**鈷(II)離子的催化性質**

**實驗手冊**

**實驗目的**

* 展示鈷(II)離子的催化性質
* 展示過渡金屬生成有色離子
* 展示過渡金屬具多個氧化態

**實驗作業**

* 在以鈷(II)離子作為催化劑的情況下，進行過氧化氫氧化酒石酸根離子 (2,3-二羥基丁二酸根離子)的反應。

**實驗背景**

某些反應即使從能學上傾向發生，但在一般條件下，它們的進程卻甚為緩慢。例如，酒石酸根離子 (C4H4O62–) 能被過氧化氫氧化並生成二氧化碳、甲酸根離子 (蟻酸根離子) 和水：



於室溫下把酒石酸鈉鉀溶液與過氧化氫溶液混合時，反應非常緩慢。若將該反應混合物加熱，反應速率仍沒有明顯增加。然而，將數滴氯化鈷(II)溶液加入這熱的反應混合物後，氣泡劇烈地生成。氣泡的出現是因為在這反應中產生氣態的二氧化碳。由此觀察得知，加入鈷(II)離子能令上述反應加速。

在分子層面上，催化劑為反應提供另一活化能較低的反應路程，更多反應物因而有足夠能量跨越能障從而生成產物。因此，與在沒有催化劑的情況相比，反應在有催化劑的情況下會進行得較快。

鈷(II)離子在水溶液中呈粉紅色。當把鈷(II)離子加入上述應混合物中，它會先被過氧化氫氧化成綠色的鈷(III)離子。隨後鈷(III)離子與酒石酸根離子反應，它們被還原為鈷(II)離子。所以，反應混合物又再變回粉紅色。是故，鈷(II)離子在此反應作為催化劑。

**課程連接**

課題 七 氧化還原反應、化學電池和電解

課題 九 反應速率

課題 十二 化學世界中的規律

課題 十三 工業化學

**安全須知**

* 佩戴安全眼鏡，實驗袍和用後即棄塑膠手套。
* 過氧化氫具腐蝕性。 使用時應小心處理，並避免與皮膚接觸。
* 當在反應混合物中加入鈷(II)離子時，反應會劇烈進行。劇烈生成的氣泡 (即二氧化碳) 可能導致大試管的內含物濺出。 加入鈷(II)溶液後，立即在大試管的管口塞上鬆散的綿花，以防止試管的內含物濺出。
* 進行實驗時，應依從實驗手冊指示加入適當分量的試劑。
* 實驗完成後，按老師指示處理並棄掉反應混合物。

**實驗儀器 (每組)**

* 250 cm3 燒杯 × 2
* 大試管 × 1
* 10 cm3 量筒 × 2
* 用完即棄塑膠滴管 × 3
* 溫度計(–10 至 110℃) × 1
* 試管架 × 1
* 綿花
* 電熱水壺 (共用)

**化學試劑 (每組)**

* 6% 過氧化氫溶液 3 cm3
* 0.25 M 酒石酸鈉鉀溶液 10 cm3
* 0.1 M 氯化鈷(II)溶液 1 cm3

**實驗步驟**

1. 用量筒量度10 cm3 的 0.25 M酒石酸鈉鉀溶液。 並將該溶液加入大試管中。
2. 將3 cm3 的6% 過氧化氫溶液加入該大試管中。
3. 在溶液中插入溫度計以量度溶液的溫度。
4. 輕搖大試管以確保其內含物均勻混和。 記錄觀察。
5. 把剛煮沸的水注入一個250 cm3 燒杯至半滿。將大試管置於燒杯中，讓其內含物加熱。
6. 在加熱過程中輕輕搖勻大試管中的內含物，直至它的溫度約達到65oC。 記錄觀察 *(避免將混合物加熱高於 70oC)*。
7. 從熱水浴中取出大試管。迅速地將1 cm3 的0.1 M氯化鈷(II)溶液加入反應混合物。立即在大試管的管口塞上鬆散的綿花。將該大試管置於空的燒杯內。記錄觀察。

**處置與清潔**

1. 實驗後，依從老師指示將反應混合物棄置。可以用大量清水把反應混合物沖洗至洗手盤的排水口。
2. 當綿花用清水沖洗後可以視作一般垃圾棄置。
3. 用大量清水沖洗大試管。

**實驗結果**

|  |  |
| --- | --- |
|  | 觀察 |
| 在室溫下把酒石酸鈉鉀溶液與過氧化氫溶液混合 |  |
| 將反應混合物置於熱水浴中加熱 |  |
| 於反應混合物中加入氯化鈷(II)溶液 |  |

**討論問題**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 1. | 寫出在此實驗中過氧化氫還原反應的半方程式。 | |
|  |  |  |  |
|  | 2. | 寫出在此實驗中酒石酸根離子氧化反應的半方程式。 | |
|  |  |  |  |
|  | 3. | 已知酒石酸鈉鉀與過氧化氫的反應從能學上是可行的，但當把這些反應物在室溫下混合後卻未察覺發生反應。 試簡單解釋。 | |
|  |  |  |  |
|  | 4. | 解釋為何將反應混合物用熱水浴加熱後會預期有反應發生。 | |
|  |  |  |  |
|  | 5. | 解釋為何當把氯化鈷(II)溶液加入酒石酸鈉鉀與過氧化氫的混合物時，會有氣泡劇烈地生成。 | |
|  |  |  |  |
|  | 6. | 解釋當氯化鈷(II)溶液加入反應混合物時所觀察到的顏色轉變。 | |
|  |  |  |  |
|  | 7. | 當過氧化氫儲存一段長時間後，它最終會因為以下分解反應失去其氧化能力： | |
|  |  | | |
|  |  | (a) | 事實上，在室溫下此反應速率緩慢。但是，仍需把該溶液儲存於冰箱中。為什麼將溶液放於冰箱令其氧化能力維持一段較長時間？ 試從分子層面來解釋。 |
|  |  | (b) | 該分解反應可以藉某些過渡金屬而加速。試從線上找出哪些過渡金屬離子可作為此反應的催化劑。 |
|  |  |  |  |
|  | 8. | (a) | 為何催化劑的分量可以遠少於反應物的分量？ |
|  |  | (b) | 計算出此實驗中所用的催化劑和反應物的摩爾數。 所用的催化劑分量是否遠少於反應物的分量？ |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 9. | 完成下表： |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | 物種 | 物種的顏色 | 過渡金屬的氧化態 | | Fe2+(aq) |  |  | | Fe3+(aq) |  | +3 | | Cr3+(aq) |  |  | | CrO42–(aq) |  |  | | Cr2O72–(aq) |  |  | | Mn2+(aq) | 非常淡的粉紅色 |  | | MnO4–(aq) |  |  | | | |

**參考資料**

* “PP010 - a colourful catalysis reaction using cobalt(II) ions”,

<http://science.cleapss.org.uk/Resource-Info/PP010-a-colourful-catalysis-reaction-using-cobalt-II-ions.aspx>