

碘的选择性吸附方法及其应用

I. 铜基铂对碘的吸附和解吸性能

徐新 罗学忠 肖伦

(原子能研究所)

铜基铂在 $\text{pH} \leq 6.2$ 的多种酸性介质中, 对 I^- 都有很高的吸附效率 ($>99\%$), 吸附速度快、选择性好。每立方厘米吸附剂的吸附容量约为 0.7mg 碘。淋洗收率取决于吸附碘量及淋洗碱液浓度, 在 1.5cm^3 的柱上, 对 $>80\mu\text{g}$ 的碘, 用 $10-15$ 个柱体积的 0.3N NaOH 淋洗, 可接近定量回收。产品液放化纯度 $\geq 99.9\%$; 化学纯度也高。铜基铂耐辐照性能良好, 可重复使用。适用于多居里级放射性碘的制备等多种用途。纯铜粉对 I^- 的吸附和解吸规律与铜基铂相同, 唯吸附容量、抗干扰等性能较差。

关键词 无机色层法, 选择性吸附, 放射性碘, 分离制备, 铜, 铂。

一、引言

多种放射性碘同位素 (^{123}I 、 ^{125}I 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{132}I 等) 在核医学、核工业、核动力安全、环境科学等领域的重要性是众所周知的。而至今, 碘化学, 尤其是无载体放射性碘的化学中, 还有许多课题亟待深入研究^[1-4]。

碘的放化分离方法很多^[5], 如萃取^[6]、蒸馏、干馏等。在生产制备上尤以蒸馏、干馏法应用最多^[5,7]。但这些传统方法均存在一定问题。

1961年, G. Tóth^[8] 发现铂金属表面能从溶液中吸附无载体放射性碘。此后, 若干作者曾相继尝试发展这种选择性吸附法^[9-12]; 其中, H. Arino 和 H. H. Kramer^[12] 在1976年发展的镀铂铜粒显示了较好的性能。但由于收率、体系相容性等重大问题没有解决, 因而至今未能在实际中应用。此后, 未见有新的报道。

本工作旨在深入研究若干吸附剂对碘的选择性吸附现象及其规律, 进而发展应用技术。本文主要研究铜基铂吸附剂的有关性能。通过实验研究, 我们找到并解决了铜基铂吸附法的关键问题, 顺利完成了几个实际体系的模拟试验。实验结果表明铜基铂吸附法是一种选择性好、适应性强、简便快速、可在多个领域应用的放化分离方法。

1982年6月29日收到。

二、实 验

试验所用试剂,除另有说明者外,均为分析纯;水为去离子水。

1. 铜基铂吸附剂的制备 铜粉(纯度 $>99\%$)筛分后,取50g所需粒度的铜粉(大部分实验采用150—200mesh,堆积密度约 $2.5\text{g}/\text{cm}^3$),加入30ml 1N H_2SO_4 及4ml浓度为 $50\text{mgPt}/1\text{ml } 2\text{N HCl}$ 的 H_2PtCl_6 溶液,时加搅拌,自电解15min,倾去上层液后以水倾洗数次。加入30ml 1N NaOH及1g硫酸肼粉末,在 70°C 水浴中加热30min。倾洗数次后贮存在水中备用。这样制得的铜基铂吸附剂外观疏松,堆积密度 $1.5\text{—}2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2. 放射性料液 ^{125}I 、 ^{131}I 为本所产品,用水稀释成约 $1\text{mCi}/\text{ml}$ 的溶液备用。 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr — ^{90}Y 为英国放化中心产品。

3. 吸附柱及放射性测量方法 本工作的多数实验采用 $\phi 7\times 38\text{mm}$ 柱子,柱床体积(V_c)为 1.5cm^3 。实验装置与一般柱层法类同。用带 β/γ 探头的仪器连续监督和记录吸附、洗涤和淋洗过程。为准确测量吸附和淋洗效率,流出液再分段收集于小瓶中,然后用塑料闪烁体探头进行相对测量,结果的可靠性可用带井型高压电离室的CRC-30核素强度仪进行核对。比对表明,在选定的几何条件下,相对测量的误差不大于 $\pm 2\%$;瓶内液体体积不同($1.5\text{—}10\text{ml}$)所引起的误差也在 $\pm 2\%$ 之内。

4. 杂质分析方法 流出液中的铜含量用1%8-羟基喹啉溶液(用0.8M醋酸配制)来检测,在稀碱介质中,试管目视法的检测灵敏度约为 $5\mu\text{gCu}/5\text{ml}$ 。碲含量用0.1M Na_2S 来检测,在稀酸介质中,试管目视法的检测灵敏度约为 $2\mu\text{gTe}/2\text{ml}$ 。

冷产品液的化学纯度用等离子发射光谱法测定。碘的放化纯度用纸层法鉴定,用75%甲醇上行展开,以 AgNO_3 溶液固定后进行色层扫描,并在铅室中分段测量。

三、实 验 结 果

1. 动态吸附曲线和吸附容量 我们的实验表明,在稀酸介质中,所有高价态的碘(I_2 , IO_3^- , IO_4^- 等)都可被 Na_2SO_3 迅速还原为 I^- ,所以实验都用 I^- 来进行。在吸附料液中,都含有0.1%以上的 Na_2SO_3 。为使数据更加实用,测定容量前,柱子均预先经几次吸附-解吸(0.1N H_2SO_4 中吸附—0.3N NaOH解吸)循环。

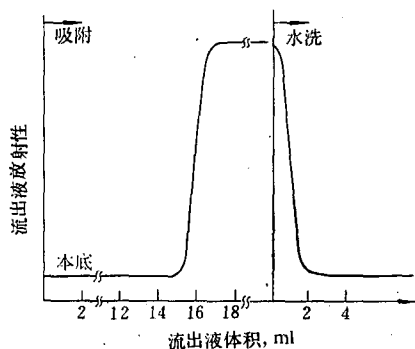


图1 铜基铂柱的动态吸附曲线
 $V_c 1.5\text{cm}^3$; 铜粉粒度150—200mesh;
介质0.1N H_2SO_4 , 每毫升吸附液含 $65\mu\text{g}$
 I^- 、 $1\text{mgNa}_2\text{SO}_3$ 、适量 ^{125}I 。

图1是典型的吸附曲线。由图1求得柱的漏穿及饱和吸附容量分别为0.98和 1.04mg 碘,即150—200mesh的铜基铂在常规循环中的吸附容量约为 $0.7\text{mgI}^-/\text{cm}^3$ 吸附剂。大量实验表明,吸附容量与铜粉粒度、制备处理方法、吸附介质等因素有关。部分有关数据列于表1。

表1 铜基铂的动态吸附容量

柱 号	柱 直 径, mm	柱 高, mm	铜 粉 粒 度, mesh	吸附容量, mgI ⁻ /cm ³ 吸附剂
1	$\phi_{(上)}16, \phi_{(下)}8$	40	50—100	0.38, 0.76*
2	7	38	150—200	0.70
3	7	38	150—200	0.80

* 柱1用50 ml 1N NaOH 流洗后的容量。

2. 吸附介质酸度对吸附效率及总收率的影响 本文所称的总收率(f)等于吸附效率(f_a)与淋洗收率(f_e)的乘积, 均由测量各部分溶液中示踪剂¹³¹I或¹²⁵I的放射性求得。

我们的实验表明, I⁻的吸附可以在硫酸、柠檬酸、酒石酸、磷酸缓冲液等多种介质中进行。吸附效率在吸附容量范围内与总碘量无关。介质酸度对吸附效率及总收率的影响示于表2及图2。

表2 吸附液酸度对吸附效率、总收率的影响

介质酸度 (H ₂ SO ₄ 浓度或pH)	1N	0.1N	0.01N	pH3.5	pH5.5 ⁽²⁾	pH6.2 ⁽³⁾	pH7 ⁽⁴⁾
吸附效率, %	>99	>99	>99	>99	>99	99	~96
总收率 ⁽¹⁾ , %	>99	>99	>99	>99	98	76	56

(1) 碘量在230 μ g以上, 10V_c的0.3N NaOH 淋洗液中获得收率;

(2) 去离子水; (3) 0.1M磷酸盐缓冲液, 吸附后水洗液中放射性约0.1%;

(4) H₂SO₄+Na₂SO₃, 吸附后水洗时, 有10%以上的放射性进入水洗液。

由表2及图2可见, 当pH $\leq$ 6.2时, 吸附几乎是定量的。对于经过柱子纯化的I⁻, 吸附效率可 $\geq$ 99.95% (表3)。当pH $<$ 5.5时, 用10—15V_c的0.3N NaOH 淋洗, 总收率也几乎是定量的。

表3 铜基铂对纯I⁻的吸附效率

实 验 序 号	1	2	3	4	5	6
吸附液总放射性, $\times 10^4$ cpm	9.20	11.2	6.71	10.4	8.73	13.3
吸附流出液放射性, cpm	34 $\pm$ 18	20 $\pm$ 30	18 $\pm$ 18	20 $\pm$ 20	20 $\pm$ 20	20 $\pm$ 20
吸附效率, %	99.96	99.98	99.97	99.98	99.97	99.98
平均吸附效率, %	99.97 $\pm$ 0.02					

3. 碘的淋洗收率与吸附碘量、淋洗剂浓度的关系 在有关的文献^[10-12]中, 都没有给出分离无载体放射性碘的淋洗收率数据。我们的实验表明, 通常实验所用量的无载体放射性碘 ($\leq 1\text{mCi}$, 化学量 $\leq 50\text{ng}$), 虽然也可定量地吸附在铜基铂柱上, 但解吸却十分困难。这可能就是阻碍这种方法在实际中应用的关键问题之一。经过研究, 我们发现, 淋洗收率极大程度上依赖于吸附的总碘量 (图 3、4、5), 以及淋洗碱液的浓度 (图 6)。

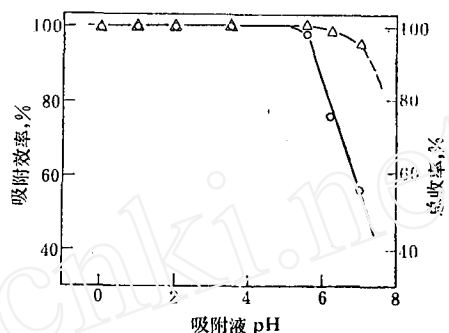


图2 介质酸度对吸附效率及总收率的影响
碘量 $\geq 230\mu\text{g}$, $10V_c 0.3N\text{NaOH}$ 淋洗;
 Δ —吸附效率; $\circ$ —总收率。

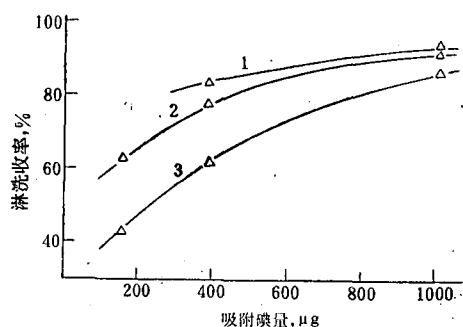


图3 淋洗收率与吸附碘量的关系
 $V_c 1.5\text{cm}^3$; 淋洗液 $0.1N\text{NaOH}$;
1— $10V_c$; 2— $7V_c$; 3— $3V_c$ 。

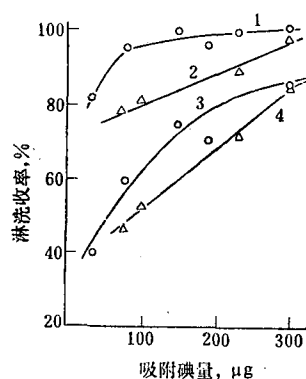


图4 淋洗收率与吸附碘量的关系
 $V_c 1.5\text{cm}^3$; 淋洗液 $0.3N\text{NaOH}$;
1,2— $10V_c$; 3,4— $3V_c$;
 Δ —未经柱纯化过的碘;
 $\circ$ —经柱纯化过的碘。

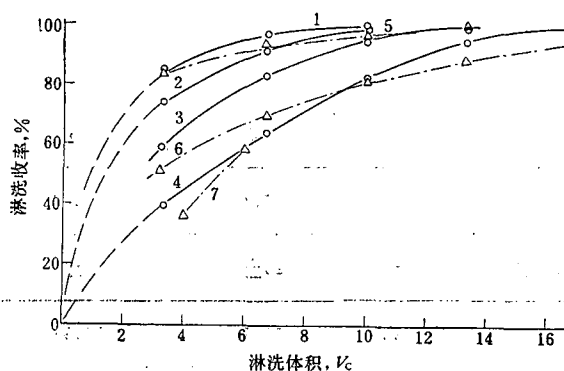


图5 淋洗收率与吸附碘量、淋洗体积的关系

淋洗液 $0.3N\text{NaOH}$; $\circ$ —经柱纯化过的碘; Δ —未经柱纯化的碘; 碘量: 1— $300\mu\text{g}$; 2— $150\mu\text{g}$; 3— $80\mu\text{g}$; 4— $35\mu\text{g}$; 5— $300\mu\text{g}$; 6— $100\mu\text{g}$; 7— $<0.1\mu\text{g}$ 。

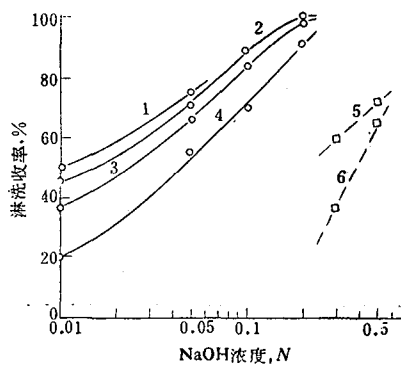


图6 淋洗剂 NaOH 浓度对淋洗收率的影响

$V_c 5\text{cm}^3$; 碘量: 1,2,3,4均为 $1-2\text{mg}$; 5,6— $<1\mu\text{g}$; 1— $8V_c$, 2— $6V_c$; 3— $4V_c$; 4— $2V_c$; 5— $6V_c$; 6— $4V_c$ 。

由图 3、4、5 可见, 对于一定 V_c 的柱子, 吸附碘量越大, 一定体积的淋洗所得收率越高。碘量相同时, 未经柱分离纯化过的碘收率较低。这也表明了放射性碘存在形态的复杂性。图 6 表明, 一定体积的淋洗液中所获得淋洗收率近似地与淋洗剂 NaOH 浓度的对数成线性关系; NaOH 浓度越大, 收率越高。

对于 $V_c=1.5\text{cm}^3$ 的柱子和 0.3N NaOH 淋洗液, 如果处理碘量 $>80\mu\text{g}$, 则 $10V_c$ 淋洗液所得收率可达 90—95% 以上 (对于纯 I^- , 见图 5)。典型的淋洗曲线如图 7 所示。

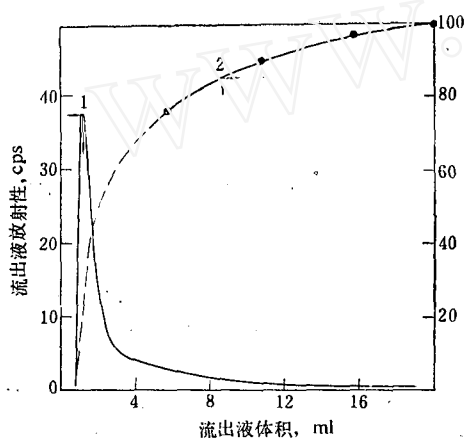


图 7 碘的淋洗曲线
 $V_c 1.5\text{cm}^3$; $\text{I}^- 230\mu\text{g}$; 淋洗液 0.3N NaOH;
1——淋洗曲线; 2——收率。

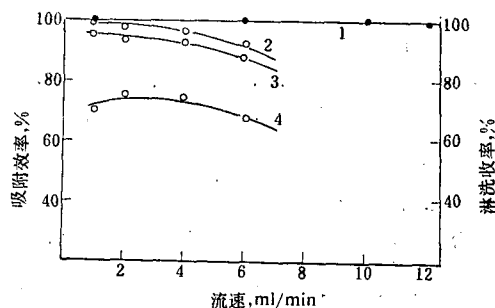


图 8 流速对吸附效率及淋洗收率的影响
柱 $\phi 7 \times 38\text{mm}$, 150—200 mesh; ●——吸附效率;
○——淋洗收率; 2—— $15V_c$; 3—— $10V_c$; 4—— $3V_c$ 。

4. 流速的影响 在 $\phi 7 \times 38\text{mm}$ 、150—200 mesh 的柱上, 吸附流速增至 12ml/min 未见吸附效率有明显降低 (图 8)。在 $\phi 2.1 \times 55\text{mm}$ 、200—300 mesh 的微型柱上, 线速度曾达到 $90\text{ml}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$, 吸附效率仍为 99.9%。这时, 溶液与吸附剂的平均接触时间 $< 3\text{s}$, 可见吸附过程很快。这对处理大体积料液十分有利。

淋洗时, 流速大于 $10\text{ml}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 时, 淋洗峰开始变宽, 一定体积淋洗液内的收率略有下降 (图 8)。因为淋洗体积最多仅为 10—15 个 V_c , 所以淋洗过程一般不超过 10 min。

5. 其它离子的影响 我们试验过的离子及其浓度列于表 4。实验结果表明, 这些离子对碘在铜基铂上的吸附效率和淋洗收率没有明显影响, 总收率均 $> 99\%$ 。

表 4 实验时加入的若干离子及浓度

离子	Na^+	K^+	Cs^+	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Al^{3+}	$\text{Sb}(\text{III})$	SO_3^{2-}	PO_4^{3-}	TeO_4^{2-}	Cit^{3-}	Tar^{2-}
实验浓度, g 离子/l	0.6	0.4	0.01	0.25	0.25	0.25	0.08	0.04	0.2	0.1	0.3	0.4	0.05

Cit^{3-} ——柠檬酸根; Tar^{2-} ——酒石酸根。

在含有足量 Na_2SO_3 的微酸性 ($\text{pH} 4-5$) 介质中, NO_3^- 、 Cl^- (分别为每升 0.2、0.4 克离

子)对碘在铜基铂上的吸附、解吸也没有明显影响。大量的 Br^- (~每升 1 克离子) 可使吸附、解吸效率大大降低 ($f_a \sim 60\%$, $f_e \sim 50\%$); 当有 0.1g 离子/l 的 SCN^- 或 S^{2-} 存在时, I^- 就不被吸附 ($f_a \sim 0\%$)。但它们对下一循环吸附并无影响。

6. 对若干元素的分离(去污)因数 将含有某种待分离元(核)素的料液通过新装的吸附柱,洗柱后用 $20V_c$ 以上的 $0.3N\text{NaOH}$ 淋洗;测定淋洗液中该元(核)素的总量或放射性,由于 I^- 的总收率 ≈ 1 ,故投料量与进入淋洗液的量之比即为方法对该元(核)素的分离(去污)因数。实验结果列于表 5。

表 5 铜基铂吸附法对若干对象的分离(去污)因数

分离对象	Al	Te(VI)	Sb(III)	^{137}Cs	^{90}Sr — ^{90}Y
实验量, g	10^{-1}	10^0	10^{-1}	10^{-4}	$\text{Sr}10^{-4}, \text{La}10^{-4}$
分离因数	$>5 \times 10^4$	$>10^5$	$>5 \times 10^4$	$>10^3$	$>4 \times 10^4$

由于可以使用酒石酸氢钾溶液洗柱,所以对大多数普通金属,该方法都可以达到很高的分离(去污)因数。

7. 柱子的重复使用性及铜基体的溶解情况 在淋洗后,用水洗去碱液,铜基铂柱就可以重新开始吸附,无需特别的再生处理。柱子循环使用数十次后,其吸附效率、淋洗收率及外观均无明显变化。

在实验条件下,不同浓度的 H_2SO_4 和 NaOH 溶液通过柱子时铜的溶出情况如图 9 所示。

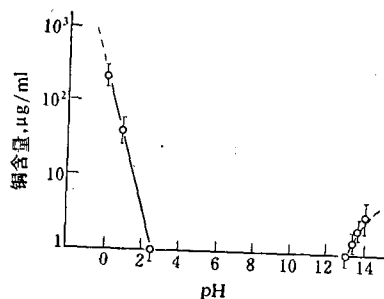


图 9 不同浓度的 H_2SO_4 和 NaOH 溶液过柱后的含铜量

由图 9 可见,在 H_2SO_4 、 NaOH 体系中, pH 在 2.5—13.5 范围内,铜基体的溶解甚微。作为药用产品,重金属含量规定 $< 5\mu\text{g/ml}$ (参见中国药典对葡萄糖注射液的规定),所以稀碱淋出液不必通过进一步的除铜处理。

强酸性溶液对铜的溶出显著,故应尽可能在低酸度下进行吸附操作。综合起来考虑, pH 2—5.5 是推荐的最佳吸附范围。

8. 淋洗产品液的纯度 让含有克级碲(VI)及数百毫克铝的料液过柱,用水洗柱后以 $0.1N\text{NaOH}$ 淋洗(多量钠的存在干扰其它元素的光谱测定),所得冷产品液的化学纯度用等离子发射光谱法进行分析,结果列于表 6。

表 6 冷产品液的化学纯度

元 素	Al	As	Cu	Fe	Pb	Pt	Te
含量, $\mu\text{g/ml}$	0.2	0.2	0.36	< 0.06	0.6	0.06	0.96

由表 6 可见,淋洗产品液的化学纯度较高,吸附材料 Cu、Pt 的溶出很小,无需进一步处理。预先用常规的试管目视法估测的 Cu、Te 含量与此相符,说明常规试管目视法是可靠的。

由铜基铂选择吸附法得到的 ^{125}I , I^- 峰以外的放化杂质 $\leq 0.1\%$, 放置两个月后也仅为 $0.6 \pm 0.5\%$ 。由此可见产品液中碘的放化纯度是高的,而且在稀碱介质中可长期稳定。

9. 铜基铂吸附剂的耐辐照性 实验表明,铜基铂柱经剂量率为 $6.5 \times 10^5 \text{ rad/h}$ 、总剂量为 $1 \times 10^8 \text{ rad}$ 的 ^{60}Co γ 辐照后,对碘的吸附容量、吸附效率及淋洗收率均没有发生任何明显的变化,表 1 中的柱 3 即是经过 $1 \times 10^8 \text{ rad}$ 辐照的。吸附了 $230 \mu\text{g I}^-$ 的柱子,经 $1 \times 10^8 \text{ rad}$ 辐照后,用含 Na_2SO_3 的微酸性溶液洗柱,用碘离子选择电极测定其中的 I^- (两次添加法),没有迹象表明有碘 ($< 1 \mu\text{g}$) 脱吸下来。

在用于实际分离时,例如用于制备 ^{125}I 时,饱和吸附了 ^{125}I 的铜基铂吸附剂所受的辐照剂量率 $< 9 \times 10^5 \text{ rad/h}$ 。

10. 铜基铂与铜粉性能的比较 文献 [12] 曾指出,铜粒也可吸附碘。我们的实验表明,铜粉对 I^- 的吸附和解吸规律与铜基铂完全类似。所不同的是,纯铜粉的吸附容量较小,抗干扰性较差,吸附容量易受其它离子的影响。例如,每立方厘米 150—200 mesh 的铜粉,在 $0.1 \text{ N H}_2\text{SO}_4$ 介质中的吸附容量为 $\sim 0.3 \text{ mg I}^-$ (按每克吸附剂计约为铜基铂的 1/3),当有 0.4 、 0.5 、 1.0 M 的 Cl^- 存在时,就分别降为 80 、 70 、 $0 \mu\text{g I}^-$,吸附效率也随之降低。当有 Al 存在时,其漏穿容量也有下降趋势。

关于此类吸附剂对碘的吸附机制,还有待进一步深入研究。

四、结 论

1. 在 $\text{pH} \leq 6.2$ 的硫酸、柠檬酸、酒石酸等多种酸性介质中,铜基铂对 ng 至 mg 级的碘 (I^-) 都有很高的吸附效率 ($\geq 99\%$),吸附速度很快 ($< 3 \text{ s}$),选择性很高。

2. 根据粒度及制备、处理方法不同, 1 cm^3 铜基铂吸附剂在 H_2SO_4 介质中对碘的动态吸附容量约为 0.4 — 0.8 mg ,相当于约 10Ci 的 ^{125}I 或约 20Ci 由天然铀靶制得的 ^{131}I [13]。所以,一个 1 — 2 cm^3 的小柱即能用于多居里级放射性碘的制备、生产。

3. 淋洗效率主要决定于柱上吸附的碘量及所用淋洗剂 NaOH 的浓度。对于 1.5 cm^3 的柱子,当碘量 $> 80 \mu\text{g}$ 时,用 10 — 15 个 V_c 的 0.3 N NaOH 淋洗可几乎达到定量回收。

4. 许多实验事实 (大量 Na_2SO_3 的存在有利于吸附,纯 I^- 的吸附效率 $\geq 99.95\%$,等等) 提示,碘是以碘化物形式吸附于铜基铂上。淋洗所得的碘价态单一 (I^-),放化纯度 $\geq 99.9\%$;产品可长期稳定,2 个月后放化纯仍 $> 99\%$ 。

5. 铜基铂有相当好的化学稳定性,稀碱淋洗液中 $\text{Cu} \leq 1 \mu\text{g/ml}$, $\text{Pt} \approx 0.06 \mu\text{g/ml}$,无需进一步处理;吸附剂耐辐照,未发现永久致毒物,可长期反复使用。

五、展 望

作者认为,铜基铂选择吸附法是一种很好的分离放射性碘的无机色层方法。用于多居里级放射性碘的分离制备,它与现今应用最多的蒸馏 (干馏) 法相比,具有简单快速、收率几

乎定量、放化纯度及放射性比浓度高、环境污染小等优点。例如,用这种方法制备 ^{125}I ,可以制得比浓度 1Ci/ml 以上、且不含还原剂的产品。

除了生产制备多居里级放射性碘以外,在裂片提碘、标记物纯化、动力堆冷却水及废水除碘、极低浓度碘的分离分析、环境监测等方面,碘的选择性无机色层法也可能得到应用。

我们由天然氙气靶制备 ^{125}I ,由含碲靶制备 ^{131}I 及由铈靶制备 ^{123}I 的模拟流程实验已获成功,吸附效率、淋洗收率及分离因数均很满意。

潘金娣、王世明同志参加了前期的部分准备工作,陈素贞、罗成、贾桂华、董桂芝、秦凤洲、董连方等同志在分析、测量、辐照、制靶等方面给予热心帮助,作者在此谨致衷心谢意。

参 考 文 献

- [1] Tetsuo Hashimoto et al., *J. Nucl. Sci. Technol.*, **7** (2), 92 (1972).
- [2] M. Nakashima et al., *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **32**, 397 (1981).
- [3] Lin Chien-Chang, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **42**, 1101 (1980).
- [4] L. Jirousek, *J. Radioanal. Chem.*, **65**, 139 (1981).
- [5] IAEA, The Radioisotope Production and Quality Control, Vienna, p. 227, 1971.
- [6] M. Kahn, A. C. Wahl, *J. Chem. Phys.*, **21**, 1185 (1953).
- [7] H. Michael et al., *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **32**, 581 (1981).
- [8] G. Tóth, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **19**, 186 (1961).
- [9] Lin Chien-Chang et al., *J. Atomic Energy Soc. Japan*, **5**, 187 (1963).
- [10] F. N. Case et al., ORNL Report No. 3840 (1966).
- [11] G. Tóth, *Radiochem. Radioanal. Lett.*, **7**, 57 (1971).
- [12] H. Arino, H. H. Kramer, *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **27**, 637 (1976).
- [13] H. Arino, H. H. Kramer, *Nucl. Applications*, **4**, 356 (1968).

A SELECTIVE ADSORPTION METHOD FOR IODINE AND ITS RADIOCHEMICAL APPLICATIONS I. THE ADSORPTION AND DESORPTION OF IODINE ON COPPER BASED PLATINUM ADSORBENT

XU XIN LUO XUEZHONG XIAO LUN

(Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275, Beijing)

In this paper a selective adsorption and desorption on copper based platinum adsorbent (CBPA) of radioiodine is studied.

I^- can be adsorbed on CBPA in the media like sulfuric, citric or tartaric acid at $\text{pH} \leq 6.2$. The adsorption capacity is $\sim 0.7 \text{ mg/cm}^3$ CBPA (150—200 mesh) in the usual cycles. In the presence of enough Na_2SO_3 , the adsorption efficiency is $\geq 99.95\%$ before the break-

through. The adsorption takes place in <3 seconds, permitting a flow rate of up to $90 \text{ ml/cm}^2 \cdot \text{min}$, while in elution, the flow rate should not exceed $10 \text{ ml/cm}^2 \cdot \text{min}$ to avoid longer tailing.

The elution efficiency depends greatly on two factors: the amount of I^- adsorbed and the concentration of NaOH in the eluant. Through the 1.5 cm^3 column, for $>80 \mu\text{g I}^-$ and with $10-15 V_c$ of $\geq 0.3 N$ NaOH , the recovery is nearly quantitative.

Na^+ , K^+ , Cs^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , Sb(III) , and SO_3^{2-} , PO_4^{3-} , TeO_4^{4-} , citrate, tartarate etc., and NO_3^- , Cl^- as well (in the pH range of 4—5.5 and with enough Na_2SO_3 present), exhibit no apparent effect on either adsorption or desorption of I^- . The presence of large quantity of Br^- interferes both processes. The separation (or decontamination) factors for Al , Te(VI) , Sb(III) are $>10^3-10^5$.

In $0.1 N$ NaOH eluate, the contents of absorbent material (Cu and Pt) and other impurities are all $<1 \text{ ppm}$, and the radiochemical purity of radioiodine in the product is $\geq 99.9\%$, with no reducing agent in it.

The column can be used repeatedly. A dose of 1×10^8 rads of ^{60}Co γ -rays has no effect on the effectiveness of the CBPA.

This inorganic selective adsorption method might find applications in many fields.

Key words Inorganic chromatography, Selective adsorption, Radioiodine, Separation and production, Copper, Platinum.

(上接第37页, Continued from p.37)

tion can be enhanced with the addition of ammonium phosphate which is best suited for fluorescence enhancement.

The detection limit of uranium is 0.02 ppb in $0.3 M \text{ H}_3\text{PO}_4-1.0 M \text{ NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ medium, and better than 0.01 ppb in $0.01 M \text{ Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -pH 7.2 phosphate buffer medium.

The lifetime of uranium fluorescence is $216 \mu\text{s}$ in orthophosphoric acid medium and about $50 \mu\text{s}$ in ammonium phosphate or sodium pyro-phosphate medium. When the medium is fixed, the fluorescence intensity is directly proportional to the fluorescence lifetime.

The effects of the interference of nineteen ions on the determination of uranium are measured, and it is found that most of the ions have no interference. However, Fe , Pb , Mn interfere moderately, whereas Ag interferes strongly.

Key words Laser induced fluorescence spectrometry, Uranium, fluorescence intensity, fluorescence lifetime, phosphoric acid and phosphate.