

人教版

本书编写组◎编

实验指导 与实验报告

高中选修 2

化学与技术



CIS 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 2

化学与技术



CTS 湖南教育出版社



目 录



化学·高中选修2 (人教版)

实验 1-1	合成氨的实验	001
科学探究 1	物质溶解度大小比较及氨碱法制纯碱原理	011
实验 2-1	用混凝法净化水	023
科学探究 2	硬水的软化——化学软化法	033
实验 3-1	玻璃粉末与水的反应	043
实验 3-2	电镀铜	051
实验 3-3	聚氯乙烯的分解	059
实验 3-4	高分子化合物的性质	067
科学探究 3	水的表面张力与肥皂的去污原理	074
实验 4-1	实验室制肥皂	081
科学探究 4	肥皂和合成洗涤剂比较	089
实验练习	参考答案	097

实验 1-1

合成氨的实验

自主准备



材料阅读

氨的发现与合成

1727年英国的牧师、化学家哈尔斯，用氯化铵与石灰的混合物在以水封闭的曲颈瓶中加热，只见水被吸入瓶中而不见气体放出。1774年化学家普里斯特利重做这个实验，采用汞代替水来密闭曲颈瓶，制得了碱空气(氨)。他还研究了氨的性质，发现它易溶于水、可以燃烧，还发现在氨中通以电火花时，其容积增加很多，而且分解为两种气体：一种是可燃的氢气；另一种是不能助燃的氮气。从而证实了氨是氮和氢的化合物。其后戴维等化学家继续研究，进一步证实了2体积的氨通过火花放电之后，分解为1体积的氮气和3体积的氢气。

德国化学家哈伯从1902年开始研究由氮气和氢气直接合成氨，于1908年申请专利，即“循环法”。在此基础上，他继续研究，于1909年改进为现在工业上普遍采用的直接合成法。反应过程中为解决氢气和氮气合成转化率低的



问题，将氨产品从合成反应后的气体中分离出来，未反应气和新鲜氢气混合重新参与合成反应。

新中国成立前中国只有两家规模不大的合成氨厂，新中国成立后合成氨工业有了迅速发展。1949年全国氮肥产量仅0.6万吨，而1982年达到1 021.9万吨，成为世界上产量最高的国家之一。中国引进了一

批年产 30 万吨氮肥的大型化肥厂设备。中国自行设计和建造的上海吴泾化工厂（1999 年 5 月改名为上海吴泾化工有限公司）也是年产 30 万吨氮肥的大型化肥厂。这些化肥厂以天然气、石油、炼油气等为原料，生产中能量损耗低、产量高，技术和设备都很先进。



知识准备

1. 空气中 N_2 占_____， O_2 占_____。工业上怎样制氮气？
2. 什么叫氮的固定？
3. 由氮气与氢气直接合成氨的化学原理为：_____，该反应为_____（填“放热”和“吸热”）反应。该实验所用的氢气能不能用盐酸来制取？

实验报告

合作者：_____ 日期：_____

实验名称：合成氨的实验。

实验目的：

1. 探究工业合成氨的实验条件；
2. 了解合成氨工业的重要意义。

实验仪器和用品：试管、导管、胶塞、100 mL 注射器、pH 试纸、储气瓶、铁丝绒、氮气、氢气、蒸馏水等。

实验过程：

1. 参照教材第 10 页图 1-5，画出合成氨的实验装置。

2. 实验过程

实验步骤	实验现象	结论或反应的化学方程式
(1) 在一干燥的大硬质试管中放入适量的铁丝绒，按教材图 1-5 连接好实验装置		
(2) 先给试管预热，再加热试管中的铁丝绒至红热后，用 100 mL 注射器抽取 20 mL 干燥的氮气和 60 mL 干燥的氢气，将混合气体注入试管中		
(3) 将湿润的 pH 试纸置于导管出口处，观察试纸的颜色变化		
(4) 用化学方程式表示由氮气与氢气合成氨的化学原理		

注意：pH 试纸要湿润

交流心得：_____

实验结论：_____

3. 在合成氨的反应中, 铁丝绒作催化剂, 催化剂的主要作用是什么?

学生自我评价: _____

教师评价: _____

知识巩固

典例精析

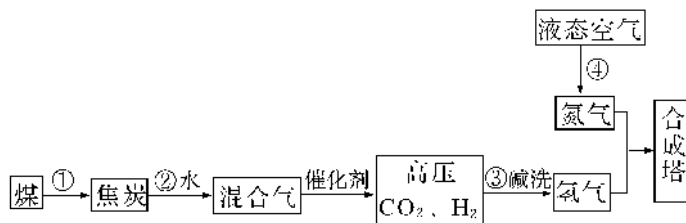
例1 合成氨生产过程采取的措施与化学平衡移动原理无关的是 ()

- A. 选择适当的温度 B. 增大体系压强
C. 使用铁触媒作催化剂 D. 不断分离液氨

【解析】 催化剂只能改变反应速率，对平衡移动无影响。

【答案】 C

例2 某企业生产氨的流程如下：



请回答下列问题：

- 操作①的名称是_____，操作④的名称为_____。
- 写出②的化学方程式：_____。
- 合成塔出来的高温高压气体中仅含体积分数为 25% 的氨，从混合气中分离出氨的操作是_____，分离出的氮气和氢气则重新回到合成塔中。
- 检验合成塔中出来的气体中含有氨的方法是_____。
- 下列属于氮的固定的是_____。

A. 由氮气合成氨 B. 由氨制氯化铵
C. 雷雨天气由氮气得硝酸盐 D. 碳酸氢铵受热分解

【解析】 本题考查化学学科的基本实验操作及基础化学知识，主要是识记知识，难度不大。

【答案】 (1) 干馏 蒸馏 (2) $C + H_2O(g) \xrightarrow{\text{高温}} CO + H_2$ (3) 压缩液化 (4) 将湿润的红色石蕊试纸置于气体中，若试纸变蓝，则说明含有 NH_3 (5) AC

实验练习

1. 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 NH_3 的平衡浓度
C. 降低 NH_3 的沸点
D. 提高 N_2 和 H_2 的利用率

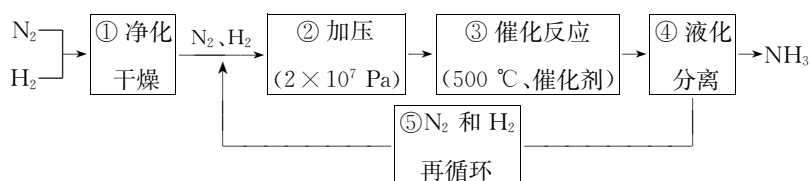
2. 合成氨工业有下列流程：①原料气制备；②氨的合成；③原料气净化和压缩；④氨的分离。其先后顺序为 ()

- A. ①②③④ B. ①③②④ C. ④③②① D. ②③④①

3. 下列有关合成氨工业的说法中，正确的是 ()

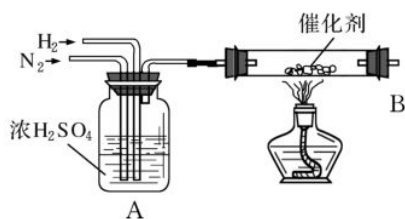
- A. 从合成塔出来的混合气体中，氨占 15%，所以生产氨的工厂的效率都很低
B. 由于氨易液化， N_2 和 H_2 在实际生产中循环使用，所以总体来说，氨的产率很高
C. 合成氨工业的反应温度控制在 $500\text{ }^\circ\text{C}$ ，目的是使化学平衡向正反应方向移动
D. 我国合成氨厂采用的压强是 $(10\sim 30)\text{MPa}$ ，因为该压强下铁触媒的活性最大

4. 1913 年德国化学家哈伯发明了以低成本制造大量氨的方法，从而大大满足了当时日益增长的人口对粮食的需求。下列是哈伯法的流程图，其中为提高原料转化率而采取的措施是 ()



- A. ①②③ B. ②④⑤ C. ①③⑤ D. ②③④

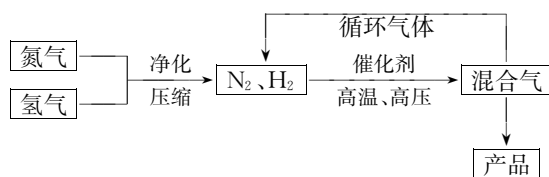
5. 实验室合成氨装置如图所示，试回答下列问题：



- (1) 装置 A 的作用是① _____；② _____。
(2) 从 B 中导出的气体是 _____。
(3) 检验产物的简单方法是 _____。

6. 工业上合成氨是在一定条件下进行如下反应： $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3(\text{g})$ 。其

部分工艺流程如下：



回答下列问题：

- (1) 已知： $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) \quad \Delta H = 180.5 \text{ kJ/mol}$
 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -905 \text{ kJ/mol}$



则 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ 的 $\Delta H =$ _____。

(2) 如果工业上,在一定温度下,将 1.5 mol N_2 气体和 6 mol H_2 气体通入体积为 1 L 的密闭容器中。当反应达到平衡时,容器内气体的压强为起始时的 80%,则其平衡常数为_____。改变下列条件,能使平衡向正反应方向进行且平衡常数不变的是_____。

①增大压强 ②增大反应物的浓度 ③使用催化剂 ④降低温度

(3) 合成氨反应的平衡常数很小,所以在工业上采取气体循环的流程。即反应后通过降低混合气体的温度而使氨分离出来。这种分离物质的方法其原理类似于下列哪种方法? _____ (填编号)。①过滤 ②蒸馏 ③渗析 ④萃取

理由是_____。

(4) 可以用氯气来检验输送氨的管道是否漏气,如果漏气则会有白烟(成分为氯化铵)生成。该反应的化学方程式为_____。

(5) 假如该厂生产氨水的物质的量浓度为 20 mol/L,实验室若需用 80 mL 浓度为 5 mol/L 的氨水时,需取 20 mol/L 的氨水_____ mL (用 100 mL 的容量瓶)。假如该氨水的 $\text{pH} = a$,加入相同体积的盐酸时,溶液呈中性,则此盐酸的 pH _____ (填“大于”“小于”或“等于”) $14 - a$ 。

【 创新案例 】

合成氨

目的: 认识氮气和氢气在催化剂作用下能合成氨。

用品: 储气瓶、硫酸洗瓶、Y形管、橡皮管、导管、玻璃管、酒精灯、广口瓶、双孔塞、铁研钵及杵、药匙。石棉绒、还原铁粉(加有少量氧化铝和氧化钾)、铁丝网、亚硝酸钠、氯化铵、锌粒、稀硫酸、酚酞溶液。

原理: 氮跟氢化合成氨是一个放热的可逆反应。



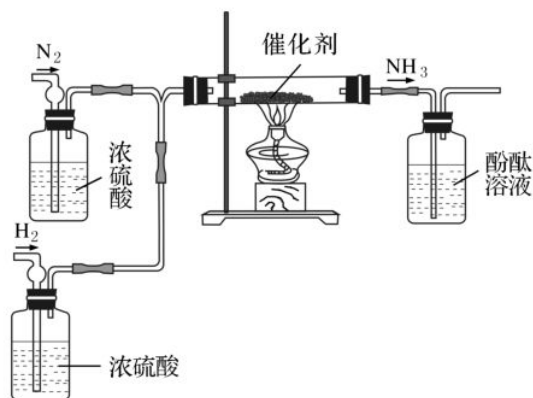
增加压力将使反应向生成氨的方向移动,提高温度会将反应向相反的方向移动,但温度过低又使反应速率过小。工业生产中常用的压力为 200~600 个大气压,温度为 450~600 °C,用金属铁作催化剂,转化率可提高到约 98%。在实验室里一般是在较低的温度和压力下进行的,只能认识氮气和氢气在催化剂作用下能合成氨,不要求收集氨。

准备:

1. 制备催化剂。在实验室里用还原铁粉或铁钨合金粉末作为催化剂，并加少量助催化剂(2% Al_2O_3 和0.8% K_2O)，防止降低活性。将石棉绒(作载体用)4 g和加有 Al_2O_3 和 K_2O 的还原铁粉3 g混合均匀后，填充在一支长约20 cm、内径约1.5 cm的玻璃管里，做成一段长约7 cm的催化柱。两端用铁丝网夹紧，防止松散。

2. 制取氮气和氢气。氮气可用加热分解亚硝酸钠和氯化铵饱和溶液的方法制取，氢气可用锌和稀硫酸反应制取。

3. 组装合成氨装置。把盛有氮气和氢气的储气瓶分别接在两个浓硫酸洗气瓶上，再用Y形管和催化管相连接。装置如图所示。



操作：先要检验氢气的纯度，然后将氮气和氢气同时通入装置驱除空气，用小试管在尾气出口处收集后用爆鸣法检验。调节氮气和氢气的流速，使它们通入的体积比为1:3，同时用酒精灯外焰先将整个催化管均匀加热后，再集中火力在催化剂的下面强热。5~6 min后可以看到无色的酚酞溶液变成红色，这证明已有氨生成。

注意事项：1. 还原铁粉最好用新开瓶的。 Al_2O_3 和 K_2O 要求用纯度较高的。一般须加热到500℃左右，使达到催化剂的活性温度。2. 气体要干燥，催化管、导管和用作载体的石棉绒都要烘干后使用。

科学探究 1

物质溶解度大小比较及氨碱法制纯碱原理

自主准备



材料阅读

中国民族工业的骄傲——侯氏联合制碱法

1943年，彼时的中国正处于对日抗战的艰苦岁月。那一年，中国化学工程师学会一致同意，将一种新的联合制碱法命名为“侯氏联合制碱法”。

侯氏指的是侯德榜，此时他已年逾半百，距离他受邀归国已过去了20余年。

1921年，刚过而立之年的福建闽侯人侯德榜踏上了回国的旅程，应爱国实业家范旭东的邀请，出任永利碱业公司的总工程师。他刚刚完成美国哥伦比亚大学的学业，获得博士学位。1913年，他以10门功课1000分的成绩，由北京清华留美预备学堂，被保送至美国麻省理工学院化工科学习。

作为工业中不可缺少的重要原料，纯碱（碳酸钠）一直是资本家觊觎的重要目标。纯碱的用途很广泛，最初，人们从盐碱地或盐湖中获取，但远远满足不了工业生产的需要。

1862年，比利时人索尔维用食盐、氨、二氧化碳为原材料，成功制取了碳酸钠。尽管弊端不少，“索尔维制碱法”（又称“氨碱法”）这一工艺还是作为商业机密被牢牢把守在资本家手中。



在这样的背景下,1917年,范旭东在天津塘沽创办永利碱业公司,决心生产中国的纯碱,打破洋人的垄断。

侯德榜就任总工程师后,全身心地投入到制碱工艺和设备的改进上,终于摸索出了索尔维法的各项生产技术。1924年8月,塘沽碱厂正式投产。1926年,中国生产的“红三角”牌纯碱在美国费城的万国博览会上获得金质奖章。产品不但畅销国内,而且远销日本和东南亚。

在范旭东先生的支持下,侯德榜将他摸索出的制碱方法写成专著,公之于世。该书1933年由美国化学会出版,轰动了科学界,被誉为首创的制碱名著,为祖国争得了荣誉。

1937年,抗日战争爆发,永利碱厂被迫迁往四川。由于当时内地盐价昂贵,用传统的索尔维法制碱成本太高,无法维持生产。为寻找适应内地条件的制碱工艺,永利公司准备向德国购买新的工艺——“察安法”的专利,但德国却与日本暗中勾结,故意刁难,提出不准在东三省出售“红三角”纯碱的辱国条件,被侯德榜严词拒绝——此话言犹在耳:“难道黄头发绿眼珠的人能搞出来,我们黑头发黑眼珠的人就办不到吗?”

经过五年奋斗,辗转四川、香港、上海、纽约等地,500多次循环试验,2000多个样品分析……侯德榜与永利的工程技术人员一道,认真剖析了德国的新工艺“察安法”流程,终于确定了具有自己独立特点的新的制碱工艺,在抗日战争的艰苦岁月里,“侯式制碱法”终于诞生了。

“侯氏制碱法”提出将氨厂和碱厂建在一起,联合生产:氨厂提供碱厂需要的氨和二氧化碳,加入食盐使母液里的氯化铵结晶出来作为化工产品或化肥,食盐溶液又可以循环使用……这一工艺使食盐的利用率从70%提高到96%,也使原来无用的氯化钙转化成化肥氯化铵,解决了氯化钙占地毁田、污染环境的难题。

这项新工艺很快为世界采用,获得国际化工界的极高评价。著名的英国皇家学会、美国化学学会都聘请侯德榜当会员。



知识准备

1. 索尔维法制取纯碱的原料为____、____、____,反应分三步进行:____、____、____。
2. 索尔维法制取纯碱时,氨来自于____,二氧化碳来自于____;而侯德榜法制取纯碱时,氨和二氧化碳均来自于____。
3. 20℃时,由 NH_4HCO_3 、 NaCl 和 H_2O 配制成一混合溶液,当把溶液加热蒸发后冷却至20℃,首先析出的物质是什么?

20℃时一些物质在水中的溶解度/g

NaCl	NH_4Cl	Na_2CO_3	NaHCO_3	NH_4HCO_3
35.9	37.2	21.5	9.6	21.7

实验报告

合作者：_____ 日期：_____

探究名称：物质溶解度大小比较及氨碱法制纯碱原理。

探究目的：

1. 了解溶解度在化学实验技术中的应用；
2. 了解索尔维制碱法的基本原理。

探究仪器和用品：试管、玻璃棒、普通漏斗、滤纸、三脚架、铁架台、酒精灯、澄清石灰水、饱和碳酸氢铵溶液、饱和食盐水等。

探究过程：

1. 观察碳酸氢铵溶液和饱和食盐水混合所发生的实验现象

实验步骤	使用仪器或现象	原因、结论和化学方程式
(1) 取两支试管，一支盛2 mL饱和碳酸氢铵溶液，另一支盛2 mL饱和食盐水	使用的实验仪器：_____ _____	
(2) 将两者混合于一支试管中，振荡，观察现象		

续表

实验步骤	使用仪器或现象	原因、结论和化学方程式
(3) 将上述溶液静置, 然后进行过滤	过滤用到的实验仪器: _____ _____	
(4) 取滤纸上获得的固体, 探究其成分	其成分可能为 _____ , 确定其成分的实验方法为 _____ _____	