |
| 2.4 | 与えられた試料における結晶水の質量濃度 (wt. %) を計算せよ。 | 2pt |
| 2.5 | 溶液 A を pH < 2 に保つ必要があるのはなぜか。
4 つの選択肢の中から正しい答えを選び、解答用紙の対応する箇所にチェックを入れよ。 | 1pt |
| 2.6 | 配布された溶液は、鉄鉱石を濃塩酸で溶解して得られるものを模している。同じ操作で分析できるのは、次のうちのどれか。
4 つの選択肢の中から正しい答えを選び、解答用紙の対応する箇所にチェックを入れよ。 | 2pt |
| 2.7 | 間接滴定の試料の色が、滴定の進行にかかわらず青色から赤色に変化するのはなぜか。
4 つの選択肢の中から正しい答えを選び、解答用紙の対応する箇所にチェックを入れよ。 | 2pt |



滴定のタンゴ

全体の 13%										
問題	滴定 1	滴定 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	合計
配点	30	40	5	4	4	2	1	2	2	90
得点										

実験操作

パート I. 鉄鉱石未知試料の希釈

鉄鉱石模擬試料の質量 [mg]	(ラベルに書かれている値を記入しなさい)
-----------------	----------------------

パート II. 鉄鉱石試料溶液の直接滴定

分析番号	V_1 [mL]
1	
2	
3	
最終結果 V_1 [mL]	

Titration 1 (30 pt)

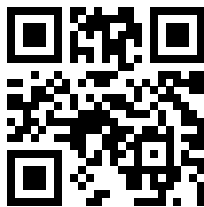
パート III. 滴定液の調製

塩化カルシウム二水和物の質量 [mg] (モル質量 147.0 g/mol)	(ラベルに書かれている値を記入しなさい)
---	----------------------

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



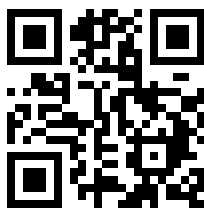
JPN-1 P-2 A-2

A2-2
Japanese Merged (Japan)

パート IV. 鉄鉱石試料溶液の間接滴

分析番号	V_2 [mL]
1	
2	
3	
最終結果 V_2 [mL]	

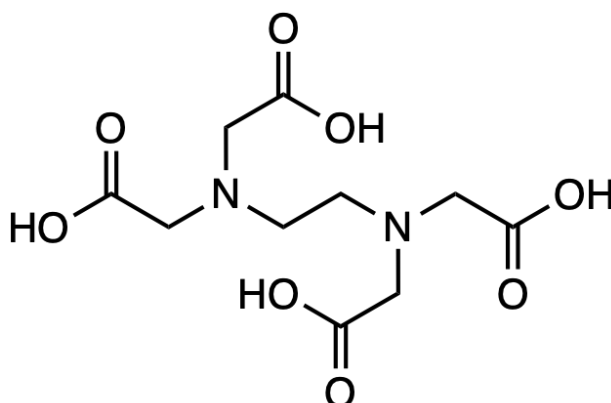
Titration (40 pt)



問題

2.1 (5 pt)

直接滴定において当量点までに生成する EDTA 錯体の化学式を**書け**。EDTA の構造は以下に示す。化学式を書く際には、EDTA は " H_4Y " で表し、その共役塩基は " H_3Y^- ", " H_2Y^{2-} " など で表すこと。
ヒント：この滴定の条件では、溶液中に存在する金属イオンのうち 1 種類が優先的に EDTA 錯体を形成する。

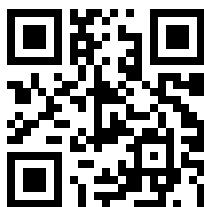


EDTA の構造 (H_4Y と略記する)

2.2 (4 pt)

与えられた試料における塩化鉄 (III) (結晶水は考えない) の質量濃度 (wt. %) を**計算せよ**。 FeCl_3 のモル質量は 162.2 g/mol である。

wt.%(FeCl_3) =

**2.3** (4 pt)

与えられた試料における塩化カルシウム（結晶水は考えない）の質量濃度（wt. %）を計算せよ。CaCl₂のモル質量は 111.0 g/mol である。

wt.%(CaCl₂) =

2.4 (2 pt)

与えられた試料における結晶水の質量濃度（wt. %）を計算せよ。

wt.%(H₂O) =

2.5 (1 pt)

溶液 A を pH < 2 に保つ必要があるのはなぜか。

4つの選択肢の中から正しい答えを1つ選び，解答用紙の対応する箇所にチェックを入れよ。

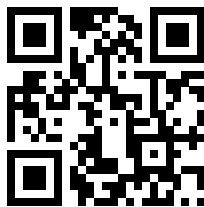
- ☐ 溶液中の Ca²⁺ を化学的に安定させるため
- ☐ 溶液中の Fe³⁺ を化学的に安定させるため
- ☐ 溶液中の Ca²⁺ を還元するため
- ☐ 溶液中の Fe³⁺ を還元するため

2.6 (2 pt)

配布された溶液は，鉄鉱石を濃塩酸で溶解して得られるものを模している。同じ操作で分析できるのは，次のうちのどれか。

4つの選択肢の中から正しい答えを1つ選び，解答用紙の対応する箇所にチェックを入れよ。

- ☐ 赤鉄鉱 (Fe₂O₃) + 石灰石 (CaCO₃)
- ☐ 磁鉄鉱 (Fe₃O₄) + 黄銅鉱 (CuFeS₂)
- ☐ チタン鉄鉱 (FeTiO₃) + 針鉄鉱 (FeO(OH))
- ☐ 菱鉄鉱 (FeCO₃) + 白雲石 (CaMg(CO₃)₂)

**2.7** (2 pt)

間接滴定の試料の色が、滴定の進行にかかわらず青色から赤色に変化するのはなぜか。

4つの選択肢の中から正しい答えを1つ**選び**、**解答用紙**の対応する箇所に**チェックを入れよ**。

- ☐ エタノールによる Fe^{3+} EDTA 錯体の還元
- ☐ 塩基性条件下におけるエリオクロムブラック T の加水分解
- ☐ エリオクロムブラック T による Fe^{3+} EDTA 錯体の不可逆な配位子交換
- ☐ 沈殿した CaCO_3 上へのエリオクロムブラック T の吸着

質素さの中の美

全体の 11%				
問題	3.1	3.2	3.3	合計
配点	30	14	15	59
得点				

序論

組成が不明な 6 つの試料溶液 **S1-S6** が、それぞれ約 10 mL ずつ与えられている。溶液 **Sx** には“[あなたの生徒コード] + **Sx**”, (x は 1 から 6 の数字) のラベルが貼られている。本課題では、これらの試料溶液に溶解しているすべてのカチオンとアニオンの同定を行う。

ヒント:

- 以下の 7 種類のカチオンと 7 種類のアニオンが試料水溶液 **S1-S6** のどれかに含まれている。:
 - カチオン: Ag^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , K^+ , Mn^{2+} , Na^+ ;
 - アニオン: CH_3COO^- , Cl^- , I^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , S^{2-} , SO_4^{2-} ;
- それぞれの試料溶液には、合計 2 種類または 3 種類のイオンが含まれている。
- それぞれのイオンは、どれか 1 つの試料溶液の中にのみ含まれている。
- また、 Na^+ と K^+ は同じ試料溶液に含まれている。
- 目視できる変化が現れるまでに最大 15 分程度かかる場合がある。解答用紙の問題 3.1 の表に、最終的に観察された変化について記入しなさい。
- いくつかの試料溶液は、空気中での酸化によって着色していたり沈殿が生じていたりする場合がある。

問題

3.1 試料溶液 **S1-S6** を互いに混合しなさい。最終的に観察された変化について、**解答用紙**の1つ目の表に、以下の記号を用いて記入しなさい。 30pt

- 沈殿が生じた場合は「↓」
- 気体が発生した場合は「↑」
- 溶液の色が変わった場合は「S」
- 目視できる変化がなかった場合は「-」

沈殿が生じた場合は、以下の文字を用いて沈殿の色を報告しなさい。

- 白色、または無色の場合は「W」
- 黒色の場合は「B」
- その他の色の場合は「C」

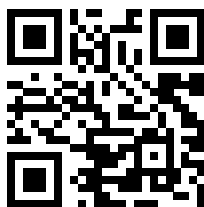
3.2 あなたの観察したことおよび上記のヒントを基に、試料溶液 **S1-S6** に含まれるイオンを同定しなさい。**解答用紙**の2つ目の表に解答を記入しなさい。 14pt

3.3 行った実験で観察したことを説明できるイオン反応式(複数あるかもしれない)を、**解答用紙**の3つ目の表に記入しなさい。沈殿には「↓」、気体には「↑」と記入しなさい。 15pt

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



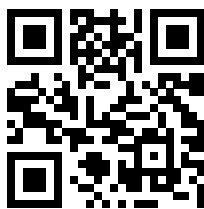
JPN-1 P-3 A-1

A3-1

Japanese Merged (Japan)

質素さの中の美

全体の 11%				
問題	3.1	3.2	3.3	合計
配点	30	14	15	59
得点				

**3.1** (30 pt)

試料溶液 S1-S6 を互いに混合しなさい。下の表に、最終的に観察された変化について以下の記号を用いて記入しなさい。

- 沈殿が生じた場合は「↓」
- 気体が発生した場合は「↑」
- 溶液の色が変わった場合は「S」
- 目視できる変化がなかった場合は「-」

沈殿が生じた場合は、以下の文字を用いて沈殿の色を報告しなさい。

- 白色、または無色の場合は「W」
- 黒色の場合は「B」
- その他の色の場合は「C」

試料溶液	S2	S3	S4	S5	S6
S1					
S2	X				
S3	X	X			
S4	X	X	X		
S5	X	X	X	X	

**3.2** (14 pt)

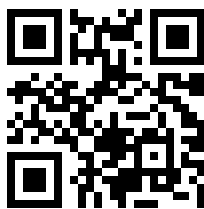
あなたの観察したことおよび問題冊子に与えられているヒントを基に，試料溶液 **S1-S6** に含まれるイオンを同定し，下の表に解答を記入しなさい。

試料溶液	カチオン	アニオン
S1		
S2		
S3		
S4		
S5		
S6		

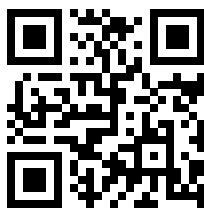
3.3 (15 pt)

行った実験で観察したことを説明できるイオン反応式 (複数あるかもしれない) を，下の表に記入しなさい。沈殿には「↓」，気体には「↑」と記入しなさい。

組み合わせ	イオン反応式
S1+S2	

**3.3 (cont.)**

組み合わせ	イオン反応式
S1+S3	
S1+S4	
S1+S5	
S1+S6	
S2+S3	
S2+S4	
S2+S5	

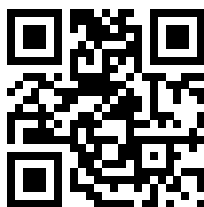
**3.3 (cont.)**

組み合わせ	イオン反応式
S2+S6	
S3+S4	
S3+S5	
S3+S6	
S4+S5	
S4+S6	
S5+S6	

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



JPN-1 P-4 P-1

P4-1

Japanese Merged (Japan)

Penalty Points

Incident number	Replacement	Student signature	Lab supervisor signature
1 (no penalty)			
2			
3			
4			
5			

4.1 (−40 pt)