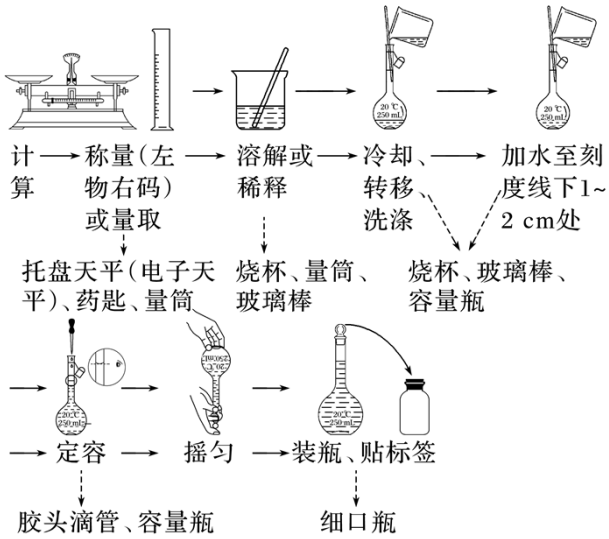
专题18 溶液的配制与滴定法的应用

[复习目标] 1.掌握配制一定物质的量浓度溶液的方法。2.掌握中和滴定的实验操作、误差分析及有关计算。3.掌握氧化还原反应、沉淀反应在滴定法中的应用。

核心精讲

1．溶液的配制

(1)一定物质的量浓度溶液的配制步骤



(2)配制一定质量分数溶液的步骤及仪器

步骤：计算溶质、溶剂的质量→称量或量取→搅拌、溶解→装瓶、贴标签等。

所需仪器：托盘天平(电子天平)、药匙、量筒、烧杯、玻璃棒、细口瓶。

2．“中和滴定”考点归纳

(1)实验仪器

酸式滴定管、碱式滴定管、滴定管夹(带铁架台)、锥形瓶。其中常考的是滴定管，如正确选择滴定管(包括量程)，滴定管的检漏、洗涤和润洗，滴定管的正确读数方法等。

(2)操作步骤

①滴定前的准备：查漏、洗涤、润洗、充液(赶气泡)、调液面、读数；②滴定：移液、滴加指示剂、滴定至终点、读数；③计算。

(3)指示剂的选择

类型	滴定过程	指示剂	终点颜色变化
酸碱中和反应	强酸滴定强碱(或弱碱)	甲基橙	溶液由黄色变为橙色
	强碱滴定强酸(或弱酸)	酚酞	溶液由无色变为浅红色
氧化还原反应	$Na_2S_2O_3$溶液滴定未知浓度的碘水	淀粉溶液	溶液由蓝色变为无色
	酸性$KMnO_4$溶液滴定H_2O_2(或$H_2C_2O_4$)溶液	不需要指示剂	溶液由无色变为浅红色
沉淀反应	$AgNO_3$溶液滴定含Cl^-的溶液	K_2CrO_4溶液	出现淡红色沉淀(Ag_2CrO_4为砖红色沉淀)

(4)误差分析

写出计算式，分析操作对$V_{标}$的影响，由计算式得出对最终测定结果的影响，切忌死记硬背结论。此外对读数视线问题要学会画图分析。

(5)数据处理

正确“取舍”数据，计算“平均”体积，根据反应式确定标准液与待测液浓度和体积的关系，从而列出公式进行计算。

3．滴定终点规范描述

(1)用$a$mol·L^{-1}的盐酸滴定未知浓度的NaOH溶液，用酚酞作指示剂，达到滴定终点的现象是_____

_____;

若用甲基橙作指示剂，达到滴定终点的现象是

_____

_____。

答案　当滴入最后半滴盐酸，溶液由红色变为无色，且半分钟内不恢复红色　当滴入最后半滴盐酸，溶液由黄色变为橙色，且半分钟内不恢复黄色

(2)用标准碘溶液滴定溶有SO_2的水溶液，以测定水中SO_2的含量，应选用_____作指示剂，达到滴定终点的现象是_____。

答案　淀粉溶液　当滴入最后半滴标准碘溶液，溶液由无色变为蓝色，且半分钟内不褪色

(3)用标准酸性$KMnO_4$溶液滴定溶有SO_2的水溶液，以测定水中SO_2的含量，_____(填“是”或“否”)需要选用指示剂，达到滴定终点的现象是_____

_____。

答案　否　当滴入最后半滴标准酸性 $KMnO_4$ 溶液，溶液由无色变为浅红色，且半分钟内不褪色

(4)用氧化还原滴定法测定 TiO_2 的质量分数：一定条件下，将 TiO_2 溶解并还原为 Ti^{3+}，再用 KSCN 溶液作指示剂，用 $NH_4Fe(SO_4)_2$ 标准溶液滴定 Ti^{3+} 至全部生成 Ti^{4+}，滴定 Ti^{3+} 时发生反应的离子方程式为_____

_____，

达到滴定终点的现象是_____

_____。

答案　$Ti^{3+}+Fe^{3+}=\!=Ti^{4+}+Fe^{2+}$　当滴入最后半滴 $NH_4Fe(SO_4)_2$ 标准溶液，溶液变成浅红色，且半分钟内不褪色

(5)用标准 KI 溶液滴定含有 Fe^{3+} 的溶液，应选用_____作指示剂，达到滴定终点的现象是

_____。

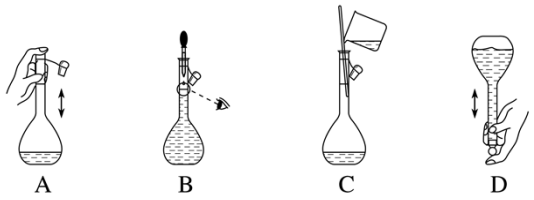
答案　KSCN 溶液　当滴入最后半滴标准 KI 溶液，溶液红色褪去，且半分钟内不恢复红色

真题演练

1. (2022·广东，17)食醋是烹饪美食的调味品，有效成分主要为醋酸(用 HAc 表示)。HAc 的应用与其电离平衡密切相关。25℃时，HAc 的 $K_a=1.75\times10^{-5}\approx10^{-4.76}$。

(1)配制 250mL0.1mol·L^{-1} 的 HAc 溶液，需 5mol·L^{-1}HAc 溶液的体积为_____mL。

(2)下列关于 250mL 容量瓶的操作，正确的是_____。



(3)某小组研究 25℃下 HAc 电离平衡的影响因素。

提出假设　稀释 HAc 溶液或改变 Ac^- 浓度，HAc 电离平衡会发生移动。

设计方案并完成实验　用浓度均为 0.1mol·L^{-1} 的 HAc 和 NaAc 溶液，按下表配制总体积相同的系列溶液，测定 pH，记录数据。

序号	V(HAc)/mL	V(NaAc)/mL	$V(H_2O)$/mL	n(NaAc)∶n(HAc)	pH
Ⅰ	40.00	/	/	0	2.86
Ⅱ	4.00	/	36.00	0	3.36
…	…	…	…	…	…
Ⅶ	4.00	a	b	3∶4	4.53
Ⅷ	4.00	4.00	32.00	1∶1	4.65

①根据表中信息，补充数据：a=_____，b=_____。

②由实验Ⅰ和Ⅱ可知，稀释 HAc 溶液，电离平衡_____(填“正”或“逆”)向移动；结合表中数据，给出判断理由：_____

_____。

③由实验Ⅱ～Ⅷ可知，增大 Ac^-浓度，HAc 电离平衡逆向移动。

实验结论　假设成立。

(4)小组分析上表数据发现：随着$\frac{n\ \text{NaAc}}{n\ \text{HAc}}$的增加，$c(H^+)$的值逐渐接近 HAc 的 K_a。

查阅资料获悉：一定条件下，按$\frac{n\ \text{NaAc}}{n\ \text{HAc}}$=1 配制的溶液中，$c(H^+)$的值等于 HAc 的 K_a。

对比数据发现，实验Ⅷ中 pH=4.65 与资料数据 $K_a=10^{-4.76}$存在一定差异；推测可能由物质浓度准确程度不够引起，故先准确测定 HAc 溶液的浓度再验证。

①移取 20.00mLHAc 溶液，加入 2 滴酚酞溶液，用 0.1000mol·L^{-1}NaOH 溶液滴定至终点，消耗体积为 22.08mL，则该 HAc 溶液的浓度为_____mol·L^{-1}。画出上述过程的滴定曲线示意图并标注滴定终点。

②用上述 HAc 溶液和 0.1000mol·L^{-1}NaOH 溶液，配制等物质的量的 HAc 与 NaAc 混合溶液，测定 pH，结果与资料数据相符。

(5)小组进一步提出：如果只有浓度均约为 0.1mol·L^{-1}的 HAc 和 NaOH 溶液，如何准确测定 HAc 的 K_a？小组同学设计方案并进行实验。请完成下表中Ⅱ的内容。

Ⅰ	移取 20.00mLHAc 溶液，用 NaOH 溶液滴定至终点，消耗 NaOH 溶液 V_1mL
Ⅱ	_____，测得溶液的 pH 为 4.76

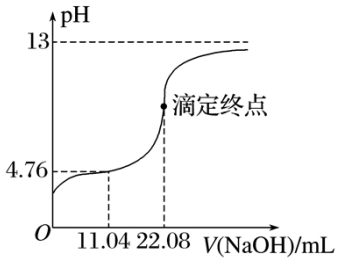
实验总结　得到的结果与资料数据相符，方案可行。

(6)根据 K_a可以判断弱酸的酸性强弱。写出一种无机弱酸及其用途：_____。

答案　(1)5.0　(2)C　(3)①3.00　33.00

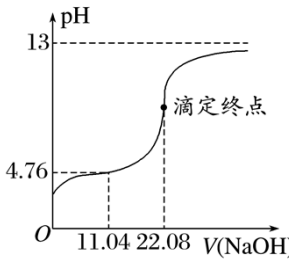
②正　实验Ⅱ相较于实验Ⅰ，醋酸溶液稀释了 10 倍，而实验Ⅱ的 pH 增大值小于 1

(4)①0.1104



(5)向滴定后的混合液中加入 20mLHAc 溶液　(6)HClO：漂白剂和消毒液(或 H_2SO_3：还原剂、防腐剂或 H_3PO_4：食品添加剂、制药、生产肥料)

解析　(1)溶液稀释过程中,溶质的物质的量不变,因此 $250\times10^{-3}L\times0.1mol\cdot L^{-1}=V\times5mol\cdot L^{-1}$，解得 $V=5\times10^{-3}L=5.0mL$。(2)振荡时应用瓶塞塞住容量瓶口，不可用手指压住容量瓶口，故 A 错误；定容时，视线、溶液凹液面和刻度线应“三线相切”，不能仰视或俯视，且胶头滴管不能插入到容量瓶中，故 B 错误；向容量瓶中转移液体，需用玻璃棒引流，玻璃棒下端位于刻度线以下，同时玻璃棒不能接触容量瓶瓶口，故 C 正确；定容完成后，盖上瓶塞，左手食指抵住瓶塞，右手扶住容量瓶底部，将容量瓶反复上下颠倒，摇匀，故 D 错误。(3)①实验Ⅶ的溶液中 $n(NaAc)：n(HAc)=3：4$，$V(HAc)=4.00mL$，因此 $V(NaAc)=3.00mL$，即 $a=3.00$，由实验Ⅰ可知，溶液总体积为 40.00 mL，因此 $V(H_2O)=40.00\ mL-4.00\ mL-3.00mL=33.00mL$，即 $b=33.00$。②实验Ⅰ所得溶液的 pH=2.86，实验Ⅱ的溶液中 $c(HAc)$ 为实验Ⅰ的 $\frac{1}{10}$，稀释过程中，若不考虑电离平衡移动，则实验Ⅱ所得溶液的 pH=2.86+1=3.86，但实际溶液的 pH=3.36<3.86，说明稀释过程中，溶液中 $n(H^+)$ 增大，即电离平衡正向移动。(4)①滴定过程中发生反应：$HAc+NaOH=\!=\!=NaAc+H_2O$，由反应方程式可知，滴定至终点时，$n(HAc)=n(NaOH)$，因此 $22.08\ mL\times0.100\ 0\ mol\cdot L^{-1}=20.00\ mL\times c(HAc)$，解得 $c(HAc)=0.1104mol\cdot L^{-1}$。滴定过程中，当 $V(NaOH)=0$ 时，$c(H^+)=\sqrt{K_a\cdot c\ \ HAc}\approx\sqrt{10^{-4.76}\times\ 0.1}\ mol\cdot L^{-1}=10^{-2.88}mol\cdot L^{-1}$，溶液的 pH=2.88，当 $V(NaOH)=11.04mL$ 时，$n(NaAc)=n(HAc)$，溶液的 pH=4.76，当 $V(NaOH)=22.08mL$ 时，达到滴定终点，溶液中溶质为 NaAc，Ac^- 发生水解，溶液呈弱碱性，当 NaOH 溶液过量较多时，$c(NaOH)$ 无限接近 $0.1mol\cdot L^{-1}$，溶液 pH 接近 13，因此滴定曲线如图：

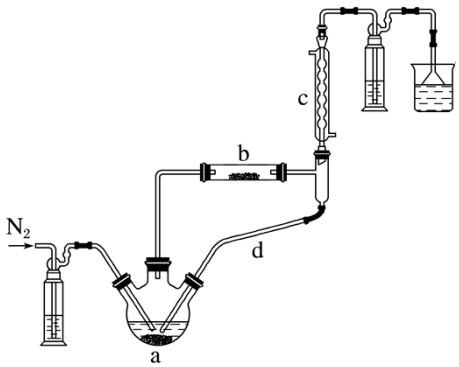


。

(5)向 20.00mLHAc 溶液中加入 V_1mLNaOH 溶液达到滴定终点，滴定终点的溶液中溶质为 NaAc，当 $\frac{n\ \ NaAc}{n\ \ HAc}=1$ 时，溶液中 $c(H^+)$ 的值等于 HAc 的 K_a，因此可再向溶液中加入 20.00mLHAc 溶液，使溶液中 $n(NaAc)=n(HAc)$。(6)不同的无机弱酸在生活中应用广泛，如 HClO 具有强氧化性，在生活中可用于漂白和消毒；H_2SO_3 具有还原性，可用作还原剂，在葡萄酒中添加适量 H_2SO_3 可用作防腐剂；H_3PO_4 是中强酸，可用作食品添加剂，同时在制药、生产肥料等行业有广泛用途。

2.[2022·山东，18(2)]实验室利用 $FeCl_2\cdot4H_2O$ 和亚硫酰氯($SOCl_2$)制备无水 $FeCl_2$ 的装置如

图所示(加热及夹持装置略)。已知 $SOCl_2$ 沸点为 76℃，遇水极易反应生成两种酸性气体。回答下列问题：



现有含少量杂质的 $FeCl_2 \cdot nH_2O$，为测定 n 值进行如下实验：

实验Ⅰ：称取 m_1g 样品，用足量稀硫酸溶解后，用 $c$mol·L^{-1} $K_2Cr_2O_7$ 标准溶液滴定 Fe^{2+} 达终点时消耗 VmL(滴定过程中 $Cr_2O_7^{2-}$ 转化为 Cr^{3+}，Cl^- 不反应)。

实验Ⅱ：另取 m_1g 样品，利用上述装置与足量 $SOCl_2$ 反应后，固体质量为 m_2g。

则 n=_____；下列情况会导致 n 测量值偏小的是_____(填标号)。

A．样品中含少量 FeO 杂质

B．样品与 $SOCl_2$ 反应时失水不充分

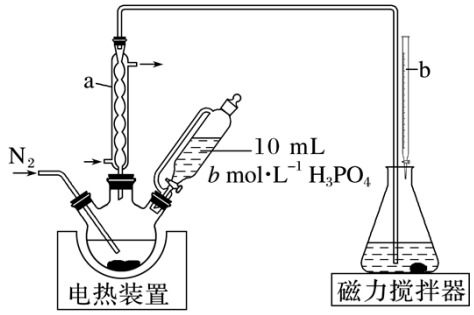
C．实验Ⅰ中，称重后样品发生了潮解

D．滴定达终点时发现滴定管尖嘴内有气泡生成

答案 $\dfrac{1000(m_1-m_2)}{108cV}$ AB

解析 滴定过程中 $Cr_2O_7^{2-}$ 将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+}，自身被还原成 Cr^{3+}，反应的离子方程式为 $6Fe^{2+}+Cr_2O_7^{2-}+14H^+===6Fe^{3+}+2Cr^{3+}+7H_2O$，则 m_1 g 样品中 $n(FeCl_2)=6n(Cr_2O_7^{2-})=6cV\times10^{-3}$mol；$m_1$g 样品中结晶水的质量为 (m_1-m_2) g，结晶水的物质的量为 $\dfrac{m_1-m_2}{18}$mol，$n(FeCl_2):n(H_2O)=1:n=(6cV\times10^{-3}\text{mol}):\dfrac{m_1-m_2}{18}\text{mol}$，解得 $n=\dfrac{1000(m_1-m_2)}{108cV}$。样品中含少量 FeO 杂质，溶于稀硫酸后生成 Fe^{2+}，导致消耗的 $K_2Cr_2O_7$ 溶液的体积 V 偏大，使 n 的测量值偏小，A 项选；样品与 $SOCl_2$ 反应时失水不充分，则 m_2 偏大，使 n 的测量值偏小，B 项选；实验Ⅰ称重后，样品发生了潮解，消耗的 $K_2Cr_2O_7$ 溶液的体积 V 不变，n 的测量值不变，C 项不选；滴定达到终点时发现滴定管尖嘴内有气泡生成，导致消耗的 $K_2Cr_2O_7$ 溶液的体积 V 偏小，使 n 的测量值偏大，D 项不选。

3．(2022·河北，14)某研究小组为了更准确检测香菇中添加剂亚硫酸盐的含量，设计实验如下：



①三颈烧瓶中加入 10.00g 香菇样品和 400mL 水；锥形瓶中加入 125mL 水、1mL 淀粉溶液，并预加 0.30mL0.01000mol·L^{-1}的碘标准溶液，搅拌。

②以 0.2L·min^{-1}流速通氮气，再加入过量磷酸，加热并保持微沸，同时用碘标准溶液滴定，至终点时滴定消耗了 1.00mL 碘标准溶液。

③做空白实验，消耗了 0.10mL 碘标准溶液。

④用适量 Na_2SO_3 替代香菇样品，重复上述步骤，测得 SO_2 的平均回收率为 95%。

已知：$K_{a1}(H_3PO_4)=7.1\times10^{-3}$，$K_{a1}(H_2SO_3)=1.3\times10^{-2}$

回答下列问题：

(1)装置图中仪器 a、b 的名称分别为_____、_____。

(2)三颈烧瓶适宜的规格为_____(填标号)。

A. 250mL　B. 500mL　C. 1000mL

(3)解释加入 H_3PO_4，能够生成 SO_2 的原因：

_____

_____。

(4)滴定管在使用前需要_____、洗涤、润洗；滴定终点时溶液的颜色为_____；滴定反应的离子方程式为_____

_____。

(5)若先加磷酸再通氮气，会使测定结果_____(填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

(6)该样品中亚硫酸盐含量为_____mg·kg^{-1}(以 SO_2 计，结果保留三位有效数字)。

答案　(1)球形冷凝管　酸式滴定管　(2)C

(3)加入 H_3PO_4 后，溶液中存在化学平衡 H_2SO_3　　SO_2+H_2O，SO_2 的溶解度随着温度升高而减小，SO_2 逸出后，促进了化学平衡 H_2SO_3　　SO_2+H_2O 向右移动　(4)检漏　蓝色　$I_2+SO_2+2H_2O$═══$2I^-+4H^++SO_4^{2-}$

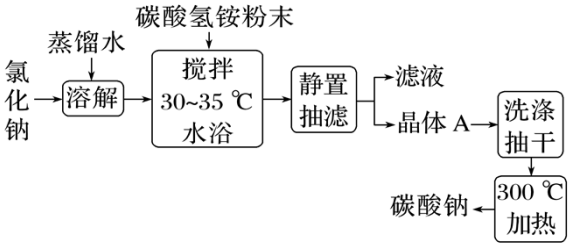
(5)偏低　(6)80.8

解析　由题中信息可知，检测香菇中添加剂亚硫酸盐的含量的原理是用过量的磷酸与其中的亚硫酸盐反应生成 SO_2，用氮气将 SO_2 排入到锥形瓶中被水吸收，最后用碘标准溶液滴定，测出样品中亚硫酸盐含量。(2)三颈烧瓶中加入 10.00g 香菇样品和 400mL 水，向其中加入 H_3PO_4

的体积不超过 10mL。在加热时，三颈烧瓶中的液体不能超过其容积的$\frac{2}{3}$，因此，三颈烧瓶适宜的规格为 1000mL，选 C。(3)虽然 $K_{a1}(H_3PO_4)=7.1\times10^{-3}<K_{a1}(H_2SO_3)=1.3\times10^{-2}$，但是 H_3PO_4 为难挥发性的酸，而 H_2SO_3 易分解为 SO_2 和水，SO_2 的溶解度随着温度升高而减小，SO_2 逸出后，促进了化学平衡 H_2SO_3 SO_2+H_2O 向右移动。(4)滴定管在使用前需要检漏、洗涤、润洗；滴定前，溶液中的碘被 SO_2 还原为碘离子，溶液的颜色为无色，滴定终点时，过量的半滴碘标准溶液使淀粉溶液变为蓝色且半分钟之内不变色，因此，滴定终点时溶液为蓝色；滴定反应的离子方程式为 $I_2+SO_2+2H_2O=2I^-+4H^++SO_4^{2-}$。(5)若先加磷酸再通氮气，则不能将装置中的空气及时排出，有部分亚硫酸盐和 SO_2 被装置中的氧气氧化，碘标准溶液的消耗量将减少，因此会使测定结果偏低。(6)实验中 SO_2 消耗的碘标准溶液的体积为 0.30mL+1.00mL=1.30mL，减去空白实验消耗的 0.10mL，则实际消耗碘标准溶液的体积为 1.20 mL，根据反应 $I_2+SO_2+2H_2O=2I^-+4H^++SO_4^{2-}$ 可以计算出 $n(SO_2)=n(I_2)=1.20\ mL\times10^{-3}L\cdot mL^{-1}\times0.01000mol\cdot L^{-1}=1.20\times10^{-5}mol$，由于 SO_2 的平均回收率为 95%，则实际生成的 $n(SO_2)=\frac{1.20\times10^{-5}mol}{0.95}\approx1.263\times10^{-5}mol$，则根据 S 元素守恒可知，该样品中亚硫酸盐含量为 $\frac{1.263\times10^{-5}mol\times64g\cdot mol^{-1}\times1000mg\cdot g^{-1}}{10.00g\times10^{-3}kg\cdot g^{-1}}\approx80.8mg\cdot kg^{-1}$。

4. (2021·湖南，15)碳酸钠俗称纯碱，是一种重要的化工原料。以碳酸氢铵和氯化钠为原料制备碳酸钠，并测定产品中少量碳酸氢钠的含量，过程如下：

步骤Ⅰ. Na_2CO_3 的制备



步骤Ⅱ. 产品中 $NaHCO_3$ 含量测定

①称取产品 2.500g，用蒸馏水溶解，定容于 250mL 容量瓶中；

②移取 25.00mL 上述溶液于锥形瓶中，加入 2 滴指示剂 M，用 0.1000mol·L^{-1} 盐酸标准溶液滴定，溶液由红色变至近无色(第一滴定终点)，消耗盐酸 V_1mL；

③在上述锥形瓶中再加入 2 滴指示剂 N，继续用 0.1000mol·L^{-1} 盐酸标准溶液滴定至终点(第二滴定终点)，又消耗盐酸 V_2mL；

④平行测定三次，V_1 平均值为 22.45，V_2 平均值为 23.51。

已知：(i)当温度超过 35℃时，NH_4HCO_3 开始分解。

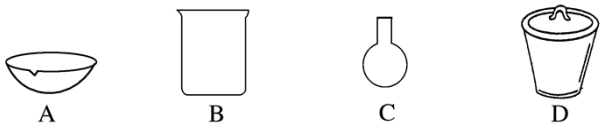
(ii)相关盐在不同温度下的溶解度表(g/100gH_2O)

温度/℃	0	10	20	30	40	50	60
NaCl	35.7	35.8	36.0	36.3	36.6	37.0	37.3
NH_4HCO_3	11.9	15.8	21.0	27.0			
$NaHCO_3$	6.9	8.2	9.6	11.1	12.7	14.5	16.4
NH_4Cl	29.4	33.3	37.2	41.4	45.8	50.4	55.2

回答下列问题：

(1)步骤Ⅰ中晶体A的化学式为_____，晶体A能够析出的原因是_____。

(2)步骤Ⅰ中“300℃加热”所选用的仪器是_____(填标号)。



(3)指示剂N为_____，描述第二滴定终点前后颜色变化：_____。

(4)产品中$NaHCO_3$的质量分数为_____(保留三位有效数字)。

(5)第一滴定终点时，某同学俯视读数，其他操作均正确，则$NaHCO_3$质量分数的计算结果_____(填“偏大”“偏小”或“无影响”)。

答案　(1)$NaHCO_3$　在相同温度下，$NaHCO_3$的溶解度较小，故$NaHCO_3$晶体能够析出(答案合理即可)　(2)D　(3)甲基橙　溶液由黄色变橙色　(4)3.56%　(5)偏大

解析　(1)根据题给信息中盐在不同温度下的溶解度不难看出，控制温度在30～35℃，目的是为了使NH_4HCO_3不发生分解，同时析出$NaHCO_3$固体，得到晶体A，因为在相同温度下，$NaHCO_3$的溶解度较小。

(2)300℃加热抽干后的$NaHCO_3$固体，需用坩埚、泥三角、三脚架等进行操作，所以符合题意的为D项。

(3)分析可知，第二次滴定时，使用的指示剂N为甲基橙，滴定到终点前溶液的溶质为碳酸氢钠和氯化钠，滴定达到终点后溶液的溶质为氯化钠，所以溶液的颜色变化为由黄色变为橙色。

(4)第一滴定发生的反应是$Na_2CO_3+HCl=\!=\!=NaHCO_3+NaCl$，则$n(Na_2CO_3)=n_{生成}(NaHCO_3)=n(HCl)=0.1000mol\cdot L^{-1}\times22.45\times10^{-3}L=2.245\times10^{-3}mol$，第二滴定消耗的盐酸的体积$V_2=23.51$，则根据化学方程式：$NaHCO_3+HCl=\!=\!=NaCl+H_2O+CO_2\uparrow$可知，消耗的$NaHCO_3$的物质的量$n_{总}(NaHCO_3)=0.1000mol\cdot L^{-1}\times23.51\times10^{-3}L=2.351\times10^{-3}mol$，则原溶液中的$NaHCO_3$的物质的量$n(NaHCO_3)=n_{总}(NaHCO_3)-n_{生成}(NaHCO_3)=2.351\times10^{-3}mol-2.245\times10^{-3}mol=1.06\times10^{-4}mol$，则原产品中$NaHCO_3$的物质的量为$\frac{250\ \ mL}{25.00\ \ mL}\times1.06\times10^{-4}mol=1.06\times10^{-3}$

mol，故产品中 $NaHCO_3$ 的质量分数为$\frac{1.06\times10^{-3}mol\times84g\cdot mol^{-1}}{2.500g}\times100\%=$3.5616%≈3.56%。

(5)第一滴定时，其他操作均正确的情况下，俯视读数，则会使标准液盐酸的体积偏小，即测得 V_1 偏小，所以原产品中 $NaHCO_3$ 的物质的量会偏大，最终导致其质量分数偏大。

考向预测

考向一　溶液的配制与滴定

1.(2022·广东省普通高中学业水平合格性考试)用 NaOH 固体配制 100mL0.1mol·L^{-1}NaOH 溶液，下列说法错误的是(　　)

A．选用 100mL 容量瓶

B．用玻璃棒搅拌或引流

C．容量瓶使用前需查验是否漏水

D．需加入 100mL 水

答案　D

解析　题目要求配制 100mL 溶液，就要选择 100mL 容量瓶，A 项正确；固体在烧杯中溶解，用玻璃棒搅拌，冷却后用玻璃棒引流，B 项正确；容量瓶使用前需查验是否漏水，C 项正确；加入 100mL 水，会使溶液体积大于 100mL，溶液浓度小于 0.1mol·L^{-1}，D 项错误。

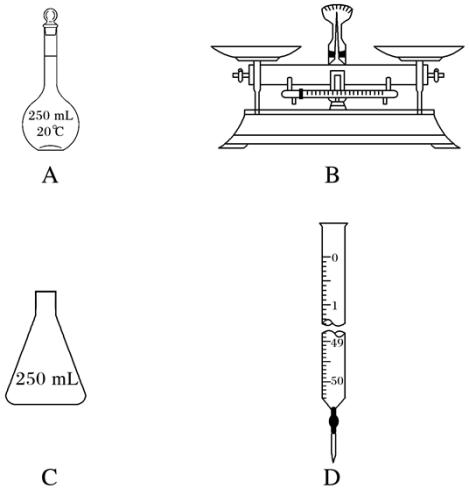
2．测定某草酸晶体样品的纯度的主要操作包括：

①称取一定质量的草酸晶体，加水使其完全溶解；

②转移定容待测液；

③移取 20.00mL 待测液，用 0.1000mol·L^{-1} 的 $KMnO_4$ 溶液滴定。

上述操作中，不需要用到的仪器为(　　)



答案　D

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

https://d.book118.com/378005032023006070