گاهنامه علمی تخصصی دانشجویی نوپا

دانشکده مهندسی مکانیک

بخش مهندسی هسته‌ای

سال هشتم شماره ۵ تابستان ۱۴۰۳

در این شماره می‌خوانید:

- رادیوگپ با حضور دکتر محمدیان
- فناوری تابش مواد غذایی مروری بر کاربردها و قابلیت‌های آنها
- معرفی یا آشنایی با راکتور تحقیقاتی ۱۰ مگاواتی اصفهان
- معرفی حادثه فوکوشیما
- معرفی پنجاه و ششمین نمایشگاه دستاوردهای صنایع هسته‌ای ایران
- بیست و هشتمین کنفرانس تغییرات آب و هوایی سازمان ملل متحد

گاهنامه علمی تخصصی دانشجویی

نشریه نوپا

انجمن علمی مهندسی هسته‌ای

۷۲۱/ ک ن ش

Nuclear.eng.anjoman@hafez.shirazu.ac.ir

خیابان ملاصدرا، دانشکده مهندسی مکانیک، طبقه سوم

صاحب امتیاز:

انجمن علمی مهندسی هسته‌ای دانشگاه شیراز

مدیر مسئول:

محمدرضا زره‌پوش قصر احمدی

سردبیر:

محدثه حیدری‌نیا

هیئت تحریریه

محدثه حیدری‌نیا، سجاد حسن‌پور، مریم‌سادات حسینی، الناز سعیدیان، فاطمه قنبری،

کمیته فنی

ویراستار علمی: دکتر احمد پیروزمند

ویراستار نگارشی: فاطمه قنبری

طراح جلد: فاطمه قنبری

صفحه آرایی و گرافیک: فاطمه قنبری

استاد مشاور انجمن علمی: دکتر احمد پیروزمند

اساتید همکار و داور و ناظر

استاد مشاور نشریه: دکتر احمد پیروزمند

اساتید داور و ناظر: دکتر فرشاد فقیهی، دکتر عطاءاله ربیعی، دکتر احمد پیروزمند، دکتر کمال حداد، دکتر صدیقه سینا، دکتر محمدرضا نعمت‌اللهی، دکتر محمدرضا محمدیان بهبهانی

گذری بر انجمن علمی مهندسی هسته ای

انجمن علمی مهندسی هسته ای در سال ۱۳۹۰ زیر نظر دکتر کمال حداد و حمایت مدیریت علمی دانشجویان دانشگاه شیراز تاسیس و در سال ۱۳۹۲ با پیگیری های مصرانه دکتر احمد پیروزمند و مشارکت دانشجویان بخش مهندسی هسته ای احیا شد. آغاز به کار انجمن با انجام فعالیت های موثر در جهت ارتقا هرچه بیشتر سطح علمی و فرهنگی بخش مهندسی هسته ای همراه بوده است. در راستای نیل به این هدف انجمن علمی بر تدارک گسترده و مستمر کارگاه های آموزشی و جلسات هم اندیشی متمرکز شده و در این راه به خوبی ایفای نقش کرده است. علاوه بر اولویت های اصلی ذکر شده، با تدارک اردوهای علمی و چاپ نشریه پازل فعالیت های انجمن تکمیل گردید. در پایان ضمن بیان گوشه ای از افتخارات، امیدواریم که فعالیت های اعضای انجمن علمی مهندسی هسته ای دانشگاه شیراز به عنوان نمادی از تلاشی خودجوش برای ارتقا سطوح علمی دانشجویان و دانشگاهیان در سطح کشور شناخته شود که این امر جز در سایه حمایت های مداوم اساتید بخش مهندسی هسته ای و مشارکت روزافزون دانشجویان عزیز محقق نخواهد شد.

- شرکت در جشنواره حرکت سال ۱۳۹۳ و مقام اول بخش نوآوری و خلاقیت در دانشگاه شیراز
- انتخاب مقاله مهندس حسن سعادتی به عنوان مقاله برگزیده در اولین جشنواره نشریه دانشجویی خردادماه ۹۵ در گروه رقابتی فنی و مهندسی
- بازدید از مراکز هسته ای سازمان انرژی اتمی در تهران و کرج در اردیبهشت ۹۳ و اردیبهشت ۹۸ و بازدید از منطقه هسته ای اصفهان در زمستان ۹۶ و اردیبهشت ۹۸
- برگزاری بیش از ۱۵۰ جلسه هم اندیشی و ژرنال کلاب
- کسب عنوان برگزیده نهایی در حوزه نشریه گروه رقابتی فنی و مهندسی در نهمین جشنواره دانشجویی حرکت سال ۹۷

- کسب عنوان استاد مشاور برگزیده در نهمین جشنواره دانشجویی حرکت سال ۹۷
- کسب عنوان دبیر شایسته تقدیر در نهمین جشنواره دانشجویی حرکت سال ۹۷
- کسب عنوان نشریه شایسته تقدیر در دومین جشنواره نشریات دانشجویی سال ۹۷
- بازدید از مراکز هسته‌ای سازمان انرژی اتمیدر اصفهان در پاییز ۱۴۰۲
- برگزاری هفتگی جلسات ژورنال کلاب راکتور
- برگزاری کارگاه آموزشی کد RELAP5 , MCNP , Phyton, در پاییز و زمستان ۱۴۰۲
- بازدید از پنجاه و ششمین نمایشگاه دستاوردهای صنایع هسته‌ای ایران در زمستان ۱۴۰۲
- برگزاری کارگاه آناتومی، تالیس و پروژه کسری خدمت در پاییز و زمستان ۱۴۰۲
- برگزاری ۲۷ژورنال کلاب: ۱۶ژورنال کلاب پرتوپزشکی و کاربرد پرتو و ۱۱ ژورنال کلاب راکتور در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳
- بازدید از نیروگاه سیکل ترکیبی شیراز در سال ۱۴۰۲
- بازدید از رصدخانه دانشگاه شیراز در سال ۱۴۰۲
-

برای اشتراک نسخه الکترونیک و چاپی نشریه نوپا فرم زیر را تکمیل نموده و به دفتر انجمن علمی مهندسی هسته ای تحویل دهید و یا اسکن آن را به پست الکترونیکی نشریه ارسال فرمایید.

نام:	نام خانوادگی:
مقطع تحصیلی:	رشته تحصیلی:
شماره دانشجویی:	شماره همراه:
پست الکترونیک:	مدت اشتراک:

هیئت تحریریه نشریه نوپا

دکتر احمد پیروزمند

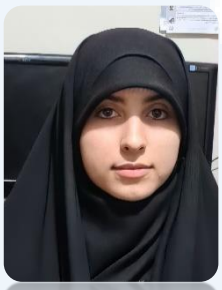
استاد مشاور انجمن علمی

محمدرضا زره پوش قصراحمدی

مدیر مسئول نشریه

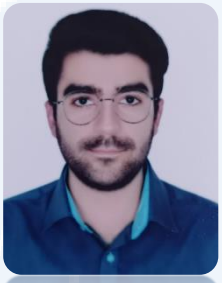
محدثه حیدری نیا

سردبیر نشریه



مریم‌سادات حسینی

عضو هیئت تحریریه نشریه



سجاد حسن پور

عضو هیئت تحریریه نشریه

الناز سعیدیان

عضو هیئت تحریریه نشریه

فاطمه قنبری

عضو هیئت تحریریه نشریه

سخن سردبیر

سپاس خدای بزرگ را که توفیقی عنایت فرمود تا پس از طی مراحل گوناگون و پیگیری‌های فراوان، سرانجام نشریه نوپا را تقدیم علاقمندان به این حوزه نمائیـم؛ مجله‌ای که سعی دارد با همکاری دانشجویان مهندسی هسته ای، به صورت مستمر انتشار یافته و در فضایی دوستانه و در عین حال تخصصی و علمی-پژوهشی، تقدیم به نگاه پرمهرتان گردد.

محدثه حیدری نیا

معرفی پنجاه و ششمین نمایشگاه دستاوردهای صنعت هسته‌ای ایران

محدثه حیدری‌نیا

دانشجوی ارشد مهندسی هسته‌ای گرایش پرتوپزشکی

مدیر امور نمایشگاه‌های صنعت هسته‌ای کشور با بیان اینکه دانشگاه شیراز میزبان پنجاه‌وششمین نمایشگاه تخصصی دستاوردهای صنعت هسته‌ای کشور انتخاب شد، گفت: این نمایشگاه‌ها با هدف آگاه‌سازی افکار عمومی نسبت به دانش بومی صنعت هسته‌ای و معرفی آن به‌عنوان یک تکنولوژی مفید در زندگی مردم برگزار می‌شود.

محمدتقی شجاعی در جمع خبرنگاران، اظهار کرد: سازمان انرژی اتمی این نمایشگاه‌ها را با هدف معرفی دانش هسته‌ای ایران و امیدآفرینی، تقویت روحیه‌ی خودباوری و غرور ملی، در دانشگاه‌های کشور برگزار می‌کند و شیراز به عنوان میزبان نمایشگاه پنجاه و ششم انتخاب شد.

وی افزود: صنعت هسته‌ای دانشی نو در داخل کشور است و اقشار مختلف مردم نسبت به آن آگاهی مناسبی ندارند، در حالی‌که به‌دلیل حمایت‌های گسترده و همه‌جانبه از دستیابی به این دانش، حق دارند در این زمینه مطلع شوند.

مدیر امور نمایشگاه‌های صنعت هسته‌ای کشور با بیان اینکه نمایشگاه شیراز با رویکردی متفاوت نسبت به دوره‌های گذشته برگزار می‌شود، گفت: در این رویداد بیش از همه، نقش مؤثر دستاوردهای سازمان انرژی اتمی در زندگی مردم برای رشد و توسعه کیفیت زندگی آنها به نمایش گذاشته می‌شود.

شجاعی‌پور عنوان کرد: این نمایشگاه شامل سه بخش کلی مرور چرخه سوخت هسته‌ای، نیروگاهی و کاربردهای صنعت هسته‌ای در صنایع مختلف است؛

۱- بخش مرور چرخه سوخت شامل غرفه‌های :

- ژئوفیزیک هوابرد،
- تولید کیک زرد،
- معادن پرتوزا،
- فرآوری اورانیوم،
- غنی‌سازی،
- تولید زیرکونیوم وس
- آلیاژهای نوین و
- تولید قرص و مجتمع سوخت است،

۲-در بخش نیروگاهی

- واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر و
- درصد پیشرفت واحد ۲ و سه این نیروگاه،
- بخش بومی‌سازی قطعات یدکی موردنیاز واحد یکم نیروگاه اتمی بوشهر و
- نقشه راه بومی‌سازی ساخت نیروگاه‌های اتمی ارائه می‌شود

۳-در حوزه‌ی کاربردهای صنعت هسته‌ای:

- بخش تولید آب سنگین و
- زیست‌فناوری،
- رادیو داروها،
- توسعه فناوری پلاسما،
- توسعه کاربردپرتوها،
- رادیومتری‌های هسته‌ای،
- لیزر و اپتیک و مرکز نظام ایمنی هسته‌ای ارائه می‌شود.

مدیر امور نمایشگاه‌های سازمان انرژی اتمی اظهار کرد: این نمایشگاه‌ها نقطه عطف آغاز همکاری‌ها بین سازمان و دانشگاه‌ها است و حمایت همه‌جانبه صنعت از مراکز علمی و دانشگاهی همواره مورد تأکید مدیران ارشد سازمان انرژی اتمی ایران بوده است.

بازدید جوانان و نوجوانان فارس از دستاوردهای هسته‌ای فارس

دبیر اجرایی پنجاه و ششمین نمایشگاه دستاوردهای هسته‌ای کشور در دانشگاه شیراز گفت: این نمایشگاه از ۲۸ بهمن تا ۲ اسفندماه در مجموعه ورزشی کوثر دانشگاه شیراز برپا می‌شود. مهدی زهتابیان افزود: این نمایشگاه هر روز از ساعت ۹ تا ۱۳ و ۱۴ تا ۱۷ پذیرای حضور علاقه‌مندان است. دکتر مهدی زهتابیان عضو هیات‌علمی بخش مهندسی هسته‌ای دانشگاه شیراز ادامه داد: این نمایشگاه ازسوی سازمان انرژی اتمی با همکاری استانداری فارس برگزار می‌شود و مکاتبات لازم با دیگر دانشگاه‌ها، آموزش و پرورش و سایر دستگاه‌های اجرایی فارس برای بازدید گروه‌های مختلف از این نمایشگاه انجام شد.

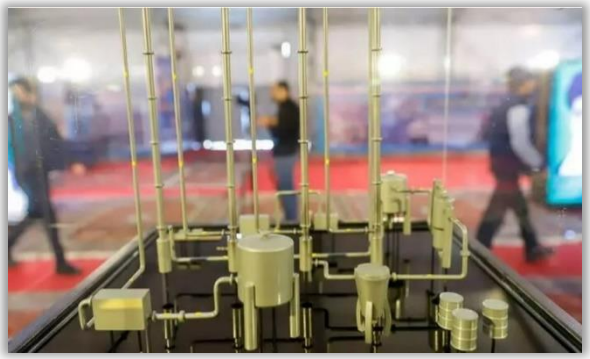
همکاری سه جانبه برای راه‌اندازی مجتمع تحقیقات انرژی و فناوری فارس

رئیس دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز در ادامه این نشست گفت: سازمان انرژی اتمی، دانشگاه شیراز و استانداری فارس برای احداث مجتمع تحقیقات انرژی و فناوری فارس همکاری می‌کنند.

دکتر عطاالله ربیعی افزود: همواره یکی از دغدغه‌های سیاستمداران و مدیران عالی اجرایی کشور، سبد انرژی، به‌ویژه تولید برق است که جمهوری اسلامی ایران نیز برای تولید ۲۰ هزارمگاوات برق هسته‌ای هدف‌گذاری کرده است و بخش عمده‌ای از نیروگاه‌های تولید برق نیز در نوار آبی جنوب کشور جانمایی شده و مستقر می‌شوند.

وی ادامه داد: استان فارس از استان‌های مستعد در حوزه‌های مختلف صنعتی، پزشکی و کشاورزی است و نزدیک‌ترین فاصله را به نوار آبی جنوب کشور دارد که سبب اتصال و ارتباط مناسب با کشورهای حوزه خلیج فارس می‌شود، این استان به‌دلیل وجود دانشگاه‌های برجسته به‌ویژه دانشگاه شیراز یکی از استان‌های پرظرفیت کشور از نظر علمی به شمار می‌رود.

رئیس دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز با اشاره به سابقه‌ی بیش‌از ۷۰ ساله دانشگاه شیراز در فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی و تجربه ۳۰ ساله در انجام تحقیقات هسته‌ای در بخش مهندسی هسته‌ای دانشگاه و مراکز تحقیقاتی وابسته، گفت: فعالیتی آینده‌نگر در فارس درحال شکل‌گیری است و در این جهت مجتمع تحقیقات انرژی و فناوری فارس را با رویکرد استفاده از انرژی هسته‌ای در این استان فارس مستقر می‌شود.



حادثه فوکوشیما

مریم سادات حسینی

دانشجوی دکتری مهندسی هسته‌ای راکتور

شرح کلی حادثه

در روز ۱۱ مارس سال ۲۰۱۱ روزی که زمین‌لرزه بزرگ در منطقه ژاپن رخ داد، ۵ نیروگاه هسته‌ای متشکل از ۱۵ واحد (شامل ۱ واحد نیروگاه هسته‌ای هیگاشیرودی، ۳ واحد اوناگاوا، ۶ واحد فوکوشیما دایچی، ۴ واحد فوکوشیما داینی و ۱ واحد توکای داینی) در امتداد سواحل ژاپن رو به اقانوس آرام از توهوکو تا کانتو نصب شده بود. از این ۵ نیروگاه، ۴ نیروگاه اوناگاوا، فوکوشیما دایچی، فوکوشیما داینی و توکای داینی خسارت ناشی از زلزله را گزارش کردند. همه آنها به جز فوکوشیما دایچی بعد از زلزله همچنان توانستند از برق استفاده کنند. در دایچی، برق خارجی بدلیل سونامی تا ۱۰ روز قطع شد و نهایتاً ذوب قلب و انفجار در ۴ راکتور از ۶ راکتور فوکوشیما دایچی رخ داد.

در ادامه شرح وقایع را به تفکیک دنبال می‌کنیم:

وقوع زمین‌لرزه

زمان رخداد زلزله ۹ ریشتری، ساعت ۱۴:۴۶، ۳ راکتور از ۶ راکتور نیروگاه هسته‌ای فوکوشیما دایچی (واحدهای ۱ تا ۳) فعال بودند. واحدهای ۴ تا ۶ به‌دلیل بازرسی‌های دوره‌ای کار نمی‌کردند. پس‌لرزه‌های متعددی از جمله ۸ زمین‌لرزه از ۵ ریشتر یا بالاتر در مرکز زلزله‌نگاری در مدت تقریباً ۴۰ دقیقه تا ساعت ۱۵:۲۵ ثبت شد. بعد از آن، هر ۷ خط تغذیه‌کننده به فوکوشیما دایچی غیر قابل استفاده شدند و همچنین نیروگاه دچار از دست دادن توان خارجی (External power loss) شد.

وقوع سونامی

حدود ۴۵ دقیقه بعد از وقوع زلزله، یعنی در ساعت ۱۵:۲۷ موج اول با ارتفاع ۴ متر و ساعت ۱۵:۳۵ موج دوم با ارتفاع ۱۳ متر آمد. واحدهای ۱ تا ۴ فوکوشیما دایچی تحت سونامی قرار گرفتند. ساختمانِ در معرض سونامی کاملاً پر از آب و گل شد. اکثر تجهیزات مکانیکی از جمله ۱۲ تا از ۱۳ دیزل ژنراتور اضطراری که در طبقه زیرزمین و طبقه اول نیروگاه بودند، در اثر سونامی بی‌فایده و غیر قابل استفاده شدند. یعنی حتی اگر نیروی الکتریکی دوباره برقرار می‌شد، تجهیزات به آسانی قابل استفاده نبودند. در پایان، علاوه بر از بین رفتن منبع تغذیه الکتریکی خارجی (External electric

power supply)، منبع تغذیه اضطراری و منبع تغذیه DC (باتری) نیز از بین رفت. به طوری‌که نیروگاه در شرایط اضطراری قرار گرفت و تمام منابع برق خود را از دست داد. همه نشانگرها برای ارائه قرائت سیگنال‌های هشداردهنده نیز متوقف شدند و حتی روشنایی اتاق کنترل عملیات نیز از بین رفت. اتاق‌های کنترل در ساختمان‌های بدون پنجره نیروگاه هسته‌ای کاملاً تاریک شده بودند.

حال مشاهده می‌کنیم که در هر یک از واحدهای فوکوشیما دایچی بعد از رخداد زلزله چه اتفاقی رخ داده است:

شرح واقعه از دیدگاه واحد ۱ نیروگاه فوکوشیما دایچی

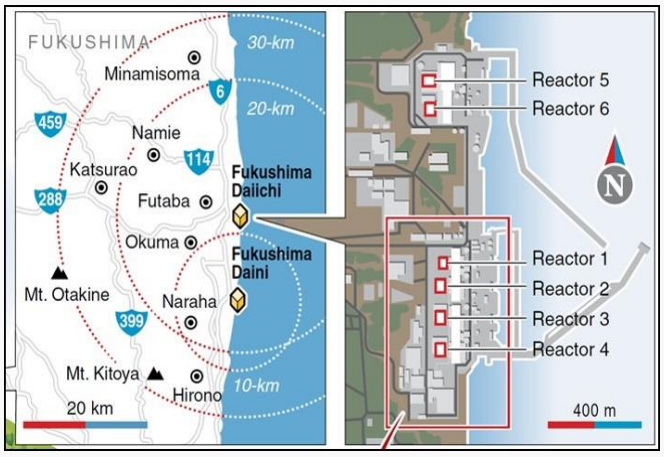
واحد ۱ با وقوع زمین‌لرزه متوقف شد و با عملکرد دستی در وضعیت خنک‌کننده IC (Isolation Condenser) قرارگرفت. اما متاسفانه هنگامی‌که خنک‌کنندگی آن متوقف شده بود، دچار سونامی شد و راه‌اندازی مجدد آن دیگر غیر ممکن بود. به همین دلیل واحد ۱ مجبور شد حرارت واپاشی خود را بدون هیچ منبع آبی، حتی یک قطره آب، خنک کند. درواقع مجبور شد آب خنک‌کننده باقی‌مانده در مخزن تحت فشار راکتور (PV) را تبخیر کند. این فرآیند باعث شد دمای قلب تا حدود ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و دمای مخزن تحت فشار راکتور تا حدود ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. حوالی ساعت ۴ صبح ۱۲ مارس، تزریق آب توسط ماشین آتش‌نشانی آغاز شد. اما به دلیل اینکه آبِ تزریق‌شده کم بود بخار و بخشی از قلبِ با درجه حرارت بالا باعث ایجاد واکنش شدند و در ادامه آن، تولید حرارت و گاز هیدروژن برای حدود ۱۰ ساعت ادامه پیدا کرد. نهایتاً بخشی از قلب ذوب می‌شود و به انتهای RPV سقوط می‌کند. چنین وضعیتی تا ۱۰ ساعت یعنی از ۴ صبح ۱۲ مارس (هنگامی‌که تزریق آب دریا شروع شد) تا ۱۴:۳۰ (هنگامی‌که تهویه باز شد) ادامه داشت. در پایان نیز گاز هیدروژنِ گیرکرده در محفظه نگهدارنده، خارج و با هوا مخلوط می‌شود و یک گاز منفجره ایجاد می‌کند که در نتیجه باعث انفجار واحد ۱ می‌شود.

شرح واقعه از دیدگاه واحد ۲ نیروگاه فوکوشیما دایچی

واحد ۲ بعد از از دست دادن برق، توانست با پمپ (Reactor Core Isolation Cooling System) RCIC تا ۳ روز خنک بماند. این پمپ سرانجام در ساعت ۱۱ صبح ۱۴ مارس متوقف شد و همه راه‌های خنک شدن راکتور از بین رفت. در ساعت ۱۸ عصر ۱۴ مارس، سطح آب راکتور تا انتهای قلب کاهش یافت و دمای میله‌های سوخت به حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد رسیده بود. متاسفانه تزریق آب دریا توسط ماشین آتش‌نشانی دیر انجام شد (حدود ساعت ۱۹:۵۴) و دمای میله‌های سوخت حداقل تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسیدند. حدود ساعت ۲۰ آب دریای تزریق شده با زیرکالوی در درجه حرارت بالا باعث واکنش اکسیداسیون و تولید مقدار زیادی گاز هیدروژن شد. افزایش فشار محفظه نگهدارنده راکتور، منجر به بلندشدن دریچه بالای آن و نشت گاز هیدروژن منجر به بالارفتن درپوش محافظ (Shield Plug) بتنی شد. سپس گاز هیدروژن وارد ساختمان راکتور شد و از طریق پنل انفجاری (Blowout Panel) به محیط خارج نشت کرد. نهایتاً مواد رادیوکتیو از قلب مذاب به طور مستقیم به جو منتشر شدند.

شرح واقعه از دیدگاه واحد ۳ نیروگاه فوکوشیما دایچی

واحد ۳ تمام منبع تغذیه AC را از دست داد، اما بدلیل باقی‌ماندن توان DC تا زمانی‌که RCIC و سپس HPCI (High Pressure Water Injection System) در حال کار بودند، قلب خنک نگه داشته شد. اما با وجود تمام تلاش‌ها فرآیندهای انجام‌شده برای خنک نگه‌داشتن قلب، در حدود ساعت ۹ صبح ۱۳ مارس، قلب فروریخت. حوالی ساعت ۱۰ صبح ۱۴ مارس، واکنش شدید زیرکونیوم-آب در قلب واحد ۳ باعث ذوب شدن قلب و همچنین تولید مقدار زیادی گاز هیدروژن شد.



شرح واقعه از دیدگاه واحد ۴ نیروگاه فوکوشیما دایچی

نکته‌ای که درمورد واحد ۴ وجود داشت این بود که در ۱۰ مارس ۲۰۱۱، در واحد ۴ تعویض سوخت انجام شده بود. انفجار واحد ۴ به دلیل هیدروژن تولید شده در اثر ذوب قلب واحد ۳ و انتقال هیدروژن به واحد ۴، ایجاد شد (در ساعت ۶:۱۴ صبح در ۱۵ مارس). احتراق هیدروژن ابتدا در طبقه ۴ بوده و سپس ضربه آن به انفجار گاز هیدروژنِ انباشته‌شده در سقف طبقه ۵ منجر می‌شود.

خلاصه حادثه هسته‌ای فوکوشیما دایچی

	UNIT1	UNIT2	UNIT3	UNIT4
Earthquake attack	March/11 2:46 p.m.			
Tsunami attack	March/11 3:35 p.m.			
Core melt	March/12 about 4 a.m.	March/14 about 10 p.m.	March/14 about 10 a.m.	
Damage timing (structural)	March/12 3:36 p.m. (reactor building)		March/14 about 11:01 a.m. (reactor building)	March/15 about 6:14 a.m. (reactor building)

درس‌های آموخته‌شده

از زمان فاجعه فوکوشیما که در ۱۱ مارس ۲۰۱۱ رخ داد، ژاپن و جامعه بین‌المللی کارها و اقدامات متعددی برای افزایش ایمنی نیروگاه‌های هسته‌ای انجام دادند. برخی از این کارها و اقدامات عبارتند از:

- ارزیابی و بهبود سیستم‌های ایمنی و ضد زلزله در نیروگاه‌های هسته‌ای فعال و تعلیق یا تعطیلی نیروگاه‌های هسته‌ای قدیمی یا ناکارآمد

- توسعه و اجرای برنامه‌های اضطراری و آمادگی در برابر حوادث هسته‌ای و تقویت همکاری بین‌المللی در این زمینه

- افزایش سطح آگاهی و آموزش مردم و کارکنان نیروگاه‌های هسته‌ای درمورد خطرات و راه‌های مقابله با حوادث هسته‌ای

- انجام تحقیقات و توسعه فناوری‌های نوین و پیشرفته در زمینه ایمنی هسته‌ای و مدیریت پسماند هسته‌ای

بعد از حادثه فوکوشیما کشورهای اروپایی و آمریکایی چندین پروژه برای افزایش ایمنی در نیروگاه‌های هسته‌ای خود انجام دادند که برخی از آنها عبارتند از:

- ارتقاء سیستم‌های خنک‌کننده، تهویه، تغذیه برق و محافظت در برابر زلزله و سونامی

- ایجاد مراکز امداد و نجات هسته‌ای برای ارائه خدمات فوری در صورت بروز بحران

- انجام بازرسی‌های دوره‌ای و ارزیابی‌های مستقل از عملکرد و ایمنی نیروگاه‌های هسته‌ای

- توسعه و استفاده از ربات‌ها و تکنولوژی‌های پیشرفته برای کاهش مخاطرات برای کارکنان و محیط زیست

- افزایش همکاری و تبادل اطلاعات بین کشورها و سازمان‌های بین‌المللی در زمینه ایمنی هسته‌ای

این پروژه‌ها هدف دارند که احتمال وقوع و تأثیرات حوادث هسته‌ای را کاهش و آمادگی و پاسخگویی را افزایش دهند. برخی از پروژه‌های مهمی که برای افزایش ایمنی نیروگاه‌های هسته‌ای بعد از این فاجعه انجام شده است به شرح زیر می‌باشد:

* **پروژه ای.ال.پی.اس**: یک دستگاه تصفیه آب آلوده به رادیواکتیو است، این دستگاه با استفاده از فرآیند تبادل یونی، تمام مواد رادیواکتیو را از آب جدا می‌کند، به جز تریتیوم که یک ایزوتوپ هیدروژن است و به طور طبیعی در فرآیندهای هسته‌ای تولید می‌شود. این عنصر رادیواکتیو، کم‌خطر است و معمولاً با رقیق‌کردن آب در دریا یا رودخانه تخلیه می‌شود. این روش پاکسازی در نیروگاه هسته‌ای فوکوشیما در ژاپن به کار گرفته شد.

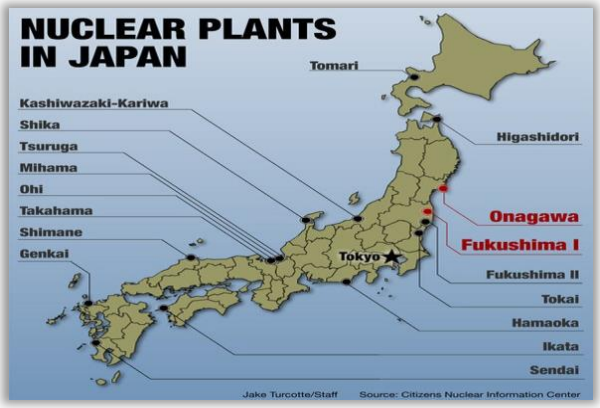
* **پروژه فلکس**: یک ابتکار ایمنی هسته‌ای است که توسط کمیسیون انرژی اتمی آمریکا (NRC) در پی حادثه فوکوشیما آغاز شد. هدف این پروژه این است که توانایی نیروگاه‌های هسته‌ای را برای مقابله با حوادث فراتر از طراحی (BDBA) افزایش دهد. برای این منظور، یک مرکز امداد و نجات هسته‌ای در آتلانتا ایجاد شده است.

این پروژه یکی از مهم‌ترین پروژه‌های ایمنی هسته‌ای در آمریکا است که به بهبود آمادگی و پاسخ‌گویی نیروگاه‌های هسته‌ای در برابر حوادث بحرانی کمک می‌کند.

* **پروژه استرس تست:** این پروژه یک برنامه ارزیابی ایمنی و کارایی راکتورهای هسته‌ای و در واقع یک بازرسی دوره‌ای از عمکرد و ایمنی نیروگاه‌های هسته‌ای در اروپا است که در پی فاجعه چرنوبیل و فوکوشیما توسط اتحادیه اروپا و آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای ایجاد شد.

* **پروژه رباتیک**: برنامه‌ای است که از ربات‌های خودران و تکنولوژی‌های پیشرفته برای انجام بازرسی، تعمیر، نگهداری و پاکسازی تأسیسات هسته‌ای استفاده می‌کند. همچنین برای کاهش مخاطرات برای کارکنان و محیط زیست به کار می‌رود. این ربات‌ها می‌توانند به محیط‌های خطرناک و دسترسی‌ناپذیری که برای انسان‌ها ممکن نیست وارد شوند و با استفاده از حسگرها و ابزارهای خود داده‌های مفیدی را جمع‌آوری و ارسال کنند و برای نیروگاه فوکوشیما که همچنان در معرض خطر می‌باشد می‌تواند مفید باشد.

* **پروژه همکاری بین‌المللی:** یک افزایش تبادل اطلاعات و هماهنگی بین کشورها و سازمان‌های بین‌المللی در زمینه ایمنی هسته‌ای است.



منابع:

کتاب حادثه هسته ای فوکوشیما دایچی اثر میچیو ایشیکاوا

Eidgenoessisches, N. E. (2012). EU-stress test: Swiss national action plan. Follow-up of peer review 2012 year-end status report (No. ENSI-AN--8124). Eidgenoessisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI).

Iqbal, J., Tahir, A. M., & ul Islam, R. (2012, September). Robotics for nuclear power plants—challenges and future perspectives. In 2012 2nd international conference on applied robotics for the power industry (CARPI) (pp. 151-156). IEEE.

Diverse, N. E. I., & Strategies, F. C. (2012). Implementation Guide. Nuclear Energy Institute: Washington, DC, USA.

میون توموگرافی

زهرا راکب [1]، رضا فقیهی [1]

[1] بخش مهندسی هسته ای، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز

تصویر برداری با استفاده از پرتو ها روشی برای ایجاد تصوری از درون اجسام است. در این تصویر برداری ها به منبع پرتو اولیه که عمدتا x و γ هستند احتیاج است که البته این پرتو ها توانایی تصویر برداری از اجسام با ابعاد نسبتا متوسط را با توجه به انرژی خود دارند. این محدودیت ها باعث ایجاد انگیزه ای برای استفاده از تصویربرداری با پرتویی در دسترس، با توانایی تصویربرداری از طیف وسیعی از ابعاد را داشته باشد. این انتظارات تاحدودی با استفاده از میون توموگرافی [1] براورده شده است. هدف از انجام این پروژه شناخت و بررسی این روش تصویر برداری است.

میون:

پرتوهای کیهانی پرتوهای پرانرژی هستند که از خارج از منظومه شمسی سر چشمه می گیرند و وقتی به جو زمین وارد می شوند با ذرات قسمت فوقانی اتمسفر برخورد می کنند و دوش [2] ذرات (از جمله میون ها) را تشکیل می دهند [1].

پرتوهای کیهانی اولین بار توسط ویکتور هس [3] در سال ۱۹۱۲ کشف شدند [2]. وی اعلام کرد که ۸۰ ٪ این پرتو ها پروتون و ۱۴ ٪ از آن ها الفا هستند و انرژی پرتو های کیهانی از چند Gev تا چند صد Tev است.

میون ها به عنوان یک محصول دوش ذرات پرتوی کیهانی در سال ۱۹۳۶ توسط فیزیکدان های امریکایی اندرسون [4] و ندرمیر [5] کشف شد.

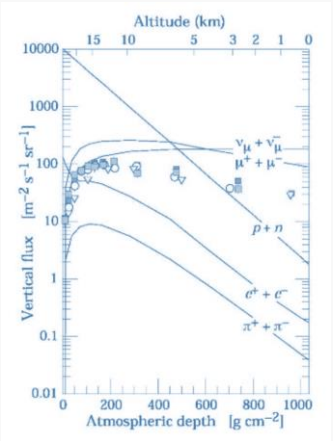
میون ها عضوی از گروه لپتون ها از گروه زیر اتمی هستند، آن ها ذراتی با بار ۱ - و جرمی ۲۰۷ برابر سنگین از الکترون و دارای اسپین نیم صحیح هستند. آن ها مانند سایر ذرات بنیادی پاد ذره ای با بار ۱ + اما با جرم و اسپین برابر دارند که انتی میون [6] یا میون مثبت نامیده می شوند.

به علت جرم بالا میون ها نسبت به الکترون ها در میدان الکترومغناطیسی آهسته تر شتاب می گیرند و کمتر تابش های ترمزی ساطع می کنند و چون انرژی خود را در طول مسیر از دست نمی دهند عمق نفوذ بسیار بیشتری از اشعه ایکس و یا سایر پرتو ها دارند.

یک میون نسبتا ناپایدار است و طول عمر آن ۲.۲ میکرو ثانیه است و پس از نابودی به یک الکترون و دو نوع نوترینو تبدیل می شود.

میون ها بیشتر از سایرمحصولات پرتوهای کیهانی در سطح زمین قابل اندازه گیری اند و شار آن ها در سطح زمین به گونه ای است که از ناحیه ای به اندازه کف دست انسان در هر ثانیه یک میون عبور می کند. در شکل ۱ شار ذرات کیهانی مختلف در عمق های مختلف از اتمسفر نمایش داده شده است [2].

شکل ۱ - شار ذرات کیهانی در عمق های مختلف اتمسفر



[1] Muon tomography
[2] shower
[3] Victor Hess
[4] Carl D. Anderson
[5] Seth Neddermeyer
[6] Antimuon

توموگرافی میون:

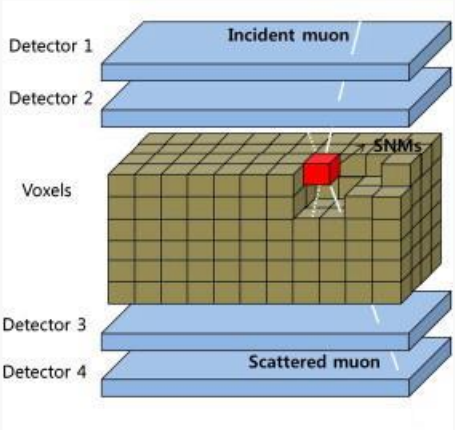
روشی برای تولید تصاویر ۳ بعدی از حجم ها توسط میون هاست .از زمان توسعه توموگرافی میون در دهه ۱۹۵۰ شکل های مختلفی به خود گرفته که مهم ترین آن ها

۱. رادیو گرافی عبور میون ها[7]
۲. تصویر برداری پراکندگی میون ها[8]

هستند.

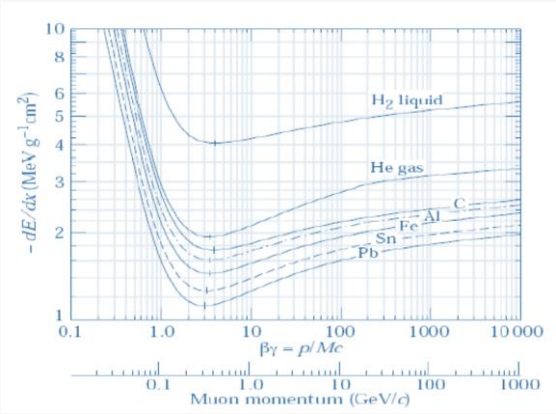
در روش اول مطالعات بر اساس یافتن قسمتی دارای چگالی کمتر نسبت به بقیه قسمت هاست. اصول این روش ساده است مناطق با چگالی کم امکان عبور بیشتر و رسیدن به آشکار ساز ذرات را نسبت به مناطقی با مواد با چگالی بالا را فراهم میکند. در این روش چگالی کمتر عمدتا به معنای وجود حفره است [2].

چون میون ها عمیق تر از x یا γ نفوذ می کنند برای این روش تصویر برداری از مواد با ضخامت بالا مناسب هستند. در شکل ۲ تصویربرداری توموگرافی میون به صورت شماتیک نمایش داده شده است [3].



شکل ۲ - سیستم میون توموگرافی به صورت شماتیک

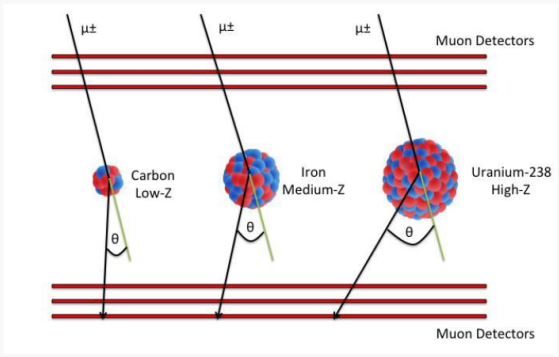
در شکل ۳ میزان اتلاف انرژی میون در عبور از مواد مختلف نمایش داده شده است [4].



شکل ۳ - اتلاف انرژی میون در عبور از موانع مختلف

در روش دوم تصویربرداری با میون ها در سال ۲۰۱۳ توسط دانشندان آزمایشگاه ملی لوس الاموس[9] معرفی شد که در این روش محل ورود و خروج هر ذره بازسازی می شود در شکل ۴ پراکندگی میون از مواد با عدد اتمی مختلف نشان داده شده است [4].

شکل ۴ - پراکندگی میون از مواد با عدد اتمی مختلف

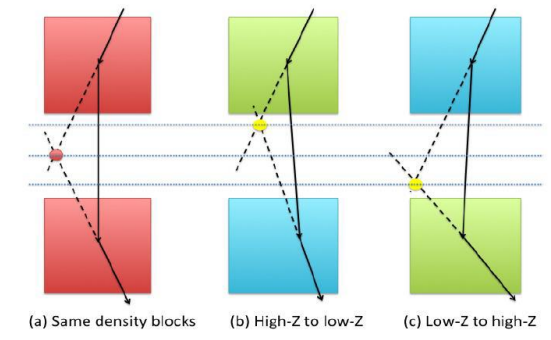


این روش برای پیدا کردن مواد با عدد اتمی بالا در پس زمینه ای از مواد با عدد اتمی بالا (مثل اورانیوم) یا عدد اتمی پایین مفید است. این روش بر اساس پراکندگی چندگانه کولنی[10] است، در این پراکندگی ذرات فقط به دلیل نیروی کولنی پراکنده می شوند و زمانی معتبر است که ضخامت بالا بوده، تعداد برهم کنش ها زیاد باشد و توزیع زاویه پراکندگی از مدل گاوسی تبعیت کند. هنگامی که میون ها با بار منفی از یک حجم عبور می‌کنند با الکترون های

[7] Muon transmission radiography
[8] Muon scattering tomography (MST)
[9] Los Alamos National Laboratory (LANL)
[10] Multiple coulomb scattering

ماده بر هم کنش می کنند و به علت دفع شدن پراکنده می شوند [1].

در شکل ۵ پراکندگی چندگانه به صورت شماتیک رسم شده است [4].



شکل ۵ - پراکندگی چندگانه

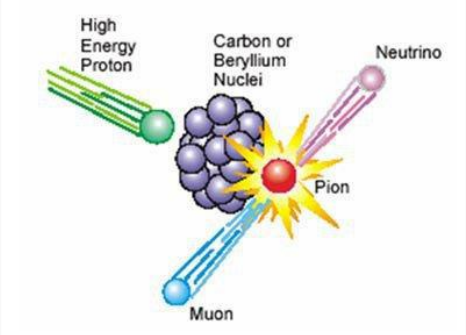
تو موگرافی میون مزایای مختلفی دارد:

- ✓ یک روش غیر فعال است.
- ✓ این پرتو برای انسان بی خطر است.
- ✓ میون بسیار نفوذ پذیر تر از x و γ است و حتی از پشت حفاظ هم قابل اندازه گیری است.

در تصویر برداری با استفاده از میون ها مدت زمان اندازه گیری پرتوها به جسم و پیکربندی آشکارساز بستگی دارد.

منابع میون:

منابع میون به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم میشوند. مهم ترن منبع تولید میون، منبع طبیعی آن یعنی پرتو های کیهانی هستند. هنگامی که پروتون های کیهانی به اتم های بالایی اتمسفر برخورد می کنند پیون ها را تولید می کنند که عمدتا طی مسیر کوتاهی در حدود متر به میون تبدیل می شوند. در شکل ۶ تولید میون ها از پرتوهای کیهانی نشان شده است [5].



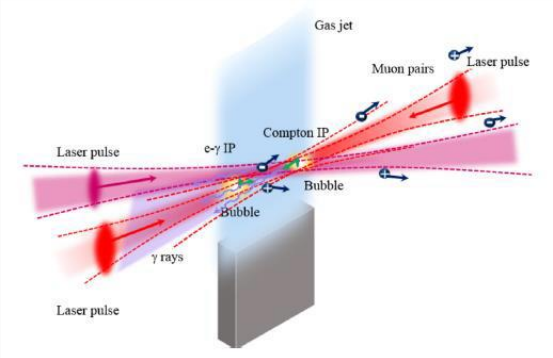
شکل ۶ - تولید میون از ذرات کیهانی

میون های حاصل از این واپاشی با انرژی بالا با سرعت نزدیک به سرعت نور حرکت می کنند و با توجه به طول عمرشان مسیری به طول میانگین ۴۵۶ متر را طی می کنند.

مزیت این منبع آن است که تعداد میون های تولید شده بسیار زیاد و شار آن ها تقریبا ثابت است و از این منبع در همه جای کره زمین می توان استفاده کرد. از روش های تولید مصنوعی میون ۲ روش در این جا ذکر می شود:

روش اول تولید میون با استفاده از لیزر پلاسما[6] :

طبق رابطه $e^- + \gamma \rightarrow \mu^+ + \mu^- + e^-$ با برخورد یک بیم الکترونی به گاما های تولیدی از یک لیزر پلاسما می توان میون تولید کرد که این روش به صورت شماتیک در شکل ۷ نمایش داده شده است [7].

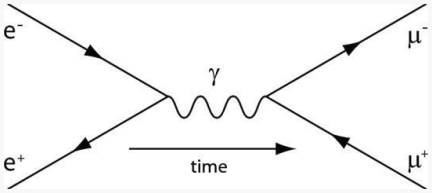


شکل ۷ - تولید میون با لیزر به صورت شماتیک

روش دوم استفاده ازنابودی زوج [8]:

اگر یک جفت الکترون و پوزیترون با هم برخورد کنند یکی از محصولات تولیدی در این فرایند میون و انتی میون است که سطح مقطع تولید این محصولات به انرژی ذرات اولیه بستگی دارد. در شکل ۸ تولید میون با استفاده از این روش قابل مشاهده است [9].

شکل ۸ - تولید میون با استفاده از نابودی زوج



آشکار سازی:

در تصویر برداری با میون از آشکار ساز ذرات استفاده می‌شود که تا کنون در پروژه های مختلف آشکار ساز های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته اند.

آشکار ساز ها عمدتا سنتیلاتور های پلاستیکی و اشکار سازهای هستند. در این جا به برخی از ردیاب های استفاده شده اشاره می شود:

- Mu-Ray [10]:

آشکار ساز میون بر پایه سنتیلاتور پلاستیکی است که هر سنتیلاتور مقطعی مثلث شکل به قاعده و ارتفاع ۳.۳ و ۱.۷ سانتی متر و ارتفاع ۱۰۷ سانتی متر دارد. میله های آشکار سازبا یک لایه TiO_2با ضخامت ۰.۲۵ میلی متر پوشانده می شوند تا راندمان نوری افزایش یابد. یک ترکیب از ۳۲ میله در کنار هم ۰.۵ متر پهنا و وزنی کمتر از ۲۰ کیلوگرم دارند.

- TOMUVOL [10]:

از ۴ لایه موازی اتاقک شیشه ای گازی[11] ساخته شده که یکGPRC شامل ۲ شیشه موازی نازک با فاصله ۱.۲ میلی متر از هم است که با ترکیبی از TFE و SF6 و ایزوبوتان پر شده است. لایه های بیرونی با مواد نارسانا پوشانده شده و H.V به آن متصل است این آشکار سازها با تولید بهمن کار می کنند ولتاژ معمولا در فشار و دمای محیط به طور یکنواخت ۷ کیلو ولت اعمال می شود.

این آشکار ساز را معمولا در کاست های آلومینیومی در ابعاد ۳۶۱ * ۷۴۶ میلی متر مربع و ضخامت ۳۱ میلی متر و وزن ۶ کیلوگرم بسته بندی می کنند تا نصب و استفاده از آن آسان تر شود.

- CCC[12] [7]:

یک اتاقک تناسبی با چندین سیم نا متقارن و حاوی گاز Co_2 و Arبا نسبت های ۸۰ و ۲۰ درصد است. این آشکار سازسبک و ساختاری آسان و مقاوم در برابر لرزش ،فشار و ضربه است. پتانسیل اعمالی به این آشکار ساز ۶۰۰ - ۱۰۰۰ ولت است.

- MMT:

در آزمایشگاه لوس الاموس یک ردیاب قابل حمل ساخته شد که در یک تیوب بسته آلومینیومی قرار دارد و به یک صفحه ۴ فوتی با دقت چند صد میکرومتر اندازه گیری می کند. این y و x متصل شده است ین ردیاب مختصات مکانی ذرات را در محور های ردیاب را با جک و بالابر جابه جا می کنند.

- MMPDS [13]:

یک فناوری ردیاب میون ردیاب غیر فعال چندحالته است. این ردیاب در بندر تجاری باهاما برای ردیابی مواد هسته ای،مواد منفجره و مواد قاچاق استفاده می شود. ابعاد این اسکنر به حدی است که یک محموله بار از درون ان عبور میکند و تصویر ۳ بعدی از انچه اسکن میکند تولید می کند [11].

- GEM[14]:

آشکار ساز جمع و جور و کم جرم و دارای رزولوشن مکانی تا حدود ۵۰ میکرومتر هستند.

- Micromegas [12]:

آشکار ساز گازی اشکار کننده ذرات که از توسعه wire chamber بدست امده اند و سیگنال هایی در حدود ۱۰۰ نانو ثانیه تولید می کنند و رزولوشن مکانی زیر ۱۰۰ میکرومتر دارند.

کاربرد و نمونه ای از پروژه های میون توموگرافی:

- اهرام مصر[13]:

از میون توموگرافی در دهه ۱۹۶۰ و سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ برای عکس برداری از اهرام مصر به امید یافتن اتاق های پنهان استفاده شد.

[11] Glass resistive plate chamber (GRPC)
[12] Close cathode chamber
[13] Multi modes passive detection system (MMPDS)
[14] Gas electron multiplier

در دهه ۱۹۶۰ الوارز[15] دومین هرم بزرگ مصر را مورد بررسی قرار داد. او از شار میون طبیعی استفاده کرد و آشکار ساز ذرات را در حفره ای زیر پایه هرم تنظیم کرد او با این روش سنگ اهک های هرم را در مقیاس متر تشخیص داد.

در سال ۲۰۱۷ نیز ۳ تیم جداگانه به طور مستقل یک اتاق بزرگ پنهان با طول حداقل ۳۰ متر در هرم بزرگ جیزه پیدا کردند

- راکتور بتونی لوس الاموس:

در سال ۲۰۱۱ از این راکتور تصویر برداری شد در این تصویر برداری پرتوهای کیهانی از چیدمان بتون و سرب عبور کرد که آن طرح شامل دولایه بلوک حفاظ بتونی و یک لایه سرب دربین آن ها بود. یک ردیاب در ارتفاع ۲.۵ متر نصب شد و ردیاب دیگر در سطح زمین و در طرف دیگر نصب شد. 3هفته طول کشید تا هشتاد هزار میون ثبت شود.

- راکتور تحقیقاتی دانشگاه نیو مکزیکو:

بعد از تصویر برداری از راکتور لوس الاموس از راکتور تحقیقاتی دانشگاه نیومکزیکو تصویربرداری شد.

این راکتور شامل پلی اتیلن با ۳.۳ کیلوگرم اورانیوم با غنای ۱۹.۷۵ ٪ از U-235 و حاوی کند کننده و حفاظ شامل گرفیت، سرب، اب و بتون بود. جمع اوری داده در این تصویر برداری چند ماه به طول انجامید و مدت زمان ردیابی میون ها جمعا ۸۹۱ ساعت بود.

- فوکوشیما:

در سال ۲۰۱۱ زمین لرزه ای به بزرگی ۹ ریشتر و به دنبال ان یک سونامی باعث بروز بحران هسته ای در نیروگاه فوکوشیما شد، گرچه راکتور ها پایدار بودند اما خاموش شدن کامل به اطلاعات میزان و محل اسیب به راکتور احتیاج داشت. برنامه ریزی برای برچیدن راکتور ها بدون ارزیابی واقعی از میزان خسارت محل سوخت ممکن نبود و سطح تابش در قسمت هسته راکتور بسیار بالا بود و امکان ورود افراد وجود نداشت.

ردیاب FDT[16] برای مشاهده میزان خسارت از فاصله ایمن پیشنهاد شد. چند ماه از اندازه گیری با میون توموگرافی توزیع هسته راکتور را نشان داد.

- بررسی زباله های هسته ای:

از این روش برای بررسی زباله های هسته ای و هم چنین میزان سوخت مصرف شده از ظروف ذخیره سازی استفاده می شود. آژانس بین المللی انرژی هسته ای ازاین روش برای محاسبه مواد هسته ای استفاده شده استفاده می کند.

- پروژه Mu-ray

این پروژه توسط موسسه ملی ایتالیایی فیزیک هسته ای[17] و موسسه ملی ژئوفیزیک وآتشفشان شناسی ایتالیا[18] اجرا شد.

در این پروژه باید درون کوه ویسوویوس[19] واقع در ناپل ایتالیا را که اخرین بار سال ۱۹۴۴ فوران کرده بود، نقشه برداری می شد.

هدف پروژه دیدن داخل اتشفشان توسط دانشمندان ایتالیا، فرانسه، ایالات متحده و ژاپن بود. این فناوری می تواند درک بهتری از وقوع فوران آتشفشان بدهد.

- گمرک و مرز ها:

یکی از مهم ترین استفاده ها از این روش برای شناسایی و بررسی محموله های هسته ای و ... در ورودی بنادر و مرزهاست [14].

خلاصه:

با پیشرفت روز افزون فناوری تصویر برداری به کمک میون ها امکان بررسی و شناخت بیشتر، از مواردی که دسترسی مستقیم به آن ها) به علت در دسترس نبودن، نبود امکانات، هزینه بر بودن و حتی خطرناک بودن(وجود نداشت، امکان پذیر شد.

مزایای مهمی از جمله در دسترس بودن چشمه طبیعی میون، نفوذ بسیار بالای این ذره در مواد مختلف با ضخامت های متفاوت و خطرناک نبودن این پرتو برای انسان ها سبب استفاده روز افزون و همه جانبه از این روش شده است.

[15] L.W Alvarez
[16] Fukushima daiichi tracer
[17] Istituto nazionale di fisica nuclear (INFN)
[18] Istituto nazionale de geofisica e volcanologia
[19] Vesuvius

امروزه از این دستاورد استفاده های مهمی اعم از پیش بینی وقایع طبیعی) مانند فوران اتشفشان(، فعالیت های علمی) مانند بررسی راکتور ها (، امور امنیتی) بررسی محموله ها در گمرکات (و حتی باستان شناسی استفاده می شود.

منابع:

[1] "Muon Tomography | CMS Experiment." [Online]. Available: https://cms.cern/content/muon-tomography. [Accessed: 20-Mar-2020].

[2] E. T. Wright, "A Detector for Muon Tomography : Data Acquisition and Preliminary Results," no. May, p. 25, 2007.

[3] W. J. Jo, H.-I. Kim, S. J. An, C. Y. Lee, C.-H. Baek, and Y. H. Chung, "Design of a muon tomography system with a plastic scintillator and wavelength-shifting fiber arrays," Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip., vol. 732, pp. 568–572, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.nima.2013.05.115.

[4] T. B. Blackwell, "The use of Cosmic-Rays in Detecting Illicit Nuclear Materials," 2015.

[5] "The muSR technique - Muon research - The NMI3 information portal." [Online]. Available: https://nmi3.eu/muon-research/the-musr-technique.html. [Accessed: 21-Mar-2020].

[6] L. Serafini et al., "A muon source based on plasma accelerators," Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip., vol. 909, no. February, pp. 309–313, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.nima.2018.02.003.

[7] L. Oláh, G. G. Barnaföldi, G. Hamar, H. G. Melegh, G. Surányi, and D. Varga, "Close Cathode Chamber technology for cosmic particle tracking," J. Phys. Conf. Ser., vol. 632, no. 1, p. 012020, Aug. 2015, doi: 10.1088/1742-6596/632/1/012020.

[8] K. Hencken, E. A. Kuraev, and V. G. Serbo, "Muon pair production in relativistic nuclear collisions," Acta Phys. Pol. B, vol. 37, no. 3, pp. 969–976, 2006.

[9] [Online]. Available: https://www.physicsforums.com/threads/feynman-diagrams-for-e-e-rightarrow-mu-mu.893934/. [Accessed: 28-Mar-2020].

[10] "Journal of Geophysical Research : Solid Earth Joint measurement of the atmospheric muon flux through the Puy de Dôme volcano with plastic scintillators and Resistive Plate Chambers detectors," pp. 1–18, 2015, doi: 10.1002/2015JB011969.Received.

[11] "Muon Detectors | CMS Experiment." [Online]. Available: http://cms.web.cern.ch/news/muon-detectors. [Accessed: 22-Mar-2020].

[12] H. Gómez, "Muon tomography using micromegas detectors: From Archaeology to nuclear safety applications," Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip., vol. 936, no. June, pp. 14–17, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.nima.2018.10.011.

[13] K. Morishima et al., "Discovery of a big void in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons," Nature, vol. 552, no. 7685, pp. 386–390, Dec. 2017, doi: 10.1038/nature24647.

[14] C. L. MORRIS et al., "Tomographic Imaging with Cosmic Ray Muons," Sci. Glob. Secur., vol. 16, no. 1–2, pp. 37–53, Oct. 2008, doi: 10.1080/08929880802335758.

معرفی راکتور تحقیقاتی ۱۰ مگاواتی اصفهان

مریم سادات حسینی

دانشجوی دکتری مهندسی هسته‌ای راکتور

راکتور تحقیقاتی اصفهان یکی از پروژه‌های مهم صنعتی هسته‌ای کشور است که با هدف توسعه علوم و فنون هسته‌ای و تولید انرژی پاک و ایمن طراحی شده است. طراحی و ساخت این راکتور بر اساس آخرین استانداردها و ضوابط ملی و بین‌المللی در حوزه‌های مختلف ایمنی هسته‌ای، پرتوی و حوزه‌های گوناگون مهندسی و تحت نظارت مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور انجام خواهد شد. این راکتور، یک راکتور تحقیقاتی چند منظوره، از نوع استخری، با خنک‌کننده و کندکننده آب‌سبک با توان حرارتی ۱۰ مگاوات بوده و سوخت این راکتور از نوع اکسید اورانیوم-آلومینیوم به صورت صفحه‌ای و با غنای ۲۰ درصد است.

این راکتور که از نوع استخری آب‌سبک می‌باشد به این معنی است که قلب آن درون یک استخر آب قرار دارد که نقش خنک‌کنندگی و کندکنندگی نوترون‌ها را بر عهده دارد. این نوع راکتورها دارای مزیت‌هایی مانند سادگی طراحی، کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری، افزایش ایمنی و کاهش احتمال حوادث هسته‌ای می‌باشند. این راکتور یک چشمه نوترونی قوی با شار نوترونی بالا است که امکان انجام آزمون‌های عملکردی سوخت و مواد هسته‌ای را فراهم می‌کند. این آزمون‌ها برای بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی سوخت و مواد هسته‌ای در شرایط عملیاتی راکتورها اهمیت دارند. همچنین این راکتور تحقیقاتی با دارابودن شار نوترونی مناسب و طراحی تجهیزات متعدد پرتودهی در داخل و اطراف قلب راکتور، ظرفیت‌های تولیدی و تحقیقاتی بالایی را برای تست انواع سوخت و مواد هسته‌ای و تولید انواع رادیوایزوتوپ‌های پرکاربرد (صنعتی و پزشکی) در حوزه‌های مختلف صنعت نظیر کبالت، ایریدیوم و ... و سلامت نظیر تکنسوم، ید، ساماریوم و ... در کشور ایجاد خواهد کرد.

مهم‌ترین اهداف و کاربردهای اصلی راکتور تحقیقاتی اصفهان، انجام آزمون‌های عملکردی سوخت و مواد هسته‌ای، تولید رادیوایزوتوپ‌های صنعتی و رادیوداروها و توسعه بیم‌لاین‌های نوترونی برای کاربردهای مختلف نظیر رادیوگرافی، پراش‌سنجی، آنالیز مواد، تولید سیلیکون نیمه‌هادی و چشمه‌های نوترونی سرد است. در ادامه به شرح برخی از مفاهیم می‌پردازیم:

رادیوایزوتوپ‌ها موادی هستند که از طریق فرآیند هسته‌ای تولید می‌شوند و در زمینه‌های مختلفی مانند تشخیص و درمان بیماری‌ها، کنترل کیفیت محصولات، تحقیقات علمی و آموزشی، انرژی و کشاورزی کاربرد دارند. بیم‌لاین‌ها مسیرهایی هستند که نوترون‌های تولیدشده توسط راکتور را به سمت نمونه‌های مورد مطالعه هدایت می‌کنند و با استفاده از آنها می‌توان خواص ساختاری و مغناطیسی مواد را بررسی کرد. راکتورهای تحقیقاتی با شار نوترونی بالا مثل اصفهان می‌توانند برای تولید سیلیکون نیمه‌هادی استفاده شود. سیلیکون نیمه‌هادی ماده‌ای است که در تولید مدارهای الکترونیکی مانند پردازنده‌ها و حافظه‌ها کاربرد دارد. برای تولید سیلیکون نیمه‌هادی، لازم است که سیلیکون خالص با خواص الکتریکی مطلوب تهیه شود. یکی از روش‌های تهیه سیلیکون خالص، استفاده از نوترون‌های حاصل از راکتور هسته‌ای است. نوترون‌ها می‌توانند با ایجاد تغییرات در ساختار اتمی سیلیکون، خواص الکتریکی آن را بهبود بخشند.

این روش به نوترون ترانسموتاسیون یا NTD (Neutron Transmutation Doping) معروف است که یک روش پیشرفته و کارآمد برای تولید سیلیکون نیمه‌هادی است و برخی از مزایای آن عبارتند از:

* افزایش خلوص و یکنواختی سیلیکون و کاهش ناخالصی‌های موجود در آن

* افزایش مقاومت در برابر حرارت و جریان الکتریکی و کاهش مقاومت سری و اتلاف انرژی

* افزایش کارایی و عمر مدارهای الکترونیکی و کاهش هزینه‌های تولید و نگهداری آنها

* امکان تولید سیلیکون با خواص الکتریکی مختلف برای کاربردهای متنوع

چشمه‌های نوترون سرد، منابعی از نوترون‌هایی با انرژی پایین و طول موج بلند هستند که برای مطالعه ساختار و خواص مواد به روش‌های پراش‌سنجی و تفکیک‌سنجی نوترونی کاربرد دارند. این روش‌ها امکان اندازه‌گیری و تحلیل مقیاس نانومتری مواد را فراهم می‌کنند و در زمینه‌های مختلف علمی و صنعتی مانند فیزیک، شیمی، بیولوژی، مهندسی، مواد، انرژی، دارو و ... کاربرد دارند. راکتور تحقیقاتی اصفهان می‌تواند یک چشمه نوترون سرد را با استفاده از یک سیستم خنک‌کننده و کندکننده نوترون مانند هیدروژن مایع یا هیدرید لیتیم تولید کند. این چشمه نوترون سرد می‌تواند برای ایجاد بیم‌لاین‌های نوترونی قوی و با کیفیت برای کاربردهای مختلف نظیر پراش‌سنجی نوترونی کوچک زاویه(SANS) ، پراش‌سنجی نوترونی بزرگ زاویه(LANS) ، تفکیک‌سنجی نوترونی(NR) ، تصویربرداری نوترونی (NI) و ... استفاده شود.

پراش‌سنجی نوترونی نیز یک روش تحلیلی است که برای بررسی ساختار و خواص مواد با استفاده از نوترون‌ها به عنوان پرتو انجام می‌شود. در این روش، نوترون‌ها با طول موج مشابه با فاصله بین اتم‌ها در ماده، به نمونه اعمال می‌شوند و الگوی پراش‌یافته را اندازه‌گیری می‌کنند. با تفسیر این الگو، می‌توان اطلاعاتی درباره اندازه، شکل، ترکیب، توزیع و ترتیب اتم‌ها یا مولکول‌ها در ماده را بدست آورد. پراش‌سنجی نوترونی مزایایی نسبت به روش‌های دیگر پراش‌سنجی مانند پراش‌سنجی اشعه ایکس دارد. برخی از این مزایا عبارتند از:

- حساسیت بالا به اتم‌های سبک مانند هیدروژن، کربن، نیتروژن و اکسیژن که در بسیاری از مواد زیستی و پلیمری وجود دارند.

- قابلیت تشخیص ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر و اندازه‌گیری توزیع ایزوتوپی در ماده.

- عدم آسیب رساندن به نمونه به دلیل داشتن انرژی کم و عدم یونیزاسیون.

- امکان بررسی مواد در شرایط مختلف دما، فشار، میدان مغناطیسی، جریان الکتریکی و...

- امکان بررسی مواد در حالت‌های مختلف فازی مانند جامد، مایع، گاز، کریستال مایع و...

- امکان بررسی در حالت‌های مختلف تغییر شکل مانند کشش، فشار، خمش، چرخش و...

- امان بررسی مواد در حالت‌های مختلف دینامیکی مانند ارتعاش، گرمایش، خنک‌سازی، جریان و ...

عملیات بتن‌ریزی ساختمان اصلی این راکتور در ۱۶ بهمن ۱۴۰۲ و همزمان با چهل و پنجمین سالگرد پیروزی انقلاب اسلامی با حضور معاون رییس جمهور و رییس سازمان انرژی اتمی آغاز شد.

منبع: وب‌سایت سازمان انرژی اتمی ایران

فناوری تابش مواد غذایی

مروری بر کاربردها و قابلیت‌های آن

الناز سعیدیان

دانشجوی ارشد مهندسی هسته‌ای گرایش پرتوپزشکی

روسی ایندیارتو ، آنوگرا ویسنو پراتاما ، تریسنا اینتان ساری،هانا کریستی تئودورا

تابش فرآیند پرتودهی چندین بیم پرتو در معرض مواد غذایی برای استریل‌کردن و افزایش ماندگاری آن‌ها است. اصل پرتودهی برانگیختگی، یونیزاسیون و اجزای غذا با تماس منبع تشعشع با غذا تغییر می‌کند. هدف پرتودهی ایمن‌سازی مواد غذایی برای مصرف با از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا است.

تابش مواد غذایی از منابع انرژی تابش گاما، پرتوهای الکترونی و اشعه ایکس برای ازبین‌بردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، حشرات، قارچ‌ها و آفات استفاده می‌کند. این فرآیند بی‌خطر است و باعث رادیواکتیوشدن غذا نمی‌شود. تابش عبارت است از پردازش مواد غذایی با اعمال امواج الکترومغناطیسی برای کاهش آسیب و پوسیدگی. فرآیند تابش می‌تواند میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را از بین ببرد زیرا مستقیماً به DNA حمله می‌کند تا میکروارگانیسم‌ها نتوانند تولید مثل کنند و در غذا زندگی کنند. به طورکلی، تابش به عنوان پرتویی از نور توصیف می‌شود که به یک ماده غذایی با قدرت‌های مختلف، بسته به طول موج و نسبت عکس با فرکانس، نفوذ می‌کند. هر چه طول موج کوتاه‌تر باشد، قدرت نفوذ بیشتر است. یکی از الزامات پرتودهی مواد غذایی، دز مصرفی است. به این دلیل است که هر دز تابش، هدف متفاوتی دارد. دز تابش داده شده به یک ماده غذایی از حد مجاز فراتر می‌رود. باعث آسیب به مواد می‌شود. تشعشعات یونیزان به یک ماده نفوذ می‌کند. بخشی یا تمام انرژی تشعشع را جذب می‌کند. دز واحد جذب شده به رنگ خاکستری یا کیلوگری (Gy یا KGy) اندازه‌گیری می‌شود.

پرتودهی روش نگهداری بود که در آن مواد غذایی در معرض تشعشع قرار می‌گیرند. پرتودهی یک فناوری ایمن، سالم و تمیز است که در صنایع غذایی استفاده می‌شود. فرآیند تابش می تواند تغذیه، تازگی و خواص حسی مواد غذایی (بافت، رنگ، طعم و عطر) را حفظ کند. به این دلیل است که عملیات پرتودهی دماهای بالا را برای حفظ کیفیت محصول اعمال نمی‌کند. اگر منبع تابش به مواد غذایی برخورد کند، تحریک و یونیزاسیون وجود خواهد داشت که باعث مهار سنتز DNA در موجودات زنده می‌شود. این اثر برای مهار رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و سرکوب‌کننده استفاده می‌شود. بنابراین، این تکنیک همچنین نقش خود را در افزایش ماندگاری محصولات غذایی ایفا می‌کند. اگر منبع تابش به مواد غذایی برخورد کند، برانگیختگی و یونیزاسیون وجود خواهد داشت که باعث مهار سنتز DNA در موجودات زنده می‌شود. این اثر برای توقف رشد پاتوژن‌های باکتریایی استفاده می‌شود. بنابراین، این تکنیک در افزایش ماندگاری مواد غذایی نیز نقش دارد.

تابش مواد غذایی یک روش غیر شیمیایی پردازش مواد غذایی است که انرژی کارآمد است و می‌تواند به کاهش تلفات قابل توجه ناشی از فساد یا آلودگی از باکتری‌ها یا سایر انگل‌ها کمک کند. این شامل قرار گرفتن مواد غذایی در معرض پرتوهای یونیزه قبل از بسته‌بندی یا در مقادیر زیاد برای کاهش خطر بیماری‌های ناشی از غذا، جلوگیری یا حذف جوانه زدن یا رسیدن است.

اصول پرتودهی

نگهداری مواد غذایی در اثر پرتودهی از انرژی بالایی استفاده می‌کند که به عنوان پرتوهای یونیزه شناخته می‌شود. به این دلیل است که مواد موجود در مسیر خود می‌توانند یونیزه شوند. هنگامی که منابع تابشی مانند اشعه ایکس، پرتوهای گاما و پرتوهای الکترونی مواد را لمس کنند، اجزای این مواد غذایی برانگیخته، یونیزه و تغییر می‌کنند. تحریک رویدادی است که در آن سلول‌های زنده به شرایط خارجی حساس می‌شوند. یونیزاسیون فرآیندی است که در آن ماکرومولکول‌ها به رادیکال‌های آزاد تبدیل می‌شوند. تغییرات در اجزای سلول‌های زنده باعث مهار سنتز DNA، اختلال در تقسیم سلولی میکروبی و اثرات بیولوژیکی می‌شود. این اثر از رشد میکروبی در غذا جلوگیری می‌کند.

پرتو الکترونی مانند اشعه ایکس است. جریانی از الکترون‌هاست که انرژی بالایی دارند. ضایعات از شتاب‌دهنده الکترون به محصولات غذایی رانده می‌شوند. پرتو الکترونی توسط ماشین آلات تولید می‌شود، نه توسط مواد رادیواکتیو. آن‌ها با سرعت بخشیدن به جریان الکترون‌هایی که در نقطه باریک نور مورد هدف قرار می‌گیرند، دست به کار شده‌اند. پرتوهای الکترونی کمترین انرژی و نافذ تابش یونیزه کننده هستند. آن‌ها با شتاب الکترون‌ها در خلاء تولید می‌شوند. پرتوهای الکترونی فقط می‌توانند چند میلی‌متر به مواد نفوذ کنند، در چگالی کم و با نتایج ثابت عملکرد بسیار خوبی دارند. بنابراین در برابر عوامل بیماری زا روی سطح غذا موثر است. IBA شتاب دهنده‌ای به نام rhodotron توسعه داده است که پرتو را چندین بار در قطر یک حفره شتاب دهنده حلقوی به گردش در می‌آورد. پس از هر عبور، یک آهنربا پرتو را از طریق تقریباً ۱۹۰ درجه خم می‌کند تا یک گذرگاه دیگر ایجاد کند و یک خط سیر گلبرگ مانند ایجاد کند. هنگامی که پرتو به ۷.۵ یا ۱۰ مگاالکترون ولت (MeV) رسید، پرتو از شتاب دهنده خارج شده و به محصول تابش می‌کند. پرتو الکترونی را می توان به مواد غذایی که در جدول ۱ نشان داده شده است، اعمال کرد.

از پرتوهای گاما برای فرآوری مواد غذایی استفاده می‌شود که منبع نور آن از منبع رادیونوکلئید-^{60}Co به دست می آید. این نوع تابش اساساً تک انرژی است. با استفاده از روش‌های تحلیلی مانند نقطه هسته (kernel point) یا روش مونت کارلو، محاسبه میزان انتشار دز تابش در محصولات غذایی ساده است. تابش از دو طرف، که با چرخش بار پردازش به دست می‌آید، اغلب برای افزایش یکنواختی دز در بارهای سیستم استفاده می‌شود. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، کاربردهای آن در مواد غذایی به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت.

اشعه ایکس با انعکاس الکترون‌های پرانرژی به غذا از ماده هدف تولید می‌شود. اشعه ایکس همچنین اغلب در کاربردهای پزشکی برای ایجاد تصاویری از ساختارهای داخلی نشان داده می‌شود. یک دستگاه اشعه ایکس تولید می‌کند و می توان آن را خاموش کرد. بنابراین، الکترون‌ها در فلز هدف (مثلاً تنگستن یا طلا) برای تولید پرتوهای ایکس سرعت می‌گیرند. در این فرآیند انرژی پرتوهای الکتریکی به صورت گرما تلف می‌شود. با این حال، با عدد اتمی ماده هدف و افزایش پرتو الکترونی، راندمان پرتو ایکس را می‌توان بهبود بخشید. در حال حاضر چندین محصول غذایی با استفاده از اشعه ایکس در جدول ۳ نشان داده شده است. با پیشرفت تکنولوژی، استفاده از اشعه ایکس در آینده به طور گسترده مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

برخی از مزایای استفاده از تابش در مواد غذایی فرآیند گرم‌کردن کم یا عدم وجود آن است، بنابراین این ماده ویژگی‌های خود را تغییر نمی‌دهد. همچنین، تابش می تواند میکروارگانیسم‌هایی را که در غذا زندگی می کنند سرکوب کند. پرتودهی را می توان روی غذاهای بسته بندی شده، غذاهای منجمد و مواد غذایی تازه با یک عملیات انجام داد و از افزودنی‌های شیمیایی استفاده نکرد. تابش فقط به مقدار کمی انرژی نیاز دارد، تغییرات تغذیه را می‌توان با سایر روش‌های نگهداری مقایسه کرد، فرآیند خودکار کنترل می‌شود و هزینه‌های عملیاتی پایین است.

معایب استفاده از تابش در غذاها شامل کشتن مقادیر زیادی از باکتری‌ها برای نامناسب ساختن مواد غذایی برای فروش مواد غذایی است. مصرف‌کنندگان نمی‌توانند نشانه‌هایی از باکتری‌های بیماری زا را ببینند که در مواد غذایی از بین نرفته‌اند. اگر باکتری‌های بیماری‌زا پس از آلوده شدن غذا از بین بروند، غذا برای سلامتی خطرناک می‌شود. فرآیند پرتودهی همچنین باعث ایجاد مقاومت میکروارگانیسم‌ها در برابر تشعشع، از دست دادن ارزش غذایی در غذا، و روش‌های تحلیلی می‌شود که تشخیص می‌دهد آیا غذا به اندازه کافی تابش نشده است و ترس عمومی از اثرات رادیواکتیو. همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده است، استفاده از تابش در مواد غذایی دارای چندین مزایا و معایب است.

در جنبه میکروبیولوژیکی، پرتوهای یونیزان در معرض آسیب DNA در سلول‌های زنده، از جمله سلول‌های میکروبی، به صراحت باکتری‌های بیماری‌زا را هدف قرار می‌دهند. با این حال، اعمال دزهای متوسط باعث جهش میکروبی مقاوم در برابر تشعشع یا بیماری زا نشد. باکتری‌های بیماری زا رویشی، غیر اسپور و باکتری گرم منفی عموماً به تشعشع بسیار حساس هستند. در همین حال، باکتری‌های دارای تخم میکروب معمولاً مقاوم‌تر هستند، مگر در مواردی که پرتودهی با دز بالا باشد.

اگرچه در آنالیز شیمیایی هیچ ترکیبی که بتواند سلامتی را به خطر بیندازد، پیدا نکرد ، آزمایش‌های سم‌شناسی به‌ویژه محصولات جدید همچنان انجام شد. آزمایش ایمنی غذا بر روی حیوانات و انسان انجام می‌شود. این تست با روش کاملتر و دقیقتر از روشهای معمولی انجام می‌شود. تحقیقات کارشناسان پروژه بین‌المللی تابش مواد غذایی (IFIP) نشان داده است که روش تابشی مورد استفاده برای پردازش مواد غذایی بسیار ایمن‌تر از سایر روش‌های مرسوم است.

قانونی بودن پرتودهی مواد غذایی از سوی دولت یکی از جنبه‌های اساسی و محوری اجرای فناوری پرتودهی مواد غذایی است. مقررات تابش مواد غذایی که باید توسط نزدیک به ۴۰ کشور رعایت شود، به استانداردهای بین المللی CODEX و استانداردهای داخلی صادر شده توسط هر کشور عضو اشاره دارد. اندونزی یکی از اعضای آژانس بین المللی انرژی اتمی (IAEA) است. محصولاتی که در معرض پرتودهی مواد غذایی قرار گرفته اند،باید نماد Radura بر محصول برچسب شده باشد.

منبع:

Food irradiation technology: a review of the uses and their capabilities

جدول ۱. کاربرد پرتوهای الکترونی در محصولات غذایی مختلف و ویژگی‌های آن‌ها

محصولات غذایی	در (KGy)	یافته‌ها
ژلاتین ماهی-فیلم با آنتی اکسیدان برگ بامبو	۵ ۷	سرعت آزادسازی آنتی اکسیدان کاهش می یابد. می تواند ویژگی‌های فیزیکی فیلم را بهبود بخشد
نشاسته برنج	۰،۱،۲،۴،۸،۱۰	فعالیت لیپاز در برنج کاهش یافت و به طور قابل توجهی بر کیفیت برنج پخته شده در دوزهای پایین تأثیری نداشت. با این حال، در دوزهای بالاتر، فعالیت لیپاز باعث تخریب مولکول‌های نشاسته می‌شود
انبه	۰،۵	سرکوب بیماری‌های پس از برداشت؛ همچنین محرک‌ها تولید H_2O_2، تنفس و C_2H_4 را افزایش دادند، سفتی را حفظ کردند، افزایش کل مواد جامد محلول را کاهش دادند، اما بر تولید اتیلن یا محتوای ویتامین C در طول ذخیره سازی تأثیری نداشتند.
نشاسته ذرت مومی و فیلم‌های آن	۲-۳۰	وزن مولکولی، انشعاب و خواص حرارتی نشاسته کاهش یافت. در دوزهای پایین، پیوندهای ۱،۶-α-گلوکوزیدی در سطوح بالاتری از آن وجود داشت پیوندهای ۱،۴-α-گلوکوزیدی و در دوزهای بالا، یک فیلم با خواص مکانیکی بالا و حلالیت خوب تشکیل شد.
پروتئین تخم مرغ	۱،۱.۵،۲،۲.۵	شکستن پیوند S-S و قرار گرفتن در معرض بقایای اسید آمینه آبگریز. فعالیت آنتی اکسیدانی پروتئین سفیده تخم مرغ افزایش می یابد و باعث الیگومریزاسیون می‌شود. ریزساختار پروتئین سفیده تخم مرغ به ریزساختار "لانه زنبوری" تبدیل می‌شود

جدول ۲. کاربرد اشعه گاما در محصولات غذایی مختلف و ویژگی‌های آنها

محصولات غذایی	در (KGy)	یافته‌ها
برنج قهوه ای	۰،۲،۴،۶،۸،۱۰	با بهبود دوز تابش، نسبت آبرسانی مجدد و شاخص قهوه ای شدن کاهش می یابد در حالی که کل فنلی، فعالیت آنتی اکسیدانی، محتوای بتاکاروتن و پایداری میکروبیولوژیکی افزایش می یابد.
انار	۱،۳،۵	افزایش ماندگاری انار؛ کاهش بار میکروبی روی آریل انار. کاهش فعالیت پلی فنل اکسیداز
گندم	۰-۵	خواص رئولوژیکی و ماژول پویا کاهش می یابد. فعالیت آنتی اکسیدانی به طور قابل توجهی افزایش یافت
گوشت گاو	۲.۵	بهبود ایمنی میکروبیولوژیکی و کیفیت گوشت

جدول ۳. کاربرد اشعه ایکس در محصولات غذایی مختلف و ویژگی‌های آنها

محصولات غذایی	دز	یافته‌ها
توت فرنگی	۰-۱	این می تواند کاهش وزن میوه و فساد را در ۱ کیلو گری در طول ذخیره سازی کاهش دهد. تاخیر در تغییر رنگ میوه؛ افزایش ویژگی‌های حسی در طول ذخیره سازی
برگ اسفناج	۰.۳	به دلیل تابش اشعه ایکس همراه با اسید سیتریک ۱ درصد، اثر ضد باکتری بهبود یافته وجود داشت. اثر ترکیبی درمان باعث کاهش کیفیت نشد
پنیر ورقه شده	۰.۲،۰.۴،۰.۶،۰.۸	افزایش دوز تابش می تواند میکروب‌های بیماری زا از جمله اشریشیا کلی، سالمونلا تیفی موریوم و لیستریا مونوسیتوژنز را غیرفعال کند اما بر کیفیت پنیر تاثیری ندارد.
کاهو	۰.۰۵-۰.۳	اثر ترکیبی اشعه ایکس ۰.۳ کیلوگری و اسید گالیک در ۰.۵ درصد به طور موثر اشرشیاکلی، سالمونلا تیفی موریوم و لیستریا مونوسیتوژنز را غیرفعال می‌کند، اما تاثیر منفی بر کیفیت کاهو ندارد.
برنج	۰-۱.۵	تابش با روغن پونه کوهی باعث افزایش اثر میکروب کشی می‌شود

جدول۴. مزایا و معایب پرتودهی مواد غذایی

مزایا	معایب
تنوع پرتودهی و سایر درمان‌ها باعث می‌شود که مواد غذایی بیشتر در ماندگاری باقی بمانند	اثر بیولوژیکی تابش در اختلال DNA یا RNA در هسته سلول رخ می دهد
ترکیب تابش حرارتی می تواند ویروس را غیرفعال کند	تابش می تواند یک اثر مستقیم ناشی از رادیکال‌های فعال اکسیژن محور ناشی از تجزیه رادیویی آب داشته باشد. آب بخش بزرگی از غذا است و میکروارگانیسم‌های مضر در آن وجود دارد
تابش را می توان به عنوان کنترل مستقیم حشرات در ادویه جات استفاده کرد	در طی فرآیند، تابش رادیکال‌های آزاد را تشکیل می دهد که باعث اکسیداسیون لیپید می‌شود
بیماری زایی ارگانیسم را می توان با تابش کاهش داد	مرغ پرتودهی شده با ۱ کیلو گری تیامین را ۱۶ درصد در مقایسه با محصول بدون تابش کاهش داد.
تغذیه در غذاهای دارای تابش تغییر نمی‌کند	تابش مواد غذایی به دلیل تشکیل مایکوتوکسین افزایش تهدیدی را نشان نداد

مصاحبه با دکتر محمدرضا محمدیان بهبهانی

مریم سادات حسینی

دانشجوی دکتری مهندسی هسته‌ای راکتور

گفت‌وگویی صمیمانه با استاد جوان بخش مهندسی هسته‌ای

جناب آقای دکتر محمدرضا محمدیان بهبهانی، عضو هیات علمی دانشکده مهندسی مکانیک و رییس بخش مهندسی هسته‌ای دانشگاه شیراز، خاطرات خود را بازگو می‌کند و از تجارب خویش سخن می‌گوید:

محمدرضا محمدیان بهبهانی، متولد شهر بهبهان استان خوزستان هستم. دوران کارشناسی را دانشجوی مهندسی برق دانشگاه شیراز بودم. بعد از آن به تهران رفتم، کارشناسی ارشد و دکتری را در رشته مهندسی هسته‌ای در دانشگاه شهید بهشتی و دانشگاه امیرکبیر گذراندم. از سال ۱۳۹۹ نیز به عنوان عضو هیات علمی در دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز، بخش مهندسی هسته‌ای مشغول به کار شدم.

از دوران دبیرستان خودتان بگویید.

دوران متوسطه خود را در دبیرستان نمونه دولتی علامه طباطبایی در شهر گچساران سپری کردم. با اینکه اساتید ما از نظر آموزشی، زحمات بسیاری را متحمل بودند اما خب در شهرهای بزرگتر شرایط و امکانات بیشتری وجود داشت و واقعا تفاوت بسیار بود. همین مسئله هم باعث شد که خودمان موارد درسی را مطابق با استانداری که برای کنکور لازم بود جلو ببریم و در امر درس خواندن متکی به مدرسه یا کلاس نباشیم که به نظرم خودش بعدا به یک نقطه قوت تبدیل شد.

دوره کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری خود را چگونه گذراندید؟

در دوران دبیرستان به زبان انگلیسی بسیار علاقه‌مند بودم و در کنکور زبان نیز شرکت کردم. رتبه‌ام هم حتی از رتبه ریاضی بهتر

شد. اما خب نهایتاً تصمیم گرفتم رشته مهندسی برق را انتخاب کنم. این انتخابم هم شاید بدلیل فضا و جو مدرسه بود که بیشتر به سمت رشته ریاضی فیزیک و آن هم مهندسی برق سوق پیدا کرده بود. در آن زمان بومی‌گزینی با درصد بالایی اعمال شد و برای ما پذیرفته‌شدن در دانشگاه‌های تهران را کمی دشوار کرد. بالاخره در دانشگاه شیراز پذیرفته شدم. فضای گروهی دانشجویی ما یک فضای رقابتی و علمی بود. دوره کارشناسی واقعا خیلی از ما انرژی گرفت و به نظرم سخت‌گیرانه بود، در صورتی که دانشجویان در دانشگاه‌های تهران از جمله امیرکبیر یا شهید بهشتی، راحتتر لیسانس می‌گرفتند. در دانشگاه های تهران دید کلی نسبت به فارغ التحصیلان دانشگاه شیراز بسیار خوب است. این نشان می‌دهد که پایه علمی این دانشجویان خوب شکل گرفته و واقعاً قوی هستند. اما با وجود اینکه اساتید بسیار زحمت می‌کشند، شاید دانشجویان فارغ‌التحصیل احساس تعلق خاطر لازم به دانشگاه شیراز را نداشته باشند. به طور کلی فکر می‌کنم که دانشگاه باید طوری استانداردهای سیستم آموزشی را رعایت کند که دانشجو بعد از فارغ‌التحصیلی، نسبت به دانشگاه خودش تعلق خاطر داشته باشد.

در دانشگاه شهید بهشتی از نظر فضای دانشگاهی و دانشجویی تجربه خوبی را داشتم. چونکه با اساتید و همکاران فعلی بخش مهندسی هسته‌ای دانشگاه شیراز مشورت کرده بودم و از قبل نسبت به رشته مهندسی هسته‌ای شناخت پیدا کرده بودم، با علاقه‌مندی وارد این رشته شدم. برای من رشته جذابی بود و با علاقه دنبال می‌کردم. در نهایت معدل اول شدم و بلافاصله در دانشگاه امیرکبیر بدون کنکور در مقطع دکتری پذیرفته شدم. حتی یادم هست که با دوستان هم اتاقی یک گروه پنج نفره از رشته‌های مختلف بودیم و چهارنفر از ما معدل اول گرایش خودمان شدیم؛ میخواهم بگویم که چقدر انگیزه وجود داشت.

در دانشگاه امیرکبیر به لحاظ فعال بودن دانشگاه در بخش‌های مختلف، می‌توانم بگویم بهترین دانشگاهی بود که تجربه کردم. باتوجه به صنعتی‌بودن دانشگاه، از نظر وسعت نسبتاً کوچک است و تعداد دانشجویان کمتری دارد و معمولاً افراد به راحتی از برنامه‌ها مطلع می‌شوند. اما چونکه مجموعه خوابگاه ندارد برای دانشجو مشکلاتی ایجاد می‌کند. در کل تجربه‌ای را که به لحاظ علمی و دانشجویی پیدا کردم خوشایند بود.

از ادامه تحصیل خودتان بگویید.

در آن زمان که دانشجوی دانشگاه امیرکبیر بودم، از همان ابتدای دوره دکتری، اساتید فرصت مطالعاتی و اهمیت آن را با دانشجویان مطرح می‌کردند. درواقع فضا به گونه‌ای بود که باید وارد این موضوعات می‌شدیم و این از مزایای دانشگاه بود. فکر می‌کنم تقریباً همه هم‌دوره‌ای‌های ما فرصت مطالعاتی را تجربه کردند.

چطور علاقه‌مند شدید که فرصت مطالعاتی را خارج از کشور بروید و چرا ایتالیا را انتخاب کردید؟

یکی از دوستانم به نام آقای دکتر اکبری، از دانشجویان راکتور، برای فرصت مطالعاتی به ایتالیا رفته بودند، من هم از ایشان راهنمایی گرفتم و به ایتالیا رفتم. دوستان دیگری هم بودند که برای شناخت بیشتر و آشنایی با روند فرصت مطالعاتی از آنها کمک گرفتم. البته به چند کشور دیگر هم درخواست دادم اما چونکه در ایتالیا با جایی مکاتبه کردیم که آشنایی قبلی با استاد راهنمای بنده داشتند و راحتتر بود، آنجا را انتخاب کردم. امکان رفتن به فرصت مطالعاتی در داخل کشور نیز فراهم بود اما به نظرم خارج از کشور یک تجربه متفاوتی است. اگر فردی صنایع یا دانشگاه‌های داخل، خصوصاً صنایع، را برای فرصت مطالعاتی انتخاب کند قطعاً بی فایده نیست اما باید توجه داشت که گروه‌هایی که در دانشگاه‌های داخل ایران هستند معمولاً در یک چارچوب کار می‌کنند. در خارج از ایران افق دید و نحوه کار کردن متفاوت است. من پیشنهادم به دانشجویان دکتری این است که حتماً یک دوره هرچند کوتاه را برای فرصت مطالعاتی به خارج از کشور بروند.

شما چه دروسی را تدریس می‌کنید؟

باتوجه به اینکه بیشتر در زمینه آشکارسازی کارکردم دروس مربوط به آن را تدریس می‌کنم. من دروس فیزیک هسته‌ای، آشکارسازی۱، آشکارسازی۲، شتاب‌دهنده و آنالیز هسته‌ای را تدریس می‌کنم. عمدتاً باتوجه به نزدیکی زمینه تحقیقاتم به موضوعات و تصمیم‌گیری بخش مهندسی هسته‌ای، این دروس را تا به حال تدریس کردم. البته تجربه تدریس درس مبانی و برنامه‌نویسی کامپیوتر برای دانشجویان مهندسی مکانیک را نیز دارم.

در میان اساتیدی که در دوران تحصیل دانشگاهی شما تدریس می‌کردند به کدامشان نزدیکتر بودید؟

چون از اساتید دوران کارشناسی فاصله گرفتم، زیاد حضور ذهن ندارم، اگرچه ارتباط دانشجویان کارشناسی با اساتید خیلی نزدیک نیست. مثلاً آقای دکتر فرجاه از بخش مهندسی برق را به یاد دارم که از تدریسشان لذت می‌بردم. استاد راهنمای دوره دکترای بنده، آقای دکتر سرآمد، فردی بسیار شریف که به لحاظ شخصیتی و علمی هم توانمند بودند را نیز می‌توانم نام ببرم.

دیدگاه شما نسبت به مقاله چیست؟ مقالات شما بیشتر در چه زمینه‌ای هستند؟

به نظرم مقاله نمی‌تواند به تنهایی هدف محسوب شود اما اینکه بگوییم مقاله اهمیت ندارد هم اشتباه است. مقاله در واقع زبان ارائه دستاوردهای علمی می‌باشد که در کل دنیا به عنوان یک استاندارد پذیرفته شده است. اینکه یک فرد صرفاً بتواند مقاله بنویسد الزاماً نشان‌دهنده این نیست که در آن زمینه توانمند است ولی کسی که نمی‌تواند مقاله بنویسد فرد ضعیفی است. پیشنهادم به دانشجویان این است که حتماً مهارت مقاله‌نوشتن را پیدا کنند اما تعداد مقالات برایشان مهم نباشد، بلکه کیفیت آن مهم‌تر است.

مقالاتی که تا به حال نوشتم بیشتر در زمینه تخصصی خودم اعم از آنالیز داده، آنالیز داده‌های آشکارسازی و آشکارسازی بوده است.

به غیر از مهندسی هسته‌ای به چه موضوعی علاقه دارید؟

قبل از ورود به دانشگاه کتاب‌های غیر درسی را زیاد مطالعه می‌کردم و به ادبیات بسیار علاقه‌مند بودم. اما متاسفانه مشغولیت‌های دانشگاه باعث شد مطالعاتم کمتر شود.

به عنوان سوال آخر، خب شما به عنوان استاد جوان این بخش یا دانشکده که تا الان تجربیات و موفقیت‌های نسبتاً خوبی را کسب کرده‌اید، قطعاً در خارج از کشورموقعیت‌های خوبی را می‌توانید داشته باشید، برنامه شما برای آینده چیست؟ (ایران یا خارج از کشور)

تصمیم به مهاجرت به خارج از کشور تابع عوامل مختلفی است، به نظر من عامل اول شرایط زندگی و خانوادگی است. البته روحیات و سازگارپذیری افراد متفاوت است، به همین خاطر نمی‌توان یک تصمیم واحد برای همه اتخاذ کرد. ولی به طور کلی نباید هیجانی تصمیم گرفت، شرایط زندگی در آنجا هم سخت است و واقعاً باید زحمت کشید. درمورد شخص بنده هم برنامه فعلی بنده زندگی در ایران است اما این نفی بر همکاری با خارج از کشور نیست. در همینجا هم که باشیم می‌توانیم همکاری و مراودات علمی را داشته باشیم.

باتشکر فراوان از استاد عزیز و گرانقدر، جناب آقای دکتر محمدیان بهبهانی، که وقت ارزشمند خود را در اختیار بنده و نشریه نوپا قرار دادند.

بیست و هشتمین کنفرانس تغییرات آب و هوایی سازمان ملل متحد

فاطمه قنبری

دانشجوی ارشد مهندسی راکتور هسته‌ای

"Do or do not. There is no try".

Yes, this is the biggest COP yet - but attending a COP does not tick the climate box for the year. The badges around your necks make you responsible for delivering climate action here and at home."

–SIMON STIELL, UN CLIMATE CHANGE EXECUTIVE SECRETARY

کنفرانس تغییرات آب و هوای سازمان ملل متحد سال ۲۰۲۳[۲۰] یا کنفرانس اعضای کنوانسیون چارچوب تغییرات آب و هوای سازمان ملل متحد[۲۱]، که با COP28 شناخته می‌شود، بیست و هشتمین کنفرانس تغییرات آب و هوای سازمان ملل متحد است که از ۳۰ نوامبر تا ۱۳ دسامبر در شهر اکسپو دبی امارات متحده عربی[۲۲]، برگزار شد. این کنفرانس، از سال ۱۹۹۲، با هدف توافق دولت‌ها بر سیاست‌های محدود کردن افزایش دمای جهانی و سازگاری با تأثیرات مرتبط با تغییرات آب و هوا، به صورت سالانه برگزار شده است.

آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، غرفه Atoms4Climate خود را در کنفرانس سالانه تغییرات آب و هوایی سازمان ملل (COP28) در بحبوحه حمایت‌های بین‌المللی برای افزایش استفاده از انرژی هسته‌ای (برای دستیابی به اهداف آب و هوایی جهانی از طریق کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای که باعث گرم شدن کره زمین به صفر، تا سال ۲۰۵۰ می‌شود) افتتاح کرد. Rafael Mariano Grossi، مدیر کل آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در اول دسامبر، رسماً شروع فعالیت‌ها و رویدادها را در پاویون آژانس بین‌المللی انرژی اتمی[۲۳]، با هدف افزایش آگاهی در مورد مزایای فناوری هسته‌ای و کاربردهای آن در کاهش و سازگاری با اثرات بحران

[20] 2023 United Nations Climate Change Conference
[21] Conference of the Parties of the UNFCCC
[22] Expo City, Dubai, United Arab Emirates
[23] IAEA pavilion

آب‌وهوایی آغاز کرد. پیش از این، آقای گروسی از بیانیه مهم آژانس بین‌المللی انرژی اتمی با حمایت ده‌ها کشور رونمایی کرد که بر لزوم استفاده گسترده از انرژی هسته‌ای برای مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی، دستیابی به امنیت انرژی و توسعه اقتصادی پایدار، و ساخت «پل کم کربن»[۲۴] برای آینده تأکید کرد. درخواست آژانس در COP28 مطرح شد که همچنین خواستار افزایش قابل توجه ظرفیت انرژی هسته‌ای برای رسیدگی به بحران جهانی آب و هوا و پیش از اولین اجلاس سران انرژی هسته‌ای است که به طور مشترک توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و بلژیک در مارس ۲۰۲۴ در بروکسل برگزار می‌شود.

رافائل ماریانو گروسی، مدیر کل، بیانیه آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در مورد انرژی هسته‌ای را در بیست و هشتمین کنفرانس تغییرات آب و هوایی سازمان ملل متحد (COP28) در دبی، ۱ دسامبر ۲۰۲۳ ارائه کرد. (عکس: D Calma/IAEA)

انرژی هسته‌ای در حال حاضر تقریباً ۱۰ درصد از تولید برق جهان را تأمین می‌کند که معادل حدود ۲۵ درصد کل برق کم کربن[۲۵] است و به دستیابی به اهداف توسعه پایدار کمک می‌کند. بر اساس بیانیه آژانس بین‌المللی انرژی اتمی که همچنین بر نقش انرژی هسته‌ای در تضمین امنیت تامین انرژی، تثبیت شبکه های برق و کاهش آلودگی هوای محلی تاکید کرد، در طول پنج دهه گذشته، انرژی هسته‌ای از انتشار حدود ۷۰ گیگاتن گازهای گلخانه‌ای، از جمله ۳۰ گیگاتن به تنهایی از آغاز قرن بیست و یکم، جلوگیری کرده است.

الماسدام وزیر انرژی[۲۶]، در مورد قزاقستان، که در حال بررسی ساخت یک نیروگاه هسته‌ای جدید است، گفت: «ما درک می‌کنیم که با بیش از ۶۰ درصد تولید برق از زغال سنگ، هیچ جایگزین مهم دیگری به جز نیروگاه‌های هسته‌ای برای اطمینان از تامین برق قابل اطمینان نمی‌بینیم.»

چندین مطالعه معتبر، از جمله آژانس بین‌المللی انرژی و هیئت بین‌دولتی تغییرات آب و هوا[۲۷]، نشان می‌دهد که افزایش قابل توجهی در ظرفیت انرژی هسته‌ای جهان برای محدود کردن میانگین افزایش دمای جهانی از دوران پیش از صنعت به ۱.۵ درجه سانتی‌گراد مورد نیاز است و از این طریق از مخرب ترین اثرات تغییرات آب و هوایی جلوگیری می‌کند. فنلاند که به دنبال خنثی شدن کربن تا سال ۲۰۳۵ است، در آوریل شروع به بهره‌برداری از یک رآکتور هسته‌ای جدید ۱۶۰۰ مگاواتی در اولکیلوتو[۲۸] کرد که تقریباً ۱۵ درصد برق کشور را تأمین می‌کند و به کاهش قیمت برق برای مصرف‌کنندگان تا حدود ۷۵ درصد کمک کرده است.

نظرسنجی اخیر نشان می دهد که بیش از دو سوم فنلاندی‌ها از انرژی هسته‌ای حمایت می‌کنند در حالی که تنها ۶ درصد با آن مخالف هستند.

[24] "a low carbon bridge"
[25] low carbon electricity
[26] Energy Minister, Almassadam
[27] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
[28] Olkiluoto

آقای دامسکی[29] موافقت عمومی فنلاند از انرژی هسته‌ای را به عوامل متعددی از جمله ارتباطات شفاف در مورد کربن زدایی آن و مزایای امنیت انرژی، مشارکت زودهنگام سیاست‌گذاران، مشارکت ذینفعان محلی و یک برنامه ملی برای توسعه چیزی که قرار است به اولین مرکز عملیاتی در جهان برای دفع زباله های هسته‌ای در سطح بالا تبدیل شود، نسبت داد. وی افزود: «انرژی هسته‌ای نقش بسیار کلیدی در کاهش تغییرات آب و هوایی دارد. این یک ابزار قوی برای نبرد آب و هوا است و به همین دلیل برای ما در فنلاند مهم است.»

انرژی هسته‌ای نقش مهمی در توسعه پایدار اجتماعی-اقتصادی ایفا می‌کند. بنگلادش، مصر و ترکیه همگی در حال ساخت اولین رآکتورهای انرژی هسته‌ای خود هستند و بسیاری از ۳۰ کشوری که در حال بررسی انرژی هسته‌ای هستند، (کشورهای در حال توسعه هستند) با آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در توسعه زیرساخت های لازم برای یک برنامه انرژی هسته‌ای ایمن و مطمئن همکاری می‌کنند. ارمنستان، جایی که یک رآکتور هسته‌ای ۴۱۶ مگاواتی حدود یک سوم برق کشور را تولید می‌کند، در تلاش‌های آژانس برای اطمینان از عملکرد طولانی‌مدت ایمن و مدیریت مؤثر حیات نیروگاهی، تعامل طولانی‌مدتی با آژانس دارد. به گفته رئیس جمهور خاچاتوریان[30]، این کشور اکنون به دنبال ساخت یک رآکتور جدید برای تضمین امنیت انرژی و رشد اقتصادی است. او گفت: «اتمی یک مسئله بسیار مهم برای ارمنستان است.

[29] Mr Damski

[30] President Khachaturyan

به طور خلاصه، Atoms4Climate COP28 pavilion آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، در منطقه آبی رسمی بود تا برنامه غنی آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و رویدادهای همکار را برای نمایش راه‌حل‌های علم و فناوری هسته‌ای برای کاهش، سازگاری و نظارت بر تغییرات اقلیمی ارائه داد. آژانس بین‌المللی انرژی اتمی مجموعه‌ای از رویدادها را در چهار حوزه موضوعی سازماندهی کرد: انرژی، غذا، اقیانوس و آب. این رویدادها به یک بحث آگاهانه در مورد ابزارها و مزایای ارائه شده توسط فناوری هسته‌ای و برنامه های کاربردی برای تغییر آب و هوا، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ایجاد انعطاف پذیری در برابر تأثیرات تغییرات آب و هوا و ارائه داده‌هایی برای تصمیم‌گیری کمک کرد. Atoms4Climate pavilion، همچنین با ارائه فضایی برای رهبران دولتی، انجمن‌ها، جامعه مدنی، دانشگاه‌ها و رسانه‌ها، برای ایجاد بحث‌های گسترده و تقویت ایده‌های نوآورانه برای راه‌حل‌های علم و فناوری هسته‌ای، از جامعه علم و فناوری هسته‌ای حمایت کرد.

منابع

1. "Event: Glasgow Climate Change Conference (UNFCCC COP 26) | SDG Knowledge Hub | IISD". Archived from the original on 2021-10-17. Retrieved 2023-02-22.

2. Stallard, Esme (2022-10-25). "COP27: What is the Egypt climate conference and why is it important?". BBC News. Archived from the original on 2023-02-14. Retrieved 2022-10-27.

3. www.iaea.org

تمدید : پنجشنبه، 31 خرداد 1403

فراخوان شرکت در نهمین دوره جایزه فیزیک بهداشت سیمین

آخرین مهلت ارسال پژوهش ها : ۳۰ آذرماه ۱۴۰۲

9th SIMIN AWARD 2023

محورهای پژوهش:

بخش دانشجویی

- حفاظت در برابر پرتوهای یونساز وغیر یونساز
- آشکارسازی، دزیمتری و پایش های محیطی
- رادیوبیولوژی
- سوانح و حوادث پرتویی و هسته ای
- حفاظ گذاری
- فیزیک بهداشت راکتورهای هسته ای تحقیقاتی و سیستم های پرتودهی

بخش غیر دانشجویی

- هرگونه فعالیت در زمینه ی ارتقا وضعیت فیزیک بهداشت در کشور
- آموزش همگانی و تخصصی حفاظت در برابر اشعه و فیزیک بهداشت در فعالیت ها و سوانح هسته ای و پرتویی
- کاهش پرتوگیری عمومی و پرسنل
- ارتقاء سطح کیفی حفاظت پرتویی در واحدهای کار با اشعه

در بخش غیر دانشجویی نیز افراد میتوانند پژوهش و فعالیت مرتبط با فیزیک بهداشت خود را به دبیرخانه جایزه ارسال نمایند با سایر افراد با فعالیت های شاخص در زمینه فیزیک بهداشت را برای دریافت جایزه معرفی نمایند.

اطلاعات بیشتر: www.siminaward.ir

دبیرخانه دائم: شیراز، خیابان ملاصدرا، دانشکده مهندسی مکانیک، مرکز تحقیقات نانش دانشگاه شیراز

تلفن: ۰۷۱۲۳۳۴۰۳۳ فکس: ۰۷۱۳۶۴۷۳۰۳۵

E-mail: siminaward@shirazu.ac.ir

دوره های حفاظت در برابر اشعه و کنترل کیفی
مرکز تحقیقات تابش دانشگاه شیراز

دارای مجوز رسمی از سازمان انرژی اتمی

برگزاری دوره های حفاظت در برابر اشعه مقدماتی وپیشرفته:

پزشکی- صنعتی- بازآموزی صنعتی

دوره کنترل کیفی دستگاههای رادیولوژی

دوره رادیوگرافی صنعتی و تفسیر فیلم

نحوه ی ثبت نام:

۱- از طریق شماره گیری کد:

*6655*2334033#

۲- از طریق سایت:

www.SIMINAWARD.ir

۳- ثبت نام به صورت حضوری

۰۷۱۳۲۳۳۴۰۳۳

RRC

www.SIMINAWARD.ir

کانال تلگرام: @ShirazUtabesh

دانشگاه شیراز
Shiraz University

دوره ها بنا به درخواست متقاضیان در شهرهای مختلف برگزار میشود