

CHN-3 P-0 C-1

**CHN-3
Practical
HCI J196-2**





Practical Cover sheet

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

总则

- 本次考试有**3个实验**。
- 在实验考试之前，会给出**阅读 (READ)** 指令。你有 15 分钟的时间阅读整个试卷 (booklet)。在这段时间你**只能阅读，不要书写也不要使用计算器。不要开始任何实验也不要接触任何设备**。
- 在**开始 (START)** 指令发出后，你就可以开始实验。你有**5小时**完成实验。
- 所有信号均由响铃发出。
- 你将**先做且只能做实验 3(P3)**，最多可用**60分钟**。在此期间，只能用放在工作台上用于实验 3 的化学试剂和设备。时间到 50 分钟和 60 分钟时会有提醒。
- 只要你做完实验 3，就可以举起“技术支持 (technical assistance) 卡”，监考人员将**收走所有只用于实验 3 的药品和设备**。试题和答题纸由你自己保留。然后，你可以开始实验 1(P1) 和实验 2(P2) 的工作。这两个实验所需化学品及设备存放在工作台下方的柜子中。
- 所有的结果和答案必须用签字笔清楚地**写在答题纸指定的位置上**。在答题框外的答案将不予评判。印在试题中的图和表可用作写草稿，写在试题中的将不予评判。**确保把你的最终答案填写到答题纸上**。
- 对于选择题，**如果你想更改答案**，请将原勾选的框全部涂黑，在旁边另画新的方框。勾选选中答案对应的方框。
- 只可使用所提供的笔（放在 **P3** 的筐内）和计算器。
- 如需要澄清题意，可向监考人员要求提供英文原版试卷。
- 为了公平起见，实验期间**不得使用**实验台上的架子。
- 你可以使用实验台下方的**柜子**存放任何东西。当然，要在提交仅用于实验 3 的所有材料后才可使用柜子。
- 必须**遵守** IChO 规则中告知的**安全条例**。任何违反安全条例的行为，将会导致你被逐出实验室且你的实验成绩将以 0 分计。
- 除特别说明外，所提供的化学试剂和实验器皿在第一次出现失误时可以补充或者替换（一次）且不扣分。之后每出现一次问题，就在实验成绩的 40 分中扣去 1 分。
- 在各实验列表中的**化学试剂**仅可用于该实验。不遵守规定将导致你的实验成绩为零分。

- 在必要或者被要求时，在**你做实验位置**洗涤你所用玻璃器皿。不要在水槽洗涤玻璃器皿。
- 在实验**结束 (STOP)** 命令发出之前的 **30 分钟**，监考人员将会提醒大家。
- **结束 (STOP)** 命令发出之后，必须立即停止所有实验。不立刻停止实验或仍在书写将导致你的整个实验成绩为零分。
- 在**结束 (STOP)** 命令发出之后，监考老师将会在你的答卷上签名。
- 在你和监考老师均签名后，把**所有试题和答题纸连同封面放回信封中，不要封口**。将其和你的产物、薄层色谱 (TLC) 板一并提交，以便用于随后的成绩评定。
- 未经允许，你不得离开实验位置。如果你需要任何帮助，请举起相应的非语言交流卡片 (含义见下表)。
- 不要在二维码 (QR codes) 或者其附近写画任何东西。

			
我需要上厕所，吃点零食，或者休息一下	我需要技术支持	我需要紧急医疗帮助	我需要查看官方的英文试题，以澄清题意

非语言交流卡片的含义

GOOD LUCK!

题目和评分信息

	题目	试题页	答卷页	分数	百分比
1	漂白剂, 一种能改变物质颜色的试剂	10	4	70	16
2	滴定之变幻	4	4	90	13
3	简洁之美	2	4	59	11
				总分	40

物理常数和公式

常数

普朗克常数	$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
波兹曼常数	$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-2}$
光速	$c = 299792458 \text{ m s}^{-1}$
基本电荷	$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
阿伏加德罗常数	$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
气体普适常数	$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
法拉第常数	$F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$
标准压强	$p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
电子伏特	$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
电荷与电流	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$
绝对零度	$0 \text{ K} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$
埃	$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
皮米	$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$
纳米	$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
微米	$1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$
毫米	$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$
厘米	$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$
分米	$1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$
千米	$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$
兆米	$1 \text{ Mm} = 10^6 \text{ m}$
千兆米	$1 \text{ Gm} = 10^9 \text{ m}$
万亿米	$1 \text{ Tm} = 10^{12} \text{ m}$
圆周率	$\pi = 3.141592 \dots$
欧拉数	$e = 2.718281 \dots$

公式

理想气体状态方程	$pV = nRT = Nk_B T$
吉布斯自由能	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ $\Delta G^\circ = -RT \ln K^\circ$ $\Delta_r G^\circ = -nFE_{cell}^\circ$ 此处 n 为电子数 $\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln Q$
对于反应: $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ 的反应商 Q	$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$
能斯特方程	$E = E_0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$
电流	$I = Q/t$
法拉第方程	$I \cdot t = n \cdot z \cdot F$
电荷 q 在电场中的能量	$E = k \frac{q_1 q_2}{d}$
阿仑尼乌斯公式	$k = A \exp\left(\frac{-E_A}{RT}\right)$
朗伯-比尔公式	$A = \epsilon lc$
Henderson-Hasselbalch 公式	$\text{pH} = \text{pK}_a + \log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right)$
光子能量	$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
速率方程的积分关系	
零级反应	$[A] = [A]_0 - kt$
一级反应	$\ln[A] = \ln[A]_0 - kt$
二级反应	$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$
一级反应的半衰期	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$
二级反应半衰期	$t_{1/2} = \frac{1}{[A]_0 k}$
放射活度	$A = k \cdot N$
半径为 R 的球的表面积	$A = 4\pi R^2$
半径为 R 的球的体积	$V = \frac{4\pi}{3} R^3$

元素周期表

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.94																	9 F 19.00
4 Be 9.01																	8 O 16.00
11 Na 22.99																	17 Cl 35.45
12 Mg 24.31																	16 S 32.06
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 [226]	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

在实验室中，必须遵守以下规则：

- 不要在实验室里吃喝。不允许嚼口香糖。
- 只能在指定的区域做实验。保持你的工作区域和公共工作区整洁。
- 禁止未经授权的实验。不允许对实验进行修改。
- 小瓶和螺旋盖瓶必须尽可能保持密封。
- 不要用嘴吸移液管。使用洗耳球。
- 试剂洒落或打碎仪器需立即告知监考老师。有任何事故都请通知监考老师。
- 所有废物必须妥善丢弃，以防止污染或伤害。将溶液倒入贴有相应标签的容器。如果容器充满了，请通知监考老师。
- 在实验室禁止佩戴隐形眼镜。

实验考试期间，考生须穿戴：

遮住整个腿的裤子；

全盖脚面的平底鞋；

长袖实验服；

贴合面部轮廓的护目镜；

如果可以的话，把长发和胡须扎起来。

任何不遵守这些规则的学生将不被允许进入实验室，他们的实验考试将被取消，并会被逐出实验考试。

GHS 声明

涉及实验中所用材料的 GHS 危害和预防说明。它们的含义如下:

H-短语 物理危害

H224: 极易燃的液体和蒸气

H225: 高度易燃的液体和蒸气

H226: 易燃的液体和蒸气

H260: 与水接触释放出能够自燃的可燃气体

H272: 可能会加剧火势的氧化剂

H290: 可能腐蚀金属

H-短语健康危害

H301: 吞食会中毒

H301+H331: 吞食或吸入会中毒

H302: 吞食有害

H302+H312: 吞食或接触皮肤有害

H302+H312+H332: 吞食、吸入或接触皮肤有害

H302+ H332: 吞食或吸入有害

H304: 吞食并进入气道可能致命

H311: 接触皮肤会中毒

H311+H331: 接触皮肤或吸入会中毒

H314: 造成严重的皮肤灼伤和眼睛损伤

H315: 引起皮肤刺激

H317: 可能引起皮肤过敏性反应

H318: 造成严重的眼损伤

H319: 严重刺激眼睛

H331: 吸入会中毒

H332: 吸入有害

H335: 可能引起呼吸道刺激

H336: 可能引起嗜睡或头晕

H351: 怀疑致癌

H361: 怀疑损害生育能力或伤及胎儿

H361d: 怀疑损害胎儿

H361f: 怀疑损害生育能力

H371: 可能对器官造成伤害

H372: 长期或反复接触会对器官造成伤害

H373: 长期或反复接触可能对器官造成伤害

H-短语环境危害

H400: 对水生物有剧毒

H410: 对水生生物有极高毒性，且影响持久

H411: 对水生生物有毒，且影响持久

H412: 对水生生物有害，且影响持久

H441: 对陆生无脊椎动物有剧毒

预先预防声明

P202: 在阅读并理解所有安全预防措施之前，不要操作。

P210: 远离热源、热表面、火花、明火和其他火源。禁止吸烟。

P220: 远离（或存放时）衣物等可燃材料。

P223: 不允许与水接触。

P231: 在惰性气体下处理和存放物品。

P232: 防潮。

P233: 保持容器密封。

P234: 只能用原包装保存。

P235: 凉处保存。

P240: 地面和粘结容器和接收设备。。

P241: 使用防爆电器/通风/照明/设备。

P242: 只能使用无火花的工具。

P243: 采取措施防止静电放电。

P260: 不要吸入灰尘/烟雾/气体/雾/蒸汽/喷雾。

P261: 避免吸入灰尘/烟雾/气体/薄雾/蒸气/喷雾。

P264: 使用后彻底清洗。

P270: 使用本产品时不要吃、喝或吸烟。

P271: 只能在室外或通风良好的地方使用。

P273: 避免释放到环境中。

P280: 戴防护手套/防护服/护眼/防护面罩。

应对预防声明

P301: 如果吞食:

P301+P310: 如果吞食: 立即呼叫解毒中心或医生/内科医生。

P301+P312: 如果吞食: 如果你感觉不适, 呼叫解毒中心或医生/内科医生。

P301+P330+P331: 如果吞食: 漱口。不要诱导呕吐。

P302: 如果在皮肤上:

P302+P352: 如果接触皮肤: 用肥皂和水清洗。

P303: 如果在皮肤(或头发)上:

P303+P361+P353: 如果沾到皮肤(或头发): 立即脱下所有被污染的衣服。用水(或淋浴)冲洗皮肤。

P304: 如果吸入:

P304+P340: 如吸入: 将病人移到空气新鲜的地方, 保持舒适的呼吸姿势休息。

P304: 如果进入眼睛:

P305+P351+P338: 如果进入眼睛: 用清水持续冲洗几分钟。取下隐形眼镜(如果有的话, 这很容易做到), 继续冲洗。

P308: 如果暴露或触碰:

P308+P311: 如果暴露或触碰: 呼叫解毒中心或医生/内科医生。

P310: 立即呼叫解毒中心或医生/内科医生。

P311: 呼叫解毒中心或医生/内科医生。

P312: 如果感觉不适，呼叫解毒中心或医生/内科医生。

P313: 寻求医疗建议/治疗。

P314: 如果感觉不适，寻求医疗建议/治疗。

P315: 立即寻求医疗建议/治疗。

P320: 紧急进行特殊治疗 (参见……标签上)。

P330: 冲洗口腔。

P331: 不要催吐。

P332: 如果出现皮肤刺激：

P332+P313: 如果出现皮肤刺激：寻求医疗建议/治疗。

P337: 如果眼部刺激持续：

P337+P313: 如果眼部刺激持续：寻求医疗建议/治疗。

P338: 取下隐形眼镜 (如果有的话，这很容易做到)，继续冲洗。

P340: 把病人移到空气新鲜的地方，保持适合呼吸的姿势休息。

P351: 小心地用清水冲洗几分钟。

P352: 用大量清水冲洗。

P353: 用水冲洗皮肤或淋浴。

P361: 立即脱下所有被污染的衣服。

P363: 重新使用之前清洗被污染的衣服。

P370: 万一着火:

P370+P378: 万一着火: 用…扑灭。

P378: 用…扑灭。

P391: 收集溢出物。

储存预防声明

P403: 存放于通风良好之处。

P403+P233: 存放于通风良好之处。保持容器密封。

P403+P235: 存放于通风良好之处。保持凉爽。

P405: 上锁存放。

P422: 存放于…

处置预防声明

P501: 将内容物/容器处理至…

化学试剂、玻璃器皿和设备一览表; List of Chemicals, Glassware, and Equipment

实验 1: 漂白剂, 一种能改变物质颜色的试剂

化学试剂; Chemical	标为; Labelled as	注 释; Com-ment	GHS 说明; GHS Statements
CH₃COOH , 4 mL	"AcOH"	腐蚀性的	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 开 剂; Eluent (C ₆ H ₁₄ /EtOAc, 80:20, v/v), 15 mL	"展开剂"; "Eluent"	易燃的	Ethyl Acetate: 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. Hexane: 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
2 M HCl 水溶液 , 25 mL; HCl , 2 M in H ₂ O, 25 mL	"2 M HCl"	腐蚀性的	H290, H314, H318, H335; P260, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338

对甲氧基苯乙酮; <i>p</i> - Methoxyacetophenone , 2 x 500 mg	"SM-A" "SM-B"		H302, H315; P264, P270, P280, P301+P317, P302+P352, P321, P330, P332+P317, P362+P364, P501
NaHSO₃ 水溶液 (ca. 40% in H ₂ O), 8 mL	"NaHSO3 (aq)"		H302; P264, P270, P301+P317, P330, P501
NaOCl 水溶液 (ca. 14% in H ₂ O), 7.5 mL 用于产物 A 的制备, 4.0 mL 用于产物 B 的制备	"Bleach-A" "Bleach-B"	腐蚀性的	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
Na₂SO₄ , ca. 5 g (大约 5 g)	"Na2SO4"		H315, H318; P264, P264+P265, P280, P302+P352, P305+P354+P338, P317, P321, P332+P317, P362+P364
C₆H₅CH₃ , 40 mL	甲苯, "Toluene"	易燃的	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
蒸馏水, Distilled water	"dest. Wasser" (德 语, 蒸馏水)		参照 (EC) 标准 no. 1272/2008, 无害
NaOH 水溶液 (1 M in H ₂ O), 6.7 mL	"NaOH (aq)"	腐蚀性的	H290, H314; P260, P264, P280, P301+P330+P331, P302+P361+P354, P304+P340, P305+P354+P338, P316, P321, P363, P405, P501
(CH₃)₂CO	丙酮, "Aceton"	易燃的	H225, H319, H336; P210, P233, P240, P241, P242, P305 + P351 + P338

自用设备, Personal equipment	数量, Quantity
铁架台, Laboratory stand	1
带固定夹的夹子, Clamp with clamp holder	4
带加热的磁力搅拌器, Magnetic stirrer with hotplate	1
磁子 (棒状, 约 2.5 cm), Magnetic stir bar (rod-shaped, 2.5 cm)	1
磁子 (橄榄形, 约 2 cm 长, 1 cm 宽), Magnetic stir bar (olive-shaped, 2 cm long, 1 cm thick)	1
水浴: 培养皿 (水充至 1/3, 放有一个磁子); Water bath: crystallization dish (filled 1/3 with water, equipped with 1 magnetic stir bar)	1
温度计 (0 – 100 °C), Thermometer (0 – 100 °C)	
圆底烧瓶 (50 mL), Round-bottom flask (50 mL)	2
分馏柱; Vigreux column	1
弯形连接头, 与气体吸收瓶相连接; Hose adapter, bent, connected to gas bubbler	
装有吸收液 (EtOH/aq. 1 M NaOH, 10:90, v/v)、带有 PVC 软管的尾气吸收瓶; Gas bubbler with PVC hose, charged with trap solution (EtOH/aq. 1 M NaOH, 10:90, v/v)	
量筒 (10 mL), Measuring cylinder (10 mL)	1
量筒 (50 mL), Graduated cylinder (50 mL)	1
锥形瓶 (50 mL), Erlenmeyer flask (50 mL)	1
带有橡胶保护套和橡胶垫圈的抽滤瓶 (500 mL), 与真空安全瓶相连接; Suction flask (500 mL), with rubber protection sleeve and rubber gasket, connected to vacuum trap	1
与真空装置连接的真空安全瓶, Vacuum trap, connected to vacuum module	1
玻璃砂芯漏斗 (8 mL), Glass filter crucible (8 mL)	1
带塑料塞的分液漏斗; Separatory funnel (50 mL) with plastic stopper	1
玻璃漏斗, Glass funnel	1
带盖的 TLC 展开缸, TLC elution chamber with lid	1
TLC 板, 放在标有 "TLC + [参赛号]" 的封口袋中, TLC plate, in the ziplock bag labeled "TLC + [student code]"	3

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

CHN-3 P-0 E-4

E0-4

Chinese (China)

TLC 毛细管, TLC capillary	6
标有" TLC-SM", "TLC-A", 和" TLC-B" 的小瓶 (4 mL), Vials (4 mL), labeled "TLC-SM", "TLC-A", and "TLC-B"	3
标有" 产物 A + [参赛号]" 的小瓶 (20 mL), Vial (20 mL), labeled "Product A + [student code]"	1
标有" SM-A", "SM-B", "Bleach-A", "Bleach-B", "AcOH", "NaOH (aq)", "NaHSO ₃ (aq)", "Na ₂ SO ₄ " 的小瓶 (20 mL), Vials (20 mL), labeled "SM-A", "SM-B", "Bleach-A", "Bleach-B", "AcOH", "NaOH (aq)", "NaHSO ₃ (aq)", "Na ₂ SO ₄ "	8
标有" 展开剂", " 甲苯" 和" 2 M HCl" 的储液瓶 (50 mL); Bottles (50 mL), labeled "Eluent", "Toluene", and "2 M HCl"	3
标有" 产物 B + [参赛号]" 的容量瓶 (50 mL); Volumetric flask (50 mL), labeled "Product B + [student code]"	1
滴管, Pasteur pipette	12
烧杯 (100 mL), Beaker (100 mL)	1
药匙 (大的), Spatula (large)	1
药匙 (小的), Spatula (small)	1
镊子, Tweezers	1
黄色夹子, Joint clip	1
软木圆孔垫, Cork ring	1
pH 试纸, 放在标有" TLC +[参赛号]" 的封口袋中; pH Indicator strip, in the ziplock bag labeled "TLC +[student code]"	10
滤纸, Filter paper	1
铅笔, Pencil	1
尺子, Ruler	1
盛有丙酮的洗瓶 (500 mL); Squeeze wash bottle for acetone (500 mL)	1
用于废物回收、标有" 废物 (水溶液)" 且预充 Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液的瓶子 (250 mL), Bottle for aqueous waste (250 mL), labelled "Waste (aq)", pre-charged with Na ₂ S ₂ O ₃ solution	1
用于有机废物回收、标有" 废物 (有机)" 的瓶子 (100 mL); Bottle for organic waste (100 mL), labelled "Waste (org)"	1
称量纸; Weighing paper	3

公用设备; Shared equipment	数量 (每实验室, 20 capita)
紫外灯; UV lamp	1
用于取出磁子的磁棒; Magnetic stir bar remover	2
碎冰, 篮子; Crushed ice, bucket	2

实验 2: 滴定之变幻

化学试剂; Chemical	状态; State	注释; Comment	GHS 危害说明; GHS Hazard Statements
CaCl₂·2H₂O	固 体; Solid	置于标有" CaCl₂·2H₂O + [参赛号] + [质量]"的小瓶中; in vial labeled " CaCl₂·2H₂O + [student code] + [mass]"	H319; P264, P280, P305 + P351 + P338, P337 + P313
蒸馏水; Distilled water	液 态; Liquid	盛于标有" dest. Wasser "的洗瓶中; In wash bottle labeled " dest. Wasser "	根据 (EC) 规则 No. 1272/2008, 为无害物; Not a hazardous substance or mixture according to Regulation (EC) No. 1272/2008
EDTA 标准溶液 (10.0 mM); EDTA standard solution (10.0 mM)	液 态; Liquid	500 mL, 盛在标有" EDTA "的 PE 瓶中; 500 mL, in PE bottle labeled " EDTA "	H290, H314, H335; P234, P261, P271, P280, P303 + P361 + P353, P305 + P351 + P338
0.1 M HCl	液 态; Liquid	10 mL, corrosive, in vial labeled " 0.1 M HCl "; 10 mL, 有腐蚀性, 盛在标有" 0.1 M HCl "的小瓶中	H290; P234, P390
样品 (混合物), 溶于 HCl, pH = 1; Sample (mixture), dissolved in HCl, pH = 1	液 态; Liquid	盛在标有" Sample + [参赛号] + [质量]", 的小瓶中, 有腐蚀性; in vial labeled " Sample + [student code] + [mass]", corrosive	H290, H319; P234, P264, P280, P305 + P351 + P338, P337 + P313, P390
铬黑 T (1 wt. % in NaCl); Eriochrome® Black T (1 wt. % in NaCl)	固 态; Solid	1 g, 指示剂, 放在标有" Erio T "的小瓶中; 1 g, indicator, in vial labeled " Erio T ";	H319, H411; P264, P273, P280, P305 + P351 + P338, P337 + P313, P391
凡拉明蓝 (1 wt. % in NaCl); Variamine Blue (1 wt. % in NaCl);	固 态; Solid	1 g, 指示剂, 放在标有" Variamine "的小瓶中; 1 g, indicator, in vial labeled " Variamine "	H302, H312, H332; P264, P270, P301 + P312, P330, P501, P280, P302 + P352, P312, P322, P363, P261, P271, P304 + P340
Schwarzenbach 缓冲溶液 (pH = 10, c_{HB+} + c_B = 8.8 M); Schwarzenbach buffer (pH = 10, c_{HB+} + c_B = 8.8 M)	液 态; Liquid	10 mL, 含 NH ₄ Cl 和 NH ₃ , 盛在标有" 缓冲液 "的小瓶中; 10 mL, containing NH ₄ Cl and NH ₃ , in vial labeled " Buffer "	H302, H314, H319, H335, H410; P261, P264, P270, P271, P273, P280, P303 + P361 + P353, P305 + P351 + P338, P310 + P312, P337 + P313
乙醇; Ethanol	液 态; Liquid	200 mL, 易燃, 盛在标有" EtOH "的 250 mL 瓶中; 200 mL, flammable, in 250 mL bottle labeled " EtOH "	H225, H319; P210, P233, P240, P241, P242, P305 + P351 + P338

物品; Item	数量; Count
20 mL 小瓶; 20 mL vial	6, 分别标有" CaCl₂·2H₂O + 参赛号] + [质量 s]", " 0.1 M HCl ", " Erio T ", "样品 + [参赛号] + [质量]", "凡拉明", "缓冲液"; 6, labeled " CaCl₂·2H₂O + [student code] + [mass] ", " 0.1 M HCl ", " Erio T ", " Sample + [student code] + [mass] ", " Variamine ", " Buffer "
容量瓶 (100 mL); Volumetric flask (100 mL)	1
容量瓶 (250 mL); Volumetric flask (250 mL)	1
小漏斗, 用于滴定管充液; Small funnel, fitting the burette	1
药匙; Spatula	1
锥形瓶 (300 mL); Erlenmeyer flask (300 mL)	3
移液管 (5.0 mL); Volumetric pipette (5.0 mL)	1
洗耳球; Pipette bulb	1
量筒 (50 mL); Graduated cylinder (50 mL)	1
滴管; Glass Pasteur pipette	4
滴定管 (50 mL); Burette (50 mL)	1
带蝴蝶夹的铁架台; Laboratory stand with burette holder	1
塑料瓶 (500 mL), 标有" EDTA "	1
储液瓶 (250 mL, 标有" EtOH "); Bottle (250 mL, labeled " EtOH ")	1
烧杯 (50 mL); Beaker (50 mL)	1
移液管 (20.0 mL); Volumetric pipette (20.0 mL)	1
烧杯 (1000 mL), 标有" 废物 (P2) "; Beaker (1000 mL), labeled " Waste (P2) "	1

实验 3: Beauty in Simplicity

化学试剂; Chemical	状态; State	注释; Comment	GHS 危害说明; GHS Hazard Statements
溶液 S1-S6 ; Solutions S1-S6	液体; Liquid	腐蚀性的, 放在标有" S1"/"S2"/"S3"/"S4"/"S5"/"S6" + " [参赛号] " 的小瓶中; Corrosive, in vials labeled " S1"/"S2"/"S3"/"S4"/"S5"/"S6" + " [student code] "	H272, H290, H301, H302, H314, H315, H318, H319, H332, H335, H373, H400, H410, H411

物品; Item	数量; Count
标有" Waste (P3) " 的小瓶 (100 mL); Bottle (100 mL), labeled " Waste (P3) "	1
样品瓶 (20 mL), 标有" S1"/"S2"/"S3"/"S4"/"S5"/"S6" + " [参赛号] "; Sample vials (20 mL), labeled " S1"/"S2"/"S3"/"S4"/"S5"/"S6" + " [student code] "	6
试管; Test tubes	18
滴管; Glass Pasteur pipettes	10
试管架; Test tube rack	1

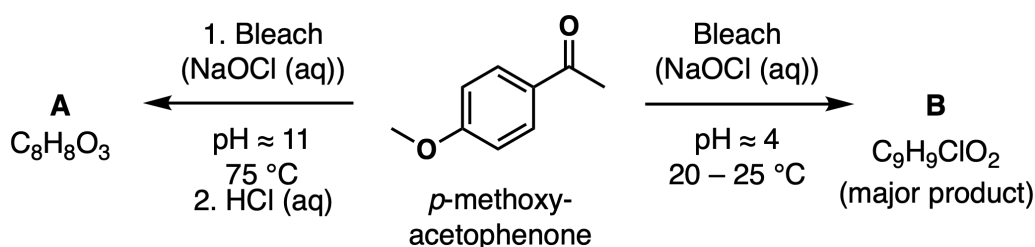
在所有实验中公用的仪器; Equipment shared among all problems

用于所有实验的自用设备; Personal Equipment for all Problems	数量; Quantity
签字笔, 在 "P3" 盒子里; Pen, in box " P3 "	1
记号笔, 在 "P3" 盒子里; Felt pen, in box " P3 "	1
用于滴管的橡胶头。放在 "P3" 筐中; Rubber bulb for Pasteur pipettes, in box " P3 "	3
保护手套; Protective gloves	根据需向监考老师索要 (S, M, L, XL 码); (S, M, L, XL) available upon request to lab assistant
纸巾卷; Paper towel roll	1
盛水的洗瓶 (500mL), 可随时补充, 不扣分; Squeeze wash bottle for water (500 mL), to be refilled w/o penalty at any time	1

漂白剂，一种能改变物质颜色的试剂

占总成绩 16%													
题目	Yield A	TLC A	Deductions A	Yield B	TLC B	Deductions B	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	总分
分数	25	3	-6	25	3	-25	4	2	2	2	2	2	70
得分													

实验步骤



Bleach: 漂白剂; *p*-methoxyacetophenone: 对甲氧基苯乙酮; major product: 主产物。

产物 A 的制备

1. **打开** 磁力搅拌器开始加热。为了将水浴温度加热到 70 - 80 °C，需要将控制旋钮**设置**在 100 °C 和 150 °C 之间。搅拌水浴。可以将温度计夹在支架上，**控制**水浴温度。
2. 在水浴加热的同时，用小镊子从标记为“SM-A”的小样品瓶中**取**少量对甲氧基苯乙酮，将其**加入**到标记为“TLC-SM”的小样品瓶中，并将其**放置在一边**，以供后续进行薄层色谱 (TLC) 分析使用 (在完成产物 B 的制备后，再一起进行 TLC 分析)。
3. 在 50 mL 圆底烧瓶中，**加入** 橄榄形磁子，500 mg 对甲氧基苯乙酮 (瓶中标记为“SM-A”样品瓶中的所有量，可以利用称重纸进行转移)，6.7 mL NaOH 水溶液 (标记为“NaOH (aq)”的样品瓶中所有量)，和 7.5 mL 漂白剂 (标记为“Bleach-A”样品瓶中的所有量)。
4. 将圆底烧瓶夹在铁架台上，调整铁夹的位置，将烧瓶**放入**水浴中。**确保**反应混合液快速搅拌 (约 750 rpm，转数约为 750 转/分钟)。
5. 如图 1 所示，将分馏柱 (Vigreux column) **连接到**烧瓶上。在分馏柱上，**连接**带有塑料软管接头，该接头通过塑料软管连接到尾气吸收瓶 (瓶中装有 NaOH 的 EtOH/H₂O 溶液)。用黄色塑料夹**固定**连接部分。

6. 反应在 70 - 80 °C 下进行 60 分钟。

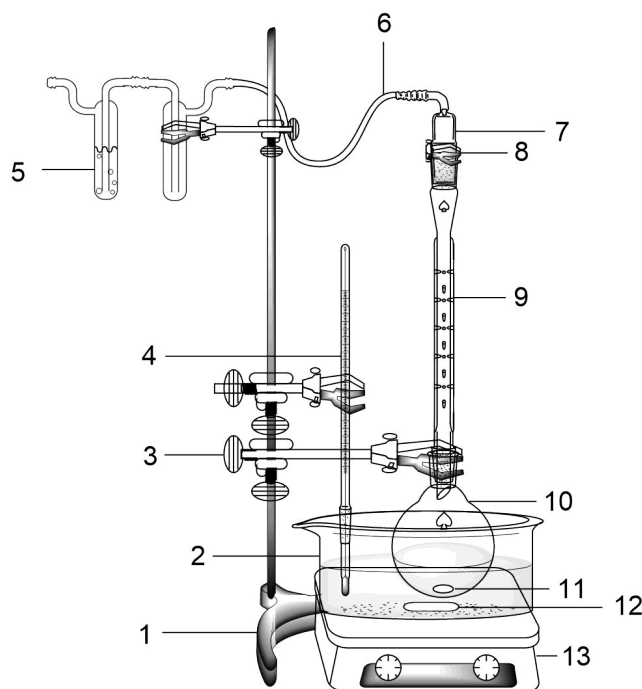


图 1: 1 = 铁架台, 2 = 水浴, 3 = 铁夹, 4 = 温度计, 5 = 尾气吸收瓶, 6 = 塑料软管, 7 = 带内磨砂玻璃的连接头, 8 = 黄色塑料夹, 9 = 分馏柱, 10 = 圆底烧瓶, 11 = 磁子, 12 = 磁子, 13 = 可加热的电磁搅拌器

7. **关闭** 加热开关, 调整铁夹的位置, 将烧瓶**抬高** 到水浴液上方, 小心**移除** 水浴, 在搅拌下让反应液**冷却**, 以进行下一步反应。
8. **拆卸** 与分馏柱连接的带内磨砂玻璃接头, 断开排气管。**取下** 分馏柱 (在制备产物 B 时会继续使用分馏柱)。
9. 向监考老师**索要** 碎冰, 并在冰水浴中**冷却** 反应烧瓶, 同时继续搅拌约 5 分钟。
10. 将烧瓶继续放在冰水浴中, 用滴管从标有 “ NaHSO_3 (aq)” 的样品瓶中抽取 NaHSO_3 水溶液 (aq, 40%), 缓慢**加入** 到烧瓶的反应液中, 一共需要加入约 5 mL; (如图 2 所示, 1/2 滴管的溶液相当于 1 mL)。继续搅拌反应液, 稍后会产生白色沉淀 (产物 A)。

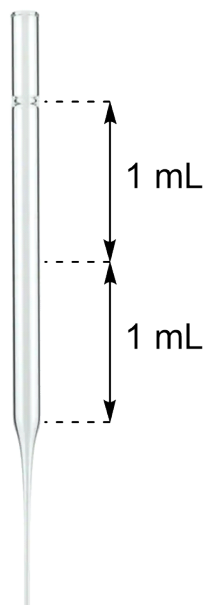


图 2: 滴管示意图。从滴管上方的凹陷处到下方约 2 mL，一半处近似体积约为 1 mL (比例 1:2)

11. 用滴管从标记为“**2 M HCl (aq)**”的螺旋盖玻璃瓶中抽取 HCl 水溶液，加入反应液中，将反应液的 pH 调至 1-2，一共需要取用约 6-8 mL HCl 水溶液。随时可以用 pH 指示条 (参考图 3 颜色图案) 检测反应液的 pH。常规的做法为，用干净的滴管从反应瓶中取少量反应液，在 pH 指示条上滴一滴，**不要** 将指示条直接浸入反应液中。**继续** 加入 HCl，直到 pH 约为 1-2，然后**停止** 加入 HCl。

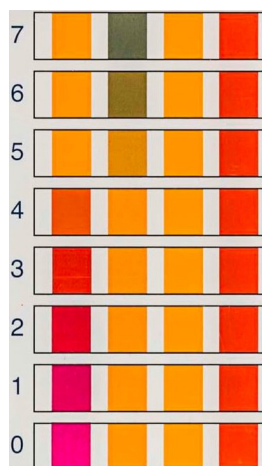


图 3: 通过与 pH 试纸条上的色标区进行目视比较来确定 pH 值。pH 试纸条上的所有四个反应区都必须与给定 pH 值下的色标相匹配。左侧所示的数字为相应的 pH。你可以要求实验室助理查看印有色标的标准品。

12. 向监考老师索要磁棒。关掉电磁搅拌器，用磁棒从烧瓶中取出磁子。先用水(洗磁子的水必须进入“含水废液”)清洗磁子，然后用丙酮(洗磁子的丙酮必须进入“有机废液”)清洗，然后用纸巾擦干磁子。磁子将在后续反应中继续使用。
13. 安装真空过滤装置：如图 4 所示，在铁架台上用铁夹锁紧抽滤瓶，确保锥形橡胶垫圈位于橡胶保护圈上。

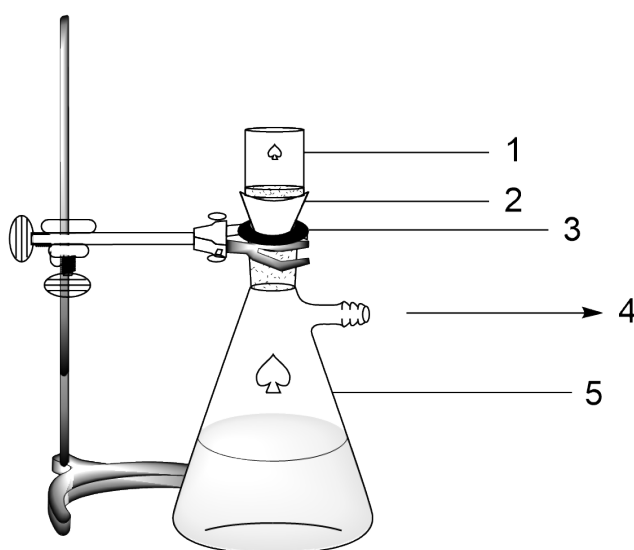


图 4:1 = 玻璃砂芯漏斗, 2 = 锥形橡胶垫圈, 3 = 橡胶保护圈, 4 = 连接真空, 5 = 抽滤瓶。

14. 将玻璃砂芯漏斗放在锥形橡胶垫圈上。一定要确保固定抽紧。
15. 抽真空，将待过滤固体的悬浮液倒入玻璃砂芯漏斗中。根据反应液的量，可以分批倒入玻璃砂芯漏斗中。
16. 每次用 10 mL 水彻底洗涤固体，一共 2 次(可用量筒量取水)。
17. 将大部分水分抽走，尽可能使滤渣干燥(但不要超过 10 分钟)，然后断开真空体系，并关闭真空。
18. 用小镍勺取少量产品 A，放入在标记为“TLC-A”的样品瓶中，以备后续薄层色谱(TLC)分析用(待稍后进行)。
19. 用镍勺将产品从磨砂玻璃漏斗中转移入标有“Product A + [你的参赛号]”的样品瓶中。
20. 将标有“产品 A + [你的参赛号]”的样品瓶盖子上。所有实验结束后，将其交给由你的实验室助理。
21. 将抽滤瓶中的滤液倒入“含水废物”瓶中。

产物 B 的制备

1. 取 一个未用过的 50 毫升圆底烧瓶，加入一个橄榄形磁子，将烧瓶用铁夹夹在 铁架台上。
2. 在烧瓶中加入500 mg 对甲氧基苯乙酮 (*p*-methoxyacetophenone, “SM-B” 瓶的全部量，可以利用称量纸进行转移) 和 4 mL 冰醋酸 (“AcOH” 瓶的全部量)。
3. 一边搅拌，一边用滴管将 4.0 mL 漂白剂 (“Bleach-B” 样品瓶的全部量) 慢慢滴加入 烧瓶中，大约需要 1-2 分钟。
4. 将分馏柱连接 到烧瓶上。
5. 将电磁搅拌转速控制在 750 转/分钟，在室温下快速搅拌，反应 45 分钟。
6. 取下 分馏柱，用滴管将约 3 mL 亚硫酸氢钠水溶液 (40%) (装 NaHSO₃ (aq) 小样品瓶的剩余量) 慢慢滴加入 反应液中，约需 1 分钟。请注意，在滴加过程中，反应液会变热。
7. 向监考老师索要 磁棒。关掉 电磁搅拌器，用磁棒从烧瓶中取出 磁子。
8. 用铁夹将一个 50 毫升的分液漏斗固定 在铁夹台上。加入10 mL 水 (可用量筒量取)。
9. 利用玻璃漏斗将反应液从圆底烧瓶倒入 分离漏斗中。
10. 加入 约 10 mL 甲苯 (可用量筒从标有 “Toluene” 的螺旋盖瓶中量取)，然后取下 分液漏斗。
11. 用塞子塞紧 分液漏斗，并用力摇晃 一会儿。停止摇晃时，及时排气，可以重复几次。确保 分液漏斗的口远离您和他人。
12. 停止 摇晃，再次放气，然后将其夹 在铁架台上。把塞子取下，然后放置 分层。
13. 将下面的 (水) 层排到 用过的圆底烧瓶中。将含有产物 B 的上层 (有机层)倒入50 mL 的锥形瓶中。
14. 重复步骤 9 至步骤 13 两次，用甲苯再萃取 水相两次。将所有的有机萃取液收集 在同一个锥形瓶中。
15. 用丙酮润洗 玻璃漏斗 (用过的丙酮倒入标有 “Organic Waste” 的瓶中)，放置，使其干燥。
16. 将硫酸钠 (标着 “Na₂SO₄” 样品瓶的全部量) 加入 锥形瓶中，干燥有机萃取液。加入 棒状磁子，在电磁搅拌器上搅拌 有机萃取液，约 3 分钟，然后关闭 搅拌器。
17. 将玻璃漏斗放在 铁架台的铁夹上，将漏斗嘴放入 标有 “Product B + [你的参赛号] 产品” 的容量瓶中。将一张滤纸放入 玻璃漏斗中，用滴管取少量甲苯浸湿滤纸。

- 将锥形瓶中的有机萃取液过滤到“**Product B + [你的参赛号]**”的容量烧瓶中(溶液未达到标记线)。用同一根滴管, 用约 5 mL 甲苯冲洗锥形瓶, 并将这些溶液一起倒入玻璃漏斗中。
- 用滴管将 4 滴“**产物 B**”溶液转移到标有“**TLC-B**”的样品瓶中。
- 将容量瓶的塞子盖上。待所有实验结束后, 将其交给你的实验室助理。
- 将以上过程中产生的所有废水倒入标有“**Aqueous Waste**”的瓶子中。

薄层色谱 (TLC) 分析

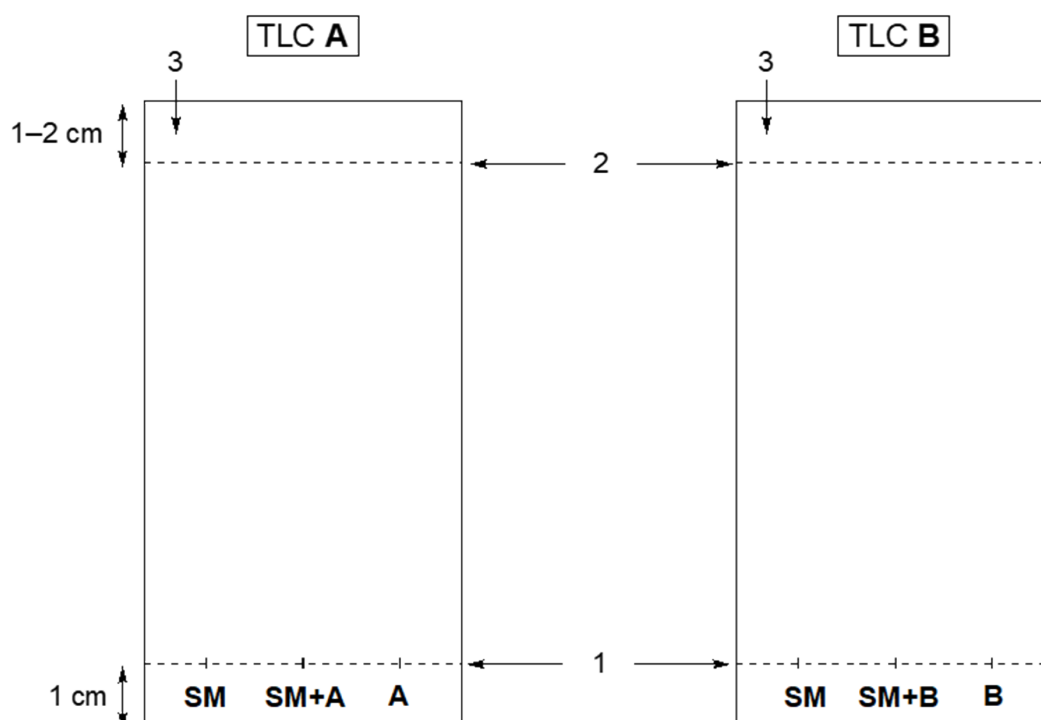


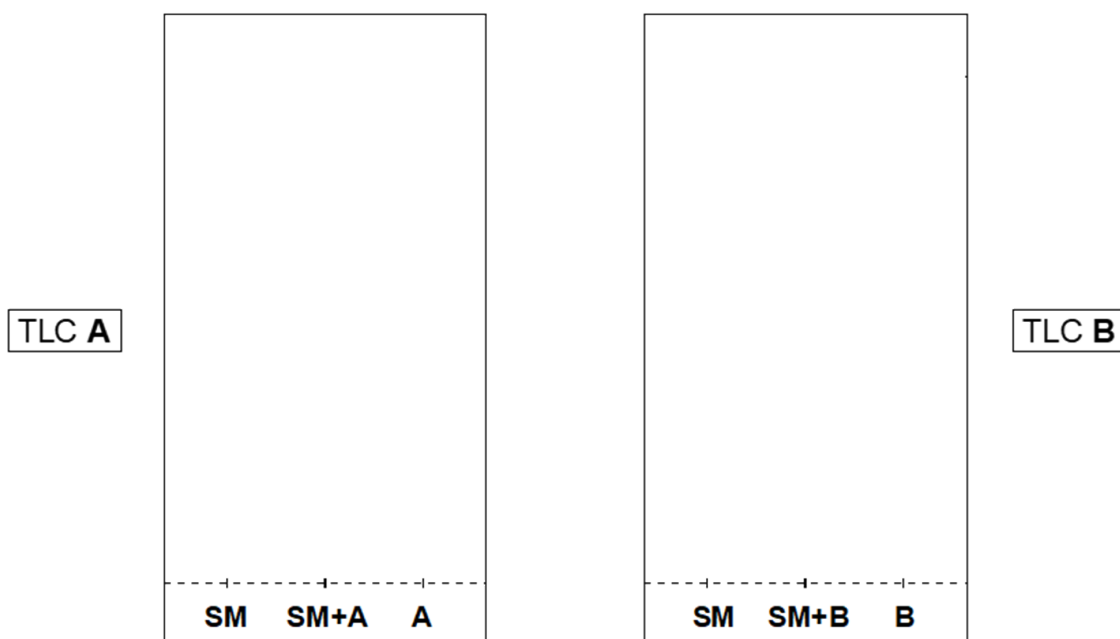
图 5: SM = 起始原料 = *p*-methoxyacetophenone 对甲氧基苯乙酮, A = 产物 A, SM + A = 原料与产物 A 混合物, B = 产物 B, SM + B = 原料与产物 B 混合物。

1 = 起始线, 2 = 前沿, 3 = 在此处写下你的参赛号。

- 准备** 展开瓶: 将展开液 (比例为 80:20 的正己烷/乙酸乙酯混合物, 在标有“**Eluent**”的带螺旋盖的瓶中)倒入带铁盖瓶中, 展开液的高度约为 0.5 cm, 并盖上盖子。如果有必要, 你可以向你的监考老师索要更多的展开液, 且不会被扣分。
- 准备** 你的样品: 用滴管分别向标有“**TLC SM**”、“**TLC-A**”和“**TLC-B**”的样品瓶中加入约 0.5 mL 展开液,

溶解或稀释样品。盖上 标有 “TLC-A” 样品瓶的瓶盖，为了加快溶解，摇晃 约 0.5 分钟。

- 准备 一个用于分析产物 A 的 TLC 板 (固定相: 铝箔上的 SiO_2) (如图 5 左所示): 用铅笔和尺子, 在 TLC 板上约 1 厘米处轻轻画上 起始线, 并标记 3 个点的位置, 分别写上为 “SM” (原料, 对甲氧基苯乙酮)、“A” (产物 A), “SM + A” (SM 和产品 A 的混合物的共点, 将两种溶液用毛线管点在同一个位置处)。在 TLC 板的左上角, 写下你的参赛号。
- 用同样方法准备 另一个 TLC 板, 用于分析产物 B (如图 5 右所示)。
- 根据刚刚完成的标记, 使用毛细管在起始线上对两个 TLC 板进行滴加 分析样品的溶液 (图 5)。每个样品均需使用 不同的毛细管。等待 溶剂挥发, 样品点变干。
- 展开 TLC 板 (可同时进行, 或者依次进行: 一块 TLC 板完成后, 再展开另一块板): 用镊子将 TLC 板放入 展开瓶中, 并盖上 盖子。让 展开液到达 TLC 板顶部下方 1 - 2cm 处。打开 盖子, 用镊子将 TLC 板从瓶子中取出。用铅笔轻轻在展开液的前沿处划线, 然后让 TLC 板自然风干。
- 将干燥后的 TLC 板放在公用实验台上, 在紫外灯下观察。用铅笔轻轻圈出所有 可见的样品点。
- 在答题纸所给的模板上, 将 TLC 板在紫外灯下观察到的样品点照样画出, 并按照 这些结果回答答题纸中与 TLC 相关的问题。



- 小心地将干燥的薄层色谱板放入 有你的参赛号的带封口的塑料袋中。避免 TLC 板互相划伤。

10. **准备好** 以下物品，待监考老师收取：

- 所有装有你产品的玻璃样品瓶和容量瓶。这些瓶子上必须标有你的参赛号和相应产品的名称 (“**Product A + [你的参赛号]**” 和 “**Product B + [你的参赛号]**”)。
- 一个标有你的参赛号的**带封口的塑料袋**，里面有两块 TLC 板 (产品 A 和 B 的 TLC 板)。

分析- 此处由判卷老师完成 (你无须填写)

Yield.A 25pt

TLC.A 3pt

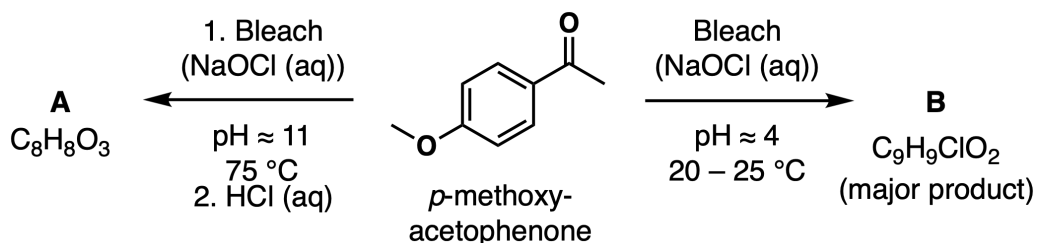
Ded.A -6pt

Yield.B 25pt

TLC.B 3pt

Ded.B -25pt

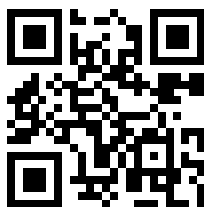
问题



Bleach: 漂白剂; *p*-methoxyacetophenone: 对甲氧基苯乙酮; major product: 主产物。

回答以下问题，挑出正确的答案框 (每个问题只有一个正确答案; 模棱两可的答案将被确定为不正确)

- 1.1** 根据上述的 TLC 板分析结果回答以下问题 a-d (固定相: 铝箔上的 SiO_2 ; 展开液: 比例为 80:20 的正己烷/乙酸乙酯)。如果 TLC 板的结果没有画在答题纸上, 将不给分。 4pt
- 比较产物 **A** 和 **B**, 哪个极性更强? 勾选 正确的答案。
 - 比较产物 **A** 和起始原料 **SM**, 哪个极性更强? 勾选 正确的答案。
 - 你的产物 **A** 中是否还有剩余的起始原料? 勾选 正确的答案。
 - 你的产物 **B** 中是否还有剩余的起始原料? 勾选 正确的答案。
- 1.2** 判断 产物 A 的结构 (分子式为 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$)。可能的答案可以在答题纸上找到。 2pt
- 1.3** 从产物 **A** ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$) 的分子式可以明显看出, 在 **A** 的形成过程中, 一个 C1 (只含有一个碳原子) 片段从起始原料 ($\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$) 上裂解下来, 反应后, 这个 C1 片段转化的产物中含有氯。 判断 其结构, 勾选 正确答案。可能的答案可在答题纸上找到。 2pt
- 1.4** 产物 **A** 的形成过程为一个氧化还原反应。 2pt
- 在这个反应中, 哪种原子 (元素) 的氧化态增加了? 在答题纸上 勾选 正确答案。
 - 在这个反应中, 哪种原子 (元素) 的氧化态降低了? 在答题纸上 勾选 正确答案。
- 1.5** 判断 产物 **B** 的结构 (实验式 $\text{C}_9\text{H}_9\text{ClO}_2$), 勾选 正确答案。可能的答案可在答题纸上找到。 2pt
- 1.6** 在产物 **B** 的形成过程中, 在反应体系中加入 NaHSO_3 (aq)。在反应过程中, 亚硫酸氢负离子 (HSO_3^-) 会发生化学变化。 判断 亚硫酸氢负离子转化为哪种物种, 勾选 正确答案。 注意, 这个结果不是指该物种的质子化状态 (这里忽略酸碱平衡)。可能的答案可在答题纸上找到。 2pt



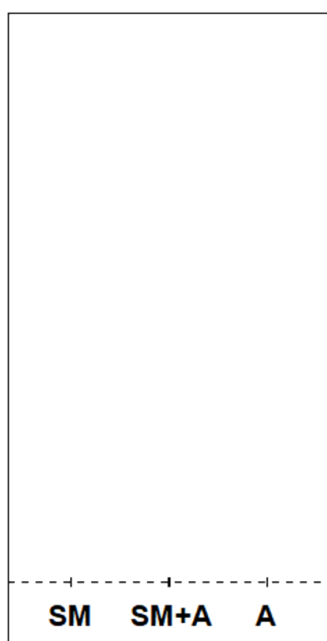
漂白剂，一种能改变物质颜色的试剂

占总成绩 16%													
小题	Yield A	TLC A	Deductions A	Yield B	TLC B	Deductions B	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	总分
分数	25	3	-6	25	3	-25	4	2	2	2	2	2	70
得分													

薄层色谱 (TLC) 分析

在以下模板上，画出第 8 步 TLC 分析后的展开结果：

TLC A



TLC B



Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



CHN-3 P-1 A-2

A1-2
Chinese (China)

提交项目

Product A	<input type="checkbox"/>		
Product B	<input type="checkbox"/>		
TLC A	<input type="checkbox"/>		
TLC B	<input type="checkbox"/>		
签名			
		学生签名	Lab Assistant

分析-此处由改卷老师完成 (你无须填写)

Yield.A (25 pt)

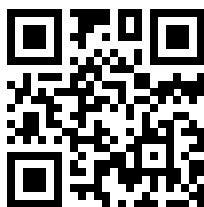
TLC.A (3 pt)

Ded.A (-6 pt)

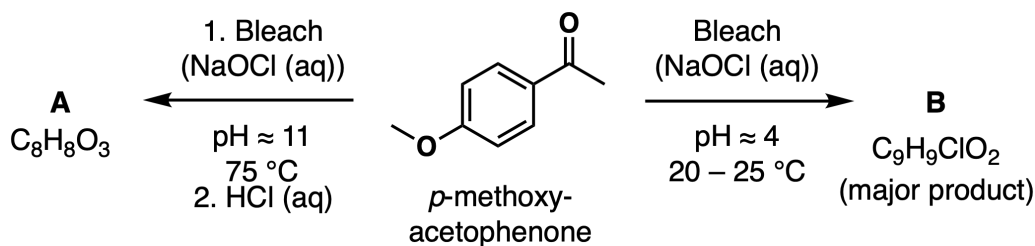
Yield.B (25 pt)

TLC.B (3 pt)

Ded.B (-25 pt)



回答问题



说明: Bleach: 漂白剂; p -methoxyacetophenone: 对甲氧基苯乙酮; major product: 主要产品。

回答以下问题, 勾选正确的答案框 (每个问题只有一个正确答案; 模棱两可的答案将被确定为不正确)。

1.1 (4 pt)

根据上述的 TLC 板分析结果回答以下问题 a-d (固定相: 铝箔上的 SiO_2 ; 展开液: 比例为 80:20 的正己烷/乙酸乙酯)。如果 TLC 板的结果没有画在答题纸上, 将不给分。

a. 比较产物 A 和 B, 哪个极性更强? 勾选 正确的答案。

- 产物 A (Product A)
 产物 B (Product B)

b. 比较产物 A 和起始原料 SM, 哪个极性更强? 勾选 正确的答案。

- 产物 A (Product A)
 起始原料 (Starting Material)

c. 你的产物 A 中是否还有剩余的起始原料? 勾选 正确的答案。

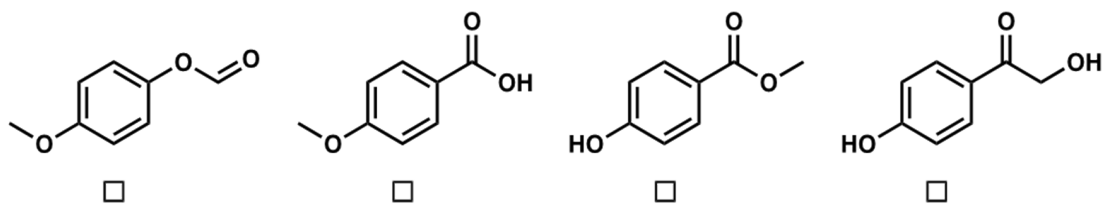
- 是 (Yes)
 否 (No)

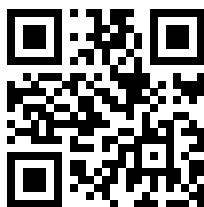
d. 你的产物 B 中是否还有剩余的起始原料? 勾选 正确的答案。

- 是 (Yes)
 否 (No)

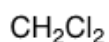
1.2 (2 pt)

判断 产物 A 的结构 (分子式为 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$), 勾选 正确答案。



**1.3** (2 pt)

从产物 **A** ($C_8H_8O_3$) 的分子式可以明显看出, 在 **A** 的形成过程中, 一个 C1 (只含有一个碳原子) 片段从起始原料 ($C_9H_{10}O_2$) 上裂解下来。反应后, 这个 C1 片段转化的产物含有氯。判断 这个产物的结构, 勾选 正确答案。

**1.4** (2 pt)

产物 **A** 的形成过程为一个氧化还原反应。

在这个反应中, 哪种原子 (元素) 的氧化态升高了?勾选 正确答案。

C

H

O

Cl

在这个反应中, 哪种原子 (元素) 的氧化态降低了?勾选 正确答案

C

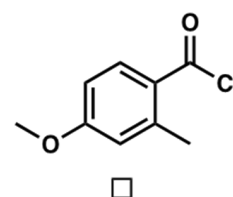
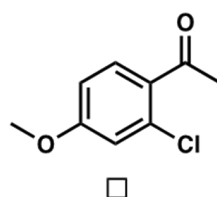
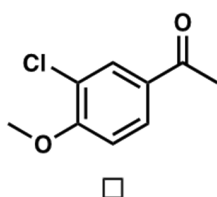
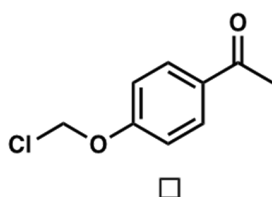
H

O

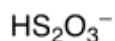
Cl

1.5 (2 pt)

判断 产物 **B** 的结构 (实验式 $C_9H_9ClO_2$), 勾选 正确答案。

**1.6** (2 pt)

在产物 **B** 的形成过程中, 在反应体系中加入 $NaHSO_3$ (aq)。在反应过程中, 亚硫酸氢负离子 (HSO_3^-) 会发生化学变化。判断 亚硫酸氢负离子转化为哪种物种, 勾选 正确答案。注意, 其结果不是指该物种的质子化状态 (这里忽略酸碱平衡)。



滴定之变幻

得分

占总成绩 13%										
小题	滴定 1	滴定 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	总分
分数	30	40	5	4	4	2	1	2	2	90
成绩										

介绍

历史上, 瑞士曾有 19 个州开采和加工铁, 以满足当地和周边区域的需求。这种活动的痕迹仍有留存, 特别是在瑞士汝拉 (Jura)。为了有效地生产钢铁, 必须了解铁矿石的组成。络合滴定法是一种分析溶液中任何金属的通用方法, 由 ETH 的 Gerold Schwarzenbach 教授在 20 世纪 40 年代首创。

提供给你的样品只含有溶解在盐酸中的 FeCl_3 和 CaCl_2 的水合物。这模拟了用盐酸消化的铁矿石样品。**你的实验工作是通过络合滴定确定铁浓度和样品的整体组成。**

该实验中, 任何含水废弃物都被认为含有重金属, 应收集在标 “**Waste P2**” 的烧杯中。

实验步骤

第一部分. 未知铁矿石样品的稀释

- 你拿到的是一个大约含 1200 毫克模拟铁矿石的样品。准确质量写在你的小瓶标签上。**把质量写到答题纸的表格中。**样品已经溶解在 pH 为 1 的盐酸中。
- 在 100ml 容量瓶中**配制**100ml 样品溶液, 将标有 “**样品 +[参赛号]**” (“**Sample + [student code]**”) 的小瓶中的全部物质转入, 加蒸馏水, 转移过程你可以用漏斗。此溶液被称为 **A**, 将在第二部分和第四部分使用。

第二部分. 铁矿溶液的直接滴定

- 将标记为 “**EDTA**” 的 10.0 mM EDTA 溶液**加入** 滴定管。你可以用漏斗和烧杯。
- 在 300 mL 的锥形瓶中:

- 使用移液管加入 5.00 mL 溶液 **A**;
 - 使用玻璃滴管加入 10 滴 0.1 M 盐酸;
 - 在锥形瓶中加入去离子水至锥形瓶 100 mL 刻度线;
 - 用药匙加入少量的凡拉明蓝 (variamine blue)。
5. **滴定** 锥形瓶中的物质, 直到溶液变成黄色。在**答题纸上记录** 滴定体积 **V1**。
 6. 将锥形瓶中滴定后的物质**倒入** 标有 “**Waste P2**” 的烧杯中。
 7. 根据需要, **重复** 上述步骤 (步骤 3 -6)。
 8. 在**答题纸**的最后一行报告你的最终结果。

第三部分. 滴定准备

9. 给你一个含约 550 mg 纯氯化钙二水合物 ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 的样品。准确质量写在小瓶标签上。把质量**写到答题纸**的表格中。
10. 利用 250 mL 容量瓶中**配制** 250 mL 氯化钙溶液, 将全部 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($MW = 147.0 \text{ g/mol}$) 固体转入容量瓶, 溶于蒸馏水。你可能需要一个漏斗来转移固体。这个溶液被称为 **B**, 它将在第四部分中使用。

第四部分. 铁矿石溶液的间接滴定

11. **清空** 滴定管。先用蒸馏水充分**润洗** 滴定管, 然后再用溶液 **B**。你可以借助烧杯。将冲洗液放入标有 “**Waste P2**” 的烧杯中。
12. 将溶液 **B** 加入滴定管。你可以借助漏斗和烧杯。
13. 在 300 mL 的锥形瓶中:
 - 使用移液管, **加入** 5.00 mL 溶液 **A**;
 - 使用移液管, **加入** 40.0 mL 标有 “**EDTA**” 的 10.0 mM **EDTA** 溶液;
 - 用滴管加入 10 滴缓冲液 (**注意**: 打开缓冲液时要**小心**, 因为可能会有氨放出);
 - 用量筒量取 25 mL 去离子水;

- 用量筒量取 30 mL 乙醇。

你的样品可能出现浑浊。

14. 从标有铬黑 T (“**Erio T**”) 的小瓶中取出少量铬黑 T 指示剂，**加入** 300 mL 锥形瓶中。你的样品此刻应该显深蓝绿色。加入指示剂后**立即进行滴定**。

注意: 加入指示剂后，无论滴定的进度如何，几分钟后颜色都会变为红色。倘若如此，滴定终点很难再检测到。

15. **滴定** 锥形瓶中的物质，直到溶液变成灰色。**记录** 滴定体积 V_2 。预期的滴定体积应低于 15 mL。

16. 将锥形瓶的滴定体系**倒入** 标有 “**Waste P2**” 的烧杯中。

17. 根据需要，**重复** 上述步骤 (步骤 12 -16)。

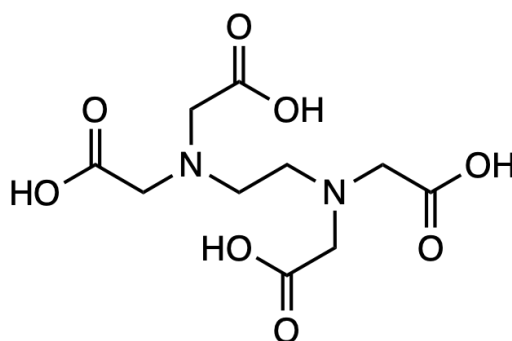
18. 在**答题纸**的最后一行报告你的最终结果。

Titr.1	30pt
---------------	------

Titr.2	40pt
---------------	------

回答问题

- 2.1 **写出** 直接滴定至等当点所形成的 EDTA 络合物的化学式。EDTA 的结构如下所示。在化学式中，EDTA 采用的缩写为 “ H_4Y ”，它的共轭碱缩写为 “ H_3Y^- ”、“ H_2Y^{2-} ” 等。提示：在这些条件下，溶液中的一种金属离子优先形成 EDTA 络合物。 5pt

EDTA 的结构 (相当于 H_4Y)

- 2.2 **计算** 所给样品中氯化铁 (III) 的质量百分比 (不考虑结晶水), 采用 *wt.%* 表示。FeCl₃ 的摩尔质量是 162.2 g/mol。 4pt
- 2.3 **计算** 所给样品中氯化钙质量百分比 (不考虑结晶水), 采用 *wt.%* 表示。CaCl₂ 的摩尔质量是 111.0 g/mol。 4pt
- 2.4 **计算** 所给样品中结晶水的质量百分比 *wt.%*。 2pt
- 2.5 为什么样品溶液 A 必须保持 pH < 2? 在以下四个选项中找出正确答案, 勾选答题纸上相应的方框。 1pt
- 2.6 你得到的溶液模拟了用浓盐酸消化的铁矿石。下列哪一种混合物可以用相同的方法分析? 在以下四个选项中找出正确答案, 勾选答题纸上相应的方框。 2pt
- 2.7 为什么对于间接滴定的样品, 不论滴定进程如何, 颜色都会由蓝变红? 在以下四个选项中找出正确答案, 勾选答题纸上相应的方框。 2pt



滴定之变幻

占总成绩 13%										
小题	滴定 1	滴定 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	总分
小题分数	30	40	5	4	4	2	1	2	2	90
成绩										

实验步骤

第一部分. 未知铁矿石样品的稀释

模拟铁矿的质量 [mg] (抄写标签上的值)	
---------------------------	--

第二部分. 铁矿溶液直接滴定

分析次数	V_1 [mL]
1	
2	
3	
认可的数据 V_1 [mL]	

Titr.1 (30 pt)

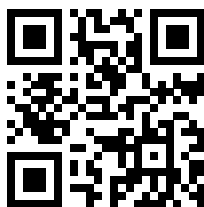
第三部分. 滴定准备

二水氯化钙的质量 [mg] (MW = 147.0 g/mol) (抄写标签上的值)	
---	--

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



CHN-3 P-2 A-2

A2-2
Chinese (China)

铁矿石溶液的间接滴定

分析次数	V_2 [mL]
1	
2	
3	
认可的数据 V_2 [mL]	

Titration (40 pt)

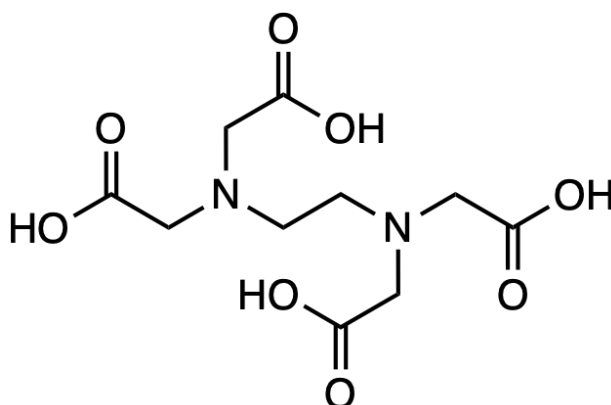


回答问题

2.1 (5 pt)

写出直接滴定至等当点所形成的 EDTA 络合物的化学式。EDTA 的结构如下所示。在化学式中，EDTA 采用的缩写为 " H_4Y "，它的共轭碱缩写为 " H_3Y^- "、" H_2Y^{2-} " 等。

提示：在这些条件下，溶液中的一种离子优先与 EDTA 形成络合物。

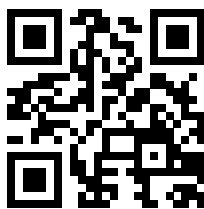


EDTA 的结构 (相当于 H_4Y)

2.2 (4 pt)

计算所测样品中氯化铁 (III) 的质量百分比 (不考虑结晶水)，采用 wt.% 表示。FeCl₃ 的摩尔质量是 162.2 g/mol。

wt.%(FeCl₃) =

**2.3** (4 pt)

计算所测样品中氯化钙质量百分比 (不考虑结晶水), 采用 wt.% 表示。CaCl₂ 的摩尔质量是 **111.0** g/mol。

wt.%(CaCl₂) =

2.4 (2 pt)

计算所测样品中结晶水的质量百分比 wt.%。

wt.%(H₂O) =

2.5 (1 pt)

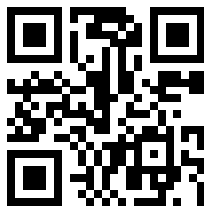
为什么样品溶液 **A** 必须保持 pH < 2?
在以下四个选项中找到正确答案并勾选。

- 用化学方法稳定溶液中的 Ca²⁺
- 用化学方法稳定溶液中的 Fe³⁺
- 减少溶液中的 Ca²⁺
- 减少溶液中的 Fe³⁺

2.6 (2 pt)

你所用的溶液是模拟的用浓盐酸消化的铁矿石。下列哪一种混合物可以用相同的方法分析? 在以下四个选项中找到正确答案并勾选。

- 赤铁矿 (Fe₂O₃) + 石灰石 (CaCO₃)
- 磁铁矿 (Fe₃O₄) + 黄铜矿 (CuFeS₂)
- 钛铁矿 (FeTiO₃) + 针铁矿 (FeO(OH))
- 菱铁矿 (FeCO₃) + 白云石 (CaMg(CO₃)₂)

**2.7** (2 pt)

为什么间接滴定样品时，无论滴定进程如何，颜色都会由蓝变红？在以下四个选项中找到正确答案并勾选。

- 乙醇会还原 Fe^{3+} EDTA 络合物
- 碱性条件下铬黑 T 会发生水解
- 铬黑 T 与 Fe^{3+} EDTA 络合物的不可逆配体交换
- 铬黑 T 被 CaCO_3 沉淀吸附

简洁之美

占总成绩 11%				
小题	3.1	3.2	3.3	总分
分数	30	14	15	59
得分				

说明

本实验提供 6 个未知成分的溶液 **S1-S6** (每个溶液大约 10 mL)。溶液 **Sx** 标记为 “[参赛号]+Sx”，其中 **x** 为从 1 到 6。你的任务是确定这些溶液中所有的阳离子和阴离子。

提示：

- 在 **S1-S6** 的水溶液中含有以下 7 种阳离子和 7 种阴离子：
- 阳离子： Ag^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , K^+ , Mn^{2+} , Na^+ ;
- 阴离子： CH_3COO^- , Cl^- , I^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , S^{2-} , SO_4^{2-} ;
- 每种溶液中总共含有 2 种或 3 种离子；
- 每种离子只会出现在一种溶液中；
- Na^+ 和 K^+ 同时存在于同一溶液中；
- 在某些情况下，可能需要多达 15 分钟才可以观察到明显的变化，将你观察到的实验现象填入第 3.1 小题的表中；
- 某些溶液由于在空气中的氧化而出现变色或沉淀。

题目

3.1 在溶液 **S1-S6** 之间**进行**交叉反应。将你观察到的实验现象**填入**答题纸上的第一个表中, 采用如下符号: 30pt

- “↓”表示沉淀;
- “↑”表示气体放出;
- “S”表示溶液颜色发生变化;
- “-”表示没有可见的观测结果。

用下列字母**表示**沉淀物的颜色:

- “W”代表白色/无色;
- “B”代表黑色;
- “C”代表有色的。

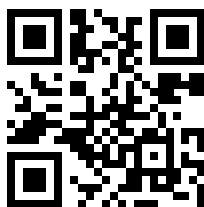
3.2 根据你观察到的实验结果和以上所给提示, **确定S1-S6** 溶液中的离子。**填写**在答题纸上的第二张表格中。 14pt

3.3 **写出**可解释你所观察到的实验现象所对应反应的离子方程式, 填入答题纸上的第三个表格中。沉淀物加“↓”, 气体加“↑”。 15pt

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

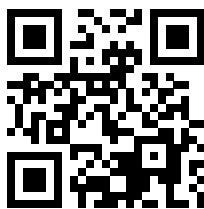


CHN-3 P-3 A-1

A3-1
Chinese (China)

简洁之美

占总成绩的 11%				
小题	3.1	3.2	3.3	总分
分数	30	14	15	59
得分				

**3.1** (30 pt)

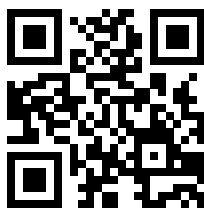
在溶液 **S1-S6** 之间进行交叉反应。将你观察到的实验现象填入下表，采用如下符号：

- “↓” 表示沉淀；
- “↑” 表示气体放出；
- “S” 表示溶液颜色发生变化；
- “—” 表示没有可见的观测结果。

用下列字母表示沉淀物的颜色：

- “W” 代表白色/无色；
- “B” 代表黑色；
- “C” 代表有色的。

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)

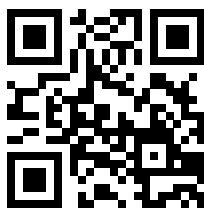
根据你观察到的实验现象和题目中所给提示，确定S1-S6 溶液中的离子，填写在下表中。

溶液	阳离子	阴离子
S1		
S2		
S3		
S4		
S5		
S6		

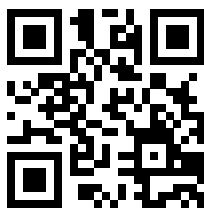
3.3 (15 pt)

在表中，写出可解释你所观察到的实验现象所对应反应的离子方程式。沉淀物加“↓”，气体加“↑”。

组合	离子反应方程式
S1+S2	

**3.3 (cont.)**

组合	离子反应方程式
S1+S3	
S1+S4	
S1+S5	
S1+S6	
S2+S3	
S2+S4	
S2+S5	

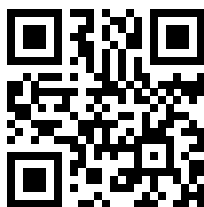
**3.3 (cont.)**

组合	离子反应方程式
S2+S6	
S3+S4	
S3+S5	
S3+S6	
S4+S5	
S4+S6	
S5+S6	

Practical



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



CHN-3 P-4 P-1

P4-1

Chinese (China)

罚分点; Penalty Points

实验失误; Incident 编号; number	更换; Replacement	学生签字; Student signature	实验监考老师; Lab supervisor 签字
1 (无罚分); 1 (no penalty)			
2			
3			
4			
5			

4.1 (-40 pt)