

用 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 作载体从低浓度铀溶液中载带铀

邢国斌 胡景沂

一、引言

从放射性防护卫生上看,含铀的废液是不允许排入下水道的。因而,随着铀工艺研究工作的开展需要解决含铀废液的处理问题。从含铀的废液中除去铀,有很多方法,例如,有机溶剂萃取法、离子交换法以及载带沉淀法,或者是他们之间的相互结合的方法。我们选择了载带沉淀法。因为虽然有机溶剂萃取法处理过程比较迅速,一些萃取剂对铀的选择性很高,但是,在用 TBP 作溶剂从含有 CO_3^{2-} , SO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} 的溶液中萃取铀时,就会使铀的萃取效率降低。虽然离子交换法有操作简便和可以连续操作等优点,但是,在体系中阴、阳离子较多的情况下对铀的吸附也会显著的下降。因而,我们选择了载带沉淀法。

大家知道,纯铀溶液中的铀能用氨水(无 CO_2)定量地沉淀,即使铀浓度在 0.7 到 5.0 毫克/毫升范围内也是如此。也就是说,在沉淀后的清液中遗留下很少量的铀,一般在 10^{-2} 到 10^{-3} 毫克/升范围内。而我们处理的是经过回收之后含铀量很少(0.1 毫克/毫升以下)的废液,其中存在着各种各样的成分¹⁾,因此直接用氨水来沉淀铀是比较困难的。为了使废液中铀含量达到允许水平²⁾(铀含量 < 5 毫克/升),必须采取铀与载体共沉淀的方法将铀除去,然后,将铀与载体一起作固体废物处理之。

文献中^[1-3]曾报导过 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 作载体载带稀铀溶液中的铀。我们选用后者作为本实验的载体。因为氢氧化铝虽然在吸附铀的作用方面和氢氧化铁相似,而且用 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 吸附似乎比用 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 吸附更好一些(铀浓度变化对前者吸附变化不大,但对后者变化较大)^[4]。但氢氧化铝是一种典型的两性化合物,如果不能控制合适的 pH 值,则对于铀的吸附有很大的影响,何况在大量处理时更是不易控制。易成胶体的氢氧化铝对过滤造成极大困难;此外铝盐比铁盐要贵,它也是在大量处理时应该考虑的一个因素。

关于 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀,斯塔里克(И. Е. Старик)^[5]的工作表明,用无 CO_2 的氨水作试剂时 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 吸附微量铀的适宜 pH 是在 5 到 8 之间(铀的浓度 $n \times 10^{-6} \text{M}$)。当溶液的 pH > 8 时,共沉淀的铀有所减少。但是,他没有阐明以 NH_4OH 作沉淀剂时,在含铀量比较高的情况下其 pH 变化对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 载带铀的影响。

在梶各敬的工作中^[3]指出了铀和铁浓度对载带百分率的影响。但是,他是用 Na_2CO_3 作为沉淀剂的,而在 NH_4OH 介质中情况如何也是不清楚的。

在沉淀铀时 CO_3^{2-} 的严重影响是大家所熟知的。梶各敬^[4]认为,用 Na_2CO_3 作沉淀剂时(原始液中铀含量为 10 毫克/升, Fe^{3+} 含量为 200 毫克/升) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 载带铀最适宜的 pH 值是在 6 到 7 之间。当 pH 再提高时,吸附量降低,到 pH = 9 时已不再吸附其中的铀了。斯塔里克^[5]就是利用这个影响来解吸 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 中的铀。

我们所遇到的废液种类比较多,含有各种成分的离子,其中除了含有 CO_3^{2-} 离子以外,最常见的是 SO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} 离子,他们究竟有无影响,影响多大,也是不清楚的。

1) 铀 < 100 毫克/升, H_2SO_4 为 2N, H_3PO_4 为 0.3M, 此外还有 CO_3^{2-} 、铝、铁、锌等。

2) 这是指倒入废液罐的允许浓度。

以上这些因素促使我们采用以 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 为载体来研究 pH、硫酸盐、磷酸盐和碳酸盐浓度变化对载带铀的影响,以寻找一个最适宜的条件,使含铀的稀废液经过载带之后的澄清液中含铀量降至能排入废液贮罐的标准。

二、实验部分

1. 试剂与设备

试剂

$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ (溶液): 实验室回收产品,纯化至分析纯,用容量法标定其浓度,然后稀释配制成需要浓度。

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$: 化学纯,用称量法配制,用水稀释配成需要浓度。

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$: 分析纯,配制方法同上。

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: 化学纯,配制方法同上。

$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$: 分析纯,配制方法同上。

HNO_3 : 化学纯,中和法标定。用水稀释配成所需要的浓度。

NaF (固体): 分析纯(二级)。

氨水: 在密闭容器中,用蒸馏水吸收由工业氨水中逸出之氨而制得(浓度未标定)。

设备

荧光计(目视)。

刻度离心试管: 10 毫升和 5 毫升。

制备 NaF 球的工具一套。

2. 实验步骤

原始溶液的配制

(1) 关于铁量对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀的影响所用的实验料液(I): 在一组 25 毫升的容量瓶中,分别放入相同量的 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 溶液和不同量的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液,用蒸馏水冲稀至 25 毫升(到刻度)。溶液的铀含量为 70 毫克/升,铁含量分别为 100, 200, 300, 400, 500, 700 和 900 毫克/升。

(2) 关于 pH 值对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀的影响所用的实验料液(II): 在 200 毫升的容量瓶中,加入一定量的 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 和 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液,用蒸馏水冲稀到刻度,溶液含铀量为 70 毫克/升,含铁量为 400 毫克/升。

(3) 关于 SO_4^{2-} , CO_3^{2-} 和 PO_4^{3-} 离子浓度变化对氢氧化铁沉淀载带铀的影响所用的实验料液(III): 在三组 25 毫升容量瓶中,分别加入一定量的 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 和 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液,每组又分别加入不同量的 SO_4^{2-} , CO_3^{2-} 和 PO_4^{3-} 离子,除了在 PO_4^{3-} 一组内加 HNO_3 使冲稀后的酸度大约为 0.1N 以外(详见结果与讨论4),其余均用蒸馏水冲稀到刻度。

实验步骤

(1) 取制好之料液(I)各 3 份,每份 5 毫升,分别放入 10 毫升的离心试管中,用 NH_4OH 或 HNO_3 调节 pH 在 8 左右,棕色沉淀立即生成,离心分离,倾出离心液,并放在水浴中加热煮沸,破坏可能生成的胶体,然后取样进行荧光分析(分析步骤见附录)。

(2) 取已制好之料液(II) 24 份,每份 5 毫升,放入 10 毫升的离心试管中,每三份为一组(共 8 组)分别用 NH_4OH 或 HNO_3 调节 pH 为 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 和 14 (用 pH 试纸检验)。将

产生的棕色沉淀离心分离, 倾出离心液并在水浴煮沸, 然后取样进行荧光分析。

(3) 取已制好的料液(III)(分别含有不同浓度的 SO₄²⁻, CO₃²⁻ 和 PO₄³⁻ 离子)。每 3 份为一组, 每份取 5 毫升, 放入 10 毫升离心试管中, 用 NH₄OH 和 HNO₃ 调节 pH 在 8—9 之间, 其余步骤同步(1)。

上述所有实验均在室温下进行。

三、结果与讨论

1. 铁量对 Fe(OH)₃ 沉淀载带铀的影响

在研究一些实验条件之前, 必须考虑一个适当的铀和铁的含量。我们首先选择了原始含铀量为 70 毫克/升(一般废液中若含铀量小于 100 毫克/升时, 我们就作为废液处理)。铁量由实验来确定, 其结果见表 1。

根据表 1 的数据作铁量对 Fe(OH)₃ 沉淀载带铀的影响的图(图 1)。从图 1 中可以看出, 随着铁量的增加, Fe(OH)₃ 沉淀时载带的铀也随之增加, 但当 [Fe³⁺] 大于 400 毫克/升时, 载带量不再有明显的增加, 而趋于恒定, 变化不大。因此, 我们选用 [Fe³⁺] 浓度为 400 毫克/升作为载带沉淀的载体浓度。

表 1 铁量对 Fe(OH)₃ 沉淀载带铀的影响
U: 70 毫克/升, pH: 8—9。

Fe ³⁺ 量, 毫克/升	澄清液中铀含量, 毫克/升			
	I	II	III	平均
100	4.2	4.1	4.2	4.2
200	1.8	1.7	1.7	1.7
300	0.9	1.0	0.9	0.9
400	0.6	0.7	0.8	0.7
500	0.5	0.5	0.5	0.5
700	0.4	0.3	0.4	0.4
900	0.4	0.4	0.4	0.4

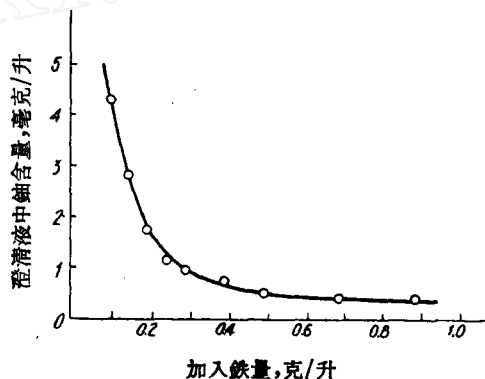


图 1 铁量对 Fe(OH)₃ 沉淀载带铀的影响
U: 70 毫克/升, pH: 8—9 之间。

实验表明, 单位重量的铁所吸附的铀量与平衡时溶液中铀的浓度有一定的依赖关系, 可以用经验等温吸附公式表示:

$$\frac{A}{B} = kC^n,$$

其中 A——被吸附物质的量; B——吸附剂的量; C——平衡时溶液的浓度; k, n——常数。或写成

$$\lg \frac{A}{B} = \lg k + n \lg C,$$

它是一直线, n 为斜率, lgk 为截距。

实验数据列于表 2, 以 $\lg \left(\frac{A}{B}\right)$ 对 $\lg C$ 作图 2, n = 0.72, k = 179 (图中直线部分)。

表 2 每克铁所吸附的铀量与溶液中含铀百分数(平衡时)的关系
U: 70 毫克/升, pH: 8—9。

澄清液含铀量, %	0.6	0.6	0.7	1.0	1.3	2.4	6.0
被吸附的铀/铁量, 毫克/克	77.3	99.4	139.0	173.3	230.3	341.5	658.0

当铁的量再增加时,溶液中残留的铀量改变得很少,即不服从上述等温吸附公式。

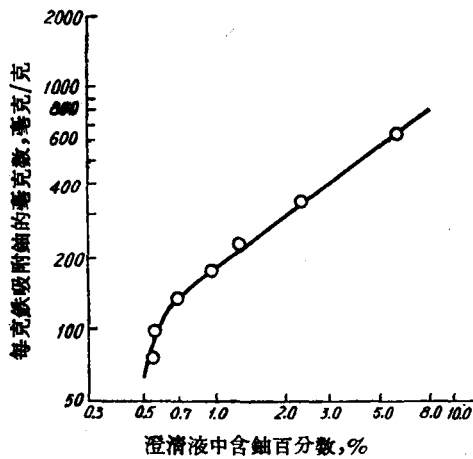


图2 每克铁所吸附铀的量与溶液中(澄清液)所含铀的百分数的关系
U: 70 毫克/升, pH: 8-9.

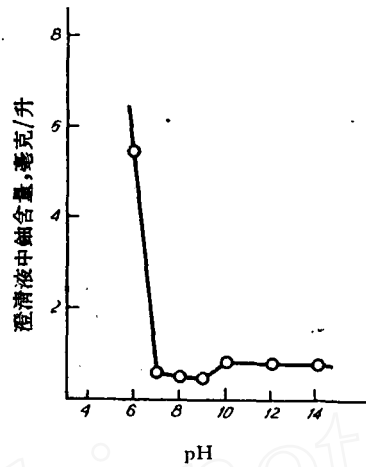


图3 pH变化对Fe(OH)₃沉淀载带铀的影响
U: 70 毫克/升, Fe²⁺ 400 毫克/升.

2. pH 值对 Fe(OH)₃ 沉淀载带铀的影响

在铁量一定的情况下,改变 pH 值(由 5 到 14)时,载带结果见表 3。

由表 3 可以看出, Fe(OH)₃ 沉淀载带铀最适宜的 pH 是 7 到 9, 小于该值时吸附量显著地减少, 大于该值时, 吸附量稍微有些减少(见图 3)。这可能是由于在 pH < 7 时所形成的 Fe(OH)₃ 沉淀不够完全, 而 pH > 9 时与部分沉淀溶解以及沉淀表面所带的电荷有关系。对溶液的 pH 值与沉淀表面所带电荷的正负关系, 斯塔里克^[5]等曾指出, 即当 pH < 5.4 和 > 9.3 时铀在氨水介质中所带的电荷和 Fe(OH)₃ 沉淀表面的电荷是相同的(见表 4)。这可能是由于静电斥力而减少了铀在 Fe(OH)₃ 沉淀上的吸附。

表 3 pH 对 Fe(OH)₃ 载带铀的影响
U: 70 毫克/升; Fe²⁺: 400 毫克/升.

pH	载带后澄清液中含铀量, 毫克/升			
	I	II	III	平均
5	>10*	>10	>10	>10
6	5.5	6.0	5.0	5.5
7	0.6	0.5	0.6	0.6
8	0.6	0.6	0.5	0.6
9	0.5	0.5	0.5	0.5
10	0.8	0.9	0.9	0.9
12	0.9	0.8	0.8	0.8
14	0.8	0.8	0.7	0.8

* 在我们荧光标准中最大值为 10 毫克铀/升, 而分析样中含铀量大于该值, 均采用“>10”表示。

表 4 电泳测定 Fe(OH)₃ 和铀的粒子电荷符号^[5]

实验号	溶液的 pH	铀的电荷	溶液的 pH	铁粒的电荷
1	3.4	+	2.2	+
2	4.5	+	4.5	+
3	6.5	+	5.4	±
4	7.5	+	6.3	±
5	8.0	-	6.5	±
6	8.7	-	7.0	±
7	9.3	-	8.0	±
8	10.3	-	9.3	-
9			10.3	-

3. SO₄²⁻ 浓度变化对 Fe(OH)₃ 沉淀载带铀的影响

在铁量和 pH 值一定的情况下, SO₄²⁻ 浓度的改变对载带铀的影响的结果见表 5。

由表 5 的数据看出, 随着 SO₄²⁻ 浓度的增加, Fe(OH)₃ 载带沉淀后溶液中铀的残留量是不

改变的,即 SO₄²⁻ 离子的存在对 Fe(OH)₃ 沉淀载带铀基本上没有影响(见图 4), 因为毕竟 SO₄²⁻ 与铀的络合能力还是比较弱的。

UO₂²⁺ + 2SO₄²⁻ ⇌ UO₂(SO₄)₂²⁻ 的络合常数^[6]是不大的 (K₂₅ = 7.1 × 10²), 所以对铀的 Fe(OH)₃ 载带影响不大。

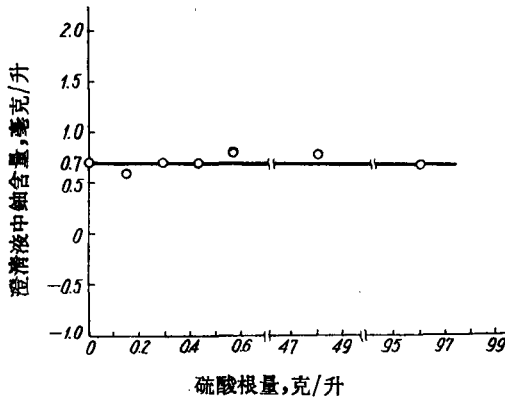


图 4 SO₄²⁻ 浓度变化对载带铀的影响

U: 70 毫克/升, Fe³⁺: 400 毫克/升, pH: 8—9 之間。

表 5 SO₄²⁻ 浓度变化对 Fe(OH)₃ 沉淀时载带铀的影响*
U: 70 毫克/升, Fe³⁺: 400 毫克/升, pH 在 8—9 之間。

SO ₄ ²⁻ 量, 毫克/升	载带后澄清液中含铀量, 毫克/升			
	I	II	III	平均
0	0.6	0.8	0.7	0.7
140	0.6	0.6	0.5	0.6
280	0.6	0.7	0.7	0.7
420	0.8	0.7	0.7	0.7
560	0.7	0.8	0.8	0.8
4.8 × 10 ⁴	0.6	0.6	0.8	0.8
9.6 × 10 ⁴	0.7	0.7	0.8	0.7

* [SO₄²⁻] 变化对铀的荧光分析无干扰影响(见附录)。

4. PO₄³⁻ 浓度的变化对 Fe(OH)₃ 沉淀载带铀的影响

在用氨水中和之前的試驗料液中, 須保持酸度在 0.1N 左右, 否則在溶液中有白色(微带点黄色)沉淀析出^[1], 影响载带的原始条件。当用氨水调节酸度到 pH 在 8—9 时, 在棕色沉淀中仍有白色沉淀一起生成。在鉄量一定和 PO₄³⁻ 量比較小的情况下, 所得之数据列入表 6。

表 6 PO₄³⁻ 浓度变化对 Fe(OH)₃ 沉淀载带铀的影响*
U: 70 毫克/升, Fe³⁺: 400 毫克/升, pH 在 8—9。

PO ₄ ³⁻ 量, 毫克/升	载带后澄清液中含铀量, 毫克/升			
	I	II	III	平均
0	0.6	0.8	0.7	0.7
70	0.7	0.7	0.8	0.7
140	0.6	0.6	0.6	0.6
210	0.6	0.6	0.6	0.6
280	0.6	0.6	0.5	0.6
350	0.5	0.6	0.5	0.5
420	0.5	0.4	0.5	0.5

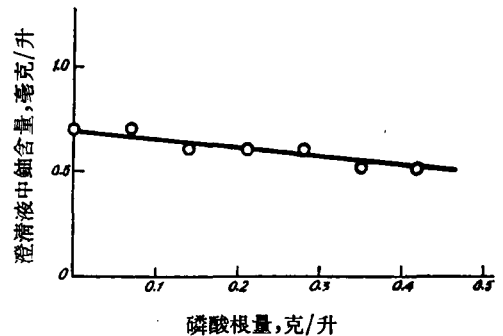


图 5 PO₄³⁻ 浓度变化对载带铀的影响

U: 70 毫克/升, Fe³⁺: 400 毫克/升, pH 在 8—9 之間。

* [PO₄³⁻] 对铀的荧光分析, 在我們的实验条件下, 基本上无影响(见附录)。

虽然 PO₄³⁻ 对 UO₂²⁺ 有一定的络合作用(络合常数为 n × 10^[6]), 但是从图 5 可見在 PO₄³⁻ 量比較低时 Fe(OH)₃ 沉淀对铀的载带效果是随着 PO₄³⁻ 离子浓度的增加而有所增加的。如果这不是实验誤差的話, 則可能是由于以下原因引起的: 即除了 Fe(OH)₃ 沉淀载带之外, 所生成的 FePO₄ 沉淀对铀也可能有载带作用, 另外在中和时 UO₂²⁺, PO₄³⁻ 和 NH₄⁺ 离子也可能生成 NH₄UO₂PO₄ 沉淀, 而使铀浓度降低。

当溶液中增加 PO₄³⁻ 量时 (1M, 鉄浓度为 0.0072M), 载带铀的效果有所降低, 这可能是

1) 該沉淀可能是磷酸鉄, 而不是铀的磷酸盐, 因为 FePO₄ 的溶度积为 1.3 × 10⁻²², 而 UO₂HPO₄ 和 NH₄UO₂PO₄ 的溶度积分别为 2.14 × 10⁻¹¹ 和 4.36 × 10⁻²⁷[7]。

由于铁被过量的磷酸根所络合的缘故。因此我们又作了下面两个实验，即 PO_4^{3-} 浓度固定为 $0.3M$ ，铁浓度分别为 $0.2M$ 和 $0.31M$ ，在 $\text{pH} \leq 7$ 时，中和该两种料液，则生成白色胶状沉淀。虽然在溶液上部同时有棕色沉淀，但搅拌之后马上又消失。当 $\text{pH} > 7$ 时，白色沉淀部分溶解而棕色沉淀随之生成。当 pH 在 $8-9$ 之间时，两种溶液中所形成的棕色沉淀量是随着原始料液中含铁浓度的增加而增加的。尽管生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀量不同，但其载带效果基本上相同。结果见表 7。

表 7 PO_4^{3-} 量和铁量的变化对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀的影响U: 70 毫克/升, pH : 8—9.

PO_4^{3-} 浓度, M	1.0	0.3	0.3
Fe 浓度, M	0.0072	0.20	0.31
澄清液中铀含量, 毫克/升	10,9	0.4,0.3	0.4,0.2

由表 7 可见，在铁量为 $0.0072M$ ， PO_4^{3-} 量为 $1M$ 时，虽然 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的溶度积 (2.8×10^{-38}) 远小于 FePO_4 的溶度积，但是，可能因 PO_4^{3-} 浓度较大铁浓度太小而生成的 FePO_4 并不能完全转变为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，以致使载带效果受到一定的影响。在后两种料液中，随着 OH^- 离子浓度的增加， FePO_4 沉淀逐渐溶解，所形成的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的量可以足够使铀被载带下去。另外可能伴随有 FePO_4 沉淀的载带和 $\text{NH}_4\text{UO}_2\text{PO}_4$ 沉淀生成的可能，故使载带效果有所增加。

因此处理含有 PO_4^{3-} 离子的铀废液时(用 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 载带)，只要铁的浓度近似于 PO_4^{3-} 的浓度，在 pH 为 $8-9$ 时即可除去溶液中的铀。

5. CO_3^{2-} 浓度变化对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀的影响

实验结果(见表 8)表明，当 $\text{CO}_3^{2-} < 0.1$ 克/升时，不影响 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 对铀的吸附；当 $\text{CO}_3^{2-} > 0.1$ 克/升时，随着溶液中 CO_3^{2-} 浓度的增加 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 载带铀显著降低，几乎成直线关系(见图 6)。这是由于 UO_2^{2+} 与 CO_3^{2-} 生成了稳定的络合物的结果。据文献[6]记载：



的平衡常数 K 为 2×10^{18} 。

由此可见，随着 CO_3^{2-} 的增加，显然是有利于生成络合物 $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{2-}$ 的，所以随着加入的 CO_3^{2-} 离子增加，母液中留下的铀量也增加。在处理带有 CO_3^{2-} 离子的废液时，应先将 CO_3^{2-} 离子去掉，否则达不到应有的效果。

表 8 CO_3^{2-} 浓度变化对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀的影响U: 70 毫克/升, Fe^{2+} : 400 毫克/升, pH : 8—9.

CO_3^{2-} 量, 毫克/升	载带后澄清液中的含铀量, 毫克/升			
	I	II	III	平均
0	0.6	0.7	0.8	0.7
70	0.7	0.8	0.7	0.7
140	0.9	0.9	0.9	0.9
175	1.9	1.9	1.8	1.9
210	3.7	3.7	3.8	3.7
280	5.0	5.0	5.0	5.0
350	7.0	7.5	7.0	7.2

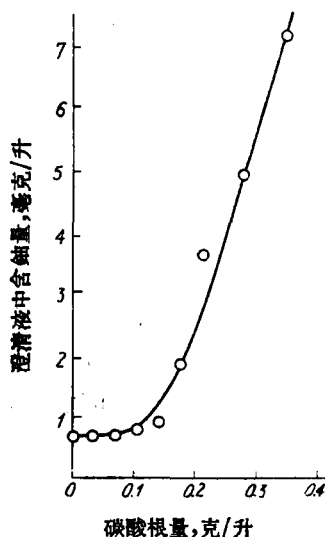


图 6 CO_3^{2-} 浓度改变对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀的影响
(U: 70 毫克/升, Fe^{2+} : 400 毫克/升, pH : 8—9)

虽然在 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀时 CO_3^{2-} 起着负的影响,然而,从铀已被 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀吸附而需要解吸时,则 CO_3^{2-} 起着正的作用。因此,我們也可以考虑用碳酸盐从载带有铀的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀中将铀解吸下来。

四、結 論

1. 在室温下用 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀,实验表明,每克铁载带 0.18 克的铀为宜(实验条件:铀含量为 70 毫克/升,铁含量为 100—900 毫克/升,溶液的 pH 在 8—9 之間)。

2. 在铁含量为 400 毫克/升、铀含量为 70 毫克/升的条件下, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀的最合适的 pH 在 7—9 之間。

3. 在上述条件下, SO_4^{2-} , PO_4^{3-} 和 CO_3^{2-} 离子对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀的影响是不一样的, CO_3^{2-} 的浓度 < 0.1 克/升时无影响,而 > 0.1 克/升时,严重地影响到铀的载带。 SO_4^{2-} 的存在对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀没有影响。 PO_4^{3-} 浓度小时对载带没有产生不良影响;而 PO_4^{3-} 浓度大时,只要相应地增加铁的量,则 PO_4^{3-} 的存在对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀载带铀也没有不良的影响。

附 录

1. 荧光法分析微量铀是最灵敏的方法之一,具有操作简单、速度快等优点。本实验用目视荧光计,用 NaF 作熔珠。NaF 球的制备,是用磨细了的 NaF 晶体,用蒸馏水调到能够粘合在一起的湿度,用标准匀取其量,在打片器中打成圆柱形,每个圆柱形球的重量应基本相同(干重为 200 毫克/个左右)。分析时将此球放在铂金丝上,取分析样品 0.05 毫升,滴在 NaF 球上,在 900°C 左右之煤气灯的氧化焰上烧至 NaF 球全熔为止,慢慢移开火焰,待冷至室温后与标准荧光球相比,测其含铀量。

因为本实验用的荧光标准球范围很小(0.1 到 10 毫克/升),所以在含铀量 < 0.1 和 > 10 毫克/升时,不能分析出具体含铀量(只能看其相对值)。又因为 0.1 到 1.0 毫克/升范围内相近两标准球之间的差为 0.1 毫克/升;而在 1.0 到 10 范围内相近两标准球之间的差为 1.0 毫克/升,所以分析数据都取其小数点后一位。因此数据的误差是难免的。

2. 在作 SO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} 条件影响实验之前,先作了这两种离子对荧光分析结果的影响,其结果如下:

(1) 用纯的 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 和在其中加入 SO_4^{2-} 离子 [SO_4^{2-} 的量为本实验中最大量,铀浓度为 5.0 毫克 U/升] 之间的比较:

	純 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$	$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 中加入 SO_4^{2-}
結果 (i)	4.5 毫克/升	6.0 毫克/升
(ii)	5.0 毫克/升	4.5 毫克/升

(2) 用纯 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 和在其中加入 PO_4^{3-} (最大量) [$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 浓度为 5.0 毫克 U/升] 之间的比较:

	純 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$	$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 中加入 PO_4^{3-}
結果 (i)	4.5 毫克/升	5.0 毫克/升
(ii)	5.0 毫克/升	4.5 毫克/升

由上可見,在我們的实验条件下,該两种离子存在所引起的误差在荧光分析误差范围之内。

参 考 文 献

- [1] C. 罗登等,铀和钍的分析化学(中译本), 32 页,地质出版社,1959.
- [2] 中国科学院原子能研究所编,放射性同位素应用知识,186 页,科学出版社,1959.
- [3] 梶各敬,名古屋工业技术试验所报告,9, № 7, 328 (1960).
- [4] 梶各敬,名古屋工业技术试验所报告,9, № 8, 387 (1960).
- [5] И. Е. Старик, Ж. неорг. хими., 3, 121—128 (1958).
- [6] В. М. Ведовенко, Химия урана и трансураниевых элементов, р. 171, 193, 197, 1960.
- [7] В. Г. Чухланцев и С. И. Степанов, Ж. неорг. хими., 1, 478 (1956).

(编辑部收稿日期 1963 年 10 月 24 日)