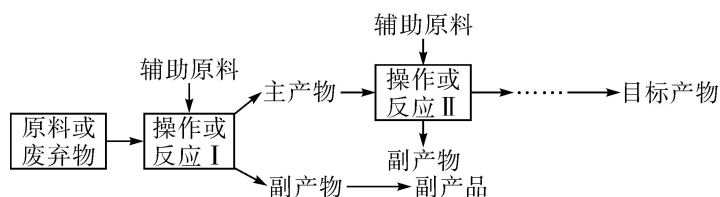


专题五 工艺流程

一、流程线路示意图解读

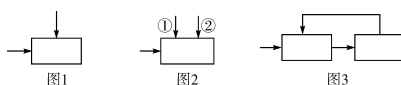


箭头：箭头进入的是投料(即反应物)、出去的是生成物(包括主产物和副产物)。

三线：出线 and 进线均表示物料流向或操作流程，可逆线表示物质循环使用。

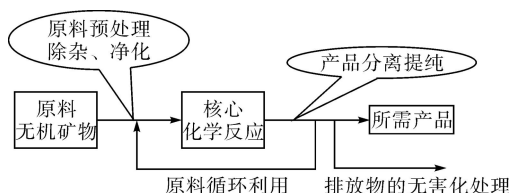
① 关注“箭头”

② 关注所指方框内



③ 关注流程“三线”和“核心”

后面将结合具体题目进行解析，帮助同学们在中考复习中对此类问题一网打尽。



二、工艺流程常考查内容

1. 原料到产品的生产原理：理解反应过程中涉及的化学方程式，判断反应物与生成物。
2. 除杂原理的应用：判断除杂试剂的选取，用量的多少等。
3. 实验操作：粉碎研磨的作用、溶解、过滤、蒸发、蒸馏、结晶方法的选取，洗涤、干燥等。
4. 对生产工艺的评价：是否环保(对环境的影响)、生产成本高低的判断、原料获取的难易程度、能耗的高低、反应条件的控制、原料利用率的高低、循环物质的判断、废液处理等。

【解题思路】一般按照“四个步骤”来分析和解决问题。

第一步：理解题意，明确目的。认真审题，把握化工生产目的，整体领会设计思路。

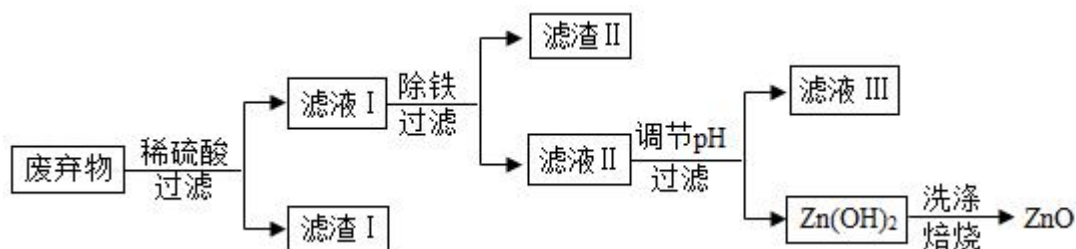
第二步：抓关键点，找突破口。审题过程中把关键信息在题目中圈出，把名称改写为化学式。

第三步：以点带面，分析推理。围绕突破口逐一破解，必要时写出反应的化学方程式，注意物质是否过量，全面理解流程图每一步的机理，如何实现流程目的。

第四步：细心审题，规范作答。审清题目的要求，如要求写名称还是化学式等，切勿牛头不对马嘴；要做到规范作答，答案简洁明了。

题型一：分离提纯类工艺

1. 某合金主要成分为 Zn、Fe、Cu 及这三种金属的少量氧化物。利用该合金制成的机械零件废弃物制取高纯度 ZnO，其部分工艺流程如图所示。请回答：



已知： $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 溶于强碱形成可溶性盐。

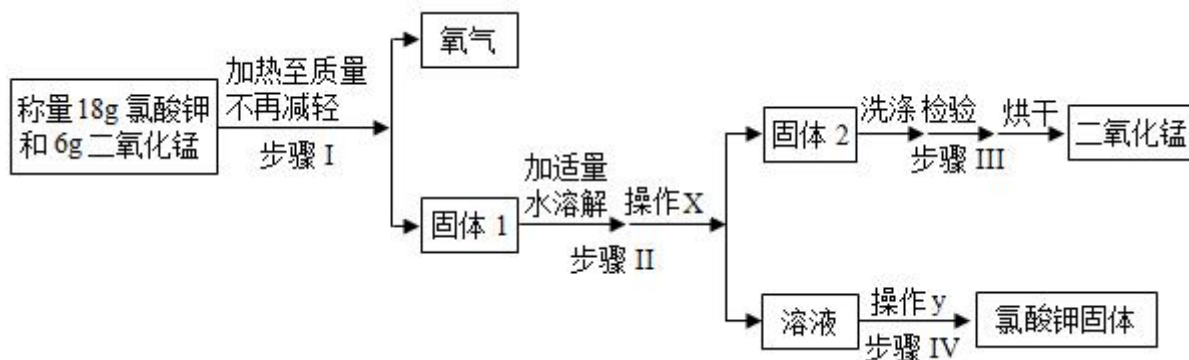
- (1) 滤渣 I 中一定有_____。
- (2) 加酸溶解废弃物时，需要通风并远离火源，其原因是_____。此过程中 Zn 还能起到除铜作用，除铜的化学方程式为_____，此反应属_____（填基本反应类型）。
- (3) 调节 pH 可用 NaOH，但不能过量，其原因是_____。
- (4) 焙烧 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 发生分解反应的化学方程式为_____。

【分析】根据给出的转化关系对应的过程分析每个对应的问题，或者直接分析每个问题，从给出的信息中找对应的信息。

【解答】解：

- (1) 由于铜不和硫酸反应，所以滤渣 I 中一定有 铜。
- (2) 加酸溶解废弃物时，需要通风并远离火源，其原因是锌和铁与硫酸反应生成的氢气具有可燃性，遇到明火会燃烧甚至爆炸。此过程中 Zn 还能起到除铜作用，除铜，是指铜的氧化物和硫酸形成的硫酸铜，所以是锌和硫酸铜反应生成硫酸锌和铜，对应的化学方程式为 $\text{Zn}+\text{CuSO}_4=\text{ZnSO}_4+\text{Cu}$ ，是单质和化合物反应生成新的单质和新的化合物，符合置换反应的特征，属置换反应。
- (3) 调节 pH 可用 NaOH，但不能过量，其原因是 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 溶于强碱形成可溶性盐。
- (4) 焙烧 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 发生分解反应生成氧化锌和水，对应的化学方程式为 $\text{Zn}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{ZnO}+\text{H}_2\text{O}$ 。

2. 某兴趣小组查阅资料得知：氯酸钾（ KClO_3 ）在加热和二氧化锰做催化剂的条件下生成氯化钾和氧气。他们利用该原理制取氧气，并回收提纯氯化钾和二氧化锰，按以下流程图进行实验，按要求完成下列问题：



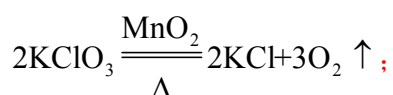
- (1) 步骤 I 中发生反应的化学方程式为_____。

(2) 步骤Ⅳ中操作 y 的名称是_____。

(3) 步骤Ⅲ中“洗涤”操作 2 次后，收集第 3 次的洗涤液并进行检验。取少量洗涤液于试管中，滴加_____溶液，有白色沉淀生成，说明还没有洗涤干净。

(4) 实验结束后，理论上能够回收得到_____克二氧化锰。

【解答】(1) 由题意氯酸钾在二氧化锰做催化剂的条件下受热分解为氯化钾和氧气，反应的化学方程式为



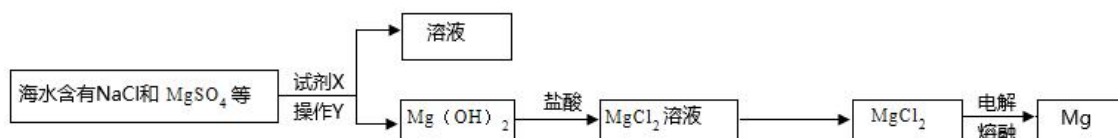
(2) 步骤Ⅳ中操作为从氯化钾溶液中获得氯化钾固体，具体的方法是蒸发溶剂；

(3) 步骤Ⅲ中“洗涤”操作 2 次后，收集第 3 次的洗涤液并进行检验。检验是否洗净就是检验是否存在氯化钾，因为氯化钾溶液能与硝酸银溶液反应生成氯化银白色沉淀，所以取少量洗涤液于试管中，滴加硝酸银溶液，有白色沉淀生成，说明还没有洗涤干净；

(4) 化学反应的催化剂在反应前后质量和化学性质保持不变，根据流程图可知在化学反应前二氧化锰的质量为 6 克，所以实验结束后，理论上能够回收得到 6 克二氧化锰。

3. 海洋中蕴藏着丰富的化学资源，从海水中提取金属镁的主要步骤如图：

资料：海滩贝壳的主要成分是 CaCO_3



(1) 为节约资源，试剂 X 常用海滩贝壳为原料制得，则试剂 X 为_____（填化学式）；

(2) 操作 Y 的名称为_____；

(3) 在熔融状态下的 MgCl_2 ，通电后会生成镁与一种气体单质，该反应的化学方程式为_____。

(4) 镁常用作合金，一般地合金相对于纯金属，具有的优良特性有_____（填序号）。

A. 硬度小

B. 熔点高

C. 抗腐蚀性强

【分析】(1) 根据碳酸钙的性质回答此题；

(2) 考查固液分离的常用方法；

(3) 根据题目信息和质量守恒定律推断反应物名称书写化学方程式；

(4) 根据合金的性质回答此题。

【解答】解：(1) 碳酸钙受热分解生成氧化钙和二氧化碳，氧化钙加入海水中后，与水反应生成氢氧化钙，氢氧化钙与硫酸镁反应生成硫酸钙和氢氧化镁，因此 X 为氧化钙；

故答案为：CaO。

(2) 经过操作 Y 实现了固液分离，常用方法为过滤；

故答案为：过滤。

(3) 氯化镁通电生成了镁和一种气体单质，根据质量守恒定律，生成物还需要氯元素，结合生成气体单

质，则为氯气，所以氯化镁在通电情况下反应生成镁和氯气，书写方程式为 $\text{MgCl}_2 \xrightarrow{\text{通电}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$ ；

故答案为： $\text{MgCl}_2 \xrightarrow{\text{通电}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$ 。

(4) A、合金的硬度比纯金属硬度大，A 错误；

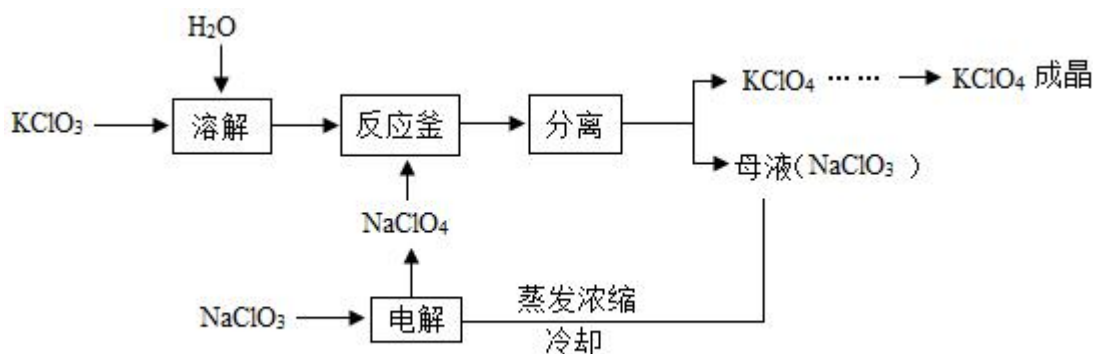
B、合金熔点比纯金属低，B 错误；

C、合金抗腐蚀性比纯金属的强，C 正确；

故答案为：C。

题型二：物质转化类工艺

4. 高氯酸钾 (KClO_4) 是一种性能稳定的物质，主要用作发烟剂、引火剂、氧化剂和化学分析试剂，工业生产上生产的高氯酸钾的工艺流程如图：



回答下列问题：

(1) 为加快氯酸钾的溶解，可采取的措施为_____。

(2) 流程中的分离操作相当于实验室中的_____。

(3) 反应釜中发生的化学反应方程式为_____，该反应属于基本反应类型中的_____反应。

(4) 电解 NaClO_3 溶液时，除产生 NaClO_4 外，还得到一种清洁的高能燃料，该反应的化学方程式为_____。

【分析】（1）根据常见加快溶解速率的方法分析回答；

（2）根据过滤的原理分析回答；

（3）根据反应的流程分析反应釜中发生的反应，写出反应的方程式，根据反应的特点分析反应的类型；

（4）根据电解 NaClO_3 溶液时的反应和质量守恒定律分析反应物、生成物及反应条件，写出反应的方程式。

【解答】解：（1）为加快氯酸钾的溶解，可采取的措施为搅拌、加热等。

（2）流程中的分离操作能将固液分离，该操作相当于实验室中的过滤。

（3）由流程中物质的变化可知，反应釜中发生的化学反应方程式为： $\text{KClO}_3 + \text{NaClO}_4 = \text{NaClO}_3 + \text{KClO}_4 \downarrow$ ，该反应由两种化合物相互交换成分生成了两种新的化合物，属于基本反应类型中的复分解反应。

（4）电解 NaClO_3 溶液时，除产生 NaClO_4 外，还得到一种清洁的高能燃料，由质量守恒定律可知，该气体是氢气，反应的化学方程式为： $\text{NaClO}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} \text{NaClO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ 。

5. 农谚“雷雨发庄稼”的化学原理是：雷电时雨水里含有微量硝酸。硝酸的形成过程如图：



回答下列问题：

（1）单质 X 是一种常见气体，其化学式是_____。

（2）反应②属于基本反应类型中的_____反应。

（3）反应③在常温下即可发生，该反应的化学方程式是_____。

（4）为了提高氮原子的利用率，可循环利用的物质是_____（填化学式）。

（5）在实验室通常采用以下方法制取 NO： $4\Box + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ，“ $\Box$ ”中物质的化学式为_____、

因为在化学反应前后原子的_____没有改变。

【分析】根据题干提供的信息，氮气和单质 X 反应生成一氧化氮，故 X 是氧气，一氧化氮和氧气反应生成二氧化氮，结合物质间的反应进行分析解答即可。

【解答】解：（1）氮气和单质 X 反应生成一氧化氮，故 X 是氧气，故填： O_2 ；

（2）反应②是一氧化氮和氧气反应生成二氧化氮，属于化合反应，故填：化合；

（3）反应③是二氧化氮和水反应生成硝酸和一氧化氮，故填： $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ；

（4）根据图示可以看出，可以循环利用的物质是一氧化氮，故填：NO；

（5）化学反应前后原子的种类和个数不变，该反应前含有 10 个 O 原子，反应后含有 4 个 N 原子，10

个 O 原子，12 个 H 原子，故反应前含有 4□中含有 4 个 N 原子，12 个 H 原子，故□中含有 1 个 N 原子，3 个 H 原子，其化学式为：NH₃，故填：NH₃；种类和个数。

6. 工业上处理黄铜渣（Cu、Zn、ZnO、CuO 和杂质）废料时，通常将其转化为硫酸锌和铜等有价产品。其主要流程如图所示（杂质不溶于水也不参与反应）：



资料： $2\text{Cu}+2\text{H}_2\text{SO}_4+\text{O}_2 \xrightarrow{\text{加热}} 2\text{CuSO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ ； $\text{ZnO}+\text{H}_2\text{SO}_4=\text{ZnSO}_4+\text{H}_2\text{O}$ ； $\text{CuO}+\text{H}_2\text{SO}_4=\text{CuSO}_4+\text{H}_2\text{O}$ 。

（1）物质 B 的化学式是_____。

（2）过程 II 中分离操作的名称是__过____，该操作用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒和_____（填仪器名称）。

（3）过程 III 中有气体产生，该反应的化学方程式是_____。

【分析】（1）根据锌能与硫酸铜反应分析加入的物质 B；

（2）根据过滤的原理和操作分析；

（3）根据锌与稀硫酸的反应分析。

【解答】解：（1）由流程和资料可知，铜和氧气在加热时与硫酸反应生成了硫酸铜，氧化铜与硫酸反应生成了硫酸铜。由于锌能与硫酸铜反应生成了硫酸锌和铜，为了硫酸锌和铜，加入的过量的物质 B 应是锌，化学式是 Zn。

（2）由流程可知，过程 II 中分离操作能将固液分离，名称是过滤，该操作用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒和漏斗。

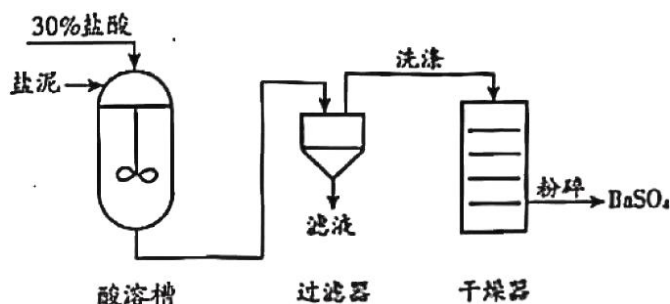
（3）过程 III 中为了将过量的锌除去得到硫酸锌，应加入适量的 D 是稀硫酸，锌与稀硫酸反应生成了硫酸锌和氢气，该反应的化学方程式是： $\text{Zn}+\text{H}_2\text{SO}_4=\text{ZnSO}_4+\text{H}_2\uparrow$ 。

题型三：综合应用类工艺

7. 从氯碱工业产生的盐泥中回收 BaSO₄，其主要工艺流程如下图。

已知：① 盐泥的主要成分为 BaSO_4 、 NaCl 、 $\text{Mg}(\text{OH})$ 和 CaCO_3 。

② BaSO_4 难溶于水，不与盐酸反应。



(1) 除去 NaCl ，利用的性质是_____。

(2) 酸溶槽中发生中和反应的化学方程式为_____。

(3) 过滤器中分离出来的固体是_____。

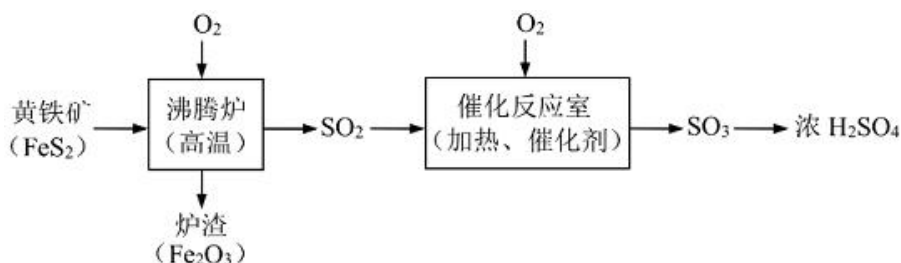
【解答】

(1) 盐泥的主要成分中， NaCl 可溶于水且不与盐酸反应， $\text{Mg}(\text{OH})$ 和 CaCO_3 能与盐酸反应生成可溶于水的物质， BaSO_4 难溶于水且不与盐酸反应。

(2) 盐泥的主要成分中只有 $\text{Mg}(\text{OH})$ 为碱，能与盐酸发生中和反应。

(3) 盐泥的主要成分中只有 BaSO_4 不溶于水，不与盐酸反应。

8. 某硫酸厂以黄铁矿（主要成分是 FeS_2 ）为主要原料，生产硫酸的简要流程图如图：



(1) 写出流程图中硫的一种氧化物名称：_____。

(2) 催化反应室中发生的是化合反应，写出该反应的化学方程式_____。

(3) 实验室里稀释浓硫酸的方法是：把_____，并不断搅拌。

(4) 沸腾炉中的炉渣 (Fe_2O_3) 可用于炼铁，写出用一氧化碳和炉渣炼铁的化学方程式：_____。

(5) 排放的废气中含有 SO_2 ，为实现“变废为宝”，该硫酸厂脱硫工艺的主要反应是

$$2\text{SO}_2 + 2\text{CaO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{一定条件}} 2\text{CaSO}_4$$
，该反应前后化合价升高的元素是_____。

【分析】(1) 氧元素和另外一种元素组成的化合物是氧化物；

(2) 一定条件下二氧化硫和氧气反应生成三氧化硫；

(3) 稀释浓硫酸时，应该把浓硫酸缓缓注入水中，并且用玻璃棒不断搅拌；

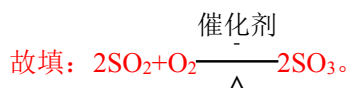
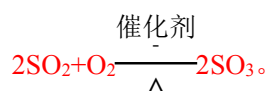
(4) 高温条件下氧化铁和一氧化碳反应生成铁和二氧化碳；

(5) 单质中元素化合价是 0，化合物中元素化合价代数和为零。

【解答】解：（1）流程图中硫的氧化物是二氧化硫、三氧化硫。

故填：二氧化硫或三氧化硫。

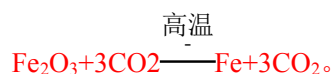
（2）催化反应室中发生的是化合反应，即二氧化硫和氧气反应生成三氧化硫，该反应的化学方程式：



（3）实验室里稀释浓硫酸的方法是：把浓硫酸缓缓注入水中，并不断搅拌。

故填：浓硫酸缓缓注入水中。

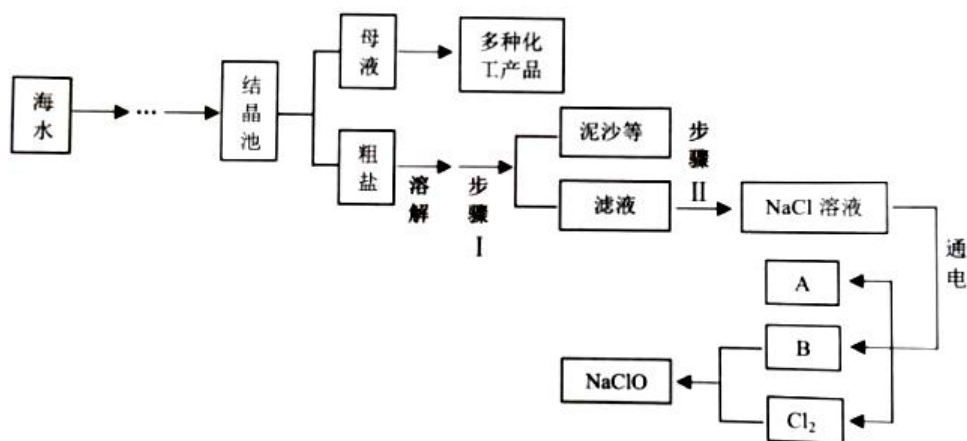
（4）高温条件下氧化铁和一氧化碳反应生成铁和二氧化碳，反应的化学方程式：



（5）该反应前后化合价升高的元素是硫元素，即硫元素由反应前的+4 变成反应后的+6。

故填：硫元素。

9. 新冠肺炎疫情防控期间，湘潭市各学校开展全域喷洒低浓度“84”消毒液进行消毒。“84”消毒液的有效成分是 NaClO（次氯酸钠），模拟制备“84”消毒液的流程如图所示，其中 A 是密度最小的气体，B 俗称烧碱，Cl₂ 是一种黄绿色的有毒气体。请回答下列问题：



(1) A 的化学式为_____，B 的化学式为_____。

(2) 溶解过程中玻璃棒的作用是_____，步骤 I 中主要的操作名称是_____。

(3) 步骤 II 中，通常用碳酸钠来除去滤液中的氯化钙杂质，请写出有关反应的化学方程式_____，该反应属于_____反应（填基本反应类型）。

(4) 电解水时，一般在水中加入少量硫酸钠或氢氧化钠的目的是_____，不能加入 NaCl 的原因是_____。

【分析】 (1) 根据题目信息和物质俗称回答此题；

(2) 考查溶解玻璃棒的作用；考查固液分离的常用方法；

(3) 碳酸钠与氯化钙反应生成碳酸钙沉淀和氯化钠，据此书写化学方程式；根据反应特点总结反应类型；

(4) 根据离子浓度增高电导率增加，进而使电解效率有所提高；根据氯化钠电解后的产物回答此题。

【解答】解：(1) A 是密度最小的气体，可知 A 为氢气，B 俗称为烧碱，可知 B 为氢氧化钠；

故答案为：H₂；NaOH。

(2) 溶解过程中，利用玻璃棒搅拌，加速溶解；步骤 I 中实现了固液分离，常用方法为过滤；

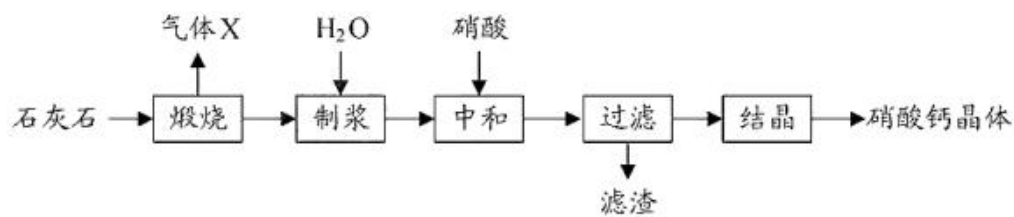
故答案为：加速溶解；过滤。

(3) 碳酸钠与氯化钙反应生成碳酸钙沉淀和氯化钠，书写化学方程式注意配平及沉淀符号，所以化学方程式为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$ ；反应相互交换组分，并且有沉淀生成，符合复分解反应的特点；故答案为： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$ ；复分解。

(4) 加入硫酸钠或氢氧化钠，可以增加离子浓度，增加导电率，利于水电解；根据题目信息可知氯化钠溶液电解会生成氯气，氯气为有毒气体，因此不建议加入水中进行电解；

故答案为：增加电导率；产生有毒的氯气。

10. 硝酸钙可用于无土栽培等。一种利用石灰石制备硝酸钙晶体的流程如下：



已知：硝酸会挥发、受热会分解。

(1) 气体 X 为_____（填化学式）。

(2) “制浆”所得的混合物属于_____（填字母）。

a 溶液

b 悬浊液

c 乳浊液

(3) 写出“中和”步骤主要反应的化学方程式：_____。

(4) 工业生产根据以下两项指标判断“中和”反应完全发生：容器内混合物基本变澄清和_____。

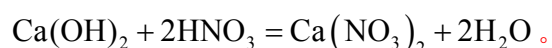
(5) “制浆”时须控制好加入水的量。加入水量太少会导致制浆困难；加入水量太多会导致_____。

(6) 若省去“制浆”步骤也可制得硝酸钙。但硝酸利用率会降低、同时会产生污染气体 NO_x 。产生 NO_x 的原因是_____。

【解答】(1) 煅烧石灰石会使碳酸钙在高温下分解成二氧化碳和氧化钙，所以 X 是二氧化碳，其化学式是： CO_2 。

(2) 氧化钙中加水后得到的是氢氧化钙，氢氧化钙微溶于水，因为反应生成的氢氧化钙部分溶于水，部分悬浮于液体中，所以“制浆”所得的混合物属于悬浊液，故填：b。

(3) “中和”步骤主要反应是硝酸与氢氧化钙生成硝酸钙和水，化学方程式为：

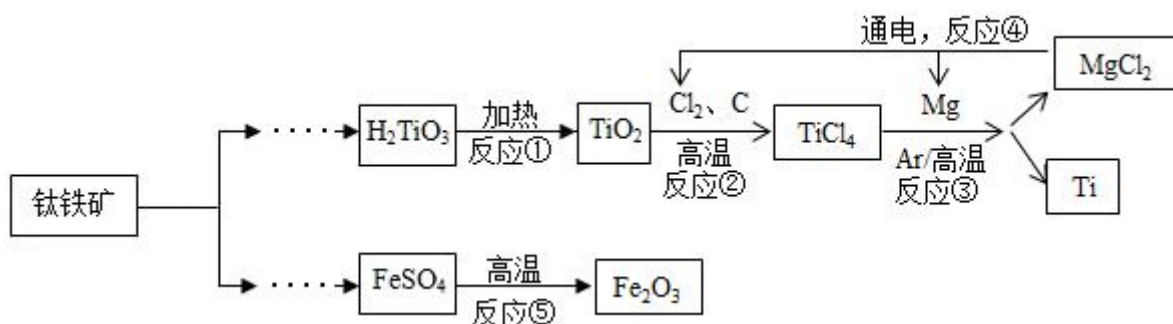


(4) 因为氢氧化钙微溶于水，如果氢氧化钙没有完全反应，液体中就有悬浮的颗粒物，另外氢氧化钙溶液呈碱性，如果氢氧化钙完全反应，溶液应该呈中性， $\text{pH}=7$ ，所以工业生产常根据以下两项指标判断“中和”反应完全发生：容器内混合物基本变澄清和溶液的 pH 等于 7。

(5) “制浆”时须控制好加入水的量。因为氢氧化钙微溶于水，加入水量太少会导致制浆困难；而如果加入水量太多会导致溶液中水分太多，蒸发浓缩时消耗的能量过多，故填：结晶步骤能耗过多；

(6) 根据题中提供的信息：硝酸受热会分解，而氧化钙和硝酸反应放热，故此法过程中产生 NO_x 的原因是： CaO 与 HNO_3 反应放出大量热， HNO_3 受热分解产生 NO_x 。

11. 金属钛常被用于航天、化工、医疗领域，工业上常用钛铁矿制取钛，并获得副产品氧化钛，其工艺流程的部分步骤如图所示：



(1) TiO_2 中钛元素的化合价为_____。

(2) 在下列反应中，属于分解反应的有_____（填标号）。

A 反应① B 反应② C 反应③ D 反应④

(3) 反应⑤的化学方程式为： $2\text{FeSO}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3\uparrow + \text{X}\uparrow$ ，则 X 的化学式为_____。

【解答】(1) 化合物中元素的化合价代数和为零，氧元素显-2 价，设二氧化钛中钛元素的化合价为 x ，则 $x + (-2) \times 2 = 0$ ， $x = +4$ ， TiO_2 中钛元素的化合价为+4 价；

(2) A、反应①是 H_2TiO_3 受热条件下生成二氧化钛和水，是分解反应；

B、反应②是二氧化钛和氯气、焦炭反应生成四氯化钛和一氧化碳，不属于任何一种基本反应类型；

C、反应③是镁和四氯化钛生成钛和氯化镁，是置换反应；

D、反应④是氯化镁在通电条件下生成镁和氯气，是分解反应。故选 AD。

(3) 反应⑤的化学方程式为： $2\text{FeSO}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3\uparrow + \text{X}\uparrow$ ，根据质量守恒定律可知反应前后原子的种类、

个数不变，

原子种类	Fe	O	S
反应物中原子个数	2	8	2
已知生成物中原子个数	2	6	1
差值 (2X)	0	2	1
X 的化学式	SO_2		

则 X 的化学式为 SO_2 。