

第56届国际化学奥林匹克试题(实验部分)

郑捷¹, 刘欲文², 陈超³, 张龙³, 裴坚^{1,*}

¹ 北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871

² 武汉大学化学与分子科学学院, 武汉 430072

³ 清华大学化学系, 北京 100084

Problems of 56th International Chemical Olympiad (Practical Section)

Jie Zheng¹, Yuwen Liu², Chao Chen³, Long Zhang³, Jian Pei^{1,*}

¹ College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, China.

² College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China.

³ Department of Chemistry, Tsinghua University, Beijing 100084, China.

实验一 指示剂(时长: 1小时45分钟)

玻璃仪器、相关设备、试剂和药品

物品	标签	数量和试剂量	放置的具体位置
试管架(已经用A1-E12的字母和数字表示了每一根试管的具体位置)	1个	实验台	
试管, 5 cm ³	40个	试管架	
指示剂溶液	参赛号 + A、B、C、D	4个, 每个里面有5 cm ³ 溶液	试管架上的小离心管内
异丙醇展开剂: E _A 为已经加入酸的酸性异丙醇展开剂; E _N 为没有加入任何酸或碱的、中性的异丙醇展开剂; E _B 为已经加入碱的碱性异丙醇展开剂	E _A , E _N , E _B	3个, 每个离心管中有10 cm ³ 溶液	试管架上的小离心管内
点样毛细管	5根	试管架上的小离心管内	
带刻度的塑料滴管, 3 cm ³	15个	实验台	
带刻度的塑料滴管, 1 cm ³	5个	试管架	
镊子	1把	试管架	
铅笔	1支	试管架	
尺子	1把	实验台	
TLC板(极性硅胶), 4 cm × 8 cm	袋子上已经标记了学生的参赛号	4片	装在贴有学生参赛号的密封袋中
用于TLC展开的烧杯, 250 cm ³	3个	实验台	
铝箔片(用于密封TLC烧杯口), 约10 cm × 10 cm	3片	实验台	
滤纸条(在TLC展开实验中竖直插入展开剂中, 使烧杯体系中溶剂气氛更均匀)	3条	实验台	
未知溶液	上面标记了学生的参赛号和数字1-8	8个, 每个里面有30 cm ³ 溶液	大离心管内
0.1 mol dm ⁻³ HCl溶液	HCl	30 cm ³	大离心管内
记号笔		1支	实验台
蒸馏水		1瓶	洗瓶
蒸馏水桶	H ₂ O		实验台
护目镜		1个	实验台
计算器		1个	实验台
圆珠笔		1支	实验台
纸巾		1卷	实验台
紫外灯, 用于TLC板的显示		每个实验室2个	通风橱
丁腈手套		黑板旁边的桌子上	
毛细管回收容器		通风橱	

酸碱指示剂

酸碱指示剂是在酸性和碱性下可以呈现不同颜色的物质。由于每种指示剂有不同的酸碱电离平衡常数，不同指示剂变色的pH值范围也不同，因此，在给定pH值的溶液中，一种指示剂可能显示为酸性形态，而另一种则显示为碱性形态。在本实验中，你将使用四种指示剂。其中一种指示剂会在两个不同的pH值下发生明显的变色。

你的目标是找出这些指示剂变色时对应溶液pH值的顺序，并根据不同的pH值鉴别其他八种未知溶液。你将首先用TLC实验确定四种不同指示剂的性质。

TLC实验

标有大写字母A–D的四个离心管中分别装有四种指示剂的甲醇溶液。在极性硅胶TLC板上进行四种指示剂溶液的TLC实验。用镊子夹取，仅接触TLC板的边缘。

• 准备3片TLC板，用铅笔和尺子在每片TLC板上画一条基线，并在基线上标出对应每种指示剂的样品点。

• 使用毛细管点取指示剂溶液。小心取用毛细管，并在所有TLC实验完成后，将使用过的毛细管放到指定的容器中(毛细管回收容器在通风橱中)。

• 点样后，让溶剂充分挥发(至少放置2分钟)，确保样品点已经干燥。

• 使用三种代码为E_A、E_N、E_B的异丙醇展开剂，在用铝箔紧密封口的烧杯中进行TLC展开实验。

• 仔细观察在展开过程中和干燥后样品点的颜色。

• TLC展开至少需要20分钟，在进行TLC展开期间应继续进行本实验的其他部分。

• 对于看不到的样品点，使用通风橱中的紫外线灯使其显示，并用铅笔在相应位置标出该样品点。

• 请在TLC板上标出对应展开剂的代码、画出所有样品点，然后放入写有学生参赛号的密封袋中。阅卷老师将会对这些TLC板的标记规范情况评分(共计12分)。

你最多可以申请一个新TLC板而不会受到扣分。

1.1 判断哪种展开剂可以产生最好的样品点形状，并得到最佳的指示剂分离效果？**勾选**该展开剂代码。

<input type="checkbox"/> E _A	<input type="checkbox"/> E _N	<input type="checkbox"/> E _B
---	---	---

在溶液中，这些指示剂大多会形成阴离子。在上述四种指示剂中，只有一种会以中性分子的形式存在；其他三种指示剂在三种展开剂中均不会以中性分子形式存在；其中有些指示剂会形成二价阴离子。

1.2 根据你的TLC观察结果，**勾选**以中性分子形式存在的指示剂代码；哪些展开剂能使该指示剂以中性分子存在？**勾选**正确答案。

<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> E _A
<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> E _N
<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> E _B
<input type="checkbox"/> D	

1.3 根据你的TLC观察结果，在三种展开剂中，哪些指示剂是以二价阴离子形式存在的，**勾选**正确答案。

E _A	E _N	E _B
<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> A
<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> B
<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> C
<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> D

鉴定实验

标有大写字母**A–D**的四个离心管中分别装有四种指示剂的甲醇溶液。每种溶液都必须有其专用的塑料滴管。指示剂溶液的浓度将能确保一滴指示剂溶液足以使几毫升(cm^3)的待测溶液显色。

有8个大离心管，分别编号为**1–8**。离心管中分别装有以下8种化合物的水溶液(浓度均为 0.1 mol dm^{-3})。通过实验确定8种未知液的成分。除未知液外，你还可以使用指示剂溶液、盐酸(浓度也是 0.1 mol dm^{-3})和蒸馏水。

H_3BO_3	$(\text{COOH})_2$	H_3PO_4	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
NaH_2PO_4	NaOH	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$	Na_3PO_4

提示：试管架上标有每一根试管的准确位置(A1–E12)。

解离常数

H_3BO_3	$\text{p}K_{\text{a}} = 9.15$
H_3PO_4	$\text{p}K_{\text{a}1} = 2.15, \text{p}K_{\text{a}2} = 7.20, \text{p}K_{\text{a}3} = 12.35$
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	$\text{p}K_{\text{a}} = 4.87$
$(\text{COOH})_2$	$\text{p}K_{\text{a}1} = -1.27, \text{p}K_{\text{a}2} = 4.28$

1.4 在答题纸的表格中给出相应化合物对应的未知液编号。如果你无法确定两种或以上未知液，请在相应化合物对应的栏内**列出**可能的未知液编号，这样可以获得部分分数。

	编号
H_3BO_3	
$(\text{COOH})_2$	
H_3PO_4	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	
NaH_2PO_4	
NaOH	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$	
Na_3PO_4	

在接下来的3个问题中，你需要描述你用来鉴定某些化合物的实验方案和观察结果。

请按以下标准格式描述实验方案： $1 \text{ cm}^3 \text{ HCl} + 1 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}$ 。

使用以下代码表示溶液颜色：

N：无色；R：红色；G：绿色；B：蓝色；Y：黄色；O：橙色；P：粉红色；V：紫色；Br：棕色；Bk：黑色；及其组合：YG：黄绿色；BG：蓝绿色等。

N	R	G	B	Y	O	P	V	Br	Bk
YG	BG								

在“EXP”栏中按照标准格式描述实验方案，在“ABCD”栏中给出使用的指示剂所对应的代码，在“COLOR”栏中给出观察到的颜色所对应的代码。对需要鉴定的两种溶液，都需要按照上述要求列出实验方案、使用的指示剂和观察到的颜色。

1.5 请在答题纸上**注明**你用来鉴定 $(\text{COOH})_2\text{-H}_3\text{PO}_4$ 的实验方案和观察结果。

EXP	ABCD	COLOR

1.6 请在答题纸上**注明**你用来鉴定 $\text{NaOH-Na}_3\text{PO}_4$ 的实验方案和观察结果。

EXP	ABCD	COLOR

1.7 请在答题纸上**注明**你用来区分 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH-CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$ 的实验方案和观察结果。

EXP	ABCD	COLOR

1.8 **选择**具有两个变色点的指示剂对应的代码，并用颜色代码给出该指示剂在两个变色点之间的颜色。

	COLOR
<input type="checkbox"/> A	
<input type="checkbox"/> B	
<input type="checkbox"/> C	
<input type="checkbox"/> D	

1.9 用颜色代码**给出** $\text{pH} \approx 1.5$ 和 $\text{pH} \approx 13$ 溶液中各指示剂的颜色。

	$\text{pH} \approx 1.5$	$\text{pH} \approx 13$
A		
B		
C		
D		

1.10 按变色点pH值递增的顺序对指示剂进行排列, 列出指示剂的代码, 具有两个变色点的“三色”指示剂在此顺序中会且仅会出现两次。

_____ < _____ < _____ < _____ < _____

实验二 利用天平进行滴定实验

实验仪器、试剂和药品

物品	标记	数量	放置的位置
装有实验二所需物品的纸盒子		1	实验台上, 需从实验台架子上取下
电子天平(精度0.01 g)		1台	在盒子里
锥形瓶(250 cm ³)		3个	在盒子里
塑料杯(250 cm ³)		24个	在盒子里
带有刻度的塑料滴管(3 cm ³)		15根	在盒子里
蓝色塑料药勺(也可以用作搅拌棒)		3根	在盒子里
1%淀粉溶液(Starch)	Starch	7 cm ³	带盖子的塑料样品瓶中, 在盒子里
1%硫酸铜溶液	CuSO ₄	7 cm ³	带盖子的塑料样品瓶中, 在盒子里
五水硫代硫酸钠(Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O)晶体	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O	6 g	带盖子的塑料样品瓶中, 在盒子里
固体碘化钾(KI)	KI	10 g	带盖子的塑料样品瓶中, 在盒子里
二氯甲烷(CH ₂ Cl ₂)	CH ₂ Cl ₂	30 cm ³	带盖子的离心管中, 在盒子里
~1%碘化钾(KI)溶液	KI, 标记了你的参赛号	50 cm ³	带盖子的离心管中, 在盒子里
~1%高锰酸钾(KMnO ₄)溶液	KMnO ₄ , 标记了你的参赛号	100 cm ³	深色玻璃瓶、在盒子里
~0.6%甲酸钠(HCOONa)溶液	HCOONa, 标记了你的参赛号	80 cm ³	塑料瓶、在盒子里
1 mol dm ⁻³ 硫酸(H ₂ SO ₄)溶液	H ₂ SO ₄	80 cm ³	塑料瓶、在盒子里
20%盐酸(HCl)溶液	盐酸	80 cm ³	塑料瓶、在盒子里
5%氢氧化钠(NaOH)溶液	NaOH	50 cm ³	塑料瓶、在盒子里
饱和氯化钡(BaCl ₂)溶液	BaCl ₂	50 cm ³	塑料瓶、在盒子里
计算器		1个	实验台
圆珠笔		1支	实验台
记号笔		1支	实验台
蒸馏水		1瓶	洗瓶
护目镜		1个	实验台
纸巾		1卷	实验台
用于回收A、C、D实验部分的废物容器 (无机废弃物)	废物和废液(A、C、D)		通风橱
用于回收B实验部分废物容器(有机废弃物)	废物和废液(B)		通风橱
丁腈手套	黑板旁边的桌子上		
蒸馏水桶	H ₂ O		实验台

锰的化学性质多种多样，被广泛应用于经典分析化学中。高锰酸钾是最常用的一种强氧化剂，在不同的pH值下其反应性也不相同。在本实验中，你需要认真研究高锰酸钾和碘离子在酸性或碱性溶液中反应的具体结果。

通用步骤

你将利用天平来精确测量试剂和滴定溶液的质量，而不是使用其他容量设备(如滴定管、移液管、容量瓶)精确确定试剂和滴定溶液的体积。

- 除实验B外，实验A、C、D均使用一次性塑料杯作为容器。小心搅拌溶解其中的固体成分。
- 最好使用带刻度的一次性塑料滴管来转移溶液，这种滴管也可用于体积测量。
- 通常情况下，在天平上没有任何物品的情况下将天平归零(按TARE键)。每个容器使用前需测量并记录其质量。建议一次连续称量过程中不要使用归零按钮。
- 切勿将物品长时间放在天平上，也切勿使天平超载(总质量超过500克)，可能会损坏传感器。所有物品的质量都在此范围内。
- 所有称重所得的数据均需记录在答题卡上相应的方框内。
- 向塑料杯中加入起始试剂；测量并记录所需的数据，然后从天平上取下塑料杯。
- 滴定过程中，为精确测定滴定剂的用量，需测量滴定剂、滴定剂容器和用于添加滴定剂的滴管的总质量。记录滴定前和滴定终点的这两个总质量的数据。
- 切勿在天平上进行滴定，因为天平具有对缓慢变化(如滴入)的内置补偿功能，如果在天平上向容器中滴入液体，其称量结果可能会不准确。
- 继续添加试剂，直至反应完成。记录滴定剂、滴定剂容器和用于添加滴定剂的滴管的总质量。计算出所用滴定溶液的质量。
- 与常规滴定不同，本实验的滴定过程中，容器外面不能弄湿。在称量的反应容器中添加任何东西或从测量容器中转移出反应物都需要注意和考虑。
- 按照分析化学的惯例，在必要时可以重复整个过程。此方法的重现性与容量滴定法相当，但不如容量滴定法高。如果进行了多次重复滴定，须报告每次滴定的结果，并最终给出你认为正确的值。
- 如果天平出现欠载(显示|)，长按ON/OFF按钮即可关闭天平。
- 天平在闲置3分钟后会自动关闭。
- 使用手套时，为避免静电效应影响，读取质量时手不要靠近秤盘。
- 如果天平出现异常或显示文字，请向监考人员寻求帮助。

在计算中使用下列摩尔质量：

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	KMnO_4	KI
248.18 g mol ⁻¹	158.11 g mol ⁻¹	158.03 g mol ⁻¹	166.00 g mol ⁻¹

实验A 在稀酸溶液中测定高锰酸钾的准确浓度

在酸性条件(如稀硫酸)下，高锰酸盐的反应通常是快速和定量的。你有一份高锰酸钾溶液(KMnO_4 ，质量分数约为1%)。

利用塑料杯称取约2.5 g的纯 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ($M = 248.18 \text{ g mol}^{-1}$)晶体，然后加入蒸馏水溶解，得到约50 g的溶液。

- A.1 记录**你在配制硫代硫酸钠溶液时的所有精确原始测量值。
- A.2 计算**所配制溶液中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ($M = 158.11 \text{ g mol}^{-1}$)的质量分数(w_1)。
- 用塑料杯称量约5 g的高锰酸钾溶液，并记录其准确质量。

- 接着加入10 cm³的1 mol dm⁻³ H₂SO₄溶液和2 g碘化钾固体。
- 立刻用硫代硫酸钠溶液滴定生成的碘(I₂)。
- 在接近终点时滴加10滴淀粉溶液。
- 必要时可以重复滴定。

A.3 记录所有原始测量值(从天平读取的数据), 这些数据将会在问题**A.4**中用到。

A.4 在答题纸的表格中记录滴定的质量。每次滴定须填写一列。

填写称取的KMnO₄溶液的质量($m(\text{KMnO}_4)$)和消耗的Na₂S₂O₃溶液的质量($m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$), 并计算滴定5.00 g高锰酸钾溶液需使用的Na₂S₂O₃溶液的质量($m_{5.00\text{ g}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$)。

A.5 明确给出你认可的滴定5.00 g高锰酸钾溶液所需的硫代硫酸钠溶液的质量(m_1)。

A.6 写出与滴定有关的所有配平的离子方程式。

A.7 计算高锰酸钾溶液中KMnO₄ ($M = 158.03\text{ g mol}^{-1}$)的质量分数(w_2)。

实验B 碘化物和高锰酸钾在浓盐酸溶液中的反应

在含浓盐酸(> 15%)溶液中, 高锰酸根会被还原为与实验A相同的产物, 但碘负离子会被氧化成不同的价态。

- 使用锥形瓶。在锥形瓶中加入约10 g KI溶液(质量分数约为1%), 并记录溶液的准确质量。
- 继续加入约30 g 20%的盐酸溶液和5 cm³左右的CH₂Cl₂。
- 溶液配好后, 立即开始用高锰酸钾溶液缓慢滴定, 并在整个过程中剧烈摇晃锥形瓶。记录滴定前和滴定结束后高锰酸钾溶液瓶子和所用滴管的总质量, 而不是记录反应混合液的质量。
- 滴定过程中当有机相中显示的颜色完全消失时, 即为滴定终点。
- 当接近滴定终点时, 需留出足够的时间让两相之间充分分层建立分配平衡。
- 必要时可以重复滴定。
- 如果你想重复使用锥形瓶, 请将其内溶液丢弃到通风橱中标有“废物B”(Waste B)的容器中。

在水槽中清洗锥形瓶, 并用纸巾擦干其外部。

B.1 在答题纸上记录所有原始测量值(从天平读取的数据), 这些数据将会 in 问题**B.2**中用到。

B.2 在答题纸的表格中记录滴定的质量。每次滴定须填写一列。

填写KI溶液($m(\text{KI})$)和KMnO₄溶液($m(\text{KMnO}_4)$)的质量, 并计算滴定10.00 g KI溶液所需要的KMnO₄溶液的质量($m_{10.00\text{ g}}(\text{KMnO}_4)$)。

B.3 明确给出你认可的滴定10.00 g KI溶液所需的高锰酸钾溶液质量(m_2)。

B.4 下列选项中哪个是滴定结束前有机相的颜色和造成这种颜色的物质, 勾选正确选项。

- a) 紫色, MnO₄⁻ b) 紫色, I₂ c) 棕色, MnO₄⁻ d) 棕色, I₂

B.5 下列选项中哪个是在滴定结束后看不到过量高锰酸盐颜色的原因, 勾选正确选项。

- a) 在酸性很强的溶液中, 高锰酸根离子歧化并变成棕色。
 b) 高锰酸根离子会与溶液中的氯离子发生反应。
 c) 高锰酸根离子与二氯甲烷反应。
 d) 只有在水溶液中才能看到高锰酸盐的颜色。

B.6 碘化物溶液的质量分数约为1%, 计算滴定反应中高锰酸根和碘离子的化学计量比 $n(\text{MnO}_4^-)/n(\text{I}^-)$ 。写出你的计算过程。

B.7 写出所形成的主产物中碘的整数氧化态。写出你的计算过程。

注: 不要为凑预期的整数值结果而重复实验, 这样不一定会获得最高分。

B.8 假定生成该产物的反应是定量反应。计算溶液中KI ($M = 166.00\text{ g mol}^{-1}$)的准确质量分数(w_3)。写出你的计算过程。

实验C 高锰酸钾在强碱性溶液中的反应

在强碱性溶液中高锰酸钾也是一种强氧化剂，但还原产物是绿色的锰酸根离子(MnO_4^{2-})。请严格按照以下步骤顺序操作。

- 用塑料杯称取约5 g高锰酸钾(KMnO_4)溶液，并记录其准确质量。
- 继续加入约5 cm^3 饱和氯化钡(BaCl_2)溶液。
- 向其中滴加10滴1%硫酸铜(CuSO_4)溶液以催化滴定反应。
- 继续加入约2.5 cm^3 5%的氢氧化钠(NaOH)溶液。
- 上述溶液配好后，立即用甲酸钠溶液开始滴定。一定要自始至终逐滴滴加滴定试剂。
- 在缓慢滴加滴定试剂过程中，滴定初期会出现预期的蓝黑色锰酸钡沉淀。继续逐滴滴加滴定试剂直至终点。

• 由于存在深色沉淀，溶液颜色较难观测，但在白色背景下可以清楚地看到溶液中是否存在未反应的高锰酸盐的颜色。

- 必要时可以重复滴定。

C.1 在答题纸上记录所有原始测量值(从天平读取的数据)，这些数据将会在问题**C.2**中用到。

C.2 在答题纸的表格中记录滴定的质量。每次滴定须填写一列。

填写 KMnO_4 溶液的质量($m(\text{KMnO}_4)$)和 HCOONa 溶液的质量($m(\text{HCOONa})$)，并计算滴定5.00 g高锰酸钾溶液所需要的 HCOONa 溶液的质量($m_{5.00\text{g}}(\text{HCOONa})$)。

C.3 明确给出你认可的滴定5.00 g高锰酸钾溶液所需的甲酸钠溶液质量(m_3)。

C.4 写出在有氯化钡存在的强碱性溶液中高锰酸根氧化甲酸根的配平离子方程式。

用符号标出所有生成物和反应物的物理状态(s = 固体, g = 气体, aq = 水溶液, l = 液体)。

实验D 碘化物和高锰酸钾在强碱性溶液中的反应

在强碱性条件下，碘离子(I^-)会被氧化为不同于实验A和实验B的氧化态。

在塑料杯中将KI溶液稀释5倍，制备约40 g KI稀释溶液。

D.1 记录你在配制稀KI溶液时的所有精确原始测量值，这些数据将会在问题**D.2**中用到。

D.2 计算你配制的稀溶液中碘化钾(KI)的质量分数(w_4)。

请严格按照以下步骤顺序进行操作。

- 在塑料杯中加入约1 cm^3 的5%氢氧化钠(NaOH)溶液。
- 继续加入约3 g上述配制的KI稀溶液并记录其准确质量。
- 继续加入约10 g KMnO_4 溶液并记录其准确质量。
- 继续滴加10滴1%硫酸铜(CuSO_4)溶液以催化滴定反应。
- 最后加入约5 cm^3 饱和氯化钡(BaCl_2)溶液。
- 由于生成了蓝黑色的锰酸钡沉淀，混合液的颜色会变得更深。
- 上述溶液制备完成后，立即用甲酸钠溶液开始滴定。一定要自始至终逐滴滴加滴定试剂。
- 深色沉淀使溶液颜色难以观测，但在白色背景下可以看到溶液中是否存在未反应的高锰酸根的颜色。

- 必要时可以重复滴定。

D.3 在答题纸上记录所有原始测量值(从天平读取的数据)，这些数据将会在问题**D.4**中用到。

D.4 在答题纸的表格中记录滴定的质量。每次滴定须填写一列。

填写KI溶液的质量($m(\text{KI})$)、 KMnO_4 溶液的质量($m(\text{KMnO}_4)$)和 HCOONa 溶液的质量($m(\text{HCOONa})$)。

D.5 针对每次滴定，计算和10.00 g上述稀释的KI溶液反应所需的 KMnO_4 溶液的质量($m_{\text{D},10.00\text{g}}(\text{KMnO}_4)$)。明确给出你认可的和10.00 g上述稀释的KI溶液反应所需的 KMnO_4 溶液的质量

(m_4)。写出计算过程。

D.6 计算在强碱性溶液中发生反应时高锰酸根和碘离子的化学计量比 $n(\text{MnO}_4^-)/n(\text{I}^-)$ 。写出计算过程。

注：不要为凑预期的整数值结果而重复实验，这样不一定会获得最高分。

D.7 给出生成物中碘的整数氧化态。