

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

## تولید رادیوایزوتوپ ید-۱۳۱ در شرکت پارس ایزوتوپ از طریق بمباران نوترونی تلور-۱۳۰ با استفاده از سیستم تصعید جدید

کازمی، مهدی\*<sup>(۱)</sup> - باقری فرح بخش، پویا<sup>(۲)</sup> - مقصودلو محلی، احمد<sup>(۳)</sup> - عباسی، حسین<sup>(۴)</sup> -  
داورپناه، محمد رضا<sup>(۵)</sup>

۱-۲-۳-۴ شرکت پارس ایزوتوپ، مدیریت تولید رادیو داروهای راکتور، تهران، ایران

۵- شرکت پارس ایزوتوپ، تهران، ایران

### چکیده:

ید-۱۳۱ یا ید رادیواکتیو، ایزوتوپی پرتوزا از ید است که نیمه عمری هشت روزه دارد. ید رادیواکتیو اغلب در تست‌های تصویربرداری یا در درمان تیروئید پرکار، سرطان تیروئید و انواع خاص دیگری از سرطان استفاده می‌شود. در مطالعات تصویربرداری مانند اسکن تیروئید، بیمار دوز کوچکی از ید رادیواکتیو را دریافت می‌کند که در سلول‌های تیروئید و یا در انواع خاصی از تومورها تجمع می‌یابد و می‌توان با استفاده از اسکنر محل تجمع ید را ردیابی نمود. در درمان سرطان تیروئید، بیمار دوز بالایی از ید پرتوزا را دریافت می‌کند که چون ید در سلول‌های تیروئید تجمع می‌یابد لذا اشعه منتشر شده سلول‌های تیروئید را از بین می‌برد. در این مقاله تلاش شده است تا سیستم تولید این رادیوایزوتوپ در شرکت پارس ایزوتوپ به همراه قابلیت‌های آن معرفی گردد.

کلمات کلیدی: ید-۱۳۱، ید رادیواکتیو، سیستم تصعید ید-۱۳۱، شرکت پارس ایزوتوپ

### مقدمه:

ید-۱۳۱ که به آن ید رادیواکتیو نیز گفته می‌شود یکی از رادیوایزوتوپ‌های مهم ید است که در سال ۱۹۸۳ توسط گلن سیبورگ<sup>۱</sup> و جان لیوینگود<sup>۲</sup> در دانشگاه کالیفرنیا کشف شد<sup>[۱]</sup>. این رادیوایزوتوپ را می‌توان به صورت تشخیصی و نیز

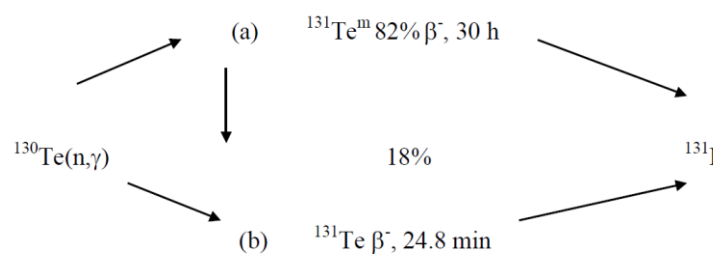
<sup>۱</sup> Glenn Seaborg  
<sup>۲</sup> John Livingood

۱۶ و ۱۷ شهریور ماه ۱۳۹۴ دانشگاه سبز

درمانی به کار برد. کاربرد عمده ید-۱۳۱ در درمان پرکاری تیروئید و برخی از انواع سرطان تیروئید است. کاربرد درمانی ید رادیواکتیو جهت درمان پرکاری تیروئید اولین بار توسط سائول هرترز در سال ۱۹۴۱ گزارش شد. همچنین این رادیویزوتوپ جهت نشاندارسازی رادیوداروهای خاص درمانی مانند  $^{131}\text{I-MIBG}$  کاربرد دارد. در کاربرد درمانی ید-۱۳۱ با استفاده از پرتوی بتای کوتاه برد خود موجب نابودی سلول می شود. به طور تقریبی ۹۰ درصد از تخریب سلولی توسط پرتو بتا و ۱۰ درصد توسط پرتو گامای حاصل از واپاشی ید-۱۳۱ رخ می دهد. ید-۱۳۱ به دلیل واپاشی با پرتو گاما کاربرد تشخیصی نیز دارد. در ایران از سال ۱۳۷۳ تولید این رادیویزوتوپ با بمباران نوترونی اکسیدتلور ( $\text{TeO}_2$ ) در راکتور تحقیقاتی تهران آغاز شده است. در حال حاضر تولید این رادیویزوتوپ در شرکت پارس ایزوتوپ بصورت هفتگی انجام گرفته و به بیمارستان ها و مراکز پزشکی هسته ای در سراسر کشور ارسال می گردد.

## روش کار :

تولید ید-۱۳۱ با انجام برخی اقدامات غیراکتیو بر روی ماده اولیه ( $\text{TeO}_2$ ) جهت بمباران نوترونی درون راکتور آغاز می گردد<sup>[3]</sup>. پس از انجام این مراحل و آماده سازی، نمونه جهت بمباران نوترونی به راکتور تحقیقاتی تهران ارسال می گردد. در اثر بمباران نوترونی اکسیدتلور در راکتور تحقیقاتی تهران، ایزوتوپ پایدار تلور-۱۳۰ با واکنش ( $n, \gamma$ ) و پس از واپاشی محصولات واکنش طبق نمودار زیر به ید-۱۳۱ تبدیل خواهد شد.



شکل شماره (۱)

سطح مقطع مسیر a برابر با ۰/۰۴ و سطح مقطع مسیر b برابر با ۰/۲ بارن است<sup>[2]</sup>. از نظر تئوری می توان معادلات زیر را برای واکنش های صورت گرفته درون راکتور نوشت.

$$A_{(I)}(t) = \lambda_I \left[ N_{(I)0} - \frac{K_{m_{Te}} + K_{Te}}{\lambda_I} - \left( 0.82 * \left( \frac{N_{(m_{Te})0} \lambda_{m_{Te}} - K_{m_{Te}}}{\lambda_I - \lambda_{m_{Te}}} \right) + \frac{0.18 \lambda_{Te} \left( \frac{N_{(m_{Te})0} \lambda_{m_{Te}} - K_{m_{Te}}}{\lambda_{Te} - \lambda_{m_{Te}}} \right)}{\lambda_I - \lambda_{m_{Te}}} \right) - \left( \frac{\lambda_{Te} N_{(Te)0}}{\lambda_I - \lambda_{Te}} - \frac{(K_{Te} + 0.18 * K_{m_{Te}})}{\lambda_I - \lambda_{Te}} + 0.18 \lambda_{Te} \left( \frac{K_{m_{Te}} - N_{(m_{Te})0} \lambda_{m_{Te}}}{\lambda_{Te} - \lambda_{m_{Te}}} \right) \right) \right] e^{-\lambda_I t} + K_{m_{Te}} + K_{Te} + \left[ \frac{N_{(m_{Te})0} \lambda_{m_{Te}} - K_{m_{Te}}}{\lambda_I - \lambda_{m_{Te}}} \right]$$

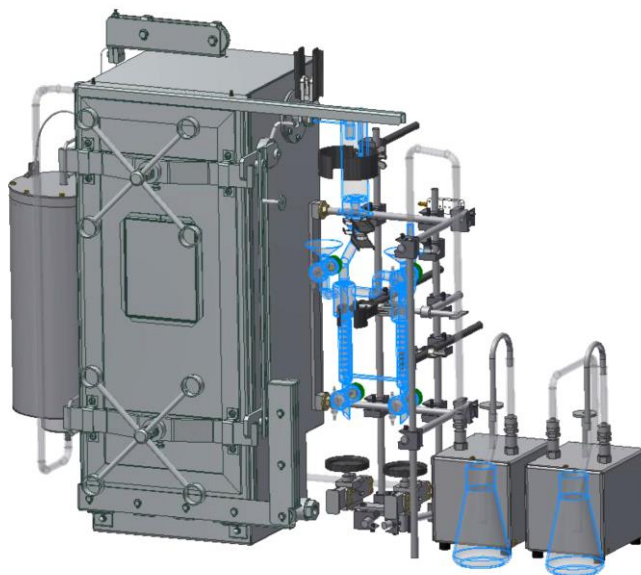
۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

در این رابطه  $\lambda$  نیمه عمر رادیوایزوتوپها،  $N_0$  تعداد اولیه اتم ها،  $K$  نرخ واکنش تولید رادیوایزوتوپ و  $t_{irr}$  زمان بمباران نوترونی می باشد.

در شرکت پارس ایزوتوپ، تولید رادیوایزوتوپ ید-۱۳۱ به صورت هفتگی انجام می پذیرد. در هر نمونه ترخیصی از راکتور تحقیقاتی تهران مقدار تقریبی ۵۰ گرم تلور طبیعی با خلوص شیمیایی ۹۹ درصد قرار دارد. در کانالهای پرتودهی راکتور شرایطی وجود دارد که بر کیفیت بمباران نوترونی تاثیر بسیار زیادی می گذارند. از جمله این عوامل می توان به موقعیت کانال و ارتفاع قرارگیری نمونه از کف قلب راکتور اشاره کرد. واکنش مطلوب جهت تولید رادیوایزوتوپ ید-۱۳۱ با نوترون حرارتی صورت می پذیرد. بنابراین هرچه موقعیت پرتودهی درون راکتور دارای تراکم شار نوترون حرارتی بالاتری باشد، کیفیت پرتودهی نمونه بالاتر خواهد بود.

پس از پایان دوره بمباران نوترونی درون راکتور، نمونه جهت استحصال ید-۱۳۱ توسط سیستم شوتینگ به آزمایشگاه وارد می شود. نمونه شوت شده از راکتور پس از کوریمتری اولیه بریده شده و به سلول تصعید ید-۱۳۱ ارسال می گردد. سیستم تصعید به کار رفته ساخت شرکت آلمانی ITD<sup>۳</sup> است. این سیستم دارای تجهیزات اصلی بدنه و ساختار ضدزنگ جهت قرارگیری جاذب و جداکننده، کوره ذوب، لوله‌های کوارتز، جداکننده، جاذب شیشه‌ای مخصوص، پمپ دیافراگمی، جاذب ایمنی، فیلتر ایمنی و گیره می باشد. طرح شماتیکی از این سیستم را می‌توانید در شکل ۲ مشاهده کنید. همچنین این سیستم دارای یک پنل بهره‌برداری می‌باشد که در بیرون هات سل نصب می‌گردد.

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل شماره (۲): طرح شماتیک سیستم تصعید ید-۱۳۱

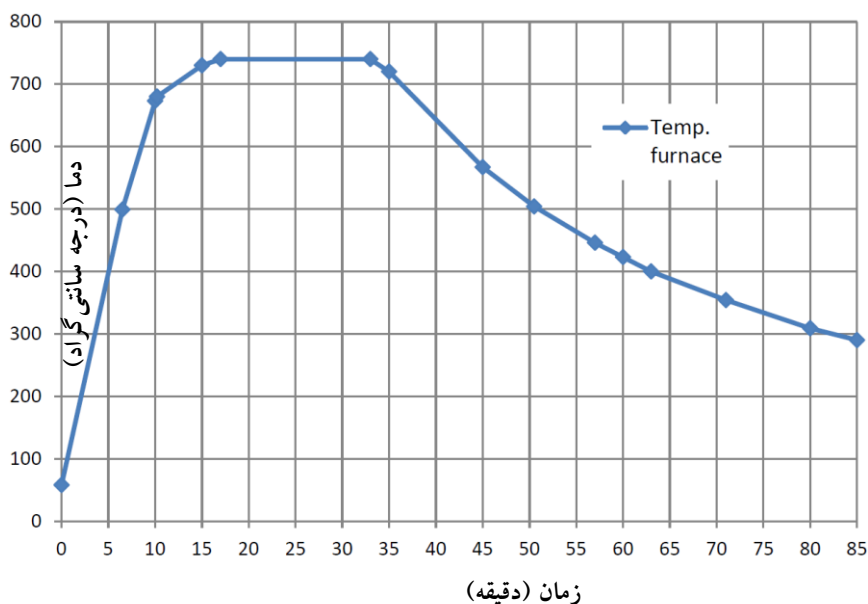
پس از انتقال نمونه تلور پرتودهی شده به سلول تصعید نمونه درون کروزه کوره کوارتز تخلیه می‌گردد. ید-۱۳۱ با اعمال دما از اکسید تلور آزاد شده و به واسطه پمپ خلا به طرف ستون های جاذب حرکت داده می‌شود. هوای حامل گاز ید-۱۳۱ از یک جداکننده با گرمکن الکتریکی عبور داده می‌شود تا ناخالصی‌های تلور و گرد و غبار از آن حذف گردد. سپس گاز خالص سازی شده ید-۱۳۱ درون محلول سدیم هیدروکسید موجود در ستون های جاذب گیراندازی می‌گردد. هر کدام از ستون‌های گیراندازی حاوی ۸-۵ میلی‌لیتر سدیم هیدروکسید رقیق هستند. پمپ ستون گیرانداز دارای تغذیه ۲۴ ولت و قدرت تقریبی  $70 \text{ ml/min}$  است.

محصول نهایی در این قسمت یک محلول سدیم یدید استوک است. در شکل شماره ۴ نمایی از نحوه قرارگیری این سیستم درون هات سل را مشاهده می‌کنید. در این مرحله از فرآیند نیز پارامترهای بسیاری بر میزان اکتیویته استحصال شده از سیستم تصعید تاثیرگذار خواهد بود. برای مثال می‌توان به غلظت سدیم هیدروکسید درون ستون‌های جاذب، قدرت مکش پمپ ستون‌های جاذب و پروفایل دمای کوره اشاره کرد.

یکی از پارامترهای بسیار تاثیرگذار در استحصال ید-۱۳۱ پروفایل دمای کوره است. کوره کوارتز تعبیه شده در سیستم تصعید ساخت شرکت ITD دارای پروفایل دمایی خاصی است. این پروفایل به استحصال هر چه بهتر ید-۱۳۱ درون ستون های جاذب کمک زیادی می‌کند. کوره کوارتز دارای دو مرحله تمام قدرت و نیم قدرت می‌باشد. آستانه عملکرد

۱۶ و ۱۷ شهریور ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

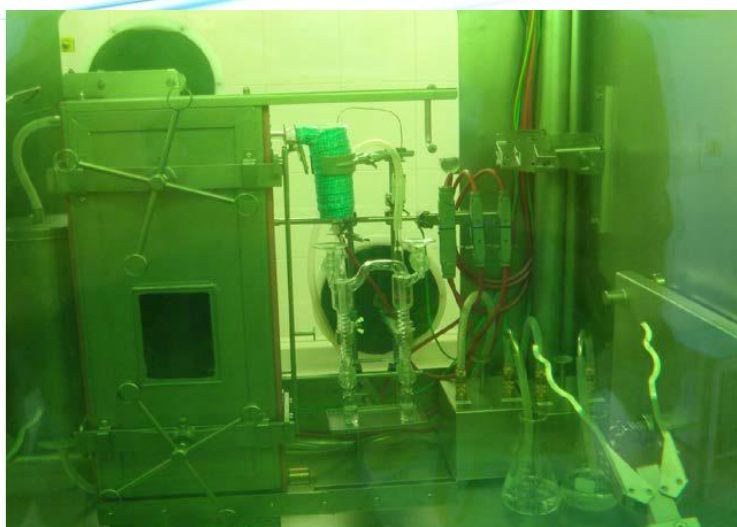
کوره بصورت تمام قدرت در دمای ۶۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. کوره در مدت زمان ۱۰ دقیقه به این دما می‌رسد و پس از آن در نیم قدرت به کار خود ادامه می‌دهد. پس از اتمام عملیات تصعید در این دما، کوره خاموش می‌شود.



شکل شماره (۳): پروفایل دمای کوره کوارتز

جهت دستیابی به دمای مناسب برای عملیات تصعید، سیستم در بازه دمایی ۷۴۵-۷۰۰ درجه روشن شده و اطلاعات اکتیویته استحصال شده ثبت گردید. پس از مقایسه نتایج، دمای ۷۴۰ درجه و زمان ۲۰ دقیقه به عنوان پارامترهای مناسب جهت استحصال ید-۱۳۱ انتخاب گردیدند. در شکل شماره ۳ نمودار پروفایل دمای کوره کوارتز را مشاهده می‌کنید. طبق محاسبات انجام گرفته راندمان سیستم تصعید ITD در حدود ۹۰ درصد می‌باشد. همچنین پس از استحصال یک نمونه کنترل کیفی از محصول نهایی تهیه و به بخش کنترل کیفی تحویل داده شد. با توجه به نتایج حاصل شده از آزمون‌های کنترل کیفی، محصول نهایی دارای کیفیت مطلوب جهت رادیوداروی ید-۱۳۱ است.

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل شماره (۴): نحوه قرارگیری سیستم تصعید درون هات سل

## نتایج :

پس از آزمایش‌های عملی و بدست آوردن دمای مناسب برای تصعید ید-۱۳۱ از سیستم تصعید با پارامترهای بدست آمده جهت تولید ید-۱۳۱ از یک نمونه ارسالی به انجام رسید. مشخصات نمونه ارسالی به شرح زیر است:

کانال پرتو دهی	مجموع زمان استراحت [h]	مجموع زمان بمباران [h]	وزن نمونه [gr]	خلوص نوکلئیدی تلور-۱۳۰ [%]	خلوص شیمیایی [%]	نوع نمونه
D6 $\Phi=4/5-5/5 \times 10^{13}$	۳۰	۵۷۶	۵۳/۱۳ گرم	۳۴/۸٪	۹۹/۹۹٪	اکسید تلور

پس از خاتمه یافتن فرآیند تصعید میزان اکتیویته ۱۴۵۰۰ میلی کوری در حجم ۲۴ میلی لیتر بدست آمد. از این میزان اکتیویته ۹۰ درصد در ستون اول و ۱۰ درصد در ستون جاذب دوم گیراندازی شد. همچنین نمونه آزمون‌هایی شامل خلوص رادیونوکلئیدی، خلوص رادیوشیمی و دیگر آزمون‌های کنترل کیفی را نیز با موفقیت پشت سر گذاشت.

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

## بحث و نتیجه گیری :

از آنجا که برای آزاد شدن ید-۱۳۱ و گیراندازی آن در ستون‌های جاذب سیدیم هیدروکسید به تغییر فاز پودر تلور نیاز است، بنابراین بدست آوردن دمای مورد نیاز جهت قرارگرفتن نمونه در این حالت اهمیت دارد. با آزمایش های انجام گرفته و تنظیم دمای سیستم بر روی ۷۴۰ درجه این اتفاق رخ داد و از ذوب شدن کامل نمونه درون کروزه اطمینان حاصل شد. بنابراین فرآیند تصعید ید-۱۳۱ با پارامترهای بدست آمده ثبت گردید و تولید ید با تنظیم سیستم بر روی این پارامترها انجام می گیرد. همچنین راندمان دستگاه در حدود ۹۰ درصد بدست آمد.

## مراجع :

1. "[UW-L Brachy Course](#)". *wikifoundry*. April 2008. Retrieved 2014-04-11.
2. IAEA-TECDOC-1340, Manual for reactor produced radioisotopes.
3. I-131 production in-cell equipment OPERATING MANUAL, Isotope Technologies Dresden GmbH, OPERATING MANUAL K14070
4. Test protocol for "Iodine-131 production equipment" DRAFT VERSION, Isotope Technologies Dresden GmbH
5. I-131 production in-cell equipment 22.0003, TECHNICA DOCUMENTATION