



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

تولید و جداسازی رادیوایزوتوپ اسکاندیم-۴۷ (^{47}Sc) با استفاده از راکتور تحقیقاتی تهران لیلا مقدم بنائم^۱، لیلا دیلمی نژاد^۲، مهدی عسگری^۱، مهدی صادقی^۳

۱- سازمان انرژی اتمی - پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای - پژوهشکده چرخه سوخت

۲- دانشگاه آزاد اسلامی - مرکز علوم تحقیقات - دانشکده فنی مهندسی

۳- سازمان انرژی اتمی - پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای

چکیده :

در این پژوهش تولید رادیوایزوتوپ اسکاندیم-۴۷ توسط راکتور تحقیقاتی تهران و جداسازی آن مورد بررسی قرار گرفته است. تولید رادیوایزوتوپ اسکاندیم-۴۷ (^{47}Sc)، با پرتودهی پودر دی اکسید تیتانیوم طبیعی در راکتور تحقیقاتی تهران به مدت ۴ روز انجام شد. مهم‌ترین محصول تولید شده اسکاندیم-۴۷ می‌باشد که حاصل واکنش $^{47}\text{Ti}(n,p)^{47}\text{Sc}$ است. اکتیویته ویژه تولید شده برابر با 7MBq/g بود. پس از پرتو دهی جداسازی شیمیایی این رادیوایزوتوپ با استفاده از روش کروماتوگرافی تبادل کاتیونی صورت گرفت. بازده جداسازی بالاتر از ۹۸٪ بوده و در انتها اسکاندیم-۴۷ به صورت رادیونوکلئید خالص به دست آمد.

مقدمه:

امروزه تولید رادیوایزوتوپها و کاربرد آن به طور گسترده در تشخیص و درمان انواع سرطانها در پزشکی نقش مهم در زندگی بشری ایفا می‌کنند.

در چند دهه اخیر پزشکی هسته ای به عنوان یک تخصص پزشکی شناخته می‌شود. پیشرفتهایی در زمینه تولید رادیوایزوتوپها از یک سو و توسعه تولید رادیوداروها از سوی دیگر باعث استفاده روزافزون از این فن‌آوری در تشخیص و درمان بیماریها از جمله درمان و تشخیص انواع سرطان شده است. رادیونوکلئید اسکاندیم-۴۷ با نیمه عمر ۳/۳۵ روز و ناشر بتا منفی است. انرژیهای بتای آن $444\text{keV}_{\text{max}}$ (۶۸٪) و $600\text{keV}_{\text{max}}$ (۳۲٪) است. اسکاندیم-۴۷ رادیونوکلئیدی است که پتانسیل استفاده در رادیوتراپی را با نشاندارسازی مونوکلونال آنتی‌بادیها را دارا می‌باشد. واکنشهای هسته‌ای مختلفی برای تولید این رادیونوکلئید وجود دارند که عبارتند از: $^{48}\text{Ti}(p,2p)$ ، $^{48}\text{Ti}(\gamma,p)$ ، $^{47}\text{Ti}(p,p)$ برخی از این واکنشهای هسته‌ای توسط سیکلوترون و برخی توسط راکتور هسته‌ای انجام می‌پذیرد [۱-۳]



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

تولید رادیوایزوتوپ اسکاندیم- ^{47}Sc ، با پرتودهی پودر دی اکسید تیتانیوم طبیعی در راکتور تحقیقاتی تهران و جداسازی شیمیایی این رادیوایزوتوپ با استفاده از روش کروماتوگرافی تبادل کاتیونی انجام شد. تیتانیوم طبیعی شامل ایزوتوپهای: ($^{46}\text{Ti}(8\%), ^{47}\text{Ti}(7.5\%), ^{48}\text{Ti}(73.7\%), ^{49}\text{Ti}(5.5\%), ^{50}\text{Ti}(5.3\%)$) می باشد که با پرتودهی تحت شار نوترونهاي سریع بر اساس واکنش (n,p) به ترتیب به رادیوایزوتوپهای: ($^{46}\text{Sc}, ^{47}\text{Sc}, ^{48}\text{Sc}, ^{49}\text{Sc}, ^{50}\text{Sc}$) تبدیل می شوند.

تولید اسکاندیم- ^{47}Sc با نیمه عمر ۳.۴۱ روز و سطح مقطع 20mb است. انجام این واکنش مستلزم شار نوترونی با انرژی بالاتر از 1 MeV است. با توجه به اینکه گسیلنده β^- با انرژیهای (68%) $444.1\text{keV}_{\text{max}}$ و (32%) $600.5\text{keV}_{\text{max}}$ و گسیلنده γ با انرژی 159.38keV و همچنین در شرایط مناسب قابلیت دستیابی به اکتیویته ویژه بالایی (377.07MBq, 10.19mCi) را داشته و استفاده از این رادیوایزوتوپ برای درمان و تشخیص انواع تومورهای سرطانی، قابلیت کاربرد در پزشکی هسته ای را دارد. روش کار:

مواد و تجهیزات: ستون تبادل یونی با استفاده از رزین Dowex 50W-X8 و اسیدهای سولفوریک، نیتریک و کلریدریک همگی از کارخانه سازنده Merck خریداری شد. جهت اسپکتروسکوپی گاما از دستگاه آشکارساز HPGE استفاده شد. جهت تعیین نوع و میزان عناصر در هریک از مراحل جداسازی از دستگاه طیف سنج جرمی ICP استفاده شد.

آزمایش:

در این تحقیق برای تولید رادیوایزوتوپ اسکاندیم- ^{47}Sc ، مقدار 5mg پودر دی اکسید تیتانیوم طبیعی به مدت ۴ روز در قلب راکتور تحقیقاتی تهران با پرتودهی شد و بعد از ۷ روز سرد شدن در 1ml اسید سولفوریک (H_2SO_4) غلیظ داغ شامل 50mg سولفات آمونیوم ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) به آرامی در مدت ۲ ساعت حل شد.

برای جداسازی شیمیایی از روش کروماتوگرافی تبادل کاتیونی استفاده شد (شکل ۱). ستون کروماتوگرافی به قطر 1.2cm و ارتفاع 4cm از رزین Dowex 50W-X8، پر شد و برای آماده سازی با آب مقطر و محلول دو مولار اسید کلریدریک (2M HCl) شستشو داده شد. تیتانیوم پرتودیده حل شده در اسید سولفوریک در 50ml آب مقطر ریخته شد و برای قرار گرفتن یونهای تیتانیوم و اسکاندیم موجود در محلول روی رزین، از ستون عبور داده شد.

50ml محلول دو مولار اسید نیتریک (2M HNO_3) از ستون عبور داده شد تا تیتانیومهای اتصال یافته به رزین، کاملاً شسته و خارج شوند سپس 100ml محلول چهار مولار اسید کلریدریک / اسید سولفوریک 4M

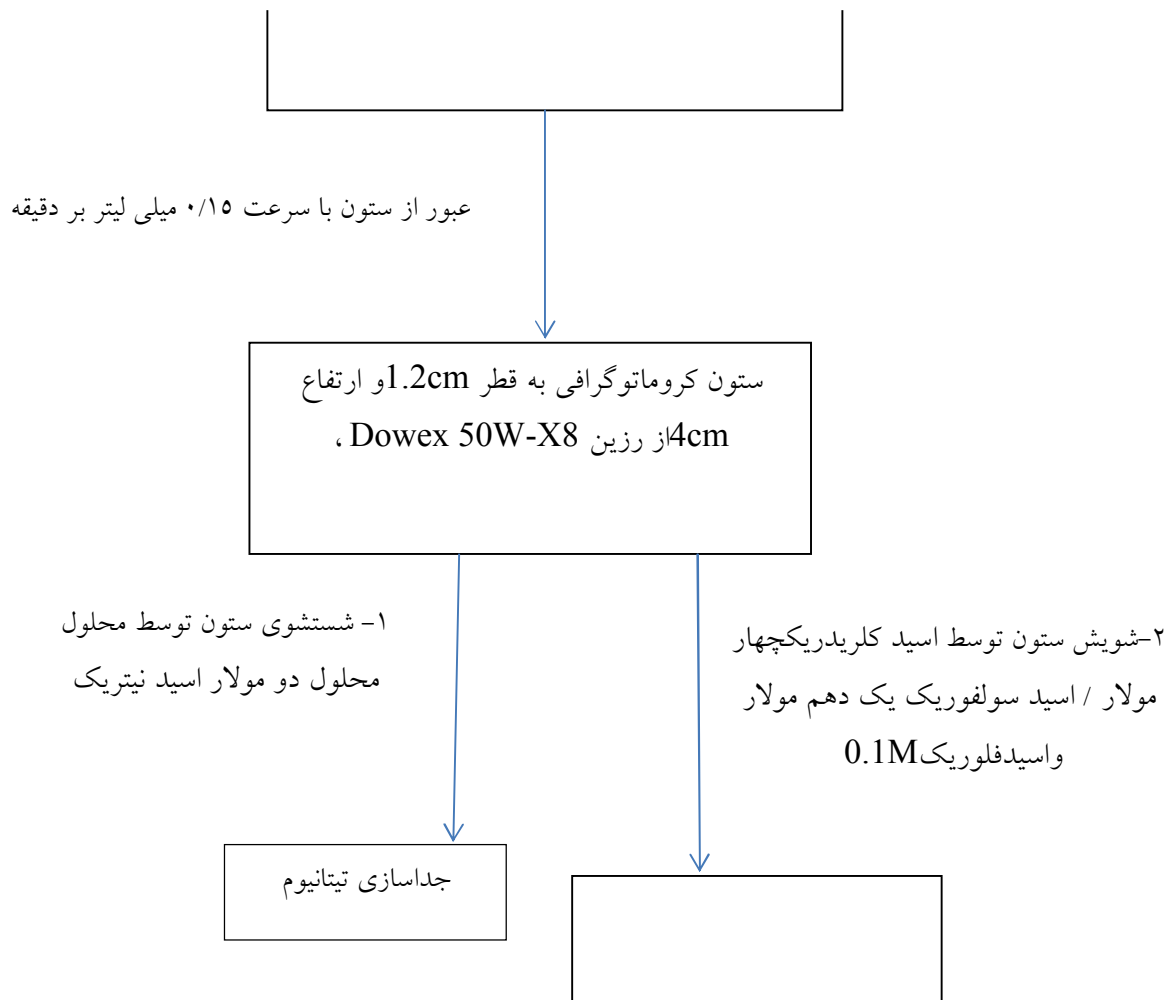


بست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

واسیدفلوریک 0.1M از ستون عبور داده شد و محلولهای شستشو و شویش در کلیه مراحل توسط اسپکتروسکوپی گاما و دستگاه ICP مورد بررسی قرار گرفت.

شکل ۱: مراحل جداسازی اسکاندیوم-۴۷ از تیتانیوم



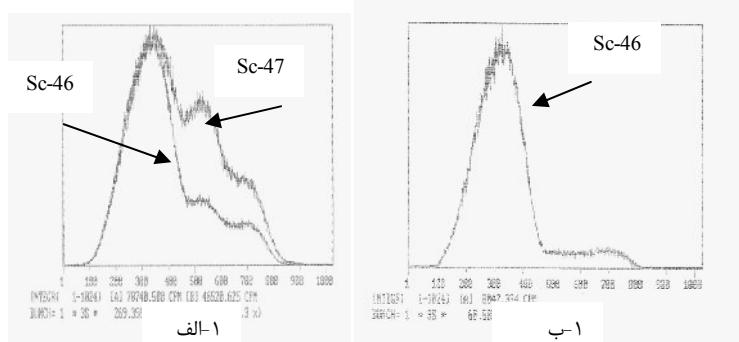
نتایج و بحث:

در این تحقیق نتایج طیف سنجی بتا و گاما در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. انرژیهای به دست آمده در طیف بتا نشان‌دهنده وجود دو رادیونوکلئید اسکاندیوم-۴۷ با نیمه عمر ۳/۴۳ روز و اسکاندیوم-۴۶ با نیمه عمر ۸۴ روز می‌باشد. مطابقت این انرژیها با رادیونوکلئیدهای مزبور توسط طیف سنجی گاما نیز تأیید گردید.

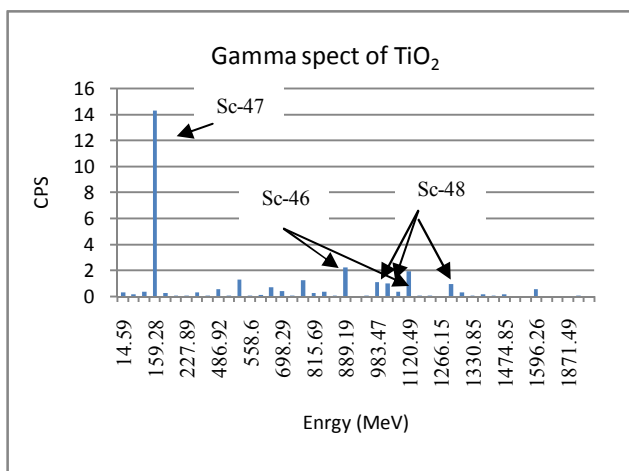


بیت ویکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۱: طیف بتا از محلول تیتانیوم، الف) روز پس از پرتودهی (ب) ۴ روز پس از پرتودهی



شکل ۲: طیف سنجی گاما از محلول TiO_2 پرتو دیده

با توجه به اینکه تیتانیوم دارای ۵ ایزوتوپ پایدار می باشد پرتودهی تیتانیوم طبیعی منجر به واکنشهای هسته ای متعددی می گردد که نتیجه آن تولید رادیونوکلئیدهای گوناگونی است. در بین رادیونوکلئیدهای تولید شده با نیمه عمر متوسط تا بلند ^{48}Sc ، ^{47}Sc ، ^{46}Sc مورد توجه می باشند. چنانچه

در شکل ۲ ملاحظه می شود انرژیهای به دست آمده نشاندهنده وجود رادیونوکلئیدهای گفته شده می باشد. در بین واکنشهای هسته ای واکنش $^{47}Ti(n,p)^{47}Sc$ مورد توجه قرار گرفته است. دلیل این توجه انجام واکنش با نوترونهای انرژی بالاتر از ۱ MeV است. سطح مقطع جذب ^{47}Ti برای نوترونهای با انرژی حدود ۱ MeV تقریباً ۲۱ mbarn است [۴]. چنانچه در شکل ۲ ملاحظه می شود بالاترین اکتیویته تولید شده مربوط به به اسکاندیوم-۴۷ است که به دلیل بالا بودن سطح

مقطع واکنش هسته ای مربوط به آن نسبت به سایر واکنشهای هسته ای است. در این آزمایش اکتیویته به دست آمده برای اسکاندیوم-۴۷ در حدود $71MBq/g$ بود.

نتایج به دست آمده از اسپکتروسکوپی گاما و طیف سنج جرمی در کلیه مراحل جداسازی نیز موید بازیابی تیتانیوم و جداسازی اسکاندیوم با بهره بالاتر از ۹۸٪ بود.

با توجه به نتیجه به دست آمده از این تحقیق می توان با استفاده از هدف تیتانیوم-۴۷ غنی شده برای تولید اسکاندیوم-۴۷ با نیمه عمر ۳/۴۳ روز و پرتوهای بتا با انرژی متوسط $142keV$ و $204keV$ که آن را از نظر پزشکی هسته ای مورد توجه نموده و در حال حاضر برای ساخت رادیوداروهای درمان سرطان به کار می رود [۲، ۵]، اقدام نمود.

مراجع:

۱. Mausner, L.F., V. Joshi, and K.L. Kolsky, *Evaluation of chelating agents for radioimmunotherapy with scandium-47*. Journal Name: Journal of Nuclear Medicine; Journal Volume: 36; Journal Issue: Suppl.5; Conference: 42. annual meeting of the



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

- Society of Nuclear Medicine, Minneapolis, MN (United States), 12-15 Jun 1995;
.Other Information: PBD: May 1995, 1995: p. Medium: X; Size: pp. 104P.423
- Kolsky, K.L., et al., *Radiochemical purification of no-carrier-added scandium-47 for radioimmunotherapy*. Applied Radiation and Isotopes, 1998. **49**(12): p. 1541-1549 .۲
- McCredie, D.A., U. Troehler, and J.P. Bonjour, *In vivo determination of intestinal calcium absorption, with scandium-47 used as marker*. Journal Name: J. Lab. Clin. Med.; (United States); Journal Volume: 103:3, 1984: p. Medium: X; Size: Pages: 354-362 .۳
- Lockett, E.E. and E. Bowell, *The Thermal Neutron Absorption Cross Section of Scandium*. Physical Review, 1953. **89**(3): p. 657-658 .۴
- Srivastava, S., et al., *OP-4. Development of scandium-47 a [beta]/[gamma] label for antibodies and peptides*. Nuclear Medicine Communications, 1997. **18**(5): p. 467 .۵