

物理化学实验

基础化学实验中心

山东省实验教学示范中心





物理化学实验——

过氧化氢催化分解反应速率常数的测定

一、实验目的

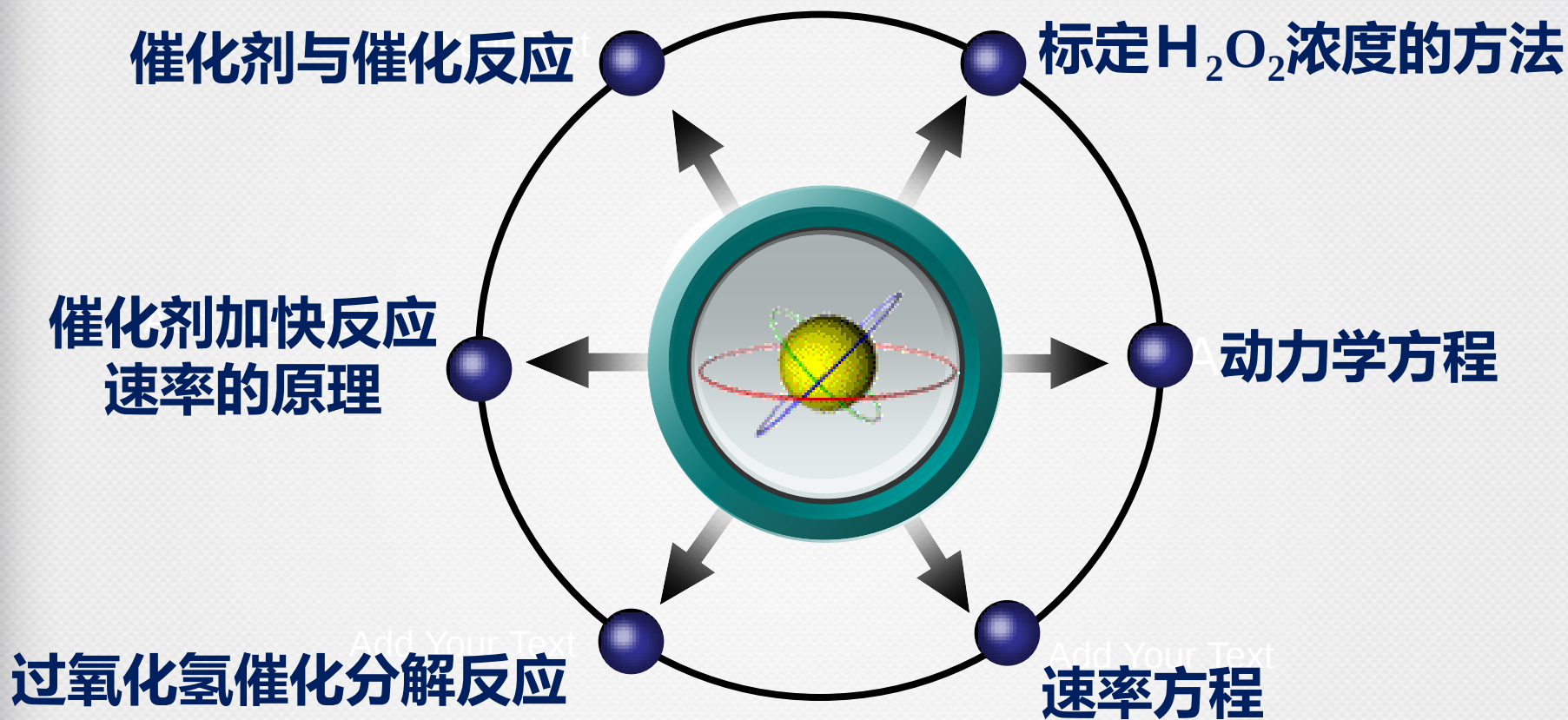
01

测定 H_2O_2 催化分解反应的速率常数；

02

了解催化剂对反应速率的影响。

二、实验原理



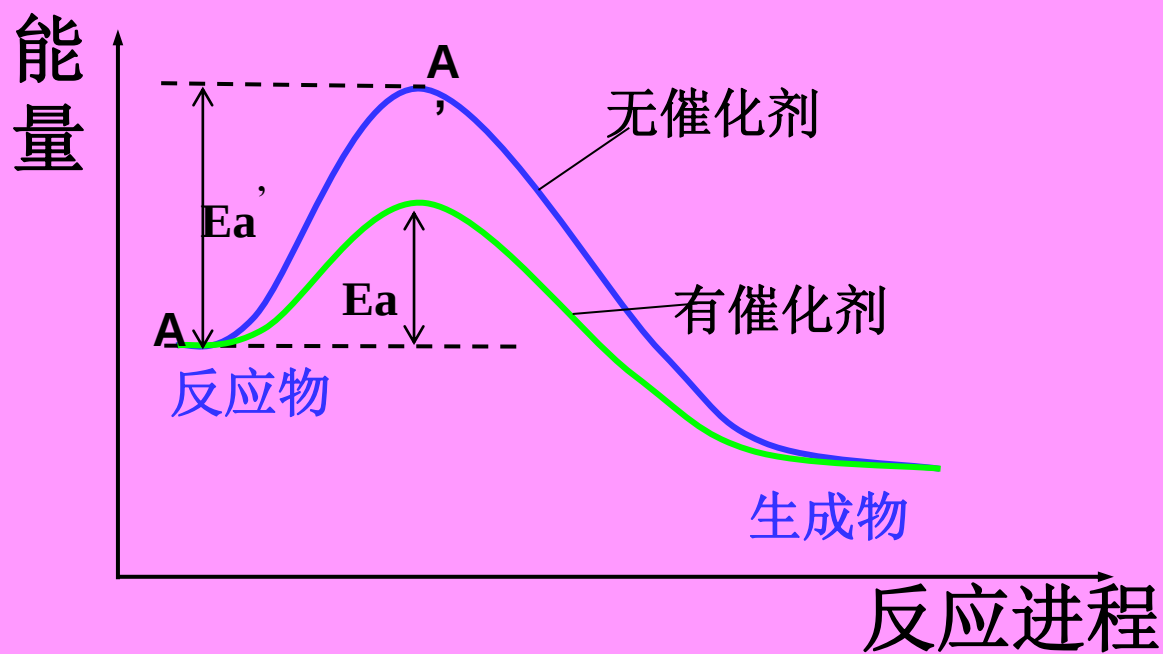
1. 催化剂与催化反应

所谓**催化剂**是指能改变反应速率而自身在反应前后的**数量**和**化学性质**都不发生变化的物质；

催化剂改变反应速率的作用叫**催化作用**；

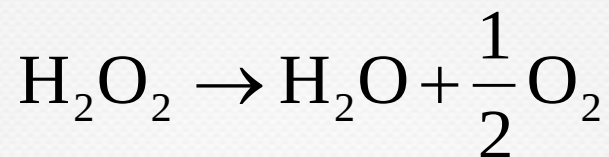
有催化剂参与的化学反应称为**催化反应**。

2. 催化剂加快反应速率的原理

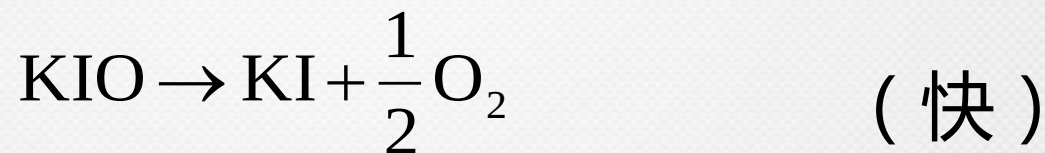
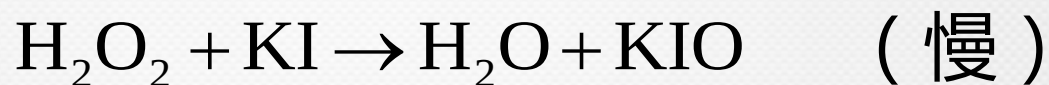


3. 过氧化氢催化分解反应

H_2O_2 的分解反应如下：

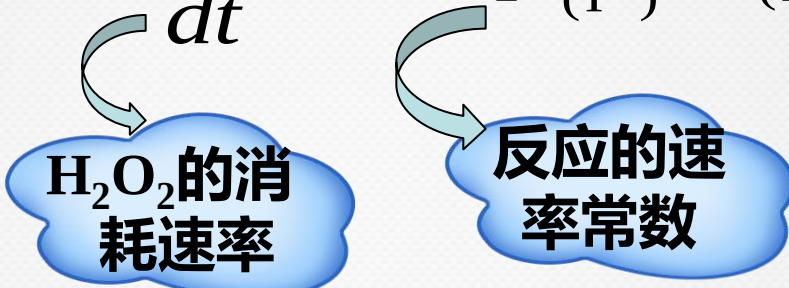


反应机理：



4. 速率方程

根据选取速率控制步骤法：

$$-\frac{dc_{(\text{H}_2\text{O}_2)}}{dt} = k_1 c_{(\text{I}^-)} \cdot c_{(\text{H}_2\text{O}_2)}$$


H_2O_2 的消耗速率

反应的速率常数

反应的速率常数：指反应物浓度为单位浓度时的反应速率，其值与反应物浓度无关。

4. 速率方程

由于催化剂在反应前后的浓度是不变的，故：

$$-\frac{dc_{(\text{H}_2\text{O}_2)}}{dt} = k \cdot c_{(\text{H}_2\text{O}_2)}$$

$k = k_1 c_{(\text{I}^-)}$ 称为**表观速率常数**，其值与**催化剂浓度**有关。

根据 **k** 值可判断催化剂浓度对反应速率的影响。

5. 动力学方程

积分速率方程，得动力学方程：

$$\ln \frac{c_{(\text{H}_2\text{O}_2)}}{c_{(\text{H}_2\text{O}_2)0}} = -kt$$

以生成的氧气体积表示 H_2O_2 的浓度，则有：

$$\ln(V_\infty - V_t) = -kt + \ln V_\infty$$

5. 动力学方程

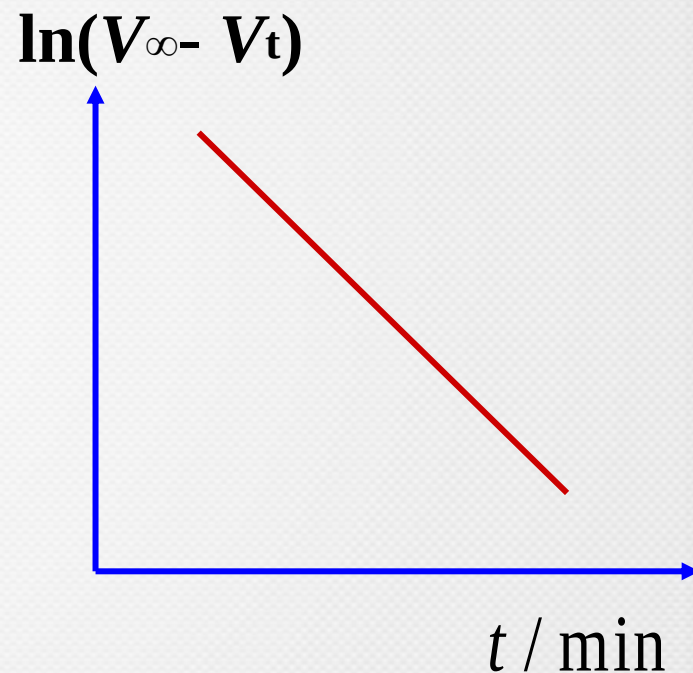
$$\ln(V_{\infty} - V_t) = -kt + \ln V_{\infty}$$

V_t : 不同反应时间生成的氧气体积;

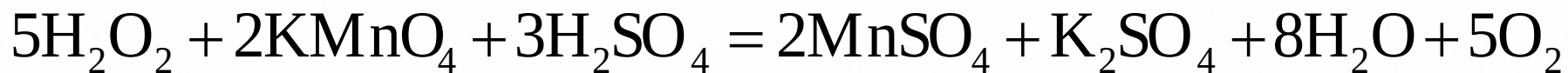
V_{∞} : 反应完全生成的氧气体积。

若以 $\ln(V_{\infty} - V_t)$ 对时间 t 作图

斜率为 $-k$



6. 标定H₂O₂浓度的方法



$$c_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{c_{(\text{KMnO}_4)} \times V_{(\text{KMnO}_4)}}{V_{(\text{H}_2\text{O}_2)}} \times \frac{5}{2}$$

$$V_{\infty} = \frac{c_{(\text{H}_2\text{O}_2)} \times V_{(\text{H}_2\text{O}_2)}}{2} \times \frac{RT}{P_{(\text{O}_2)}}$$

氧气的分压，即大气压减去
实验温度下水的饱和蒸气压



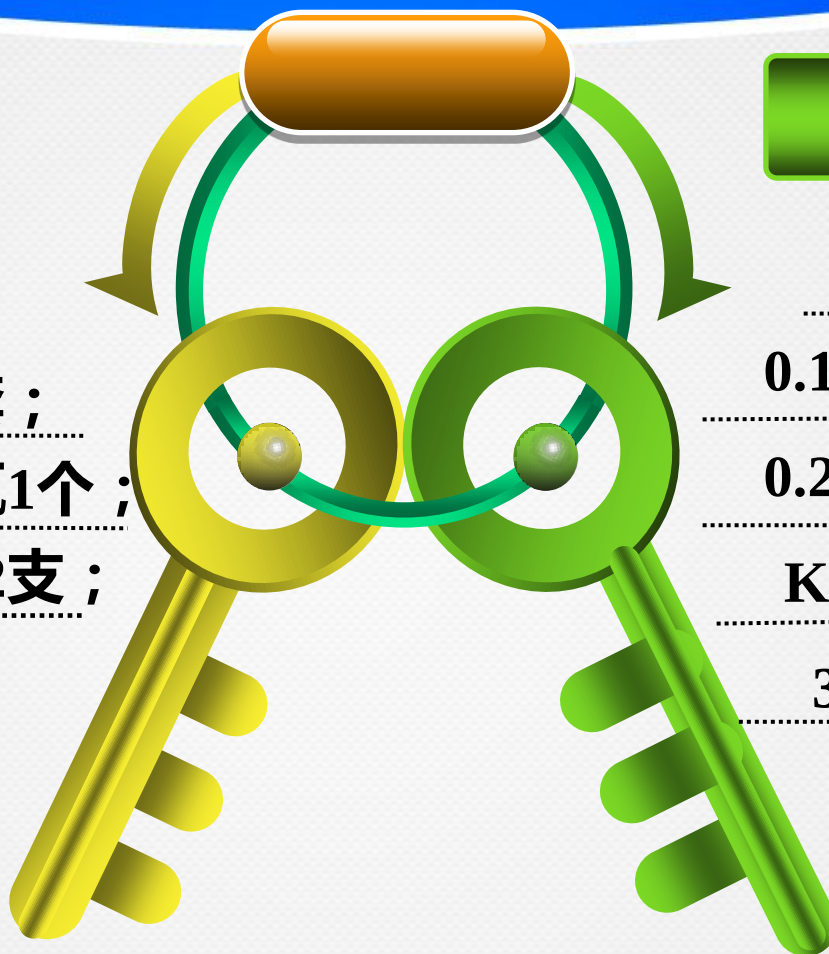
三、仪器和试剂

仪器

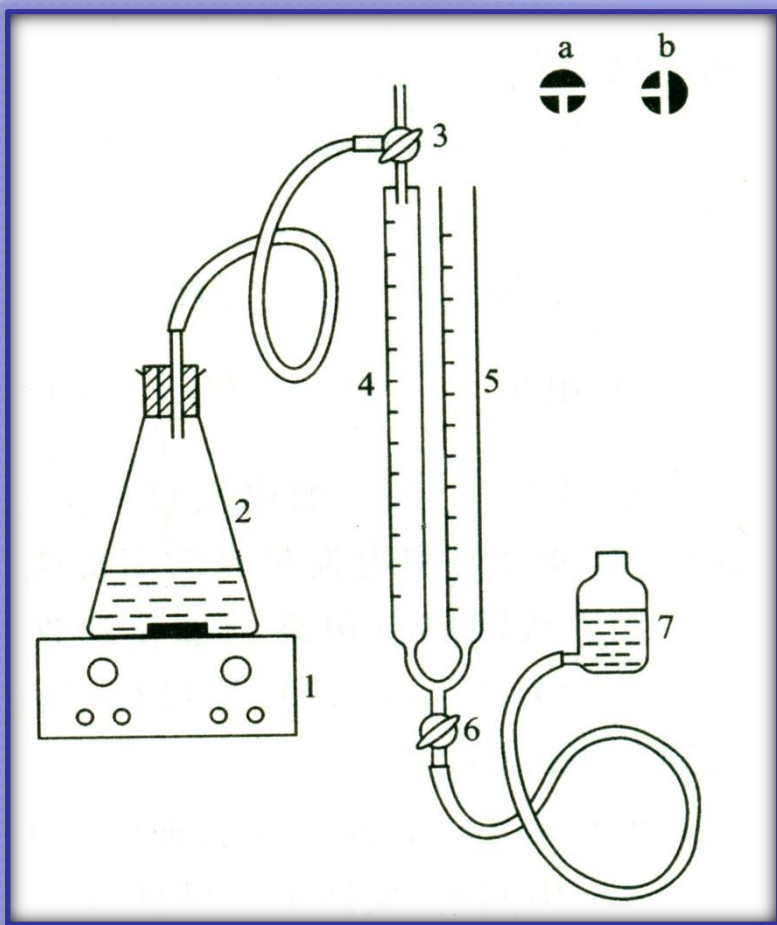
- ✓ 磁力搅拌器1台；
- ✓ H_2O_2 实验装置一套；
- ✓ 150 mL磨口锥形瓶1个；
- ✓ 25 mL刻度移液管2支；
- ✓ 10 mL量筒2个；
- ✓ 秒表1块。

试剂

- H_2O_2 溶液； ✓
- $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{KI}$ 溶液； ✓
- $0.2 \text{ mol L}^{-1} \text{KI}$ 溶液； ✓
- KMnO_4 标准溶液； ✓
- $3 \text{ mol L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 。 ✓



四、过氧化氢分解实验装置图



1-电磁搅拌器；

2-磨口锥形瓶；

3-三通旋塞；

4,5- 50 mL量气管；

6-旋塞或止水夹；

7-水位瓶

五、实验步骤

1. **仪器检漏**：将磨口锥形瓶塞子塞上，举高水位瓶，将三通阀打到b位置，打开止水夹使水位升到一定高度，再放下水位瓶，将三通阀打到a位置。轻开止水夹使左右两个量气管水位产生一段落差，关闭止水夹，观察水位。如果一段时间内水位没有变化，说明系统不漏气，若发现漏气，可检查各个接口处，如果是锥形瓶瓶口漏气可采用水封。

五、实验步骤

2. 依次用移液管量取 10 mL H_2O_2 和 10 mL H_2O 于磨口锥形瓶中，加入搅拌子，此时活塞处在三通状态，左右两液面在零点处相平；
3. 打开搅拌，调节适当的搅拌速度，用量筒取 10 mL 浓度为 0.1 mol L^{-1} 的 KI 溶液，加入锥形瓶中，盖上塞子，同时将活塞打到两通，并开始计时；

五、实验步骤

4. 此时 H_2O_2 开始分解，可以观察到量气管内液面下降，应缓慢放开止水夹，使左右两量气管液面同时下降，然后每下降 5 mL 左右记录时间及相应的气体体积数，直至量气管液面降至 40 mL 时为止；
5. 用 0.2 mol L^{-1} 的 KI 重复 2 ~ 4 步操作；
6. 测定 H_2O_2 的初浓度。用移液管取 5 mL H_2O_2 溶液于锥形瓶中，加入 10 mL 浓度为 3 mol L^{-1} H_2SO_4 ，用标准 KMnO_4 溶液滴定至淡红色。

六、实验直接测量的数据及变化趋势

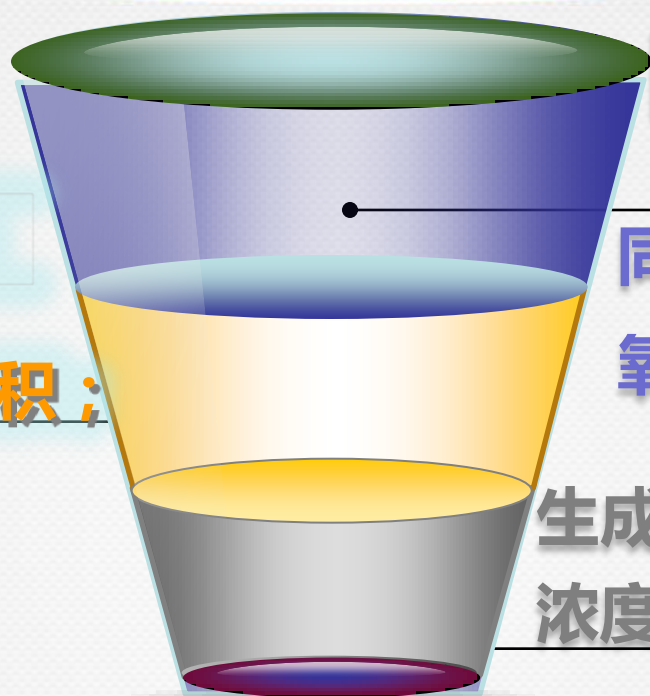
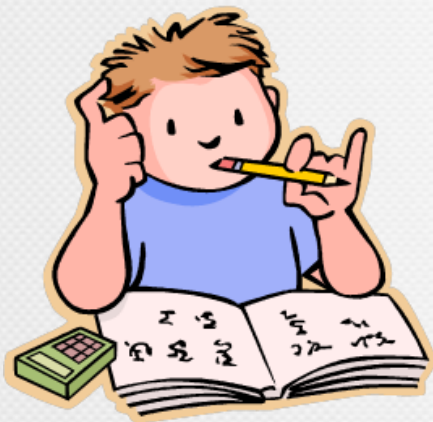
直接测量的数据：

各时刻生成氧气的体积；

数据变化趋势：

同一实验，每生成5mL
氧气所需时间逐渐增长；

生成同体积氧气时，催化剂
浓度高的反应所需时间短。





思考题

1. 在本实验过程中，搅拌速度为什么要维持恒定？
2. 本实验为什么要测表观反应速率常数，其值与催化剂用量有无关系？





思考题

3. 有无其它测定 V_{∞} 的办法？

4. KI 在该反应中的作用是什么？

KI 参与反应了吗？其特点是什么？





谢谢大家！

Thanks

