

人教版

本书编写组◎编

实验指导 与实验报告

高中选修 4

化学反应原理



CTS 湖南教育出版社

人教版

本书编写组◎编

实验指导 与实验报告

高中选修 4

化学反应原理



湖南教育出版社

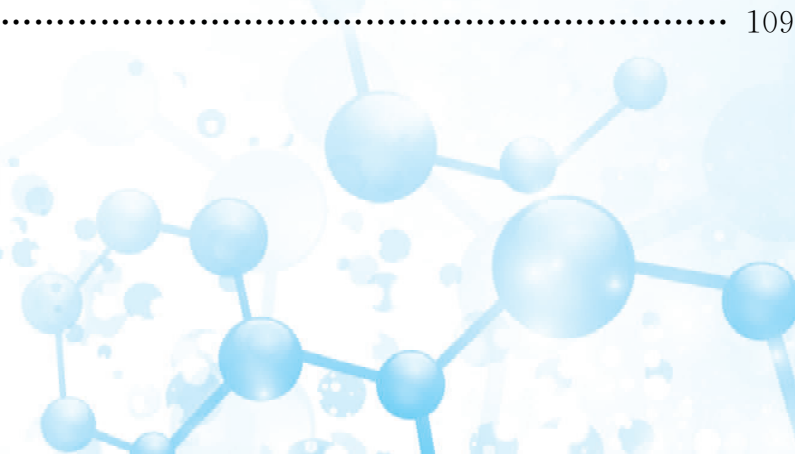


目 录

<<<

化学·高中选修4 (人教版)

实验 2-1 测量锌与稀硫酸的反应速率	001
实验 2-2 浓度对反应速率的影响	008
实验 2-3、科学探究 1 温度对化学反应速率的影响	016
实验 2-4、科学探究 2 催化剂对化学反应速率的影响	026
实验 2-5~7 化学平衡状态	035
实验 3-1~2 弱电解质的电离	044
科学探究 3 探究盐溶液的酸碱性	052
科学探究 4 了解影响盐类水解程度的因素	059
实验 3-3~5 沉淀的溶解与沉淀的转化	065
实验 4-1 原电池	073
实验 4-2 电解原理	080
科学探究 5 设计一套电解饱和食盐水的装置并进行实验	087
实验 4-3 铁的吸氧腐蚀实验	094
科学探究 6 用实验验证牺牲阳极的阴极保护法	101
实验练习参考答案	109



实验 2-1

测量锌与稀硫酸的反应速率

【自主准备】



材料阅读

保和殿的云龙大石雕

保和殿是北京故宫中的一座殿宇式建筑。明永乐十八年（1420 年）建成，几经焚毁、重建。现存主体梁架仍为明代建筑。明初名谨身殿，明嘉靖四十一年（1562 年）改称建极殿，清顺治二年（1645 年）始名保和殿。

保和殿于明清两代用途不同，明代大典前皇帝常在此更衣，册立皇后、太子时，皇帝在此殿受贺。清代每年除夕、正月十五，皇帝在此赐宴外藩、王公及一二品大臣，场面十分壮观。赐额駙之父、有官职家属宴及每科殿试等均于保和殿举行。每岁终，宗人府、吏部在保和殿填写宗室满、蒙、汉军以及各省汉职外藩世职黄册。

保和殿后阶陛中间设有一块雕刻着云、龙、海水和山崖的御路石，人们称之为云龙石雕。这是紫禁城中最大的一块石雕，长 16.57 m，宽 3.07 m，厚 1.70 m，重为 250 t。原明代雕刻，清代乾隆时期又重新雕刻。

云龙石雕的石料产自京西房山大石窝。当时拖运这样重的巨石到北京需要民夫万人以上，用旱船拽运的办法拖运。为此，沿途每里凿井一口，以供民夫饮水之用。从房山到北京一百多里路，拖运用了将近一个月。



但是，近些年来这些浮雕已开始受损，一些细小的花纹已变得模糊不清。在太和殿周围的汉白玉护栏上的蟠龙柱以及吐水龙头上的花纹也不同程度地受到腐蚀。据统计，世界上的古建筑在20世纪所遭受的腐蚀比过去几百年甚至几千年所遭受的腐蚀还要严重，有的已面目全非。以前几百年腐蚀很慢，而近十几年腐蚀却加快了，主要是因为近十几年酸雨的影响，酸雨加快了腐蚀的化学反应速率，这也说明外界环境的改变能加快化学反应速率。



知识准备

1. 在物理上用单位时间内物体运动的距离来表示物体运动的快慢，那么在化学上怎样定量地表示化学反应进行的快慢呢？
2. 通过对实验现象的观察你能判断出一个反应比另一个反应快多少吗？如何判断化学反应的快慢？
3. 化学反应速率是利用化学反应中与某一种化学物质的浓度（或质量）相关的性质进行测定。测定方法有哪些？

实验报告

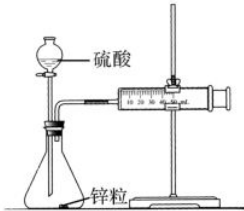
合作者：_____ 日期：_____

实验名称：测量锌与稀硫酸的反应速率。

实验目的：探究不同浓度的硫酸溶液对化学反应速率的影响。

实验仪器和用品：锥形瓶，双孔塞，分液漏斗，直角导气管，50 mL 注射器，铁架台，秒表，锌粒，1 mol/L 硫酸溶液，4 mol/L 硫酸溶液等。

实验过程：

实验装置图		
步骤	现象	结论
1. 按照上述实验装置图，安装连好两套装置，检查装置的气密性		
2. 取一套装置，在锥形瓶内放入 2 g 锌粒，通过分液漏斗加入 40 mL 1 mol/L 硫酸溶液。记录产生 10 mL 氢气所用的时间		
3. 取另一套装置，在锥形瓶内放入 2 g 锌粒（颗粒大小基本和前面实验相同），通过分液漏斗加入 40 mL 4 mol/L 硫酸溶液。记录产生 10 mL 氢气所用的时间		

交流心得：_____

实验结论：_____

【总结反思】

1. 已知 2 g 锌粒 (假设颗粒大小基本相同) 分别与 40 mL 1 mol/L 和 40 mL 4 mol/L H_2SO_4 溶液反应, 请问你有几种方法分别测定它们反应速率的大小? 请写出你的想法和设计方案。

2. 还可根据反应速率相关量的哪些变化来测定该反应速率?

3. 要使实验成功应注意哪些事项?

学生自我评价: _____

教师评价: _____

【知识巩固】



典例精析

例 1 为了探究影响锌与盐酸反应剧烈程度的因素, 某学习小组设计了下列实验。

实验①	实验②	实验③
0.5 g 锌  5 mL 5% 盐酸	0.5 g 锌  5 mL 10% 盐酸	0.5 g 锌  50 °C 水浴 5 mL 5% 盐酸

下列说法正确的是

()

- A. 对比实验①和②, 可研究盐酸的浓度对反应剧烈程度的影响
 B. 对比实验②和③, 可研究盐酸的浓度对反应剧烈程度的影响
 C. 对比实验②和③, 可研究温度对反应剧烈程度的影响
 D. 对比实验①和②, 可研究温度对反应剧烈程度的影响

【解析】对比实验①和②, 锌的质量相同, 稀盐酸的体积相同, 反应条件相同, 但稀盐酸的浓度不同, 可研究盐酸的浓度对反应剧烈程度的影响, 即 10% 的盐酸溶液比 5% 的盐酸反应更剧烈, 故 A 正确。对比实验②和③, 锌的质量相同, 稀盐酸的体积相同, 因锌和稀盐酸反应的条件(温度)不同, 稀盐酸的浓度不同, 无法研究盐酸的浓度对反应剧烈程度的影响, 也无法研究温度对反应剧烈程度的影响, 故 B、C 不正确。对比实验①和②, 锌的质量相同, 稀盐酸的体积相同, 但稀盐酸的浓度不同, 无法研究温度对反应剧烈程度的影响, 故 D 不正确。

【答案】A

例 2 某学生为了探究锌与盐酸反应过程中的速率变化, 他在 100 mL 稀盐酸中加入足量的锌粉, 用排水集气法收集反应放出的氢气, 实验记录如下表:

时间/min	1	2	3	4	5
氢气体积/mL	50	120	232	290	310

- (1) 哪一时间段(指 0~1 min、1~2 min、2~3 min、3~4 min、4~5 min) 反应速率最大? _____。原因是_____。
- (2) 哪一时间段的反应速率最小? _____。原因是_____。
- (3) 求 2~3 min 时间段以盐酸的浓度变化来表示的该反应速率(设溶液体积不变): _____。
- (4) 根据上述数据分析, 锌与盐酸反应过程中的速率变化是开始时的速率逐渐加快, 其原因是_____。一定时间后反应速率逐渐减慢, 其原因是_____。

【解析】(1) 从表中数据看出 2~3 min 收集的氢气比其他时间段多, 虽然反应中 $c(\text{H}^+)$ 下降, 但主要原因是 Zn 置换 H_2 的反应是放热反应, 温度升高, 温度对反应速率的影响占主导作用。(2) 4~5 min 收集的氢气最少, 虽然反应中放热, 但随着反应的进行 $c(\text{H}^+)$ 下降, 反应物浓度越低, 反应速率越小, 浓度对反应速率影响占主导作用。(3) 在 2~3 min 时间段内, $n(\text{H}_2) = 0.112 \text{ L} \div 22.4 \text{ L/mol} = 0.005 \text{ mol}$, 由 $2\text{HCl} \sim \text{H}_2$ 得, 消耗盐酸的物质的量为 0.01 mol, 则 $v(\text{HCl}) = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ L} \times 1 \text{ min}} = 0.1 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ 。(4) 开始时, 由于该反应是放热反应, 温度越高, 反应速率越大; 随着反应的进行, 盐酸的浓度在减小, 浓度越小, 反应速率越慢。

【答案】(1) 2~3 min 锌与盐酸反应放出热量, 温度升高, 速率加快
 (2) 4~5 min 盐酸浓度太小, 使反应减慢 (3) $0.1 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$

(4) 反应放热, 温度升高使反应速率加快 盐酸浓度不断减小, 反应速率减小



实验练习

1. 下面有关化学反应速率的说法中正确的是 ()

A. 对任何化学反应来说, 反应速率越大, 反应现象就越明显

B. 化学反应速率通常用单位时间内任何一种反应物浓度的减少或任何一种生成物浓度的增加来表示

C. 若某化学反应的反应速率为 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 就是指在该时间内每一种反应物和生成物的浓度变化平均每秒为 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. 化学反应速率是用来衡量化学反应进行快慢的尺度

2. 对于反应 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, 下列说法正确的是 ()

A. 用 HCl 和 CaCl_2 表示的反应速率数值不同, 但所表示的意义相同

B. 不能用 CaCO_3 浓度的变化来表示反应速率, 但可用水来表示

C. 用 H_2O 和 CO_2 表示的化学反应速率相同

D. 用 CaCl_2 浓度的减小来表示其反应速率

3. 反应 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ 进行一段时间后, SO_3 的浓度增加了 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 在这段时间内用 O_2 表示的反应速率为 $0.04 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$, 则这段时间为 ()

A. 0.1 s

B. 2.5 s

C. 5 s

D. 10 s

4. 在不同条件下, 分别测得反应 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ 的化学反应速率, 其中表示该反应进行得最快的是 ()

A. $v(\text{SO}_2) = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

B. $v(\text{O}_2) = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

C. $v(\text{SO}_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

D. $v(\text{O}_2) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

5. (双选) 锌与盐酸如果反应太激烈, 为了减缓反应速率而又不减少产生氢气的量, 在盐酸中分别加入等体积的下列溶液, 你认为可行的是 ()

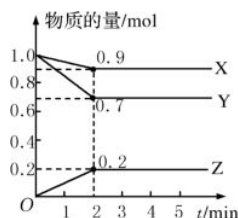
A. 蒸馏水

B. NaCl 溶液

C. Na_2CO_3 溶液

D. CuSO_4

6. 某温度时, 在 2 L 容器中 X 、 Y 、 Z 三种物质的物质的量随时间的变化曲线如右图所示。由图中数据分析, 该反应的化学方程式为 _____; 反应开始至 2 min , Z 的平均反应速率为 _____。



【创新案例】

测量锌和稀硫酸反应速率实验的改进

教材中“测量锌与稀硫酸的反应速率”实验还存在着下述明显的不足之处：

1. 锌和硫酸反应是放热反应，随着反应的进行化学反应速率会明显加快，并且收集到的气体温度也在不断变化之中，难以精确计算化学反应速率。
 2. 本实验比较浓度对反应速率的影响，但是从视觉上无法直观感知实验所用硫酸浓度的差异。
 3. 仪器较多，不便携带，操作较为繁琐。
 4. 实验实际收集到的是氢气和空气的混合气，可能受到一些偶发因素引起爆炸，不安全。
- 鉴于上述原因，进行了如下实验改进。

实验用品：注射器（2支，20 mL），橡胶塞，量筒，秒表，药匙，烧杯，锌粒，品红，4 mol/L硫酸溶液，1 mol/L 硫酸溶液，冰水混合物等。

实验步骤和结果：

1. 在4 mol/L 硫酸溶液中加入少量品红粉末，使其显红色，量取25 mL 4 mol/L 硫酸，稀释至100 mL得1 mol/L 硫酸，显浅红色。
2. 取两支注射器（不含针头），拔出推杆，向其中各放入4粒锌粒（颗粒大小基本相同，约2 g），插入推杆至不能推动为止。
3. 把硫酸放入冰水混合物中冷却后，用这2支注射器同时吸取1 mol/L 和4 mol/L硫酸（几名同学合作），挤出针筒内的空气和部分硫酸，使针筒内硫酸体积为10 mL，将注射器尖嘴插入橡胶塞（橡胶塞预先打有小孔）后把注射器放在烧杯内的冰水混合物里，并开始计时。
4. 当H₂体积达到10 mL时，拔去橡胶塞，挤出注射器内硫酸。比较二者收集10 mL H₂所用的时间，以此来测量同质量的锌与不同物质的量浓度的硫酸反应的速率。现象是装有红色液体的注射器推杆移动明显快于装有浅红色液体的注射器推杆。

改进后的优点：（请你根据改进前后实验分析其优点）

实验 2-2

浓度对反应速率的影响

【自主准备】



材料阅读

粉尘爆炸

曾经在台湾某公园举办的“彩色派对”，号称亚洲最大彩色派对，晚间活动逐渐进入尾声时，从舞台左侧、右侧、前方各自往天空喷洒出最后一发的七彩粉末。粉末发射后，台下顿时烟雾弥漫，接着舞台前方角落突然蹿出火光，瞬间熊熊火焰铺天盖地，迅速席卷了舞台前方穿着清凉泳装的民众。

据悉，派对中投掷彩色粉末和有颜色的水是表达迎接万象更新、祈求谷物丰收，而七彩粉末近年来被广泛用于路跑、派对等娱乐活动。

那这些彩色粉末为何会造成爆炸？下面我们来好好分析一下，粉尘爆炸为什么这般恐怖。

一堆面粉你比较难点燃，但如果工厂的生产车间到处都飘着大量面粉，则会引起恐怖的爆炸，而粉尘爆炸，其实是一种极其剧烈的燃烧，其原理我们可以从物体的表面积入手。

一块棱长为 1 cm 的方糖（或者冰糖），它前后左右上下共有 6 个面，也就是共 6 cm^2 的表面积。假如把这块方糖一刀分成两半，显然，现在又比原来多出了两个面，也就是多出了 2 cm^2 的面积。

假如我们不停地往下切分，那肯定就会多出很多很多的面。增加的面多了，就说明表面积增大了，也意味着方糖与外界（比如空气、水等）的接触面积增大了。所以，一块方糖放到一杯水里面后，你不会立即从水中喝出甜味来，因为方糖跟水的接触面积很小，需要很长时间才能溶

化。可假如你把刚才那块方糖研磨成粉末，甜味立即就出来了。

同理，如果把这堆面粉鼓吹起来，使它们大量地飘浮在屋子里面，这时面粉与空气中氧气的接触面积就大大增加了，只要一点儿火花，空气中的面粉就会极为迅速地燃烧，从而发生爆炸。



知识准备

1. 影响化学反应速率的主要因素是什么？
2. 我们学过化学反应速率，是否所有的化学反应都是越快越好呢？能否控制化学反应速率？通过改变什么条件能控制反应的速率呢？
3. 探究外界条件对化学反应速率的影响时，我们可以借助哪些实验现象来比较反应的快慢？
4. 本实验中发生了反应： $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

【实验报告】

合作者：_____ 日期：_____

实验名称：草酸的浓度对与高锰酸钾溶液反应的速率的影响。

实验目的：探究浓度对化学反应速率的影响。

实验仪器和用品：试管，胶头滴管，秒表，0.01 mol/L 的 KMnO_4 酸性溶液，0.1 mol/L 的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液，0.2 mol/L 的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液等。

实验过程：

步骤	现象	结论
1. 取两支试管，向其中各加入 4 mL 0.01 mol/L 的 KMnO_4 酸性溶液		
2. 向其中一支试管中加入 2 mL 0.1 mol/L 的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液，记录溶液褪色所需要的时间		
3. 向另一支试管中加入 2 mL 0.2 mol/L 的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液，记录溶液褪色所需要的时间		

交流心得：_____

实验结论：_____

【总结反思】

1. 为什么硫在纯氧中燃烧比在空气中快?

2. 为什么加入较浓 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液的试管褪色更快一些呢?

3. 是不是任何反应都是增大反应物浓度有利于反应的进行? 一般情况下, 对于固体或纯液体无浓度而言, 那么固体物质的反应速率与什么因素有关?

学生自我评价: _____

教师评价: _____

【知识巩固】



典例精析

例 1 下列不同条件下发生化学反应： $A+B \rightleftharpoons C+D$ ，反应速率由大到小的顺序正确的一组是 ()

- ①常温下，20 mL 溶液中含 A 和 B 各 0.001 mol；
- ②常温下，100 mL 溶液中含 A 和 B 各 0.01 mol；
- ③常温下，向 10 mL 含 A 和 B 各 0.000 5 mol 的溶液中再加入蒸馏水 30 mL；
- ④常温下，100 mL 溶液中含 A 0.01 mol 和 B 0.005 mol。

A. ①②③④

B. ④③②①

C. ②④①③

D. ②①④③

【解析】 ①中 A、B 的物质的量浓度均为 0.05 mol/L；②中 A、B 的物质的量浓度均为 0.1 mol/L；③中 A、B 的物质的量浓度均为 0.012 5 mol/L；④中 A 的物质的量浓度为 0.1 mol/L，B 的物质的量浓度为 0.05 mol/L。即浓度的大小顺序为：②>④>①>③。故正确答案为 C。

【答案】 C

例 2 100 mL $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液与足量的锌粉反应，在一定温度下，加入下列物质，试将对 $v(\text{H}_2)$ 和 $n(\text{H}_2)$ 的影响填入下表中：

加入物质	对 $v(\text{H}_2)$ 的影响	对 $n(\text{H}_2)$ 的影响
Na_2CO_3 固体		
K_2SO_4 溶液		
NaNO_3 固体		
通入一定量 HCl 气体		

【解析】 H_2SO_4 和 Zn 反应的离子方程式为 $2\text{H}^+ + \text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ ， H^+ 浓度的变化影响反应速率，产生 H_2 的物质的量受参与反应的 H^+ 的物质的量影响。加入 Na_2CO_3 固体时，消耗部分 H_2SO_4 ，减少 H^+ 的物质的量和浓度；加入 K_2SO_4 溶液时，相当于加水稀释， H^+ 的物质的量不变，但浓度减小；加入 NaNO_3 固体时，引入 NO_3^- ， NO_3^- 在 H^+ 的存在下与 Zn 反应，不生成 H_2 ；通入 HCl 时，增大 H^+ 的物质的量浓度。

【答案】

加入物质	对 $v(\text{H}_2)$ 的影响	对 $n(\text{H}_2)$ 的影响
Na_2CO_3 固体	减小	减小
K_2SO_4 溶液	减小	不变
NaNO_3 固体	减小	减小
通入一定量 HCl 气体	增大	增大



实验练习

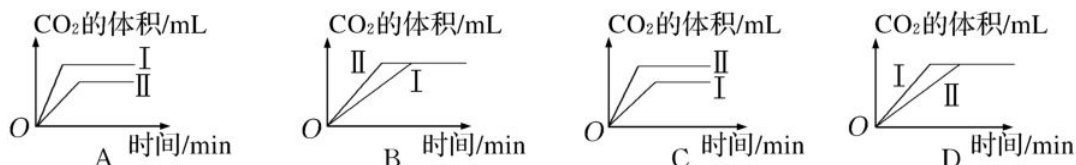
1. 反应 $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 在一可变容积的密闭容器中进行, 下列条件的改变对其反应速率几乎无影响的是 ()

- A. 增加 C 的量
- B. 将容器的体积缩小一半
- C. 保持体积不变, 升高温度使体系压强增大
- D. 保持压强不变, 充入 N_2 使容器体积变大

2. 10 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸与一小块大理石的化学反应: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightleftharpoons \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 下列措施能使化学反应速率增大的是 ()

- A. 加入一定量的 CaCl_2
- B. 加入 5 mL $1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸
- C. 加入 15 mL $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸
- D. 加入 5 mL H_2O

3. 在实验 I 和实验 II 中, 用等量、等浓度的盐酸与足量的石灰石反应, 并在一定的时间内测量反应所放出的 CO_2 的体积。实验 I 用的是块状石灰石, 实验 II 用的是粉末状石灰石。下列哪个图象能正确反映两种实验的结果 ()



4. 下列四种 X 的溶液, 分别加入盛有 100 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸的烧杯中, 并加入水稀释至 500 mL, 此时 X 和盐酸缓和地进行反应, 其中反应速率最大的是 ()

A. 20 mL, $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

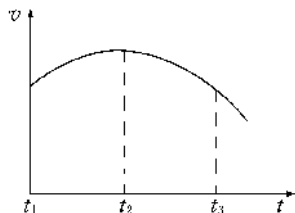
B. 20 mL, $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

C. 10 mL, $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. 10 mL, $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

5. (1) 0.1 mol/L 硫代硫酸钠溶液和 0.1 mol/L 硫酸溶液各 10 mL 与 5 mL 水混合, 初始反应速率为 $v_1 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$; 0.2 mol/L 硫代硫酸钠溶液和 0.2 mol/L 硫酸溶液各 5 mL 与 20 mL 水混合, 初始反应速率为 $v_2 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ 。则 v_1 和 v_2 的关系是_____。

6. 氯酸钾和亚硫酸氢钾能发生氧化还原反应: $\text{KClO}_3 + 3\text{KHSO}_3 = \text{KCl} + 3\text{KHSO}_4$, 该反应的速率 v 和时间 t 的关系如下图所示, 又知这个反应的速率随溶液中氢离子浓度的增大而加快。



(1) ①为什么在 $t_1 \sim t_2$ 时段反应速率加快? ②为什么在 $t_2 \sim t_3$ 时段反应速率又下降?

(2) 在恒温、恒容的密闭容器中进行反应 $\text{A}(\text{g}) = \text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{g})$ 。若反应物的浓度由 2 mol/L 降到 0.8 mol/L 需 20 s, 那么反应物浓度由 0.8 mol/L 降到 0.2 mol/L 所需反应时间为_____。