

实验活动 1 探究影响化学平衡移动的因素

【实验目的】

1. 认识浓度、温度等因素对化学平衡的影响。
2. 进一步学习控制变量、对比等科学方法。

【实验用品】

小烧杯、大烧杯、量筒、试管、试管架、玻璃棒、胶头滴管、酒精灯、火柴、两个封装有 NO_2 和 N_2O_4 混合气体的圆底烧瓶。

铁粉、 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液、 $0.15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KSCN 溶液、 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液、 $6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液、 $6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液、 $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ CuCl_2 溶液、热水、冰块、蒸馏水。

【实验步骤】

一、浓度对化学平衡的影响

1. FeCl_3 溶液与 KSCN 溶液的反应

(1) 在小烧杯中加入 10 mL 蒸馏水，再滴入 5 滴 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液、5 滴 $0.15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KSCN 溶液，用玻璃棒搅拌，使其充分混合，将混合均匀的溶液平均注入 a、b、c 三支试管中。

(2) 向试管 a 中滴入 5 滴 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液，向试管 b 中滴入 5 滴 $0.15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KSCN 溶液，观察并记录实验现象，与试管 c 进行对比。完成下表。

实验内容	向试管 a 中滴入 5 滴 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液	向试管 b 中滴入 5 滴 $0.15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KSCN 溶液
实验现象	红色加深	红色加深
结论	在其他条件不变时，增大反应物的浓度，平衡 <u>正向</u> 移动	

(3) 继续向上述两支试管中分别加入少量铁粉，观察并记录实验现象。完成下表。

实验内容	向试管 a 中加入少量铁粉	向试管 b 中加入少量铁粉
实验现象	红色变浅	红色变浅
结论	在其他条件不变时，减小反应物的浓度，平衡 <u>逆向</u> 移动[因为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{2+}$ ， $c(\text{Fe}^{3+})$ 减小]	

2. 在 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中存在如下平衡：



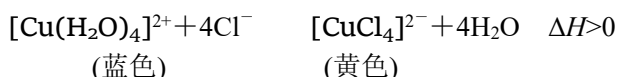
取一支试管，加入 2 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液，然后按下表中的步骤进行实验，观察溶液颜色的变化，判断平衡是否发生移动及移动的方向。完成下表。

实验步骤	实验现象	结论
------	------	----

(1)向试管中滴加 5~10 滴 6 mol·L ⁻¹ NaOH 溶液	黄色加深	在其他条件不变时,减小生成物的浓度,平衡正向移动
(2)向试管中继续滴加 5~ 10 滴 6 mol·L ⁻¹ H ₂ SO ₄ 溶液	橙色加深	在其他条件不变时,增大生成物的浓度,平衡逆向移动

二、温度对化学平衡的影响

1. 在 CuCl₂ 溶液中存在如下平衡:



分别取 2 mL 0.5 mol·L⁻¹ CuCl₂ 溶液加入两支试管中,将其中的一支试管先加热,然后置于冷水中,观察并记录实验现象,与另一支试管进行对比。完成下表。

实验步骤	实验现象	结论
(1)加热试管	溶液由蓝色变为绿色	在其他条件不变时,升高温度,平衡正向移动
(2)将上述试管置于冷水中	溶液恢复蓝色	在其他条件不变时,降低温度,平衡逆向移动

2.取两个封装有 NO₂ 和 N₂O₄ 混合气体的圆底烧瓶(编号分别为 1 和 2),将它们分别浸在盛有热水、冷水的大烧杯中,比较两个烧瓶里气体的颜色。将两个烧瓶互换位置,稍等片刻,再比较两个烧瓶里气体的颜色。完成下表(2NO₂ ⇌ N₂O₄ ΔH<0):

烧瓶编号	1	2
实验步骤	(1)置于热水	(1)置于冷水
实验现象	红棕色加深	红棕色变浅
实验步骤	(2)置于冷水	(2)置于热水
实验现象	红棕色变浅	红棕色加深
结论	在其他条件不变时,降低温度,平衡正向移动	在其他条件不变时,升高温度,平衡逆向移动

【问题和讨论】

1. 在进行浓度、温度对化学平衡影响的实验时,应注意哪些问题?

答案 注意控制变量法的运用,在研究温度对平衡移动的影响时,只能改变温度这一个条件,其他条件保持一致。还要注意对比法的运用。

2. 结合实验内容,尝试归纳影响化学平衡移动的因素。

答案 浓度改变:增加反应物的浓度,减少生成物的浓度,平衡向正反应方向移动;减少反

应物的浓度，增加生成物的浓度，平衡向逆反应方向移动。

温度改变：升高温度，平衡向吸热反应方向移动；降低温度，平衡向放热反应方向移动。

3. 在对 CuCl_2 溶液加热时，你是否观察到了 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ 的黄色？你能说出原因吗？

答案 在对 CuCl_2 溶液加热时，不能观察到 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ 的黄色，因为加热时，平衡正向移动， $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 有部分转化为 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ， $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 显蓝色， $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ 显黄色，而二者的混合色为绿色，所以看不到黄色。

【跟踪训练】

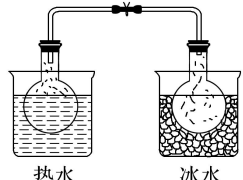
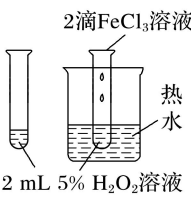

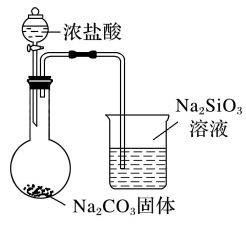
1. 下列实验、现象及结论都正确的是()

选项	实验	现象	结论
A	向 2 mL $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 FeCl_3 溶液中加入 1 滴 KSCN 溶液，再加入少量 KCl 溶液	溶液红色变深	平衡正向移动
B	向两支盛有少量 H_2O_2 溶液的试管中分别加入 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 FeCl_3 溶液和 $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 CuSO_4 溶液	加入 FeCl_3 溶液的试管生成气体的速率比加入 CuSO_4 溶液的快	FeCl_3 对 H_2O_2 分解的催化效果比 CuSO_4 强
C	向两支装有 5 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的试管中分别加入 5 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液，然后分别放入冷水和热水中，记录出现浑浊时间	放入热水中的出现浑浊所用时间少	温度越高，反应速率越快
D	在两支试管中加入 4 mL $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KMnO_4 酸性溶液和 2 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液；再向其中一支试管中加入一粒黄豆大的 MnSO_4 固体。摇匀，记录溶液褪色所需的时间	加入 MnSO_4 固体的试管，褪色明显快些	MnSO_4 对该反应有催化作用

答案 D

解析 A 选项加入 KCl 溶液，红色变浅；B 选项所用的 FeCl_3 溶液和 CuSO_4 溶液的浓度不一致，且浓度大的 FeCl_3 溶液的催化效果好，所以无法比较；C 选项在室温下混合后就开始反应，所以无法准确观察温度的影响。

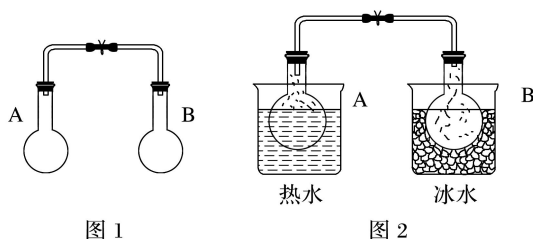
2. 下列图中的实验方案, 能达到实验目的的是()

	A	B	C	D
实验方案	 <p>将 NO₂ 球浸泡在冰水、热水中</p>	 <p>2 滴 FeCl₃ 溶液 2 mL 5% H₂O₂ 溶液 热水</p>	 <p>混合气 饱和 Na₂CO₃ 溶液</p>	 <p>浓盐酸 Na₂SiO₃ 溶液 Na₂CO₃ 固体</p>
实验目的	探究温度对平衡 2NO ₂ ⇌ N ₂ O ₄ 的影响	验证 FeCl ₃ 对 H ₂ O ₂ 分解反应有催化作用	除去 CO ₂ 气体中混有的 SO ₂	比较 HCl、H ₂ CO ₃ 和 H ₂ SiO ₃ 的酸性强弱

答案 A

解析 将 NO₂ 球分别浸泡在冰水、热水中, 根据颜色判断平衡移动的方向, 故 A 正确; 实验改变了温度、催化剂两个变量, 不能验证 FeCl₃ 对 H₂O₂ 分解反应有催化作用, 故 B 错误; 碳酸钠溶液与二氧化碳、二氧化硫都能反应, 不能用饱和碳酸钠溶液除去 CO₂ 气体中混有的 SO₂, 故 C 错误; 氯化氢易挥发, 氯化氢能与硅酸钠溶液反应生成硅酸沉淀, 不能根据图示装置比较 H₂CO₃ 和 H₂SiO₃ 的酸性强弱, 故 D 错误。

3. 某同学利用如图 1 装置探究温度对化学平衡的影响, 已知烧瓶中存在如下平衡: 2NO₂(g) ⇌ N₂O₄(g) ΔH < 0, 当进行图 2 实验后, 以下结论正确的是()



- A. 图 2 中, B 烧瓶颜色较深
- B. 图 2 中, B 烧瓶与 A 烧瓶相比有较多的 NO₂
- C. 图 2 中 B 烧瓶的正反应速率比图 1 中 B 烧瓶的快
- D. 图 2 中 A 烧瓶的正反应速率比图 1 中 A 烧瓶的快

答案 D

解析 2NO₂(g) ⇌ N₂O₄(g) 的正反应是放热反应, 升高温度平衡逆向移动, 降低温度平衡正向移动, 所以图 2 中 A 烧瓶颜色加深、B 烧瓶颜色变浅; 温度升高, 反应速率加快, 温度降低, 反应速率减小, 据此进行解答。

4. CO(g)和 H₂O(g)以 1 : 2 体积比分别通入到体积为 2 L 的恒容密闭容器中进行反应: CO(g)

+H₂O(g) CO₂(g)+H₂(g)，得到如下三组数据：

实验组	温度/°C	起始时 H ₂ O 的量/mol	平衡时 CO ₂ 的量/mol	达到平衡所需时间/min
①	650	4.00	1.30	50
②	900	2.00	0.40	10
③	650	2.00	0.65	10

下列说法不正确的是()

- A. 从实验数据分析，该反应的正反应是吸热反应
- B. 实验①中，在 0~10 min 内，以 $v(\text{H}_2)$ 表示的反应速率大于 $0.013 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- C. 从生产效益分析，③组实验的条件最佳
- D. 比较实验②③，说明③实验使用了更高效的催化剂

答案 A

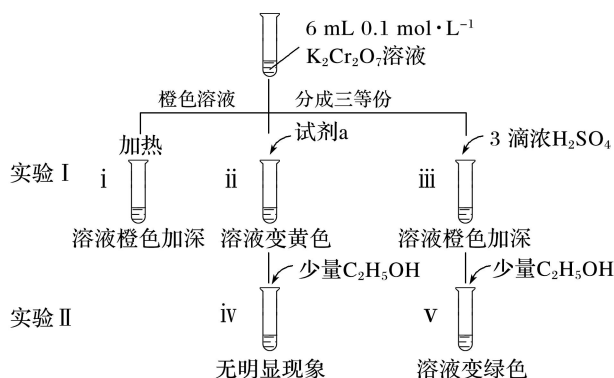
解析 根据实验组②和③，升高温度，CO₂ 的物质的量减少，说明升高温度，平衡向逆反应方向移动，即正反应是放热反应，故 A 错误；达到平衡时， $v(\text{CO}_2) = \frac{1.3}{2 \times 50} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} =$

$0.13 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，化学反应速率之比等于化学计量数之比，即 $v(\text{H}_2) = c(\text{CO}_2) = 0.013 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，随着反应的进行，反应物的浓度减小，化学反应速率降低，0~10 min 内， $v(\text{H}_2) > 0.013 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，故 B 正确；根据表格数据，实验③温度低，投入量少，达到平衡时间短，因此从生产效益分析，③组实验的条件最佳，故 C 正确；实验②的温度高于③的温度，但达到平衡时间相等，说明③使用了比较高效的催化剂，故 D 正确。

5. 某兴趣小组以重铬酸钾(K₂Cr₂O₇)溶液为研究对象，结合所学反应原理的知识改变条件使其发生“色彩变幻”。

已知：①K₂Cr₂O₇ 溶液存在平衡：Cr₂O₇²⁻+H₂O 2CrO₄²⁻+2H⁺。

②含铬元素的离子在溶液中的颜色：Cr₂O₇²⁻(橙色)；CrO₄²⁻(黄色)；Cr³⁺(绿色)。



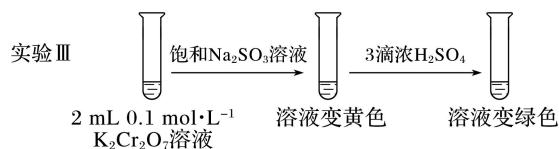
(1) i 可证明反应 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ 的正反应是_____ (填“吸热”或“放热”)反应。

(2) ii 是验证“只降低生成物的浓度，该平衡正向移动”，试剂 a 是_____。

(3)iii的目的是要验证“增大生成物的浓度，该平衡逆向移动”，此实验是否能达到预期目的_____ (填“能”或“不能”)，理由是_____。

(4)根据实验II中不同现象，可以得出的结论是_____。

(5)继续实验



①解释溶液变黄的主要原因是_____。

②溶液变绿色，该反应的离子方程式是_____。

答案 (1)放热 (2)KOH(合理即可)

(3)不能 浓硫酸溶于水放出大量的热，平衡会逆向移动，所以溶液橙色加深，不能说明是由于氢离子浓度的增大使平衡逆向移动的

(4)在酸性条件下，K₂Cr₂O₇的氧化性更强

(5)①K₂Cr₂O₇中存在平衡： $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ ，亚硫酸根离子可以和氢离子结合，降低氢离子浓度，平衡正向移动，溶液变为黄色

② $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 8\text{H}^+ + 3\text{SO}_3^{2-} = 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$

解析 (1)升高温度，平衡 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ 向着吸热方向移动，实验中加热溶液，颜色橙色加深，根据题意 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 在溶液中显橙色，所以平衡逆向移动，该反应是吸热方向，所以反应 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ 的正反应是放热的。

(2)“只降低生成物的浓度，该平衡正向移动”，则需要加入的试剂a必须是可以和产物离子如氢离子反应的物质，可以是氢氧化钾或是碳酸钾等。

(3)加入浓硫酸，不仅有增加氢离子浓度平衡逆向移动的情况，同时应考虑浓硫酸溶于水放出大量的热的情况，浓硫酸溶于水放出大量的热，平衡也会逆向移动。

(4)重铬酸钾具有氧化性，是重铬酸根离子的氧化性，根据实验中不同现象知道在酸性条件下，会增加重铬酸根离子的浓度。

(5)①亚硫酸根离子可以引起平衡 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ 的移动，亚硫酸根离子可以和氢离子结合，降低氢离子浓度，平衡正向移动，溶液变为黄色。

②溶液变绿色，则出现的是 Cr^{3+} (绿色)，重铬酸根离子和亚硫酸根离子之间发生氧化还原反应： $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 8\text{H}^+ + 3\text{SO}_3^{2-} = 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。