

بررسی و ارتقاء بهره‌های بازیابی مراحل متنوع تخلیص شیمیایی ایزوتوپ غنی شده روی-۶۴ با

استفاده از ردیاب رادیوایزوتوپ روی-۶۵

INC29-1139

بهروز شیرازی تیرانی*، علیرضا گرائیلی، امین دیانتی، امیر حمیدی

پژوهشکده فیزیک و شتابگرها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۳۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران - ایران

چکیده:

در این تحقیق علمی از ردیاب رادیوایزوتوپ روی-۶۵ برای اندازه‌گیری بهره شیمیایی مراحل شش‌گانه تصفیه ایزوتوپ غنی شده روی-۶۴ استفاده گردید. بعد از افزودن مقدار قابل ردیابی از محلول رادیوکتیو تولید شده رادیوایزوتوپ روی-۶۵ به محلول اولیه، کلیه مراحل تصفیه و تخلیص شیمیایی مطابق با روند معمول انجام گردیدند ولی در انتهای هر مرحله و پیش از انجام مرحله بعدی، مجدداً نمونه‌گیری برای تعیین میزان اکتیویته رادیوایزوتوپ روی-۶۵ انجام گردیدند. بر مبنای اطلاعات به دست آمده بهره کل بازیابی برای ایزوتوپ روی-۶۴ معادل ۷۹/۹۸ درصد به دست آمد. و نیز مقدار در صد تلفات این ایزوتوپ در انتهای مرحله ته‌نشست الکتریکی (الکترولیز) ۶/۴، تبدیل فرم شیمیایی ۲/۴۷، جداسازی کروماتوگرافی رزینی ۶/۰۱، و رسوب‌گیری ۵/۱۴ به دست آمدند.

کلیدواژه‌ها: ایزوتوپ غنی شده روی-۶۴ - رادیوایزوتوپ روی-۶۵ - ردیاب، تصفیه شیمیایی - بهره بازیابی

Investigating and improvement of the recovery efficiency of various stages of chemical purification of enriched Zn-64 isotope by using Zn-65 radioisotope tracer

Behrouz Shirazi Tirani*, Alireza Grayeli, Amin Dianati, Amir Hamidi

Physics and Accelerators Research School, Nuclear Science & Technology Research Institute, P.O.BOX: 11365-3486., Tehran, Iran.

Abstract:

In this scientific research, Zn-65 radioisotope tracer was used to measure the chemical yield of the six stages of Zn-64 enriched isotope purification. After adding a traceable amount of the radioactive solution produced by radioisotope Zn-65 to the initial solution, all chemical purification and purification steps were carried out according to the usual process, but at the end of each step and before the next step, re-sampling was done to determine the amount of activity. Zn-65 radioisotope were performed. Based on the obtained information, the total recovery rate for Zn-64 isotope was equal to 79.98%. Also, the percentage loss of this isotope at the end of the electrolysis stage was 6.4, chemical form conversion 2.47, resin chromatography separation 6.01, and sedimentation 5.14.

Keywords: Enriched zinc-64 isotope, Zinc-65 radioisotope, tracer, chemical purification, recovery interest.

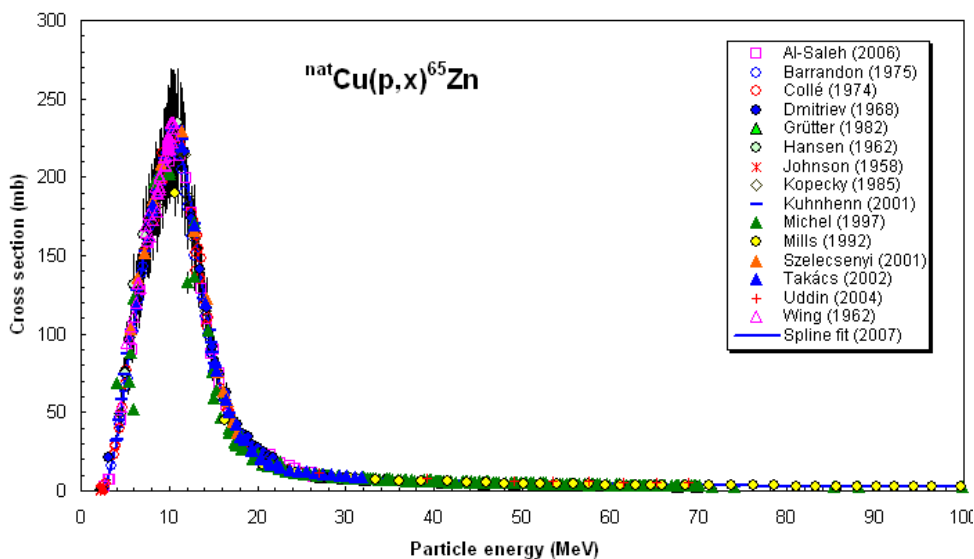
۱. مقدمه:

استفاده از رادیویزوتوپ‌ها به‌عنوان ردیاب و به این واسطه مطالعه و ارتقاء مراحل شیمیایی و رادیوشیمیایی در مراحل مختلف پروسه‌های تحقیقاتی و صنعتی مرتبط (به دلیل عدم تفاوت در رفتار شیمیایی بین ایزوتوپ‌های پایدار و رادیویزوتوپ‌های یک عنصر مشخص) امروزه یکی از مهم‌ترین روش‌های مورد اطمینان، سریع و کم هزینه است. ایزوتوپ غنی شده روی-۶۴ پس از گذراندن مراحل شش‌گانه پرهزینه تخلیص شیمیایی ذیل، به فرم اکسید روی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱-۳].

۱. بازیابی ایزوتوپ روی-۶۴ از سطوح داخلی کلکتور مسی آن توسط شستشو با محلول ۵۰٪ اسید نیتریک،
 ۲. حذف ناخالصی شیمیایی عمده مس از محلول ایزوتوپ روی-۶۴ توسط عملیات ته‌نشست الکتریکی،
 ۳. تغییر فرم شیمیایی نیترات ایزوتوپ غنی شده روی-۶۴ به کمپلکس کلرات و پرکلرات روی-۶۴،
 ۴. حذف ناخالصی‌های شیمیایی از جمله Ni, Mn, Co, Cu, Fe, Cr با ستون رزینی تبادل یونی آنیونی،
 ۵. ته‌نشین کردن محصول توسط کیلات دهنده آلی و جمع‌آوری رسوبات به دست آمده،
 ۶. تبدیل فرم شیمیایی محصول به اکسید روی-۶۴ تحت دمای ۷۰۰°C به مدت هفت ساعت.
- مطالعه بهره شیمیایی برای افزایش بازیابی ایزوتوپ غنی شده روی-۶۴ ضروری است. بنابراین بهره تک‌تک آن مراحل با استفاده از ردیاب رادیویزوتوپ روی-۶۵ به‌منظور ارتقاء بهره کلی تولید به بالاتر از ۷۵ درصد موردسنجش قرار گرفت. لذا با افزایش این ردیاب به محلول اولیه تولید (محلول اسیدی حاصل از شستشوی کلکتور مسی ایزوتوپ روی-۶۴)، و اندازه‌گیری مقدار اکتیویته روی-۶۵ که به‌عنوان نماینده مقدار کل فلز روی در تمام مراحل تصفیه شیمیایی است، بهره بازیابی شیمیایی ایزوتوپ غنی شده روی-۶۴ در تمام آن مراحل به دست آمد.

۲. روش کار:

۱-۲- تولید و تخلیص رادیوشیمیایی رادیویزوتوپ روی-۶۵ به‌عنوان ردیاب (Tracer):
 برای تولید رادیویزوتوپ روی-۶۵ و تخلیص شیمیایی و رادیو شیمیایی زیاد آن به‌منظور استفاده به‌عنوان ردیاب (Tracer)، باید از واکنش هسته ای $^{65}\text{Zn}(\text{p}, \text{x})^{65}\text{Cu}$ و نیز مراحل جداسازی شیمیایی بخصوصی استفاده گردد. در این روش و مطابق با نتیجه ۱۶ گروه تحقیقاتی (شکل ۱) که همگی یک واقعیت را اثبات نموده‌اند، اهدافی خاص از فلز مس برای مدت کوتاهی مورد بمباران پروتونی با انرژی ۱۲/۵ میلیون الکترون‌ولت قرار می‌گیرند [۳-۶].



شکل ۱. نمودار چگونگی راندمان واکنش هسته ای $^{65}\text{Zn}(\text{p}, \text{x})^{65}\text{Cu}$

پس از انجام بمباران پروتونی، هدف مسی بمباران شده به سلول داغ اولیه منتقل و برای مدت دو هفته یا کمتر در گوشه‌ای برای سپری شدن زمان سرد شدن و نابودی اکثر ناخالصی‌های رادیواکتیو، نگهداری می‌شود. در ادامه هدف مسی بمباران شده به آزمایشگاه عملیات جداسازی رادیوشیمیایی منتقل و مراحل ذیل به ترتیب به انجام می‌رسند [۴، ۵].

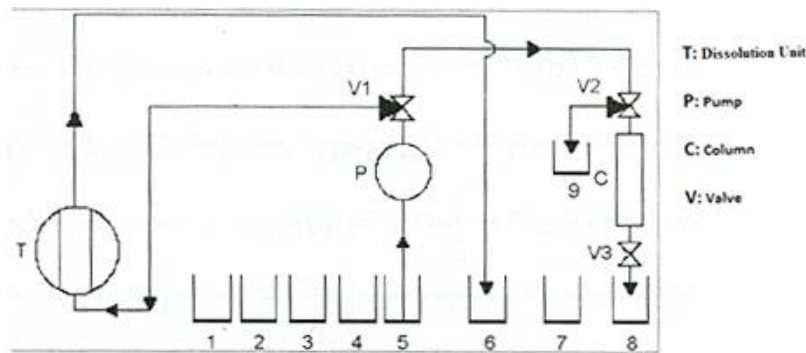
۱-۱-۲ سطح بمباران شده هدف مسی توسط حجم مناسبی از اسید کلریدریک ۹ نرمال که با چند قطره اکسید کننده پروکسید هیدروژن مخلوط شده است، با دقت حل شده و محلول حاصل آماده ورود به مرحله بعد می‌گردد.

۱-۲-۲ محلول حاوی لایه مسی بمباران و حل شده مرحله قبل با سرعت تقریبی ۳ mL/Min. از روی یک ستون پلکسی گلاس حاوی رزین تبادل یونی Dowex 1x8 100-200 mesh in Cl⁻ form عبور داده می‌شود. لازم به یادآوری است که ستون رزینی مذکور دقیقاً قبل از عبور محلول رادیواکتیو با عبور دادن 30 mL محلول اسید کلریدریک ۶ نرمال آماده خواهد بود.

۱-۳-۲ با عبور دادن ۱۵۰ mL محلول اسید کلریدریک ۰/۰۵ نرمال از درون ستون رزینی با سرعت عبور مشابه رادیوایزوتوپ روی-۶۵ به صورت کمپلکس در محلول زیر ستون مذکور بازیابی می‌شود.

۱-۴-۲ برای بازیابی کامل رادیوایزوتوپ روی-۶۵، خنثی‌سازی و نیز عاری شدن ستون رزینی از محلول اسیدی در مرحله آخر ۳۰ mL آب مقطر از درون این ستون رزینی عبور داده و محلول زیر ستون به محلول مرحله قبل افزوده می‌شود.

۱-۵-۲ کل حجم محلول دو مرحله قبل برای افزایش اکتیویته ویژه رادیوایزوتوپ روی-۶۵ به یک بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل و در درجه حرارت تقریبی ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا حجم ۵۰ میلی‌لیتر تبخیر می‌شود [۵].



شکل ۲. نمودار شماتیک دستگاه نیمه اتوماتیک عملیات جداسازی رادیوشیمیایی

۲-۲-۲ بازیابی ایزوتوپ روی-۶۴ از درون پاکت مسی جمع‌آوری کننده آن: در طی یک عملیات شستشو دستی، سطوح داخلی پاکت مسی ایزوتوپ روی-۶۴ با محلول ۵۰٪ اسید نیتریک (با درجه خلوص بالا) شسته و یک محلول اسیدی حاوی ایزوتوپ روی-۶۴ حاصل خواهد شد.

۲-۳-۲ افزودن ردیاب رادیوایزوتوپ روی-۶۵ به فرآیند تولید: چند قطره از محلول نهایی مرحله ۱ که حاوی رادیوایزوتوپ روی-۶۵ است به عنوان ردیاب به محلول اولیه حاصل شده از شستشوی اسیدی کلکتور مسی (محصول نهایی مرحله ۲) افزوده و کلیه مراحل شش‌گانه تخلیص شیمیایی مطابق با روند معمول بر روی محلول حاوی ایزوتوپ غنی شده فلز روی-۶۴ برای به دست آوردن محلولی خالص‌تر انجام می‌شود. و در انتهای هر مرحله پس از مخلوط نمودن محلول به دست آمده (به منظور یکسان‌سازی)، نمونه‌گیری برای اندازه‌گیری میزان اکتیویته رادیوایزوتوپ روی-۶۵ انجام گردید.

۴-۲- اندازه‌گیری میزان اکتیویته رادیوایزوتوپ روی-۶۵:

با استفاده از دستگاه گاما اسپکتروسکوپی مقدار اکتیویته رادیوایزوتوپ روی-۶۵ در تمام نمونه‌ها پس از شمارش مشخص و با بررسی تغییرات مقدار اکتیویته بهره‌زایی شیمیایی ایزوتوپ غنی شده فلز روی-۶۴ در تک‌تک مراحل به دست آمد.

۳. نتایج و بحث:

در جدول شماره ۱ به‌طور خلاصه تمام اطلاعات به دست آمده در تمام مراحل تصفیه شیمیایی ایزوتوپ روی-۶۴ ذکر شده است. لازم به تأکید است در این تحقیق با عنایت به ردیابی انرژی ۱۱۱۵ Kev که مربوط به رادیوایزوتوپ روی-۶۵ است، سطح زیر پیک فقط این انرژی به‌عنوان مقیاس سنجش در نظر گرفته شد و نیز علی‌رغم یکسان بودن زمان شمارش برای تمام نمونه‌ها، به دلیل متفاوت بودن مقادیر نمونه‌ها و نیز حجم کل محلول در هر مرحله، بررسی نتایج قابل تامل خواهد بود.

جدول ۱. مشخصات نمونه‌ها، Area واقعی و درصد وجود روی - ۶۵ در مراحل مختلف مراحل عملیات تصفیه شیمیایی ایزوتوپ روی-۶۴

در صد وجود روی - ۶۵ در محلول	Area واقعی هر مرحله	حجم کل محلول در هر مرحله (میلی‌لیتر)	وزن نمونه گرم	زمان شمارش نمونه (ثانیه)	Area نمونه	مشخصات محلول
۱۰۰	۵۵۳۶۶۰۷	۷۹۵	۰/۱۹۶	۶۰۰۰	۱۳۶۵	قبل از عملیات الکترولیز
۹۳/۶	۵۱۸۲۲۶۴	۹۶۸	۰/۱۲۸	۶۰۰۰	۱۰۸۲	بعد از عملیات الکترولیز
۳/۶۲	۲۰۰۴۲۵	۳۸۷	۰/۱۱۹	۶۰۰۰	۶۲	محلول Waste الکترولیز
۹۲/۶۵	۵۱۲۹۶۶۷	۱۷۱	۰/۱۰۰	۶۰۰۰	۳۰۰۱	محلول بعد از انجام تبدیل و قبل از فیلتر کردن
۹۱/۱۳	۵۰۴۵۵۱۰	۴۶۰	۰/۱۰۰	۶۰۰۰	۱۰۹۲	محلول بعد از انجام تبدیل و بعد از فیلتر کردن
۱/۲۲	۶۷۵۴۶	۴۶۰	۰/۳۴۰	۶۰۰۰	۵۰	محلول نمونه عبور کرده از ستون
۰/۶۸	۳۷۶۴۹	۲۵۰	۰/۳۲۵	۶۰۰۰	۴۹	محلول HCl/NaCl دوم عبور کرده از ستون
۰/۷۰	۳۷۶۷۵۶	۲۵۰	۰/۱۳۱	۶۰۰۰	۲۶	محلول HCl 2 N عبور کرده از ستون
۰/۸۹	۴۹۲۷۵	۲۵۰	۰/۲۲۳	۶۰۰۰	۴۴	محلول HCl 0.5 N عبور کرده از ستون
۸۵/۱۲	۴۷۱۲۷۶۱	۷۵۹	۰/۱۵۵	۶۰۰۰	۹۶۷	محلول HCl 0.005 N عبور کرده از ستون
۷۹/۹۸	۴۴۲۸۱۷۸	۲۳۸	۰/۱۶۶	۶۰۰۰	۳۰۹۷	محلول HCl 0.5 N نهایی حاوی ZnO

با توجه به متناسب بودن پارامتر Area با مقدار اکتیویته روی-۶۵ در تمام مراحل. بنابراین تنها با مینا قرار دادن Area واقعی هر مرحله، مقدار تلفات رادیوایزوتوپ روی-۶۵ را که نماینده مقدار تلفات ایزوتوپ پایدار روی-۶۴ است، محاسبه می‌شود. البته به دلیل متفاوت بودن حجم کل محلول‌های مراحل مختلف، Area واقعی هر مرحله از فرمول ذیل محاسبه گردید.

$$\text{Area} = \text{Area}_{\text{نمونه}} \times \left(\frac{\text{حجم نمونه}}{\text{حجم کل محلول در آن مرحله}} \right)$$

۴. نتیجه‌گیری:

بنابراین بر اساس نتایج به دست آمده، بهره‌زایی کل بازیابی برای ایزوتوپ روی-۶۴ پس از طی مراحل متنوع تخلیص شیمیایی حدوداً معادل ۷۹/۹۸ درصد است. و نیز مقدار تلفات ایزوتوپ روی-۶۴ در انتهای هر یک از مراحل عمده عملیات تصفیه شیمیایی:

۱- ته نشست الکتریکی (الکترولیز) ۶/۴٪،

۲- تبدیل فرم شیمیایی ۲/۴۷٪،

۳- جداسازی کروماتوگرافی با ستون رزینی ۶/۰۱٪ و

۴- رسوبگیری و عملیات کوره ۵/۱۴٪ تعیین گردیدند.

۵. مراجع:

1. H.Nourkojouri, and P.Sarabadani "Selective Separation of $^{68}\text{Zn}^{+2}$ from other Metal Ions by Chemical Procedure" Proceeding of First International Congress of Chemistry and Chemical Engineering", Shahid Beheshty University, Tehran 183 (1993).
2. Blann M, Bislinghoff J (Nov 5, 1991) Code Alice/Livermore 91. Lawrence Livermore National Laboratory, Internal Report, UCID-19614.
3. Kurt A. Kraus and George E. Moore; Anion exchange studies : The Divalent Transition Elements Manganese to Zinc in Hydrochloric Acid; Sep. 2, 1952.
4. Lahiri S, Banerjee S, Das NR (1997) Simultaneous production of carrier-free ^{65}Zn and $^{66,67,68}\text{Ga}$ in α -particle activated copper target and their separation with TOA. Appl Radiat Isot 48:15-18.
5. Shirazi B, fateh B "Production of a prototype $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ generator", 5th International Conference on Isotopes, 25-29 April 2005, Brussels- Belgium.
6. Ziegler JF, Biersack JP, Littmark U (2000) The code of SRIM - the Stopping and Range of Ions in Matter, January 1, 2000, Version 2000.