

普通高中课程标准实验教科书(人教版)

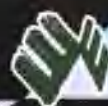
化学

基础训练

化学与技术

山东省教学研究室 编

HUAXUE
JICHU XUNLIAN



山东教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

(人教版)

化学基础训练

(化学与技术)

山东省教学研究室 编

山东教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

(人教版)

化学基础训练

(化学与技术)

山东省教学研究室 编

出版者：山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号 邮编：250001)

电 话：(0531)82092663 传真：(0531)82092661

网 址：<http://www.sjs.com.cn>

发行者：山东省新华书店

印 刷：威海三鹰印务有限公司

版 次：2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

规 格：787mm × 1092mm 16 开本

印 张：6.5 印张

字 数：144 千字

书 号：ISBN 7-5328-5334-9

定 价：5.70 元

(如印装质量有问题,请与印刷厂联系调换)

出版说明

根据教育部“为了丰富学生的课外活动,拓宽知识视野、开发智力、提高学生的思想道德素质和指导学生掌握正确的学习方法,社会有关单位和各界人士、各级教育部门、出版单位应积极编写和出版健康有益的课外读物”的精神,山东省教学研究室、山东教育出版社结合我省 2004 年全面进入普通高中新课程改革的实际需要,组织一批教育理念先进、教学经验丰富的骨干教师和教研人员编写了供广大师生使用的普通高中课程标准各种基础训练。

这套基础训练是依据教育部 2003 年颁布的《普通高中新课程方案(实验)》和普通高中各科课程标准以及不同版本的实验教科书编写的,旨在引导同学们对学科基本内容、知识体系进行归纳、梳理、巩固、提高,并进行探究性、创新性的自主学习,从而达到提高同学们的科学精神和学科素养,为同学们终身发展奠定基础的目的。在编写过程中,充分体现了课程改革的理念,遵循教育和学习的规律,与高中教学同步;注重科学性、创新性、实用性的统一,正确处理获取知识和培养能力的关系,在学科知识得以巩固的前提下,加大能力培养的力度,兼顾学科知识的综合和跨学科综合能力的培养;同时,注意为同学们继续学习和终身发展奠定坚实的基础。

《普通高中课程标准实验教科书(人教版)化学基础训练(化学与技术)》可配合人教版《普通高中课程标准实验教科书化学(化学与技术)》使用。本册由黄晓燕、尹纪升主编,参加编写的有孔令鹏、刘成坤、黄晓燕、尹纪升、尹永东、薛娟、肖太春、王雪莉等。

目 录

第一单元 走进化学工业	(1)
课题1 化工生产过程中的基本问题	(1)
课题2 人工固氮技术——合成氨	(7)
课题3 纯碱的生产	(13)
单元检测题	(18)
第二单元 化学与资源开发利用	(22)
课题1 获取洁净的水	(22)
课题2 海水的综合利用	(27)
课题3 石油、煤和天然气的综合利用	(34)
单元检测题	(39)
第三单元 化学与材料的发展	(44)
课题1 无机非金属材料	(44)
课题2 金属材料	(49)
课题3 高分子化合物与材料	(57)
单元检测题	(62)
第四单元 化学与技术的发展	(66)
课题1 化肥和农药	(66)
课题2 表面活性剂 精细化学品	(71)
单元检测题	(77)
综合检测(一)	(81)
综合检测(二)	(85)
参考答案	(90)

第一单元 走进化学工业

课题 1 化工生产过程中的基本问题

- 以硫酸工业为例,了解化工生产中的一些基本问题。
- 知道生产硫酸的主要原理、原料、流程和意义。
- 能用勒夏特列原理选择二氧化硫催化氧化的合适条件。
- 了解环境污染及其保护的知识。



知识梳理

- 写出以硫为原料,工业制备硫酸的化学反应方程式:(1) _____;
(2) _____;(3) _____。
- 工业生产硫酸的三个阶段为:① _____;② _____;
③ _____。
- 写出硫铁矿燃烧的化学方程式 _____,反应中 _____ 是氧化剂, _____ 是还原剂。
- 在硫酸工业中,通过下面反应使 SO_2 氧化成 SO_3 : $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\text{加热}]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3 \quad \Delta H < 0$
 - 在生产中常用过量的空气是为了 _____;
 - 加热到 $400^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$,可以提高 _____,缩短 _____;
 - 常用浓硫酸而不是用水来吸收 SO_3 ,是由于 _____;
 - 尾气中有 SO_2 ,必须回收,写出用石灰水吸收 SO_2 的化学反应方程式 _____。
- 硫酸工业中“三废”的危害及治理。

	主要成分	主要危害	治理方法
废气			
废液			
废渣			

6. 化工厂厂址的选择应考虑哪些因素? 硫酸工厂的选择还应考虑哪些因素?



方法导引

1. 硫酸工业

三原料: 硫(或硫铁矿)、空气、水。

三反应: ① $S + O_2 \xrightarrow{\Delta} SO_2$ ($4FeS_2 + 11O_2 \xrightarrow{高温} 2Fe_2O_3 + 8SO_2$)

② $2SO_2 + O_2 \xrightleftharpoons[加热]{催化剂} 2SO_3$ ③ $SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$

三阶段: 造气、催化氧化、三氧化硫吸收。

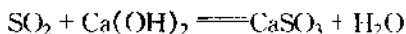
生产条件:

温度: 根据化学平衡移动原理, 应在较低温度下进行, 但温度较低时催化剂活性不高, 反应速率低, 从综合经济效率考虑, 对生产不利。实际生产中采用 $400^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 作为操作温度。

压强: 根据化学平衡移动原理, 增大压强能提高 SO_2 转化率, 但提高幅度不大。考虑加压必须增加设备, 增大投资和能量消耗, 而常压下 $400^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 时, SO_2 的平衡转化率已经很高, 所以实际采用常压操作。

2. 硫酸工业综合经济效益的讨论

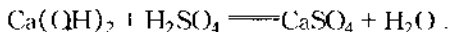
(1) 尾气处理: 尾气中的 SO_2 可用石灰水处理, 发生的反应为:



$CaSO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + SO_2 \uparrow + H_2O$ 。气体可返回作原料。

二氧化硫气体可回收用作原料, 也可用氨水或氢氧化钠溶液吸收。

(2) 污水治理: 用石灰乳中和处理。



(3) 废渣利用: 制水泥、渣砖, 品位高的矿渣用来炼铁。

(4) 能量的利用: 充分利用反应热, 降低生产成本。

(5) 生产规模和厂址的选择:

现代化工生产应有较大的生产规模。厂址选择涉及原料、水源、能源、土地供应、市场需求、交通运输和环境保护等诸多因素, 应综合考虑权衡利弊, 才能作出合理抉择。硫酸厂不应建在人口稠密的居民区等环保要求高的地区。

3. 环境污染及其环境保护

工业“三废”是指废气、废水、废渣。环境污染包括大气污染、水污染、土壤污染、食品污染、噪声污染等。消除污染的主要方法是减少污染物的排放。

二氧化硫是污染大气的主要有害物质之一, 它对人体直接危害是引起呼吸道疾病, 严重时会使人死亡。空气中的二氧化硫在氧气和水的共同作用下, 会形成硫酸, 空气中的硫的氧化物和氮的氧化物随雨水降下就形成酸雨。

酸雨危害有以下几个方面: ① 直接破坏农作物、森林和草原, 使土壤酸性增强; ② 使湖泊酸化, 造成鱼类等死亡; ③ 加速建筑物、桥梁、工业设备, 以及通信电缆等的腐蚀等。

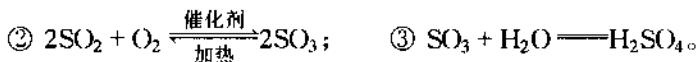
环境保护一般采用的方法:

- ① 严格治理“三废”,严格执行国家关于“三废”的排放标准。
- ② 将“三废”变成有用的副产品,实行综合利用。
- ③ 建立无废物排放的“封闭式生产”,实现绿色生产。
- ④ 保护生态环境。
- ⑤ 人人建立环境保护的意识,减少废弃物的排放。

【例题 1】 下列对硫酸生产中化学反应原理的分析正确的是()。

- A. 硫酸生产中涉及的三个化学反应因原料的不同可能全部是非氧化还原反应
- B. 硫酸生产中涉及的三个化学反应都是放热反应
- C. 硫酸生产中涉及的三个化学反应都需要用催化剂
- D. 硫酸生产中涉及的三个化学反应都需要在较高的温度下才能进行

【解析】 硫酸生产中涉及的三个化学反应为:① $S + O_2 \xrightarrow{\Delta} SO_2$;

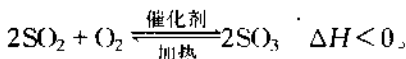


这三个反应中第一和第二个是氧化还原反应,第一和第三个反应不需催化剂反应就非常快,第三个反应在常温下就非常剧烈,这三个反应都是放热反应(工业还采取措施利用这些反应放出的热量),所以选项 A、C、D 都是错误的,选项 B 正确。

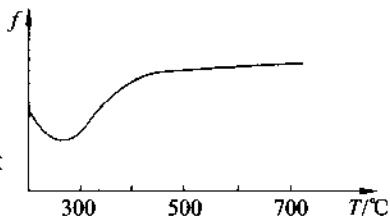
【答案】 B

【例题 2】 已知,在硫酸工业中,

① SO_2 转化为 SO_3 的反应为:



② 经测定,在常压下上述反应的平衡混合气体中, SO_2 的体积分数为 91%。



③ 催化剂 V_2O_5 的催化效率 f 与温度 T 有如图所示的关系。

④ 经除尘除杂后的 SO_2 气体的温度约为 200°C , 反应后 SO_3 气体温度约为 600°C 。

请根据以上信息,选择 SO_2 催化氧化的适宜条件。

【解析】 由①及化学平衡原理,加压有利于 SO_2 的转化,但由②知,常压下 SO_2 的转化率已很高,因此转化率的上升空间较小,故不必再采取加压措施,以省掉加压泵的开支和降低接触室的造价。

观察催化剂的催化效率与温度关系图知, 450°C 以后催化效率基本不变,升温有利于提高反应速率,但不利于 SO_2 转化,故反应温度控制在 $450^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 为宜。

除尘后 SO_2 温度低,不利于 SO_2 氧化反应的进行,生成的 SO_3 温度高,不利于 SO_3 的吸收,解决这一问题的方法是使用热交换器。

【答案】 SO_2 氧化过程的适宜条件为:① 氧气或空气适当过量;② 常压;③ $450^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$;④ 使用热交换器。

【例题 3】 硫酸是许多化学工业的原料,其消费量可作为一个国家工业发展水平的一种标志。硫酸工厂厂址的选择是一个复杂的问题,影响化工厂选址的因素有:是否接近原料供应地、土地供应是否充足、水源是否充足、交通运输是否方便、能源是否充足廉价、能

否有市场需求等。又已知硫酸是一种腐蚀性液体,不便较多贮存,需随产随销。另外,硫酸的运输价格也比较贵,据估算 $1\text{ t H}_2\text{SO}_4$ 的运价约为同质量黄铁矿石的三倍。据以上信息,分析下列条件:

条件(I)

- ① A城市郊区有丰富的黄铁矿资源,水源、能源充足,交通方便。
- ② A城市需使用硫酸的工业不多,而离它不远的B城市却是一个消耗硫酸甚多的工业城市。
- ③ A城市是一个风光秀丽的旅游城市,对环境保护的要求甚高,而且土地价格较贵,土地供应紧张。

条件(II)

- ① C地是重要的农业区,需消耗大量的肥料。
- ② C地有丰富的磷灰石矿藏,水源、能源充足,土地价格较低,土地供应充足,交通方便。
- ③ 磷肥是由磷灰石[有效成分是 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]与 H_2SO_4 作用制得的,制造磷肥需消耗大量的硫酸。
- ④ C地无磷肥厂和硫酸厂,在相邻的D地有丰富的黄铁矿资源。

在A、B、C、D四城市中,你认为应该建设硫酸工厂的城市是_____,应该建造磷肥厂的城市是_____。

【解析】 该题文字较长,阅读量较大,要抓住关键词语,如硫酸需随产随销,运输方面尽量运输矿石而不运输硫酸,这是选择建设硫酸工厂的关键。综合分析得出建设硫酸工厂的城市应为B和C,建造磷肥厂的城市是C。

【答案】 B、C;C



基础训练

- 下列物质一般不能用作硫酸工业的原料的是()。
 - A. 硫磺
 - B. 有色金属冶炼厂含二氧化硫的烟气
 - C. 石油脱硫获得的硫磺
 - D. 天然气
- 导致下列现象的主要原因与排放二氧化硫有关的是()。
 - A. 酸雨
 - B. 光化学烟雾
 - C. 臭氧空洞
 - D. “温室效应”
- 目前我国许多地区定期公布空气质量报告。在空气质量报告中,一般不涉及的是()。
 - A. SO_2
 - B. CO_2
 - C. NO_2
 - D. 可吸入颗粒物
- 我国锅炉燃煤采用沸腾炉逐渐增多,采用沸腾炉的好处在于()。
 - A. 增大煤炭燃烧时的燃烧热
 - B. 减少炉中杂质气体(如 SO_2 等)的形成
 - C. 使得化学平衡发生移动
 - D. 使得燃料燃烧充分,从而提高燃料的利用率
- 防止 SO_2 气体污染大气,工业上常用吸收 SO_2 气体的溶液是()。

① 水 ② 酸性 KMnO_4 溶液 ③ 品红溶液 ④ 碱液 ⑤ Na_2SO_3 溶液

A. ① B. ②③ C. ③④ D. ④⑤

6. 下列情况可能引起大气污染的是()。

① 煤的燃烧 ② 工业废气的任意排放 ③ 燃放鞭炮 ④ 飞机、汽车尾气的排放

A. 只有①② B. 只有②④ C. 只有①②③ D. ①②③④

7. 你认为减少酸雨产生的途径可采取的措施是()。

① 少用煤作燃料 ② 把工厂烟囱造高 ③ 燃料脱硫 ④ 在已酸化的土壤上加石灰
⑤ 开发新能源

A. ①②③ B. ②③④⑤ C. ①③⑤ D. ①③④⑤

8. 化工厂厂址选择是一个复杂问题,涉及原料、水源、能源、土地供应、市场需求、交通运输和环境保护等诸多因素的制约。硫酸厂应建在()。

① 靠近原料产地远离消费中心 ② 靠近消费中心,可稍偏离原料产地 ③ 交通便利,人口稠密的居民区 ④ 环保要求高的地区,便于“三废”的治理

A. ①②③④ B. ①③④ C. ①②④ D. 只有②

9. “绿色化学”是指从技术上、经济上设计可行的化学反应,尽可能减少对环境的副作用。下列化学反应不符合“绿色化学”概念的是()。

A. 消除硫酸厂尾气中的 SO_2 : $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$

B. 消除制硝酸工业尾气的氮氧化物污染: $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

C. 制 CuSO_4 : $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

D. 制 CuSO_4 : $2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{CuO}$ $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{稀}) \longrightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

10. 下列反应能用勒夏特列原理解释的是()。

A. 由 SO_2 和 O_2 反应制 SO_3 需使用催化剂

B. 燃烧粉碎的黄铁矿矿石有利于 SO_2 的生成

C. 硫酸生产中用 98.3% 的硫酸吸收 SO_3 , 而不用 H_2O 或稀硫酸吸收 SO_3

D. 通入足量的氧气,有利于提高 SO_2 的转化率

11. “飘尘”是物质燃烧时产生的粒状漂浮物,颗粒很小不易沉降(可漂浮数年),它与空气中的 SO_2 、 O_2 接触时, SO_2 会部分转化为 SO_3 , 使空气酸度增加,飘尘所起的主要作用是()。

A. 氧化剂 B. 还原剂 C. 吸附剂 D. 催化剂

12. 硫酸工业中 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\text{加热}]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3(\text{g})$ (正反应为放热), 有关数据如下: (表中数据为 SO_3 在平衡混合气体中的体积百分数)

	$1 \times 10^5 \text{ Pa}$	$5 \times 10^5 \text{ Pa}$	$1 \times 10^6 \text{ Pa}$	$5 \times 10^6 \text{ Pa}$	$1 \times 10^7 \text{ Pa}$
450°C	97.5%	98.9%	99.2%	99.6%	99.7%
550°C	85.6%	92.9%	94.9%	97.7%	98.3%

(1) 应选用的温度是_____, 其理由是_____。

- (2) 应选用的压强是 _____, 其理由是 _____。
13. 为了防治酸雨, 降低煤燃烧时向大气排放的二氧化硫, 工业上将生石灰和含硫煤混合使用, 请写出燃烧时有关“固硫”(不使硫化物进入大气)反应的化学方程式 _____。
14. 二氧化硫是大气污染物, 大量的二氧化硫来源于 _____, 二氧化硫不仅本身污染大气, 它在大气中经尘粒催化能与水、氧气作用, 形成危害更大的酸雨, 反应的化学方程式是 _____。抽取某地酸雨水样进行检验, 测得各离子的浓度分别是: $c(\text{Na}^+) = 2.3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Cl}^-) = 3.5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{NH}_4^+) = 7.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{SO}_4^{2-}) = 2.5 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则该酸雨的 pH 为 _____。
15. 形成酸雨的原理之一可表示如下:
- $$\text{含硫燃料} \xrightarrow[\text{反应①}]{\text{O}_2} \text{A} \xrightarrow[\text{反应②}]{\text{O}_2} \text{B} \xrightarrow[\text{反应③}]{\text{H}_2\text{O}} \text{硫酸}$$
- 回答下列问题:
- (1) A 物质的化学式为 _____, B 物质的化学式为 _____。
- (2) 三个反应中不属于氧化还原反应的是 _____ (填序号)。
- (3) 二氧化硫中硫元素显 +4 价, 它可能降低到 0 价, 利用这一性质可在工厂的烟道气中通入合适的 _____ (填“氧化剂”或“还原剂”) 除去二氧化硫, 达到减小污染的目的。
- (4) 从环境保护的角度认为, 雨水的 $\text{pH} < 5.6$ 时, 就判断为酸雨, 经测定某次雨水只含硫酸, 且浓度为 $5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 这次降雨 _____ (填“是”或“不是”) 酸雨。
16. 接触法制硫酸时, 若所用硫铁矿含硫 48%, 且生产过程中有 2% 的硫留在炉渣里。试计算 1 t 硫铁矿, 理论上能生产多少吨 98% 的硫酸?



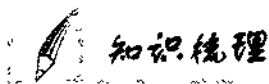
拓展提高

17. (1) 硫酸最古老的生产方法是把绿矾装入反应器中加强热, 会流出油状液体, 并有刺激性气味的气体 (SO_2) 放出, 反应器中的固体变为红色。这个变化过程可用两个化学方程式表示: ① _____; ② _____。
- (2) NO 在常温下就能与 O_2 反应, 生成红棕色的气体 NO_2 , SO_2 在通常条件下就能被 NO_2 氧化成 SO_3 和 NO, 这两个反应的化学方程式分别为 _____, _____。把这两个反应综合处理可得到一个总反应方程式 _____, 这个总反应, 就是人们曾经使用过的制造硫酸方法中的一步关键反应。这个关键反应中, NO 的作用是 _____。这种方法的条件温和, 反应速率也快, 现代硫酸工业却没有使用这种方法, 你认为这种方法不被采用或者说被淘汰的原因最可能是 _____。

18. 考古科学家在大洋中的小岛下钻井取沉积层样品分析,在公元前 1200 年及公元 600 年的沉积样中的硫酸盐的含量大大超过其他年份的沉积样,由此推测这些年代中,有较频繁的火山喷发活动,为什么可以这样推测?请说明理由并写出必要的化学方程式。
19. 硫酸工业中,如何有效吸收尾气里的二氧化硫、防止空气污染一直是化学家们研究的课题。从理论上讲,可以吸收二氧化硫的试剂很多,但实际上采用时要考虑许多因素,诸如原料成本、动力消耗、吸收效率、是否具有二次污染、能否取得有价值的副产品等等,因此在尾气处理中应设法进行综合利用。
- (1) 为了降低硫氧化物造成的污染,一种方法是在含硫燃料中(如煤)加入生石灰,这种方法称作“钙基固硫”,这种方法中“固硫”的反应是()。
- A. $2\text{CaO} + 2\text{S} \xrightarrow{\quad} 2\text{CaS} + \text{O}_2 \uparrow$ B. $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\quad} \text{SO}_2$
C. $\text{CaO} + \text{SO}_2 \xrightarrow{\quad} \text{CaSO}_3$ D. $2\text{CaSO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\quad} 2\text{CaSO}_4$
- (2) 美国和日本正在研究由 Na_2SO_3 作为治理 SO_2 污染的一种新方法,第一步是用 Na_2SO_3 溶液吸收 SO_2 ;第二步是加热吸收液,使之重新生成 Na_2SO_3 ,同时得到含高浓度 SO_2 的水蒸气副产品,试写出上述两步反应的化学方程式_____。
- (3) 我国化学家先后试用了烧碱吸收法、纯碱吸收法、石灰吸收法和氨水吸收法,根据我国的国情,现在一般采用氨水吸收法,写出用氨水吸收过量二氧化硫的化学方程式_____。
- (4) 某硫酸厂每天排放 $1\,000\text{ m}^3$ (已换算成标准状况下体积)尾气中含 0.2%(体积分数)的 SO_2 ,假设硫元素不损失,若用 NaOH 溶液、石灰及氧气处理后,理论上可得到多少千克石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)?

课题 2 人工固氮技术——合成氨

- 了解合成氨的主要原理、原料、重要设备、流程和意义。
- 认识合成氨反应的特点,学会选择合成氨的适宜条件。
- 认识催化剂的研制对促进化学工业发展的重要意义。



知识梳理

1. 氮的固定是指_____。
2. 合成氨反应的特点: ① _____; ② _____; ③ _____。
工业上选择合成氨的适宜条件是_____。
3. 合成氨工业上 H_2 的来源是(用化学方程式表示) _____;
 N_2 的来源一是 _____, 二是 _____。
4. 合成氨的生产主要包括三个步骤: ① 制备合成氨的原料气; ② _____;
③ 氨的合成与分离, 所用设备为 _____; 从中出来的混合气体中约含 _____ (体积分数) 的氨气, 把混合气体通过 _____, 使氨气 _____, 然后在 _____ 里进行分离, 分离出来的气体, 经过 _____, 再送到 _____ 中进行反应。
5. 合成氨需要纯净的氮气和氢气, 但在制取原料气的过程中, 常混入一些杂质, 如 H_2S 、 CO 气体等, 写出除去这两种气体的化学反应方程式 _____。
_____。若上述气体不除去, 则会使 _____。
6. 合成氨工业:
 - (1) 选择 $400^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 这一适宜温度, 其理由是 _____;
 - (2) 通常采用 $10\text{ MPa} \sim 30\text{ MPa}$ 的压强, 而不采用尽可能高的压强, 其理由是 _____;
_____;
 - (3) 采用铁作催化剂能 _____, 对反应物的转化率 _____ (填“有”或“无”) 影响;
 - (4) 采用循环操作, 主要是为了提高 _____。



方法导引

合成氨适宜条件的选择。

- (1) 目的: 尽可能加快化学反应的速率和提高化学反应的程度。
- (2) 依据: 外界条件对化学反应速率和化学平衡的影响。
- (3) 原则:
 - ① 既要注意外界条件对两者影响的一致性, 又要注意对两者影响的矛盾性。
 - ② 既要注意温度、催化剂对反应速率影响的一致性, 又要注意催化剂的活性对温度的限制。
 - ③ 既要注意理论生产, 又要注意实际可能性。
- (4) 反应特点: 正反应是体积减小的放热反应。
- (5) 适宜条件: $400^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 、铁催化剂、 $10\text{ MPa} \sim 30\text{ MPa}$; 循环操作(N_2 与 H_2 的体积比为 $1:3$)。

【例题1】合成氨的温度和压强通常控制在约 500°C 以及 $20\text{ MPa} \sim 50\text{ MPa}$ 的范围, 且进入合成塔的 N_2 和 H_2 的体积比为 $1:3$, 经科学实验测定, 相应条件下 N_2 和 H_2 反应所得

氨的平衡浓度(体积分数)如右表所示;而实际从合成塔出来的混合气体中含氨约为15%,这表明()。

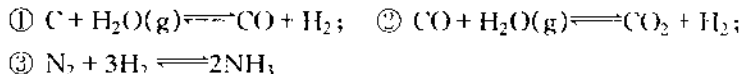
	20 MPa	60 MPa
500℃	19.1	42.2

- A. 表中所测数据有明显误差
B. 生产条件控制不当
C. 氨的分解速率大于预测值
D. 合成塔中的反应并未达到平衡

【解析】 A. 表中数据为科学家通过科学实验所得,不可能有明显误差;B. 合成氨是连续生产,不会时刻对生产条件控制不当;C. 平衡的浓度问题与速率的大小没有直接关系,若是分解速率的影响,可以通过条件的改变,降低反应速率,但事实是无论何条件都低于预测值。

【答案】 D

【例题2】 用焦炭、空气、水为原料制备 NH_3 的有关反应的化学方程式:



参加反应的焦炭与氨气之间的物质的量之比约为()。

- A. 3:4 B. 3:2 C. 2:3 D. 1:2

【解析】 此题应采用关系式来解。从多步反应中找出相应物质的反应量的关系。

由反应①、②可得 $\text{C} \sim 2\text{H}_2$, 由反应③可得 $3\text{H}_2 \sim 2\text{NH}_3$ 。故 $3\text{C} \sim 6\text{H}_2 \sim 4\text{NH}_3$ 。

$n(\text{C}):n(\text{NH}_3)=3:4$, 本题易错解, 由①式得出关系式: $\text{C} \sim \text{H}_2$, 由③式得出关系式: $3\text{H}_2 \sim 2\text{NH}_3$ 。推出: $3\text{C} \sim 3\text{H}_2 \sim 2\text{NH}_3$; $n(\text{C}):n(\text{NH}_3)=3:2$ 故错选 B 项。

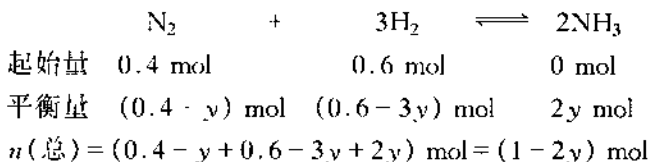
【答案】 A

【例题3】 合成氨工业通常用测定反应前后混合气体的密度来确定氨的转化率。某工厂测得合成塔中 N_2 、 H_2 混合气体的密度为 0.5536 g/L (标准状况), 从合成塔中出来的混合气体在相同条件下的密度为 0.639 g/L 。求该合成氨工厂 N_2 的转化率。

【解析】 设 N_2 、 H_2 起始时总的物质的量为 1 mol , 其中 N_2 为 $x \text{ mol}$, H_2 为 $(1-x) \text{ mol}$ 则 $28 \text{ g/mol} \cdot x + 2 \text{ g/mol} \cdot (1-x) = 0.5536 \text{ g/L} \times 22.4 \text{ L/mol}$

解得: $x = 0.4 \text{ mol}$, 故 H_2 为 0.6 mol

又设 0.4 mol N_2 中有 $y \text{ mol}$ 发生了反应, 则 H_2 有 $3y \text{ mol}$ 发生了反应



反应前后气体总质量守恒, 则有

$$1 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} \times 0.5536 \text{ g/L} = (1 - 2y) \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} \times 0.639 \text{ g/L}$$

解得: $y = 0.1 \text{ mol}$

N_2 的转化率为: $0.1 \text{ mol} / 0.4 \text{ mol} \times 100\% = 25\%$

【答案】 该合成氨工厂 N_2 的转化率为 25% 。



基础训练

- 下列反应起了氮的固定作用的是()。
A. N_2 和 H_2 在一定条件下反应生成 NH_3
B. NO 与 O_2 反应生成 NO_2
C. NH_3 经催化氧化生成 NO
D. 由 NH_3 制碳铵和硫铵
- 合成氨工业有下列生产流程,其先后顺序是()。
① 原料气的制备 ② 氨的合成 ③ 原料气的净化和压缩 ④ 氨的分离
A. ①②③④ B. ①③②④ C. ①③②④ D. ②③④①
- 合成氨的反应采用 500°C 温度的原因是()。
A. 温度太低反应速率太小 B. 该温度时催化剂活性最大
C. 该温度时反应速率最大 D. 该温度时 N_2 的转化率最高
- 工业制氨气采用 $10\text{ MPa} \sim 30\text{ MPa}$ 的高压,原因是()。
A. 生成的氨可变为液体 B. 分子运动更快
C. 氨的合成是一个体积减小的反应 D. 更有利于 NH_3 的分离
- 合成氨工业上采用循环操作主要是因为()。
A. 加快反应速率 B. 能提高氨的平衡浓度
C. 降低氨的沸点 D. 提高 N_2 和 H_2 的利用率
- 合成氨时,可以提高 N_2 的转化率的措施是()。
A. 升高温度 B. 及时分离出 NH_3
C. 增大压强 D. 使用催化剂
- 下列关于催化剂的说法中,错误的是()。
A. 改变反应所需时间 B. 反应前后质量不变
C. 加快反应速率 D. 可以提高反应物的转化率
- 下列有关合成氨工业的叙述,可用勒夏特列原理来解释的是()。
A. 使用铁触媒,使 N_2 和 H_2 混合气体有利于合成氨
B. 高压比常压条件更有利于合成氨的反应
C. 500°C 左右比室温更有利于合成氨的反应
D. 合成氨时采用循环操作,可提高原料的利用率
- 在接触法制硫酸中通入过量空气以提高 SO_2 的利用率,而以焦炭为原料合成氨的工业中,为提高原料 H_2 的利用率却不用通入过量空气的方法,原因是()。
A. 达到平衡时 H_2 的转化率已经很高
B. 防止 N_2 与 O_2 化合损失 N_2
C. 空气太多冲淡了 H_2 的浓度
D. 防止 H_2 和 O_2 化合发生爆炸
- 将 1 体积 N_2 和 3 体积 H_2 混合通入氨合成塔,测得从合成塔排出的混合气体中 N_2 的

体积分数为 21.4%，则混合气体中 NH_3 的体积分数是()。

- A. 7.14% B. 14.4% C. 16.7% D. 64.2%

11. 合成氨反应在一定条件下达到平衡后，要使反应速率加快，并且使化学平衡向正反应方向移动的是()。

- A. 降温 B. 加压 C. 移去一部分氨 D. 不断加入 N_2 和 H_2

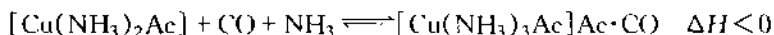
12. 合成氨反应中，若合成塔进口时 N_2 、 H_2 、 NH_3 体积之比为 5:15:3，出口时 N_2 、 H_2 、 NH_3 体积比为 9:27:8，则 N_2 的转化率为()。

- A. 10% B. 20% C. 30% D. 40%

13. 在 298 K 时，合成氨反应： $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ $\Delta H = -92.4 \text{ kJ/mol}$

在该条件下将 1 mol N_2 和 3 mol H_2 放在一密闭容器中合成氨，测得反应放出的热量总是小于 92.4 kJ，其原因是_____。

14. 合成氨工业中，原料气(N_2 、 H_2 及少量 CO 、 NH_3 的混合气)在进入合成塔前常用醋酸二氨合铜(I)溶液来吸收原料气中的 CO ，其反应是：



(1) 必须除去原料气中的 CO 原因是_____；

(2) 醋酸二氨合铜(I)吸收 CO 的生产适宜条件是_____；

(3) 吸收 CO 后的醋酸铜氨液经过适当处理又可再生，恢复其吸收 CO 的能力以供循环使用。醋酸铜氨液再生的生产适宜条件是_____。

15. 将 2 L N_2 和 6 L H_2 充入密闭容器里反应，达到平衡时，混合气体的体积为 7.2 L。计算：

(1) 平衡时混合气体里各气体的体积分数；

(2) N_2 转化为 NH_3 的转化率。



拓展提高

16. 对于可逆反应： $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ $\Delta H = -92.4 \text{ kJ/mol}$

下列说法是否正确？错误的加以改正。

(1) 在达到平衡后加入 H_2 ，当重新达到平衡时， NH_3 的浓度比原平衡时增大， H_2 和 N_2 的浓度比原平衡时减小。

(2) 达到平衡时，若升高温度，则加快了氨的分解速率，降低了 NH_3 合成的速率，所以平衡向逆反应方向移动。

(3) 达到平衡时，若温度不变，增大体系压强，则 N_2 、 H_2 浓度增大，因而 $v_{\text{正}}$ 增大，故平衡向右移动。

(4) 在密闭定容体系中加入氨气，平衡会向气体体积缩小方向移动，有利于氨的合成。

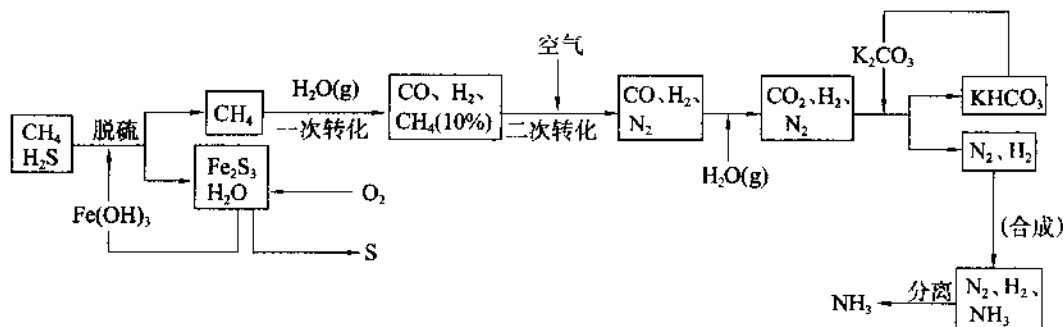
(5) 将 1 mol N_2 、3 mol H_2 在一个密闭容器中合成氨，反应放出的热量总是小于 92.4 kJ。

17. 工业上用氨和二氧化碳反应合成尿素: $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ 已知下列物质在一定条件下均能与水反应产生 H_2 和 CO_2 , H_2 是合成氨的原料, CO_2 供合成尿素用。若从充分利用原料的角度考虑, 选_____ (填序号) 物质作原料较好。

A. CO B. 石脑油(C_5H_{12} 、 C_6H_{14}) C. CH_4 D. 焦炭

做出上述选择的依据是_____

18. 利用天然气合成氨的工艺流程示意图如下:



根据上述流程, 完成下列填空:

- (1) 天然气脱硫时的化学方程式是_____
 - (2) n mol CH_4 经一次转化后产生 CO _____ mol, 产生 H_2 _____ mol (用含 n 的代数式表示)。
 - (3) $\text{K}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ 和 CO_2 反应在加压下进行, 加压的理论依据是_____

A. 相似相溶原理 B. 勒夏特列原理 C. 酸碱中和原理
 - (4) 整个流程有三处循环, 一是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 循环, 二是 $\text{K}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ 循环, 请在上述流程图中标出第三处循环 (循环方向、循环物质)。
19. 恒温下, 将 a mol N_2 与 b mol H_2 的混合气体通入一个固定容积的密闭容器中, 发生如下反应: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$
- (1) 若反应进行到某一时刻 t 时, $n_t(\text{N}_2) = 13$ mol, $n_t(\text{NH}_3) = 6$ mol, 计算 a 的值。
 - (2) 反应达平衡时, 混合气体的体积为 716.8 L (标准状况), 其中 NH_3 的含量 (体积分数) 为 25%。计算平衡时 NH_3 的物质的量。
 - (3) 原混合气体与平衡混合气体的总物质的量之比 (最简整数比, 下同), $n(\text{始}):n(\text{平}) =$ _____。
 - (4) 原混合气体中, $a:b =$ _____。
 - (5) 达到平衡时, N_2 和 H_2 的转化率之比 $\alpha(\text{N}_2):\alpha(\text{H}_2) =$ _____。
 - (6) 平衡混合气体中, $n(\text{N}_2):n(\text{H}_2):n(\text{NH}_3) =$ _____。