

基于核心素养解析实验探究题

北京大学附属中学教师 张雪皓

化学核心素养对于化学教学具有高阶的指导意义,体现出化学学科的价值。近几年高考题的命题不断渗透学科素养立意,引领着各区期末、模拟题的命题朝着这个目标改进,从而引导教学朝着这一方向改进。实验是化学学科的基础与灵魂,关于实验的化学核心素养包括证据推理、科学探究,具体内容为:具有证据意识,能基于证据对物质组成、结构及其变化提出可能的假设,通过分析推理加以证实或证伪;建立观点、结论和证据之间的逻辑关系;能从问题和假设出发,依据探究目的,设计探究方案,运用化学实验、调查等方法进行实验探究。

在回答具体问题时,要明确实验是围绕实验目的展开的,实验中一切操作都为目的服务,结论与目的相辅相成;结论是需要论证的,从现象中寻找证据,通过推理论证建立结论与证据之间的逻辑关系。

下面以一道例题来呈现如何基于核心素养分析实验探究题。

例题:某同学研究浓硝酸与KSCN溶液的反应。

资料: I. SCN⁻中S、C、N元素的化合价依次为:-2价、+4价、-3价。

II. SCN⁻的性质类似卤素离子,能被氧化为黄色的(SCN)₂, (SCN)₂可聚合为红色的(SCN)_x。

III. NO₂可溶于浓硝酸。

实验一:

i. 2 mL 浓硝酸 ii. 溶液立即变红 iii. 突然剧烈反应, 红色迅速褪去, 放出大量红棕色气体

(1)向浓硝酸中滴加KSCN溶液,溶液立即变红是因为生成了_____ (填化学式)。

(2)研究SCN⁻的转化产物。

实验二:

a.将实验一iii中的气体通入Ba(OH)₂和NaOH的混合溶液中,有白色沉淀生成。

b.过滤、洗涤白色沉淀,取少量于试管中,加入过量的稀硝酸,沉淀完全溶解,再滴加少量KMnO₄溶液,不褪色。

c.另取少量实验一iii中试管内的溶液加入BaCl₂溶液,产生大量白色沉淀。

①通过b证实了红棕色气体中不含SO₂,证据是_____。

②a中,Ba(OH)₂溶液中加入NaOH溶液以增大OH⁻浓度的目的是_____。

③由上述实验现象可知:SCN⁻转化的最终产物中一定有_____。

(3)继续研究实验一iii中“静置一段时间后,突然剧烈反应,红色迅速褪去”的原因。

实验三:

2 mL 浓硝酸 溶液变黄 (NO₂溶于浓硝酸) 溶液变红后又迅速褪色, 同时产生大量红棕色气体

②对比实验一和实验三可得结论:一定浓度的NO₂_____。

②结合实验三,从化学反应速率的角度解释实验一ii和iii中的现象:_____

解析:

实验目的:探究浓硝酸与KSCN的反应

原理假设:依据物质性质判断,浓硝酸具有强氧化性、酸性,依据文献资料“SCN⁻中S、C、N元素的化合价依次为:-2价、+4价、-3价。”可知KSCN中S、N处于最低价态,应当具有还原性,二者可能发生氧化还原反应。

实验操作及现象:

i. 2 mL 浓硝酸 ii. 溶液立即变红 iii. 突然剧烈反应, 红色迅速褪去, 放出大量红棕色气体

题目基于实验现象的分析、假设、验证,设问分成三个层次:

(1)发生了氧化还原反应

证据:立即生成了红色物质,一段时间后红色迅速褪去,发出大量红色气体。

中间的红色物质:依据文献资料“SCN⁻的性质类似卤素离子,能被氧化为黄色的(SCN)₂, (SCN)₂可聚合为红色的(SCN)_x。”不难判断溶液变红是因为生成了(SCN)_x。

(2)探究SCN⁻转化产物

结合现象理论分析,预测产物:

实验iii中大量红棕色气体说明浓硝酸还原生成NO₂。

+4价C	反应中不变价	CO ₂	无色气体,可能存在于红棕色气体中
-2价S	反应中可能升价	S	黄色固体,现象中未描述溶液浑浊,排除
		SO ₂	无色气体,可能存在于红棕色气体中
-3价N	反应中可能升价	SO ₄ ²⁻	无色离子,可能存在
		(N ₂ 等高价产物)	可能存在(未检验)

设计实验证实或者证伪:

证明有CO₂生成,用排除Ba(OH)₂,则需要NO₂、SO₂的干扰。

NO₂溶于水生成硝酸,会优先和Ba(OH)₂反应,可能造成CO₂无法生成沉淀。

步骤a需要用过量NaOH增大OH⁻的浓度,消除NO₂的干扰;

SO₂于Ba(OH)₂反应生成难溶的BaSO₃沉淀,与CO₂的现象相同。故只有证明SO₂不存在,或者除去SO₂才可以证明CO₂的存在。

步骤b检验生成的白色沉淀是哪一种物质。

由于BaSO₃和CaSO₃都溶于硝酸,所以用酸性高锰酸钾排除+4价S的存在。即“向洗净的白色沉淀中加入过量的稀硝酸,沉淀完全溶解,再滴加少量KMnO₄溶液,不褪色”是SO₂不存在的证据。从而确定了气体中存在CO₂。

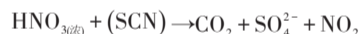
SO₄²⁻的检验:由于不存在+4价S的干扰,故可用任意钡试剂检验。

步骤c另取少量实验一iii中试管内的溶液加入BaCl₂溶液,产生大量白色沉淀。

证明存在SO₄²⁻

(3)探究原因(反应历程)

由前面的分析,可以写出实验一中i→ii→iii的反应过程写出:



iii中“静置一段时间后,突然剧烈反应,红色迅速褪去”的原因:

反应先慢后快,说明反应过程中某些因素影响了反应速率。

影响速率的因素	是否为此实验中的影响因素
温度	现象与温度变化无关联,排除
压强	反应物无气体,排除
反应物浓度	随反应进行,反应物浓度降低,造成速率降低,排除
催化剂	反应中生成的物质(NO ₂)可能是此反应的催化剂
表面积等	无固体反应物,排除

设计对比实验,实施并获取证据,与原实验对比分析:

	实验一	实验三
试剂	2mL 浓硝酸+5滴 1mol/LKSCN ii中有少量NO ₂ 生成	加入一定量NO ₂ 2mL 浓硝酸+5滴 1mol/LKSCN
现象差异	滴加KSCN后,静置一段时间,红色迅速褪去	滴加KSCN后,红色迅速褪去
结论	一定浓度的NO ₂ 能加快浓硝酸氧化(SCN) _x 的化学反应速率(催化此反应)	

最后一问明确给出了答题角度,说明现象是由多个反应的速率快慢差异造成的。前面已经分析出实验一中存在两个反应,ii中立即变红,说明HNO_{3(浓)}氧化SCN⁻变为(SCN)_x的反应是快反应,iii中静置一段时间后,突然剧烈反应,红色迅速褪去说明HNO_{3(浓)}氧化(SCN)_x的反应是慢反应,即(SCN)_x的生成速率大于消耗速率,这样溶液中才会出现一段时间红色。结合实验三结论可知,当生成的NO₂溶于硝酸,积累到一定浓度时,对HNO_{3(浓)}氧化(SCN)_x的反应起到催化作用,反应速率加快,红色迅速褪去。

通过此题的分析,同学们要把握解答实验题时,须要注意的几个方面:一是控制变量,排除干扰;二是充分利用给定的文献资料;三是反应现象与化学反应的速度与限度有关。