

模板 02 物质性质和化学反应探究实验

本节导航

识 • 题型解读 考情分析+命题预测/技巧解读

明 • 模板构建 答题模板+技巧点拨

技法 01 物质性质探究实验的方法和思路

技法 02 控制变量设计实验的方法和思路

通 • 模板运用 真题示例+模板答题+变式训练

练 • 模板演练 最新模拟、预测考向



题型解读

探究性实验以其创新、灵活的特点成为每年高考的热点题型，试题将元素化合物知识与化学实验知识巧妙地融合在一起，增加了题目的新颖度和难度，能充分考查学生的发散思维能力和分析问题的能力。实验往往通过对物质化学性质的实验探究、反应产物成分的实验探究、化学反应原理的实验探究，揭示反应原理、解释产生某些现象的原因等。



模板构建



答题模板

第一步: 明确探究目的	从题干中信息, 明确实验探究的目的或实验原理。
第二步: 寻找影响因素	结合题干信息或已掌握的化学知识, 寻找实验的影响因素, 如温度、浓度、pH 等。
第三步: 分析原因、推理归纳	①对比分析已有实验(明确变量)或根据实验原理、物质性质等设计实验方案验证猜想或假设。 ②结合物质可能的性质, 分析产生实验现象的原因, 对比分析推理, 归纳得出实验结论; 或者根据题目给出的实验结果, 反推假设是否合理。



技巧点拨

技法 01 物质性质探究实验的方法和思路

1. 探究型实验的常见类型

(1)对未知产物的探究

通过化学反应原理猜测可能生成哪些物质，对这些物质逐一进行检验来确定究竟含有哪些物质。虽然探究型实验主要考查学生的探究能力，但在问题中常常包含了对实验基础知识的考查。例如：

- ①常见物质分离的提纯方法：结晶法、蒸馏法、过滤法、升华法、萃取法、渗析法等。
- ②常见气体的制备、净化、干燥、收集等方法。
- ③熟悉重点的操作：气密性检查、测量气体体积、防倒吸、防污染等。

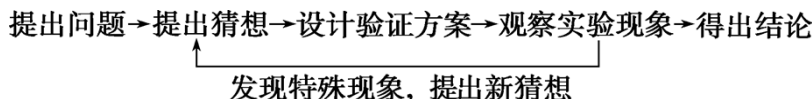
(2)物质性质的探究

①在探究过程中往往可以利用对比实验，即设置几组平行实验来进行对照和比较，从而研究和揭示某种规律，解释某种现象形成的原因或证明某种反应机理。

②无机物、有机物性质的探究，必须在牢牢掌握元素化合物知识的基础上，大胆猜想，细心论证。脱离元素化合物知识，独立看待实验问题是不科学的，只有灵活运用已有的元素化合物知识，才能变探究型实验为验证型实验，使复杂问题简单化。

2. 探究型实验的基本程序

解答探究型实验题的基本程序可用以下流程图表示：



(1)提出问题

要提出问题，首先得发现问题，对题给信息进行对比、质疑，通过思考提出值得探究的问题。此外，实验中出现的特殊现象也是发现问题、提出问题的重要契机。

(2)提出猜想

所谓猜想就是根据已有知识对问题的解决提出的几种可能的情况。有一些问题，结论有多种可能(这就是猜想)，只能通过实验进行验证。

(3)设计验证方案

提出猜想后，就要结合题给条件，设计出科学、合理、安全的实验方案，对可能的情况进行探究。实验设计中，关键点是对试剂的选择和实验条件的调控。

(4)观察实验现象，得出结论

根据设计的实验方案，结合实验现象进行推理分析或计算分析得出结论。

技法 02 控制变量设计实验的方法和思路

1. 实验探究的科学方法及思路

变量控制→对照实验→定性观察或定量测定→科学归纳

2. 解题策略

(1)确定变量

解答这类题目时首先要认真审题，理清影响实验探究结果的因素有哪些。

(2)定多变一

在探究时,应该先确定其他的因素不变,只变化一种因素,看这种因素与探究的问题存在怎样的关系;这样确定一种以后,再确定另一种,通过分析每种因素与所探究问题之间的关系,得出所有影响因素与所探究问题之间的关系。

(3)数据有效

解答时注意选择数据(或设置实验)要有效,且变量统一,否则无法作出正确判断。

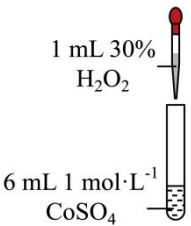
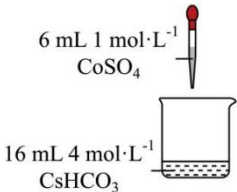


模板运用



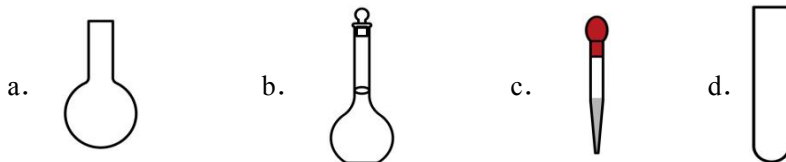
真题示例

1. (2024·湖北卷) 学习小组为探究 Co^{2+} 、 Co^{3+} 能否催化 H_2O_2 的分解及相关性质, 室温下进行了实验 I~IV。

实验 I	实验 II	实验 III
		
无明显变化	溶液变为红色, 伴有气泡产生	溶液变为墨绿色, 并持续产生能使带火星木条复燃的气体

已知: $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 为粉红色、 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 为蓝色、 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ 为红色、 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ 为墨绿色。回答下列问题:

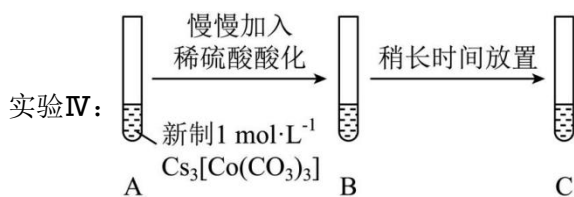
(1) 配制 $1.00\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 CoSO_4 溶液, 需要用到下列仪器中的 _____ (填标号)。



(2) 实验 I 表明 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ _____ (填“能”或“不能”) 催化 H_2O_2 的分解。实验 II 中 HCO_3^- 大大过量的原因是 _____。实验 III 初步表明 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ 能催化 H_2O_2 的分解, 写出 H_2O_2 在实验 III 中所发生反应的离子方程式 _____、_____。

(3) 实验 I 表明, 反应 $2[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$

难以正向进行，利用化学平衡移动原理，分析 Co^{3+} 、 Co^{2+} 分别与 CO_3^{2-} 配位后，正向反应能够进行的原因_____。



(4)实验Ⅳ中，A 到 B 溶液变为蓝色，并产生气体；B 到 C 溶液变为粉红色，并产生气体。从 A 到 C 所产生的气体的分子式分别为_____、_____。



模板答题

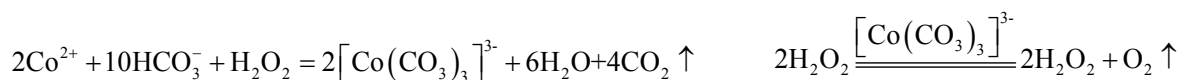
【第一步 明确探究目的】 探究 Co^{2+} 、 Co^{3+} 能否催化 H_2O_2 的分解及相关性质。

【第二步 寻找影响因素】	【第三步 分析原因、推理归纳】
实验Ⅰ中无明显变化	证明 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 不能催化 H_2O_2 的分解
实验Ⅱ中溶液变为红色	证明 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 易转化为 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$
实验Ⅲ中溶液变为墨绿色	说明 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 更易与 CO_3^{2-} 反应生成 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ ，并且初步证明 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 在 HCO_3^- 的作用下易被 H_2O_2 氧化为 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$
实验Ⅳ中溶液先变蓝后变红，并且前后均有气体生成	证明在酸性条件下， $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ 易转化为 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ， $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 氧化性强，可以把 H_2O 氧化为 O_2 。

【答案】 (1) bc

(2) 不能 HCO_3^- 与 Co^{2+} 按物质的量之比 4:1 发生反应

$4\text{HCO}_3^- + \text{Co}^{2+} = [\text{Co}(\text{CO}_3)_2]^{2-} + 2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，实验中 HCO_3^- 与 Co^{2+} 的物质的量之比为 32:3



(3) 实验Ⅲ的现象表明， Co^{3+} 、 Co^{2+} 分别与 CO_3^{2-} 配位时， $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 更易与 CO_3^{2-} 反应生成 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ （该反应为快反应），导致 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 几乎不能转化为 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ ，这样使得 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 的浓度减小的幅度远远大于 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 减小的幅度，根据化学平衡移动原理，减小生成物

浓度能使化学平衡向正反应方向移动，因此，上述反应能够正向进行

(4) CO_2 O_2

【解析】(1) 配制 $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CoSO_4 溶液, 需要用到容量瓶、胶头滴管等等, 因此选 bc。

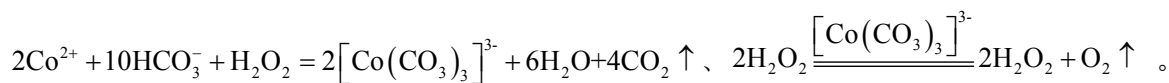
(2) CoSO_4 溶液中存在大量的 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, 向其中加入 30% 的 H_2O_2 后无明显变化, 因此, 实验 I 表明 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 不能催化 H_2O_2 的分解。实验 II 中发生反应的离子方程式为

$4\text{HCO}_3^- + \text{Co}^{2+} = [\text{Co}(\text{CO}_3)_2]^{2-} + 2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 实验中 HCO_3^- 与 Co^{2+} 的物质的量之比为 32:3, 因此,

HCO_3^- 大大过量的原因是: HCO_3^- 与 Co^{2+} 按物质的量之比 4:1 发生反应

$4\text{HCO}_3^- + \text{Co}^{2+} = [\text{Co}(\text{CO}_3)_2]^{2-} + 2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 实验中 HCO_3^- 与 Co^{2+} 的物质的量之比为 32:3。实验 III 的实

验现象表明在 H_2O_2 的作用下 Co^{2+} 能与 HCO_3^- 反应生成 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$, 然后 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ 能催化 H_2O_2 的分解, 因此, H_2O_2 在实验 III 中所发生反应的离子方程式为



(3) 实验 I 表明, 反应 $2[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 难以正向进行。实验 III 的现象表明, Co^{3+} 、 Co^{2+} 分别与 CO_3^{2-} 配位时, $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 更易与 CO_3^{2-} 反应生成 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-}$ (该反应为快反应), 导致 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 几乎不能转化为 $[\text{Co}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$, 这样使得 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 的浓度减小的幅度远大于 $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 减小的幅度, 根据化学平衡移动原理, 减小生成物浓度能使化学平衡向正反应方向移动, 因此, 上述反应能够正向进行。

(4) 实验 IV 中, A 到 B 溶液变为蓝色, 并产生气体, 说明发生了

$[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]^{3-} + 6\text{H}^+ + 3\text{H}_2\text{O} = [\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 3\text{CO}_2 \uparrow$; B 到 C 溶液变为粉红色, 并产生气体, 说明发生了

$4[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = 4[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, 因此从 A 到 C 所产生的的气体的分子式分别为 CO_2 和 O_2 。

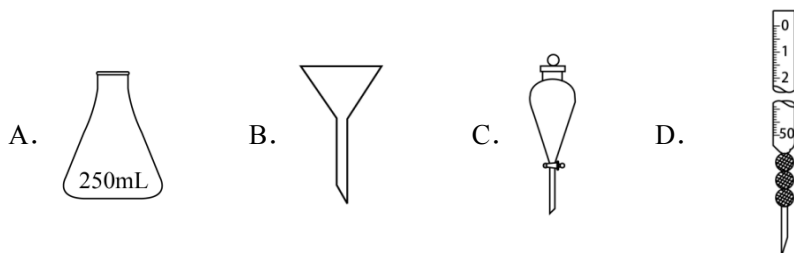
变式训练

1. (2023·广东卷) 化学反应常伴随热效应。某些反应(如中和反应)的热量变化, 其数值 Q 可通过量热装置测量反应前后体系温度变化, 用公式 $Q = cpV_{\text{总}} \cdot \Delta T$ 计算获得。

(1) 盐酸浓度的测定: 移取 20.00 mL 待测液, 加入指示剂, 用 $0.5000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH

溶液滴定至终点，消耗 NaOH 溶液 22.00 mL。

①上述滴定作用到的仪器有_____。



②该盐酸浓度为_____ mol·L⁻¹。

(2) 热量的测定：取上述 NaOH 溶液和盐酸各 50 mL 进行反应，测得反应前后体系的温度值(°C)分别为 T₀、T₁，则该过程放出的热量为_____ J (c 和 ρ 分别取 4.18 J·g⁻¹·°C⁻¹ 和 1.0 g·mL⁻¹，忽略水以外各物质吸收的热量，下同)。

(3) 借鉴 (2) 的方法，甲同学测量放热反应 Fe(s)+CuSO₄(aq)=FeSO₄(aq)+Cu(s) 的焓变 ΔH (忽略温度对焓变的影响，下同)。实验结果见下表。

序号	反应试剂		体系温度/°C	
			反应前	反应后
i	0.20 mol·L ⁻¹ CuSO ₄ 溶液 100 mL	1.20 g Fe 粉	a	b
ii		0.56 g Fe 粉	a	c

①温度：b_____c(填“>”“<”或“=”)。

②ΔH=_____ (选择表中一组数据计算)。结果表明，该方法可行。

(4) 乙同学也借鉴 (2) 的方法，测量反应 A: Fe(s)+Fe₂(SO₄)₃(aq)=3FeSO₄(aq) 的焓变。

查阅资料：配制 Fe₂(SO₄)₃ 溶液时需加入酸。加酸的目的是_____。

提出猜想：Fe 粉与 Fe₂(SO₄)₃ 溶液混合，在反应 A 进行的过程中，可能存在 Fe 粉和酸的反应。

验证猜想：用 pH 试纸测得 Fe₂(SO₄)₃ 溶液的 pH 不大于 1；向少量 Fe₂(SO₄)₃ 溶液中加入 Fe 粉，溶液颜色变浅的同时有气泡冒出，说明存在反应 A 和_____ (用离子方程式表示)。

实验小结：猜想成立，不能直接测反应 A 的焓变。

教师指导：鉴于以上问题，特别是气体生成带来的干扰，需要设计出实验过程中无气体生成的实验方案。

优化设计：乙同学根据相关原理，重新设计了优化的实验方案，获得了反应 A 的焓变。该方案为_____。

(5) 化学能可转化为热能，写出其在生产或生活中的一种应用_____。



模板答题

【第一步 明确探究目的】测量反应 $A: Fe(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq) = 3FeSO_4(aq)$ 的焓变。Fe 粉与 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液混合，在反应 A 进行的过程中，可能存在 Fe 粉和酸的反应。

【第二步 寻找影响因素】

用 pH 试纸测得 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液的 pH 不大于 1；向少量 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液中加入 Fe 粉，溶液颜色变浅的同时有气泡冒出。

【第三步 分析原因、推理归纳】

①说明溶液中还存在 Fe 与酸的反应，因此不能直接测反应 A 的焓变。

②需要设计出实验过程中无气体生成的实验方案。

③重新设计了优化的实验方案，获得了反应 A 的焓变：

将一定量的 Cu 粉加入一定浓度的 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液中反应，测量反应热，计算得到反应

$Cu + Fe_2(SO_4)_3 = CuSO_4 + 2FeSO_4$ 的焓变 ΔH_1 ；根据 (3) 中实验计算得到反应 $Fe + CuSO_4 = Cu + FeSO_4$ 的焓变 ΔH_2 ；根据盖斯定律计算得到反应 $Fe + Fe_2(SO_4)_3 = 3FeSO_4$ 的焓变为 $\Delta H_1 + \Delta H_2$

【答案】 (1) AD 0.5500

(2) $418(T_1 - T_0)$

(3) $>$ $-20.9(b-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $-41.8(c-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(4) 抑制 Fe^{3+} 水解 $Fe + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2 \uparrow$ 将一定量的 Cu 粉加入一定浓度的 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液中反应，测量反应热，计算得到反应 $Cu + Fe_2(SO_4)_3 = CuSO_4 + 2FeSO_4$ 的焓变 ΔH_1 ；根据 (3) 中实验计算得到反应 $Fe + CuSO_4 = Cu + FeSO_4$ 的焓变 ΔH_2 ；根据盖斯定律计算得到反应 $Fe + Fe_2(SO_4)_3 = 3FeSO_4$ 的焓变为 $\Delta H_1 + \Delta H_2$

(5) 燃料燃烧(或铝热反应焊接铁轨等)

【解析】 (1) ①滴定操作时需要用的仪器有锥形瓶、酸式滴定管、碱式滴管、铁架台等，故选 AD；

②滴定时发生的反应为 $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$ ，故

$$c(\text{HCl}) = \frac{c(\text{NaOH})V(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})} = \frac{0.5000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 22.00\text{mL}}{20.00\text{mL}} = 0.5500\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 故答案为 } 0.5500;$$

(2) 由 $Q = cpV_{\text{总}} \cdot \Delta T$ 可得 $Q = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times 1.0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times (50\text{mL} + 50\text{mL}) \times (T_1 - T_2) = 418(T_1 - T_2)$ ，故答案为 $418(T_1 - T_2)$ ；

(3) $100 \text{ mL } 0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CuSO}_4$ 溶液含有溶质的物质的量为 0.02 mol ， 1.20 g Fe 粉和 0.56 g Fe 粉的物质的量分别为 0.021 mol 、 0.01 mol ，实验 i 中有 0.02 mol CuSO_4 发生反应，实验 ii 中有 0.01 mol CuSO_4 发生反应，实验 i 放出的热量多，则 $b > c$ ；若按实验 i 进行计算，

$$\Delta H = \frac{4.18 \times 1.0 \times 100 \times (b - a)}{1000 \times 0.02} = -20.9 (c - a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}；\text{若按实验 ii 进行计算，}$$

$$\Delta H = \frac{4.18 \times 1.0 \times 100 \times (c - a)}{1000 \times 0.01} = -41.8 (c - a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}，\text{故答案为：} >； -20.9 (b - a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ 或}$$

$$-41.8 (c - a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}；$$

(4) Fe^{3+} 易水解，为防止 Fe^{3+} 水解，在配制 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液时需加入酸；用 pH 试纸测得 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液的 pH 不大于 1 说明溶液中呈强酸性，向少量 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中加入 Fe 粉，溶液颜色变浅的同时有气泡即氢气产生，说明溶液中还存在 Fe 与酸的反应，其离子方程式为 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ ；乙同学根据相关原理，重新设计优化的实验方案的重点为如何防止 Fe 与酸反应产生影响，可以借助盖斯定律，设计分步反应来实现 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液与 Fe 的反应，故可将一定量的 Cu 粉加入一定浓度的 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中反应，测量反应热，计算得到反应 $\text{Cu} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{CuSO}_4 + 2\text{FeSO}_4$ 的焓变 ΔH_1 ；根据 (3) 中实验计算得到反应

$\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{FeSO}_4$ 的焓变 ΔH_2 ；根据盖斯定律计算得到反应 $\text{Fe} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 3\text{FeSO}_4$ 的焓变为

$$\Delta H_1 + \Delta H_2，\text{故答案为：抑制 } \text{Fe}^{3+} \text{ 水解； } \text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow；\text{将一定量的 Cu 粉加入一定浓度的 } \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$$

溶液中反应，测量反应热，计算得到反应 $\text{Cu} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{CuSO}_4 + 2\text{FeSO}_4$ 的焓变 ΔH_1 ；根据 (3) 中实验计

算得到反应 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{FeSO}_4$ 的焓变 ΔH_2 ；根据盖斯定律计算得到反应 $\text{Fe} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 3\text{FeSO}_4$ 的焓变

为 $\Delta H_1 + \Delta H_2$ ；

(5) 化学能转化为热能在生产和生活中应用比较广泛，化石燃料的燃烧、炸药开山、放射火箭等都是化学能转化热能的应用，另外铝热反应焊接铁轨也是化学能转化热能的应用，故答案为：燃料燃烧(或铝热反应焊接铁轨等)。

2. (2024·北京卷)某小组同学向 $\text{pH}=1$ 的 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 FeCl_3 溶液中分别加入过量的 Cu 粉、Zn 粉和 Mg 粉，探究溶液中氧化剂的微粒及其还原产物。

(1) 理论分析

依据金属活动性顺序，Cu、Zn、Mg 中可将 Fe^{3+} 还原为 Fe 的金属是_____。

(2) 实验验证

实验	金属	操作、现象及产物
I	过量 Cu	一段时间后，溶液逐渐变为蓝绿色，固体中未检测到 Fe 单质
II	过量 Zn	一段时间后有气泡产生，反应缓慢，pH 逐渐增大，产生了大量红褐色沉淀后，无气泡冒出，此时溶液 pH 为 3~4，取出固体，固体中未检测到 Fe 单质
III	过量 Mg	有大量气泡产生，反应剧烈，pH 逐渐增大，产生了大量红褐色沉淀后，持续产生大量气泡，当溶液 pH 为 3~4 时，取出固体，固体中检测到 Fe 单质

①分别取实验 I、II、III 中的少量溶液，滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液，证明都有 Fe^{2+} 生成，依据的现象是_____。

②实验 II、III 都有红褐色沉淀生成，用平衡移动原理解释原因_____。

③对实验 II 未检测到 Fe 单质进行分析及探究。

i. a. 甲认为实验 II 中，当 Fe^{3+} 、 H^+ 浓度较大时，即使 Zn 与 Fe^{2+} 反应置换出少量 Fe，Fe 也会被 Fe^{3+} 、 H^+ 消耗。写出 Fe 与 Fe^{3+} 、 H^+ 反应的离子方程式_____。

b. 乙认为在 pH 为 3~4 的溶液中即便生成 Fe 也会被 H^+ 消耗。设计实验_____（填实验操作和现象）。

证实了此条件下可忽略 H^+ 对 Fe 的消耗。

c. 丙认为产生的红褐色沉淀包裹在 Zn 粉上，阻碍了 Zn 与 Fe^{2+} 的反应。实验证实了 Zn 粉被包裹。

i. 查阅资料： $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Fe^{3+} 开始沉淀的 pH 约为 1.2，完全沉淀的 pH 约为 3。

结合 a、b 和 c，重新做实验 II，当溶液 pH 为 3~4 时，不取出固体，向固-液混合物中持续加入盐酸，控制 $\text{pH}<1.2$ ，_____（填实验操作和现象），待 pH 为 3~4 时，取出固体，固体中检测到 Fe 单质。

(3) 对比实验 II 和 III，解释实验 III 的固体中检测到 Fe 单质的原因_____。

【答案】(1) Mg、Zn

(2) ①产生蓝色沉淀

② Fe^{3+} 水解方程式为 $\text{Fe}^{3+}+3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3+3\text{H}^+$ ，加入的 Mg 或 Zn 会消耗 H^+ ，促进 Fe^{3+} 水解平衡正向移动，使其转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀

③ i. a. $2\text{Fe}^{3+}+2\text{Fe}+2\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{2+}+\text{H}_2\uparrow$ （或 $2\text{Fe}^{3+}+\text{Fe} \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{2+}$ 、 $2\text{H}^++\text{Fe} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}+\text{H}_2\uparrow$ ）

b. 向 pH 为 3~4 的稀盐酸中加铁粉，一段时间后取出少量溶液，滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液，不产生蓝色沉淀

ii. 加入几滴 KSCN 溶液, 待溶液红色消失后, 停止加入盐酸

(3) 加入镁粉后产生大量气泡, 使镁粉不容易被 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀包裹

【解析】(1) 在金属活动性顺序表中, Mg、Zn 排在 Fe 之前, Cu 排在 Fe 之后, 因此 Mg、Zn 可将 Fe^{3+} 还原为 Fe。

(2) Fe^{2+} 与 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 会生成蓝色的 $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 沉淀。

③ ii. 结合 a, b 和 c 可知, 实验 II 未检测到 Fe 单质的原因可能是 Fe^{3+} 的干扰以及 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀对锌粉的包裹, 因此可控制反应条件, 在未生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀时将 Fe^{3+} 还原, 即可排除两个干扰因素。



模板演练

1. (2024·广东卷) 含硫物质种类繁多, 在一定条件下可相互转化。

(1) 实验室中, 浓硫酸与铜丝反应, 所产生的尾气可用 _____ (填化学式) 溶液吸收。

(2) 工业上, 烟气中的 SO_2 可在通空气条件下用石灰石的浆液吸收, 生成石膏。该过程中, _____ (填元素符号) 被氧化。

(3) 工业锅炉需定期除水垢, 其中的硫酸钙用纯碱溶液处理时, 发生反应:

$\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ (I)。兴趣小组在实验室探究 Na_2CO_3 溶液的浓度对反应(I) 的反应速率的影响。

①用 Na_2CO_3 固体配制溶液, 以滴定法测定其浓度。

i. 该过程中用到的仪器有 _____。

A.



B.



C.



D.



ii. 滴定数据及处理: Na_2CO_3 溶液 $V_0\text{mL}$, 消耗 $c_1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸 $V_1\text{mL}$ (滴定终点时, CO_3^{2-} 转化为 HCO_3^-), 则 $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \underline{\hspace{2cm}} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

②实验探究: 取①中的 Na_2CO_3 溶液, 按下表配制总体积相同的系列溶液, 分别加入 $m_1\text{g}$ 硫酸钙固体, 反应 $t_1\text{min}$ 后, 过滤, 取 $V_0\text{mL}$ 滤液, 用 $c_1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸参照①进行滴定。记录的部分数据如下表(忽略 CO_3^{2-} 水解的影响)。

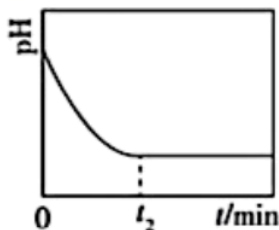
序号	$V(\text{Na}_2\text{CO}_3)/\text{mL}$	$V(\text{H}_2\text{O})/\text{mL}$	$V(\text{滤液})/\text{mL}$	$V_{\text{消耗}}(\text{盐酸})/\text{mL}$
----	---------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------	--------------------------------------

a	100.0	0	V_0	$2V_1/5$
b	80.0	x	V_0	$3V_1/10$

则 $x = \underline{\hspace{2cm}}$ ，测得的平均反应速率之比 $v_a:v_b = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 兴趣小组继续探究反应(I)平衡的建立，进行实验。

①初步实验 将 1.00g 硫酸钙($M=136\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)加入 100.0mL $0.100\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中，在 25°C 和搅拌条件下，利用 pH 计测得体系的 pH 随时间的变化曲线如图。



②分析讨论 甲同学根据 $t_2\text{min}$ 后 pH 不改变，认为反应(I)已达到平衡；乙同学认为证据不足，并提出如下假设：

假设 1 硫酸钙固体已完全消耗；

假设 2 硫酸钙固体有剩余，但被碳酸钙沉淀包裹。

③验证假设，乙同学设计如下方案，进行实验。

步骤	现象
i. 将①实验中的反应混合物进行固液分离	/
ii. 取少量分离出的沉淀置于试管中，滴加 <u> </u>	<u> </u> ，沉淀完全溶解
iii. 继续向 ii 的试管中滴加 <u> </u>	无白色沉淀生成

④实验小结 假设 1 成立，假设 2 不成立。①实验中反应(I)平衡未建立。

⑤优化方案、建立平衡 写出优化的实验方案，并给出反应(I)平衡已建立的判断依据： 。

【答案】 (1) NaOH (其他合理答案也可)

(2) S (3) ①. BD ②. $\frac{c_1V_1}{V_0}$ ③. 20.0 ④. 6: 5

(4) ①. 过量稀盐酸 ②. 有气体产生 ③. BaCl₂ 溶液 ④. 将最少 1.36g 硫酸钙加入 100.0mL $0.100\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中，在 25°C 和搅拌条件下，利用 pH 计测得体系的 pH，当 pH 不变时，加入 Na₂SO₄ 固体，若 pH 值变大，说明反应 I 平衡已建立

【分析】探究反应 $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ (I) 中 Na₂CO₃ 溶液的浓度对反应速率的影响，通过 HCl 与 Na₂CO₃ 的滴定反应，来测量 Na₂CO₃ 浓度的变化量，从而计算平均反应速率；

探究反应 $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 平衡的建立，利用 CO₃²⁻

水解呈碱性的性质，通过测定 pH 来判断 CO_3^{2-} 离子浓度的变化情况，从而判断反应是否平衡。

【小问 1 详解】

浓硫酸与铜丝反应方程式为： $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，所产生的尾气为 SO_2 ，可用

NaOH 溶液吸收（其他合理答案也可）；

【小问 2 详解】

SO_2 生成石膏（主要成分 CaSO_4 ），S 元素的化合价由 +4 价上升到 +6 价，失去电子，被氧化；

【小问 3 详解】

①用 Na_2CO_3 固体配制溶液，以滴定法测定其浓度，该过程用到下列仪器中的烧杯、酸式滴定管，故选

BD；根据离子方程式 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$ 可知， $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{c_1 V_1 \times 10^{-3}}{V_0 \times 10^{-3}} = \frac{c_1 V_1}{V_0} \text{mol/L}$ ；

②总体积应相同，x 为 20.0mL；a 中消耗的盐酸体积为 $\frac{2V_1}{5}$ ，即 $\Delta c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{3c_1 V_1}{5V_0} \text{mol/L}$ ，同理可

得，b 中 $\Delta c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{80\text{mL}}{100\text{mL}} \times \frac{c_1 V_1}{V_0} - \frac{3c_1 V_1}{10V_0} = \frac{c_1 V_1}{2V_0}$ ，由于 $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$ ， $v_a : v_b = \frac{3c_1 V_1}{5V_0} : \frac{c_1 V_1}{2V_0} = 6 : 5$ ；

【小问 4 详解】

由结论假设 1 成立，假设 2 不成立，说明①实验中的沉淀均为 CaCO_3 ，要验证沉淀中无 CaSO_4 ，可酸溶后滴加 BaCl_2 将①实验中的反应混合物进行固液分离后，取少量分离出的沉淀置于试管中，滴加过量稀盐酸，有气体产生，沉淀完全溶解，继续滴加 BaCl_2 溶液，无白色沉淀生成，说明沉淀均为 CaCO_3 ，无

CaSO_4 ；由方程式 $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 可知，假设正反应 100% 进行，

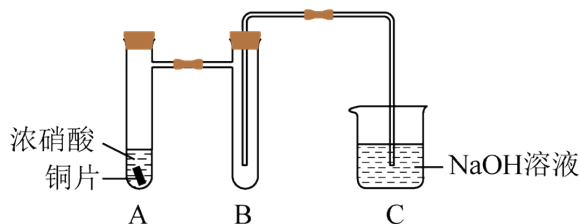
$n(\text{CaSO}_4) = n(\text{CO}_3^{2-}) = 0.100 \text{mol/L} \times 0.1 \text{L} = 0.01 \text{mol}$ ，质量为 $0.01 \text{mol} \times 136 \text{g/mol} = 1.36 \text{g}$ ，实验方案

为：将最少 1.36g 硫酸钙加入 100.0mL $0.100 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中，在 25°C 和搅拌条件下，利用 pH 计

测得体系的 pH，当 pH 不变时，加入 Na_2SO_4 固体，若 pH 值变大，说明反应 I 平衡已建立。

2. （2023·湖北卷）学习小组探究了铜的氧化过程及铜的氧化物的组成。回答下列问题：

（1）铜与浓硝酸反应的装置如下图，仪器 A 的名称为_____，装置 B 的作用为_____。



（2）铜与过量 H_2O_2 反应的探究如下：

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/548075031055007045>