اسطوره‌های آفتاب هسته‌ای

گزارش میدانی «جوان» از آخرین فعالیت‌های مرکز شهدای هسته‌ای «خنداب»

وحید عظیم‌پور
دبیر گروه اقتصاد

■ ۲۵ روز قبل به انفـاق جمعی از خبرنگاران حوزه صنعت هسـته‌ای از آخرین فعالیت‌های مرکز شـهدای هسـته‌ای «خنـداب» بازدید کردیم اما انتخاب اسـلوبی برای روایت آنچه دیده‌ام، سـهل وممتنع می‌نمود. در این مدت تقریبا روزی نبود که به موضوع فکر نکنم تا اینکه در خلال کندوکاو و وارسـی‌ها به مقدمه مصاحبه‌ام با سخنگوی سـازمان انرژی اتمی در شـهریور ۱۳۹۸ برخوردم؛ جایی که نوشـته بودم: دانشـمندان صنعت هسـته‌ای برای تغییـر باراداییم فکـری گردانندگان انرژی این مملکت حتی به اندازه قطر اتم، پا پس نکشیدند تا «الکترون خصلت‌های منفی» مانع توسـعه مادی و معنوی ایران اسـلامی نشـوند و چه بسـا با «رفتار مثبت پروتونی»، به سرعت سانتر یفیوژها در حال حرکت هستند:

انرژی نه «چرخ پنجم» که بلکه موتور محرک اقتصاد کشـور است که فعلاً از سوخت‌های فسیلی (سنگواره‌ای) نظیر نفت، گاز و زغال‌سـنگ اسـتفاده می‌کند و شـوربختانه خام‌فروشی بر این خوان‌نعمت تحمیل شده است. تمدن فسیلی به سرعت برق در حال نزدیک‌شدن به پایان عمر خود است اما برای تولید همین برق، به جایگزین نیاز داریم و چه جایگزینی بهتر از تمدن هسته‌ای، چه آنکه به قول هاتف: «دل هر ذره را که بشکافی/ آفتابیش در میان بینی» و چه شروعی بهتر از این تک‌بیت معنادار سیداحمد حسینی متخلص به «هاتف اصفهانی» از شاعران قرن دوازدهم. قاسم غنی، پزشک و از چهره‌های سرشناس ایرانی به‌واسطه ارتباط با «رنسست هرتسفلد» باستان‌شناس آلمانی، در دیداری که زمستان ۱۳۲۴ با «آلبرت اینیشتین» داشت، همین بیت را گفته و پاسخ جالبی هم شنیده است (تجربه تنها راه وصول به حقیقت‌هایی است که ممکن است تسلیم آن شویم، اما نباید فکر کنیم که ماورای تجربه، حقیقتی نیست. بسیاری از حقیقت‌ها به تجربه درنمی‌آیند، عقل ما و قلب ما به آن می‌رسـد). البته همین بیت، با خوش‌سـلیقگی در بالای تارنمای سازمان انرژی هسته‌ای رخ‌نمایی می‌کند. اتم‌ها کوچک‌ترین و بنیادی‌ترین ذره تشکیل‌دهنده مواد هستند که از سه نوع ذره بنیادی پروتون، نوترون و الکترون تشکیل شده‌اند. هر اتم یک هسته دارد که شامل پروتون‌ها و نوترون‌هاسـت و با الکترون‌ها احاطه شده است. فرایند تقسیم هسته‌ها، «شکافت هسـته‌ای» نام دارد. این فرایند با اسـتناد به یک طرح علمی «آلبرت اینیشـتین» صورت گرفت که معتقد بود «جرم می‌تواند به انرژی تبدیل شود». بر همین اسـاس «اُنر بکو فرمی» فیزیکدان ایتالیایی‌الاصل در سال ۱۳۲۸ اولین «رآکتور هسته‌ای» را طراحی کرد. شکافت هسته‌ای با تقسیم اتم‌ها، انرژی را به صورت گرما آزاد می‌کند. خروجی شکافت هسته‌ای، تولید انرژی است که معمولا از آن برق تولید می‌کنند و به عنوان انرژی هسته‌ای یاد می‌شود. اما آیا صنعت هسته‌ای فقط برای تولید برق است؟ روایت بازدید از مرکز شهدای هسته‌ای خنداب پاسخ به این پرسش است.

تأسیسات آب سنگین اراک یا سایت هسته‌ای خنداب که این روزها به اسم «مرکز شهدای هسته‌ای خنداب» شناخته می‌شود، مقصد دومین بازدید خبرنگاران حوزه صنعت هسـته‌ای از سـایت‌های هسـته‌ای در دولت سـیزدهم بود. بازدید نخسـت، بهمن سـال گذشـته از نیروگاه اتمی بوشهر صورت گرفت. اتمام شـهریور پشـتی سـال قبل یعنی ۱۰ ماه بعد از اجرایی‌شدن آنچه برجام نامیده می‌شد، به همراه جمعی از خبرنگاران از این مجتمع بازدید کرده بودیم؛ تا از نزدیک ببینیم آنچه را کاندیدای سیمانی رآکتور اراک کرده بودند. خنداب تااواخر دهه ۶۰ بخشی از اراک بود اما اکنون به عنوان یکی از شهرسان‌های دوازده‌گانه استان مرکزی به شمار می‌رود که با حدود ۷۰ هزار نفر جمعیت در فاصله ۹۰ کیلومتری اراک قـرار دارد. از خوشگی می‌شـود و سـرسـبزی خنداب هرچه بگوییم کم‌اسـت. این شـناخت به ۱۴ سـال قبل بازمی‌گردد؛ زمانی که به مدت ۱۰ ماه در دامنه کوه‌های ارتفاع ۲۰ کیلومتری نیروگاه اتمی اراک سـرباز سـنه یادشـده هوایی بودم. هنوز هم حافظه‌ام لصلت لحظه‌ای چشم از مراقبت «آفتاب هسته‌ای» در دیدار آباد برنمی‌دارند.

تاریخچه رآکتور

چهار دهه بعد از برداشتن اولین گام‌ها این‌بار برای حرکت به سمت استفاده از یک انرژی نو به نام هسته‌ای، مطالعات آزمـایشـی یک رآکتور ۱۰ مگاوات در «آب سنگین» به بار نشسـت و ساخت سـایت «آب سـنگین اراک» در مساحت ۲۰۰ هکتاری و در فاصله پنج کیلومتری غرب شـهر شـرستان خنداب آغاز شد و نهایتا یک دهه بعد، روز شـنبه چهارم شـهریور ۱۳۸۵، مجتمع آب سـنگین اراک (خنداب) معروف به IR-40 به عنوان یکی از تأسـیسات بزرگ هسـته‌ای و اولین تجربه صنعتی «ایران ۸۰ ماه» در فـازی با آب سنگین به دست رئیس‌جمهور وقت به بهره‌برداری رسـید. آن زمان رسانه‌های دولتی نوشتند «این مجموعه در زمینی به مسـاحت ۲۰۰ هکتار و حدود ۱۷ هزار متر زیربناسـت احداث شـده اسـت. ۱۱ شرکت مشاور داخلی و ۴۱ شرکت سـاختمانی و نصب ایرانی در این پروژه مشـارکت داشـته‌اند. این پروژه دارای مصارف پزشکی بوده و به عنوان خنثی‌کننده و کند‌کننده آنکوهای آب سنگین هسـته‌ای استفاده می‌شود.»

فناوری بومی

به گفته غلامرضا افزاده، رئیس وقت سازمان انرژی اتمی دستیابی به این فناوری غرورآفرین در شرایطی برای کشورمان فراهم شد که هیچ کارشناس یا شرکت خارجی، با وجود تعهدات قبلی در ۱۰ سـال قبل بعـد از هسـته‌ای این مرزوبوم حضور نداشت و اهداف برنامه‌ریزی‌شده با توکل به پروردگار متعال و باور به توانمندی‌های جوانان هسـته‌ای کشـور، منجر به چنین افتخارآفرینی ملی شد که تحولی بزرگ در راسـتای نیل به اهداف ملی نظام مقدس جمهوری اسلامی در عرصه جهانی به حساب می‌آید. توسعه و تحقق فناوری هسـته‌ای در کشور عزیزمان ایران، در چارچوب برنامه‌ای گسـترده و فراگیر، با نظم به پیش آغاز شد و با ساختاری نوین و رویکردی متفاوت، فعالیت‌های خود را تا به امروز ادامه داد. در این راسـتا دوسـیر موازی با چشم‌اندازی کاملاً روشـن از آینده این تلاش‌ها، در دسـتور کار قرار گرفت:

۱. تأمین سوخت هسته‌ای جهت رآکتورهای آب سبک

۲. سـاخت نیروگاه‌های هسته‌ای از نوع آب سنگین و سـبک برای تأمین سوخت هسـته‌ای جهت رآکتورهای آب سبک و تکمیل نیروگاه بوشهر.

حسن روحانی، دبیر شـورای عالی امنیت ملی وقت در کتاب «امنیت ملی و دیپلماسـی هسـته‌ای» هدف از ایجاد رآکتور آب سـنگین را تأمین نیازهای پزشکی دانسـته اسـت، به ویژه آنکه با توجه به بالا بودن عمر رآکتور تهران، لازم بود رآکتور آب سـنگین برای سـاخت انواع رادیو داروها، جایگزین رآکتور تهران شود.

ورود به رآکتور

اتوبوس حامل خبرنگاران، بالاخره با درنگ‌های گاهویی گاه سـاعت ۱۱ به مرکز شهدای هسته‌ای خنداب رسـید. سـاختمان رآکتور از دوردست و در پایین کوه‌های اسـتوار خودنمایی می‌کرد. تونل‌های ۳۲ سـیلندری بادقدهوایی هم در فاصله‌های منظم مشـغول تأمیـن امنیت بودند. فضای ورود سـرسبز بود. همان ابتدا قبل از ورود، هر نوع وسـیله ذخیره‌ساز را تحویل گرفتند. تنها ابزارمان، قلم و کاغذ و البته انبوهی واژه بود. بلوار داخل مرکز مزین بود به اسـم شـهدای هسـته‌ای و هشـت سـال دفاع مقدس. البته تصاویر شـهدای هسـته‌ای هم با سـلیقه خاص در فواصل مناسـب تعبیه شـده بود تا بدامن نزدند صنعت امروز هسـته‌ای چه سرگشتنی داشته است. مرکز هسـته‌ای اراک از دو مجموعه مجزا اما در یک کنار هم به نام «مجتمع آب سـنگین اراک» و «مرکز تحقیقاتی اراک» تشکیل شده است.

بازطراحی رآکتور تحقیقاتی

طرح اولیه بازطراحی رآکتور تحقیقاتی اراک، طبـق اظهارات یکی از مهندسـان که در جریان بازدید سـال ۱۳۹۶ مطرح شد، خرداد ۱۳۹۵ با صـدور «مجوز نفوسات کل و حضور ۴۰ متخصص هسـته‌ای در عرض ۱۰ روز تهیه شد و طرح تفصیلی بازطراحی این رآکتور نیز از مرداد ۱۳۹۶ آغاز شده اسـت. پس از انعقاد سـند موسوم به برجام، سـاخت این رآکتور متوقف شـد. ایران در برجـام پذیرفته بـود رآکتـور تحقیقاتی اراک بازطراحی شـود. دلیل اصلی آن هم این بود که طرف غربی معتقد بود باید تولید پلوتونیوم در این مجموعه به حداقل برسد. طرف غربی اصرار بر تبدیل رآکتور آب سـنگین اراک به آب سـبک داشت ولی بالاصرار تیم مذاکره‌کننده همچنان آب سـنگین باقی ماند. سـیـستم خنک‌کننده رآکتور تحقیقاتی اراک آب سـنگین بود و همچنان آب سنگین باقی خواهد ماند.

رآکتور ۲۰ مگاواتی

طبق بند ۴ بخش مرتبط با «رآکتور تحقیقاتی آب سـنگین اراک» در پیوست شماره یک سند موسوم به برجام، طرح‌های ایران متعهد شده بودند در «بازطراحی و بازسازی رآکتور» کارگروهی متشکل از اعضای ۵+۱ تشکیل دهند تا طراحی و بازسـازی این رآکتور را تسـهیل کنند و به این منظور مقرر شده بود یک مشـارکت بین‌المللی متشکل از ایران و گروه کاری، اجرای پروژه مدرن‌سازی اراک را به عهده گیرند اما طبق مصوبات مطرح‌های مدعی ایران به این تعهد هم همانند سـایر تعهدات عمل نکردند. این در حالی اسـت که در نامه ۲۹ مهر ۱۳۹۴ رهبر معظم انقلاب به رئیس‌جمهور وقت درباره الزامات اجـرای برجام (معروف به نامه نوشته شده به آقای اجرای برجام) صراحتاً تأکید شده بود: «اقدام در مورد نوسـازی کارخانه اراک با حفظ هویت سـنگین آب، تنها در صورتی آغاز خواهد شد که قرارداد قطعی و مطمئن درباره طرح جایگزین و تضمین کافی برای اجرای آن منعقد شـده باشد.» البته دانشـمندان ایران ما که همان اسطوره‌های آفتاب هسـته‌ای هسـتند، بدون تکیه بر «عصای لرزان» دیگران، دست به «ژانویی خودی» گذاشـتند و بازطراحی رآکتور تحقیقاتی ۲۰ مگاواتی اراک را به سرانجام رساندند. بزعم برخی‌ها تبدیل رآکتور ۴۰ مگاواتی رآکتور اراک به رآکتور ۲۰ مگاوات، بازگشت به عقب اسـت، در حالی که موضوع کاملاً برعکس و نشـان‌دهنده توان علمی هسته‌ای کشورمان اسـت. طبق توضیحات یکی از متخصصان جوان هسـته‌ای که همراه خبرنگاران در جریان بازدید از رآکتور تحقیقاتی اراک حضور داشت، در رآکتورهای تحقیقاتی، هدف اصلی میزان شار الکتریکی (Flux Electric) اسـت. شار الکتریکی معیاری از میزان توزیع میدان الکتریکی در یک سـطح معین اسـت، بنابراین در رآکتـور تحقیقاتی ۲۰ مگاواتی برخلاف رآکتورهای قدرتی که هدف صرفاً تولید انرژی اسـت، این میدان شـار وسـیع و برای مجموعه‌های مختلف از جمله تحقیقاتی مناسـب اسـت. منظور از تحقیقات نیز انجام پژوهش و دستیابی به فناوری‌های روز هسـته‌ای اسـت که در صنایع، پزشـکی و کشـاورزی کاربرد دارد، بنابراین به واسطه تحقیقاتی‌بودن رآکتور ۲۰ مگاواتی اراک، دستاوردهای مختلفی حاصل شـده اسـت و به گفته رئیس سـازمان انرژی اتمی «هر روز یک دسـتاورد هسـته‌ای داریم.»

داستان قلب سیمانی!

طبق بند ۳ بخش یادشـده نیز دولت قبل متعهد شـده بود «به سـاخت‌سـاز رآکتور ناتمام موجود در سـایتی طرح اولیه ادامه ندهد و کاندیدای موجود (استوانه‌های محل قرارگیری سـوخت هسـته‌ای) را خارج و تمام کانال‌های کاندیدا را سـایتی به گونه‌ای بر کنـد که برای- آنچه کاربرد هسـته‌ای نامیده بودند- غیرقابل استفاده باشد و آژانس انرژی اتمی بتواند غیرقابل استفاده‌بودن آن را راستی‌آزمایی کند.» چنین نیز شد.

عیادت قلب رآکتور

نکته مهم آنکه قلـب رآکتور بـا کاندیدا یا همان اسـتوانه‌های محل قرارگیری سـوخت هسـته‌ای متفاوت اسـت. قلب رآکتور حداقل ۱۸۰ اسـتوانه یا همان مجمـوع سـوخت با غنای ۲/۷ درصد اسـت (این مجتمع‌ها کاندیدا نامیده‌می‌شود). در هر مجتمع سـوخت، هنگام سـوخت‌گذاری، هشت‌صد سوخت اورانیوم طبیعی با وزن ۳۷۵ کیلوگرم جاگذاری می‌شود. یکی از کاربردهای «آب سنگین» خنک کردن قلب رآکتور اراک است. به این منظور، آب سـنگین از طریق لوله‌های بزرگ متصل به رآکتور، در اطراف میله‌های سـوخت و مجتمع‌های سـوخت گردش می‌کند تا با جذب گرما، باعث خنک شـدن رآکتور شـود. خبرنگاران از قلب رآکتور تحقیقاتی اراک بازدید کردند که در حال آماده‌سازی برای جاگذاری رآکتور است. از محصـن‌های مهندسی جوان، می‌شنوم حدود شـه همه مراحل کار آماده است و صرفاً به لحاظ سیاسی تعلل صورت می‌گیرد و هر زمان مسئولان سیاسی اعلام کنند، کارهای قبلی به سرعت انجام خواهد شد.

به گفته مهندس جوان، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی نیز چگونگی ساخت و نصب تجهیزات رآکتور اراک را البته ایمنی آن نظارت داشته و دارد تا استانداردهای بین‌المللی رعایت شود. ساختمان کندسـفید رنگ رآکتور اراک که تمامیه دست متخصصان داخلی کشورمان ساخته شده است، خصلت بوده و دارای دو پوله اهنی و بتنی است تا در برابر اشعه و حوادث غیرمترقبه از جمله هر نوع حمله نظامی مقاومت لازم را داشـته باشد. علاوه بر این در داخل ساختمان رآکتور یک جرثقیل ۱۲۰ تنی با قابلیت چرخش ۳۶۰ درجه به صورت پلمب‌شـده نگهداری می‌شود. این داسـتان اتجه درباره این جرثقیل مهم است اینکه از پیچیدگی خاصی به دلیل حسـاسـیت کاربردی برخوردار است و به واسـطه تحریم‌های تحمیلی کشورهای مهد حقوق بشری غرب، امکان وارد کردن آن وجود نداشت و به همین واسطه از سوی یکی از سازندگان داخلی با کیفیت مشابه و قیمت مقبول سـاخته و تعبیه شده اسـت. اسـتخر تعبیه‌شـده در داخل سـاختمان گنبد نیز همانند بازدید قبلی خالی بود. بنابـاست این اسـتخر پس از راه‌اندازی رآکتور جدید، از آب مقطر پر شود تا میله‌های سوخت پس از مصرف در داخل آن قرار گیرند.

■ نمایی از داخل ساختمان رآکتور خنداب. عکس آرشیوی است.

شبیه‌ساز اتاق کنترل

یکی از مقاصد بازدید خبرنگاران سامانه «شبیـه‌سـاز آموزشی رآکتور اتمی آب سـبک تحت فشـار» بود. این سـامانه با توان ۱۰۰ مگاوات حرارتی و ۳۰ مگاوات تولید برق از سوی سـازمان انرژی اتمی ایران، طراحی و سـاخته شده اسـت. هدف طراحی و سـاخت این سامانه، آموزش فنی پرسـنل و آشـنایی آنها با مفاهیم اپراتوری نیروگاه در شرایط عادی و همچنین شرایط اضطراری اسـت. در این شبیـه‌ساز سناریوهای گوناگون قابل بارگذاری و ترتیب، خداد وقایع قابل مطالعه اسـت. با توجه به قابلیت شبیـه‌سازی بالدرنگ و متوقف‌سازی رخداد‌ها، مربی توان توضیح روند شـبیه‌سـازی سـوخت گردش می‌کند تا با جذب گرما، در بیسـتم‌های کنترل رآکتور و محافظت را خواهد داشت. به دیگر سخن، وقتی نیروی جدیدی وارد عرصه انرژی بر جاگذاری رآکتور است، می‌شود، به دلیل حسـاسـیت بالای کار، مدتی از طریق این سامانه که شبیـه‌سـاز رآکتور واقعی اراک اسـت، کار می‌کند تا به مرور کاملا با فرایند کارهای پیچیده رآکتور آشنا شود. نکته قابل توجه درباره این شبیه‌ساز آن است که به صورت کامل به دسـت یکی از دانشمندان کشورمان سـاخته شـده اسـت. از لابه‌لای توضیحات ارائه شده، مشوجه شدم این دانشمند در یکی از کشورهای غربی تحصیل و مدتی نیز در یکی از اسـتان‌های ایران مشـغول بوده اسـت. جالب توجه اسـت که این جوان بعد از مدتی کار در آن کشور را رها و به ایران خودمان بازگشـته اسـت تا اگر برنامت کاری انجام دهد، برای مردمان کشور خودش باشد. امکان تصویربرداری یا ساز نه بردن از چنین متخصصانی بحق وجود ندارد، چه آنکه مدعیان آزادی ملل، خود عامل شور دانشـمندان و نخبگان تراز اول کشورمان هستند. چنین متخصصانی مهاجر سامانه‌های آفتاب هسته‌ای هسـتند؛ افتابی که آرسوی همین متخصصان با شکافتن ذره، به نامیاندنده می‌شود.

رئیس سـازمان انرژی اتمی در خصوص اهمیت سـامانه «شبیـه‌سـاز آموزشی رآکتور اتمی آب سبک تحت فشار» گفته بود: «خدا را شاکریم که همکاران ما امروز توانسـتند یکی دیگر از دسـتاوردهای ارزشـمند را در حوزه علوم و فنون پیشرفته تأثیر گذار است به منصه ظهور برسـانند. این شبیـه‌ساز یک بخش واقعی و مؤثر از فراینـد و مجموعه‌های یک نیروگاه را رآکتور آب که با مقیاس ۱۰۰ مگاوات حرارتی می‌تواند مدیریت این کار را در اختیار گیرد و مدیریـت کنـد. موضوع مهمی که وجود دارد، در مرحله کنونی آموزش نیروی انسانی اسـت تا دانش بتوانند در فرایندهای کاری مستقر شوند. هم به لحاظ سخت‌افزار و هم نرم‌افزار اینجا مجموعه یکپارچه‌ای است که بدون هیچ گونه وابستگی و بر اساس اقلامی که ساخت داخل است، در حال فعالیت است.»

محصولات رآکتور اراک

از رآکتور تحقیقاتـی ۲۰ مگاوانـی اراک به عنوان جایگزیـن رآکتور تحقیقاتی پنج‌مگاواتی تهران هم نام برده می‌شـود. کارویژه رآکتور تحقیقاتی تهران، تولید رادیودارو برای حدود یک‌میلیون بیمار سرطانی اسـت. از رآکتور تحقیقاتی اراک نیز برای تولید رادیودارو برای بیماران سرطانی استفاده می‌شود. همچنین در صورت تحدید فعالیت رآکتور تهران، می‌توان از رآکتور اراک استفاده کرد.

کاربردهای آب سنگین

در سال‌های اخیر، برخی شرکت‌های داروسازی شروع به تحقیق در مورد تأثیر کریستالی نشان‌دارشده با دوتریوم کردهاند که ممکن است مزایایی نسبت به ترکیبات نشان‌دارنشده موجود خود داشته باشد. مزایای بالقوه داروهای دوتره شامل موارد زیر است:

بهبود مشخصات متابولیک

بهبود مشـخصات متابولیک به طـور بالقوه می‌تواند عـوارض جانبی ناخواسته یا اثرات متقابل نامطلوب دارو را کاهش دهد یا از بین ببرد. بر اساس یافته‌های دانشمندان جایگزین‌کردن هیدروژن با دوتریم باعث بهبود خواص دارو‌ها و کاهش چشمگیر سمیّت آنها می‌شود.

کنترل رهاسـازی دارو و افزایش نیمه‌عمر

ترکیبات نشان‌دارشـده می‌توانند اثر فارماکوکینتیک کندتر داشـته باشـند و باعث افزایش جذب و توزیع در بدن شوند. این موضوع ممکن است تعداد دوزهایی را که یک بیمار احتمال دارد در مدت‌زمانی معین مصرف کند، کاهش دهد.

استفاده در صنایع نفت و گاز

امروزه آب سنگین جهت تعیین بهترین محل برای حفر چاه نفت و گاز و سرشدگی این گونه مخازن استفاده گسترده‌ای پیدا کرده است، به طوری که بر اساس اسناد منتشرشده، یکی از شرکت‌های نفتی فعال در کشور امارات در سال‌های گذشته برای انجام پروژه نفتی در این کشور بیش از ۲۲ تن آب سنگین استفاده کرده است.

فیبرهای نوری و نیمه‌هادی‌ها

یکی دیگر از کاربردهای بسـیار مهم آب سنگین، تولید فیبرهای نوری و نیمه‌هادی‌های دوتره اسـت. جایگزین کردن ایزوتوپ دوتریم با اتم هیدروژن در این ترکیبات طول عمر آنها را تا ۱۰ برابر افزایش می‌دهد و همچنین خواص الکتریکی آنها را به مقدار بسیار زیادی بهبود می‌بخشد. این تأثیرات به گونه‌ای بوده است که امروزه شرکت‌های پیشرو در علم الکترونیک اقدام به تولید این فناوری در سطح تجاری کرده‌اند.

ماده ردیاب در علم هیدرولوژی

با توجه به پایدارنـبودن ایزوتوپ دوتریوم و عاری‌بـودن از هر نوع خطر زیسـت‌محیطی در تکنیک‌های نوین هیدرولوژی (آنالیز ایزوتوپی) با تزریق آب سـنگین به منابع آب زیرزمینی اطلاعات دقیقی در زمینه تعیین منشأ و مسـیر جریانات سـرعت و جهت در آبخوان‌ها به دست می‌آید. در این روش در سـفره‌های آب زیرزمینی برای تعیین مسـیر حرکـت آب در محیط‌هـای متخلخـل، ارزیابی سـرعت جریان آب زیرزمینی، تخمین ضریـب نفوذپذیری لایه‌های آبدار، منشـأ و محل تغذیه آب‌های زیرزمینی، ارتباط لایه‌های آبدار با یکدیگر و مطالعه مواد آلوده‌کننده استفاده می‌شود.

مصرف انـرژی بـدن موجودات زنده

از مخلوط آب سنگین با آب غنی‌شـده با ایزوتوپ اکسـیژن-۱۸، برای انجام آزمایش اندازه‌گیری سرعت سوخت‌وسـاز بدن انسان و جانوران بهره می‌گیرند. این آزمون سوخت‌وساز اصطلاحا DLW (زموب آب دوبار نشان‌دار) می‌گویند.

کاربرد در پزشکی

به طـور کلـی اسـاس کار در دانش پزشـکی هسـته‌ای اسـتفاده از رادیوایزوتوپ‌ها و رادیودارو‌هاسـت و از آب سـنگین می‌توان به عنوان تارگت نوترون برای تولید این مواد اسـتفاده کرد. از رادیودارو‌ها برای تشخیص و درمان بیماری‌هایی مانند سرطان، تومورهای خوش‌خیم و بدخیم، نارسایی‌های قلبی و عروق کرونر قلب اسـتفاده می‌شود. مثلاً در تکنیک پت اسکن، گلوکز نشان‌دار با فلوئودوکس بسـیار زیادی دارد. این ترکیب برای نشان‌دار کردن گلوکز اسـتفاده می‌شود.

محصولات مجتمع آب سنگین

محصولات مجتمـع آب سـنگین اراک با محوریت «شـرکت مصباح انرژی» زیرنظر سازمان انرژی اتمی تجاری‌سازی می‌شود. این شرکت در سـال ۱۳۷۷ به منظـور سـازمان انرژی اتمی تأسـیس شـد. این سـازمان آب تأسـیس شـده در هم‌اکنون برخی کشـورها از جمله هند و روسـیه متقاضی ایجاد نمایندگی این شـرکت در کشورشان هستند. پس از بهره‌برداری موفقیت‌آمیز از مجتمع تولید آب سـنگین، شرکت مصباح انرژی با بهره‌گیری از آب سـنگین تولیدی خود به عنوان منبع دوتریوم، اقدام به تولید ترکیبات ایزوتوپیک و نشان‌دار در سطح تجاری کرده است.

ایزوتوپ اکسیژن-۱۸

ایزوتوپ پایدار اکسـیژن-۱۸ باوجود مقدار ناچیز آن در طبیعت، دارای کاربردهای وسـیع در علوم مختلف از قبیل محیط زیسـت، بیوشـیمی، تشـخیص و درمان پزشکی اسـت. کاربرد ایزوتوپ اکسـیژن-۱۸ در علوم پزشکی جهت تشخیص بیماری‌ها با استفاده از تکنیک تشخیص pet scan پا برش‌نگاری با نانسـیر پزیتـرون مبتنی‌بر توسـعه وجود‌های یک دقیق‌ترین روش‌های اسکن سلول‌های سرطانی در ابتدایی‌ترین مراحل رشد شده است. عمدتا کاربرد اکسیژن-۱۸ به شکل مولکول H218O است. این گونه ایزوتوپی جهت تولید رادیودیاب 18F به منظور سـنتز مولکول قندی نشـان‌دار FDG18 مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد که دسـتگاهی به نام پـاسـکن جهت تشخیص تومورهای سرطانی و تعیین میزان پیشـرفت بیماری، تشـخیص بیماری‌های مغزی نظیر صرع و آلزایمر و تشخیص بیماری‌های قلبی کاربرد دارد. در حال حاضر شرکت مصباح انرژی قادر به تولید محصول اکسـیژن-۱۸ با غنای ایزوتوپی بالای ۹۸ درصد است.

آب تهی‌شده از دوتریوم

آب تهی‌شده از دوتریوم (Water depleted Deuterium) با همان آب سبک (Water Light) آبی است که نسبت به حالت معمول دارای غلظت پایین‌تری از دوتریوم است. اسـتفاده از آب سـبک در کشاورزی (آبیاری محصولات و تحقیق محصولات نهایی)، تولید مواد آرایشـی و بهداشتی از کاربردهای به حال گسـترش این محصول اسـت. آب سبک به عنوان یک محصول در جهت توسعه سلامت، ایجاد اشتغال پایدار در سطح جامعه و کمک به تحقیقات پزشکی و نهایتاً ارتقای دانش در این حوزه بسـیار حائز اهمیت اسـت. در حال حاضر آب تهی‌شده از دوتریوم با غلظت اتم دوتریوم در بسته‌های ۱/۵ لیتری در سـبد محصولات شرکت مشتقات آب سنگین داریم و آب سـنگین مرکز شهدای هسته‌ای خنداب، به دلیل خلوص و راندمان تولید بالا یکی از بهترین دستگاهی به نام پـاسکن جهت تشخیص تومورهای سرطانی و تعیین میزان پیشـرفت بیماری، تشـخیص بیماری‌های مغزی نظیر صرع و آلزایمر و تشخیص بیماری‌های قلبی کاربرد دارد. در حال حاضر شرکت مصباح انرژی قادر به تولید محصول اکسـیژن-۱۸ با غنای ایزوتوپی بالای ۹۸ درصد است.

■ ۲۵ روز قبل به انفـاق جمعی از خبرنگاران حوزه صنعت هسـته‌ای از آخرین فعالیت‌های مرکز شـهدای هسـته‌ای «خنـداب» بازدید کردیم اما انتخاب اسـلوبی برای روایت آنچه دیده‌ام، سـهل وممتنع می‌نمود. در این مدت تقریبا روزی نبود که به موضوع فکر نکنم تا اینکه در خلال کندوکاو و وارسـی‌ها به مقدمه مصاحبه‌ام با سخنگوی سـازمان انرژی اتمی در شـهریور ۱۳۹۸ برخوردم؛ جایی که نوشـته بودم: دانشـمندان صنعت هسـته‌ای برای تغییـر باراداییم فکـری گردانندگان انرژی این مملکت حتی به اندازه قطر اتم، پا پس نکشیدند تا «الکترون خصلت‌های منفی» مانع توسـعه مادی و معنوی ایران اسـلامی نشـوند و چه بسـا با «رفتار مثبت پروتونی»، به سرعت سانتر یفیوژها در حال حرکت هستند:

انرژی نه «چرخ پنجم» که بلکه موتور محرک اقتصاد کشـور است که فعلاً از سوخت‌های فسیلی (سنگواره‌ای) نظیر نفت، گاز و زغال‌سـنگ اسـتفاده می‌کند و شـوربختانه خام‌فروشی بر این خوان‌نعمت تحمیل شده است. تمدن فسیلی به سرعت برق در حال نزدیک‌شدن به پایان عمر خود است اما برای تولید همین برق، به جایگزین نیاز داریم و چه جایگزینی بهتر از تمدن هسته‌ای، چه آنکه به قول هاتف: «دل هر ذره را که بشکافی/ آفتابیش در میان بینی» و چه شروعی بهتر از این تک‌بیت معنادار سیداحمد حسینی متخلص به «هاتف اصفهانی» از شاعران قرن دوازدهم. قاسم غنی، پزشک و از چهره‌های سرشناس ایرانی به‌واسطه ارتباط با «رنسست هرتسفلد» باستان‌شناس آلمانی، در دیداری که زمستان ۱۳۲۴ با «آلبرت اینیشتین» داشت، همین بیت را گفته و پاسخ جالبی هم شنیده است (تجربه تنها راه وصول به حقیقت‌هایی است که ممکن است تسلیم آن شویم، اما نباید فکر کنیم که ماورای تجربه، حقیقتی نیست. بسیاری از حقیقت‌ها به تجربه درنمی‌آیند، عقل ما و قلب ما به آن می‌رسـد). البته همین بیت، با خوش‌سـلیقگی در بالای تارنمای سازمان انرژی هسته‌ای رخ‌نمایی می‌کند. اتم‌ها کوچک‌ترین و بنیادی‌ترین ذره تشکیل‌دهنده مواد هستند که از سه نوع ذره بنیادی پروتون، نوترون و الکترون تشکیل شده‌اند. هر اتم یک هسته دارد که شامل پروتون‌ها و نوترون‌هاسـت و با الکترون‌ها احاطه شده است. فرایند تقسیم هسته‌ها، «شکافت هسـته‌ای» نام دارد. این فرایند با اسـتناد به یک طرح علمی «آلبرت اینیشـتین» صورت گرفت که معتقد بود «جرم می‌تواند به انرژی تبدیل شود». بر همین اسـاس «اُنر بکو فرمی» فیزیکدان ایتالیایی‌الاصل در سال ۱۳۲۸ اولین «رآکتور هسته‌ای» را طراحی کرد. شکافت هسته‌ای با تقسیم اتم‌ها، انرژی را به صورت گرما آزاد می‌کند. خروجی شکافت هسته‌ای، تولید انرژی است که معمولا از آن برق تولید می‌کنند و به عنوان انرژی هسته‌ای یاد می‌شود. اما آیا صنعت هسته‌ای فقط برای تولید برق است؟ روایت بازدید از مرکز شهدای هسته‌ای خنداب پاسخ به این پرسش است.

■ نمایی از مجتمع آب سنگین خنداب، عکس آرشیوی است

مجتمع آب سنگین

مجتمع آب سـنگین که با فاصله کوتاهی از ساختمان رآکتور اراک قرار دارد، از دیگر مقاصد بازدید خبرنگاران بود. آب سـنگین تولیدی در این مجتمع، علاوه بر اسـتفاده در خنک‌کاری رآکتور تحقیقاتی اراک، کاربردهای دیگری دارد. آب سـنگین به زبان ساده، آبی است که مولکول‌های هیدروژن‌های آن با اتم دوتریوم (ایزوتوپ سـنگین هیدروژن) تبادل شده‌است. همین جابه‌جایی باعث تغییر در خواص فیزیکی آب معمولی و آب سـنگین می‌شود، بنابراین آب سـنگین در مقایسـه با آب معمولی نقطه جوش و نقطه انجماد بالاتری دارد. هسـته اتم هیدروژن دارای یک پروتون و هسـته دوتریم دارای یک پروتون و یک نوترون است. این نوترون بیشتر باعث افزایش جرم آن می‌شود. یک مول آب معمولی ۱۸ گرم و آب سـنگین ۲۰ گرم اسـت. پس قطعاً یک لیتر آب سـنگین دارای جرمی بیشـتر از یک لیتر آب سـبک اسـت. به دلیل تفاوت مشـخصات هسـته‌ای دوتریوم با هیدروژن از لحاظ «تکانه زاویه‌ای و گشـتاور مغناطیسـی نوترون»، از آب سـنگین در طبیعت وجود دارد و نیازی به تولید آن نیسـت بلکه روش‌های مختلفی برای جداسـازی آب سـنگین شامل تبادل شـیمیایی (ایزوتوپی)، تقطیر، الکترولیز، استفاده از غشا، نفوذ گرمایی، لیزر، فوتوشیمی و جذب سطحی وجود دارد که هر روش دارای مزایا و معایب مربوط به خود است و با توجه به ویژگی‌های روش مذکور تاکنون تنها سه روش اول در مقیاس صنعتی اجرا شده‌اند.

■ نمایی از مرکز شهدای هسته‌ای خنداب، عکس آرشیوی است

نوبت خبرنگاران

در خلال بازدید اصحاب رسانه از مرکز شهدای هسته‌ای خنداب، به دلیل تقارن با ایام روز خبرنگار، مراسم گرامیداشت هفته خبرنگار با حضور محمد اسـلامی معاون رئیس‌جمهور و رئیس سازمان انرژی اتمی ایران، فرزاد مخلص‌الائمه اسـتاندار مرکزی، فرماندار خنداب، مدیران ارشد صنعت هسـته‌ای و جمعی از مسـئولان استانی و نیز تعدادی از خبرنگاران از جمله خبرنگار «جوان» در این مرکز برگزار شد. در این مراسم سـه نفر از خبرنگاران از جمله خبرنگار «جوان» به بیان دغدغه‌ها و سوالات خود پرداختند. ابتدا از تیم حرفه‌ای سازمان انرژی اتمی که جزو معدود تیم‌