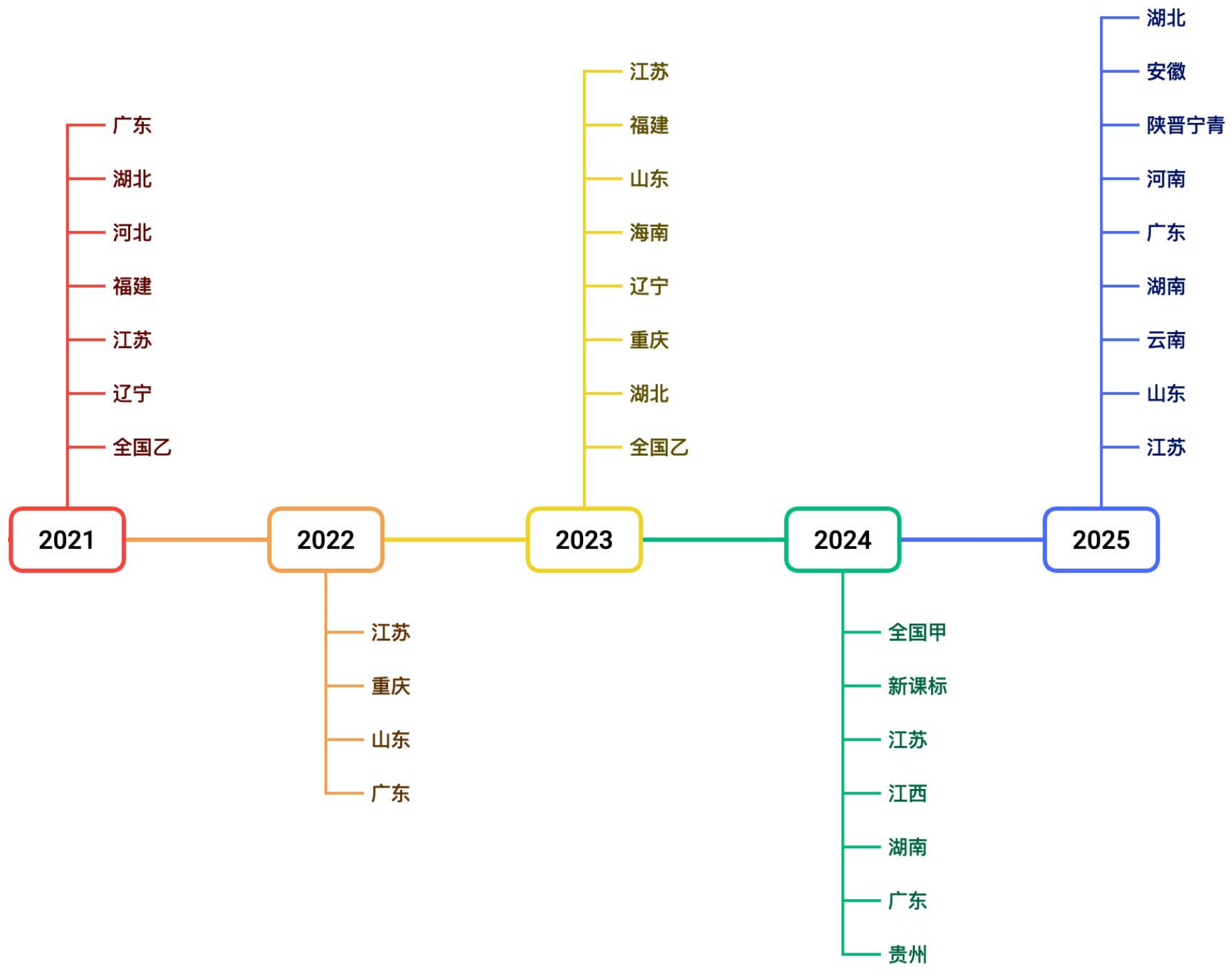
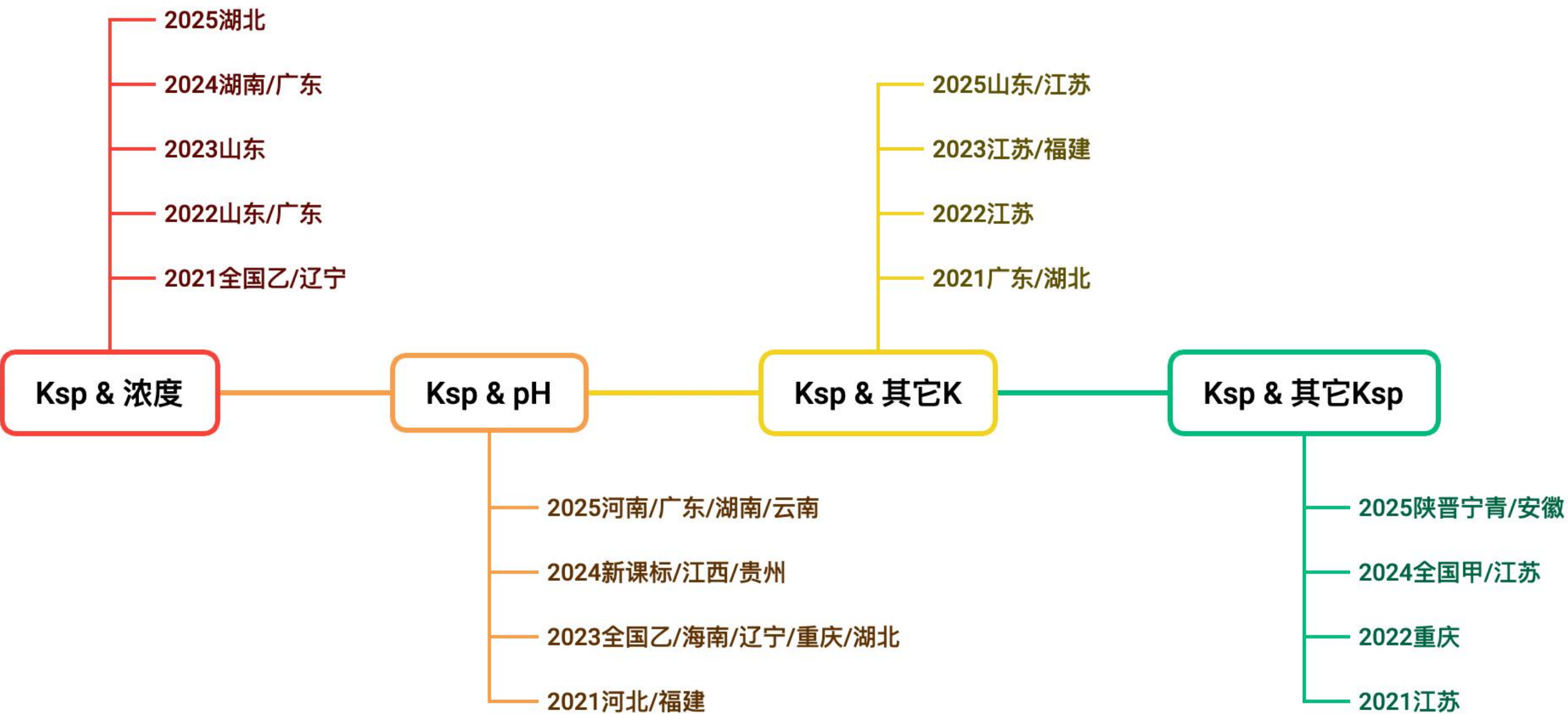


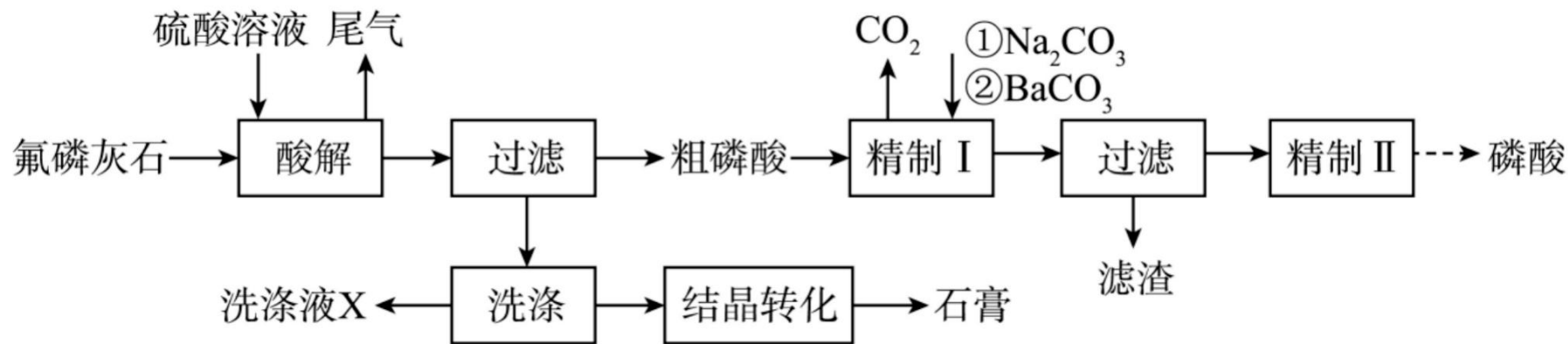




一、K_{sp}与浓度



例题1. (2022·山东卷)工业上以氟磷灰石[Ca₅F(PO₄)₃，含SiO₂等杂质]为原料生产磷酸和石膏，工艺流程如下：



.....

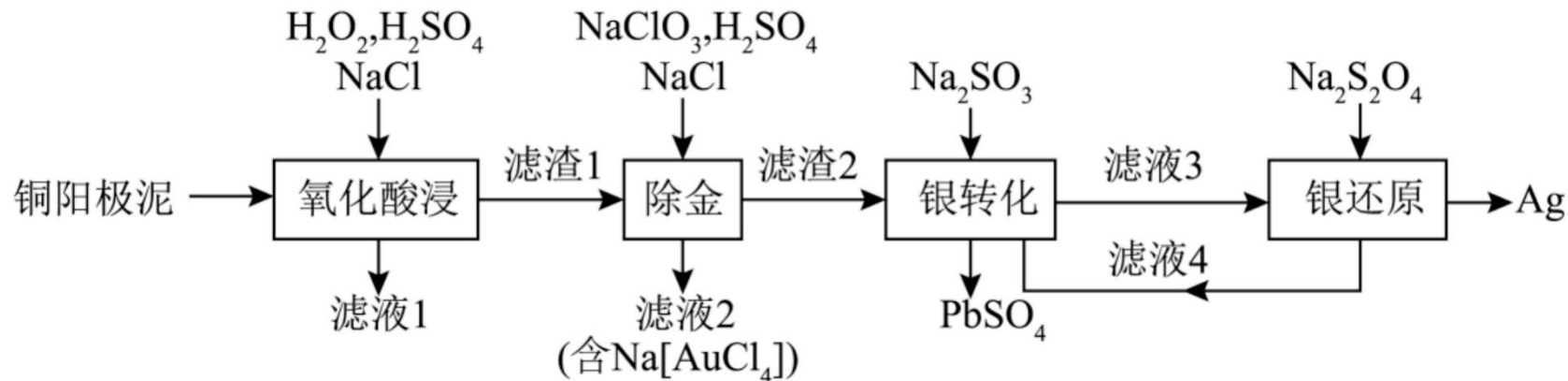
(2)部分盐的溶度积常数见下表。精制 I 中，按物质的量之比 $n(\text{Na}_2\text{CO}_3):n(\text{SiF}_6^{2-})=1:1$ 加入 Na_2CO_3 脱氟，充分反应后， $c(\text{Na}^+) = \underline{\hspace{2cm}} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

	BaSiF ₆	Na ₂ SiF ₆	CaSO ₄	BaSO ₄
K _{sp}	1.0×10^{-6}	4.0×10^{-6}	9.0×10^{-4}	1.0×10^{-10}

一、K_{sp}与浓度



例题2. (2024·湖南卷)铜阳极泥(含有 Au、Ag₂Se、Cu₂Se、PbSO₄ 等)是一种含贵金属的可再生资源,回收贵金属的化工流程如下:



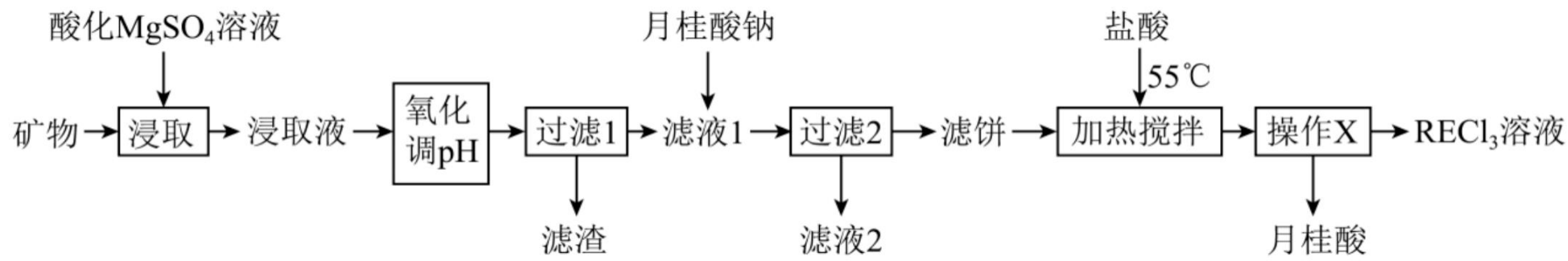
已知: ①当某离子的浓度低于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 可忽略该离子的存在;



.....

在“除金”工序溶液中, Cl^{-} 浓度不能超过 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

例题3. (2022·广东卷)稀土(RE)包括镧、钕等元素，是高科技发展的关键支撑。我国南方特有的稀土矿可用离子交换法处理，一种从该类矿(含铁、铝等元素)中提取稀土的工艺如下：



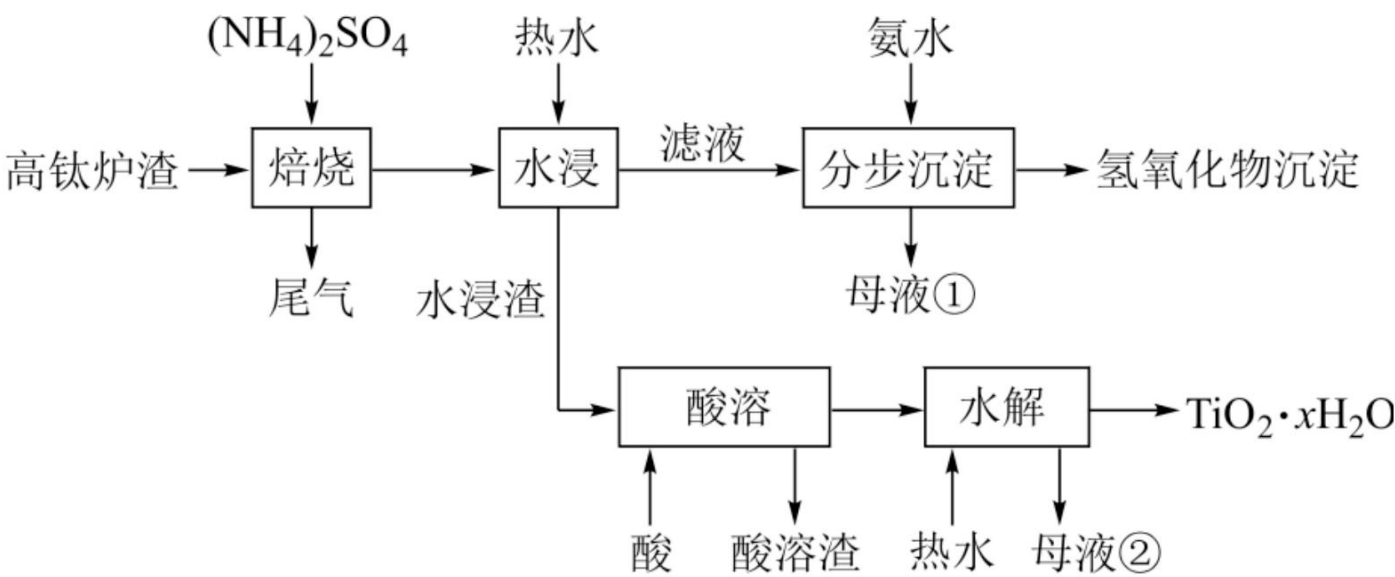
已知：月桂酸(C₁₁H₂₃COOH)熔点为44℃；月桂酸和(C₁₁H₂₃COO)₃RE均难溶于水。该工艺条件下，稀土离子保持+3价不变；(C₁₁H₂₃COO)₂Mg的K_{sp}=1.8×10⁻⁸，Al(OH)₃开始溶解时的pH为8.8；有关金属离子沉淀的相关pH见下表。

离子	Mg ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	RE ³⁺
开始沉淀时的pH	8.8	1.5	3.6	6.2~7.4
沉淀完全时的pH	/	3.2	4.7	/

.....

(3)“过滤 2”后，滤饼中检测不到Mg元素，滤液 2 中Mg²⁺浓度为2.7g·L⁻¹。为尽可能多地提取RE³⁺，可提高月桂酸钠的加入量，但应确保“过滤 2”前的溶液中c(C₁₁H₂₃COO⁻)低于_____mol·L⁻¹(保留两位有效数字)。

例题4. (2021·全国乙卷)磁选后的炼铁高钛炉渣，主要成分有 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 以及少量的 Fe_2O_3 。为节约和充分利用资源，通过如下工艺流程回收钛、铝、镁等。



金属离子	Fe^{3+}	Al^{3+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}
开始沉淀的 pH	2.2	3.5	9.5	12.4
沉淀完全($c=1.0 \times 10^{-5}$)的 pH	3.2	4.7	11.1	13.8

该工艺条件下，有关金属离子开始沉淀和沉淀完全的pH 见下表

.....

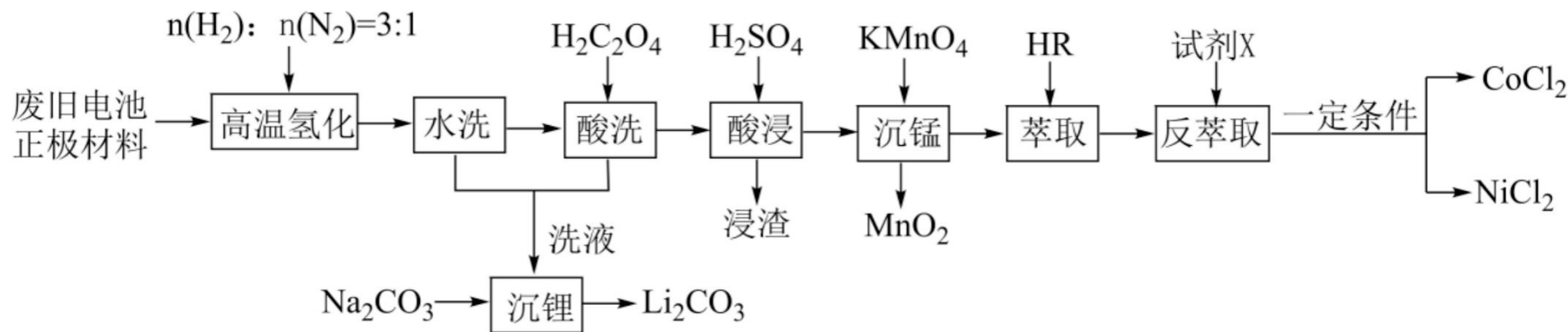
(2)“水浸”后“滤液”的 pH 约为 2.0，在“分步沉淀”时用氨水逐步调节 pH 至 11.6，依次析出的金属离子是.....。

(3)“母液①”中 Mg^{2+} 浓度为_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

一、K_{sp}与浓度



例题5. (2024·山东临沂一模)废旧电池镍钴锰酸锂三元正极材料的主要成分为 $\text{LiNi}_{\frac{1}{3}}\text{Co}_{\frac{1}{3}}\text{Mn}_{\frac{1}{3}}\text{O}_2$ ，通过高温氢化和湿法冶金的方法回收其中的镍、钴、锰、锂，其工艺流程如图所示。



已知：①该工艺条件下， Ni^{2+} 开始沉淀的 pH 为 2， Co^{2+} 开始沉淀的 pH 为 3。

② $\text{M}^{2+}(\text{Co}^{2+}$ 或 $\text{Ni}^{2+})$ 的萃取原理： $2\text{HR}(\text{有机相}) + \text{M}^{2+}(\text{水相}) \rightleftharpoons \text{MR}_2(\text{有机相}) + 2\text{H}^+(\text{水相})$ 。……

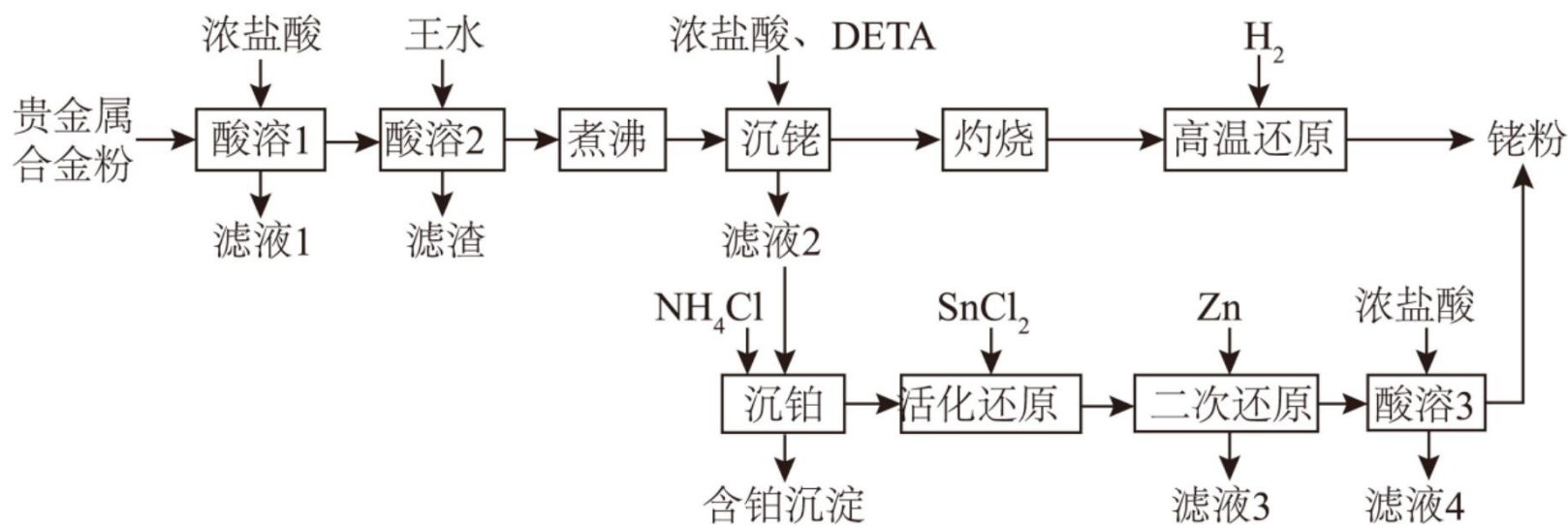
(2)“酸洗”的目的是……；若“洗液”中 $c(\text{Li}^+) = 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，加入 Na_2CO_3 固体后，为使沉淀 Li_2CO_3 中 Li 元素含量不小于 Li 元素总量的 95%，则 1.0L“洗液”中至少需要加入 Na_2CO_3 的物质的量为_____mol[忽略溶液体积变化，

$K_{\text{sp}}(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 2.2 \times 10^{-3}$]。

二、K_{sp}与pH



例题1. (2025·河南卷)一种从预处理得到的贵金属合金粉[主要成分为Fe、Rh(铑)、Pt, 含有少量SiO₂]中尽可能回收铑的工艺流程如下:



.....

(4)若“活化还原”在室温下进行, SnCl_2 初始浓度为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 为避免生成 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 沉淀, 溶液适宜的 pH 为_____

(填标号)[已知 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 的 $K_{\text{sp}} = 5.5 \times 10^{-28}$]。

A. 2.0

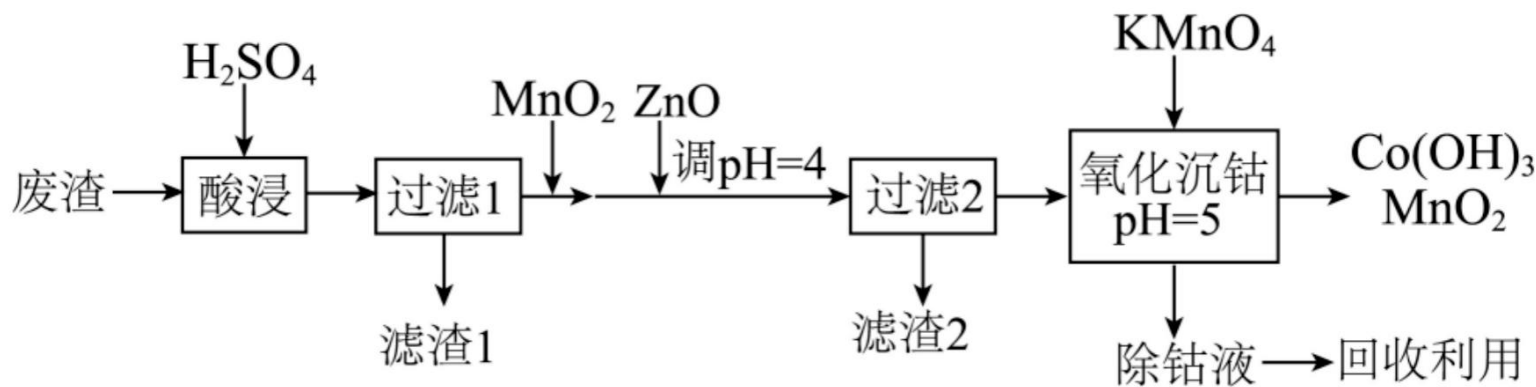
B. 4.0

C. 6.0

二、Ksp与pH



例题2. (2024·新课标卷)钴及其化合物在制造合金、磁性材料、催化剂及陶瓷釉等方面有着广泛应用。一种从湿法炼锌产生的废渣(主要含 Co、Zn、Pb、Fe 的单质或氧化物)中富集回收得到含锰高钴成品的工艺如下:



已知溶液中相关离子开始沉淀和沉淀完全

($c \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)时的 pH:

.....

(4)“除钴液”中主要的盐有.....(写化学式), 残留的 Co^{3+}

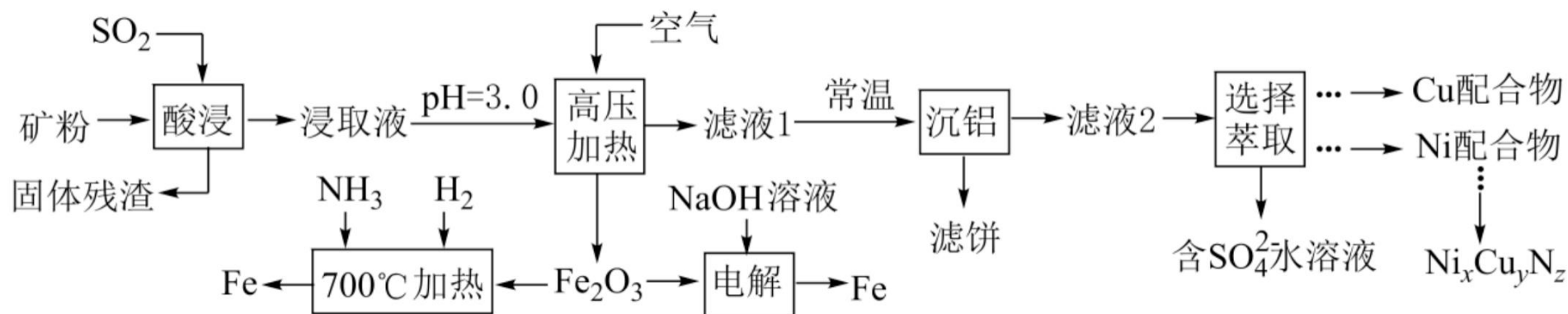
浓度为_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Co^{3+}	Co^{2+}	Zn^{2+}
开始沉淀的 pH	1.5	6.9	—	7.4	6.2
沉淀完全的 pH	2.8	8.4	1.1	9.4	8.2

二、K_{sp}与pH



例题3. (2025·广东卷)我国是金属材料生产大国，绿色生产是必由之路。一种从多金属精矿中提取 Fe、Cu、Ni 等并探究新型绿色冶铁方法的工艺如下。



已知：多金属精矿中主要含有 Fe、Al、Cu、Ni、O 等元素。

氢氧化物	Fe(OH) ₃	Al(OH) ₃	Cu(OH) ₂	Ni(OH) ₂
K _{sp} (298K)	2.8×10^{-39}	1.3×10^{-33}	2.2×10^{-20}	5.5×10^{-16}

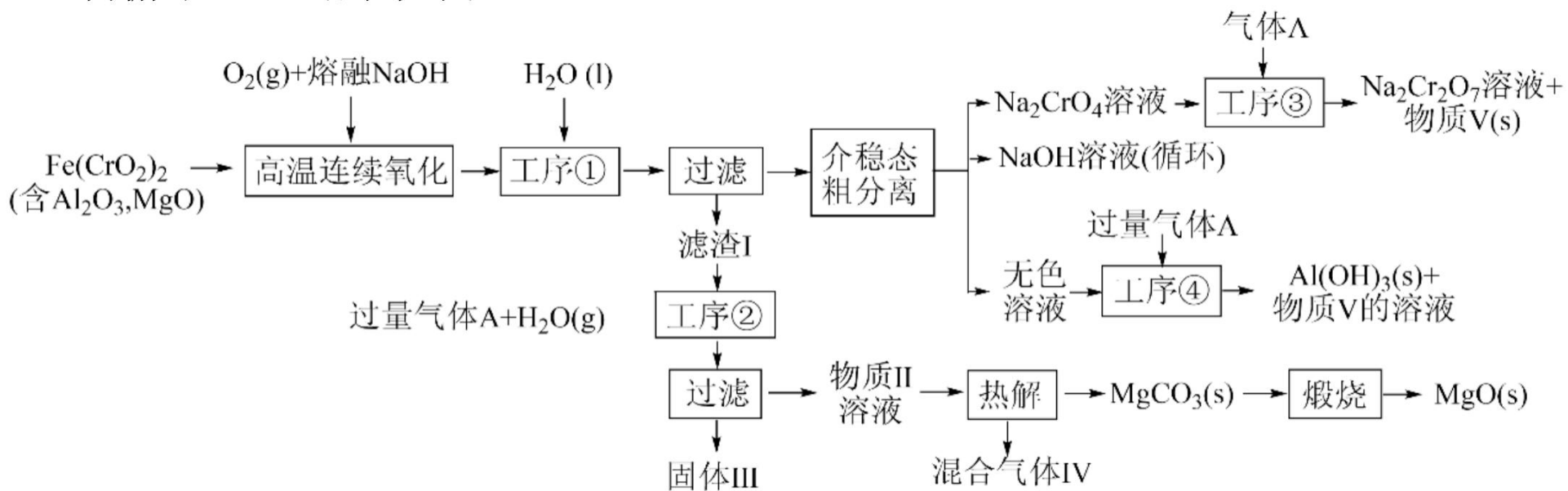
.....

(3)“沉铝”时，pH 最高可调至____(溶液体积变化可忽略)。已知：“滤液 1”中 $c(\text{Cu}^{2+}) = 0.022 \text{ mol/L}$ ， $c(\text{Ni}^{2+}) = 0.042 \text{ mol/L}$ 。

二、K_{sp}与pH



例题4. (2021·河北卷)绿色化学在推动社会可持续发展中发挥着重要作用。某科研团队设计了一种熔盐液相氧化法制备高价铬盐的新工艺，该工艺不消耗除铬铁矿、氢氧化钠和空气以外的其他原料，不产生废弃物，实现了 Cr—Fe—Al—Mg 的深度利用和 Na⁺内循环。工艺流程如图：



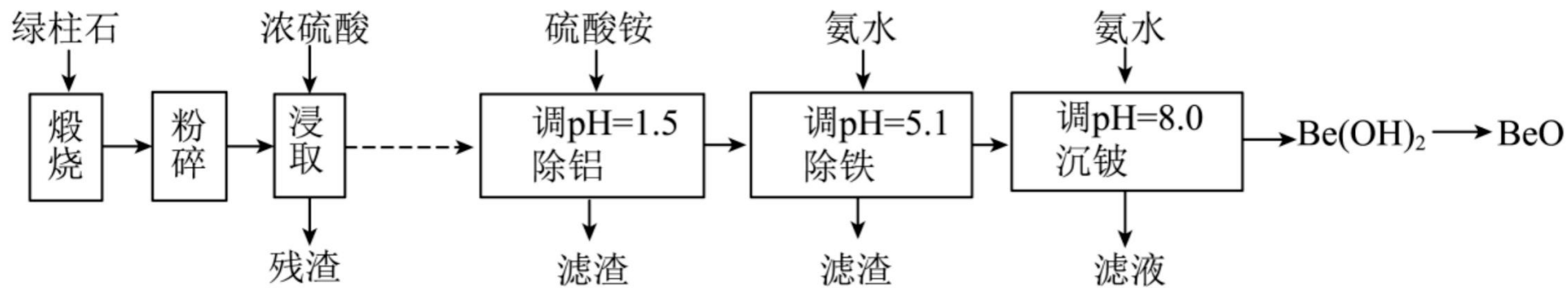
.....

(7)工序④溶液中的铝元素恰好完全转化为沉淀的 pH 为____。(通常认为溶液中离子浓度小于 $10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 为沉淀完全； $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_4^-$ ： $K=10^{0.63}$ ， $K_w=10^{-14}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3]=10^{-33}$)

二、Ksp与pH



例题5. (2023·海南卷)铍的氧化物广泛应用于原子能、航天、电子、陶瓷等领域，是重要的战略物资。利用绿柱石(主要化学成分为 $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ，还含有一定量的 FeO 和 Fe_2O_3)生产 BeO 的一种工艺流程如下。



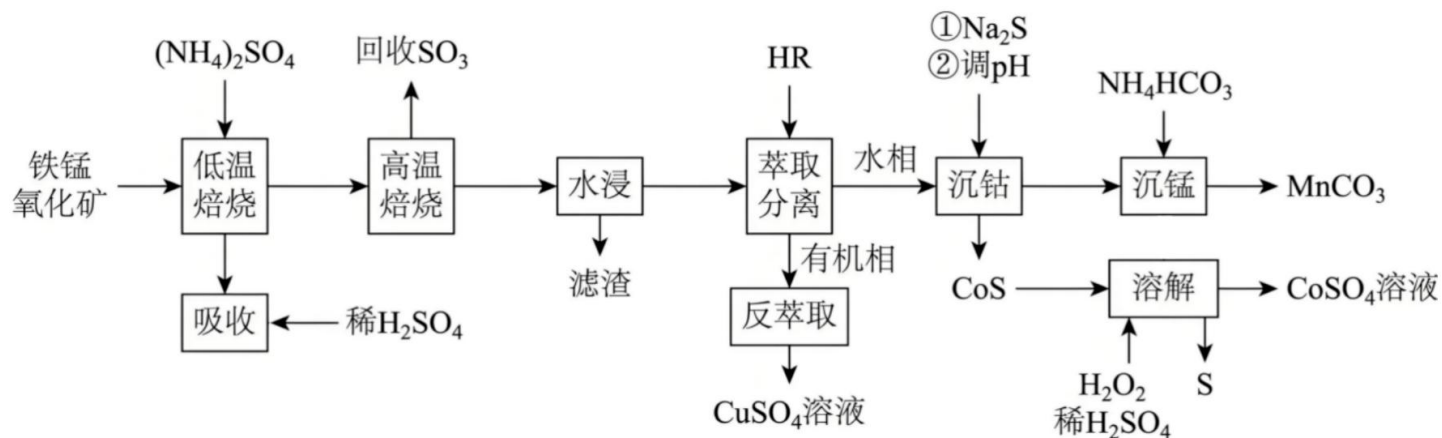
.....

(5)沉铍时，将 pH 从 8.0 提高到 8.5，则铍的损失降低至原来的_____%。

三、 K_{sp} 与其它 K ($K_a/K_b/K_w/...$)



例题1. (2025·山东卷)采用两段焙烧—水浸法从铁锰氧化矿(要含 Fe_2O_3 、 MnO_2 及Co、Cu、Ca、Si等元素的氧化物)分离提取Cu、Co、Mn等元素，工艺流程如下：



.....

(4)“沉钴”中， $\text{pH} = 4$ 时 Co^{2+} 恰好沉淀完全 $[\text{c}(\text{Co}^{2+}) = 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}]$ ，则此时溶液中 $\text{c}(\text{H}_2\text{S}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。已知：

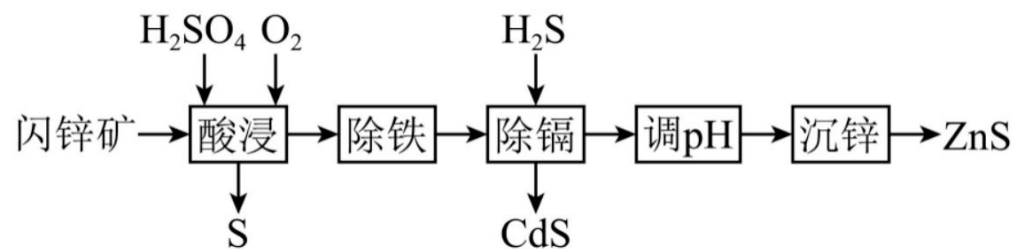
$K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) = 1 \times 10^{-7}$ ， $K_{a2}(\text{H}_2\text{S}) = 1 \times 10^{-13}$ ， $K_{sp}(\text{CoS}) = 4 \times 10^{-21}$ 。

三、 K_{sp} 与其它 K ($K_a/K_b/K_w/\dots$)



例题2. (2025·江苏卷) ZnS 可用于制备光学材料和回收砷。

(1) 制备 ZnS 。由闪锌矿[含 ZnS 、 FeS 及少量硫化镉(CdS)等]制备 ZnS 的过程如下：

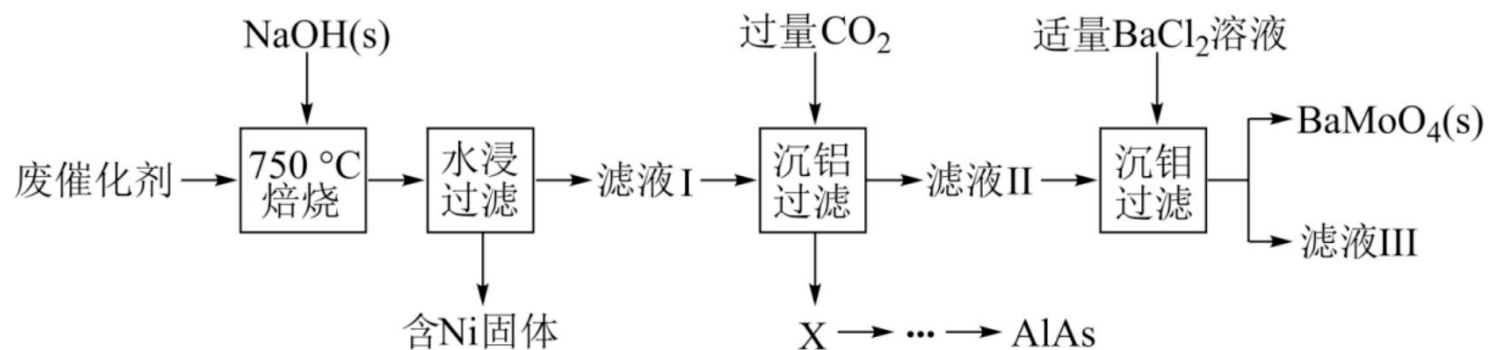


已知： $K_{sp}(ZnS) = 1.6 \times 10^{-24}$, $K_{sp}(CdS) = 8.0 \times 10^{-27}$, $K_{a1}(H_2S) = 1.0 \times 10^{-7}$, $K_{a2}(HS^-) = 1.2 \times 10^{-13}$ 。当离子浓度小于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，认为离子沉淀完全。

.....

通入 H_2S 除镉。通过计算判断当溶液 $pH = 0$ 、 $c(H_2S) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时， Cd^{2+} 是否沉淀完全_____ (写出计算过程)。

例题3. (2021·广东卷)对废催化剂进行回收可有效利用金属资源。某废催化剂主要含铝(Al)、钼(Mo)、镍(Ni)等元素的氧化物，一种回收利用工艺的部分流程如下：



已知：25℃时， H_2CO_3 的 $K_{a1}=4.5\times 10^{-7}$ ， $K_{a2}=4.7\times 10^{-11}$ ； $K_{sp}(\text{BaMoO}_4)=3.5\times 10^{-8}$ ； $K_{sp}(\text{BaCO}_3)=2.6\times 10^{-9}$ ；该工艺中， $\text{pH} > 6.0$ 时，溶液中Mo元素以 MoO_4^{2-} 的形态存在。……

(3)“沉钼”中， pH 为7.0。

①生成 BaMoO_4 的离子方程式为_____。

②若条件控制不当， BaCO_3 也会沉淀。为避免 BaMoO_4 中混入 BaCO_3 沉淀，溶液中 $c(\text{HCO}_3^-):c(\text{MoO}_4^{2-})= \underline{\hspace{2cm}}$ (列出算式)时，应停止加入 BaCl_2 溶液。

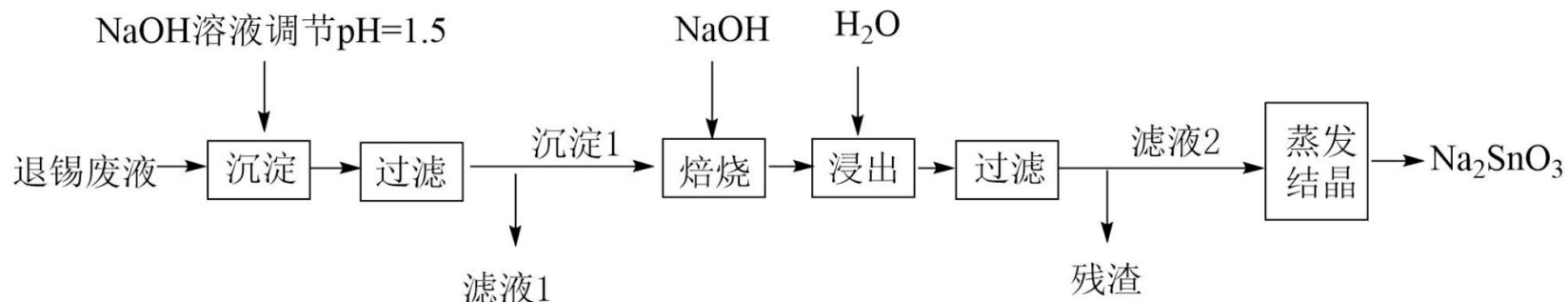
四 、 K_{sp} 与其它 K_{sp}



四、Ksp与其它Ksp



例题1. (2022·重庆卷)电子印制工业产生的某退锡废液含硝酸、锡化合物及少量 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 等，对其处理的流程如图。



Sn 与 Si 同族，25℃时相关的溶度积见表。

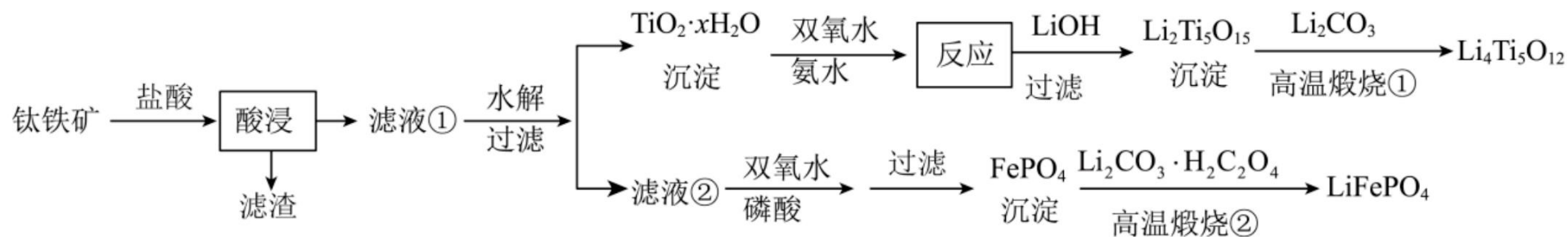
化学式	$\text{Sn}(\text{OH})_4$ (或 $\text{SnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$
溶度积	1.0×10^{-56}	4×10^{-38}	2.5×10^{-20}

……滤液 1 中 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 的浓度相近，加入 NaOH 溶液，先得到的沉淀是_____。

四、Ksp与其它Ksp



例题2. (2017·全国 I 卷) $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 都是锂离子电池的电极材料, 可利用钛铁矿(主要成分为 FeTiO_3 , 还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质)来制备, 工艺流程如下:



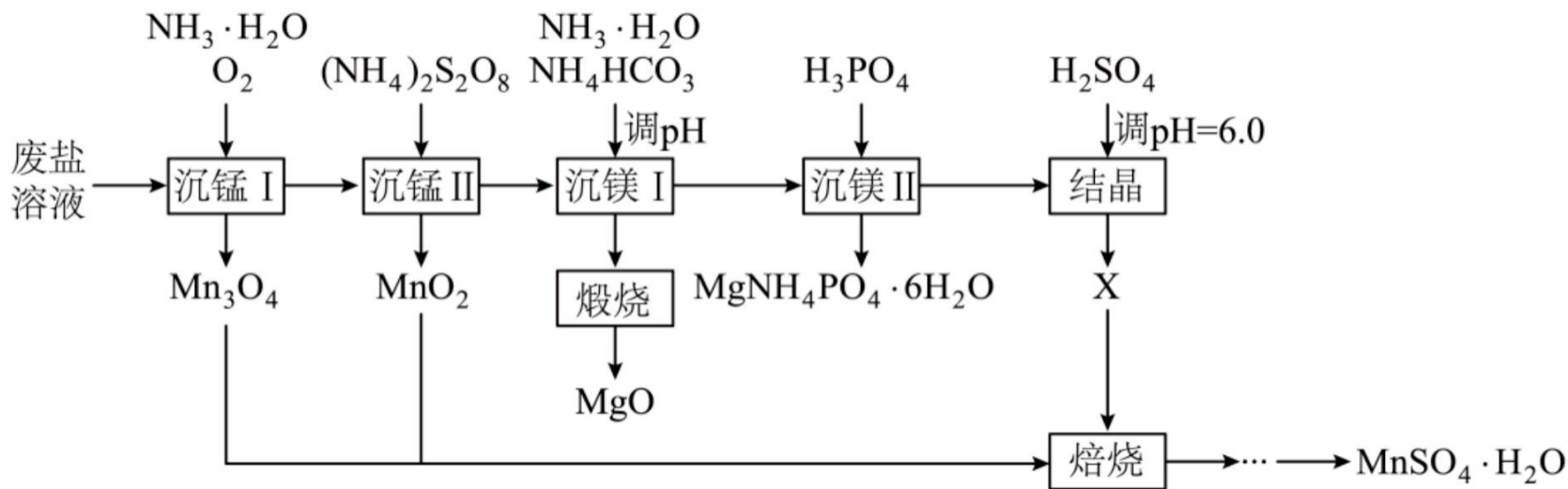
.....

(5) 若“滤液②”中 $c(\text{Mg}^{2+}) = 0.02 \text{ mol/L}$, 加入双氧水和磷酸(设溶液体积增加 1 倍), 使 Fe^{3+} 恰好沉淀完全即溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, 此时是否有 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀生成_____ (列式计算)。 FePO_4 、 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 的 K_{sp} 分别为 1.3×10^{-22} 、 1.0×10^{-24} 。

四、K_{sp}与其它K_{sp}



例题3. (2025·陕晋宁青卷)一种综合回收电解锰工业废盐(主要成分为 Mn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 的硫酸盐)的工艺流程如下。



已知：①常温下 $K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)=10^{-5.17}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]=10^{-11.25}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2]=10^{-12.72}$ ；……

(2)“沉锰 I”中，写出形成的 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 被氧化成 Mn_3O_4 的化学方程式……。当 Mg^{2+} ($c=10^{-0.68}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 将要开始沉淀时，溶液中剩余 Mn^{2+} 浓度为_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

四、 K_{sp} 与其它 K_{sp}



例题4. (2020·江苏卷) 实验室由炼钢污泥(简称铁泥, 主要成份为铁的氧化物)制备软磁性材料 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 。

其主要实验流程如下:



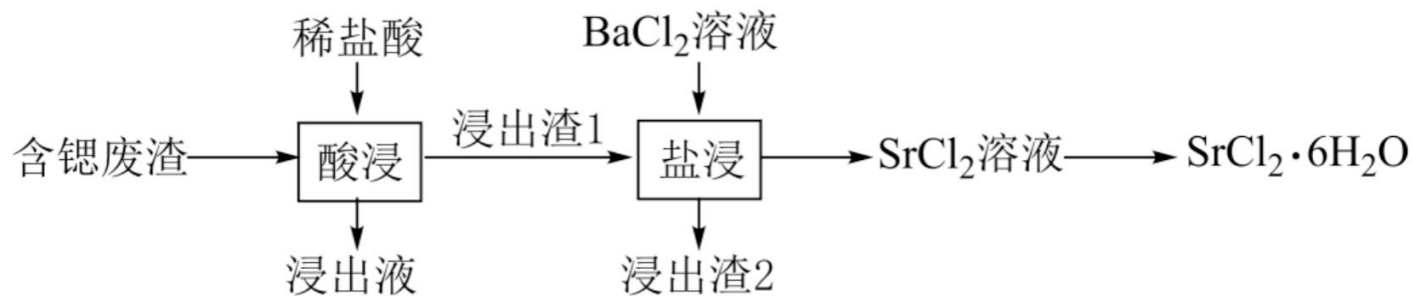
.....

(3)除杂: 向“还原”后的滤液中加入 NH_4F 溶液, 使 Ca^{2+} 转化为 CaF_2 沉淀除去。若溶液的 pH 偏低、将会导致 CaF_2 沉淀不完全, 其原因是_____ [$K_{sp}(\text{CaF}_2)=5.3\times 10^{-9}$, $K_a(\text{HF})=6.3\times 10^{-4}$]。

四、K_{sp}与其它K_{sp}



例题5. (2025·安徽卷)某含锶(Sr)废渣主要含有SrSO₄、SiO₂、CaCO₃、SrCO₃和MgCO₃等,一种提取该废渣中锶的流程如下图所示。



已知 25℃ 时, $K_{sp}(\text{SrSO}_4)=10^{-6.46}$, $K_{sp}(\text{BaSO}_4)=10^{-9.97}$

(3)“盐浸”中 SrSO₄ 转化反应的离子方程式为_____； 25℃ 时, 向 0.01 mol SrSO₄ 粉末中加入 100mL 0.1 mol·L⁻¹ BaCl₂ 溶液, 充分反应后, 理论上溶液中 $c(\text{Sr}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-}) = \text{_____} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2$ (忽略溶液体积的变化)。

【每日考点 021】Ksp 计算

▼ 第一类：Ksp 与浓度

1. (2025·湖北卷)氟化钠是一种用途广泛的氟化试剂，通过以下两种工艺 ...
2. (2024·广东卷)镓(Ga)在半导体、记忆合金等高精尖材料领域有重要应 ...
3. (2023·山东卷)盐湖卤水(主要含 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Li^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和 ...
4. (2021·辽宁卷)从钒铬锰矿渣(主要成分为、)中提铬的一种工艺流程如 ...

▼ 第二类：Ksp 与 pH

1. (2024·江西卷)稀土是国家的战略资源之一。以下是一种以独居石【主 ...
2. (2025·湖南卷)一种从深海多金属结核[主要含，有少量的]中分离获得 ...
3. (2025·云南卷)从褐铁矿型金-银矿(含 Au 、 Ag 、 CuO 、等)中提取 ...
4. (2024·贵州卷)煤气化渣属于大宗固废，主要成分为及少量 MgO 等。 ...
5. (2023·全国乙卷) LiMn_2O_4 作为一种新型锂电池正极材料受到广泛关注 ...
6. (2023·辽宁卷)某工厂采用如下工艺处理镍钴矿硫酸浸取液(含 Ni^{2+} 、 C ...
7. (2023·重庆卷) Fe_3O_4 是一种用途广泛的磁性材料，以 FeCl_2 为原料制 ...

8. (2023·湖北卷) SiCl_4 是生产多晶硅的副产物。利用 SiCl_4 对废弃的锂 ...
9. (2020·全国 III 卷)某油脂厂废弃的油脂加氢镍催化剂主要含金属 Ni 、 Al ...
10. (2015·江苏卷)软锰矿(主要成分 MnO_2 ，杂质金属元素 Fe 、 Al 、 Mg 等 ...
11. (2021·福建卷)四钼酸铵是钼深加工的重要中间产品具有广泛的用途。 ...

▼ 第三类：Ksp 与其它 K ($K_a/K_b/K_w/\dots$)

1. (2023·江苏卷)实验室模拟“镁法工业烟气脱硫”并制备 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ， ...
2. (2023·福建卷)白合金是铜钴矿冶炼过程的中间产物，一种从白合金(主 ...
3. (2022·江苏卷)硫铁化合物(FeS 、 FeS_2 等)应用广泛。
4. (2021·湖北卷)废旧太阳能电池 CIGS 具有较高的回收利用价值，其主 ...

▼ 第四类：Ksp 与其它 Ksp

1. (2024·江苏)贵金属银应用广泛。 Ag 与稀制得，常用于循环处理高氯废 ...
2. (2024·全国甲卷)钴在新能源、新材料领域具有重要用途。某炼锌废渣 ...
3. (2016·新课标 I 卷)元素铬(Cr)在溶液中主要以 Cr^{3+} (蓝紫色)、 $\text{Cr}(\text{OH})$...
4. (2021·江苏卷)以软锰矿粉(含 MnO_2 及少量 Fe 、 Al 、 Si 、 Ca 、 Mg 等 ...

参考文献

 备课札记纵观溶解平衡的主要考点-章培清.pdf

 沉淀溶解平衡疑难问题解析-张高豪.pdf

 沉淀溶解平衡中溶度积的分析-任继涛.pdf

 点击“溶度积常数及其应用”-丁凯.pdf

 分类突破溶度积常数的相关计算与图像-周海欧.pdf

 高考中关于 K_{sp} 复杂计算的归类-兰建祥.pdf

 关于溶度积常数 (K_{sp}) 的计算-赵培林.pdf

 关于溶度积常数的计算-赵培林.pdf

 关于溶度积常数 K_{sp} 大小判断的数学讨论-邹志洪.pdf

 基于复杂系统推理促进概念深度理解的教学研究-张晓.pdf

 例谈以溶度积为核心的溶解平衡计算问题-刘成宝.pdf

 例析 K_{sp} 的考查类型及解答要点-王开山.pdf

 难溶电解质的沉淀溶解平衡考点题型分析-吴建方.pdf

 难溶强电解质的溶度积与溶解度的换算-刘彦波.pdf

 溶度积常数题型例析与点拨-边永平.pdf

 溶度积常数在高考中考查类型探析-刘志勇.pdf

 溶度积常数 K_{sp} 的理解和应用-汪洪强.pdf

 突破高考化学主观题中的“小”计算-鞠霞.pdf

 用离子近似线性热容计算难溶盐的溶度积常数 $K_{sp}(T)$ -郭子成.pdf

 有关溶度积计算的常见考查方式-周宇文.pdf

 掌握技巧 突破高分——浅析沉淀溶解平衡的计算-张瑞.pdf

 K_{sp} 考点在江苏新高考中的全解析-唐叶.pdf