



## 溴与碘的提取

日期: \_\_\_\_\_ 时间: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_ Time: \_\_\_\_\_ Name: \_\_\_\_\_



### 初露锋芒

#### 碘的发现简史

18 世纪末和 19 世纪初, 法国皇帝拿破仑发动战争, 需要大量硝酸钾制造火药。当时欧洲的硝酸钾矿多取自印度, 但是储藏量是有限的。欧洲人从南美的智利找到了大量硝石矿床, 可是它的成分是硝酸钠, 具有吸湿性, 不适宜制造火药。在这种情况下, 1809 年一位西班牙化学家找到了利用海草或海藻灰的溶液把天然的硝酸钠或其他硝酸盐转变成硝酸钾的方法。因为海草或海藻中含有钾的化合物。

当时法国第戎的制造硝石商人、药剂师库尔图瓦就按照这个方法生产着硝酸钾。他利用海藻灰的溶液与硝酸钙作用。1811 年一个时期里他发觉到盛装海藻灰溶液的铜制容器很快就遭腐蚀。他认为是海藻灰溶液含有一种不明物质在与铜作用, 于是他进行了研究。

他将硫酸倾倒入海藻灰溶液中, 发现放出一股美丽的紫色气体。这种气体在冷凝后不形成液体, 却变成暗黑色带有金属光泽的结晶体。这就是碘。

关于库尔图瓦发现碘的经过, 1947 年前苏联出版的一期《自然》(природа)杂志中, 刊登着一篇署名文章《论伦琴射线发现史》, 其中提到碘的发现说: “.....在工作中的库尔图瓦放着两个玻璃瓶, 其中一个是他制药用的, 里面盛着海藻灰和酒精, 另一个里面盛着铁在硫酸中的溶液。库尔图瓦在吃饭, 一只公猫跳到他肩上。突然, 这只公猫跳下来, 撞倒了硫酸瓶和并列在一起的药瓶。器皿被打破了, 液体混合起来, 一缕蓝紫色的气体从地上升起.....”

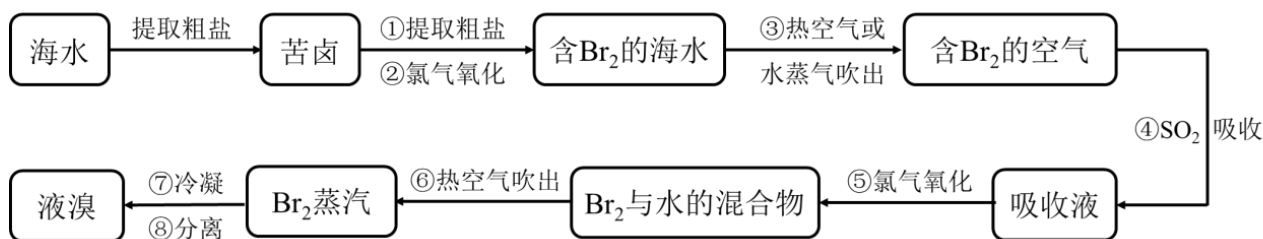
化学反应原理: 硫酸遇到海藻灰中含有的碱金属碘化物——碘化钾(KI)和碘化钠(NaI), 生成了碘化氢(HI)。它再与硫酸作用, 就产生了游离的碘:  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{I}_2 \uparrow$

学习目标 & 重难点	1. 学习工业海水提溴 2. 实验室海带提碘的实验, 学习萃取的实验原理 3. 通过氯元素的性质, 推断其他卤族元素的化学性质
	1. 萃取的实验原理 2. 卤素性质的递变性



## 根深蒂固

### 一、海水提溴



1. 溴单质的氧化性介于氯和碘之间，因此海水提溴可以选取氯气作氧化剂。大体分为三个步骤：浓缩、氧化、提取。

(1) 浓缩（富集）：蒸发浓缩，制取海盐所得苦卤中，溴离子浓度可达 6g/L。

(2) 氧化：通入氯气，使溴离子氧化成单质。 $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{Br}_2$

(3) 提取粗溴：向苦卤中吹入热空气，使溴挥发，冷凝后即得粗溴。

(4) 粗溴提纯： $\text{Br}_2 \rightarrow \text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2$ 。通入  $\text{SO}_2$ ： $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ；再次用  $\text{Cl}_2$  氧化，吹入热空气或水蒸气，使溴逸出，即可得高纯液溴。

#### 2. 溴的性质

(1) 溴的物理性质：常温下是\_\_\_\_\_色、密度比水大、易挥发的液体，具有刺激性气味，溴的蒸气有毒，且具有强烈的腐蚀性。

(2) 实验室里保存液溴时应注意的问题：放在\_\_\_\_\_中，加少许\_\_\_\_\_以防止溴的挥发，试剂瓶塞不能用橡皮塞，而用玻璃塞，密闭。

(3) 溴的用途：溴的用途很广，主要用于制药工业。医院里普通使用的镇静剂，有一类就是用溴的化合物制成的，如溴化钾、溴化钠、溴化锂等，通常用于配成“三溴片”，可以治疗神经衰弱和歇斯底里症。大家熟悉的红药水就是溴与汞的有机化合物，氯霉素、四环素等也都少不了溴，溴还可以制成熏蒸剂、杀虫剂、抗爆剂等。

### 二、海带提碘



1. 通常从海带或马尾藻中提取碘。具体流程如下：

(1) 从海洋植物中得到碘离子：将海带晒干，灼烧成灰，用水溶液浸泡，使  $\text{I}^-$  进入水中，过滤，除灰渣。

(2) 氧化：通入氯气，使  $\text{I}^-$  转化为  $\text{I}_2$ 。

(3) 提取碘：用四氯化碳（ $\text{CCl}_4$ ）萃取，得到碘的四氯化碳溶液，再蒸馏除去四氯化碳得到粗碘，利用升华法得到纯净的碘单质。

## 2. 碘的性质

(1) 碘的物理性质主要有：单质碘是\_\_\_\_\_固体，在水中溶解度很小，几乎不溶于水，但能溶于酒精（所得溶液俗称碘酒）、氯仿、四氯化碳等有机溶剂中。单质碘加热时，不经过熔化直接变成\_\_\_\_\_蒸气，这种由固态不经液态直接变成气态的现象叫做升华。碘蒸气遇冷后，又重新凝聚成固体的单质碘。易升华的物质有：碘、干冰等，属物理变化。

(2) 碘的特殊性： $\text{AgI}$  可用于人工降雨； $\text{I}_2$  遇淀粉变蓝色； $\text{I}_2$  易升华。

(3) 碘的用途：碘的用途很广泛。大量用于医药工业，用作分析试剂等。含有碘元素的碘化银可以用于人工降雨。将碘化银粉末撒布在云层里，云层中的水蒸气会以碘化银为核心凝聚起来，成为小雨滴而降落到地面。

## 3. 萃取

(1) 定义：利用溶质在互不相溶的溶剂里溶解度不同的性质，用一种溶剂把溶质从它与另一溶剂所组成的溶液中提取出来的方法，称萃取。萃取是一种重要的分离物质的方法。



(2) 选用萃取剂应满足下列条件：

- ① 萃取剂与原溶液的溶剂互不相溶；
- ② 溶质在萃取剂中溶解度显著大于它在原溶液的溶剂中溶解度；
- ③ 萃取剂不能与溶质发生化学反应。

(3) 仪器：\_\_\_\_\_。操作要点：静置到液体分成清晰的两层时开始分液。先把玻璃盖子取下，以便与大气相通。然后旋开活塞，使下层液体慢慢流入烧杯里，当下层液体恰好流尽时，迅速关上活塞。从漏斗口倒出上层液体。分液漏斗的液体量最多可达分液漏斗容量的  $\frac{2}{3}$ 。

## 4. 溴单质和碘单质的物理性质（重点色、态、味及溶解性）

物理性质		溴单质	碘单质
颜色		深红棕色	紫黑色
状态		液体	固体
溶解性和颜色	水中	可溶；黄色到橙色	难溶；黄色到浅棕色
	酒精中	易溶；橙色	易溶；棕色（褐色）
	苯、 $\text{CCl}_4$ 中	易溶；橙红色	易溶；紫色（紫红色）

溴、碘在水中溶解度不大，但易溶于有机溶剂

思考 1：为什么提碘不在海水中直接提取，而在海带中提取？

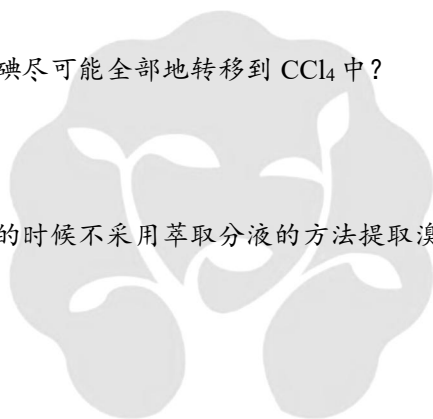
思考 2：干海带表面附着物不能用水洗的原因是什么？

思考 3：过滤完了为什么要对滤渣进行洗涤？如果不洗涤会怎样？

思考 4：碘在酒精中的溶解度大于在水中的溶解度，萃取碘可否使用酒精？

思考 5：萃取实验中，怎样使碘尽可能全部地转移到  $\text{CCl}_4$  中？

答案 6：为什么工业海水提溴的时候不采用萃取分液的方法提取溴单质？



物质的分离和提纯：

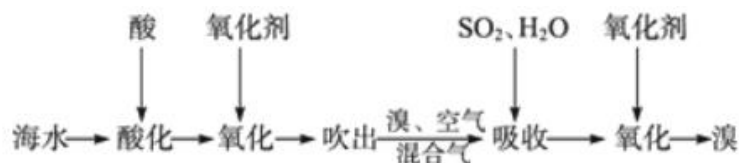
物质的分离是将混合物里的几种物质分别分开，得到几种比较纯净的物质。

物质的提纯是利用被提纯物质与杂质的性质不同，选择适当的实验手段将杂质除去，得到一种较纯净的物质。

类型	混合物各组分性质	分离方法	实例
固态混合物	一种可溶，另一种不溶	溶解、过滤、蒸发结晶	粗盐的提纯
	各种物质均溶，但溶解度随温度变化的差别比较大	溶解、加热、冷却结晶	$\text{NaCl}$ 与 $\text{KNO}_3$ 的分离
	一种物质有升华特性	加热升华	碘与砂子的分离
气态混合物	各种气体与不同吸收剂的作用不同	洗气	$\text{CO}_2$ 与 $\text{H}_2\text{O}$ 的分离
液态混合物	溶质在互不相溶溶剂中的溶解度不同	萃取	用 $\text{CCl}_4$ 提取碘水中的碘
	各组分互溶，但沸点不同	蒸馏（分馏）	石油分馏、乙醇和水

【练一练】

1. 从海水中提取溴的过程可采用下图表示：



参照上图回答：

(1) 为什么要在酸性条件下，而不能在碱性条件下氧化  $\text{Br}^-$ ？

原因是\_\_\_\_\_。

(2) 氧化后生成的单质溴为什么可用热空气吹出？

原因是\_\_\_\_\_。

(3) 用热空气吹出的  $\text{Br}_2$  用  $\text{SO}_2$  和水吸收，写出这一反应的化学方程式，并标出电子转移的方向和数目

\_\_\_\_\_。

2. 海水中提取碘的过程如下：



(1) 1、3 的操作名称分别是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

(2) A 所需加入的物质是\_\_\_\_\_，发生的离子反应方程式是\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{CCl}_4$  的作用是\_\_\_\_\_， $\text{CCl}_4$  加入到碘水中，充分震荡静置后，看到的现象是\_\_\_\_\_，用\_\_\_\_\_（仪器名称）可分离得到碘的  $\text{CCl}_4$  溶液，对应操作称为\_\_\_\_\_。

## 二、卤族元素的物理性质

性质 \ 化学式		$\text{F}_2$	$\text{Cl}_2$	$\text{Br}_2$	$\text{I}_2$
半径	原子				
	离子				
物理性质	颜色				
	状态				
	密度				
	熔、沸点				
	溶解性和颜色	水			
		酒精			
		苯、 $\text{CCl}_4$			

#### 四、氯溴碘化学性质-相似性

1. 氯溴碘的化学性质具有相似性的原因：氯、溴、碘最外电子层上都有 7 个电子，容易获得 1 个电子而形成稳定结构，因此它们的化学性质具有很大的相似性。

2. 氯溴碘相似性的表现形式：

- (1) 都能跟金属反应，生成金属卤化物。
- (2) 都能与氢气化合，生成的气态氢化物。
- (3) 都能与水反应，生成相应的氢卤酸和次卤酸。
- (4) 都能与 NaOH 反应，生成卤化钠和次卤酸钠。

#### 五、氯溴碘化学性质-递变性

1. 氯溴碘的化学性质具有相似性的原因：随着核电荷数的增加以及电子层数的增多，卤素的原子半径逐渐\_\_\_\_，原子得电子能力逐渐\_\_\_\_，活泼性(氧化性)也随之\_\_\_\_；另一方面，对卤素阴离子来说，随着核电荷数的\_\_\_\_，卤素阴离子的半径也\_\_\_\_，离子失电子的能力(还原性)便逐渐\_\_\_\_。

2. 氯溴碘递变性的表现形式：

(1) 都能跟金属反应，生成金属卤化物。但是氯溴碘的氧化性逐渐减弱，所以和金属反应的条件会越来越困难，尤其和变价金属反应的时候得到的产物有一些区别。例如：和金属 Fe 反应时  $\text{Cl}_2$  需点燃，很剧烈，生成  $\text{FeCl}_3$ ； $\text{Br}_2$  要加热，生成  $\text{FeBr}_3$ ；而  $\text{I}_2$  要持续加热，且只生成  $\text{FeI}_2$ 。

【拓展】 $\text{F}_2$  直接反应，而且很剧烈，生成  $\text{FeF}_3$ 。

(2) 都能与氢气化合，生成气态氢化物。但是反应的条件越来越困难，生成的气态氢化物的稳定性也越来越差。

反应物	反应条件	反应方程式
$\text{F}_2 + \text{H}_2$	冷、暗处剧烈反应，爆炸	$\text{F}_2 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{HF}$
$\text{Cl}_2 + \text{H}_2$	光照或加热时剧烈反应，光照时爆炸	$\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow[\text{或}\Delta]{\text{光照}} 2\text{HCl}$
$\text{Br}_2 + \text{H}_2$	加热至 $500^\circ\text{C}$ 时缓慢反应	$\text{Br}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{HBr}$
$\text{I}_2 + \text{H}_2$	不断加热条件下才能缓慢反应，可逆	$\text{I}_2 + \text{H}_2 \xrightleftharpoons{\Delta} 2\text{HI}$

产物除 HF 是弱酸以外，都是强酸。

(3) 都能与水反应，生成相应的氢卤酸和次卤酸。但是在水中溶解度越来越小，和水反应的程度也越来越弱。 $\text{Br}_2$ (微弱)、 $\text{I}_2$ (几乎不反应)。

【拓展】氟气和水，即使在常温下黑暗的地方，也会剧烈反应，置换出氧气。

(4) 都能与 NaOH 反应, 生成卤化钠和次卤酸钠。

【拓展】当碱的浓度大约为 2% 时:  $2F_2 + 2NaOH \rightarrow 2NaF + H_2O + OF_2$

当碱的浓度较大时:  $2F_2 + 4NaOH \rightarrow 4NaF + O_2 + 2H_2O$

### 3. 卤素间的置换:

氯溴碘的活动性顺序为:  $Cl_2 > Br_2 > I_2$ 。仿照金属活动性顺序, 排在前面的非金属可以把排在后面的非金属从它的盐溶液中置换出来。

例如:  $Cl_2 + 2NaBr \rightarrow 2NaCl + Br_2$ ;  $Cl_2 + 2NaI \rightarrow 2NaCl + I_2$ ;  $Br_2 + 2NaI \rightarrow 2NaBr + I_2$

结论: 氧化性:  $Cl_2 > Br_2 > I_2$ ; 还原性:  $Cl^- < Br^- < I^-$

思考: 如果把  $Cl_2$  通入 NaBr 和 NaI 的混合溶液中,  $Cl_2$  会优先和哪个发生反应? 为什么?

【总结】能使溴水褪色的物质:

#### 1. 物理方法

- (1) 向溴水中加入活性炭, 活性炭可以吸附  $Br_2$  而使溶液褪色。
- (2) 向溴水中加入有机溶剂, 如用汽油、苯等萃取溴水使有机层呈橙红色而水层为无色。

#### 2. 化学方法

- (1) 与硝酸银溶液反应产生溴化银沉淀而使溴水褪色。



- (2) 能与溴水发生氧化还原反应的还原性无机化合物:  $H_2S$ 、 $SO_2$ 、 $Na_2S$ 、 $Na_2SO_3$ 、 $FeCl_2$  等。
- (3) 能与溴水发生反应的金属, 如 Na、Mg、Al、Zn 等。
- (4) 能与溴水发生反应的碱性物质, 如 NaOH、 $Na_2CO_3$  等。
- (5) 能与溴水发生加成反应的不饱和烃及其衍生物, 如烯烃、炔烃。
- (6) 能被溴水氧化的含有醛基的化合物。

【练一练】

1. 卤素随核电荷数增加, 下列叙述正确的是 ( )
  - A. 单质的颜色逐渐加深
  - B. 气态氢化物的稳定性逐渐增加
  - C. 单质的熔、沸点逐渐降低
  - D. 单质的氧化性逐渐增强
2. 甲、乙、丙三种溶液中各含有一种离子( $Cl^-$ 、 $Br^-$ 、 $I^-$ )。向甲中加入淀粉溶液和氯水, 溶液变为橙色, 再加入丙溶液, 颜色无明显变化, 则甲、乙、丙依次是 ( )
  - A.  $Br^-$ 、 $Cl^-$ 、 $I^-$
  - B.  $Br^-$ 、 $I^-$ 、 $Cl^-$
  - C.  $Br^-$ 、 $I^-$ 、 $Cl^-$
  - D.  $Cl^-$ 、 $I^-$ 、 $Br^-$



## 六、卤离子的检验

离子	检验的试剂	主要实验现象	有关反应的离子方程式
$\text{Cl}^-$			
$\text{Br}^-$			
$\text{I}^-$			

卤化银化学式	AgF	AgCl	AgBr	AgI
颜色、状态				
水溶				
稀硝酸				
感光性（见光分解）				

思考：检验卤离子的时候，为什么除了加硝酸银试剂以外还需要再加稀硝酸？

【练一练】鉴别  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{I}^-$  可选用的试剂是 ( )

- A. 氯水、 $\text{CCl}_4$                       B. 淀粉碘化钾试纸  
C.  $\text{AgNO}_3$  溶液、稀硝酸              D. 碘水、淀粉溶液

## 七、卤素互化物与拟卤素

1. 与卤素单质的性质相似，其原子团是化合物中的阴离子，也有与卤素阴离子相似的性质。如：氰( $\text{CN}$ )<sub>2</sub>，硫氰( $\text{SCN}$ )<sub>2</sub> 等物质，称为拟卤素。

可以和碱反应： $(\text{CN})_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow$  \_\_\_\_\_

2. 不同的卤素之间可以互相化合，形成一系列化合物，如  $\text{IBr}$  等，这类化合物称为卤素互化物，与卤素单质的性质相似。

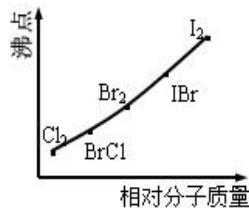
与水反应： $\text{IBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  \_\_\_\_\_

与碱反应： $\text{IBr} + 2\text{NaOH} \rightarrow$  \_\_\_\_\_

其中非金属性弱的卤素显 \_\_\_\_\_ 价。

【拓展】卤素互化物，与卤素单质的性质相似，具有较强的氧化性，

如： $\text{KBr} + \text{BrCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{Br}_2$        $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{BrCl} \rightarrow \text{HCl} + \text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 。



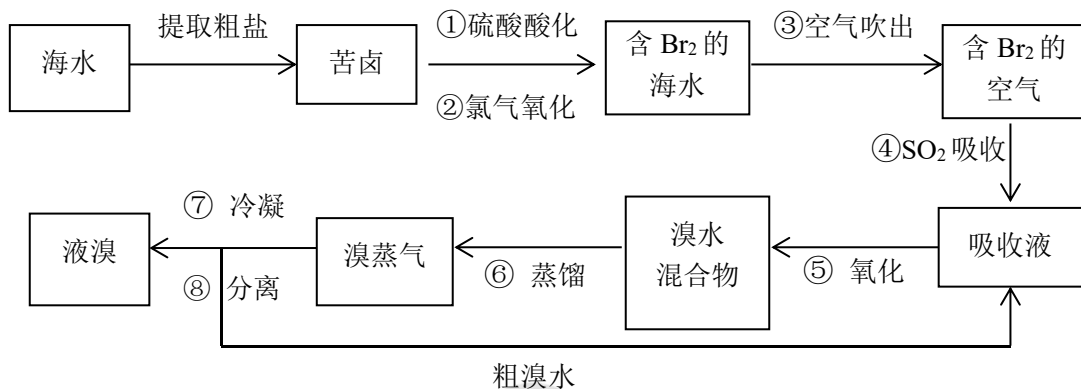




## 枝繁叶茂

## 题型 1: 提溴、提碘

例 1: 空气吹出法工艺, 是目前“海水提溴”的最主要方法之一。其工艺流程如下:

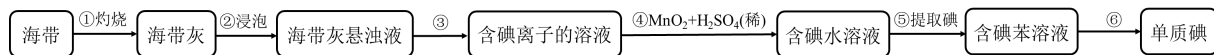


- (1) 步骤①中用硫酸酸化可提高  $\text{Cl}_2$  的利用率, 其原因是\_\_\_\_\_。
- (2) 步骤④的离子方程式: \_\_\_\_\_。
- (3) 步骤⑥的蒸馏过程中, 溴出口温度要控制在  $80\text{--}90^\circ\text{C}$ 。温度过高或过低都不利于生产, 请解释原因: \_\_\_\_\_。
- (4) 步骤⑧中溴气冷凝后得到液溴与溴水的混合物, 可利用它们的相对密度相差很大的特点进行分离。分离仪器的名称是\_\_\_\_\_, 分离时液溴从分离器的\_\_\_\_\_ (填“上口”或“下口”) 排出。
- (5) 不直接用含溴的海水进行蒸馏得到液溴, 而要经过“空气吹出、 $\text{SO}_2$  吸收、氧化”的原因是\_\_\_\_\_。

变式 1: 工业上从海水中提出取溴常采用如下方法:

- (1) 向海水中通入  $\text{Cl}_2$ , 将海水中的溴化物氧化, 这一过程所发生的反应属于非金属间的\_\_\_\_\_反应;
- (2) 向上述混合溶液中吹入热空气, 将生成的溴吹出, 用纯碱液吸收, 生成  $\text{NaBr}$ 、 $\text{NaBrO}_3$ , 这一过程可用离子方程式表示为: \_\_\_\_\_;
- (3) 将(2)所得混合液用  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸化, 使  $\text{NaBr}$  和  $\text{NaBrO}_3$  中的溴转化为单质溴。这一过程可用化学方程式表示为\_\_\_\_\_;
- (4) 这样得到的液溴中还混有少量  $\text{Cl}_2$ , 除去  $\text{Cl}_2$  的方法是\_\_\_\_\_。

例 2: 海带中含有丰富的碘。为了从海带中提取碘, 某研究性学习小组设计并进行了以下实验:

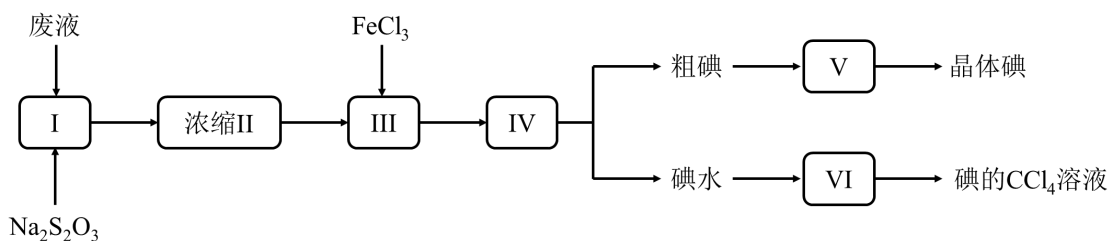


请填写下列空白:

- (1) 步骤①灼烧海带时, 除需要三脚架外, 还需要用到的实验仪器是\_\_\_\_\_ (从下列仪器中选出所需的仪器, 用标号字母填写在空白处)。
- A. 烧杯 B. 瓷坩埚 C. 表面皿 D. 泥三角 E. 酒精灯 F. 坩埚钳
- (2) 步骤③⑤的实验操作名称分别是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_;
- (3) 步骤⑥的目的是从含碘苯溶液中分离出单质碘和回收苯, 该步骤的实验操作名称是\_\_\_\_\_;
- (4) 步骤⑤中, 某学生选择用苯从碘的水溶液中提取碘的理由是\_\_\_\_\_;
- (5) 请设计一个简单实验, 检验提取碘后的水溶液中是否还含有单质碘。

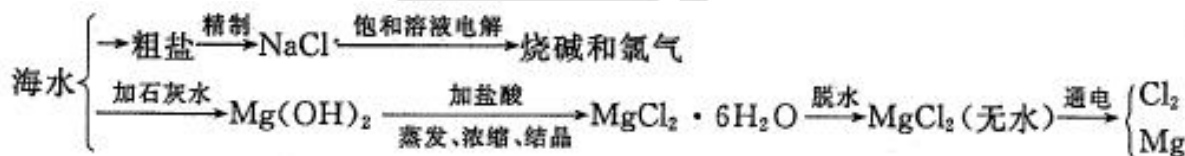
请写出该实验的实验步骤、现象及结论\_\_\_\_\_。

变式 1: 含  $I_2$  及  $I^-$  的废液中回收碘的步骤如下图所示:



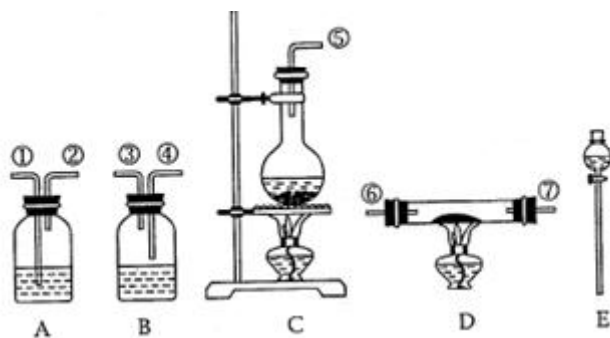
- (1) 浓缩前加入  $Na_2S_2O_3$  使  $I_2$  还原为  $I^-$ , 其目的是\_\_\_\_\_。
- (2) 第III步操作中发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- (3) 第V步实验操作的名称是\_\_\_\_\_, 第VI步操作的名称是\_\_\_\_\_。
- (4) 碘水中加入  $CCl_4$  后充分混合后静置分层,  $CCl_4$  在下层, 这是因为\_\_\_\_\_; 如果在太空实验室中混合这两种液体,  $CCl_4$  就未必在下层, 因为\_\_\_\_\_。
- (5) 碘的  $CCl_4$  溶液通过\_\_\_\_\_方法可使碘和  $CCl_4$  分离。

例 3: 从海水中可提取多种化工原料, 下面是工业上对海水的几项综合利用示意图。



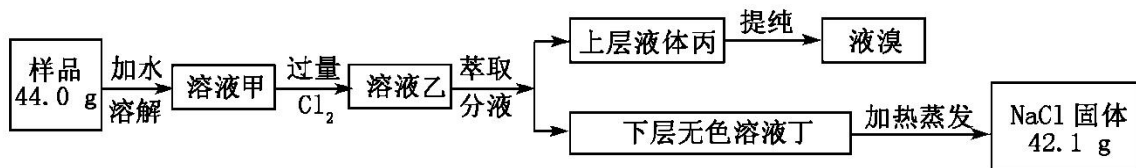
根据示意图回答下列问题:

- (1) 粗盐中含有  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $SO_4^{2-}$  等杂质离子, 精制时所用试剂为盐酸、 $BaCl_2$  溶液、 $NaOH$  溶液、 $Na_2CO_3$  溶液, 加入试剂的顺序是\_\_\_\_\_。
- (2) 已知:  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  晶体在空气加热, 释放出部分结晶水, 同时还生成  $Mg(OH)Cl$  或  $MgO$ ; 在干燥  $HCl$  气流中加热脱水, 可制得无水  $MgCl_2$ , 为了制取无水  $MgCl_2$ , 可选用药品:  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  晶体、 $NaCl(s)$ 、 $KClO_3(s)$ 、 $MnO_2$ 、浓  $H_2SO_4$ 、浓  $HCl$ 、稀  $NaOH$  溶液。仪器: 见下图 (装置可重复使用)。



- 组装氯化氢气体发生器, 应选用的仪器 (用编号 A、B、... 填入) 是\_\_\_\_\_;
- 有关的化学方程式是\_\_\_\_\_。按  $HCl$  气流方向, 其余装置的链接顺序 (用数字①、②、... 填入) 是: ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) 各装置中应放药品为: A \_\_\_\_\_, B \_\_\_\_\_, C \_\_\_\_\_, D \_\_\_\_\_, E \_\_\_\_\_。B 装置的作用是 \_\_\_\_\_, B 中能观察到的现象是 \_\_\_\_\_。

**变式 1:** 某食盐样品中混有 NaBr 杂质，为了测定该食盐样品的纯度，设计的实验过程如下图所示：



阅读上述实验过程，完成下列填空：

(1) 写出溶液甲与氯气反应的化学方程式\_\_\_\_\_。

(2) 萃取和分液时，所使用的玻璃仪器有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

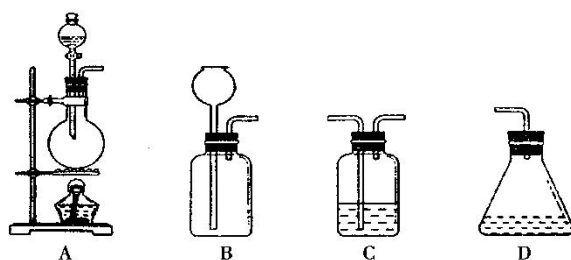
(3) 依据题图所示，在萃取操作中应选取的萃取剂为\_\_\_\_\_

A. 四氯化碳

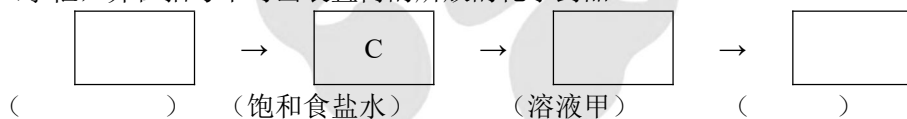
B. 苯

C. 乙醇

D. 蒸馏水



(4) 请你从上图中选出必要的装置（可重复使用）来完成向溶液甲中通入过量  $\text{Cl}_2$  的实验，将所选装置的选项字母填入字框，并在括号中写出装置内的所放的化学药品。



(5) 试计算原固体混合物中氯化钠的质量分数为\_\_\_\_\_。

## 题型 2：物质的除杂和提纯（萃取）

**例 4:** 将氯化钠、砂子、碘三种物质组成的固体混合物分离，最合理的操作顺序是（ ）

A. 溶解、过滤、加热升华、蒸发结晶

B. 加热升华、溶解、过滤、蒸发结晶

C. 加热升华、溶解、蒸馏、蒸发结晶

D. 溶解、蒸发结晶、过滤、加热升华

**变式 1:** 不能将溴水、碘水中的溴、碘萃取出来的溶剂是（ ）

A. 四氯化碳

B. 直馏汽油

C. 酒精

D. 苯

**变式 2:** 欲除去液溴中溶解的少量氯气，可向其中适量添加的试剂及操作方法为（ ）

A. 氢氧化钠溶液、分液

B. 溴化钠溶液、分液

C. 硫酸钠溶液、分液

D. 溴化钾固体、过滤

### 题型 3：卤素的性质和卤离子的检验

**例 5：**将下列物质分别加入溴水中，溴水颜色不变浅的是 ( )

- A. KCl 晶体                      B.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$                       C.  $\text{CCl}_4$                       D. Mg

**变式 1：**下列叙述中正确的是 ( )

- A. 碘易升华，所以要保存在铁盖旋紧的试剂瓶中  
B. 液溴应保存在磨口玻璃塞试剂瓶中，并加入少量水进行水封  
C. 能使淀粉碘化钾试纸变蓝的气体一定是氯气  
D. 碘易溶于酒精，所以用酒精从碘水中萃取碘

**变式 2：**以下各组表示卤素及其化合物的性质变化规律中，错误的是 ( )

- A. 得电子能力： $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$   
B. 还原能力： $\text{F}^- < \text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$   
C. 稳定性： $\text{HF} > \text{HCl} > \text{HBr} > \text{HI}$   
D. 酸性： $\text{HF} > \text{HCl} > \text{HBr} > \text{HI}$

**变式 3：**a、b、c、d 四个集气瓶中装有  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HBr}$  的任一种气体，若 a、d 两瓶气体混合见光爆炸，a、b 两瓶气体混合瓶壁出现暗红色小液滴，则 c 瓶装的气体是 ( )

- A. HBr                      B. HCl                      C.  $\text{Cl}_2$                       D.  $\text{H}_2$

**例 6：**为了比较氯、溴、碘的化学性质，做下列探索实践活动：现有氯水、溴水、碘水、NaCl 溶液、NaBr 溶液、KI 溶液和四氯化碳，根据下表中的实验 1 过程的提示，三组同学进行了实验设计如下：

实验序号	实验过程	实验现象及发生的化学方程式
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(1) 请对下面三组同学的设计思想进行评价:

第一组同学参照了金属活动性强弱的实验证明方法, 进行两两组合, 另外设计了上表中实验 2-6 进行研究。

第二组同学基于结构决定性质的基本观点, 首先对氯、溴、碘三种物质的结构进行分析, 得到了初步假设, 然后另外设计上表中的实验 2、3, 以证明假设的正确性。

第三组同学看了书上给出的氯、溴、碘活泼性相对强弱的结论, 只设计了上表中实验 3, 以验证氯、溴、碘单质的活泼性。

老师对三组同学的方案给予评价后, 认为第二组同学的方案更符合本课题的要求, 你认为老师的依据是\_\_\_\_\_。

通过老师同学的讨论, 大家最终认为第三组同学的方案在研究这个问题时不可取, 其依据是\_\_\_\_\_。

(2) 填写上表中 1、2、3 组实验的现象和有关的化学方程式。

**变式 1:** 下列各物质中, 不能用湿润的碘化钾淀粉试纸鉴别的是 ( )

- A. 溴水、碘水  
B. 溴水、溴化钾溶液  
C. 碘水、碘化钾溶液  
D. 氯水、氯化钾溶液

**例 7:** 碘化钾可与氯气反应置换出碘, 而碘又能与氯酸钠反应置换出氯气, 对此实际反应的叙述正确的是 ( )

- A. 在个别反应中碘的非金属性比氯强  
B. 在个别反应中碘的氧化性强于氯气  
C. 碘酸钠的氧化性比氯酸钠弱  
D. 氯气的氧化性均比碘强

**变式 1:** 已知氯化碘 (ICl) 的性质类似于卤素, 有很强的化学活性。ICl 跟 Zn、H<sub>2</sub>O 分别发生如下反应:  $2\text{ICl} + 2\text{Zn} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{ZnI}_2$ ,  $\text{ICl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HIO}$ , 下列叙述正确的是 ( )

- A. 在 Zn 跟 ICl 的反应中, ZnI<sub>2</sub> 既是氧化产物又是还原产物  
B. 在 Zn 跟 ICl 的反应中, ZnCl<sub>2</sub> 既不氧化产物又不是还原产物  
C. 在 H<sub>2</sub>O 跟 ICl 的反应中, ICl 既是氧化剂又是还原剂  
D. 在 H<sub>2</sub>O 跟 ICl 的反应中, ICl 既不是氧化剂又不是还原剂

**变式 2:** 将过量 Cl<sub>2</sub> 通入 FeBr<sub>2</sub> 溶液中, 发生反应的离子方程式书写正确的是 (已知  $2\text{Fe}^{2+} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^- + 2\text{Fe}^{3+}$ ) ( )

- A.  $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$   
B.  $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+}$   
C.  $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 4\text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+}$   
D.  $2\text{Fe}^{2+} + 3\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \rightarrow 2\text{Br}_2 + 6\text{Cl}^- + 2\text{Fe}^{3+}$

#### 题型 4：计算

**例 8：**氯化钾和溴化钾的混合物 13.400g 溶于水制成 500mL 溶液，通入过量氯气，充分反应后将溶液蒸干，得固体 11.175g。则所配制的溶液中  $K^+$ 、 $Cl^-$ 、 $Br^-$  的浓度比为 ( )

- A. 1: 2: 3      B. 2: 3: 1      C. 3: 2: 1      D. 5: 3: 1

**变式 1：**标准状况下，往 100mL 0.2mol/L 的  $FeBr_2$  溶液中通入一定体积的  $Cl_2$ ，充分反应后，溶液中有 50% 的  $Br^-$  被氧化。则通入的氯气的体积是 ( ) (已知  $2Fe^{2+} + Br_2 \rightarrow 2Br^- + 2Fe^{3+}$ )

- A. 0.224L      B. 0.336L      C. 0.448L      D. 0.672L

**变式 2：**把含有某一种氯化物杂质的氯化镁粉末 9.5g 溶于水后，与足量的硝酸银溶液反应，生成的氯化银沉淀 30.0g，则该氯化镁中的杂质可能是 ( )

- A. 氯化钠      B. 氯化铝      C. 氯化钾      D. 氯化钙

#### 1. 海水提溴、海带提碘的基本实验流程

#### 2. 卤素单质化学性质的递变性

		F <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	Br <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>
化学性质	与铁反应	Fe <sup>3+</sup>	点燃，Fe <sup>3+</sup>	加热，Fe <sup>3+</sup>	强热，Fe <sup>2+</sup>
	与 H <sub>2</sub> 反应	爆炸	点燃 or 光照， 爆炸	强热	强热，HI 同时分解
	与 H <sub>2</sub> O 反应	置换出 O <sub>2</sub>	较强	微弱	几乎不反应
	与碱反应	特例	X <sub>2</sub> +2NaOH $\rightleftharpoons$ NaX+NaXO+H <sub>2</sub> O		
	非金属性	逐渐减弱			
	氧化性	逐渐减弱			
	阴离子还原性	逐渐增强			

#### 3. 卤化物的性质递变规律

		F	Cl	Br	I
卤化氢	沸点	逐渐减弱			
	热稳定性	逐渐减弱			
	还原性	逐渐增强			
	酸性	逐渐增强(都是强酸), 除 HF			
卤化银	颜色	白色	白色	浅黄色	黄色
	溶解性	逐渐减小 $AgF \gg AgCl > AgBr$ (见光易分解) $> AgI$ (见光易分解)			

#### 4. 氯、溴、碘单质之间的置换反应

氧化性:  $Cl_2 > Br_2 > I_2$ ; 还原性:  $Cl^- < Br^- < I^-$

#### 5. $Cl^-$ 、 $Br^-$ 、 $I^-$ 的检验





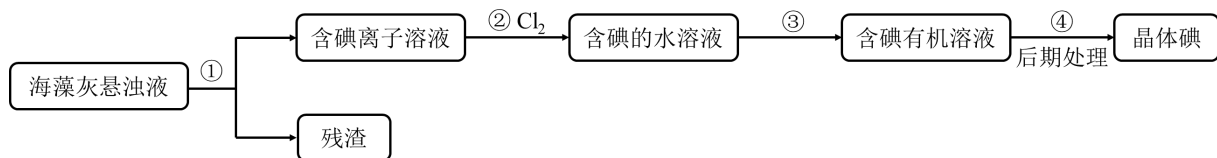
## 瓜熟蒂落

- 下列试剂保存时，不用棕色试剂瓶的是 ( )  
A. 氯水      B. 溴化银      C. 碘化银      D. 氟化钠
- 下列物质的保存方法正确的是 ( )  
A. 氢氟酸保存在塑料盖的玻璃瓶中      B. 氯水盛放在棕色细口瓶中  
C. 液溴盛放在用橡皮塞的玻璃瓶中      D. 固态碘放在棕色的细口瓶中
- 下列关于卤素的叙述，正确的是 ( )  
A. 单质的颜色随核电荷数的增加逐渐加深  
B. 氢化物的稳定性随核电荷数的增加逐渐增强  
C. 单质与水反应均可表示为  $X_2 + H_2O \rightarrow HX + HXO$   
D. 随核电荷数的增加  $X^-$  的半径递增，还原性递减
- 下列物质见光易分解的是 ( )  
①溴化银    ②氟化钙    ③氯水    ④漂白粉    ⑤碘化钾    ⑥碘化银  
A. ①②③      B. ④⑤⑥      C. ①③④      D. ①③⑥
- 下列物质在光照条件下不能发生化学反应的是 ( )  
A. 氯水      B. 溴化银      C. 氯化钠      D. 氢气和氧气的混合气体
- 下列化学反应方程式符合事实的是 ( )  
A.  $F_2 + H_2O \rightarrow HF + HFO$       B.  $2HCl + Br_2 \rightarrow 2HBr + Cl_2$   
C.  $Fe + Cl_2 \rightarrow FeCl_2$       D.  $Br_2 + 2NaOH \rightarrow NaBr + NaBrO + H_2O$
- 为防止人体中因缺少碘元素而导致甲状腺肿大（俗称甲亢），需在食盐中掺入一定量的碘化合物，该物质是 ( )  
A. KIO      B. NaIO      C. KIO<sub>3</sub>      D. NaI
- 下列说法中，错误的是 ( )  
A. 氯、溴、碘在自然界都以游离态而存在  
B. 氯、溴、碘的单质都是双原子分子  
C. 氯、溴、碘的单质中碘的熔点最高  
D. 氯、溴、碘的单质在有机溶剂中的溶解度比在水中大
- 砹是核电荷数最大的卤族元素，推测砹及其化合物最不可能具有的性质是 ( )  
A. HAt 很不稳定      B. 砹是白色固体  
C. AgAt 不溶于水      D. 砹易溶于某些有机溶剂
- 随着卤素原子半径的增大，下列递变规律正确的是 ( )  
A. 单质的熔沸点逐渐降低      B. 卤素离子的还原性逐渐增强  
C. 气态氢化物稳定性逐渐增强      D. 单质氧化性逐渐增强



11. 按元素核电荷数递增的顺序, 下列各项递变逐渐减弱或减小的是 ( )  
A. 卤素单质的氧化性 B. 卤素阴离子的半径  
C. 卤素阴离子的还原性 D. 卤化氢的稳定性
12. 卤素单质的性质, 与  $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$  的变化规律不相符的是 ( )  
A. 与氢气反应的难易程度 B. 非金属活泼性的强弱  
C. 单质还原性的强弱 D. 与水反应的程度
13. 单质 X 能从 Y 的溶液中置换出单质 Y, 由此可知 ( )  
A. 当 X、Y 都是金属时, X 的金属性一定比 Y 活泼  
B. 当 X、Y 都是非金属时, Y 的非金属性一定比 X 活泼  
C. 当 X 是金属时, Y 可能是金属, 也可能是非金属  
D. 当 X 是非金属时, Y 可能是金属, 也可能是非金属
14. 已知硫的非金属性比碘弱, 将下列物质分别加入到溴水中, 使溴水颜色不变淡的是 ( )  
A. 氢硫酸 B. 四氯化碳 C. 镁粉 D. 氯化钾固体
15. 溴化碘( $IBr$ )的化学性质很像卤素的单质, 它能与大多数金属、非金属化合生成卤化物, 它也能与水发生以下反应:  $IBr + H_2O \rightarrow HBr + HIO$ , 下列关于  $IBr$  的叙述中, 不正确的是 ( )  
A. 在很多反应中  $IBr$  是强氧化剂 B.  $IBr$  与水反应时既做氧化剂, 又做还原剂  
C.  $IBr$  与  $AgNO_3$  溶液反应会生成  $AgBr$  沉淀 D.  $IBr$  与  $NaOH$  溶液时, 生成  $NaBr$  和  $NaIO$
16. 在  $NaBr$  和  $KI$  的混合液中通入过量的氯气, 然后将溶液蒸干并灼烧, 最后留下的物质是 ( )  
A.  $NaCl$  B.  $NaCl$  和  $KBr$  C.  $KCl$  和  $NaBr$  D.  $NaCl$  和  $KCl$
17. 下面制取卤代烃的方法正确的是 ( )  
A. 用浓硫酸与氟化钙在圆底烧瓶中共热制取氟化氢  
B. 用浓硫酸与溴化钠粉末共热制取溴化氢  
C. 用浓磷酸与碘化钾粉末共热制取碘化氢  
D. 用浓硝酸与氯化钾共热制取氯化氢
18. 要除去液溴中少量的氯气, 应加入适量的 ( )  
A.  $NaOH$  溶液 B.  $NaCl$  溶液 C.  $KI$  溶液 D.  $NaBr$  溶液
19. 下列实验设计和结论相符的是 ( )  
A. 将碘水倒入分液漏斗, 加适量乙醇, 振荡后静置, 可将碘萃取到乙醇中  
B. 某气体能使湿润的红色石蕊试纸变蓝, 该气体水溶液一定显碱性  
C. 某无色溶液中加入  $Ba(NO_3)_2$  溶液, 再加入稀盐酸, 沉淀不溶解, 则原溶液中一定有  $SO_4^{2-}$   
D. 在含  $FeCl_2$  杂质的  $FeCl_3$  溶液中通足量  $Cl_2$  后, 充分加热, 除去过量的  $Cl_2$ , 即可得到较纯净的  $FeCl_3$  溶液
20. 海带中提取碘元素, 从海带中提取碘有如下步骤: ①通入足量的  $Cl_2$ ; ②将海带焙烧成灰后加水搅拌; ③加  $CCl_4$  振荡; ④过滤。合理的操作顺序是 ( )  
A. ①②③④ B. ②①③④ C. ①③②④ D. ②④①③

21. 海藻中含有丰富的、以离子形式存在的碘元素。下图是实验室从海藻里提取碘的流程的一部分。



下列判断正确的是 ( )

- A. 步骤①、③的操作分别是过滤、萃取
- B. 可用淀粉溶液检验步骤②的反应是否进行完全
- C. 步骤③中加入的有机溶剂是裂化汽油或乙醇
- D. 步骤④的操作是过滤

22. 氟气是氧化性最强的非金属单质。在加热的条件下，等物质的量的氟气与烧碱完全反应，生成 NaF、H<sub>2</sub>O 和另一种气体，该气体可能是 ( )

- A. H<sub>2</sub>
- B. HF
- C. O<sub>2</sub>
- D. OF<sub>2</sub>

23. 有一种碘和氧的化合物可以称为碘酸碘，其中碘元素呈+3，+5 两种价态，则这种化合物的化学式是 ( )

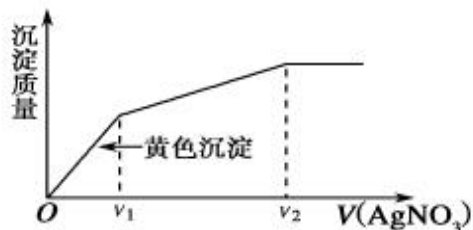
- A. I<sub>2</sub>O<sub>4</sub>
- B. I<sub>3</sub>O<sub>5</sub>
- C. I<sub>4</sub>O<sub>7</sub>
- D. I<sub>4</sub>O<sub>9</sub>

24. 从海藻灰中提取碘的方法是：往海藻灰浸取液中通入氯气后用升华方法将置换出来的碘提纯。但向浸取液中通入氯气时会生成少量性质类似于 Cl<sub>2</sub> 的 ICl 和 IBr。为了消除这两种杂质，使其中的碘完全游离出来，需要加入适量的 ( )

- A. CaO
- B. KI
- C. H<sub>2</sub>O
- D. 酒精

25. 往含 I<sup>-</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 的稀溶液中滴入硝酸银溶液，沉淀的质量与加入硝酸银溶液体积的关系如下图所示。则原溶液中 c(I<sup>-</sup>)/c(Cl<sup>-</sup>) 的比值为 ( )

- A. (V<sub>2</sub>-V<sub>1</sub>)/V<sub>1</sub>
- B. V<sub>1</sub>/V<sub>2</sub>
- C. V<sub>1</sub>/(V<sub>2</sub>-V<sub>1</sub>)
- D. V<sub>2</sub>/V<sub>1</sub>



26. 含有 a mol FeBr<sub>2</sub> 的溶液中，通入 x mol Cl<sub>2</sub>。下列各项为通 Cl<sub>2</sub> 过程中，溶液内发生反应的离子方程式，其中不正确的是 ( ) (已知 2Fe<sup>2+</sup>+Br<sub>2</sub>→2Br<sup>-</sup>+2Fe<sup>3+</sup>)

- A. x=0.4a, 2Fe<sup>2+</sup>+Cl<sub>2</sub>→2Fe<sup>3+</sup>+2Cl<sup>-</sup>
- B. x=0.6a, 2Br<sup>-</sup>+Cl<sub>2</sub>→Br<sub>2</sub>+2Cl<sup>-</sup>
- C. x=a, 2Fe<sup>2+</sup>+2Br<sup>-</sup>+2Cl<sub>2</sub>→Br<sub>2</sub>+2Fe<sup>3+</sup>+4Cl<sup>-</sup>
- D. x=1.5a, 2Fe<sup>2+</sup>+4Br<sup>-</sup>+3Cl<sub>2</sub>→2Br<sub>2</sub>+2Fe<sup>3+</sup>+6Cl<sup>-</sup>

27. 将 19g F<sub>2</sub> 通入 81g 水中，所得溶液的质量分数是 ( )

- A. 19%
- B. 20%
- C. 21.7%
- D. 27.5%

28. 有两种卤素单质共 1mol, 跟氢气在一定条件下完全反应后生成的卤化氢的平均式量为 38.5, 则该两种卤素单质可能是 ( )

- A.  $F_2$  和  $Cl_2$       B.  $F_2$  和  $Br_2$       C.  $Cl_2$  和  $Br_2$       D.  $Br_2$  和  $I_2$

29. 标准状况下的  $H_2$ 、 $Cl_2$  混合气体  $a L$ , 经光照充分反应后, 所得气体恰好使溶液中  $b mol NaOH$  完全转变为盐, 则  $a$ 、 $b$  的关系不可能为 ( )

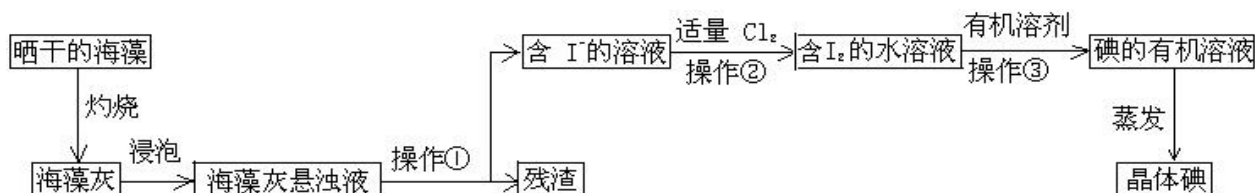
- A.  $b = \frac{a}{22.4}$       B.  $b < \frac{a}{22.4}$       C.  $\frac{a}{22.4} < b < \frac{a}{11.2}$       D.  $b \geq \frac{a}{11.2}$

30. 某课外小组用海带为原料制取少量碘水, 先用四氯化碳从碘水中萃取碘, 并用分液漏斗分离两种溶液, 其实验操作可分离为如下几步:

- A. 把盛有溶液的分液漏斗放在铁架台的铁圈中;  
B. 把 50ml 碘水和 15ml 四氯化碳加在分液漏斗中, 并盖好玻璃塞;  
C. 检验分液漏斗活塞和上口的玻璃塞是否漏液;  
D. 倒转漏斗用力振荡, 并不时旋开活塞放气, 最后关闭活塞, 把分液漏斗放好;  
E. 从分液漏斗上口倒出上层水溶液;  
G. 将分液漏斗上口的玻璃塞打开;  
H. 静置分层。

- (1) 正确的操作顺序是: \_\_\_\_\_  
(2) H 步骤中可以观察到液体分为两层, 上层为 \_\_\_\_\_ 色的 \_\_\_\_\_ 层, 下层为 \_\_\_\_\_ 色的 \_\_\_\_\_ 层。  
(3) G 操作的目的是 \_\_\_\_\_。  
(4) 在进行 E 操作时, 应注意的事项是 \_\_\_\_\_。  
(5) 能选用四氯化碳作为碘水的萃取剂的原因是 \_\_\_\_\_。

31. 海洋中海带、海藻含碘丰富, 且碘以  $I^-$  形式存在, 某实验从海藻中提取碘的流程如下:



- (1) 指出有关实验操作的名称: ① \_\_\_\_\_, ② \_\_\_\_\_。  
(2) 有机溶剂应选用 \_\_\_\_\_ (从汽油、四氯化碳、酒精中选填一种)。  
(3) 图中含  $I^-$  的水溶液无色, 久晒后变黄, 主要原因是: \_\_\_\_\_。

32. 向一份硝酸银溶液中滴加氯化钠溶液至恰好完全反应, 将沉淀过滤除去后得到的滤液与原硝酸银溶液的质量恰好相等, 试计算所加的氯化钠溶液的质量分数。

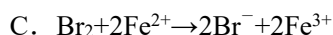
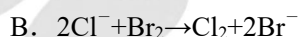
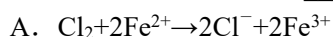
33. 将一定量  $\text{Cl}_2$  通入 250 mL 的  $\text{KBr}$  溶液中，反应后将溶液蒸干，测知所得固体中含溴元素 10 g，且  $\text{K}^+$  与  $\text{Cl}^-$  的物质的量之比为 2:1。试求：

- (1) 通入  $\text{Cl}_2$  的体积（标准状况）；
- (2) 原  $\text{KBr}$  溶液的物质的量浓度。

34. 有 6.0g 含一定量氯单质的液溴，现混入含有 20g  $\text{KBr}$  的 100g 溶液中，充分反应后，加热蒸干灼烧，最后得到固体物质 18.8g，求液溴中氯单质的质量分数。

35. 已知：氧化性强弱： $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{Fe}^{3+}$ ；还原性强弱： $\text{Fe}^{2+} > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$ ；

(1) 下列反应能够发生的是\_\_\_\_\_（可多选）



(2) 把少量的氯气通入  $\text{FeBr}_2$  溶液中时，氯气可以氧化  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Br}^-$ ，请问氯气先氧化哪一种离子？\_\_\_\_\_（填写离子符号）。

(3) 往 250mL  $\text{FeBr}_2$  溶液中通入 8.96L（标准状况） $\text{Cl}_2$ ，反应完成后，溶液中  $1/2$  的  $\text{Br}^-$  被氧化为溴单质，则原溶液中  $\text{FeBr}_2$  的物质的量为多少？

36. 将 10.000g 氯化钠、溴化钾和氯化钙的混合物溶于水，通入氯气充分反应，然后把溶液蒸干并灼烧（高温加热），灼烧后残留物的质量为 9.813g。若将此残留物再溶于水并加入足量的碳酸钠溶液，所得的沉淀干燥后质量为 0.712g，求原混合物中化合物的质量。